

SKF Service- Handbuch



© SKF, @PTITUDE, CARB, DURATEMP, HYDROCAM, INSOCOAT, KMT, KMTA, LUBRILEAN, RELIABILITY MAINTENANCE INSTITUTE, SENSORMOUNT, SPEEDI-SLEEVE, SYSTEM 24, WAVE und VIBRACON sind eingetragene Marken der SKF Gruppe.

™ SKF EXPLORER ist eine eingetragene Marke der SKF Gruppe.

Epocast 36 ist eine eingetragene Marke der H. A. Springer marine + industrie service GmbH, an Illinois Tool Works company

© SKF Gruppe 2012

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer vorherigen schriftlichen Genehmigung gestattet. Die Angaben in dieser Druckschrift wurden mit größter Sorgfalt auf ihre Richtigkeit hin überprüft. Trotzdem kann keine Haftung für Verluste oder Schäden irgendwelcher Art übernommen werden, die sich mittelbar oder unmittelbar aus der Verwendung der hier enthaltenen Informationen ergeben.

PUB SR/P7 10001/1 DE · März 2012

Bestimmte Aufnahmen mit freundlicher Genehmigung von Shutterstock.com

1	Grundlagen.	8	1
2	Einbau von Wälzlagern	44	2
3	Einbau von Lagereinheiten	92	3
4	Einbau von Lagergehäusen	122	4
5	Einbau von Dichtungen	140	5
6	Ausrichtung	158	6
7	Schmierung	178	7
8	Überprüfen.....	216	8
9	Schadensdiagnose	228	9
10	Ausbau	252	10
11	Lagerschäden und ihre Ursachen	288	11
12	Instandhaltungsunterstützung	324	12
13	Anhänge.....	332	13
14	Index.....	438	14

SKF Service-Handbuch

Vorwort

Das SKF Service-Handbuch ist ein umfassender Leitfaden für den Wartungsfachmann. Mit den Empfehlungen in diesem Handbuch will SKF sichere und professionelle Instandhaltungstechniken fördern, mit denen sich die Lagerlebensdauer verlängern, Maschinenstillstände reduzieren und ungeplante Wartungsmaßnahmen minimieren lassen.

Dieses Handbuch ist nicht zur Konstruktion bzw. Design von Lagerungen gedacht. Weiterführende Informationen über die Konstruktion von Lageranordnungen finden Sie im *Interaktiven SKF Lagerungskatalog* unter www.skf.com.

Aufbau des Handbuchs

Das Handbuch ist in vierzehn Hauptkapitel unterteilt, die durch blaue Registerreiter am rechten Rand markiert sind:

- Kapitel 1 beschreibt die Grundlagen von Wälzlagern, verwandter Produkte und Lageranordnungen.
- Kapitel 2 bis 5 enthalten Anleitungen für den Einbau von Wälzlagern, Lagergehäusen, Lagereinheiten und Dichtungen.
- Kapitel 6 befasst sich mit den Instandhaltungsmaßnahmen in Verbindung mit der Maschinenausrichtung.
- Kapitel 7 bietet Informationen und Empfehlungen für wichtige Instandhaltungsmaßnahmen im Bereich der Schmierung von Lagerungen.
- Kapitel 8 beschreibt die Instandhaltungsmaßnahmen bei der Überprüfung und Zustandsüberwachung.
- Kapitel 9 behandelt die Schadensdiagnose und stellt allgemeine Störungszustände und Lösungsvorschläge vor.
- Kapitel 10 enthält Hinweise zum Ausbau von Wälzlagern, Lagereinheiten, Lagergehäusen und Dichtungen.
- Kapitel 11 befasst sich mit Lagerschäden, einschließlich der ISO-Klassifizierung.
- Kapitel 12 bietet einen Überblick über die zusätzlichen SKF Ressourcen der Instandhaltungsunterstützung.
- Kapitel 13 enthält den Anhang, wichtige Referenzinformationen für die Instandhaltung und einen Überblick über die SKF Produkte für Wartung und Schmierung.
- Kapitel 14 bildet den Index.

Die Angaben in diesem Handbuch wurden mit größter Sorgfalt auf ihre Richtigkeit hin überprüft und die Anweisungen möglichst klar formuliert und an der Praxis orientiert. Trotzdem kann für eventuell fehlerhafte oder unvollständige Angaben und für den Fall von Mißbrauch der von SKF gelieferten Werkzeuge und anderen Geräte keine Haftung übernommen werden.

Ein Hinweis zum Thema Nachhaltigkeit

Nachhaltigkeit bedeutet, Aktivitäten auf ressourceneffiziente Art durchzuführen, sodass künftige Generationen nicht beeinträchtigt werden. Im Bereich der Lagerinstandhaltung gibt es viele Möglichkeiten Energie einzusparen, von der Abfallentsorgung über den reduzierten Schmierstoffverbrauch bis hin zur ordnungsgemäßen Nutzung von Ausrüstung und Werkzeugen. SKF engagiert sich für eine nachhaltige Umwelt und unterstützt andere dabei, einen Beitrag zur Einsparung von Energie und Werkstoffen zu leisten.

Das ist SKF

SKF entwickelte sich aus einer einfachen, aber gut durchdachten Lösung für ein Fluchtungsfehlerproblem in einer schwedischen Textilfabrik und 15 Mitarbeitern im Jahre 1907, zu einer weltweit führenden Unternehmensgruppe für Bewegungstechnik. Mit den Jahren haben wir unser umfassendes Wälzlagerwissen auf die Kompetenzbereiche Dichtungen, Mechatronik-Bauteile, Schmiersysteme und Dienstleistungen erweitert. Unser Netzwerk qualifizierter Experten umfasst 46 000 Mitarbeiter, 15 000 Vertriebspartner, Niederlassungen in mehr als 130 Ländern und eine wachsende Zahl an SKF Solution Factory Standorten weltweit.

Forschung und Entwicklung

Wir verfügen über fundiertes Praxiswissen aus mehr als vierzig Industriebranchen, das SKF Mitarbeiter vor Ort bei unseren Kunden sammeln konnten. Wir arbeiten Hand in Hand mit weltweit führenden Experten und Partner-Universitäten, die Grundlagenforschung und Entwicklungsarbeit in den Fachgebieten Tribologie,



Zustandsüberwachung, Anlagenmanagement und theoretische Lagergebrauchsdauer leisten. Kontinuierliche Investitionen in Forschung und Entwicklung unterstützen unsere Kunden dabei, ihre marktführende Stellung in den jeweiligen Branchen zu halten.



In einer SKF Solution Factory stellt SKF ihren Kunden vor Ort Fachwissen und Fertigungskompetenz für maßgeschneiderte Lösungen und Dienstleistungen zur Verfügung.

Wir stellen uns auch den schwierigsten Herausforderungen

Mit der richtigen Mischung aus fachlichem Know-how und wertvoller Erfahrung sowie einer eingehenden Kenntnis, wie sich unsere Kerntechnologien erfolgreich kombinieren lassen, entwickeln wir innovative Lösungen, die auch anspruchsvollsten Herausforderungen gerecht werden. Wir arbeiten eng mit unseren Kunden über die gesamten Maschinen- und Anlagenzyklen zusammen und verhelfen ihnen so zu einem rentablen und nachhaltigen Wachstum.



Wir arbeiten für eine nachhaltige Zukunft

Seit 2005 arbeitet SKF mit Nachdruck daran, die Belastung der Umwelt durch die eigenen Fertigungs- und Vertriebsaktivitäten zu reduzieren. Dies betrifft auch die Aktivitäten unserer Zulieferer. Mit dem neuen SKF BeyondZero Portfolio an Produkten und Dienstleistungen lassen sich die Energieeffizienz steigern, Energieverluste reduzieren und neue Technologien für die Nutzung von Wind-, Sonnen- und Gezeitenenergie entwickeln. Durch diese kombinierte Vorgehensweise reduzieren wir nicht nur die negativen Umweltauswirkungen unserer eigenen Aktivitäten, sondern auch die unserer Kunden.

In Zusammenarbeit mit den SKF IT- und Logistiksystemen sowie den Anwendungsexperten bieten SKF Vertragshändler ihren Kunden weltweit ein leistungsstarkes Mix aus Produkt- und Anwendungswissen an.



SKF – Kompetenz für Bewegungstechnik

Unser Wissen – Ihr Erfolg

SKF Lifecycle-Management ist die Art und Weise, wie wir unsere Technologieplattformen und Dienstleistungen integrieren und sie auf jeder Stufe im Lebenszyklus einer Maschine anwenden, damit unsere Kunden erfolgreicher, nachhaltiger und profitabler arbeiten können.



Wir arbeiten intensiv mit unseren Kunden zusammen

Mit SKF Produkten und Dienstleistungen können unsere Kunden ihre Produktivität steigern, Instandhaltungsarbeiten minimieren, eine höhere Energie- und Ressourceneffizienz erzielen und die Gebrauchsdauer und Zuverlässigkeit ihrer Maschinenkonstruktionen optimieren.

Innovative Lösungen

Ganz gleich, ob Linear- oder Drehbewegung oder beides kombiniert, SKF Ingenieure unterstützen Sie während jeder Lebenszyklusphase der Maschine bei der Verbesserung der Leistung. Dieser Ansatz ist nicht auf Einzelkompo-

nenten wie Lager oder Dichtungen beschränkt. Er bezieht sich auf die Gesamtanwendung und das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten.

Optimierung und Überprüfung der Ausführung

SKF optimiert gemeinsam mit Ihnen bestehende oder neue Konstruktionsentwürfe. Dabei verwenden wir eine eigene 3D-Simulationssoftware als virtuellen Prüfstand für die Funktionseignung des Designs.



Lager und Lagereinheiten

SKF ist ein weltweiter Marktführer bei der Konstruktion, Entwicklung und Fertigung von Hochleistungslagern, Gelenklagern, Lagereinheiten und Gehäusen.



Instandhaltung von Maschinen und Anlagen

SKF Zustandsüberwachungssysteme und der SKF Instandhaltungsservice unterstützen Sie dabei, ungeplante Stillstandszeiten auf ein Minimum zu reduzieren, Ihre Betriebseffizienz zu verbessern und die Wartungskosten zu senken.



Dichtungslösungen

SKF bietet Standarddichtungen sowie kundenspezifische Dichtungslösungen an. Das Ergebnis sind längere Betriebszeiten, eine höhere Maschinenzuverlässigkeit, geringere Reibungs- und Leistungsverluste und eine verlängerte Schmierstoff-Gebrauchsdauer.



Mechatronik-Bauteile

SKF Fly-by-Wire-Systeme für Verkehrsflugzeuge und SKF Drive-by-Wire-Systeme für Offroadfahrzeuge, Landmaschinen und Gabelstapler ersetzen schwere mechanische oder hydraulische Systeme mit hohem Fett- oder Ölverbrauch.



Schmierungs-lösungen

Von Spezienschmierstoffen bis hin zu modernsten Schmierensystemen und Schmiermanagement-Dienstleistungen helfen Ihnen SKF Lösungen, schmierungsbedingte Stillstandszeiten sowie den Verbrauch teurer Schmierstoffe zu reduzieren.



Antriebs- und Bewegungssteuerung

Dank des umfangreichen Produktangebots von Aktuatoren und Kugelgewindetrieben bis hin zu Profilschienenführungen finden SKF Experten gemeinsam mit Ihnen passende Lösungen selbst für anspruchsvollste Linearführungen.




MOMENTUM

Grundlagen

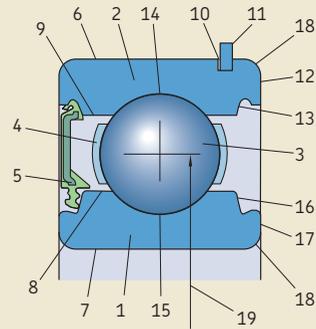
Wälzlagertechnische Fachausdrücke	10	Arten der Lagerbefestigung	31
Lagerarten	12	Radiale Befestigung der Lager.	31
Radiallager.	12	Auswahl der Passung	32
Axiallager.	18	Passungsempfehlungen und Toleranzen.	35
Lauf-, Stütz- und Kurvenrollen.	19	Anforderungen an Abmessung, Form und	
Y-Lager	21	Laufgenauigkeit.	35
Bezeichnungsschema für Wälzlager	22	Rauheit der Lagersitzflächen.	36
Basis-Kurzzeichen.	22	Axiale Befestigung der Lager.	37
Nachsetzzeichen	24	Anschlussmaße	38
Identifizierung der SKF Produkte	26	Abdichten der Lagerung	39
Kennzeichnung der Lager	26	Dichtungen außerhalb des Lagers.	39
Kennzeichnung von geteilten Gehäusen und		Dichtungslösungen im Lager.	40
Lagereinheiten	27	Aufbewahrung von Lagern, Dichtungen und	
Ersatzdichtungen.	27	Schmierstoffen.	41
Lagerlebensdauer	27	Aufbewahrung von Lagern, Lagereinheiten und	
Nominelle Lebensdauer	27	Gehäusen.	41
Erweiterte SKF Lebensdauer.	27	Aufbewahrung von Elastomerdichtungen	42
Gebrauchsdauer	28	Aufbewahrung von Schmierstoffen	42
Lagergebrauchsdauer	28	Schmierstoffentsorgung	43
Dichtungsgebrauchsdauer	28		
Schmierstoffgebrauchsdauer	28		
Sauberkeit	28		
Lagerluft	29		
Lageranordnungen	30		
Bauformen von Lageranordnungen	30		
Fest- und Loslagerung	30		
Angestellte Lagerungen	31		

Wälzlagertechnische Fachausdrücke

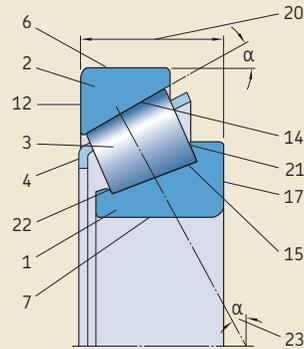
Lager (→ Bild 1)

- 1 Innenring
- 2 Außenring
- 3 Wälzkörper: Kugel, Zylinderrolle, Nadelrolle, Kegelrolle, Pendelrolle, Toroidalrolle
- 4 Käfig
- 5 Abdichtung
Dichtscheibe aus Elastomerwerkstoff – als Berührungsdichtung, wie im Bild gezeigt, oder berührungsfreie Deckscheibe aus Stahlblech
- 6 Manteldurchmesser des Außenrings
- 7 Bohrungsdurchmesser des Innenrings
- 8 Innenring-Schulterdurchmesser
- 9 Außenring-Schulterdurchmesser
- 10 Ringnut
- 11 Sprengring
- 12 Außenring-Stirnseite
- 13 Haltenut für Dichtungen
- 14 Außenring-Laufbahn
- 15 Innenring-Laufbahn
- 16 Eindrehung für Dichtungen
- 17 Innenring-Stirnseite
- 18 Kantenabstand
- 19 Mittlerer Lagerdurchmesser
- 20 Gesamtbreite des Lagers
- 21 Führungsbord
- 22 Haltebord
- 23 Berührungswinkel
- 24 Wellenscheibe
- 25 Wälzkörperkranz: Kugelkranz, Rollenkranz
- 26 Gehäusescheibe
- 27 Gehäusescheibe mit kugelförmiger Auflagefläche
- 28 Unterlagscheibe

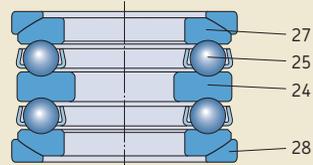
Bild 1



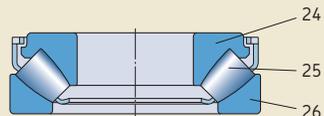
Rillenkugellager



Kegetrollenlager



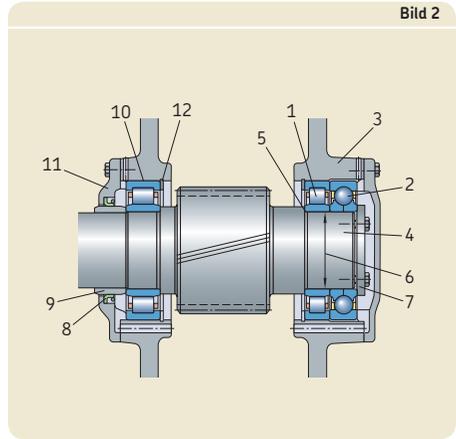
Zweiseitig wirkendes Axial-Rillenkugellager



Axial-Pendelrollenlager

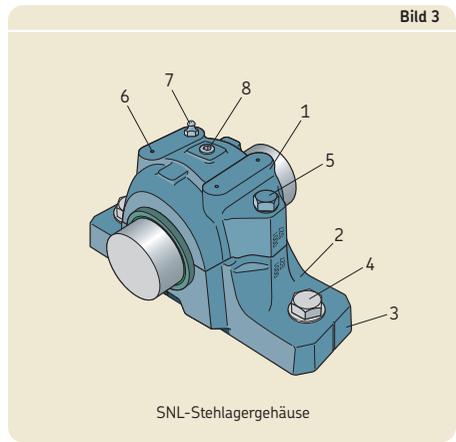
Lagerungen (→ Bild 2)

- 1 Zylinderrollenlager
- 2 Vierpunktlager
- 3 Gehäuse
- 4 Welle
- 5 Wellenschulter
- 6 Wellendurchmesser
- 7 Endscheibe
- 8 Radial-Wellendichtring
- 9 Distanzhülse
- 10 Gehäusebohrung
- 11 Gehäusedeckel
- 12 Sprengring



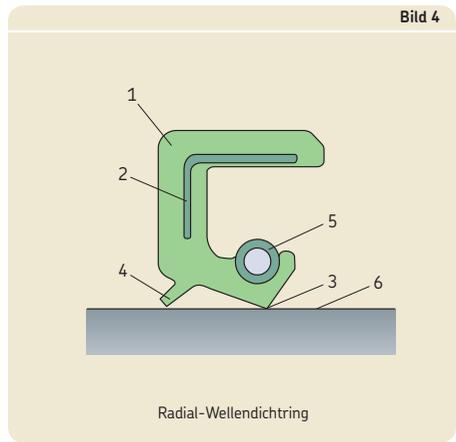
Gehäuse (→ Bild 3)

- 1 Gehäuseoberteil
- 2 Gehäuseunterteil
- 3 Gehäusefuß
- 4 Befestigungsschraube
- 5 Oberteilschraube
- 6 Ankörnung
- 7 Schmiernippel
- 8 Loch für Ringschraube



Dichtungen (→ Bild 4)

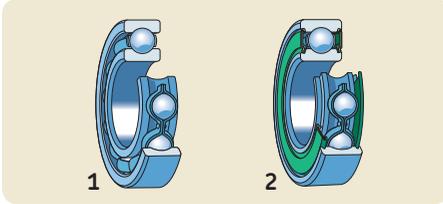
- 1 Elastomermantel
- 2 Stahlblech-Armierung
- 3 Dichtlippe
- 4 Schutzlippe
- 5 Zugfeder
- 6 Gegenauflfläche



Lagerarten

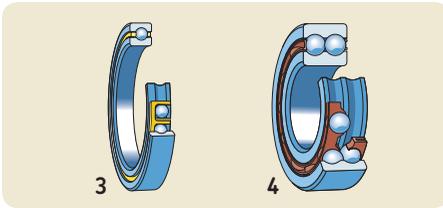
Dieser Abschnitt fasst die verschiedenen Standard-Lagerarten und -ausführungen zusammen. Die meisten davon sind abgebildet.

Radiallager

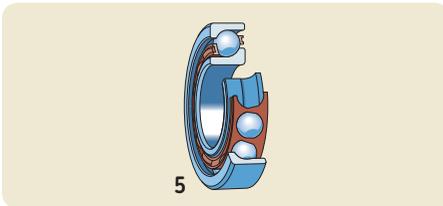


Rillenkugellager

einreihig, mit oder ohne Einfüllnut
offene Grundausführung (1)
mit Deckscheiben
mit Berührungsdichtungen (2)
mit Ringnut für den Sprengring, mit oder ohne Sprengring

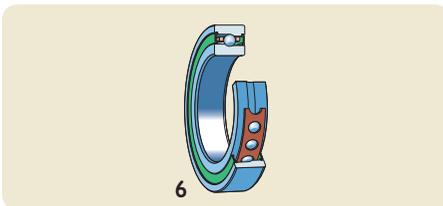


einreihig mit gleichem Querschnitt
offene Grundausführung (3)
mit Berührungsdichtungen
zweireihig (4)

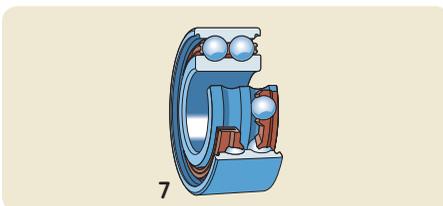


Schräggugellager

einreihig
Normalausführung für Einzellagerungen
Universallager für den satzweisen Einbau in beliebiger Anordnung (5)

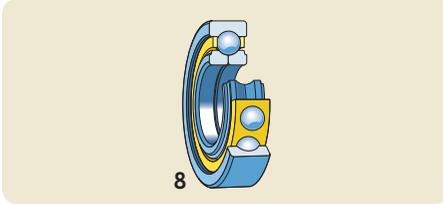


einreihig, Hochgenauigkeits-Schräggugellager
offene Grundausführung
mit Berührungsdichtungen
offene Hochgeschwindigkeitsausführung
mit Berührungsdichtungen (6)
offene Hochleistungsausführung
mit Berührungsdichtungen

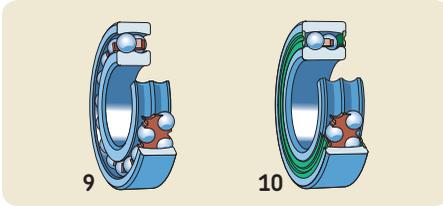


zweireihig
mit einteiligem Innenring (7)
offene Grundausführung
mit Deckscheiben
mit Berührungsdichtungen
mit geteiltem Innenring

Radiallager

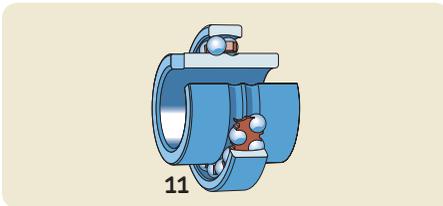


Vierpunktlager (8)

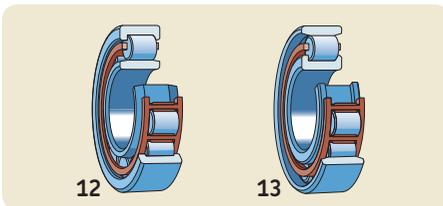


Pendelkugellager

mit zylindrischer oder kegeliger Bohrung
 offene Grundauführung (9)
 mit Berührungsdichtungen (10)

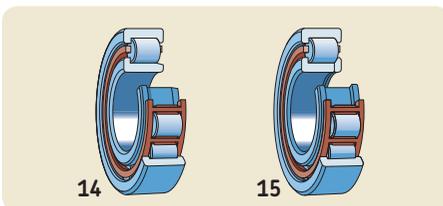


mit breitem Innenring (11)



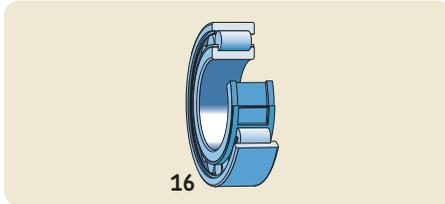
Zylinderrollenlager

einreihig
 Bauform NU (12)
 mit Winkelring
 Bauform N (13)



einreihig
 Bauform NJ (14)
 mit Winkelring
 Bauform NUP (15)

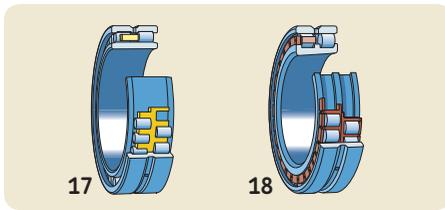
Radiallager



Zylinderrollenlager

einreihig

schwere Reihe für hohe Belastungen,
Bauform NCF (**16**)



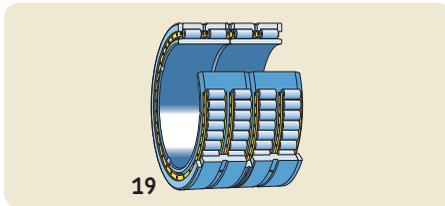
zweireihig

mit zylindrischer oder kegeliger Bohrung

Bauform NNU (**17**)

Bauform NN (**18**)

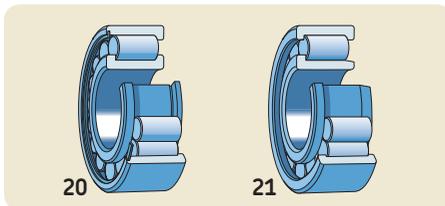
Bauform NNUP



vierreihig

mit zylindrischer oder kegeliger Bohrung
offene Ausführung (**19**)

mit Berührungsdichtungen

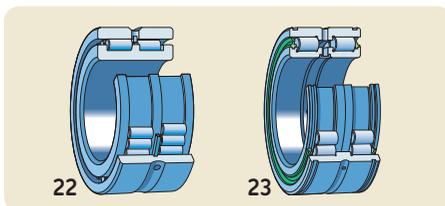


Vollrollige Zylinderrollenlager

einreihig

Bauform NCF (**20**)

Bauform NJG (**21**)



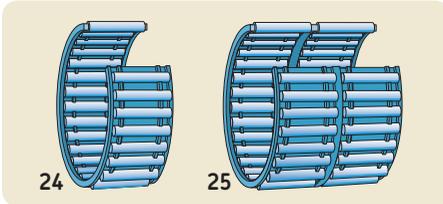
zweireihig

mit festen Borden am Innenring (**22**)

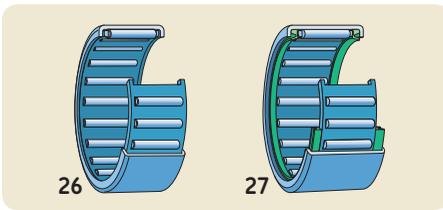
mit festen Borden an Innen- und
Außenringen

mit Berührungsdichtungen (**23**)

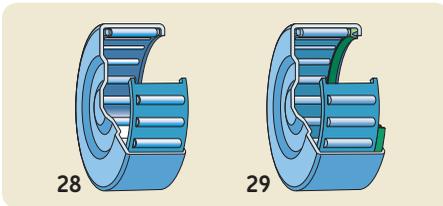
Radiallager



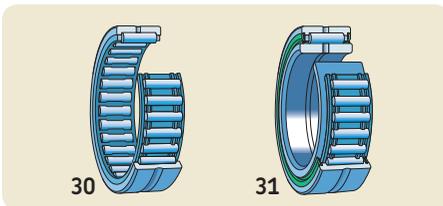
Nadelkränze
einreihig (24)
zweireihig (25)



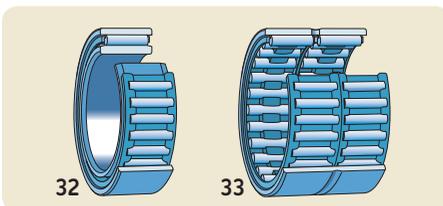
Nadelhülsen
ein- und zweireihig
offene Grundauführung (26)
mit Berührungsdichtungen (27)



Nadelbüchsen
ein- und zweireihig
offene Grundauführung (28)
mit Berührungsdichtung (29)

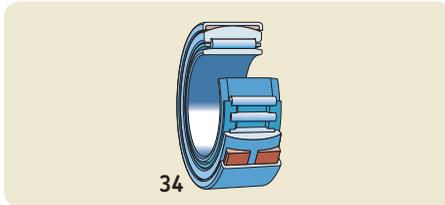


Nadellager mit Borden
ein- und zweireihig
ohne Innenring (30)
mit Innenring
offene Grundauführung
mit Berührungsdichtungen (31)

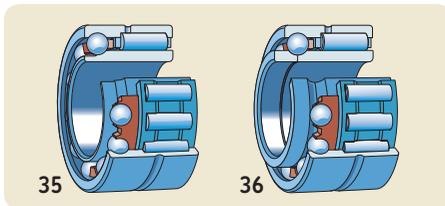


Nadellager ohne Borde
ein- und zweireihig
mit Innenring (32)
ohne Innenring (33)

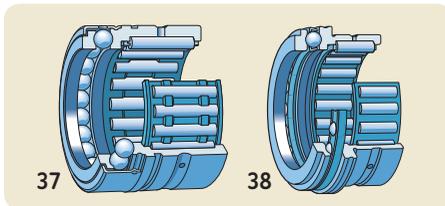
Radiallager



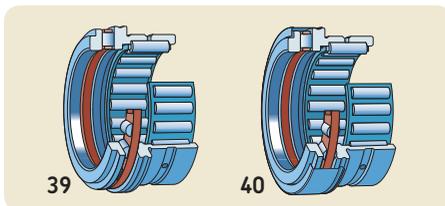
Einstell-Nadellager
ohne Innenring
mit Innenring (34)



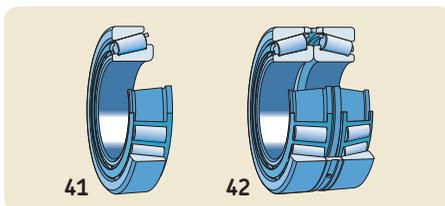
Kombinierte Nadellager
Nadel/Schrägkugellager
einseitig wirkend (35)
zweiseitig wirkend (36)



Nadel/Axial-Rillenkugellager
mit vollkugeligem Axiallager (37)
mit käfiggeführtem Axiallager
mit oder ohne (38) Haltekappe

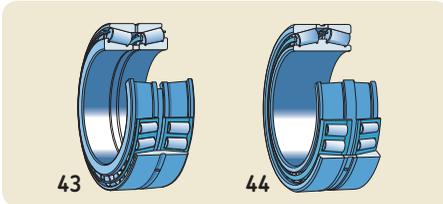


Nadel/Axial-Zylinderrollenlager
ohne Haltekappe (39)
mit Haltekappe (40)

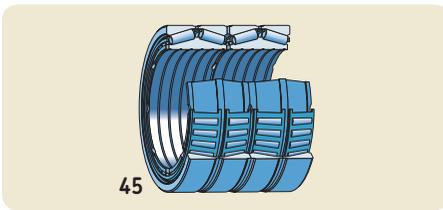


Kegelrollenlager
einreihig
Einzellager (41)
zusammengepasste Lagersätze
X-Anordnung (42)
O-Anordnung
Tandem-Anordnung

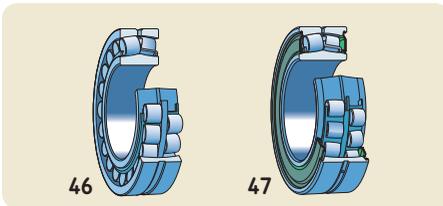
Radiallager



zweireihig
TDO-Ausführung (O-Anordnung) (43)
TDI-Ausführung (X-Anordnung) (44)

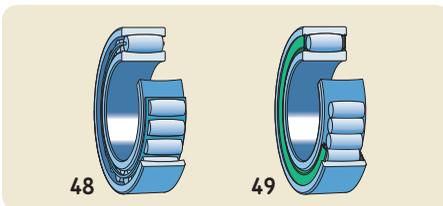


vierreihig
offene Ausführung
mit Berührungsdichtungen
TQO-Ausführung (45)
TQI-Ausführung



Pendelrollenlager

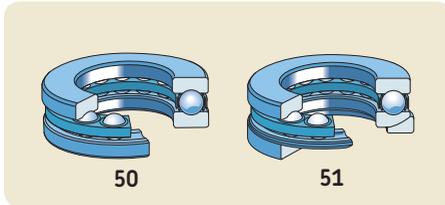
mit zylindrischer oder kegeliger Bohrung
offene Grundausführungen (46)
mit Berührungsdichtungen (47)



CARB Toroidalrollenlager

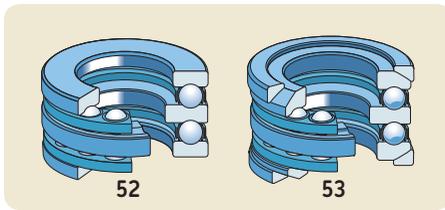
mit zylindrischer oder kegeliger Bohrung
offene Grundausführung
mit Käfig (48)
vollrollig, ohne Käfig
mit Berührungsdichtungen (49)

Axiallager

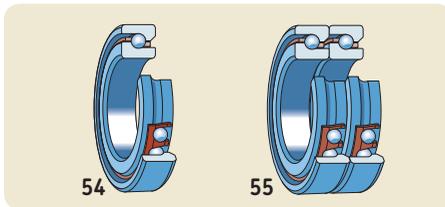


Axial-Rillenkugellager

einseitig wirkend
mit ebener Gehäusescheibe (50)
mit kugelliger Gehäusescheibe
mit (51) oder ohne Unterlagscheibe

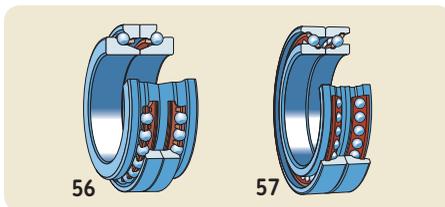


zweiseitig wirkend
mit ebenen Gehäusescheiben (52)
mit kugeligen Gehäusescheiben
mit (53) oder ohne Unterlagscheiben

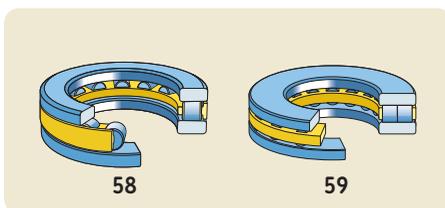


Axial-Schrägkugellager

Hochgenauigkeitskugellager
einseitig wirkend
Normalausführung für Einzellagerungen
(54)
Universalausführung für den satzweisen
Einbau in beliebiger Anordnung



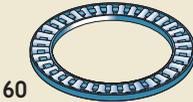
zusammengepasste Lagersätze (55)
zweiseitig wirkend
Normalausführung (56)
Hochgeschwindigkeits-Ausführung (57)



Axial-Zylinderrollenlager

einseitig wirkend
einreihig (58)
zweireihig (59)
Komponenten
Axial-Zylinderrollenkränze
Wellen- und Gehäusescheiben

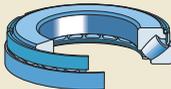
Axiallager



60

Axial-Nadellager

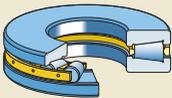
einseitig wirkend
 Axialnadelkränze (60)
 Laufscheiben
 Axialscheiben



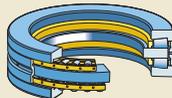
61

Axial-Pendelrollenlager

einseitig wirkend (61)



62

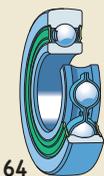


63

Axial-Kegelrollenlager

einseitig wirkend
 mit oder ohne (62) Haltekappe
 für Druckspindeln
 zweiseitig wirkend (63)

Lauf-, Stütz- und Kurvenrollen



64

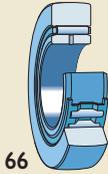


65

Laufrollen

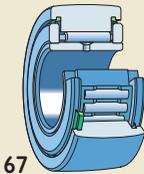
einreihige Kugellagerlaufrollen (64)
 zweireihige Kugellagerlaufrollen (65)

Lauf-, Stütz- und Kurvenrollen

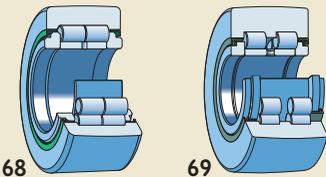


Stützrollen

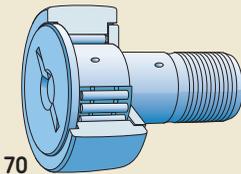
mit Nadelkranz, ohne Axialführung
mit oder ohne Berührungsdichtungen
ohne Innenring
mit Innenring (66)



mit Nadelrollen, mit Anlaufscheiben zur Axialführung
mit oder ohne Berührungsdichtungen
mit käfiggehaltenem Nadelrollensatz (67)
vollrollig

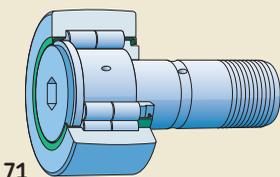


mit Zylinderrollen, vollrollig, Axialführung durch Borde
mit Labyrinthdichtungen (68)
mit Berührungsdichtungen (69)
mit Lamellendichtungen



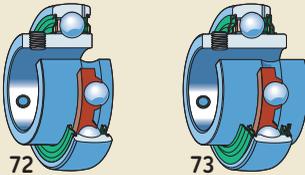
Kurvenrollen

mit Nadelrollen, Axialführung durch Anlaufbund, Axialplatte und Rollenborde
mit oder ohne Berührungsdichtungen
mit zentrischem Sitz (70)
mit Exzenterring
mit käfiggehaltenem Nadelrollensatz (70)
vollrollig

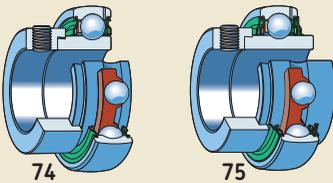


mit Zylinderrollen, vollrollig, Axialführung durch Anlaufbund, Bordscheibe und Rollenborde
mit Labyrinthdichtungen (71)
mit Berührungsdichtungen
mit zentrischem Sitz (71)
mit Exzenterring

Y-Lager

**Y-Lager (Spannringlager)**

mit Gewindestiftbefestigung
 einseitig verbreiteter Innenring (72)
 beidseitig verbreiteter Innenring (73)



mit Exzenterringbefestigung
 einseitig verbreiteter Innenring (74)
 beidseitig verbreiteter Innenring (75)



mit kegeliger Bohrung
 beidseitig verbreiteter Innenring (76)
 zur Befestigung auf Spannhülse



mit normalem Innenring
 zur Befestigung durch Passung (77)



mit Sechskant-Bohrung
 beidseitig verbreiteter Innenring (78)

Lagerbezeichnungen

Basis-Kurzzeichen

Alle SKF Standardlager haben ein charakteristisches Kurzzeichen, das im Allgemeinen aus drei, vier oder fünf Ziffern oder einer Kombination aus Buchstaben und Ziffern besteht. Das Bezeichnungsschema, das für fast alle Standardbauformen der Kugel- und Rollenlager verwendet wird, ist in **Diagramm 1** dargestellt. Die Ziffern und Kombinationen aus Buchstaben und Ziffern haben folgende Bedeutung:

- Die erste Ziffer oder der erste Buchstabe bzw. die erste Buchstabenkombination gibt die Lagerbauform und eventuell eine Grundausführung an.
- Die folgenden beiden Zahlen geben Aufschluss über die ISO-Größenreihe: die erste Ziffer gibt die Breiten- oder Höhenreihe (Abmessungen B, T oder H) und die zweite Ziffer die Durchmesserreihe (Abmessung D) an.
- Die letzten beiden Ziffern des Kurzzeichens informieren über die Größenkennung des Lagers; eine Multiplikation mit 5 ergibt den Bohrungsdurchmesser in mm.

Die wichtigsten Ausnahmen des grundlegenden Lagerbezeichnungsschemas sind hier aufgelistet:

- 1 In Einzelfällen wird die Ziffer für die Lagerbauform oder die erste Ziffer der Maßreihen-kennzeichnung ausgelassen. Diese Ziffern sind in Klammern in **Diagramm 1** abgebildet.
- 2 Lager mit Bohrungsdurchmessern von 10, 12, 15 oder 17 mm haben die folgenden Größenkennungen:
00 = 10 mm
01 = 12 mm
02 = 15 mm
03 = 17 mm

- 3 Bei Lagern mit einem Bohrungsdurchmesser unter 10 mm oder von 500 mm und darüber wird der Bohrungsdurchmesser generell in Millimetern angegeben und enthält keine Kennung. Die Größenkennzeichnung ist von der übrigen Lagerbezeichnung durch einen Schrägstrich getrennt, z. B. 618/8 ($d = 8$ mm) oder 511/530 ($d = 530$ mm). Dies gilt ebenfalls für Standardlager in Übereinstimmung mit ISO 15:1998, die einen Bohrungsdurchmesser von 22, 28 oder 32 mm aufweisen, z. B. 62/22 ($d = 22$ mm).
- 4 Bei einigen kleineren Lagern mit einem Bohrungsdurchmesser unter 10 mm, wie Rillenkugel-, Pendel- und Schrägkugellagern, wird der Bohrungsdurchmesser auch in Millimetern (ohne Kennung) angegeben, ist aber von der Reihenbezeichnung nicht durch einen Schrägstrich getrennt, z. B. 629, 129 oder 709 ($d = 9$ mm).
- 5 Bohrungsdurchmesser, die von den Standarddurchmessern abweichen, haben keine Kennung und werden in Millimetern mit bis zu drei Dezimalstellen angegeben. Diese Kennzeichnung des Bohrungsdurchmessers ist Teil der Lagerbezeichnung und von der Basisbezeichnung durch einen Schrägstrich getrennt, z. B. 6202/15,875 (Lager 6202 mit einer Spezialbohrung $d = 15,875$ mm = $\frac{5}{8}$ in).

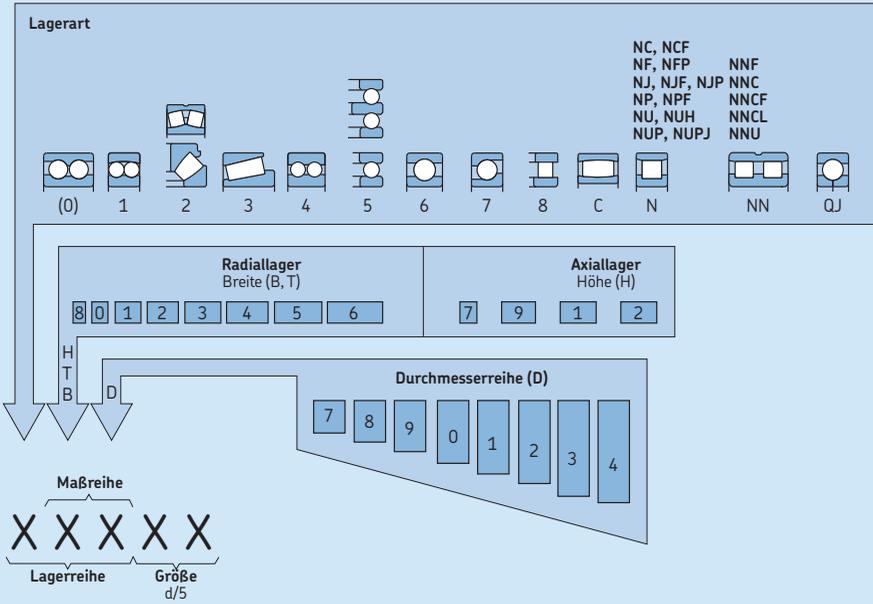
Reihenbezeichnungen

Jedes Standardlager gehört zu einer bestimmten Lagerreihe, die durch die Lagerbezeichnung ohne Größenangabe gekennzeichnet wird. Reihenbezeichnungen beinhalten oftmals ein Nachsetzzeichen A, B, C, D oder E oder auch eine Kombination aus diesen Buchstaben, z. B. CA. Sie werden verwendet, um Unterschiede der Innenkonstruktion zu kennzeichnen, z. B. den Berührungswinkel.

Die gebräuchlichsten Lager-Reihenbezeichnungen sind in **Diagramm 1** über den Lager-skizzen aufgelistet. Die Zahlen in Klammern sind in den Reihenbezeichnungen nicht enthalten.

Bezeichnungsschema für metrische SKF Standard-Kugel- und Rollenlager

Lagerreihe													
				6(0)4									
				544	623					(0)4			
		223		524	6(0)3					33			
		213		543	622					23			
		232		523	6(0)2					(0)3			
		222		542	630			23		32			
		241		522	6(1)0					22			
		231			16(0)0					41		(0)2	
		240	323	534	639					31	31		41
		230	313	514	619					60	30		31
		249	303	533	609					50	20		60
	139	239	332	513	638	7(0)4	814	40	10	50			50
	130	248	322	532	628	7(0)3	894	30	39	40			23
	(1)23	238	302	512	618	7(0)2	874	69	29	30			(0)3
	1(0)3		331	511	608	7(1)0	813	59	19	69			12
	(1)22		294	330	510	637	719	893	49	38			(0)2
(0)33	1(0)2		293	320	4(2)3	591	627	718	812	39	28		39
(0)32	1(1)0		292	329	4(2)2	590	617	708	811	29	18		48
													19



Kennung	Lagerausführung	Kennung	Lagerausführung	Kennung	Lagerausführung
0	Zweireihiges Schrägkugellager	7	Einreihiges Schrägkugellager	QJ	Vierpunktlager
1	Pendelkugellager	8	Axial-Zylinderrollenlager	T	Kegelrollenlager gemäß ISO 355-2007
2	Pendelrollenlager, Axial-Pendelrollenlager	C	CARB Toroidalrollenlager		
3	Kegelrollenlager	N	Zylinderrollenlager. Zwei oder mehr Buchstaben werden zur Identifizierung der Anzahl der Reihen oder der Ausführung der Borde verwendet, z. B. NJ, NU, NUP, NN, NNU, NNCF usw.		
4	Zweireihiges Rillenkugellager				
5	Axial-Kugellager				
6	Einreihiges Rillenkugellager				

Nachsetzzeichen

Nachsetzzeichen werden verwendet, um Bauformen, Ausführungen oder Eigenschaften anzugeben, die sich vom Original- oder aktuellen Standardlager unterscheiden. Einige der am häufigsten verwendeten Nachsetzzeichen sind hier aufgelistet.

- CN** Normale Lagerluft, üblicherweise nur zusammen mit einem zusätzlichen Buchstaben verwendet, der einen reduzierten oder versetzten Lagerluftbereich angibt.
- CS** Stahlblecharmiierte Berührungsdichtung aus Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) an einer Seite des Lagers
- 2CS** CS-Berührungsdichtung an beiden Seiten des Lagers
- CS2** Stahlblecharmiierte Berührungsdichtung aus Fluor-Kautschuk (FKM) an einer Seite des Lagers
- 2CS2** CS2-Berührungsdichtung an beiden Seiten des Lagers
- CS5** Stahlblecharmiierte Berührungsdichtung aus hydriertem Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (HNBR) an einer Seite des Lagers
- 2CS5** CS5-Berührungsdichtung an beiden Seiten des Lagers
- C1** Lagerluft kleiner als C2
- C2** Lagerluft kleiner als Normal (CN)
- C3** Lagerluft größer als Normal (CN)
- C4** Lagerluft größer als C3
- C5** Lagerluft größer als C4
- F** Massivkäfing aus Stahl oder Sonder-Gusseisen, wälzkörpergeführt
- FA** Massivkäfing aus Stahl oder Sonder-Gusseisen, außenringgeführt
- FB** Massivkäfing aus Stahl oder Sonder-Gusseisen, innenringgeführt
- G..** Schmierfettfüllung. Ein zweiter Buchstabe gibt den Temperaturbereich des Fetts an, ein dritter das jeweilige Fett. Eine der dreibuchstabigen Schmierfettkennung nachstehende Zahl gibt an, dass der Füllungsgrad von der Norm abweicht: Die Zahlen 1, 2 und 3 geben einen kleineren Füllungsgrad als die Standardmenge an, 4 bis 9 einen größeren Füllungsgrad.
- H** Gepresster Schnappkäfing aus Stahlblech, gehärtet

- HT** Schmierfettfüllung für hohe Temperaturen. HT oder HT gefolgt von einer zweiziffrigen Zahl gibt das jeweilige Fett an. Füllungsgrade, die vom Standard abweichen, werden durch einen Buchstaben oder eine Buchstaben/Zahlen-Kombination im Anschluss an HTxx gekennzeichnet.
- J** Gepresster Käfig aus Stahlblech, wälzkörpergeführt, ungehärtet
- K** Kegelige Bohrung, Kegel 1:12
- K30** Kegelige Bohrung, Kegel 1:30
- LHT** Schmierfettfüllung für niedrige und hohe Temperaturen. LHT oder LHT gefolgt von einer zweiziffrigen Zahl gibt das jeweilige Fett an. Füllungsgrade, die vom Standard abweichen, werden durch einen Buchstaben oder eine Buchstaben/Zahlen-Kombination im Anschluss an LHTxx gekennzeichnet.
- LS** Berührungsdichtung aus Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) oder Polyurethan (AU) mit oder ohne Stahlblech-Armierung an einer Seite des Lagers
- 2LS** LS-Berührungsdichtung an beiden Seiten des Lagers
- LT** Schmierfettfüllung für niedrige Temperaturen. LT oder LT gefolgt von einer zweiziffrigen Zahl gibt das jeweilige Fett an. Füllungsgrade, die vom Standard abweichen, werden durch einen Buchstaben oder eine Buchstaben/Zahlen-Kombination im Anschluss an LTxx gekennzeichnet.
- M** Massivkäfing aus Messing, wälzkörpergeführt
- MA** Massivkäfing aus Messing, außenringgeführt
- MB** Massivkäfing aus Messing, innenringgeführt
- ML** Massiver, einteiliger Fensterkäfing aus Messing, innen- oder außenringgeführt
- MT** Schmierfettfüllung für mittlere Temperaturen. MT oder MT gefolgt von einer zweiziffrigen Zahl gibt das jeweilige Fett an. Füllungsgrade, die vom Standard abweichen, werden durch einen Buchstaben oder eine Buchstaben/Zahlen-Kombination im Anschluss an MTxx gekennzeichnet.
- N** Ringnut im Außenring
- NR** Ringnut im Außenring mit passendem Sprengring

- P** Spritzgegossener Käfig aus glasfaser-verstärktem Polyamid 6.6, wälzkörpergeführt
- PHA** Spritzgegossener Käfig aus glasfaser-verstärktem Polyetheretherketon (PEEK), außenringgeführt
- RS** Berührungsdichtung aus Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) mit oder ohne Stahlblech-Armierung an einer Seite des Lagers
- 2RS** RS-Berührungsdichtung an beiden Seiten des Lagers
- RSH** Stahlblecharmierte Berührungsdichtung aus Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) an einer Seite des Lagers
- 2RSH** RSH-Berührungsdichtung an beiden Seiten des Lagers
- RSL** Stahlblecharmierte, reibungsarme Berührungsdichtung aus Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) an einer Seite des Lagers
- 2RSL** Reibungsarme RSL-Berührungsdichtung an beiden Seiten des Lagers
- RS1** Stahlblecharmierte Berührungsdichtung aus Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) an einer Seite des Lagers
- 2RS1** RS1-Berührungsdichtung an beiden Seiten des Lagers
- RS1Z** Stahlblecharmierte Berührungsdichtung aus Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) an einer Seite und eine Deckscheibe an der anderen Seite des Lagers
- RS2** Stahlblecharmierte Berührungsdichtung aus Fluor-Kautschuk (FKM) an einer Seite des Lagers
- 2RS2** RS2-Berührungsdichtung an beiden Seiten des Lagers
- RZ** Stahlblecharmierte berührungsfreie Dichtung aus Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR) an einer Seite des Lagers
- 2RZ** Berührungsfreie RZ-Dichtung an beiden Seiten des Lagers
- TN** Spritzgegossener Käfig aus Polyamid 6.6, wälzkörpergeführt
- TNH** Spritzgegossener Käfig aus glasfaser-verstärktem Polyetheretherketon (PEEK), wälzkörpergeführt
- TN9** Spritzgegossener Käfig aus glasfaser-verstärktem Polyamid 6.6, wälzkörpergeführt
- V** Vollrolliges bzw. vollkugeliges Lager (d. h. ohne Käfig).
- WT** Schmierfettfüllung für niedrige und hohe Temperaturen. WT oder WT gefolgt von einer zweiziffrigen Zahl gibt das jeweilige Fett an. Füllungsgrade, die vom Standard abweichen, werden durch einen Buchstaben oder eine Buchstaben/Zahlen-Kombination im Anschluss an WTxx gekennzeichnet.
- W64** Solid-Oil-Füllung
- Y** Messingblechkäfig, wälzkörpergeführt
- Z** Deckscheibe (nichtschiebende Dichtung) aus Stahlblech auf einer Seite des Lagers.
- ZZ** Z-Deckscheibe (nichtschiebende Dichtung) aus Stahlblech auf beiden Lagerseiten.

Identifizierung der SKF Produkte

Kennzeichnung der Lager

HINWEIS: Um sicherzugehen, dass Sie wirklich ein echtes SKF Lager erwerben, kaufen Sie nur von SKF oder von einem SKF Vertragshändler.

Nahezu alle SKF Lager sind mit den nachstehenden Merkmalen an den Stirnseiten von Innen- oder Außenring gekennzeichnet (→ Bild 5):

- 1 SKF Marke
- 2 Komplette Lagerbezeichnung
- 3 Herstellungsdatum (kodiert)
- 4 Herstellungsland

Ausführung und Eigenschaften des Lagers können anhand des Kurzzeichens identifiziert werden. Je nach Lagerausführung können auch andere Merkmale am Lager zu finden sein.

HINWEIS: Manchmal ist ein Ring nur mit einem Teil der Informationen gekennzeichnet. Beispielsweise kann der Außenring eines Zylinderrollenlagers mit Rollenkranz die Markierung 3NU20 oder 320 E aufweisen. Sie kennzeichnet einen Außenring der Durchmesserreihe 3 für eine 100-mm-Bohrung (20 × 5). Dieser Außenring kann mit einem NU-, NJ- oder NUP-Innenring angeordnet werden, um ein komplettes Lager zu bilden. In diesem Fall sollte die vollständige Lagerbezeichnung am Innenring zu finden sein, z. B. NJ 320 ECP/C3. Das vollständige

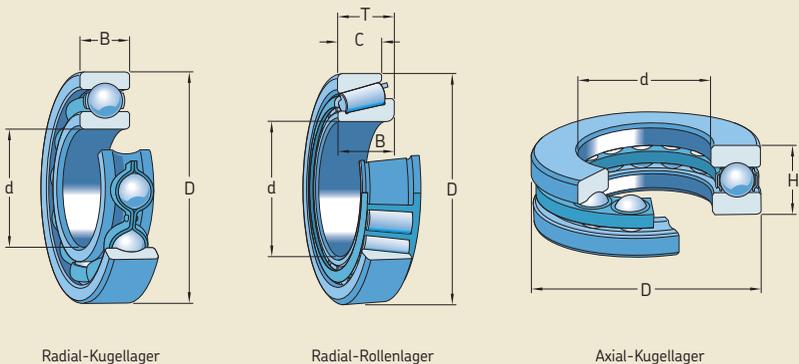


kurze Kurzzeichen ist stets auf der Verpackung aufgedruckt und geht meistens aus Maschinenzeichnungen und Ausrüstungsdaten hervor.

Sollte das Kurzzeichen am Lager nicht mehr lesbar sein, lässt sich die Lagerbezeichnung im Allgemeinen durch Messen der Baumaße (→ Bild 6) und Hinzuziehen des *Interaktiven SKF Lagerungskatalogs* unter www.skf.com ermitteln.

- 1 Bestimmen Sie die Lagerausführung (→ Lagerbauformen und -ausführungen, Seite 12).
- 2 Messen Sie die Bohrung d des Lagers.
- 3 Messen Sie den Außendurchmesser D des Lagers.
- 4 Messen Sie die Breiten B , C , T oder die Höhe H des Lagers.

Bild 6



5 In der Detailsuche des *Interaktiven SKF Lagerungskatalogs* geben Sie die Baumaße ein, um das mögliche Kurzzeichen zu ermitteln.

HINWEIS: Um die vollständige Lagerbezeichnung zu bestimmen, identifizieren Sie Typ und Material des Käfigs, die Konstruktion der Dichtung und alle sonstigen sichtbaren Merkmale. Weitere Hilfestellung erhalten Sie von Ihrem SKF Vertragshändler oder dem Technischen SKF Beratungsservice.

Kennzeichnung von geteilten Gehäusen und Lagereinheiten

Bei den geteilten SNL-, SONL- und SAF-Stehlagergehäusen ist das Kurzzeichen in das Gehäuseoberteil gegossen (→ Bild 7). Ober- und Unterteil jedes Gehäuses sind mit einer eindeutigen Seriennummer gekennzeichnet, um beim Einbau mehrerer Gehäuse in einem Arbeitsgang ein Vertauschen der Komponenten zu verhindern.

Bei Lagereinheiten müssen Lager und Gehäuse (und ggf. sonstige Komponenten) separat identifiziert werden.

Ersatzdichtungen

Ersatzdichtungen sollten in Bauform und Werkstoff dem Original entsprechen. Dichtungen aus anderen Werkstoffen sollten nur dann gewählt werden, wenn eine zwingende Notwendigkeit hierzu besteht.

VORSICHT: Beim Austausch einer Dichtung die Teilenummer der alten Dichtung sorgfältig prüfen. Ein kleiner Fehler, wie der Einsatz einer Standarddichtung aus Acrylnitril-Butadien-Kautschuk als Ersatz für eine identische, widerstandsfähigere Fluor-Kautschuk-Dichtung kann zu einem plötzlichen „geheimnisvollen“ Dichtungsausfall führen.

Lagerlebensdauer

Nominelle Lebensdauer

Die Lebensdauer eines Wälzlagers wird bestimmt durch die Anzahl der Umdrehungen (oder die Anzahl der Betriebsstunden bei gleicher Drehzahl), die das Lager erreicht, bis sich erste Anzeichen von Werkstoffermüdung an den Laufbahnen oder Wälzkörpern bemerkbar machen. Diese Lebensdauer kann in Abhängigkeit von Lagerausführung, Belastung und Dreh-



zahl mithilfe der Gleichung für die nominelle Lebensdauer errechnet werden.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

oder, bei konstanter Drehzahl

$$L_{10n} = \frac{10^6}{60 n} L_{10}$$

wobei gilt:

L_{10} = nominelle Lebensdauer (bei 90 % Erlebenswahrscheinlichkeit) [Millionen Umdrehungen]

L_{10n} = nominelle Lebensdauer (bei 90 % Erlebenswahrscheinlichkeit) [Betriebsstunden]

C = dynamische Tragzahl [kN]

P = äquivalente dynamische Lagerbelastung [kN]

n = Drehzahl [min⁻¹]

p = Exponent der Lebensdauergleichung
= 3 für Kugellager
= 10/3 für Rollenlager

Erweiterte SKF Lebensdauer

Bei modernen Hochqualitätslagern kann die nominelle Lebensdauer in einer bestimmten Anwendung erheblich von der tatsächlichen Gebrauchsdauer abweichen. Daher enthält ISO 281: 2007 eine modifizierte Lebensdauergleichung zur Ergänzung der nominellen Lebensdauer.

Grundlagen

Die Gleichung für die erweiterte SKF Lebensdauer lautet wie folgt:

$$L_{nm} = a_1 a_{SKF} L_{10} = a_1 a_{SKF} \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

oder, bei konstanter Drehzahl

$$L_{nmh} = \frac{10^6}{60 n} L_{nm}$$

wobei gilt:

L_{nm} = erweiterte SKF Lebensdauer (bei 100 – n¹)
Erlebenswahrscheinlichkeit
[Millionen Umdrehungen]

L_{nmh} = erweiterte SKF Lebensdauer (bei 100 – n¹)
Erlebenswahrscheinlichkeit
[Betriebsstunden]

L_{10} = nominelle Lebensdauer (bei 90 %
Erlebenswahrscheinlichkeit)
[Millionen Umdrehungen]

a_1 = Lebensdauerbeiwert für die
Erlebenswahrscheinlichkeit

a_{SKF} = SKF Lebensdauerbeiwert

C = dynamische Tragzahl [kN]

P = äquivalente dynamische Lagerbelastung
[kN]

n = Drehzahl [min⁻¹]

p = Exponent der Lebensdauergleichung
= 3 für Kugellager
= 10/3 für Rollenlager

Weiterführende Informationen über die Berechnung der erweiterten SKF Lebensdauer finden Sie im *Interaktiven SKF Lagerungskatalog* unter www.skf.com.

Gebrauchsdauer

Lagergebrauchsdauer

Bei der Berechnung der grundlegenden Lagerlebensdauer kann das Ergebnis in einer bestimmten Anwendung erheblich von der Gebrauchsdauer abweichen. Die Gebrauchsdauer, d. h. die tatsächliche Lebensdauer eines Lagers unter realen Betriebsbedingungen bis es ausfällt (nicht mehr einsetzbar ist), hängt von

verschiedenen Faktoren ab, u.a. von der Schmierung, dem Verschmutzungsgrad der Lagerumgebung, der Schiefstellung, dem ordnungsgemäßen Einbau und den Betriebsbedingungen wie Lasten, Drehzahl, Temperatur und Schwingungspegel. Um diese Einflüsse zu berücksichtigen, empfiehlt SKF die Berechnung der erweiterten SKF Lebensdauer und nicht einfach nur die der nominellen Lebensdauer.

Dichtungsgebrauchsdauer

Dichtungen halten den Schmierstoff im Lager und Verunreinigungen vom Lager fern. Dabei schützen sie auch den Schmierstoff vor Verunreinigungen und tragen so letzten Endes dazu bei, dass das Lager seine maximale Gebrauchsdauer erreicht.

Im Gegensatz zu den Lagern lässt sich die Lebensdauer von Dichtungen nicht berechnen. Die Dichtungsgebrauchsdauer ist noch schwieriger vorherzusagen, da sie fast vollständig von den Betriebsbedingungen abhängig ist sowie vom Verschmutzungsgrad der Umgebung, von der Wellenausrichtung, den Einbautechniken und den Einflüssen durch Chemikalien, z. B. Reinigungsmitteln.

Schmierstoffgebrauchsdauer

In praktisch jeder Anwendung hat der Schmierstoff erhebliche Auswirkungen auf die Lagergebrauchsdauer. Daher sollten alle Schmierstoffe an die Betriebsbedingungen der Anwendung angepasst werden. Unabhängig davon, ob ein Lager in einer Anordnung mit Fett oder Öl geschmiert wird, nimmt die Effektivität des Schmierstoffs infolge mechanischer Vorgänge, Alterung und der Ansammlung von Verunreinigungen durch Komponentenverschleiß und/oder Schmutzeintritt mit der Zeit ab. Infolgedessen ist die tatsächliche Gebrauchsdauer eines Schmierstoffs nur schwer vorherzusagen. SKF gibt jedoch im weiteren Verlauf dieser Druckschrift Hinweise zu Schmierfristen und Instandhaltungstechniken.

Sauberkeit

Verunreinigungen können sich nachteilig auf die Lager- und Dichtungsgebrauchsdauer auswirken. Sie können darüber hinaus zu einer Verkürzung der Gebrauchsdauer des Schmierstoffs

¹ Der Beiwert n gibt die Ausfallwahrscheinlichkeit an, d. h. die Differenz zwischen der erforderlichen Erlebenswahrscheinlichkeit und 100 %.

führen. Deshalb ist es wichtig, dass Wälzlager mit sauberem Fett oder Öl geschmiert werden und dass der Schmierstoff durch ein effektives Dichtsystem vollständig vor Verunreinigungen geschützt wird.

Bei allen Instandhaltungsmaßnahmen von der Montage und Nachschmierung bis hin zu Kontrolle und Ausbau ist ein Höchstmaß an Sauberkeit einzuhalten. Detaillierte Empfehlungen bezüglich der Sauberkeit sind in den jeweiligen Kapiteln dieser Druckschrift enthalten. Hier jedoch einige allgemeine Hinweise:

- Bis unmittelbar vor dem Einbau sollten Sie Lager in ihrer Originalverpackung aufbewahren, da sie darin optimal geschützt sind.
- Montieren Sie die Lager in einem Raum, der frei von Schmutz, Staub und Feuchtigkeit ist.
- Verwenden Sie bei allen Instandhaltungsmaßnahmen Profiwerkzeuge.
- Wischen Sie Fett- und Ölspritzer sofort weg.
- Reinigen Sie Schmiernippel vor der Nachschmierung und verschließen Sie sie korrekt mit einer geeigneten Schmiernippelkappe.
- Verwenden Sie speziell vorgesehene und saubere Behälter für den Transport und die Zufuhr von Schmierstoff. Die Verwendung eines separaten Behälters für jeden Schmierstofftyp hat sich bewährt und wird dringend angeraten.
- Achten Sie bei Abspritzungen darauf, dass der Schlauch nicht auf die Dichtungen gerichtet wird.

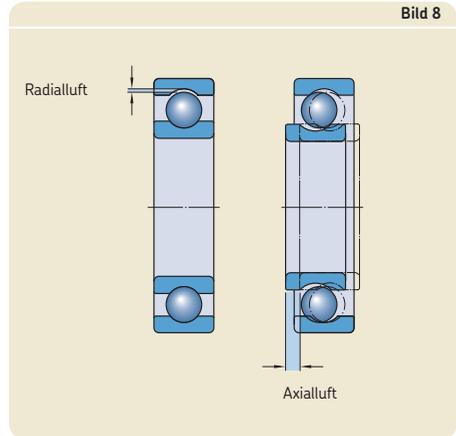
HINWEIS: Es ist besser, die Verunreinigung von Lagern von vorneherein zu verhindern, als die Lager später zu säubern. Viele Lagerarten können nicht getrennt werden und lassen sich daher nur schwer reinigen.

Lagerluft

Unter Lagerluft versteht man den Gesamtspielraum, in dem ein Lagerring im Verhältnis zum anderen bewegt werden kann (→ **Bild 8**):

- in radialer Richtung (Radialluft)
- in axialer Richtung (Axialluft)

Man muss unterscheiden zwischen der Lagerluft vor dem Einbau (→ **Anhang E ab Seite 388**) und der Lagerluft in einem einge-



bauten Lager, das seine Betriebstemperatur erreicht hat (Betriebsspiel). Die anfängliche Lagerluft (vor dem Einbau) ist größer als das Betriebsspiel, da die unterschiedlichen Presspassungen und Wärmedehnungen der Lagerringe und der zugehörigen Komponenten zu einem Ausdehnen oder Zusammenziehen der Ringe führen.

Die radiale Lagerluft ist von größter Bedeutung für einen zufriedenstellenden Betrieb. Im Allgemeinen gilt:

- Kugellager sollten stets ein Betriebsspiel von praktisch null oder u. U. eine leichte Vorspannung aufweisen.
- Zylinder-, Pendel- und CARB Toroidalrollenlager sollten im Betrieb stets eine gewisse Restlagerluft aufweisen.
- Bei Kegelrollenlagern sollte stets etwas Restlagerluft vorhanden sein, mit Ausnahme von Lageranordnungen, bei denen Steifigkeit gewünscht wird, z. B. bei Ritzellagerungen, deren Lager mit einer bestimmten Vorspannung eingebaut werden.

HINWEIS: Wenn sich Betriebs- und Montagebedingungen vom Normalzustand unterscheiden, z. B. wenn Presspassungen für beide Lagerringe verwendet werden oder außergewöhnliche Temperaturen vorherrschen, können Lager mit einer größeren oder kleineren Lagerluft als Normal erforderlich sein. In diesen Fällen empfiehlt SKF nach dem Einbau eine Kontrolle der Restlagerluft im Lager.

Lageranordnungen

Um eine umlaufende Maschinenkomponente zu unterstützen, sind im Allgemeinen zwei Lager erforderlich, die üblicherweise als Fest- und als Loslager angeordnet werden. In einigen Anwendungen teilen sich beide Lager die Aufgabe, die Welle axial zu befestigen. Diese Anordnung wird als angestellte Lagerung oder Lagerung mit gegenseitiger Führung bezeichnet.

Bauformen von Lageranordnungen

Fest- und Loslagerung

Anordnungen mit einem Fest- und Loslager sind am häufigsten anzutreffen (→ Bild 9).

Das Lager in der Festlagerposition, typischerweise auf der Antriebsseite einer Maschine, unterstützt die Welle radial und befestigt sie axial in beiden Richtungen. Es muss daher sowohl auf der Welle als auch im Gehäuse befestigt werden. Zu den geeigneten Lagerausführungen für die Festlagerposition gehören:

- Rillenkugellager (→ Bild 9)
- Pendelkugellager
- Pendelrollenlager (→ Bild 10, links)
- zweireihig bzw. paarweise eingebaute einreihige Schrägkugellager
- zusammengepasste einreihige Kegelrollenlager
- Zylinderrollenlager (NJ-Lager mit Winkelring HJ- und NUP-Lager)

Auch Kombinationen aus einem Radiallager für rein radiale Belastungen und einem Lager für die Axiallasten können verwendet werden, z. B. ein NU-Zylinderrollenlager und ein Vierpunkt-lager (→ Bild 11).

Das Lager in der Loslagerposition sorgt für radiale Unterstützung und nimmt bei Bedarf die durch Wärmeausdehnungen verursachten axialen Verschiebungen der Welle gegenüber dem Gehäuse auf. Einige Lager können axiale Verschiebungen innerhalb des Lagers aufnehmen. Zu den typischen Lagerbauformen mit dieser Fähigkeit gehören:

- CARB Toroidalrollenlager
- Zylinderrollenlager mit Borden an nur einem Ring, d. h. die Lagerbauformen N und NU

Bild 9

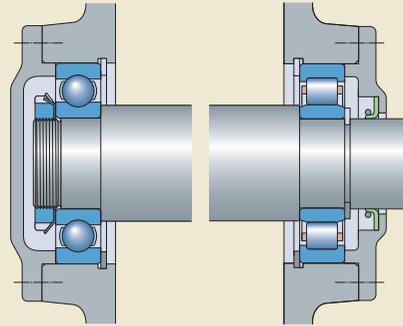


Bild 10

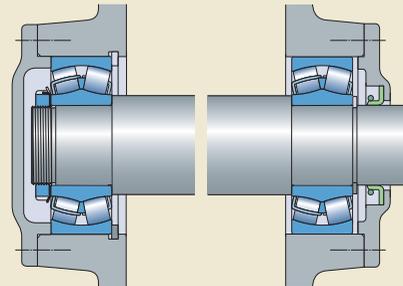
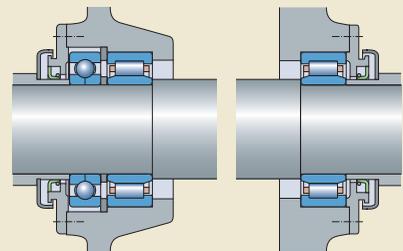


Bild 11



Bei anderen Lagern in der Loslagerposition erfolgt die axiale Verschiebung zwischen einem der Lagerringe und seinem Sitz, typischerweise zwischen Außenring und Gehäusebohrung. Zu den geeigneten Lagerausführungen für die Loslagerposition gehören:

- Rillenkugellager
- Pendelkugellager
- Pendelrollenlager (→ **Bild 10**, rechts)

Angestellte Lagerungen

In einer angestellten Lagerung ist die Welle axial durch ein Lager in einer Richtung befestigt und durch das andere Lager in der entgegengesetzten Richtung. Diese Anordnung wird auch als Lagerung mit gegenseitiger Führung bezeichnet und eignet sich vor allem für kurze Wellen. Alle Arten von radialen Kugel- und Rollenlagern, die Axiallasten in mindestens einer Richtung aufnehmen, eignen sich für Lagerungen mit gegenseitiger Führung, einschließlich:

- Rillenkugellager
- Schrägkugellager (→ **Bild 12**)
- Kegelrollenlager

Arten der Lagerbefestigung

Radiale Befestigung der Lager

Wenn die Belastbarkeit eines Lagers voll ausgenutzt werden soll, müssen seine Ringe oder Scheiben um den gesamten Umfang und über die gesamte Breite der Laufbahn vollständig unterstützt werden.

Generell kann eine zufriedenstellende radiale Befestigung und adäquate Unterstützung nur erreicht werden, wenn die Ringe mit einer ausreichend festen Passung eingebaut werden. Lagerringe, die nicht korrekt oder nicht ausreichend gesichert sind, verursachen im Allgemeinen Schäden am Lager und an den zugehörigen Komponenten. Wenn eine feste Passung nicht möglich ist und eine lose Passung angewandt wird, sind spezielle Maßnahmen erforderlich, um das Wandern des Lagers zu begrenzen, da dies ansonsten zu einem verschlissenen Lagersitz auf der Welle oder im Gehäuse führen kann.

Bild 12

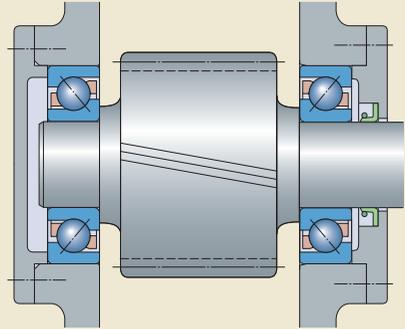
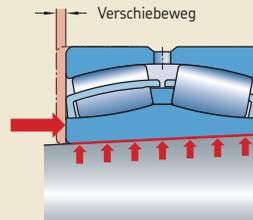


Bild 13



HINWEIS: Unter Wandern versteht man die relative Bewegung zwischen einem Lagerring und seinem Sitz. Es tritt vor allem bei einer für die Belastung nicht ausreichenden festen Passung auf oder wenn eine feste Passung nicht angewandt werden kann.

Auswahl der Passung

Lager mit zylindrischer Bohrung

Bei der Wahl der Passung für Lager mit zylindrischer Bohrung müssen in erster Linie die Umlaufbedingungen berücksichtigt werden (→ **Tabelle 1**). Im Prinzip gibt es drei verschiedene Bedingungen:

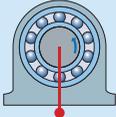
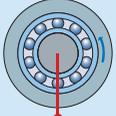
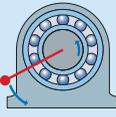
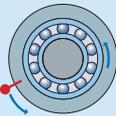
- Die Umfangslast bezieht sich auf einen umlaufenden Lagerring bei einer stationären Belastung. (Sie kann auch umgekehrt bedeuten, dass der Ring stillsteht und die Last umläuft.)
- Eine Punktlast liegt vor, wenn sowohl der Lagerring als auch die Belastung stationär sind. (Sie kann auch bedeuten, dass Ring und Last mit gleicher Drehzahl umlaufen.)
- Bei einer unbestimmten Lastrichtung liegen veränderliche äußere Belastungen, Stöße, Erschütterungen oder Unwuchten in schnell laufenden Maschinen vor.

Weitere bei der Wahl der Passung zu berücksichtigende Faktoren sind in **Tabelle 2** auf den **Seiten 33** und **34** enthalten.

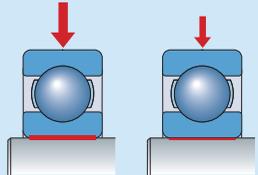
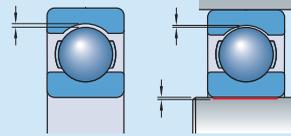
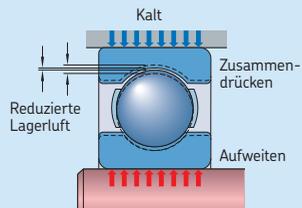
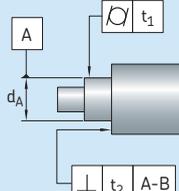
Lager mit kegeliger Bohrung

Lager mit kegeliger Bohrung werden entweder direkt auf einem kegeligen Sitz auf der Welle oder alternativ mit einer Spann- oder Abziehhülse auf einem zylindrischen Lagersitz montiert. Die Passung des Innenrings richtet sich danach, wie weit der Ring auf den Wellensitz oder die Hülse aufgepresst wurde (→ **Bild 13**, **Seite 31**).

Tabelle 1

Umlauf- und Lastverhältnis				
Betriebsbedingungen	Schematische Darstellung	Belastungsbedingung	Beispiel	Passungsempfehlungen
Umlaufender Innenring Stillstehender Außenring Unveränderliche Belastungsrichtung		Umfangslast am Innenring Punktlast am Außenring	Riemengetriebene Wellen	Feste Passung für den Innenring Lose Passung für den Außenring
Stillstehender Innenring Umlaufender Außenring Unveränderliche Belastungsrichtung		Punktlast am Innenring Umfangslast am Außenring	Tragrollen für Förderbänder Radlagerungen	Lose Passung für den Innenring Feste Passung für den Außenring
Umlaufender Innenring Stillstehender Außenring Belastung läuft mit Innenring um		Punktlast am Innenring Umfangslast am Außenring	Vibrationsmaschinen Schwingsiebe, Vibrationsmotoren	Feste Passung für den Außenring Lose Passung für den Innenring
Stillstehender Innenring Umlaufender Außenring Belastung läuft mit Außenring um		Umfangslast am Innenring Punktlast am Außenring	Kreiselbrecher (Karussell)	Feste Passung für den Innenring Lose Passung für den Außenring

Wichtige Faktoren bei der Wahl der Passung

Faktoren	Situation	Richtschnur
<p>Größe der Belastung</p> 	<p>Hohe Belastungen führen eher zu einem Wandern des Lagers als geringe Belastungen.</p>	<p>Um ein Wandern zu verhindern, müssen für Lager, die größeren Belastungen ausgesetzt sind, festere Passungen gewählt werden.</p> <p>Stoßbelastungen sind ebenfalls zu berücksichtigen.</p> <p>Die Größe der Belastung wird definiert als:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $P \leq 0,05 C$ – leichte Belastung • $0,05 C < P \leq 0,1 C$ – normale Belastung • $0,1 C < P \leq 0,15 C$ – hohe Belastung • $P > 0,15 C$ – sehr hohe Belastung
<p>Lagerluft</p>  <p>Lagerluft vor dem Einbau Lagerluft nach dem Einbau</p>	<p>Je fester die Passung, desto größer die Reduzierung der ursprünglichen Lagerluft nach dem Einbau.</p>	<p>Bei Anwendung einer festen Passung können Lager mit einer größeren Lagerluft als Normal erforderlich sein.</p>
<p>Temperaturverhältnisse</p>  <p>Kalt Zusammen drücken</p> <p>Reduzierte Lagerluft</p> <p>Aufweiten</p> <p>Warm</p>	<p>Im Betrieb weist der Außenring oftmals eine geringere Temperatur auf als der Innenring, was zu einer Verringerung der Lagerluft führt.</p>	<p>Je nach den (erwarteten) Betriebstemperaturen der Komponenten, können Lager mit einer größeren Lagerluft als Normal erforderlich sein.</p>
<p>Anforderungen an die Laufgenauigkeit</p> 	<p>Bei höheren Anforderungen an die Laufgenauigkeit sind Lager mit losen Passungen anfällig für Schwingungen.</p>	<p>Wenn hohe Anforderungen an die Laufgenauigkeit gestellt werden, müssen Passungen gewählt werden, die mindestens Toleranzklasse IT5 für die Welle und mindestens Toleranzklasse IT6 für das Gehäuse entsprechen.</p> <p>Um Planlauf toleranzen und Schwingungen zu reduzieren, sind feste Passungen anzuwenden.</p>

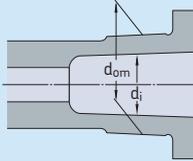
Wichtige Faktoren bei der Wahl der Passung

Faktoren

Situation

Richtschnur

Ausführung der Gegenstücke



Bei Hohlwellen oder dünnwandigen Gehäusen können Passungen weniger effektiv sein.

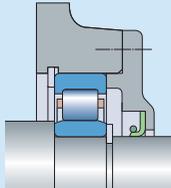
Wählen Sie für Lager in dünnwandigen oder Leichtmetallgehäusen sowie auf Hohlwellen Passungen, die fester als normal sind.

Mangelhafter Kontakt auf dem Lagersitz, z. B. in geteilten Gehäusen, kann zu einer Verformung und schließlich zu einer Unrundheit des Lagerings führen.

Geteilte Gehäuse sind nicht für festere Passungen geeignet. Für diese Gehäuse empfiehlt SKF Toleranzgruppe G oder H (höchstens K).

Mit Ausnahme von Wälz-lagerstahl wird sich das Material des Lagersitzes infolge der verschiedenen Wärmeausdehnungskoeffizienten auf die Wahl der Passung auswirken.

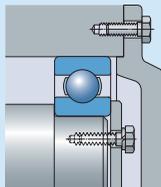
Ein- und Ausbaumöglichkeit



Lager mit loser Passung lassen sich im Allgemeinen leichter ein- und ausbauen als solche mit festen Passungen.

Wenn eine feste Passung erforderlich ist und es auf leichten Ein- und Ausbau ankommt, sind nicht selbsthaltende Lager oder Lager mit kegeliger Bohrung zu verwenden. Lager mit kegeliger Bohrung können entweder direkt auf einem kegeligen Sitz auf der Welle oder alternativ mit einer Spann- oder Abziehhülse auf einem zylindrischen Lagersitz montiert werden.

Verschiebung des Lagers in der Loslagerposition



Einige Lager können axiale Verschiebungen im Lager aufnehmen, darunter Zylinderrollenlager mit einem bordfreien Ring, Nadellager oder CARB Toroidalrollenlager.

Lager, die keine axiale Verschiebung im Lager aufnehmen können, sollten einen freien Ring aufweisen, d. h. wählen Sie eine lose Passung für den Ring, der die Punktlast trägt.

Passungsempfehlungen und Toleranzen

Die Toleranzen für die Bohrungs- und Außendurchmesser von Wälzlagern sind international genormt. Um eine geeignete Passung in Wälzlagernwendungen zu erzielen, kommen nur einige ISO-Toleranzklassen für Welle und Gehäuse sitzt in Betracht. Für die häufiger vorkommenden Toleranzklassen ist die Toleranzfeldlage im Vergleich zur Bohrungs- und zur Außendurchmessertoleranz der Wälzlager schematisch im **Bild 14** dargestellt.

HINWEIS: Jede ISO-Toleranzklasse ist durch einen Buchstaben und eine Ziffer gekennzeichnet. Der Buchstabe (Kleinbuchstabe für den Wellendurchmesser, Großbuchstabe für die Gehäusebohrung) gibt das Toleranzfeld im Verhältnis zur Nennabmessung an. Die Zahl informiert über die Größe des Toleranzfeldes.

Empfehlungen für Lagerpassungen für Vollwellen aus Stahl sowie für Gehäuse aus Gusseisen oder Stahl sind in **Anhang A** ab **Seite 334** zu finden. Die geeigneten Werte für Toleranzen für Lagersitze auf Wellen und in Gehäusen sind in **Anhang B** ab **Seite 338** gelistet.

Sollen Lager mit fester Passung auf einer Hohlwelle montiert werden, ist im Allgemeinen

eine festere Passung als bei einer Vollwelle erforderlich, um den gleichen Oberflächendruck zwischen Innenring und Wellensitz zu erhalten. Weiterführende Informationen finden Sie im *Interaktiven SKF Lagerungskatalog* unter www.skf.com.

Anforderungen an Abmessung, Form und Laufgenauigkeit

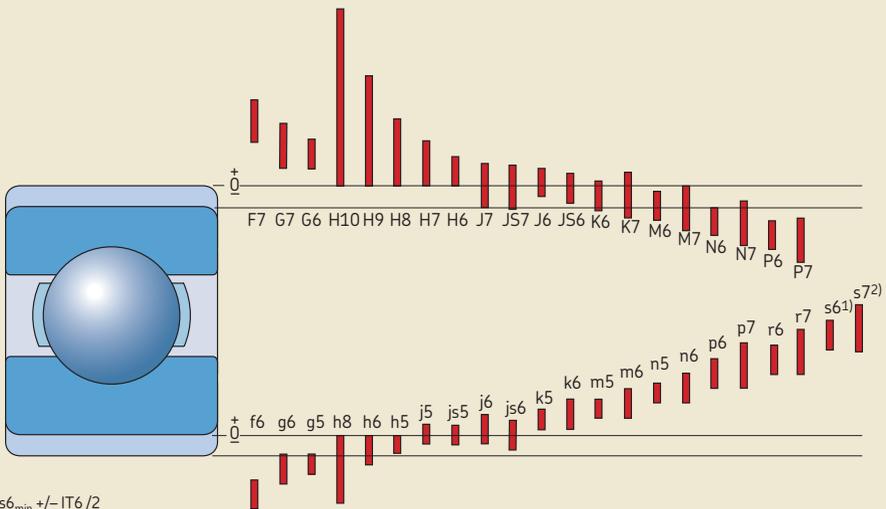
Die Genauigkeit von zylindrischen Lagersitzen auf Wellen und in Gehäusebohrungen sollte der Genauigkeit der verwendeten Lager entsprechen. SKF empfiehlt Folgendes für Form- und Laufgenauigkeit bei der Bearbeitung der Gegenstücke:

Maßgenauigkeit

Für Lager mit Normaltoleranzen sollte die Maßgenauigkeit der zylindrischen Wellensitze mindestens der Grundtoleranzklasse IT6 entsprechen, die der Gehäusesitze mindestens der Toleranzklasse IT7. Bei Befestigung mit Spanner- oder Abziehhülsen ist für den Hülsensitz eine größere Durchmessertoleranz (Grundtoleranzgrad IT9) zulässig als für zylindrische Lagersitze (→ **Anhang B-7, Seite 384**). Die Zahlenwerte der Standard-Toleranzklassen IT sind in **Anhang C** auf **Seite 385** zu finden.

Bei Lagern mit höherer Genauigkeit sind entsprechend genauere Toleranzgrade einzuhalten.

Bild 14



1) $s_{6\min} +/ - IT6 / 2$
 2) $s_{7\min} +/ - IT7 / 2$

Grundlagen

Zylinderformtoleranz

Die Zylinderformtoleranz t_1 sollte für Lagersitze je nach Anforderungen um einen bis zwei Grundtoleranzgrade besser sein als die vorgeschriebene Maßtoleranz. Bei einem z. B. nach m6 bearbeiteten zylindrischen Lagersitz auf der Welle sollte demnach die Formgenauigkeit dem Grundtoleranzgrad IT5 bzw. IT4 entsprechen. Der Toleranzwert t_1 für die Zylinderform ergibt sich in diesem Beispiel bei einem angenommenen Wellendurchmesser von 150 mm aus $t_1 = IT5/2 = 18/2 = 9 \mu\text{m}$. Der Toleranzwert t_1 gilt für den Radius, für den Wellendurchmesser deshalb $2 \times t_1$.

Richtwerte für die Zylinderformtoleranz t_1 (und für die Gesamtrundlauf-toleranz t_3) für Lagersitze sind in **Anhang D-1 auf Seite 386** angegeben.

Bei Befestigung mit Spann- oder Abziehhülse muss die Zylinderformtoleranz des Hülsensitzes IT5/2 (bei Toleranzklasse h9) entsprechen (→ **Anhang B-7, Seite 384**).

Toleranz für die Rechtwinkligkeit

Bei Anlageflächen für Lagerringe an Schultern usw. ist eine Rechtwinkligkeitstoleranz einzuhalten, die um mindestens einen Grundtoleranzgrad gegenüber der Durchmesser-toleranz des anschließenden zylindrischen Sitzes eingeschränkt ist. Bei Auflageflächen für Axiallager-scheiben sollte die Rechtwinkligkeitstoleranz den durch IT5 festgelegten Wert nicht überschreiten.

Richtwerte für die Rechtwinkligkeitstoleranz t_2 (und für die Gesamtplanlauf-toleranz t_4) sind in **Anhang D-1 auf Seite 386** angegeben.

Rauheit der Lagersitzflächen

Die Rauheit von Lagersitzflächen wirkt sich nicht in gleichem Maße auf die Lagerfunktion aus wie deren Maß-, Form- und Lagegenauigkeit. Die Glätte der Passflächen wirkt sich jedoch direkt auf die Genauigkeit der festen Passung aus. Für Lagerungen, an deren Genauigkeit höhere Ansprüche gestellt werden, sind Richtwerte für den Mittenrauwert R_a in **Anhang D-2 auf Seite 387** angegeben. Diese Richtwerte gelten bei geschliffenen Sitzflächen.

HINWEIS: Im Vergleich zu geschliffenen Sitzflächen sollte die Rauheit von feingedrehten Sitzen ein oder zwei Klassen höher sein. Bei nicht kritischen Lageranordnungen ist eine relativ hohe Oberflächenrauheit zulässig.

Axiale Befestigung der Lager

Im Allgemeinen reicht eine feste Passung allein nicht aus, um einen Lagerring auch in axialer Richtung auf der Welle oder in der Gehäusebohrung festzulegen. In der Regel wird daher eine geeignete axiale Befestigung oder Sicherung erforderlich.

Bei Festlagern werden beide Lagerringe nach beiden Seiten axial festgelegt (→ **Bild 15**).

Bei Loslagern hängt die axiale Befestigung von der Lagerausführung ab:

- Sofern es sich um Lager handelt, die Axialverschiebungen nicht im Lager selbst ausgleichen, wird nur der Ring mit der festeren Passung (in der Regel der Innenring) axial befestigt. Der andere Ring muss sich ungehindert gegenüber dem Gegenstück in axialer Richtung verschieben können (→ **Bild 16**).
- Bei Lagern, die Axialverschiebungen innerhalb des Lagers ausgleichen, wie z. B. Zylinderrollenlager, müssen beide Lagerringe axial festgelegt werden (→ **Bild 17**).
- Das Gleiche gilt für CARB Toroidalrollenlager.

Bei gegenseitiger Führung genügt es, die Lagerringe jeweils nach einer Seite festzulegen (→ **Bild 18, Seite 38**).

Bild 15

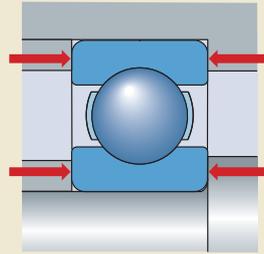


Bild 16

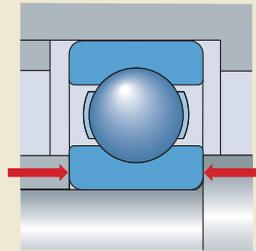


Bild 18

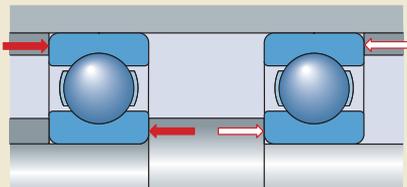
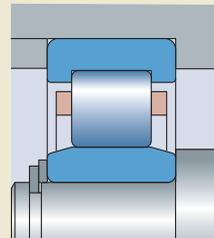


Bild 17



Anschlussmaße

Die Anschlussmaße, d. h. die Durchmesser von Wellen- oder Gehäuseschultern, Abstandsringen, Abdeckungen usw., werden grundsätzlich so festgelegt, dass einerseits genügend große Anlageflächen für die Lagerringe vorhanden sind und andererseits umlaufende Teile des Lagers nicht an den Gegenstücken oder sonstigen feststehenden Teilen anstreifen können.

Der Übergang vom Lagersitz zur Wellen- oder Gehäuseschulter kann mit einer Rundung oder auch mit einem Freistich ausgeführt werden. Für Rundungen sind die Abmessungen in **Anhang D-3 auf Seite 387** geeignet. Die Beanspruchung einer abgesetzten Welle ist um so günstiger, je größer der Radius der Rundung am Übergang zur Wellenschulter ist.

Bei hoch belasteten Wellen wird daher meist eine größere Rundung erforderlich. In diesem Fall muss zwischen Lagerinnenring und Wellenschulter ein Abstandsring vorgesehen werden, der eine genügend große Anlagefläche für den Lagerring bietet und auf der der Wellenschulter zugekehrten Seite so abgeschrägt ist, dass er nicht in der Rundung anliegt (→ **Bild 19**).

CARB Toroidalrollenlager

CARB Toroidalrollenlager gleichen Längenänderungen der Welle innerhalb des Lagers aus. Um die axiale Verschiebung der Welle gegenüber dem Gehäuse sicherzustellen, sind an beiden Stirnseiten der Lager Freiräume vorzusehen (→ **Bild 20**).

Weiterführende Informationen zur Berechnung der erforderlichen Anschlussmaße finden Sie im *Interaktiven SKF Lagerungskatalog* unter www.skf.com.

Bild 19

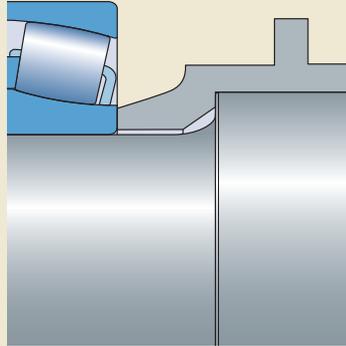
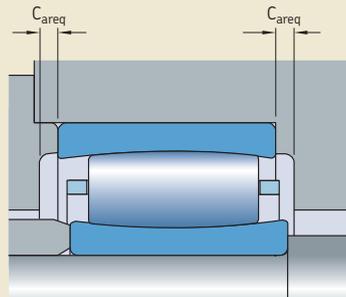


Bild 20



Abdichten der Lagerung

Die Leistungsfähigkeit einer Dichtungsanordnung leistet einen wesentlichen Beitrag zur Sauberkeit des Schmierstoffs und zur Gebrauchsdauer von Lagern. Bei Dichtungen für Wälzlager wird zwischen Dichtungen im Inneren des Lagers und Dichtungen außerhalb des Lagers unterschieden.

Dichtungen außerhalb des Lagers

Es gibt zwei Hauptkategorien von äußeren Dichtungen:

- Berührungsdichtungen
- berührungsfreie Dichtungen

Bei den Berührungsdichtungen an ruhenden Flächen hängt die Dichtwirkung von der radialen oder axialen Verformung ihres Querschnitts im eingebauten Zustand ab. Typische Beispiele für diese statischen Dichtungen sind Flachdichtungen und Dichtungen mit O-Ringen. Berührungsdichtungen an gleitenden Flächen werden zur Abdichtung von Durchgangsstellen zwischen einem stillstehenden Teil, z. B. einem Gehäuse, und einer umlaufenden Komponente, üblicherweise der Welle, eingesetzt. In einer Lageranordnung haben diese sogenannten dynamischen Dichtungen Schmierstoffe zurückzuhalten und Verunreinigungen auszuschließen (→ Bild 21).

Den Hauptteil der dynamischen Dichtungen stellen die Radial-Wellendichtringe. Zu den weiteren Bauformen gehören V-Ringdichtungen und Filzdichtungen.

HINWEIS: Wenn die vordringliche Funktion eines Radial-Wellendichtrings die Rückhaltung von Schmierstoff ist, sollte er mit der Dichtlippe zum Fett hin installiert werden, d. h. nach innen weisen. Soll hauptsächlich das Eindringen von Schadstoffen verhindert werden, muss die Dichtlippe zur Verunreinigungen weisen, d. h. nach außen.

Die Funktion eines berührungsfreien Radial-Wellendichtrings basiert auf dem Dichtungsprinzip eines schmalen, relativ langen Spalts, der axial, radial oder kombiniert angeordnet werden kann. Berührungsfreie Dichtungen reichen von einfachen Spaltdichtungen bis hin zu mehrgängigen Labyrinthdichtungen (→ Bild 22), und erzeugen im Allgemeinen keine Reibung und verschleifen nicht.

Bild 21

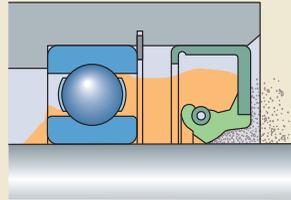


Bild 22

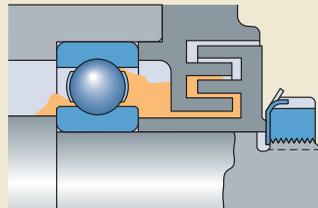
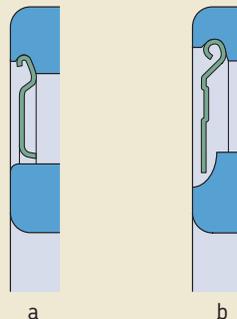


Bild 23



HINWEIS: Berührungsfreie Dichtungen eignen sich für Anwendungen mit hohen Drehzahlen und/oder hohen Temperaturen.

Dichtungslösungen im Lager

Dichtungslösungen im Lager lassen sich in zwei Kategorien aufteilen:

- Deckscheiben
- Dichtungen

Deckscheiben

Deckscheiben werden aus Stahlblech gefertigt und finden vor allem für Lagerungen Verwendung, bei denen die Gefahr der Verschmutzung gering ist oder wenn die Reibungsfreiheit dieser Dichtungen im Hinblick auf die Drehzahl oder Betriebstemperatur der Lager ausschlaggebend ist. Die Lager sind auf Lebensdauer geschmiert und sollten nicht nachgeschmiert werden.

Deckscheiben bilden (→ **Bild 23, Seite 39**):

- einen schmalen Dichtspalt mit der Innenringschulter (**a**)
- eine wirksame Labyrinthdichtung mit einer Eindrehung an der Innenringschulter (**b**)

Dichtungen

In SKF Lager integrierte Dichtungen sind aus Elastomerwerkstoffen gefertigt und normalerweise mit einer Scheibe aus Stahlblech armiert.

Lager mit Berührungsdichtungen werden bevorzugt dort eingesetzt, wo Verunreinigungsbeständigkeit erforderlich ist, wo der Zutritt von Feuchtigkeit, Spritzwasser usw. nicht ausgeschlossen werden kann oder eine lange Gebrauchsdauer mit minimaler Wartung erreicht werden soll.

Der Kontakt einer Dichtung mit einem Lager ring richtet sich nach der Ausführung des Lagers und nach der Bauform der Dichtung. Der Dichtungskontakt kann auf zwei Arten erfolgen (→ **Bild 24**):

- mit der Innenringschulter (**a**) bzw. gegen Eindrehungen in der Innenringschulter (**b, c, d**)
- mit einer Gleitfläche an bzw. auf der Innenringlaufbahn (**e, f**) oder in der Außenringlaufbahn (**g**)

Für Rillenkugellager hat SKF zudem integrierte berührungsfreie Dichtungen entwickelt, die einen extrem schmalen Spalt mit dem Innenring (→ **Bild 25a** und **b**) bilden, sowie integrierte rei-

Bild 24

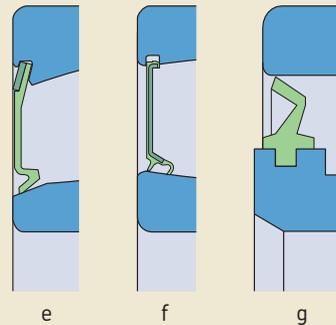
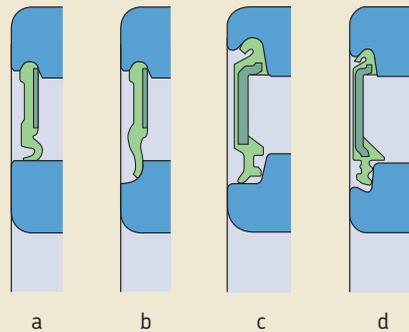
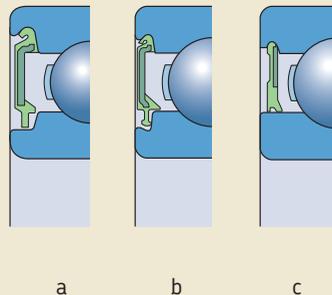


Bild 25



bungsarme Dichtungen, die praktisch keinen Kontakt mit dem Innenring haben (→ Bild 25c). Beide erfüllen höchste Anforderungen an die Dichtleistung und den reibungsarmen Betrieb des Lagers. Lager mit diesen Dichtungen können dadurch mit den gleichen Drehzahlen arbeiten wie Lager mit Deckscheiben, jedoch mit besserer Dichtleistung. Die Lager sind auf Lebensdauer geschmiert und sollten nicht nachgeschmiert werden.

Aufbewahrung von Lagern, Dichtungen und Schmierstoffen

Die Lagerbedingungen für Lager, Dichtungen und Schmierstoffe können sich nachteilig auf ihre Leistung auswirken. Auch die Bestandskontrolle kann eine wichtige Rolle bei der Leistungsfähigkeit spielen, dies gilt insbesondere für Dichtungen und Schmierstoffe. SKF empfiehlt daher das Bestandsprinzip „First in, first out“.

Aufbewahrung von Lagern, Lagereinheiten und Gehäusen

Lagerbedingungen

Um die Gebrauchsdauer von Lagern zu maximieren, empfiehlt SKF die folgenden Grundregeln:

- Bewahren Sie die Lager liegend und kühl in einem schwingungsfreien, trockenen Raum mit konstanten Temperaturverhältnissen auf. Im Lagerbereich darf keine Zugluft vorhanden sein.
- Regeln und begrenzen Sie die relative Luftfeuchtigkeit im Lagerraum wie folgt:
 - 75 % bei 20 °C
 - 60 % bei 22 °C
 - 50 % bei 25 °C
- Bewahren Sie Lager bis kurz vor dem Einbau in ihrer ungeöffneten Originalverpackung auf, um sie vor Staub und Feuchtigkeit zu schützen sowie eine Korrosion der Lagerkomponenten zu verhindern.

HINWEIS: Maschinen im Standby sollten so oft wie möglich umlaufen oder betrieben werden, um das Fett in den Lagern zu verteilen und die Position der Wälzkörper im Verhältnis zur Laufbahn zu verändern.

Lagereinheiten und Gehäuse sind unter ähnlichen Bedingungen wie Lager aufzubewahren, d. h. an einem kühlen, staubfreien und mäßig belüfteten Ort mit geregelter relativer Luftfeuchtigkeit.

Lagerungsbeständigkeit offener Lager

SKF Lager sind mit einem Korrosionsschutz beschichtet und werden vor dem Versand sicher verpackt. Bei offenen Lagern bietet die Konservierung bei entsprechenden Lagerbedingungen etwa fünf Jahre lang Schutz vor Rostangriff. Nach fünf Jahren empfiehlt SKF, nachfolgende Hinweise zu befolgen:

- 1 Nehmen Sie das Lager aus seiner Verpackung, möglichst ohne die Verpackung zu beschädigen.
- 2 Reinigen Sie das Lager mit einem geeigneten Lösungsmittel.
- 3 Trocknen Sie das Lager sorgfältig.
- 4 Nehmen Sie eine visuelle Kontrolle des Lagers auf Korrosion oder Beschädigungen vor. Befindet sich das Lager in einem zufriedenstellenden Zustand, tragen Sie eine neue Schicht eines geeigneten Korrosionsschutzmittels auf und verpacken das Lager wieder in seiner Originalverpackung.

HINWEIS: Die Kontrolle und Neuverpackung von Lagern ist Teil des Serviceangebots von SKF. Näheres erfahren Sie von Ihrem SKF Ansprechpartner oder SKF Vertragshändler.

Lagerungsbeständigkeit abgedichteter Lager

Die maximale Aufbewahrungsdauer für abgedichtete SKF Lager richtet sich nach dem Schmierstoff im Lager. Infolge von Alterung, Kondensation und Separierung von Dickungsmitteln und Öl nimmt die Effektivität des Schmierstoffs mit der Zeit ab. Daher sind abgedichtete Lager maximal drei Jahre lang aufzubewahren.

HINWEIS: Bei kleinen Lagern ist es technisch schwierig, die Dichtungen zu entfernen, das Lager zu reinigen, neu zu schmieren und dann die Dichtungen wieder zu montieren. Doch ein noch wichtigerer Faktor ist, dass dabei die Dichtungen beschädigt werden und Verunreinigungen in das Lager eindringen könnten.

Bei einigen größeren Lagern werden die Dichtungen von einem Sicherungsring im Außenring gehalten. Bei Bedarf können die Dichtungen entfernt und ausgetauscht werden.

Aufbewahrung von Elastomerdichtungen

Lagerbedingungen

Um die Gebrauchsdauer von Elastomerdichtungen zu maximieren, empfiehlt SKF die folgenden Grundregeln:

- Bewahren Sie Elastomerdichtungen liegend und kühl in einem mäßig belüfteten Raum bei Temperaturen von 15–25 °C auf.
- Regeln und begrenzen Sie die relative Luftfeuchtigkeit im Lagerraum auf maximal 65 %.
- Schützen Sie die Dichtungen vor direkter Sonneneinstrahlung oder Licht mit einem hohen UV-Anteil.
- Bewahren Sie Dichtungen bis kurz vor dem Einbau in ihrer ungeöffneten Originalverpackung auf, um eine Alterung des Materials beim Kontakt mit der Umgebung zu verhindern. Sollte die Originalverpackung nicht verfügbar sein, sind sie in luftdichten Behältern aufzubewahren.
- Lagern Sie Dichtungen getrennt von Lösungsmitteln, Kraftstoffen, Schmierstoffen und anderen Chemikalien, die Dämpfe und Gase abgeben.
- Dichtungen aus unterschiedlichen Werkstoffen sollten separat aufbewahrt werden.

VORSICHT: Dichtungen niemals an Haken oder Nägeln hängend lagern. Werden sie auf diese Art aufbewahrt (unter Spannung oder Belastung), sind Dichtungen dauerhaften Verformungen und Rissen ausgesetzt.

Lagerungsbeständigkeit

Natürlicher und synthetischer Kautschuk ändert mit der Zeit seine physikalischen Eigenschaften und unterliegt den Einflüssen von Luft, Wärme, Licht, Feuchtigkeit, Lösungsmitteln und bestimmten Metallen, besonders Kupfer und Mangan. Infolgedessen können Elastomerdichtungen aufgrund von Härten oder Erweichen, Abschälungen, Rissen oder anderen Oberflächenschäden unbrauchbar werden.

Aufbewahrung von Schmierstoffen

Lagerbedingungen

Schmierstoffe werden durch Temperatur, Licht, Wasser, Feuchtigkeit und Sauerstoff in Mitleidenschaft gezogen. Wenn sie diesen Elementen nur kurzzeitig ausgesetzt werden, hat dies normalerweise keine nachteiligen Auswirkungen. Die Präsenz der Elemente beschleunigt jedoch die Alterung.

Um die Lagerungsbeständigkeit des Schmierstoffs zu maximieren, empfiehlt SKF Folgendes:

- Bewahren Sie Schmierstoffe in einem schwingungsfreien, trockenen Raum auf, in dem die Temperatur unter 40 °C liegt. Dies gilt besonders für bereits geöffnete Behälter, da Luftfeuchtigkeit zu einer Alterung des Schmierstoffs und zu einer schnelleren Oxidation führt.
- Lagern Sie Schmierstoffe in geschlossenen Räumen und auf geeigneten Lagerregalen. Die Aufbewahrung im Gebäude schützt zudem die Etikettierung der Behälter.
- Lagern Sie Ölfässer seitlich liegend, um die Ansammlung von Verunreinigungen oben auf den Fässern zu vermeiden.
- Halten Sie die Deckel der Behälter geschlossen, um den Eintritt von Verunreinigungen auszuschließen.
- Alle Behälter sind deutlich zu beschriften. Bei verschlissenen oder beschädigten Etiketten besteht die Gefahr von Identifizierungsproblemen. Eine Farbcodierung wird ebenfalls empfohlen.
- Bewahren Sie Schmierstoffe in ihren Originalbehältern auf.
- Entnommener Schmierstoff darf nicht in offenen Behältnissen gelagert werden.

Lagerungsbeständigkeit

Die Lagerungsfähigkeit eines Schmierstoffs reicht vom Abfülldatum bis zu einem geschätzten Verfallsdatum, sofern der Schmierstoff ordnungsgemäß gelagert wird. Das Herstellungsdatum wird üblicherweise auf den Behältern vermerkt und sollte regelmäßig überprüft werden. Im Allgemeinen wird das Herstellungsdatum auf SKF Lagerfettbehältern und automatischen Schmiersystemen durch eine vierziffrige Kennung angegeben; 0710 gibt beispielsweise an, dass das Fett im Jahr 2007 in der KW 10 hergestellt wurde.

Die meisten Schmierstoffe altern mit der Zeit. Richtwerte für die Lagerungsbeständigkeit verschiedener Schmierstoffe sind in **Tabelle 3** angegeben.

Nach Ablauf der Haltbarkeitsdauer kann die Effektivität eines Schmierstoffs nachlassen. SKF empfiehlt daher, nur die Schmierstoffe zu verwenden, deren geschätzte Mindesthaltbarkeit bei weitem noch nicht abgelaufen ist.

HINWEIS: Überlegen Sie, welche Kosten ein Maschinenstillstand verursachen kann, der auf einen Schmierstoff mit überschrittenem Haltbarkeitsdatum zurückzuführen ist. Vergleichen Sie diese Kosten mit den Ausgaben für den Austausch des Schmierstoffs.

Schmierstoffentsorgung

Die unzureichende Entsorgung von Schmierstoffen kann schädliche Auswirkungen auf die Umwelt haben. Entsorgen Sie sämtliche Schmierstoffe entsprechend den nationalen und örtlichen Bestimmungen und achten Sie dabei auf die Einhaltung der Umweltsicherheitsmaßnahmen.

Tabelle 3

Lagerungsbeständigkeit des Schmierstoffs bei 20 °C

Schmierstoff	Maximale Lagerungsbeständigkeit
Schmieröle	10 Jahre ¹⁾
SKF Servicemarkt-Schmierfette (mit Ausnahme des lebensmittelverträglichen Schmierfetts LGFP 2)	5 Jahre
SKF lebensmittelverträgliches Schmierfett LGFP 2	2 Jahre
Schmierfett in abgedichteten SKF Rillenkugellagern, z. B. MT47, MT33 oder GJN	3 Jahre
Schmierstoff im automatischen Einpunkt-Schmierstoffgeber SKF SYSTEM 24 der LAGD-Reihe	2 Jahre
Schmierstoff im automatischen Einpunkt-Schmierstoffgeber SKF SYSTEM 24 der LAGE-Reihe (außer bei Füllung mit LGFP 2 oder Öl)	3 Jahre
Schmierstoff im automatischen Einpunkt-Schmierstoffgeber SKF SYSTEM 24 der LAGE-Reihe, die mit LGFP 2 oder Öl gefüllt sind	2 Jahre

¹⁾ Die Lagerungsbeständigkeit kann aufgrund von bestimmten Zusatzstoffen im Schmierstoff herabgesetzt sein. Wenden Sie sich an den Schmierstoffhersteller.



Einbau von Wälzlagern

Vorbereitungen für den Einbau	46	SKF Einbauwerkzeuge	72
Planung	46	Mechanische Werkzeuge	72
Sauberkeit	46	Hydraulikwerkzeuge	73
Entfernen des Korrosionsschutzmittels von neuen Lagern	47	Anwärmgeräte	73
Kontrolle zugehöriger Komponenten.	47	Schutzhandschuhe	73
Sicherheit	49		
Vorbereitung der Komponenten	49	Einbauanleitung nach Lagerausführung .	74
Umgang mit Lagern	49	Einbau von Schrägkugellagern	74
		Alleinstehende Lager	74
Lagerluft	51	Anstellen von X-Lageranordnungen	74
Lagerluft vor und nach dem Einbau	51	Anstellen von O-Lageranordnungen	76
Messung der Lagerluft mit einer Fühlerlehre	52	Universallager für den satzweisen Einbau und zusammengepasste Lagersätze	76
		Schrägkugellager mit zweiteiligem Innenring	78
Mechanischer Einbau	53	Einbau von Pendelkugellagern	79
Mechanische Verfahren	53	Lager der Grundausführung mit vorstehenden Kugeln	79
Einbau von Lagern mit zylindrischer Bohrung	53	Abgedichtete Lager mit kegeliger Bohrung	79
Einbau von Lagern mit kegeliger Bohrung	54	Lager mit breitem Innenring	80
Das SKF Drive-up-Verfahren	57	Einbau von zylindrischen Lagern und Nadellagern	80
Das SKF Drive-up-Verfahren: Schritt für Schritt	58	Einreihige zylindrische Lager und Nadellager mit Käfig	80
Die Druckölmethode	62	Vierreihige Zylinderrollenlager	82
Die Druckölmethode: Schritt für Schritt	62	Einbau von Kegelrollenlagern	84
Das SensorMount-Verfahren	67	Einreihige Kegelrollenlager	84
		Zwei- und mehrreihige Kegelrollenlager.	89
Einbau im angewärmten Zustand	68	Einbau von Pendelrollen- und CARB Toroidalrollenlagern	90
Elektrische Anwärmplatten	68	Abgedichtete Pendelrollenlager	90
Induktions-Anwärmgeräte	69	CARB Toroidalrollenlager	91
Aluminium-Thermoringe	69		
Anwärmöfen	70		
Infrarotgeräte	70		
Anwärmplatten	71		
Ölbäder	71		

Vorbereitungen für den Einbau

Wälzlager sind zuverlässige Maschinenelemente, die bei ordnungsgemäßer Montage und Wartung eine lange Betriebsdauer gewährleisten. Für den ordnungsgemäßen Einbau sind Erfahrung und Sorgfalt erforderlich sowie Sauberkeit, Genauigkeit, das richtige Einbauverfahren und die Verwendung der geeigneten Werkzeuge für die Aufgabe.

Planung

Prüfen Sie vor dem Einbau die jeweiligen Zeichnungen oder Anleitungen, um Folgendes festzulegen:

- die richtige Reihenfolge, in der die verschiedenen Komponenten zu montieren sind
- die richtige Lagerbauform, -größe und -ausführung
- den geeigneten Schmierstoff und die zu verwendende Menge
- das geeignete Einbauverfahren
- die geeigneten Einbauwerkzeuge

Die beim Einbau von Wälzlagern verwendeten Werkzeuge und Verfahren richten sich häufig nach der Größe des Lagers. Im Allgemeinen können Lager in folgende Kategorien eingeteilt werden:

- kleine Lager: Bohrungsdurchmesser $d \leq 80$ mm

Weitere Informationen über die SKF Einbauwerkzeuge, einschließlich mechanischer Werkzeuge, Hydraulikwerkzeuge, Anwärmergeräte und Schutzhandschuhe, finden Sie unter www.mapro.skf.com.

Detaillierte Einbauanleitungen für bestimmte Lager (nach Lagerbezeichnung) finden Sie unter www.skf.com/mount.

Das SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) veranstaltet eine Reihe von Schulungskursen zum Lagereinbau (→ *Schulungen* ab **Seite 326**). Ihr SKF Ansprechpartner berät Sie gern. Weiterführende Informationen finden Sie auch unter www.skf.com/services.

- mittlere Lager: Bohrungsdurchmesser $80 \text{ mm} < d < 200 \text{ mm}$
- große Lager: Bohrungsdurchmesser $d \geq 200 \text{ mm}$

Sauberkeit

Sauberkeit trägt wesentlich zu einer langen Lagergebrauchsdauer bei und beginnt bereits bei der Aufbewahrung. Bewahren Sie Lager in einem kühlen, trockenen Raum auf. Lagern Sie sie auf Regalen, die keinen Schwingungen durch benachbarte Maschinen ausgesetzt sind (→ *Aufbewahrung von Lagern, Dichtungen und Schmierstoffen* ab **Seite 41**). Öffnen Sie die Lagerverpackung erst kurz vor dem Einbau des Lagers.

Bild 1

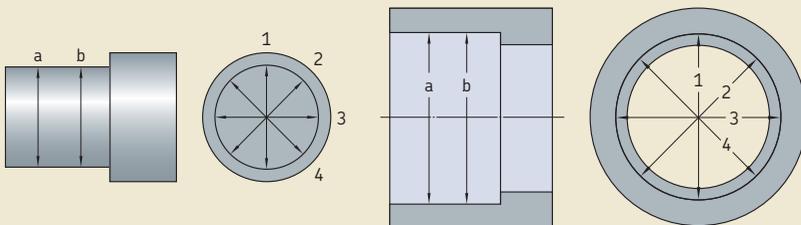


Bild 2

Montieren Sie Lager möglichst an einem trockenen, staubfreien Ort und fern von metallbearbeitenden oder sonstigen Maschinen, die Späne und Staub erzeugen. Stellen Sie sicher, dass das Lager und alle Anschlusskomponenten einschließlich des Schmierstoffs sauber und frei von schädlichen Verunreinigungen sind.

Müssen Lager in einem ungeschützten Bereich montiert werden – was bei Großlagern häufig vorkommt –, sind Vorsichtsmaßnahmen zum Schutz von Lager und Einbauposition vor Verunreinigungen wie Staub, Schmutz und Feuchtigkeit zu ergreifen, bis der Einbau abgeschlossen ist. Zu diesen Maßnahmen gehört das Abdecken oder Umwickeln von Lagern, Maschinenkomponenten usw. mit Kunststoffolie o. Ä.

HINWEIS: Es ist besser, die Verunreinigung von Lagern von Vorneherein zu verhindern, als die Lager später zu säubern. Viele Lagerarten können nicht getrennt werden und lassen sich daher nur schwer reinigen.

Entfernen des Korrosionsschuttmittels von neuen Lagern

Lager sollten bis unmittelbar vor dem Einbau in ihrer Originalverpackung verbleiben, sodass sie keinen Verunreinigungen ausgesetzt und besonders vor Schmutz geschützt werden. Normalerweise braucht das auf neue Lager aufgebraute Korrosionsschuttmittel nicht vollständig entfernt zu werden. Es ist lediglich erforderlich, den Außenmantel und die Bohrung abzuwischen.

VORSICHT: SKF empfiehlt, Lager, die mit Fett geschmiert und bei sehr hohen oder extrem niedrigen Temperaturen eingesetzt werden sollen, vorsichtig zu waschen und zu trocknen. Die Lager sollten ebenfalls gewaschen werden, wenn sich der zu verwendende Schmierstoff nicht mit dem Korrosionsschuttmittel verträgt (→ *Kompatibilität zwischen Schmierfetten und SKF Lager-Korrosionsschuttmitteln*, Seite 202).

Kontrolle zugehöriger Komponenten

Ein Lager arbeitet nur zufriedenstellend, wenn die zugehörigen Komponenten die nötige Genauigkeit aufweisen und wenn die vorgeschriebenen Toleranzen eingehalten werden. Daher:

- Entfernen Sie jegliche Grate oder Rost.

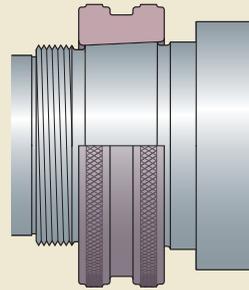


Bild 3

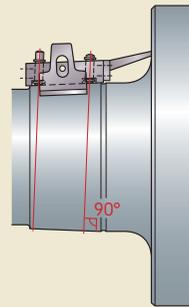
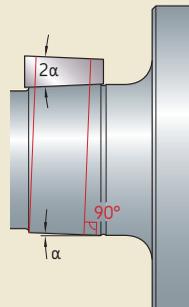


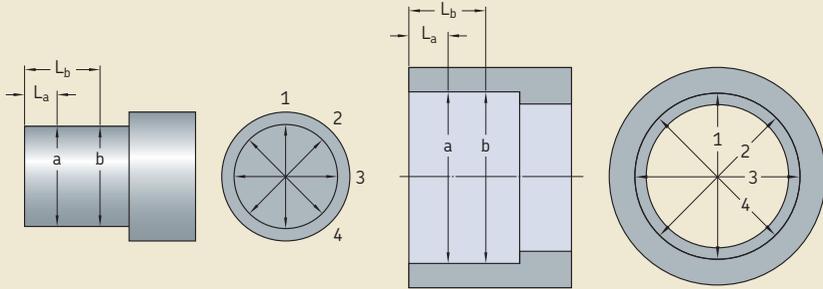
Bild 4



Lager:

Lagerposition:

Anwendungsfall:



Messrichtungen	Welle Messwerte [mm] an Punkt				Gehäuse Messwerte [mm] an Punkt			
	a	b	(c)	(d)	a	b	(c)	(d)
	Abstand L				Abstand L			
	Durchmesser d				Durchmesser D			
1								
2								
3								
4								
	Errechneter Mittelwert: $(1+2+3+4)/4$				Errechneter Mittelwert: $(1+2+3+4)/4$			

Anmerkungen:

Datum:

Geprüft von:

- Prüfen Sie die Maß- und Formgenauigkeit aller zugehörigen Lagerungskomponenten.
- Prüfen Sie die zylindrischen Lagersitze. Messen Sie mithilfe eines Mikrometers an zwei Punkten am Wellensitz. Messen Sie dabei in vier Richtungen (→ **Bild 1, Seite 46**). Bei größeren Sitzen können drei oder vier Messpunkte erforderlich sein (→ **Messberichtsformular, Seite 48**).
- Prüfen Sie die kegeligen Lagersitze mithilfe eines Kegellehrrings (→ **Bild 2, Seite 47**), Kegelmessgeräts (→ **Bild 3, Seite 47**) oder Sinuslineals (→ **Bild 4, Seite 47**).
- Gehäusesitze werden üblicherweise an zwei Punkten mit einem internen Mikrometer oder einem vergleichbaren Messinstrument überprüft. Messen Sie dabei in vier Richtungen (→ **Bild 1, Seite 46**). Bei größeren Sitzen können drei oder vier Messpunkte erforderlich sein.
- Notieren Sie die Messwerte der Wellen- und Bohrungsdurchmesser zur späteren Verwendung. Nutzen Sie hierfür das Messberichtsformular.

Beim Messen sollten Komponenten und Messgeräte ungefähr die gleiche Temperatur haben. Besonders bei großen Lagern und ihren zugehörigen Komponenten ist dies von großer Bedeutung.

Sicherheit

Um Verletzungsgefahren beim Umgang oder beim Einbau von Lagern zu reduzieren:

- Tragen Sie stets wärmebeständige Schutzhandschuhe, besonders bei der Handhabung von angewärmten Lagern oder beim Umgang mit Schmierstoffen.
- Verwenden Sie stets geeignete Hebe- oder Transportwerkzeuge.
- Schlagen Sie nicht mit harten Gegenständen wie einem Hammer oder Meißel auf das Lager.

Vorbereitung der Komponenten

Vor dem Einbau eines Lagers richten Sie die zugehörigen Komponenten her und gehen wie folgt vor:

- Montieren Sie alle Komponenten, die auf der Welle vor dem Lager liegen.

- Für einen festen Wellen- und/oder Gehäuse-sitz, beschichten Sie den/die Lagersitz/e dünn mit leichtem Öl.
- Für einen lockeren Wellen- und/oder Gehäuse-sitz, beschichten Sie den/die Lagersitz/e mit der SKF Montagepaste.
- Sind Welle oder Hülse für die Öleinspritzung vorgesehen, müssen Kanäle und Nuten sauber sein.

Umgang mit Lagern

SKF empfiehlt die Verwendung von Schutzhandschuhen sowie Transport- und Hebewerkzeugen, die speziell für den Einbau von Lagern entwickelt wurden. Geeignetes Werkzeug sorgt

Bild 5

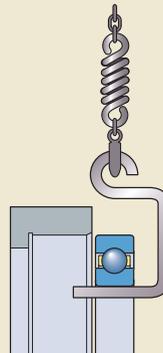
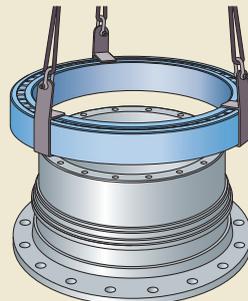


Bild 6



Einbau von Wälzlagern

nicht nur für mehr Sicherheit, sondern spart auch Zeit und Mühen.

Für den Umgang mit angewärmten oder geölte Lagern empfiehlt SKF geeignete hitze- oder ölbeständige Schutzhandschuhe (→ *Schutzhandschuhe*, Seite 73).

Die sichere Handhabung angewärmter oder größerer, schwererer Lager kann für ein bis zwei Personen problematisch sein. In diesen Fällen sollte eine entsprechende Ausrüstung für das Heben und Transportieren des Lagers verwendet werden (→ Bild 7), (→ Bilder 5 und 6, Seite 49).

Bei großen, schweren Lagern ist eine Hubvorrichtung zu verwenden, die das Lager vom Boden anhebt (→ Bild 8). Niemals das Lager an nur einem Punkt anschlagen, da dies zu einer dauerhaften Verformung der Ringe führen kann. Eine Feder zwischen Haken und Ausrüstung (→ Bild 5, Seite 49) kann die Positionierung des Lagers auf der Welle erleichtern.

In große Lager mit Traggewinden in einer Ringstirnseite können Ringschrauben eingeschraubt werden. Da die Lochgröße durch die Dicke des Rings begrenzt ist, können diese Löcher nur das Lagergewicht aufnehmen.

Achten Sie darauf, dass die Ringschrauben nur in Richtung ihrer Achse belastet werden (→ Bild 9).

VORSICHT: Vor dem Heben niemals zusätzliche Komponenten auf dem Lager platzieren.

Wenn ein großes Gehäuse über ein Lager montiert werden soll, das bereits in der richtigen Position auf der Welle sitzt, ist eine Drei-Punkt-Aufhängung empfehlenswert, bei der ein Hänger verstellbar ist. Dies erleichtert die Ausrichtung der Gehäusebohrung mit dem Lageraußendurchmesser.

Bild 7

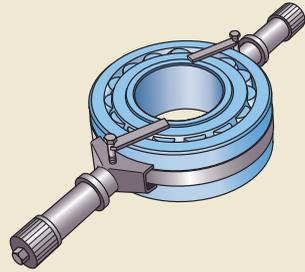


Bild 8

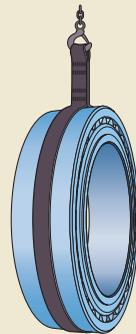
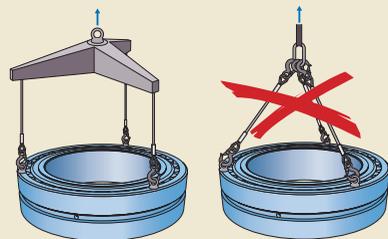


Bild 9



Lagerluft

Unter Lagerluft versteht man den Gesamtspielraum, in dem ein Lagerring im Verhältnis zum anderen bewegt werden kann.

Die Bewegung in radialer Richtung wird „Radialluft“ genannt, die axiale Bewegung „Axialluft“ (→ Bild 10).

Lagerluft vor und nach dem Einbau

Man muss unterscheiden zwischen der Lagerluft vor dem Einbau und der Lagerluft in einem eingebauten Lager unter tatsächlichen Betriebsbedingungen.

Normalerweise ist die Lagerluft vor dem Einbau größer als das Betriebsspiel, da sich die Ringe infolge der Presspassung ausdehnen oder zusammenziehen und weil sich die Lagerringe und zugehörigen Komponenten durch die Wärme ausdehnen.

Im Allgemeinen sollte das radiale Betriebsspiel etwas größer als null sein, wobei eine leichte Vorspannung bei Kugellagern üblicherweise keine negativen Auswirkungen hat. Für Ersatzlager wird meistens keine Vorspannung empfohlen, da ein optimaler Sitz u. U. nicht mehr gegeben ist.

Werte für die Lagerluft vor dem Einbau enthält **Anhang E ab Seite 388**.

Bild 10

Radialluft

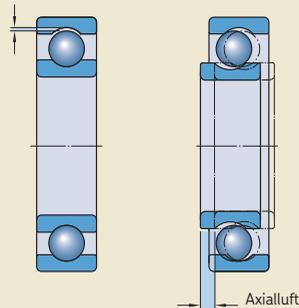


Bild 11

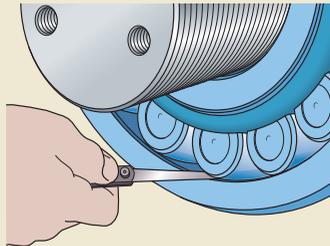
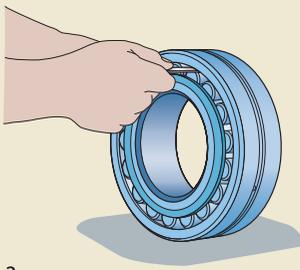
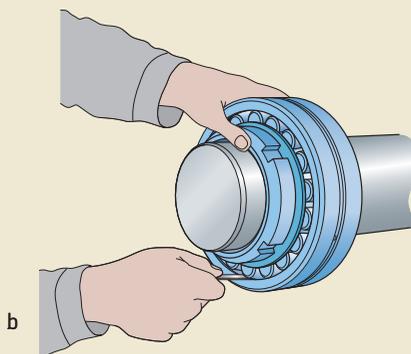


Bild 12



a



b

Einbau von Wälzlagern

Messung der Lagerluft mit einer Fühlerlehre

Die Verwendung von Fühlerlehren ist dieses Verfahren bei mittleren und großen Pendelrollenlagern und CARB Toroidalrollenlagern üblich, zum Messen der radialen Lagerluft vor, während und nach dem Einbau (→ **Bild 11, Seite 51**).

Vor dem Messen ist der Innenring bzw. der Außenring einige Male zu drehen, damit sich die Ringe und der Rollensatz zentrisch gegeneinander ausrichten können.

Zuerst ein Messblättchen verwenden, das etwas dünner ist als der Mindestwert für die anfängliche Lagerluft (→ **Anhang E ab Seite 388**). Beim Durchziehen zwischen Rolle und Laufbahn ist das Messblättchen vor- und zurückzubewegen. Die Messung ist mit immer dickeren Messblättchen so lange zu wiederholen, bis ein gewisser Widerstand beim Durchziehen des Messblättchens zwischen Rolle und Laufbahn zu spüren ist. Messen Sie zwischen:

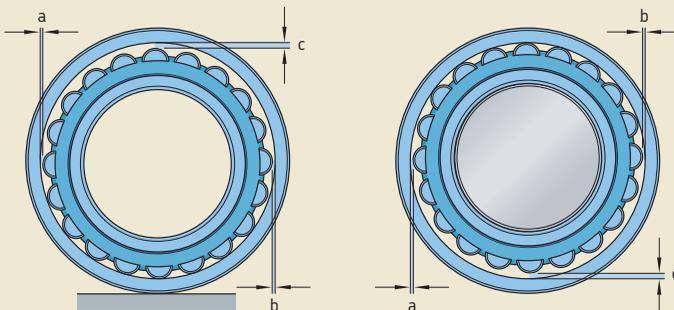
- Außenring und oberster Rolle am nicht eingebauten Lager (→ **Bild 12a, Seite 51**)
- Außenring und unterster Rolle am eingebauten Lager (→ **Bild 12b, Seite 51**)

Bei großen Lagern, insbesondere bei solchen mit dünnwandigem Außenring, kann die Genauigkeit der Lagerluftmessung aber auch durch die vom Lagergewicht herrührende elastische Verformung der Ringe beeinflusst werden. Zur Ermittlung der „wirklichen“ Lagerluft vor bzw. nach dem Einbau kann das folgende Verfahren angewendet werden (→ **Bild 13**):

- Die Lagerluft „c“ in 12-Uhr-Stellung am stehenden Lager bzw. in 6-Uhr-Stellung am unmontierten, an der Welle hängenden Lager messen.
- Die Lagerluft „a“ in der 9-Uhr-Stellung und die Lagerluft „b“ in der 3-Uhr-Stellung messen, ohne das Lager zu bewegen.
- Anhand dieser Messwerte die „wirkliche“ Lagerluft mit ausreichender Genauigkeit ermitteln aus:

$$\text{radiale Lagerluft} = 0,5 (a + b + c).$$

Bild 13



Einbau

Für den Einbau stehen eine Reihe von Verfahren zur Verfügung:

- mechanische Verfahren
- das SKF Drive-up-Verfahren
- die Druckölmethode
- das SENSORMOUNT-Verfahren

Mechanische Verfahren werden üblicherweise eingesetzt, um kleine Lager mit zylindrischer oder kegeliger Bohrung auf eine Welle oder in ein Gehäuse zu pressen. Die übrigen drei Verfahren werden nur verwendet, um Lager mit kegeliger Bohrung auf einen kegeligen Lagersitz aufzupressen.

VORSICHT: Schlagen Sie beim Einbau nicht mit harten Gegenständen wie einem Hammer oder Meißel auf das Lager und üben Sie die Kraft nicht über die Wälzkörper aus.

Mechanische Verfahren

Einbau von Lagern mit zylindrischer Bohrung

Kleine Lager sollten mit einem geeigneten Einbauwerkzeug montiert werden, z. B. dem SKF Wälzlager-Einbauwerkzeugsatz (→ **Bild 14a**).

Wenn die Welle ein äußeres (→ **Bilder 14b und c**) oder inneres Gewinde (→ **Bild 14d**) hat, können die Gewinde zum Einbau des Lagers auf der Welle verwendet werden.

Wenn ein Lager gleichzeitig auf die Welle und in die Gehäusebohrung gepresst werden muss, ist die Kraft gleichmäßig auf beide Ringe anzuwenden (→ **Bild 15**).

Um eine größere Anzahl Lager einzubauen, kann ein mechanisches oder hydraulisches Presswerkzeug eingesetzt werden. Bei Verwendung einer Presse ist eine geeignete Hülse zwischen Kolben und zu montierendem Ring zu platzieren (→ **Bild 16, Seite 54**).

Bild 14

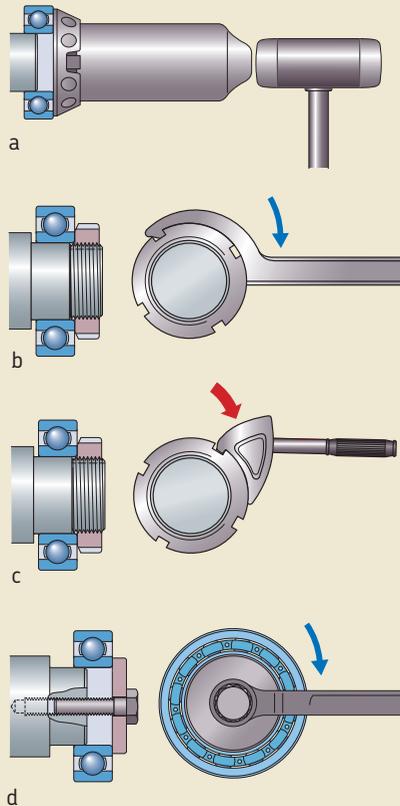
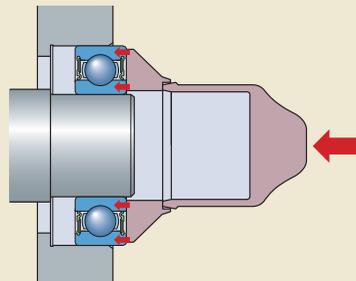


Bild 15



Einbau von Wälzlagern

Einbau von Lagern mit kegeliger Bohrung

Kleine und mittlere Lager können mithilfe eines Einbauwerkzeugs oder vorzugsweise einer Wellenmutter auf einen kegeligen Lagersitz gepresst werden. Im Fall von Spannhülisen ist die Hülsenmutter zu verwenden.

Zum Anziehen der Mutter (→ **Bild 17**) und Aufpressen des Lagers auf seinen kegeligen Sitz kann ein Haken- oder Schlagschlüssel verwendet werden. Kleine Abziehhülsen können mit einem Wälzlager-Einbauwerkzeug oder einer Endscheibe in die Lagerbohrung gepresst werden.

Lager mit einem Bohrungsdurchmesser $d \geq 50$ mm können mithilfe des SKF Drive-up-Verfahrens einfach und zuverlässig eingebaut werden (→ *Das SKF Drive-up-Verfahren* ab **Seite 57**).

Die kombinierte Anwendung von SKF Drive-up-Verfahren und Druckölmethode erleichtert den Einbau von mittleren und großen Lagern (→ *Die Druckölmethode* ab **Seite 62**).

Eine weitere Vereinfachung beim Einbau großer Lager bietet die Kombination aus Druckölmethode und SensorMount-Verfahren (→ *Das SensorMount-Verfahren*, **Seite 67**).

Lager mit kegeliger Bohrung werden mit fester Passung eingebaut. Die Festigkeit der Passung wird normalerweise anhand einer der folgenden Methoden ermittelt:

- Prüfen der Lagerluftverminderung durch Ausschwenken des Außenrings
- Messen der Lagerluftverminderung mit einer Fühlerlehre
- Messen des Muttern-Anzugswinkels
- Messen des axialen Verschiebewegs
- Messen der Innenring-SensorMount-Aufweitung

HINWEIS: Die Einhaltung der empfohlenen Werte in Bezug auf Spielverminderung, den Muttern-Anzugswinkel, die axiale Verschiebung oder die Aufweitung des Innenrings verhindert unter normalen Betriebsbedingungen das Mitdrehen des Innenrings, garantiert aber nicht automatisch die korrekte radiale Lagerluft während des Betriebs. Zusätzliche Einflußgrößen aufgrund der Gehäusepassung und Temperaturunterschiede zwischen dem Innen- und Außenring, sind bei der Auswahl der radialen Lagerluft genauestens zu berücksichtigen. Weitere Informationen erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

Bild 16

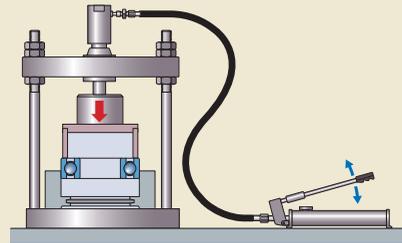


Bild 17

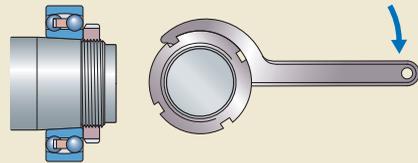


Bild 18

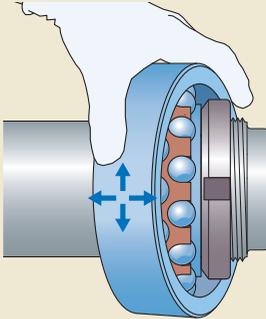
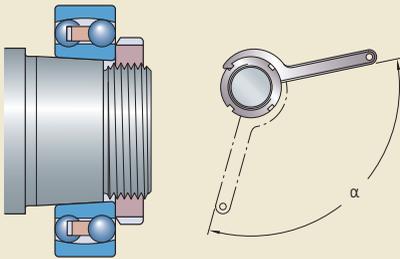


Bild 19



Prüfen der Lagerluftverminderung durch Ausschwenken des Außenrings

Beim Einbau von Pendelkugellagern mit normaler radialer Lagerluft reicht es im Allgemeinen aus, die Lagerluft während der axialen Verschiebung durch Drehen und Ausschwenken des Außenrings zu prüfen (→ **Bild 18**). Die Lager sind ordnungsgemäß montiert, wenn sich der Außenring leicht drehen lässt, beim Ausschwenken aber ein leichter Widerstand zu spüren ist. Dann hat das Lager die erforderliche feste Passung.

Messen der Lagerluftverminderung mit einer Fühlerlehre

Die Verwendung einer Fühlerlehre (→ **Bild 12, Seite 51**) ist eine Möglichkeit, die radiale Lagerluft in mittleren und großen Lagern vor, während und nach dem Einbau zu messen (→ *Messung der Lagerluft mit einer Fühlerlehre, Seite 52*).

Empfohlene Werte für die Reduzierung radialer Lagerluft sind verfügbar für:

- Pendelrollenlager in **Anhang F-2** (→ **Seite 403**)
- CARB Toroidalrollenlager in **Anhang F-3** (→ **Seite 404**)

Messen des Muttern-Anzugswinkels (α)

SKF empfiehlt diese Methode (→ **Bild 19**) für den Einbau kleiner bis mittlerer Lager mit kegeliger Bohrung und einem Bohrungsdurchmesser von maximal etwa 120 mm. Richtwerte für den Muttern-Anzugswinkel (α) sind verfügbar für:

- Pendelkugellager in **Anhang F-1** (→ **Seite 402**)
- Pendelrollenlager in **Anhang F-2** (→ **Seite 403**)
- CARB Toroidalrollenlager in **Anhang F-3** (→ **Seite 404**)

Vor dem endgültigen Festziehen ist das Lager auf dem kegeligen Lagersitz zu platzieren, bis die Nullposition gefunden ist. Durch Anziehen der Mutter um den empfohlenen Winkel (α) wird das Lager um den geeigneten Verschiebeweg auf den kegeligen Sitz aufgeschoben. Dann hat der Lagerinnenring die erforderliche feste Passung.

Einbau von Wälzlagern

Messen des axialen Verschiebewegs

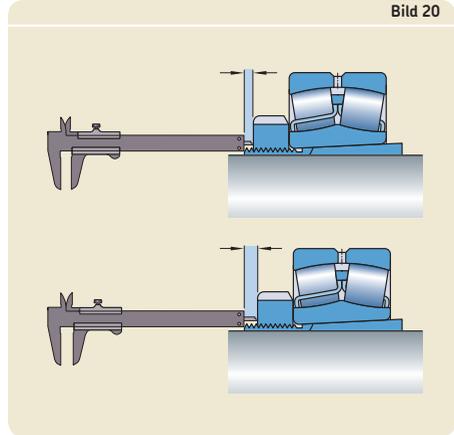
Die Messung der axialen Verschiebbarkeit eines Lagers auf seinem kegeligen Sitz ist eine einfache Methode, um die Passung zu erzielen. Eine Möglichkeit ist die einfache Messung der axialen Verschiebbarkeit (→ **Bild 20**). Diese Methode ist nicht sehr präzise, da es schwierig ist, die Nullposition festzulegen.

Richtwerte für die axiale Verschiebung sind verfügbar für:

- Pendelkugellager in **Anhang F-1**
(→ **Seite 402**)
- Pendelrollenlager in **Anhang F-2**
(→ **Seite 403**)
- CARB Toroidalrollenlager in **Anhang F-3**
(→ **Seite 404**)

Mit der am besten geeigneten Methode, dem SKF Drive-up-Verfahren, lassen sich einfach, schnell und äußerst zuverlässig der richtige Verschiebeweg und dadurch die geeignete feste Passung erzielen
(→ *Das SKF Drive-up-Verfahren* ab **Seite 57**).

Bild 20



Messen der Innenring-Aufweitung

Die Messung der Aufweitung des Innenrings, wenn das Lager auf seinen kegeligen Sitz gepresst ist, vereinfacht den Einbauprozess bei großen Lagern. Hierfür eignet sich das SensorMount-Verfahren, das einen am Lagerinnenring befestigten Sensor und einen entsprechenden Messwertaufnehmer nutzt
(→ *Das SensorMount-Verfahren*, **Seite 67**).

Tabelle 1

Geeignete Werkzeuge für das SKF Drive-up-Verfahren

Kurzzeichen	Kurzbeschreibung
Hydraulikmuttern HMV ..E, z. B. HMV 40E HMVC ..E, z. B. HMVC 40E	Hydraulikmutter mit metrischem Gewinde, z. B. M 200 × 3 Hydraulikmutter mit Zollgewinde, z. B. ANF 7.847 × 8 Klasse 3
Pumpen 729124 SRB	Handbetriebene Hydraulikpumpe für – Betriebsdruck bis zu 100 MPa und – Hydraulikmuttern mit einem Gewindedurchmesser bis zu 270 mm
TMJL 100 SRB	Handbetriebene Hydraulikpumpe für – Druck bis zu 100 MPa und – Hydraulikmuttern mit einem Gewindedurchmesser bis zu 460 mm
TMJL 50 SRB	Handbetriebene Hydraulikpumpe für – Betriebsdruck bis zu 50 MPa und – Hydraulikmuttern mit einem Gewindedurchmesser bis zu 1 000 mm
Manometer TMJG 100 D	Druckbereich: 0–100 MPa
Messuhren TMCD 10R TMCD 1/2R TMCD 5	Messuhr mit seitlichem Messbolzen für Verschiebungen bis zu 10 mm Messuhr mit seitlichem Messbolzen für Verschiebungen in inch bis zu 0,5 in Messuhr mit rückwärtigem Messbolzen für Verschiebungen bis zu 5 mm

Bild 21

Das SKF Drive-up-Verfahren

Das SKF Drive-up-Verfahren wird für mittlere und große Lager empfohlen. Es besteht aus zwei Schritten und basiert auf einer Hydraulikmutter mit Messuhr.

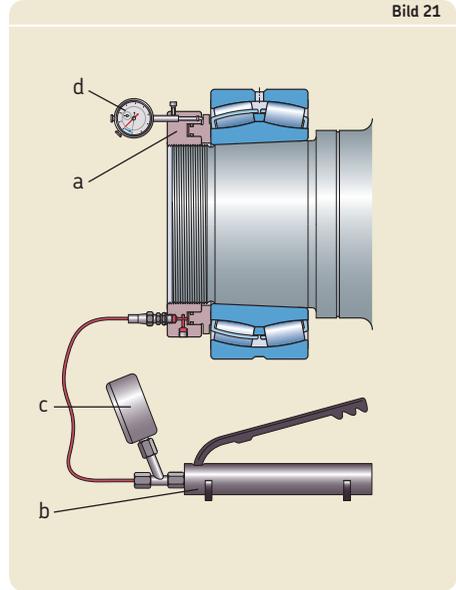
Schritt 1: Durch Anwendung eines vordefinierten Drucks in der Hydraulikmutter wird eine zuverlässige Nullposition erreicht.

Schritt 2: Durch Erhöhung des Drucks in der Hydraulikmutter wird der Lagerinnenring weiter auf seinen kegeligen Sitz gedrückt. Der Verschiebeweg wird von der Messuhr gemessen, bis eine vordefinierte axiale Verschiebung erreicht ist. Richtwerte für den erforderlichen Öldruck zum Erreichen der Nullposition und die axiale Verschiebung zum Erreichen der Endposition sind verfügbar für:

- Pendelkugellager in **Anhang H-1**
(→ **Seite 406**)
- Pendelrollenlager in **Anhang H-2**
(→ **Seite 407**)
- CARB Toroidalrollenlager in **Anhang H-3**
(→ **Seite 411**)

Für das SKF Drive-up-Verfahren werden folgende Werkzeuge benötigt (→ **Tabelle 1** und **Bild 21**):

- eine SKF HMV ..E oder HMVC ..E-Hydraulikmutter (**a**)
- eine Hydraulikpumpe geeigneter Größe (**b**)
- ein Manometer passend zu den Einbaubedingun-
gen (**c**)
- eine geeignete Messuhr (**d**)



Einbau von Wälzlagern

Das SKF Drive-up-Verfahren: Schritt für Schritt

- 1 Vor dem Start lesen Sie sich die Hinweise unter *Vorbereitungen für den Einbau* ab **Seite 46** aufmerksam durch und wenden sie ggf. an.
- 2 Entscheiden Sie, ob beim Einbau eine oder zwei Flächen gleiten (→ **Bild 22**):
 - eine Fläche: **Fälle 1, 2** und **3**
 - zwei Flächen: **Fälle 4** und **5**
- 3 Prüfen Sie, ob der Bohrungsdurchmesser des Lagers und der Gewindedurchmesser der Hydraulikmutter übereinstimmen (→ **Bild 22: Fälle 1, 3** und **4**). In diesem Fall ist der erforderliche Öldruck zum Erreichen der Nullposition verfügbar für:
 - Pendelkugellager in **Anhang H-1** (→ **Seite 406**)
 - Pendelrollenlager in **Anhang H-2** (→ **Seite 407**)
 - CARB Toroidalrollenlager in **Anhang H-3** (→ **Seite 411**)

Wenn der Bohrungsdurchmesser des Lagers und der Gewindedurchmesser der Hydraulikmutter nicht übereinstimmen (→ **Bild 22: Fälle 2** und **5**), muss der erforderliche Öldruck zum Erreichen der Nullposition eingestellt werden, da eine kleinere Hydraulikmutter als die für das passende Lager angezeigte verwendet wird. In diesen Fällen wird der erforderliche Öldruck wie folgt errechnet:

$$P_{\text{req}} = \frac{A_{\text{ref}}}{A_{\text{req}}} P_{\text{ref}}$$

wobei gilt:

P_{req} = erforderlicher Öldruck für die jeweilige Hydraulikmutter [MPa]

P_{ref} = spezifizierter Öldruck für die Referenzhydraulikmutter [MPa]

A_{req} = Kolbenfläche der jeweiligen Hydraulikmutter [mm²]

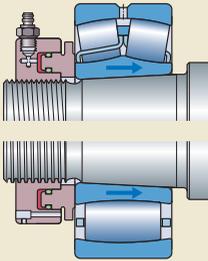
A_{ref} = spezifizierte Kolbenfläche der Referenzhydraulikmutter [mm²]

Die geeigneten Werte für P_{ref} , A_{req} und A_{ref} sind in den o. a. Anhängen aufgelistet.

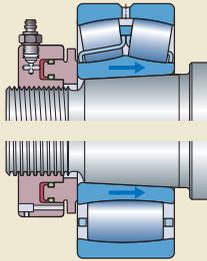
- 4 Beschichten Sie die Gleitflächen dünn mit leichtem Öl und platzieren Sie das Lager auf der konischen Welle oder Hülse.
- 5 Schrauben Sie die Hydraulikmutter auf das Gewinde der Welle oder Hülse, sodass sie am Lager oder an der Abziehhülse anliegt (→ **Bild 23**).

HINWEIS: Detaillierte Einbauanleitungen nach Lagerbezeichnung finden Sie unter www.skf.com/mount.

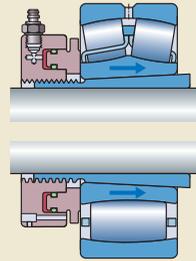
Schritte 2 und 3: Bestimmen Sie die Anzahl der Gleitflächen und den geeigneten Startdruck.



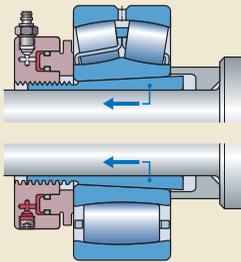
Anwendungsfall 1



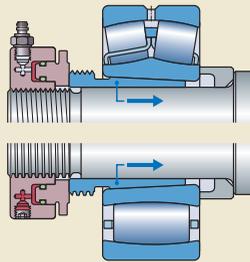
Anwendungsfall 2



Anwendungsfall 3

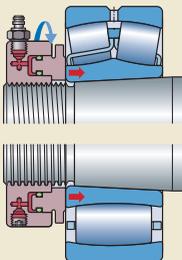


Anwendungsfall 4

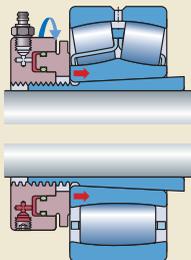


Anwendungsfall 5

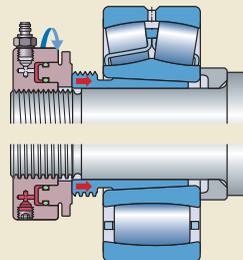
Schritt 5: Platzieren Sie die Hydraulikmutter.



Konische Welle



Spannhülse



Abziehhülse

Bild 24

Schritt 6: Wenden Sie den erforderlichen Druck zum Erreichen der Nullposition an.

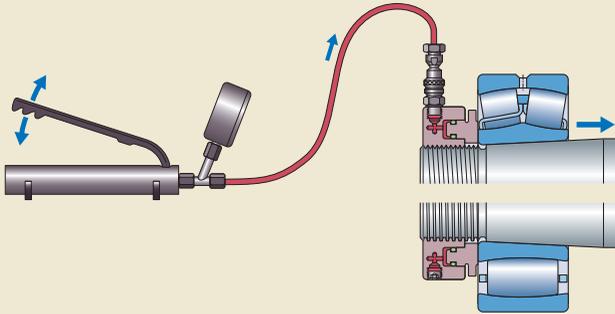


Bild 25

Schritt 7: Lesen Sie die axiale Verschiebbarkeit von der Messuhr ab.

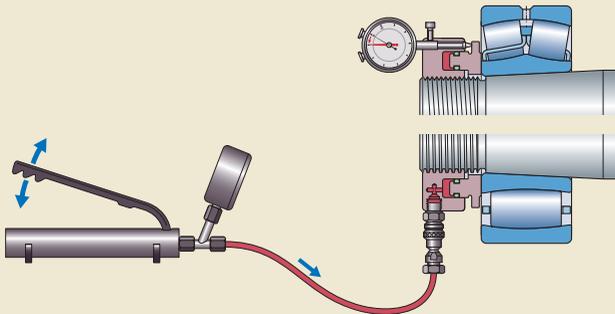
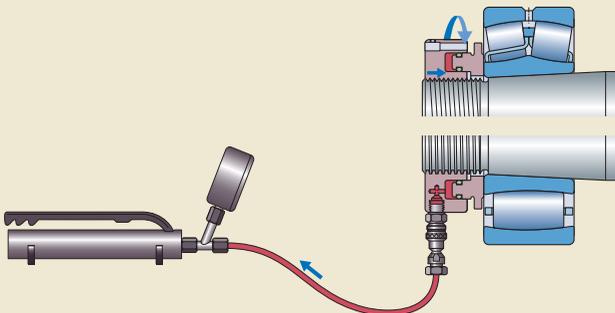


Bild 26

Schritt 9: Lassen Sie das Öl aus der Hydraulikmutter ab.



Schließen Sie die Ölpumpe an die Hydraulikmutter an. Pressen Sie das Lager auf seine Nullposition, indem Sie Öl zur Hydraulikmutter fördern, bis der erforderliche Druck erreicht ist. Lassen Sie den Druck nicht ab (→ Bild 24).

HINWEIS: Wird das Lager in Kombination mit der Druckölmethode eingebaut, darf vor dem Erreichen der Nullposition kein Öl zwischen die Kontaktflächen gespritzt werden.

6 Befestigen Sie die Messuhr an der Hydraulikmutter. Stellen Sie die Messuhr auf den erforderlichen Verschiebeweg ein. Pumpen Sie zusätzliches Öl an die Hydraulikmutter, bis das Lager um den erforderlichen Weg aufgeschoben und die Messuhr null anzeigt (→ Bild 25).

HINWEIS: Bei Verwendung der Druckölmethode öffnen Sie das Ölablassventil der Ölpumpe(n), die für die Öleinspritzung (zur Welle oder Hülse) verwendet wird, und lassen Sie das Öl mindestens 20 Minuten lang ab.

7 Nach abgeschlossenem Einbau öffnen Sie das Ölablassventil der Ölpumpe, um den Druck des Öls zu verringern.

8 Um das Öl abzulassen, bringen Sie den Kolben der Hydraulikmutter in seine ursprüngliche Position. Hierfür schrauben Sie die Mutter auf das Gewinde der Welle oder Hülse auf (→ Bild 26).

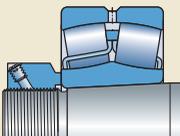
9 Nehmen Sie die Ölpumpe ab und entfernen Sie die Mutter von Welle oder Hülse. Das Lager wird sich nicht lösen.

10 Sichern Sie das Lager auf seinem Wellensitz oder auf der Hülse, z. B. mithilfe der geeigneten Sicherungsvorrichtung (→ Bild 27).

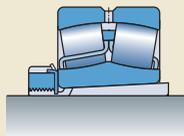
2

Bild 27

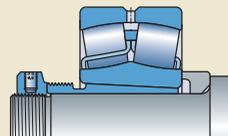
Schritt 11: Sichern Sie das Lager auf seinem Wellensitz oder der Hülse.



Konische Welle



Spannhülse



Abziehhülse

Einbau von Wälzlagern

Die Druckölmethode

Die Druckölmethode (→ **Bild 28**) sorgt für einen einfacheren Einbau von Lagern mit kegeliger Bohrung. Bei diesem Verfahren wird Öl unter Hochdruck zwischen Lagerbohrung und Lagersitz gespritzt. Die Passflächen werden durch diesen Ölfilm getrennt und die Reibung dazwischen merklich reduziert.

Wenn die Anwendung für die Öleinspritzung vorbereitet wurde (→ **Anhang G, Seite 405**), kann dieses Verfahren zum Lagereinbau eingesetzt werden:

- auf einer konischen Welle
- auf einer Spannhülse
- auf einer Abziehhülse

Die für die Druckölmethode erforderliche Ausrüstung wird ebenfalls von SKF angeboten. Die Produkte werden im Abschnitt *Hydraulikwerkzeuge* auf **Seite 73** beschrieben.

Wird die Druckölmethode beim Einbau von mittleren und großen Lagern eingesetzt, empfiehlt SKF folgendes schrittweises Einbauverfahren.

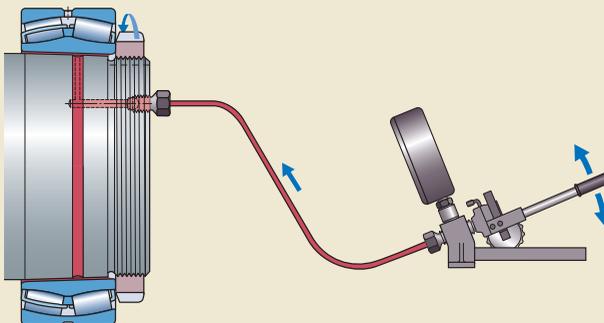
Die Druckölmethode: Schritt für Schritt

- 1** Vor dem Start lesen Sie sich die Hinweise unter *Vorbereitungen für den Einbau* ab **Seite 46** aufmerksam durch und wenden sie ggf. an.
- 2** Messen Sie die radiale Lagerluft. Bestimmen Sie die erforderliche Lagerluftverminderung und den axialen Verschiebeweg (→ *Das SKF Drive-up-Verfahren* ab **Seite 57**) des Lagers. Richtwerte sind verfügbar für:

- Pendelkugellager in **Anhang F-1** (→ **Seite 402**)
- Pendelrollenlager in **Anhang F-2** (→ **Seite 403**)
- CARB Toroidalrollenlager in **Anhang F-3** (→ **Seite 404**)

HINWEIS: Beim Messen der radialen Lagerluft sind die Hinweise unter *Messung der Lagerluft mit einer Fühlerlehre* auf **Seite 52** zu befolgen.

Bild 28



3 Hülsenmontage:

- Entfernen Sie ggf. Mutter und Sicherungsvorrichtung. Wird eine Wellenmutter verwendet, um das Lager in Position zu pressen, beschichten Sie das Hülsengewinde und die dem Lager zugewandte Seite der Mutter mit Molybdändisulfid-Paste.

4 Bestreichen Sie alle Passflächen dünn mit einem leichten Öl.**5** Beginnen Sie mit dem Lagereinbau (→ Bild 29).

Konische Welle:

- Drücken Sie das Lager auf seinen Sitz.

Spannhülse:

- Schieben Sie die Hülse in Position. Drücken Sie das Lager auf die Hülse.

Abziehhülse:

- Platzieren Sie das Lager zentrisch auf der Welle, sodass es an der Anlauffläche anliegt. Schieben Sie die Hülse an der Welle entlang in die Lagerbohrung.

6 Platzieren Sie das Zubehör.

Konische Welle:

- Schrauben Sie die Wellen- oder Hydraulikmutter auf die Welle auf, bis das Lager fest in seiner Position sitzt.

Spannhülse:

- Schrauben Sie die Wellen- oder Hydraulikmutter auf die Hülse auf, bis das Lager fest in seiner Position sitzt.

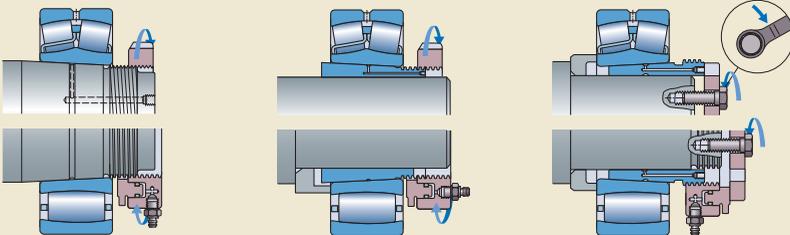
Abziehhülse:

- Bei Verwendung einer Hydraulikmutter oder des SKF Drive-up-Verfahrens, um die Hülse in die Lagerbohrung zu pressen, schrauben Sie die Mutter mit dem Kolben nach außen auf die Hülse, sodass ein Spalt entsteht, der mindestens dem axialen Einbaubestand entspricht. Versehen Sie die Welle mit einem Anschlag für den Kolben, z. B. mit einer Endscheibe.

HINWEIS: Bei einem übermäßigen Gleitwiderstand dehnen Sie die Hülse ein wenig, indem Sie einen kleinen Kunststoffkeil in den Schlitz der Hülse schieben.

Bild 29

Schritte 5 und 6: Platzieren Sie das Lager und das Zubehör.



Konische Welle

Spannhülse

Abziehhülse

Einbau von Wälzlagern

- 7 Installieren Sie die geeigneten Schmiernippel und Leitungen (→ **Bild 30**).

Konische Welle:

- Montieren Sie den Schmiernippel im Gewindeloch für die Ölzuleitung am Wellenende.

Spannhülse:

- Schrauben Sie die Verlängerungsleitung der Ölzufuhr mit einem Steckverbinder in die Gewindeseite der Hülse.

Abziehhülse:

- Schrauben Sie die Verlängerungsleitung der Ölzufuhr mit einem Steckverbinder in die Gewindeseite der Hülse.

- 8 Schließen Sie die geeignete(n) Ölpumpe(n) an.

HINWEIS: Bei Anwendung des SKF Drive-up-Verfahrens folgen Sie den Hinweisen unter *Das SKF Drive-up-Verfahren*, ab **Seite 57**.

- 9 Leiten Sie Öl mit einer Viskosität von etwa $300 \text{ mm}^2/\text{s}$ bei $20 \text{ }^\circ\text{C}$, z. B. SKF Montageflüssigkeit zwischen die Passflächen, bis die Kontaktflächen durch eine Ölschicht getrennt sind (→ **Bild 31**).

- 10 Pressen Sie das Lager auf (→ **Bild 32**).

Konische Welle:

- Schieben Sie das Lager über die festgelegte Distanz in seine Endposition auf der Welle, indem Sie die Wellenmutter anziehen oder die Hydraulikmutter betätigen.

Spannhülse:

- Schieben Sie das Lager über die festgelegte Distanz in seine Endposition auf der Hülse, indem Sie die Wellenmutter anziehen oder die Hydraulikmutter betätigen.

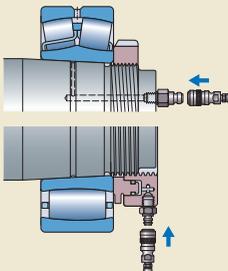
Abziehhülse:

- Pressen Sie die Hülse mit dem festgelegten axialen Abstand in die Lagerbohrung, indem Sie die Schrauben nacheinander anziehen oder die Ölpumpe der Hydraulikmutter betätigen.

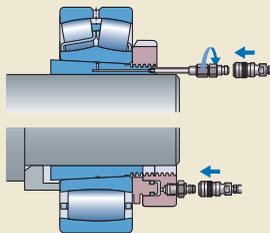
HINWEIS: Bei Anwendung des SKF Drive-up-Verfahrens beaufschlagen Sie die Hydraulikmutter mit dem geeigneten Öldruck, bis sich das Lager in der Nullposition befindet. Dann positionieren Sie die Messuhr und stellen sie auf den erforderlichen Verschiebeweg ein. Pumpen Sie weiter, bis die Messuhr den Verschiebeweg erreicht. Die Messuhr wird dann null anzeigen.

Bild 30

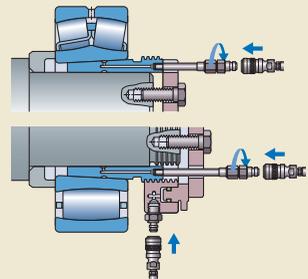
Schritte 7 und 8: Montieren Sie Schmiernippel und Leitungen und schließen Sie die Ölspritzausrüstung an.



Konische Welle



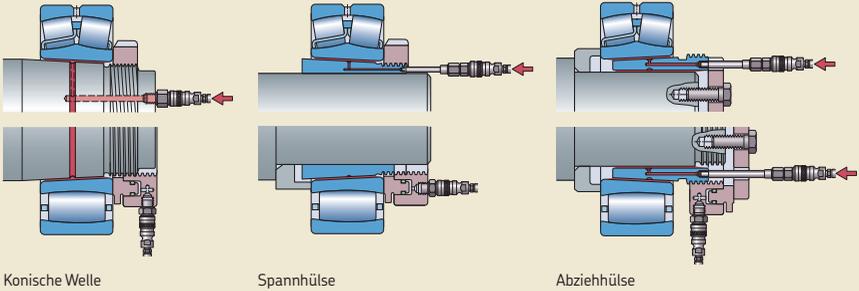
Spannhülse



Abziehhülse

Bild 31

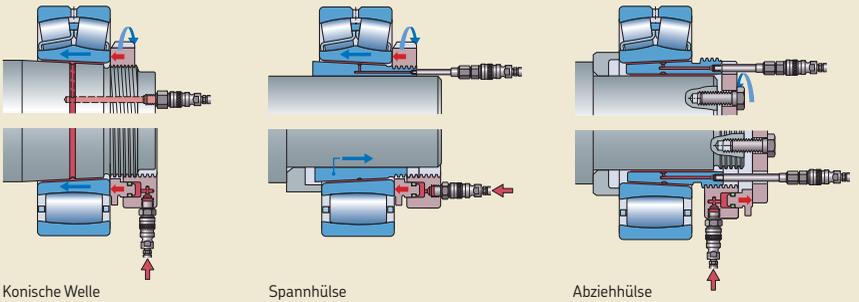
Schritt 9: Spritzen Sie Öl unter Hochdruck ein, um die Passflächen zu trennen.



2

Bild 32

Schritt 10: Pressen Sie das Lager auf.



Einbau von Wälzlagern

11 Nach abgeschlossenem Einbau öffnen Sie das Ölablassventil der für die Öleinspritzung verwendete(n) Pumpe(n). Lassen Sie das Öl mindestens 20 Minuten ablaufen.

VORSICHT: Bei Anwendung des SKF Drive-up-Verfahrens darf der Druck auf die Hydraulikmutter zu diesem Zeitpunkt nicht entlastet werden.

12 Prüfen Sie das verbliebene radiale Betriebspiel mithilfe einer Fühlerlehre.

HINWEIS: Bei Anwendung des SKF Drive-up-Verfahrens ist es nicht erforderlich, die radiale Lagerluft nach dem Einbau zu kontrollieren.

13 Wenn die Restlagerluft den empfohlenen Werten entspricht, unterbrechen Sie die Ölzufuhr zur Welle oder Hülse (einschließlich der Verlängerungsleitung), entfernen den Schmiernippel und tauschen den Ölkanal aus.

HINWEIS: Bei Anwendung des SKF Drive-up-Verfahrens öffnen Sie das Ölablassventil an der Pumpe, die die Hydraulikmutter betätigt. Um die Mutter zu entleeren, bringen Sie den Kolben zurück in die Nullposition, indem Sie die Mutter auf das Gewinde aufschrauben.

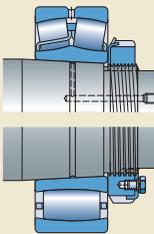
14 Entfernen Sie ggf. die Wellen- oder Hydraulikmutter oder Schrauben an der Endscheibe. Die Baueinheit löst sich nicht.

15 Sichern Sie das Lager mit der geeigneten Sicherungsvorrichtung (→ Bild 33):

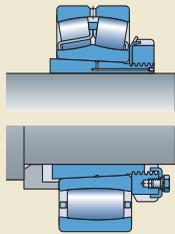
- Für KM- oder KML-Wellenmuttern verwenden Sie die geeignete MB- oder MBL-Sicherungsscheibe.
- Für Wellenmutter der Reihen HM 30 und HM 31 verwenden Sie den mitgelieferten Sicherungsbügel und die Schraube.
- Bei Anwendungen mit einer Endscheibe verwenden Sie Schrauben und geeignete Federringe.

Bild 33

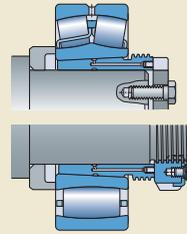
Schritt 15: Sichern Sie das Lager.



Konische Welle



Spannhülse



Abziehhülse

Das SensorMount-Verfahren

Mit dem SensorMount-Verfahren können SKF Pendelrollenlager und CARB Toroidalrollenlager mit kegelförmiger Bohrung und einem Durchmesser von > 340 mm exakt eingebaut werden, ohne die radiale Lagerluft oder den Verschiebeweg vor oder nach dem Einbau zu messen. Die Montage erfolgt schnell und präzise.

Bei diesem Verfahren werden ein am Lagerinnenring befestigter Sensor und ein entsprechender Messwertaufnehmer (\rightarrow Bild 34) verwendet. Letzterer verarbeitet die vom Sensor übermittelten Informationen. Die Aufweitung des Innenrings wird dargestellt als das Verhältnis zwischen der Lagerluftverminderung (μm) und dem Lagerbohrungsdurchmesser (mm). Der vom Aufnehmer angezeigte Mindestwert 0,450 ist bei normalen Betriebsbedingungen ein üblicher Grenzwert für Lager.

Aspekte wie Lagergröße, Wellenmaterial, Bauform (massiv oder hohl) und Oberflächenqualität bedürfen keiner besonderen Berücksichtigung.

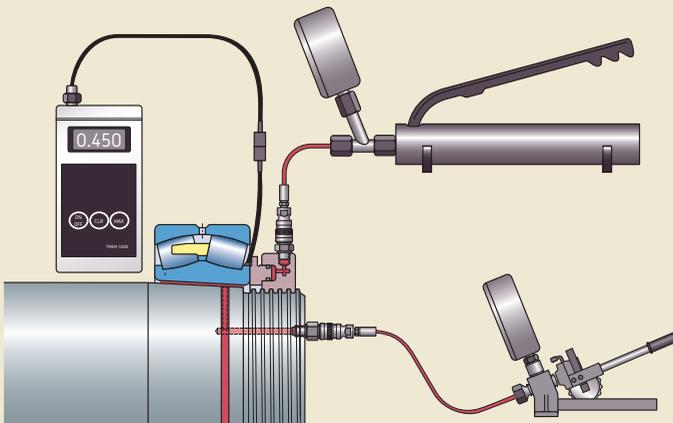
Bei Lagern, die auf eine konische Welle oder Spannhülse montiert werden sollen, befindet sich der Sensor an der Innenringseite mit dem kleineren Bohrungsdurchmesser – Vorsetzzeichen ZE, z. B. ZE 23084 CAK/W33. Bei auf einer Abziehhülse zu montierenden Lagern befindet

sich der Sensor an der Seite mit dem größeren Bohrungsdurchmesser – Vorsetzzeichen ZEB, z. B. ZEB C 3084 KM.

HINWEIS: Eine detaillierte Einbauanleitung liegt dem Lager bei. Anweisungen sind jedoch auch unter www.skf.com/mount verfügbar.

2

Bild 34



Einbau im angewärmten Zustand

Die für den Einbau erforderliche Temperaturdifferenz zwischen Lagerring und Gegenstück richtet sich nach dem Passungsübermaß und dem Durchmesser des Lagersitzes.

Beim Anwärmen von Lagern muss auf die Temperatur geachtet werden:

- Offene Lager dürfen nicht über 120 °C angewärmt werden.
- Bei abgedichteten Lagern liegt die Obergrenze aufgrund der Schmierfettfüllung und/oder des Dichtungswerkstoffs bei 80 °C.

Für Gehäuse reicht ein mäßiger Temperaturanstieg von 20 bis 50 °C normalerweise aus, da das Übermaß selten groß ist.

Nach dem Anwärmen sollte das Lager schnellstmöglich an der Schulter platziert und dort bis zum Abkühlen belassen werden. Hierfür empfiehlt SKF die Verwendung eines Montagehalters und einer Hubvorrichtung, besonders beim Einbau von mittleren und großen Lagern (→ **Bilder 7 bis 9** auf **Seite 50**).

VORSICHT: Schlagen Sie beim Einbau nicht mit harten Gegenständen wie einem Hammer oder Meißel auf das Lager und üben Sie die Kraft nicht über die Wälzkörper aus.

Um ein Lager oder Gehäuse schnell und sicher auf die geeignete Temperatur anzuwärmen, bietet SKF ein umfangreiches Sortiment an Anwärmeräten an. Nachstehend sind die verfügbaren Anwärmetechniken und ihre typischen Anwendungen aufgelistet.

VORSICHT: Lager niemals an einer offenen Flamme erwärmen (→ **Bild 35**)!

Bild 35

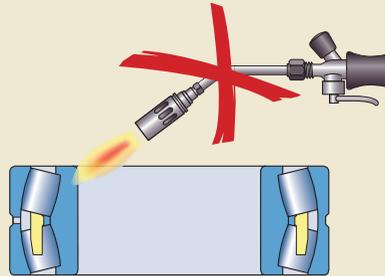


Bild 36



Elektrische Anwärmpplatten

Eine elektrische Anwärmpalette (→ **Bild 36**) eignet sich für das Anwärmen kleiner Lager oder Gehäuse. Um die Lager gleichmäßig anzuwärmen, müssen sie mehrmals gedreht werden.

Die elektrische SKF Anwärmpalette ist ein thermostatgesteuertes Gerät mit einem regulierbaren Temperaturbereich von 50 bis 200 °C.

VORSICHT: Abgedichtete Lager dürfen niemals in direkten Kontakt mit der Anwärmpalette geraten. Platzieren Sie einen Ring zwischen Platte und Lager.

Bild 37

Induktions-Anwärmgeräte

SKF empfiehlt die Verwendung eines elektrischen Induktions-Anwärmgeräts (→ **Bild 37**) zur Erwärmung von Wälzlagern.

Induktions-Anwärmgeräte wärmen die Lager in relativ kurzer Zeit gleichmäßig an und sind besonders sicher, da Anwärmgerät und Joch nie heiß werden.

Da Induktions-Anwärmgeräte ein Lager magnetisieren, muss das Lager vor dem Einbau entmagnetisiert werden. Alle SKF Induktions-Anwärmgeräte haben eine automatische Entmagnetisierungsfunktion. Sie sind in verschiedenen Größen und für das Anwärmen von Lagern mit einem Bohrungsdurchmesser von 20 mm und darüber erhältlich.

Den Induktions-Anwärmgeräten liegt eine Bedienungsanleitung bei.

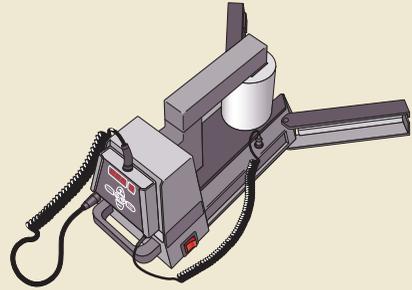


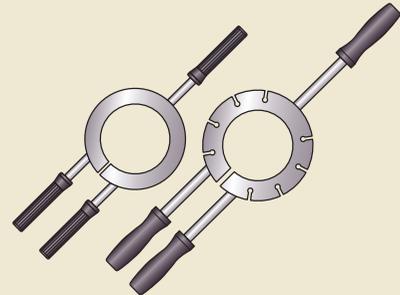
Bild 38

Aluminium-Thermoringe

Aluminium-Thermoringe (→ **Bild 38**) wurden ursprünglich für den Ausbau von Innenringen aus NU-, NJ- und NUP-Zylinderrollslagern entwickelt, eignen sich aber auch für den Einbau.

SKF Aluminium-Thermoringe sind für die Lagergrößen 204 bis 252, 304 bis 340 und 406 bis 430 erhältlich.

Den Ringen liegt eine Bedienungsanleitung bei.



Einbau von Wälzlagern

Anwärmöfen

Anwärmöfen werden üblicherweise verwendet, wenn eine größere Menge kleinerer Lager oder eine Anzahl unterschiedlich großer Lager sowie kleine Gehäuse angewärmt werden sollen.

Geeignete Anwärmöfen sind mit einem regulierbaren Thermostat und Gebläse ausgestattet (→ **Bild 39**). Das Gebläse zirkuliert die angewärmte Luft, um eine gleichmäßige Temperatur im Ofen aufrechtzuerhalten.

Infrarotgeräte

Mit Infrarotgeräten lassen sich kleine, dünnwandige Gehäuse auf saubere, sichere und einfache Art anwärmen. Das Infrarotgerät befindet sich in einem Gewindedeckel und wird nach dem Einsetzen in die Gehäusebohrung eingeschaltet. Normalerweise reichen wenige Minuten aus, um das Gehäuse ausreichend anzuwärmen, da die Passung zwischen Gehäusebohrung und Lager nur selten fest ist (→ **Bild 40**). Schalten Sie das Gerät nach dem Anwärmen aus, nehmen Sie es aus der Gehäusebohrung und schieben Sie das kalte Lager schnell in Position.

Bild 39

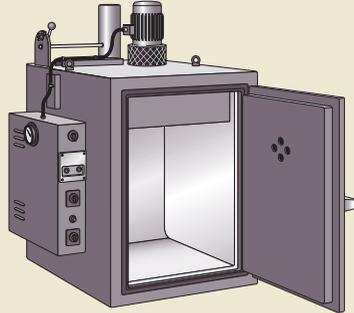
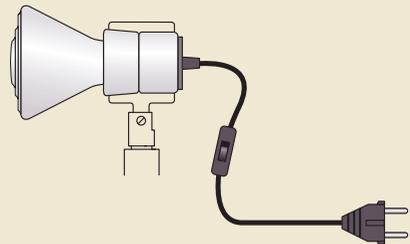


Bild 40



Anwärmplatten

Flexible Anwärmplatten sind eine hervorragende und sichere Lösung für das Anwärmen von Gehäusen ohne komplizierte Installationsarbeiten. Sie bestehen aus mehreren flexiblen Werkstoffen und sind in einer Reihe von Bauformen und Größen erhältlich (→ **Bild 41**).

Anwärmplatten lassen sich individuell einsetzen, z. B. zum Bedecken des Gehäuses oder auch platziert in der Gehäusebohrung oder als Flachboden-Anwärmgerät.

Ölbäder

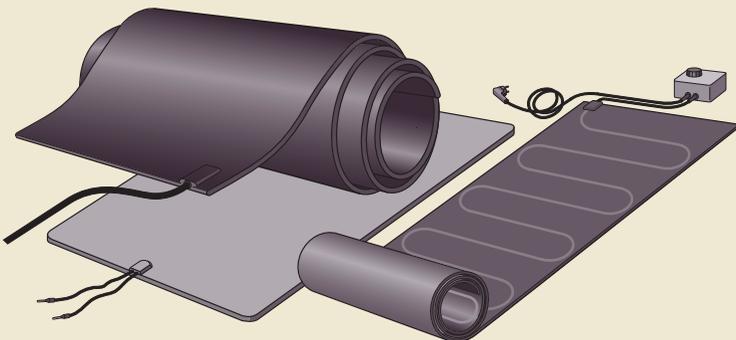
Vor vielen Jahren waren Ölbäder eine beliebte Methode, um Lager und kleine Gehäuse anzuwärmen. Im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit, Umwelt und Sicherheit wird dieses Verfahren heute allerdings nicht mehr empfohlen. Dennoch gibt es manchmal keine Alternative.

Beim Anwärmen eines Lagers in einem Ölbad sind einige Grundregeln zu beachten. Verwenden Sie ausschließlich sauberes Öl mit einem Flammpunkt über 250 °C und einen sauberen Behälter mit regulierbarem Thermostat. Außerdem dürfen die Lager oder Lagerringe niemals in direkten Kontakt mit dem Behälter kommen. Lassen Sie das, am Lager haftende Öl, nach dem Anwärmen des Lagers und vor dem Aufschieben auf die Welle, abtropfen, und wischen Sie danach die Lagerbohrung sauber.

VORSICHT!

Legen Sie große schwere Lager nicht auf die Anwärmplatten, da dies gefährliche elektrische Spannungen erzeugen und die Anwärmelemente beschädigen könnte.

Bild 41



SKF Einbauwerkzeuge

Mithilfe der geeigneten Einbauwerkzeuge, des richtigen Einbauverfahrens und der Einhaltung der korrekten Maßnahmen lassen sich vorzeitige Lagerausfälle verhindern und die ordnungsgemäße Lagerleistung gewährleisten. Aus diesem Grund enthält das SKF Einbauwerkzeug-Sortiment:

- mechanische Werkzeuge
- Hydraulikwerkzeuge
- Anwärmergeräte
- Schutzhandschuhe

Eine Übersicht über die SKF Einbauwerkzeuge und Produkte enthält **Anhang J** ab **Seite 416**.

Weitere Informationen finden Sie unter www.mapro.skf.com.

Mechanische Werkzeuge

SKF bietet ein vollständiges Sortiment an mechanischen Werkzeugen, wie Wälzlager-Einbauwerkzeugsätze und Hakenschlüssel, für alle üblichen Einbaubedürfnisse an.

Der SKF Wälzlager-Einbauwerkzeugsatz besteht aus 36 Schlagringen in verschiedenen Größen und erleichtert so die Montage von mehr als 400 verschiedenen Lagern (sowie mehreren Dichtungen).

Zum SKF Schlüsselsortiment gehören Hakenschlüssel (einschließlich verstellbarer und Spezial-Hakenschlüssel), Schlagschlüssel und Schlüsselersatz für Wellenmuttern.

Tabelle 2

SKF Auswahlhilfe für Hydropumpen und Ölinjektoren

Max. Betriebs- druck	Pumpe Kurzzeichen	Kurzbeschreibung	Fassungsvermögen des Ölbehälters	Anschluss- nippel	Einbaumöglichkeiten
MPa	–	–	cm ³	–	–
50	TMJL 50	Handbetriebene Pumpe	2 700	G 1/4	Alle HMV ..E-Muttern
100	729124 TMJL 100	Handbetriebene Pumpe Handbetriebene Pumpe	250 800	G 1/4 G 1/4	Hydraulikmuttern ≤ HMV 54E Hydraulikmuttern ≤ HMV 92E
150	THAP 150 728619 E	Druckluftbetriebene Pumpe Handbetriebene Pumpe	Separater Behälter 2 550	G 3/4 G 1/4	Alle HMV ..E-Muttern, Druckölmethode Hydraulikmuttern aller Größen, Druckölmethode
300	THAP 300E 226400 729101 B TMJE 300	Druckluftbetriebene Pumpe Handbetriebener Ölinjektor Handbetriebener Druckölgerätesatz Handbetriebener Druckölgerätesatz	Separater Behälter 200 200 200	G 3/4 G 3/4 Mehrere Mehrere	Große Pressverbände, Druckölmethode Druckölmethode, Spann- und Abziehhülsen Druckölmethode, Spann- und Abziehhülsen Druckölmethode, Spann- und Abziehhülsen
400	729101 E	Handbetriebener Druckölgerätesatz	200	G 1/4	Druckölmethode, Pressverbände

Hydraulikwerkzeuge

SKF hat ein breites Sortiment an Hydraulikwerkzeugen entwickelt, darunter Hydraulikmuttern, Hydraulikpumpen und Ölinjektoren, um den Lagereinbau zu vereinfachen.

SKF Hydraulikmuttern zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus:

- In der Reihe HMV ..E, ab der Gewindedurchmessergröße 50 bis einschließlich 200 mm, haben sie ein metrisches Gewinde gemäß ISO 965-3:1998, Toleranzklasse 6H.
- In der Reihe HMV ..E, ab der Gewindedurchmessergröße 205 bis einschließlich 1 000 mm, haben sie ein metrisches Trapezgewinde gemäß ISO 2901:1977, Toleranzklasse 7H.
- In der Reihe HMVC ..E, ab der Gewindedurchmessergröße 1,967 bis einschließlich 12,5625 in, haben sie ein Amerikanisches Einheitsgewinde gemäß ANSI B1.1-1974, Klasse 3.
- In der Reihe HMVC ..E, ab der Gewindedurchmessergröße 13,339 bis einschließlich 37,410 in, haben sie ein Allzweck-ACME-Gewinde gemäß ANSI B1.5-1957, Klasse 3G.

SKF Hydraulikpumpen und Ölinjektoren sind in mehreren Ausführungen und Größen verfügbar (→ **Tabelle 2**). SKF bietet darüber hinaus umfangreiches Zubehör an, darunter Hochdruckrohre, Anschlüsse, Schläuche sowie Mess- und Fühllehren.

Anwärmgeräte

Das Sortiment an SKF Anwärmgeräten umfasst Induktions-Anwärmgeräte, elektrische Anwärmplatten und Aluminium-Thermoringe, die alle üblichen Einbaubedürfnisse erfüllen.

Schutzhandschuhe

Für die sichere Handhabung von Lagern und Komponenten bietet SKF vier verschiedene Handschuhmodelle an, die speziell für bestimmte Arbeitsbedingungen entwickelt wurden:

- Spezial-Arbeitshandschuhe
- wärmebeständige Schutzhandschuhe
- Schutzhandschuhe für extreme Temperaturen
- wärme- und ölbeständige Schutzhandschuhe

Einbauanleitung nach Lagerausführung

Die im Abschnitt *Vorbereitungen für den Einbau* ab **Seite 46** genannten Einbauverfahren und Werkzeuge sind im Allgemeinen für alle Wälzlagerausführungen einsetzbar. Bedingt durch Bauform, Größe oder Gewicht sind u. a. bei folgenden Lagerausführungen zusätzliche Sorgfalt oder spezielle Einbauverfahren erforderlich:

- einreihige Schrägkugellager und Kegelrollenlager
- Schrägkugellager mit zweiteiligem Innenring
- Pendelkugellager mit vorstehenden Kugeln
- abgedichtete Pendelkugellager
- Pendelkugellager mit verbreitertem Innenring
- einreihige zylindrische und Nadellager mit Käfig
- mehrreihige zylindrische und Kegelrollenlager
- Pendelrollen- und CARB Toroidalrollenlager

Einbau von Schrägkugellagern

Einreihige Schrägkugellager werden typischerweise gegen ein zweites Lager in einem ungeteilten Gehäuse angestellt, entweder als X- oder O-Anordnung, damit sich die Gegenkräfte ausgleichen.

Alleinstehende Lager

Alleinstehende Schrägkugellager sind für Anordnungen geeignet, in denen nur ein Lager pro Lagerung zum Einsatz kommt. Auch wenn die Ringe nach sehr engen Toleranzen gefertigt werden, kommen diese Lager nicht für den Einbau direkt nebeneinander infrage.

Angestellte Lagerungen mit einem Lager in jeder Lagerposition werden als Lagerungen mit gegenseitiger Führung bezeichnet und im Allgemeinen für kurze Wellen verwendet. Die erforderliche Lagerluft oder Vorspannung in diesen Anordnungen wird beim Einbau erzielt, indem ein Lagerring axial verschoben wird.

Anstellen von X-Lageranordnungen

SKF empfiehlt, X-Lageranordnungen nach Möglichkeit anzustellen, während sich die Welle in senkrechter Position befindet, sodass sie vom unteren Lager unterstützt wird.

Messen Sie den Abstand von der Stirnseite des Außenrings zur Stirnseite des Gehäuses

(→ **Bild 42**). Bestimmen Sie die erforderliche Schulterbreite des Enddeckels auf Basis der erforderlichen axialen Lagerluft oder Vorspannung, die im Betrieb benötigt wird. Bestimmen Sie bei Bedarf die erforderliche Stärke der Deckscheiben, die entweder zwischen Gehäuse und Enddeckel oder zwischen Außenring und Enddeckel eingesetzt werden.

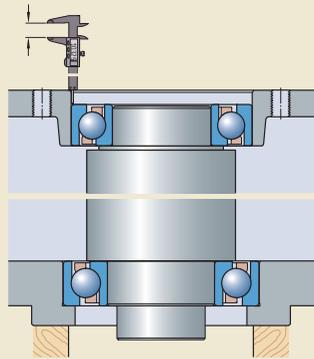
Bringen Sie den letzten Enddeckel (und Deckscheiben) an und drehen Sie die Lagerung zurück in die waagerechte Position.

Bei Lageranordnungen mit Lagerluft verifizieren Sie das Ergebnis des Anstellens, indem Sie die verbliebene axiale Lagerluft mithilfe einer Messuhr messen (→ **Bild 43**).

HINWEIS: Direkte Messungen mit einer Messuhr sind für vorgespannte Lagerungen nicht geeignet. In der Praxis werden indirekte Verfahren zur Einstellung der Vorspannung eingesetzt, z. B. durch Passungen, Verschiebungsmessungen oder Kontrollen des Reibungsmoments. Unterstützung bei der Berechnung der Vorspannung erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

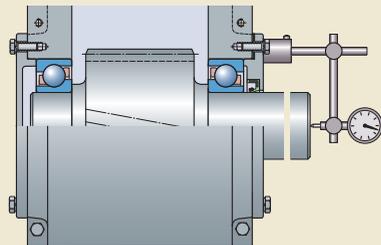
HINWEIS: Im Betrieb verringert sich die Lagerluft üblicherweise (die Vorspannung nimmt zu) infolge von gestiegenen Temperaturen und Temperaturunterschieden zwischen Innen- und Außenringen sowie anderen Faktoren wie Drehzahlen und Belastungen.

Bild 42



2

Bild 43



Einbau von Wälzlagern

Anstellen von O-Lageranordnungen

Beim Anstellen von O-Lageranordnungen ziehen Sie die Wellenmutter oder die Schrauben in der Endscheibe an, während Sie die Welle gelegentlich drehen (→ **Bild 44**).

Bei Lageranordnungen mit Lagerluft messen Sie die verbliebene axiale Lagerluft mithilfe einer Messuhr (→ **Bild 45**). Ist die Restlagerluft zu groß, ziehen Sie die Wellenmutter oder die Endscheibenschrauben an. Ist die Restlagerluft zu klein, bauen Sie die Lager aus und beginnen von neuem.

HINWEIS: Direkte Messungen mit einer Messuhr sind für vorgespannte Lagerungen nicht geeignet. In der Praxis werden indirekte Verfahren zur Einstellung der Vorspannung eingesetzt, z. B. durch Passungen, Verschiebungsmessungen oder Kontrollen des Reibungsmoments. Unterstützung bei der Berechnung der Vorspannung erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

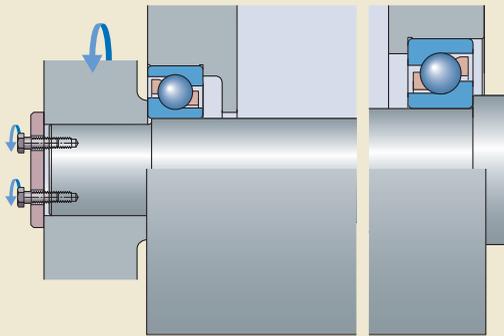
Bei Verwendung einer Abstandshülse zwischen zwei Lagerinnenringen (→ **Bild 46**) lässt sich die erforderliche Lagerluft oder Vorspannung einstellen, indem die Breite der Abstandshülse durch Schleifen entsprechend modifiziert wird.

HINWEIS: Im Betrieb verringert sich die Lagerluft üblicherweise (die Vorspannung nimmt zu) infolge von gestiegenen Temperaturen und Temperaturunterschieden zwischen Innen- und Außenringen sowie anderen Faktoren wie Drehzahlen und Belastungen.

Universallager für den satzweisen Einbau und zusammengepasste Lagersätze

Wenn zwei oder mehr Schrägkugellager nebeneinander eingebaut werden sollen, sind entweder Universallager für den satzweisen Einbau oder ein zusammengepasster Lagersatz zu verwenden. Die Lager werden bereits bei der Fertigung so aufeinander abgestimmt, dass bei einer Lageranordnung unmittelbar nebeneinander eine definierte Lagerluft bzw. eine gleichmäßige Lastaufnahme sichergestellt wird, ohne dass Passscheiben o. Ä. benötigt werden.

Bild 44



2

Bild 45

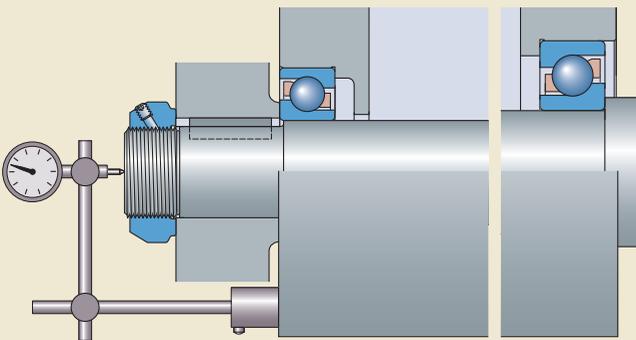
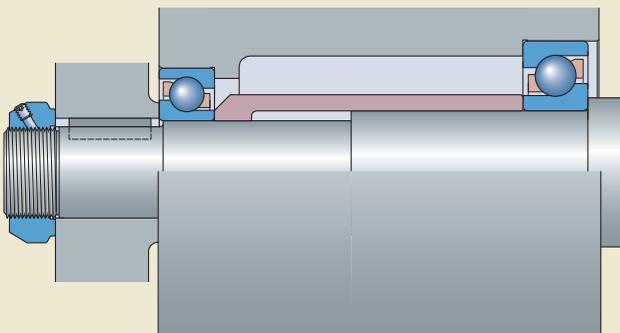


Bild 46



Einbau von Wälzlagern

Schrägkugellager mit zweiteiligem Innenring

Beim Einbau von zweireihigen Schrägkugellagern mit zweiteiligem Innenring und Vierpunktlagern ist eine bestimmte Reihenfolge einzuhalten (→ Bild 47).

Zuerst pressen Sie die innenseitige Innenringhälfte in Position (1). Dann platzieren Sie den Außenring mit Kugelkranz (bzw. -kränzen) auf die montierte Innenringhälfte (2). Schließlich pressen Sie die außenseitige Innenringhälfte gegen die montierte Innenringhälfte (3).

Kleine Innenringe können mit einem Wälzlager-Einbauwerkzeugsatz und einem rückschlagfreien Hammer montiert werden, größere Lager sind vor dem Einbau anzuwärmen.

HINWEIS: SKF Explorer Vierpunktlager sind mit einer Seriennummer auf der Stirnseite des Außenrings und an beiden Innenringhälften gekennzeichnet (→ Bild 48). Ein Sternchen (*) auf einer Stirnseite des Außenrings und auf einer Innenringhälfte ermöglicht den Einbau des Lagers in der vom Hersteller vorgesehenen Anordnung.

Bild 48

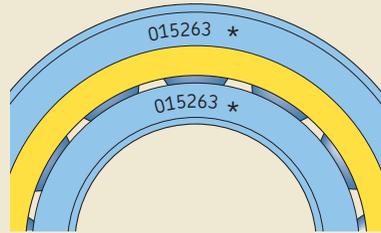
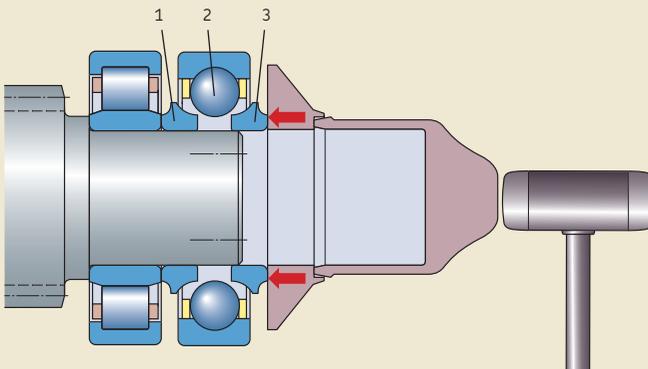


Bild 47



Einbau von Pendelkugellagern

Lager der Grundauführung mit vorstehenden Kugeln

Die Kugeln einiger Pendelkugellager der Reihen 12 ($d \geq 120 \text{ mm}$) und 13 ($d \geq 90 \text{ mm}$) stehen an den Lagerseiten hervor. Beim Einbau dieser Lager ist daher diese Bauform zu berücksichtigen.

Für den Einbau von Lagern mit zylindrischer Bohrung empfiehlt SKF die Anwärmung. Wenn das Lager mechanisch eingebaut werden soll, muss die vor das Lager gesetzte Montagescheibe des Einbauwerkzeugs eine Ausdehnung von mindestens 3 mm aufweisen, damit die Kugeln nicht beschädigt werden (→ **Bild 49**).

Für Lager mit kegeliger Bohrung empfiehlt SKF das SKF Drive-up-Verfahren (→ **Seite 57**) zusammen mit einem Abstandsring oder Abstandshalter (→ **Bild 50**).

Abgedichtete Lager mit kegeliger Bohrung

Beim Einbau eines abgedichteten Pendelkugellagers auf einer Spannhülse ist eine Spannhülse der Reihe H 3 .. C zu verwenden. Diese Spannhülsen sind mit einer speziellen Sicherungsscheibe versehen, die auf der Stirnseite einen Überstand aufweist, damit die Dichtung nicht beschädigt wird (→ **Bild 51**).

Bild 49

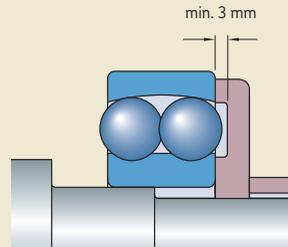


Bild 50

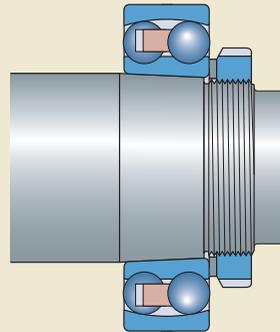
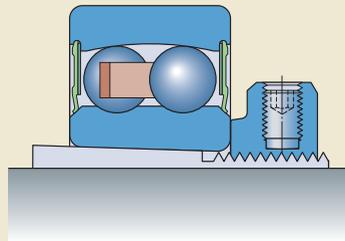
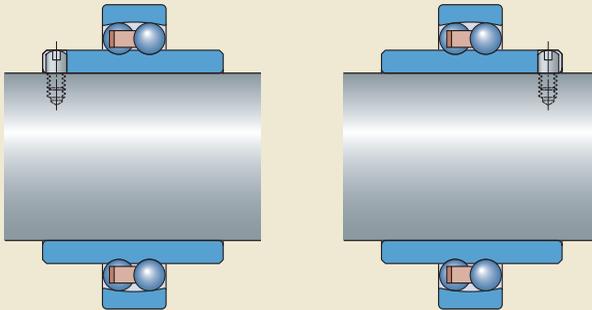


Bild 51





Lager mit breitem Innenring

Pendelkugellager mit verbreitertem Innenring werden mithilfe eines Stifts oder einer Bundschraube axial auf der Welle befestigt. Wenn zwei dieser Lager zur Unterstützung einer Welle verwendet werden, sollten sie so positioniert werden, dass die Haltenuten im Innenring entweder einander zugewandt oder abgewandt sind (→ Bild 52). Ist dies nicht der Fall, wird die Welle nur in einer Richtung axial befestigt.

Einbau von zylindrischen und Nadellagern

Einreihige zylindrische und Nadellager mit Käfig

Viele zylindrische und Nadellager sind nicht selbsthaltend. Bei Zylinderrollenlagern der Bauform NU beispielsweise kann der Außenring mit Rollenkranz unabhängig vom Innenring eingebaut werden, was die Montage erleichtert.

Für den Einbau eines Innenrings mit oder ohne Rollenkranz empfiehlt SKF die Montage im angewärmten Zustand. Das jeweilige Anwärmverfahren richtet sich nach der Größe des Rings (→ *Einbau im angewärmten Zustand* ab Seite 68).

VORSICHT: Vor dem Einbau ist auf Rollen und Laufbahnen Öl oder Fett aufzutragen. Während der Montage muss die Welle oder das Gehäuse gedreht werden. Achten Sie darauf, dass der Rollenkranz bei der Montage nicht verkantet (→ Bild 53), sonst können Schäden an Rollen und Laufbahnen auftreten.

Bild 53

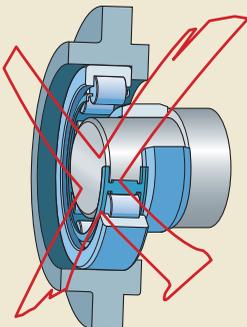


Bild 54

Um ein Verkanten beim Einbau zu verhindern, empfiehlt SKF Folgendes:

- Für den Einbau von Lagern auf waagerechten Wellen eine Montagehülse verwenden (→ Bild 54).
- Für den Einbau von Lagern auf langen Wellen und bei der Montage in senkrechter Position sind eine Montagehülse und am Gehäuse befestigte Führungstangen zu verwenden (→ Bild 55).

Bei Verwendung einer Montagehülse muss der Außendurchmesser der Hülse dem Laufbahndurchmesser des Innenrings entsprechen sowie für Zylinderrollenlager die Toleranzklasse d10 und für Nadellager die Toleranz 0/-0,025 mm aufweisen.

VORSICHT: Wenn Sie ein Induktions-Anwärmgerät verwenden, achten Sie darauf, dass der Ring entmagnetisiert ist, bevor er dem Anwärmgerät entnommen wird. Alle SKF Induktions-Anwärmgeräte haben eine automatische Entmagnetisierungsfunktion.

Bei Verwendung eines Aluminium-Thermorings (→ Bild 56) beschichten Sie vor dem Erhitzen die Laufbahn des Innenrings mit oxidationsbeständigem Öl, z. B. Schmieröl CLP68, und entfernen das Öl nach dem Einbau.

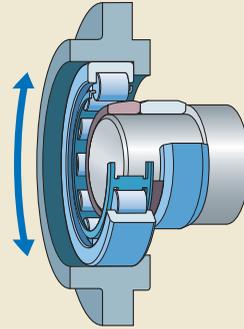


Bild 55

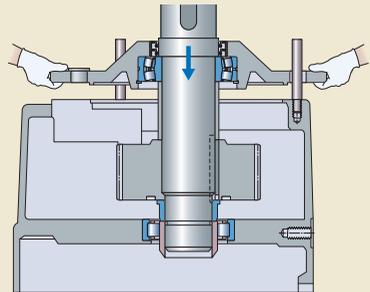
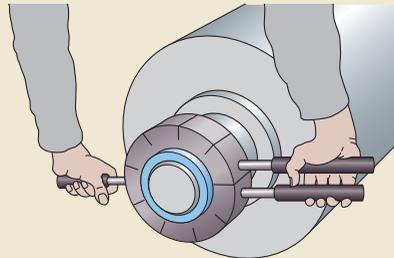


Bild 56



Vierreihige Zylinderrollenlager

Vierreihige Zylinderrollenlager werden typischerweise in Walzwerken oder anderen Schwerlastanwendungen eingesetzt. Sie sind nicht selbsthaltend mit beweglichem Innenring und in vielen Ausführungen erhältlich, die sich hauptsächlich in der Anzahl der Innen- und Außenringe sowie in der Anzahl loser oder fester Borde am Außenring unterscheiden.

SKF empfiehlt den Einbau (und Ausbau) des/der Innenrings/e mithilfe eines speziellen festen SKF Induktions-Anwärmgeräts und einer speziell gefertigten Montagehülse (→ *Einbau eines vierreihigen Zylinderrollenlagers mithilfe einer Spezial-Montagehülse*).

Achten Sie beim Einbau auf die richtige Reihenfolge der einzelnen Lagerkomponenten (→ **Bild 57**). Darüber hinaus sind alle Komponenten des Lagers mit derselben Seriennummer gekennzeichnet, sodass die Teile nicht verwechselt werden können, wenn mehrere Lager gleichzeitig eingebaut werden sollen. Die Innenringe und Innenringpaare sind austauschbar und haben nicht zwangsläufig dieselbe Seriennummer wie die übrigen Teile.

Die Stirnseiten der Außenringe sind in vier Zonen I bis IV unterteilt. An jedem Lager ist Zone I auch durch eine Linie über der Außenfläche des Außenrings gekennzeichnet. Wird das Lager zum ersten Mal montiert, sollte Zone I vorzugsweise in der Belastungszone positioniert werden. Je nach den Betriebsbedingungen werden die Außenringe üblicherweise nach einer bestimmten Laufzeit um 90° gedreht, sodass ein anderer Teil der Außenringe in der Belastungszone positioniert wird, um die Gebrauchsdauer des Lagers zu verlängern.

Bild 57

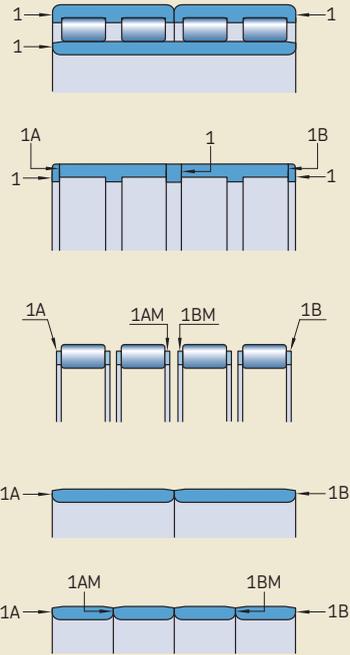


Bild 58

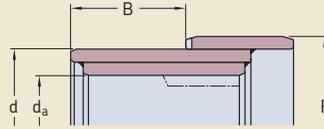
Einbau eines vierreihigen Zylinderrollenlagers mithilfe einer Spezial-Montagehülse

Bild 58 zeigt die Verwendung einer Spezial-Montagehülse, die üblicherweise bei einem vierreihigen Zylinderrollenlager mit zweiteiligem Innenring und Außenring eingesetzt wird.

Der Außendurchmesser der Hülse ist abgesetzt. Der kleinere Außendurchmesser entspricht dem Bohrungsdurchmesser des Innenrings. Der größere Durchmesser entspricht dem Durchmesser der Innenring-Laufbahn. Die Breite beider Sitze entspricht der Breite des/r Innenrings/e. Der kleinere Außendurchmesser dient der Montage des/r Innenrings/e, der größere Außendurchmesser dem Einbau des/r Außenrings/e mit Rollenkränzen.

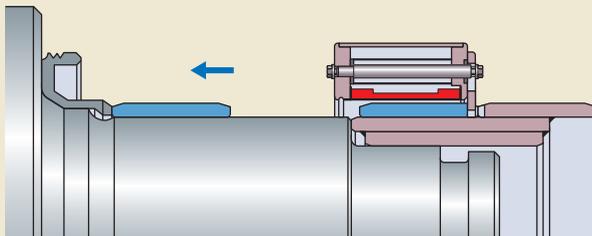
Das Einbauverfahren für die Innenringe ist das Folgende (→ **Bild 59**):

- 1 Montieren Sie alle Teile zwischen Innenring und Wellenschulter.
- 2 Schieben Sie den ersten Ring auf die Hülse.
- 3 Positionieren Sie die Hülse (mit Innenring) auf dem Unterstützungsdurchmesser des Walzenzapfens.
- 4 Positionieren Sie das Anwärmsgerät und erwärmen Sie den Innenring auf die erforderliche Temperatur.
- 5 Schieben Sie den Innenring in Position an seine Anlauffläche.
- 6 Pressen Sie weiter, bis der Ring abgekühlt ist.
- 7 Entfernen Sie die Hülse.
- 8 Montieren Sie den zweiten Innenring unter Wiederholung der **Schritte 2 bis 7**.



B = Breite des/der Innenrings/e
 F = Laufbahndurchmesser
 d = Innenringbohrung
 d_a = Hülseunterstützungsdurchmesser

Bild 59



Einbau von Wälzlagern

Das Einbauverfahren für die Außenringe ist das Folgende (→ Bild 60):

- 1 Schmieren Sie die Rollenkränze und die Außenringlaufbahnen mit dem zu verwendenden Schmierstoff.
- 2 Platzieren Sie den ersten Rollensatz, der zusammen mit dem zweiten Satz im Gehäuse zu montieren ist, auf den großen Laufbahndurchmesser der Montagehülse.
- 3 Montieren Sie ggf. die Dichtungen im Innendeckel, bevor er nach oben gegen die Dichtungsscheibe gedrückt wird.
- 4 Schmieren Sie die Dichtlippen und achten Sie darauf, die Dichtungen nicht zu beschädigen.
- 5 Schieben Sie die Hülse vorsichtig auf die Welle, bis die komplette Baueinheit an ihrem Platz ist. Verwenden Sie ein Hebezeug mit Federaufhängung, um die Positionierung der Lagerung auf der Welle zu erleichtern.
- 6 Bei fettgeschmierten Anwendungen ist die Lagerung vollständig mit Fett zu füllen.
- 7 Montieren Sie die äußeren Dichtungen und sichern Sie die Lagerung auf der Welle.

Einbau von Kegelrollenlagern

Einreihige Kegelrollenlager

Einreihige Kegelrollenlager werden typischerweise gegen ein zweites Lager angestellt, entweder als X- oder O-Anordnung, damit sich die Gegenkräfte ausgleichen. Die Lagerluft oder Vorspannung in diesen Anordnungen wird beim Einbau erzielt, indem ein Lagerring axial verschoben wird.

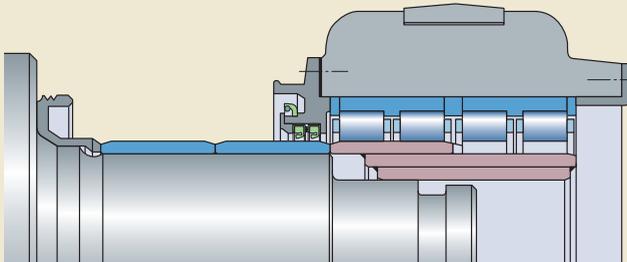
HINWEIS: Im Betrieb verringert sich die Lagerluft üblicherweise (die Vorspannung nimmt zu) infolge von gestiegenen Temperaturen und Temperaturunterschieden zwischen Innen- und Außenringen sowie anderen Faktoren wie Drehzahlen und Belastungen.

VORSICHT: Beim Anstellen ist es wichtig, die Welle mehrmals in beide Richtungen zu drehen, um einen ausreichenden Kontakt zwischen Rollenstirnseiten und Führungsborden sicherzustellen. Mangelhafter Kontakt führt zu einer falschen Lagerluft/Vorspannung, in der Folge zu frühzeitigen Lagerschäden und schließlich zum Ausfall.

Anstellen von X-Lageranordnungen (Innenringdrehung)

Bild 61 zeigt eine typische Lagerung für eine Zwischenwelle in einem geteilten Getriebe unter Verwendung von Kegelrollenlagern in X-Anordnung. Die Lagerluft oder Vorspannung in dieser Anordnung wird dadurch erzielt, dass der Außenring des Lagers auf der linken Seite über

Bild 60



das zentrierende Bord des Deckels bewegt wird. Das folgende Verfahren ist einfach, zuverlässig und bewährt.

Vorbereitung:

- 1 Wenden Sie geeignete Einbauverfahren an, um die Innenringe (Cones) mit Rollenkranz auf der Welle zu montieren. Drücken Sie die Außenringe (Cups) über die Rollenkränze und platzieren Sie die Welleneinheit im Getriebe. Verschrauben Sie den Deckel auf der Nicht-Anstellungsseite des Gehäuses und drehen Sie das Gehäuse auf seine Seite. Damit sich die Welle drehen kann, ist eine geeignete Haltevorrichtung erforderlich.

Bestimmen Sie die erforderliche Länge des zentrierenden Bords:

- 2 Drehen Sie die Welle von Hand, während Sie den Außenring des oberen Lagers nach unten drücken. Alle Rollen in den Lagern müssen Kontakt mit dem Führungsbord am Innenring haben. Dies wird durch wenige Umdrehungen der Welle erzielt.
- 3 Bringen Sie den Deckel an. Das zentrierende Bord des Deckels muss zu lang (→ Bild 62, links) für die endgültige Außenringposition sein, oder es ist ein Abstandshalter zu verwenden (→ Bild 62, rechts). Zwischen Deckel und Gehäuse muss ein Spalt vorhanden sein (→ Bild 62, Abmessung x).
- 4 Verschrauben Sie den Deckel, während Sie die Welle drehen, bis das Reibungsmoment plötzlich zunimmt.
- 5 Messen Sie den Spalt zwischen Deckel und Gehäuse (Abmessung x).
- 6 Bestimmen Sie die erforderliche Länge des zentrierenden Bords (oder Abstandshalters) oder die Stärke der Abstandsscheibe:

Länge des zentrierenden Bords oder Abstandshalters

$$a_f = a_i - x + s \quad \text{für Lagerluft}$$

$$a_f = a_i - x - t \quad \text{für Vorspannung}$$

Stärke der Abstandsscheibe

$$b_f = x + s \quad \text{für Lagerluft}$$

$$b_f = x - t \quad \text{für Vorspannung}$$

wobei gilt:

a_i = Anfangslänge des zentrierenden Bords oder Abstandshalters

a_f = Endlänge des zentrierenden Bords oder Abstandshalters

b_f = Endstärke der Deckscheibe

x = gemessene Lagerluft zwischen Deckel und Getriebegehäuse

s = Lagerluftwert (absoluter Wert)

t = Vorspannungswert (absoluter Wert)

Endgültige Montage:

- 7 Bearbeiten Sie das zentrierende Bord oder den Abstandshalter so, dass die erforderliche Länge erzielt wird. Alternativ fügen Sie Abstandsscheiben zwischen Deckel und Gehäuse ein.
- 8 Verschrauben Sie den Deckel.

HINWEIS: Bei der Vorspannung wird die Federung des Gehäuses nicht berücksichtigt. Bei Bedarf finden Sie nähere Informationen in der SKF Druckschrift *Wälzlager in Industriegetrieben*.

Bild 61

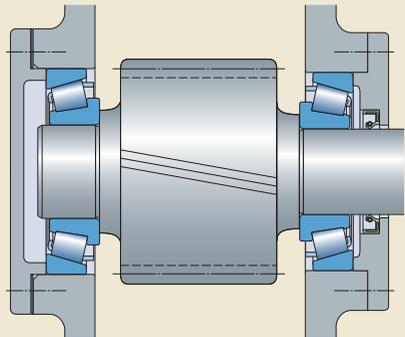
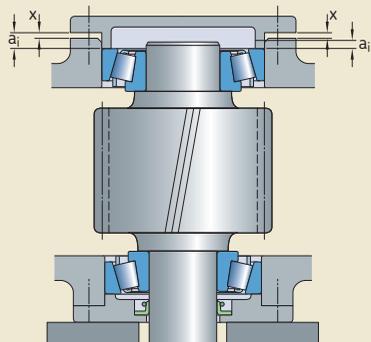


Bild 62



Einbau von Wälzlagern

Anstellen von O-Lageranordnungen mit Stellmutter (Innenringdrehung)

Bild 63 zeigt eine typische Lagerung unter Verwendung von Kegelrollenlagern in O-Anordnung. Die Lagerluft oder Vorspannung in dieser Anordnung wird dadurch erzielt, dass der Innenring des Lagers auf der linken Seite durch Anziehen der Stellmutter bewegt wird. Für Anordnungen, die eine axiale Vorspannung benötigen, muss auf der Montagezeichnung ein Wert für den Anzugswinkel oder das Anzugsmoment angegeben sein.

Vorbereitung:

- 1 Wenden Sie geeignete Einbauverfahren an, um die Außenringe (Cups) in ihre Gehäusesitze und den innenseitigen Innenring (Cone) mit Rollenkranz auf der Welle zu montieren. Damit sich die Welle drehen kann, ist eine geeignete Haltevorrichtung erforderlich.
- 2 Passen Sie die vormontierte Welle und das Gehäuse zusammen. Ggf. ist eine Haltevorrichtung erforderlich, um die Welle in Position zu halten.
- 3 Montieren Sie den außenseitigen Innenring (Cone).
- 4 Montieren Sie alle Komponenten zwischen dem außenseitigen Cone und der Stellmutter.

Anstellung für Lagerluft:

- 5 Messen Sie die axiale Lagerluft mit einer Messuhr. Dazu platzieren Sie die Spitze der Messuhr am Wellenende und drücken die Welle fest in eine Richtung, während Sie sie mehrmals drehen. Stellen Sie den Wert auf null ein. Dann drücken Sie die Welle in die entgegengesetzte Richtung und lesen die gemessene axiale Verschiebung ab.
- 6 Ziehen Sie die Stellmutter langsam an. Lager mit fester Passung auf der Welle werden nach und nach angestellt, bis der eingestellte Wert erreicht ist. Hierzu messen Sie die Lagerluft mehrere Male.

VORSICHT: Nehmen Sie die Anstellung in kleinen Schritten vor. Wird der Lagerung zu viel Lagerluft entnommen, muss der Innenring abgezogen und wieder angestellt werden, u. U. ein schwieriger und zeitaufwändiger Prozess.

Anstellung für Vorspannung:

- 7 Ziehen Sie die Stellmutter langsam an, während Sie die Welle drehen, bis das Reibungsmoment plötzlich zunimmt.
- 8 Ziehen Sie die Mutter weiter langsam mit dem eingestellten Anzugsmoment oder -winkel an.

Bild 63

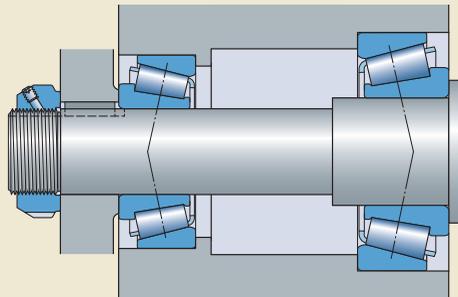


Bild 64

Anstellen von O-Lageranordnungen (Fahrzeugradanwendung – zwei Kegelrollenlager ohne Abstandshalter)

Radlager unterscheiden sich von Hersteller zu Hersteller. Die richtigen Verfahren für den Einbau von Lagern und Dichtungen sowie für die Montage des Radlagers sind jedoch im Prinzip die gleichen. **Bild 64** zeigt eine typische Lageranordnung. Da dies eine Anwendung mit Drehung des Außenrings ist, haben in den meisten Fällen die Außenringe (Cups) eine feste Passung, während die Innenringe (Cones) eine lose Passung auf dem Achsschenkel haben können. Die Lagerluft oder Vorspannung in dieser Anordnung wird dadurch erzielt, dass der Innenring des außenseitigen Lagers durch Anziehen der Stellmutter bewegt wird.

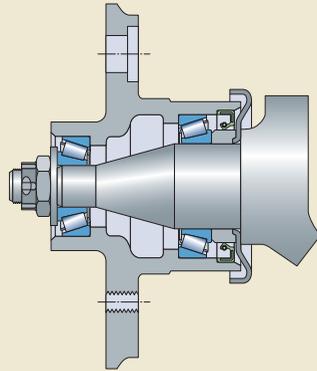


Bild 65

VORSICHT: Tauschen Sie die Dichtung jedes Mal aus, wenn Sie das Radlager vom Achsschenkel abziehen.

- 1 Pressen Sie beide Außenringe (Cups) mit einem geeigneten Werkzeug in die Nabe, z. B. mit einer Hülse oder Vertikalpresse (→ **Bild 65**). Achten Sie dabei darauf, dass die Laufbahnen nicht beschädigt werden. Stellen Sie sicher, dass die Stirnseite jedes Außenrings vollständig an der Nabenschulter anliegt.
- 2 Montieren Sie mithilfe eines geeigneten Dichtungseinbauwerkzeugs die jeweilige Dichtung bzw. Dichtungskomponenten in der Nabe (→ **Bild 66**). Achten Sie darauf, dass die Dichtung gerade ist und komplett aufsetzt.
- 3 Bringen Sie alle Dichtungskomponenten oder Abstandshalter auf der inneren Seite des Achsschenkels an.
- 4 Bereiten Sie den Innenring des innenseitigen Lagers vor:
 - Bei fettgeschmierten Anwendungen fetten Sie den Rollensatz und achten darauf, dass der Raum zwischen Innenringlaufbahn und Käfig ausgefüllt wird.
 - Bei ölgeschmierten Lagern tragen Sie auf den kompletten Innenring eine dünne Ölschicht auf.

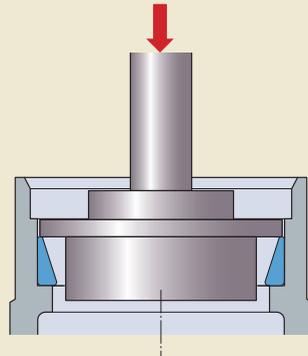
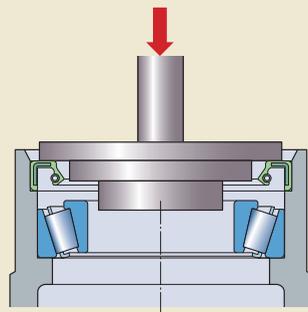


Bild 66



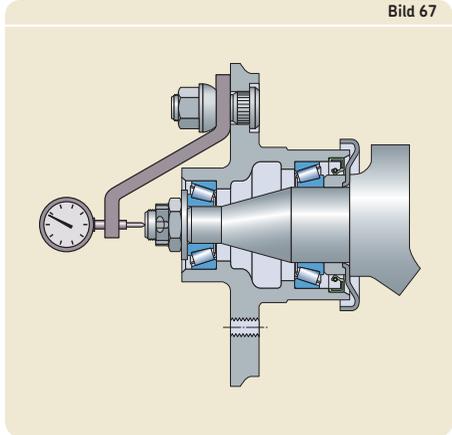
Einbau von Wälzlagern

- 5 Pressen Sie den innenseitigen Innenring (Cone) mit einem geeigneten Werkzeug, z. B. einer Hülse, auf den Achsschenkel und achten Sie darauf, dass keine Kraft auf Käfig und Rollen ausgeübt wird. Stellen Sie sicher, dass die Stirnseite des Innenrings vollständig an der Schenkelschulter oder am Abstützring anliegt.
- 6 Montieren Sie die Radlagereinheit auf dem Achsschenkel, sodass Nabenbohrung und Schenkelmitte ausgerichtet sind. Verwenden Sie hierfür eine mechanische Unterstützung und vermeiden Sie Schäden an Schenkel, Gewinden und vor allem an der Dichtung.
- 7 Bereiten Sie den Innenring des außenseitigen Lagers auf die gleiche Weise vor wie den Innenring des innenseitigen Lagers.
- 8 Pressen Sie den außenseitigen Innenring mit dem Rollenkranz mithilfe eines geeigneten Werkzeugs, z. B. einer Hülse, auf den Achsschenkel und achten Sie darauf, dass keine Kraft auf Käfig und Rollen ausgeübt wird.

VORSICHT: Drehen Sie die Welle mehrmals in beide Richtungen, um einen ausreichenden Kontakt zwischen Rollenstirnseiten und Führungsborden sicherzustellen. Mangelhafter Kontakt führt zu einer falschen Lagerluft, in der Folge zu frühzeitigem Lager-schäden und schließlich zum Ausfall.

- 9 Bringen Sie Scheibe(n) und Stellmutter (Kronenmutter) an. Ziehen Sie die Stellmutter mit einem Drehmomentschlüssel und dem geeigneten Anzugsmoment an (siehe die Beschreibung in der Wartungsanleitung des Fahrzeugs). Bei Anordnungen, die eine axiale Lagerluft erfordern, ziehen Sie die Stellmutter langsam fest, bis das Lagerreibungsmoment stark zunimmt. Lösen Sie die Mutter durch eine etwa 1/12 Umdrehung (30°), bis sich die Lagerung „frei“ anfühlt.
- 10 Entfernen Sie die Radlagerunterstützung.
- 11 Stellen Sie sicher, dass sich das Lager frei dreht. Bei Bedarf prüfen Sie auf folgende Weise die axiale Lagerluft (Endspiel) in der Lagerung mithilfe einer Messuhr:
- 12 Befestigen Sie die Messuhr (→ Bild 67) oder verwenden Sie eine Messuhr mit Magnetfuß, der am Boden der Nabe oder Bremstrommel angebracht wird.

Bild 67



- 13 Stellen Sie die Messuhr so ein, dass Stempel oder Zeiger zum Schenkelende weisen, mit einer Aktionsrichtung, die in etwa parallel zur Schenkelachse verläuft. (Bei Aluminiumnaben ist der Magnetfuß der Messuhr am Achsschenkelende anzubringen, sodass der Stempel zur Nabe oder Bremstrommel weist.)
- 14 Stellen Sie die Messuhr auf null ein.
- 15 Ergreifen Sie die Radeinheit an den 3- und 9-Uhr-Positionen und drücken Sie sie vor und zurück. Lesen Sie die axiale Lagerluft als Gesamtbewegung der Messuhr ab.
- 16 Montieren Sie den Deckel und führen Sie einen Probelauf durch.

Bild 68

Zwei- und mehrreihige Kegelrollenlager

Zweireihige und vierreihige Kegelrollenlager sind in vielen Ausführungen erhältlich, die sich hauptsächlich in der Anzahl der Außenringe sowie in der Anzahl der Abstandsringe zwischen Innen- und Außenringen unterscheiden.

Achten Sie beim Einbau dieser Lager auf die richtige Reihenfolge der einzelnen Lagerkomponenten. Zusammengehörige Teile sind mit Buchstaben gekennzeichnet (→ **Bild 68**). Darüber hinaus sind alle Komponenten des Lagers mit derselben Seriennummer gekennzeichnet, so dass die Teile nicht verwechselt werden können, wenn mehrere Lager gleichzeitig eingebaut werden sollen.

Die Stirnseiten der Außenringe sind in vier Zonen I bis IV unterteilt (→ **Bild 69**). An jedem Lager ist Zone I auch durch eine Linie über der Außenfläche des Außenrings gekennzeichnet. Wird das Lager zum ersten Mal montiert, sollte Zone I vorzugsweise in der Belastungszone positioniert werden. Je nach den Betriebsbedingungen werden die Außenringe üblicherweise nach einer bestimmten Laufzeit um 90° gedreht, sodass ein anderer Teil der Außenringe in der Belastungszone positioniert wird, um die Gebrauchsdauer des Lagers zu verlängern.

Detaillierte Einbauanleitungen finden Sie in der Druckschrift *Vierreihige SKF Explorer Kegelrollenlager, Montage- und Wartungsanleitung*.

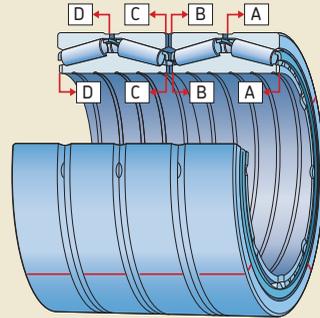
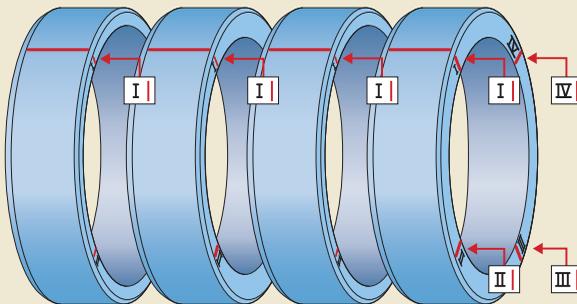


Bild 69



Einbau von Pendelrollen- und CARB Toroidalrollenlagern

Aufgrund der Konstruktion von Pendelrollen- und CARB Toroidalrollenlagern können sich Ringe und Rollensatz bei der Handhabung axial von ihrer Ausgangsstellung verschieben. Daher empfiehlt SKF für den Einbau von Pendelrollen- und CARB Toroidalrollenlagern, dass sich Welle oder Gehäuse in waagerechter Position befinden und dass der Innenring nach Möglichkeit vor dem Einbau gedreht wird.

Beim Einbau von Pendelrollen- und CARB Toroidalrollenlagern (besonders bei großen und schweren Lagern) und Welle oder Gehäuse in senkrechter Position bewegt sich der Rollensatz zusammen mit Innen- oder Außenring nach unten, bis keine Lagerluft mehr vorhanden ist. Während und nach dem Einbau muss eine geeignete Lagerluft aufrechterhalten werden, da ansonsten die Ausdehnungs- oder Kompressionskräfte durch die feste Passung auf Innen- oder Außenring eine Vorspannung erzeugen können.

VORSICHT: Diese Vorspannung kann Eindrückungen in den Laufbahnen verursachen und/oder dazu führen, dass sich das Lager nicht dreht.

Um das Auftreten einer solchen Vorspannung beim senkrechten Einbau zu verhindern, ist ein Montagehalter oder eine spezielle Vorrichtung zu verwenden, damit die Lagerkomponenten mittig angeordnet bleiben (→ Bild 70).

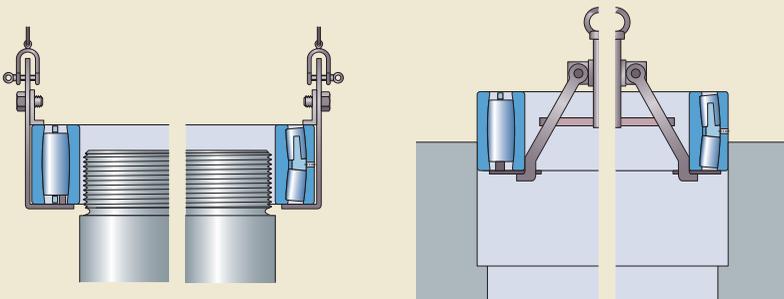
Abgedichtete Pendelrollenlager

Bei abgedichteten Pendelrollenlagern ist üblicherweise keine Nachschmierung erforderlich. Bei erschwerten Betriebsbedingungen kann jedoch ein Nachschmieren angebracht sein. Lager im unteren Größenbereich ($d < 100$ mm) haben ein schützendes Polymerband, das die Schmiernut und -löcher im Außenring bedeckt. Ist eine Nachschmierung abzusehen, muss das Polymerband bei diesen Lagern vor dem Einbau entfernt werden (→ Bild 71).

HINWEIS: Weitere Informationen zum Thema Nachschmierung enthält der Abschnitt *Nachschmierung* ab Seite 192.

Abgedichtete Pendelrollenlager mit kegeliger Bohrung werden vorzugsweise mithilfe des SKF Drive-up-Verfahrens eingebaut (→ *Das SKF Drive-up-Verfahren* ab Seite 57).

Bild 70



CARB Toroidalrollenlager

Berücksichtigung der axialen Verschiebbarkeit

CARB Toroidalrollenlager gleichen Längenänderungen der Welle innerhalb des Lagers aus. Um die axiale Verschiebung der Welle gegenüber dem Gehäuse sicherzustellen, sind an beiden Stirnseiten der Lager Freiräume vorzusehen (→ **Bild 72** sowie *Anschlussmaße* auf **Seite 38**).

Im Normalfall werden die Lagerringe mittig zueinander eingebaut. Wenn allerdings mit größeren wärmebedingten Längenänderungen der Welle in einer Richtung zu rechnen ist, sollte der Innenring in entgegengesetzter Richtung versetzt zum Außenring auf der Welle angeordnet werden, sodass sie sich nicht gegeneinander verschieben.

Lager mit kegeliger Bohrung können mit modifizierten Spannhülsen und/oder Wellenmuttern eingebaut werden, damit die Sicherungsvorrichtung nicht am benachbarten Käfig reibt. Bei der Verwendung von Standard-Wellenmuttern kann ein Abstandsring zwischen Lagerinnenring und Sicherungsscheibe erforderlich sein.

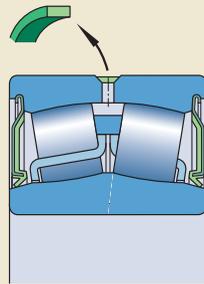
Das SKF Drive-up-Verfahren eignet sich besonders für den Einbau von CARB Toroidalrollenlagern auf einer kegeligen Bohrung (→ *Das SKF Drive-up-Verfahren* ab **Seite 57**).

Wenn die Montagezeichnung keine Angaben zum erforderlichen Freiraum, zur zulässigen Versatzposition und ggf. zu den Abmessungen der Abstandshalter enthält, finden Sie die entsprechenden Informationen im *Interaktiven SKF Lagerungskatalog* unter www.skf.com.

Lager mit Sicherungsring

Bei vollrolligen CARB Toroidalrollenlagern, die mit einem Sicherungsring im Außenring versehen sind und relativ große axiale Verschiebungen aufnehmen müssen, ist darauf zu achten, dass der Innenring vom Sicherungsring weg verschoben werden kann (→ **Bild 73**).

Bild 71



2

Bild 72

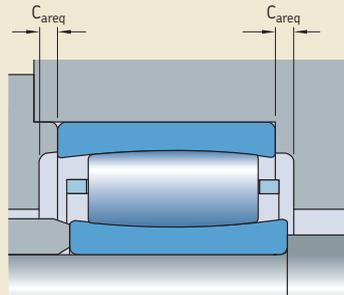
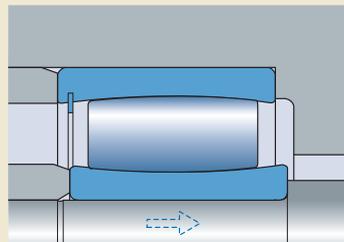


Bild 73





Einbau von Lagereinheiten

Allgemeines	94
Nicht vergessen	94
Vorbereitungen für den Einbau	101
Geeignete Werkzeuge	102
Einbau von Kugellagereinheiten mit einer Gewindestiftbefestigung	104
Kugellagereinheiten mit Gusseisen- oder Verbundstoffgehäuse	104
Kugellagereinheiten mit Stahlblechgehäuse	105
Einbau von Kugellagereinheiten mit einem Exzenterring	106
Kugellagereinheiten mit Gusseisen- oder Verbundstoffgehäuse	106
Kugellagereinheiten mit Stahlblechgehäuse	108
Einbau von Kugellagereinheiten mit einer Spannhülse	109
Einbau von SKF ConCentra Kugellagereinheiten	111
SKF ConCentra Stehkugellagereinheiten	111
SKF ConCentra Flanschkugellagereinheiten	113
Einbau von SKF ConCentra Rollenlagereinheiten	114
SKF ConCentra Stehrollenlagereinheiten	114
SKF ConCentra Flanschrollenlagereinheiten	117
Einbau von Rollenlagereinheiten mit einem zylindrischen Befestigungsring ..	119
Montage von Kugellagereinheiten	121

Allgemeines

SKF Lagereinheiten sind einbau- und betriebsfertige Einheiten. Sie bestehen in der Regel aus einem Kugel- oder Rollenspannlager und einem Gehäuse aus Grauguss, Stahlblech oder Verbundwerkstoff. Um eine maximale Gebrauchsdauer zu erzielen, müssen sie fachgerecht eingebaut werden. Der Einsatz falscher Techniken oder ungeeigneter Werkzeuge kann die Gebrauchsdauer herabsetzen und die Lagereinheiten beschädigen. Die Einheiten sind Präzisionskomponenten und sollten daher vorsichtig gehandhabt werden.

Nicht vergessen

SKF Lagereinheiten sind in drei verschiedenen Gehäuseformen erhältlich. Je nach Lagerausführung und Größe der Einheit stehen mehrere Verfahren zur Befestigung der Einheit auf der Welle zur Verfügung. Die gängigsten Methoden sind (→ **Bild 1**):

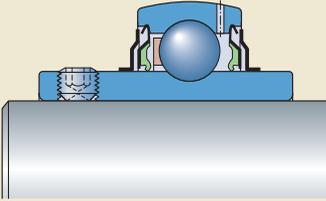
- **Gewindestiftbefestigung (a)**
- Exzenterringbefestigung mit einfachem Gewindestift (**b**)
- Spannhülsenbefestigung (**c**)
- SKF ConCentra Befestigungstechnik (**d, e**)
- Zylinderringbefestigung mit doppeltem Gewindestift (**f**)

Bei der Auswahl einer Ersatzeinheit müssen die folgenden Elemente des Original-Kugel- oder -Rollenslagers übereinstimmen:

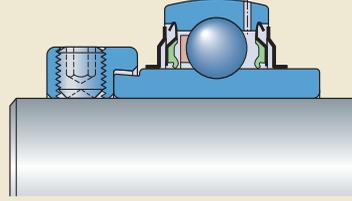
- das Befestigungsverfahren für die Welle (→ **Bild 1** und **Tabelle 1** auf **Seite 96**)
- die Gehäuseform (→ **Bilder 2a** bis **2t** ab **Seite 95** und **Tabelle 2** auf **Seite 100**)
- das Abdichtungsverfahren (→ **Tabelle 1** auf **Seite 96**)
- der Innenring, der auf einer oder beiden Seiten verbreitert werden kann (Kugellagereinheiten)
- die Festlager- oder Loslagerposition (Rollenslagerleinheiten)

Nähere Informationen über SKF Instandhaltungs- und Schmierprodukte sowie Werkzeuge finden Sie unter www.skf.com und www.mapro.skf.com.

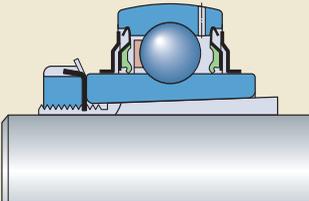
Das SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) veranstaltet eine Reihe von Schulungskursen (→ *Schulungen* ab **Seite 326**). Ihr SKF Ansprechpartner berät Sie gern. Weiterführende Informationen finden Sie auch unter www.skf.com/services.



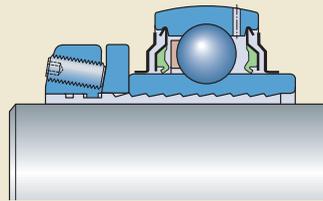
a) Gewindestiftbefestigung



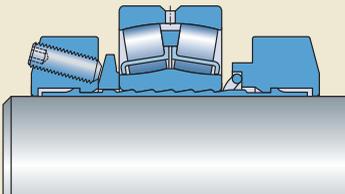
b) Exzentringschleife mit einfachem Gewindestift



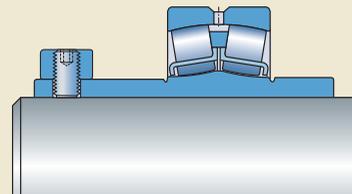
c) Spannhülsebefestigung



d) SKF ConCentra Befestigungstechnik, Kugellagereinheiten



e) SKF ConCentra Befestigungstechnik, Rollenlagereinheiten



f) Zylinderschleife mit doppeltem Gewindestift

Wellensicherungen, Anordnungen und Dichtungen

Kurzzeichen Nachsetzzeichen	Bild ¹⁾	Kurzbeschreibung	Komplette Lagereinheit Kurzzeichen (Beispiel)
		Sicherungsvorrichtung	
-	1f	Zylinderringbefestigung mit doppeltem Gewindestift	SYR 2.7/16
FM	1b	Exzenterringbefestigung mit einfachem Gewindestift	TU 35 FM
KF	1c	Spannhülse	SVJ 65 KF
N	1e	SKF ConCentra Befestigungstechnik	FSYE 3.15/16 N
NTH	1a	Zwei Gewindestifte im Innenring	FYTBKC 20 NTH
NTR	1a	Zwei Gewindestifte im Innenring	FYKC 30 NTR
PF	1d	SKF ConCentra Befestigungstechnik	SY 45 PF
RM	1a	Zwei Gewindestifte im Innenring	SYH 1.15/16 RM
TF	1a	Zwei Gewindestifte im Innenring	SYFJ 45 TF
THR	1a	Zwei Gewindestifte im Innenring	FYL 25 THR
TR	1a	Zwei Gewindestifte im Innenring	SYK 20 TR
WF	1b	Exzenterringbefestigung mit einfachem Gewindestift	FY 60 WF
		Anordnung und Dichtungen	
-		Rollenlagereinheit mit Ringbefestigung als Loslager	SYR 2.7/16
-		Zweilippendichtungen (Standard)	SYR 2.7/16
AH		Kugellagereinheiten für Lüftungsanordnungen	SY 2 TF/AH
F		Rollenlagereinheiten für metrische Wellen als Festlager	SYT 45 F
H		Rollenlagereinheiten für Zollwellen als Festlager	FSYE 3.15/16 NH
L		Rollenlagereinheiten für metrische Wellen als Loslager	SYNT 50 L
TS		Labyrinthdichtungen	SYNT 50 LTS
TF		Radial-Wellendichtringe	SYNT 45 FTF
W		Ohne Nachschmierbohrungen	SYNT 100 FW
-118		Labyrinthdichtungen	SYR 2.7/16 N-118
-3		Radial-Wellendichtringe	SYR 2.7/16-3
-18		Labyrinthdichtungen	SYR 2.7/16-18

¹⁾ auf Seite 95

Bild 2a



Stehlagergehäuse
SY, SYH, SVJ, SYM

Bild 2b



Stehlagergehäuse
SYK, SYKC, SYL

Bild 2c



Stehlagergehäuse
SYF, SYFJ

Bild 2f



Stehlagergehäuse
SYNT

Bild 2d



Stehlagergehäuse
SYFL

Bild 2g



Stehlagergehäuse
SYR, SYE

Bild 2e



Stehlagergehäuse
P, S

Bild 2h



Flanschlagergehäuse
FY, FYJ, FYM

Einbau von Lagereinheiten

Bild 2i



Flanschlagergehäuse
FYK, FYKC, FYL

Bild 2l



Flanschlagergehäuse
FYC

Bild 2j



Flanschlagergehäuse
FYT, FYTB, FYTJ, FYTM

Bild 2m



Flanschlagergehäuse
F, PF

Bild 2k



Flanschlagergehäuse
FYTBK, FYTBKC, FYTL

Bild 2n



Flanschlagergehäuse
FT, PFT

Bild 2o



Flanschlagergehäuse
PFD

Bild 2r



Spannlagerkopfgehäuse
TU, TUJ, TUM

Bild 2p



Flanschlagergehäuse
FYE

Bild 2s



Spannlagerkopfgehäuse
TUL

Bild 2q



Flanschlagergehäuse
FYR

Bild 2t



Spannlagerkopfgehäuse
TBR

Gehäuseformen von SKF Kugel- und Rollenlagereinheiten¹⁾

Gehäuseform	Kurzbeschreibung
F	Flanschkugellagereinheit mit rundem Stahlblechgehäuse
FSYE	Stehrollenlagereinheit mit Gussgehäuse und Vierschraubenfuß
FSYR	Stehrollenlagereinheit mit Gussgehäuse und Vierschraubenfuß
FT	Flanschkugellagereinheit mit ovalem Stahlblechgehäuse
FY	Flanschkugellagereinheit mit Gussgehäuse mit quadratischem Flansch
FYC	Flanschkugellagereinheit mit Gussgehäuse mit rundem Flansch
FYE	Flanschkugellagereinheit mit Gussgehäuse mit quadratischem Flansch
FYJ	Flanschkugellagereinheit mit Gussgehäuse mit quadratischem Flansch
FYK	Flanschkugellagereinheit mit verstärktem Polyamidgehäuse mit quadratischem Flansch
FYKC	Flanschkugellagereinheit mit verstärktem Polyamidgehäuse mit quadratischem Flansch
FYL	Flanschkugellagereinheit mit verstärktem Polyamidgehäuse mit quadratischem Flansch
FYM	Flanschkugellagereinheit mit Gussgehäuse mit quadratischem Flansch
FYNT	Flanschkugellagereinheit mit Gussgehäuse mit quadratischem Flansch
FYR	Flanschkugellagereinheit mit Gussgehäuse mit rundem Flansch
FYRP	Flanschkugellagereinheit mit Gussgehäuse mit rundem Flansch und Erweiterung
FYT	Flanschkugellagereinheit mit Gussgehäuse mit ovalem Flansch
FYTB	Flanschkugellagereinheit mit Gussgehäuse mit ovalem Flansch
FYTBK	Flanschkugellagereinheit mit verstärktem Polyamidgehäuse mit ovalem Flansch
FYTBKC	Flanschkugellagereinheit mit verstärktem Polyamidgehäuse mit ovalem Flansch
FYTJ	Flanschkugellagereinheit mit Gussgehäuse mit ovalem Flansch
FYTL	Flanschkugellagereinheit mit verstärktem Polyamidgehäuse mit ovalem Flansch
FYTM	Flanschkugellagereinheit mit Gussgehäuse mit ovalem Flansch
P	Stehkugellagereinheit mit Stahlblechgehäuse
PF	Flanschkugellagereinheit mit Stahlblechgehäuse mit rundem Flansch
PFD	Flanschkugellagereinheit mit Stahlblechgehäuse mit dreieckigem Flansch
PFT	Flanschkugellagereinheit mit Stahlblechgehäuse mit ovalem Flansch
S	Stehkugellagereinheit mit Stahlblechgehäuse
SY	Stehkugellagereinheit mit Gussgehäuse
SYE	Stehrollenlagereinheit mit Gussgehäuse
SYF	Stehkugellagereinheit mit verkürztem Gussgehäuse
SYFJ	Stehkugellagereinheit mit verkürztem Gussgehäuse
SYFL	Stehkugellagereinheit mit verkürztem Polyestergehäuse
SYH	Stehkugellagereinheit mit Gussgehäuse
SYJ	Stehkugellagereinheit mit Gussgehäuse
SYK	Stehkugellagereinheit mit verstärktem Polyamidgehäuse
SYKC	Stehkugellagereinheit mit verstärktem Polyamidgehäuse
SYL	Stehkugellagereinheit mit Polyestergehäuse
SYM	Stehkugellagereinheit mit Gussgehäuse
SYNT	Stehrollenlagereinheit mit Gussgehäuse
SYR	Stehrollenlagereinheit mit Gussgehäuse
TU	Spannkugellagerkopfeinheit mit Gussgehäuse
TUJ	Spannkugellagerkopfeinheit mit Gussgehäuse
TUL	Spannkugellagerkopfeinheit mit Polyestergehäuse
TUM	Spannkugellagerkopfeinheit mit Gussgehäuse

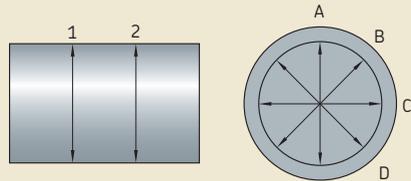
¹⁾ Siehe auch Bilder 2a bis 2t ab Seite 96.

Vorbereitungen für den Einbau

Vor dem Einbau einer Lagereinheit ist Folgendes durchzuführen:

- Stellen Sie sicher, dass die Welle sauber und gratfrei ist. Falls nicht, entfernen Sie die Grate und kanten Sie das Wellenende mit Schmirgelleinen oder einer feinen Feile ab. Wischen Sie die Welle ab.
- Stellen Sie sicher, dass der Wellenlagersitz innerhalb der Toleranz liegt, am besten an zwei Querschnitten und in vier Richtungen (→ **Bild 3**).
- Bei Lagereinheiten, bei denen Gewindestifte, ein Exzenter- oder Zylinderbefestigungsring zum Einsatz kommen, muss eine dünne Schicht leichten Öls auf die Welle aufgetragen werden.
- Bei Lagereinheiten, bei der eine Spannhülse oder die SKF ConCentra Befestigungstechnik verwendet wird, ist der Lagersitz auf der Welle mithilfe eines sauberen Tuchs zu reinigen, sodass er trocken und fettfrei ist.
- Reinigen Sie die Aufspannfläche für die Einheit und stellen Sie sicher, dass die empfohlene Ebenheit der Toleranzklasse IT7 entspricht.
- Wird die Einheit nach dem Ausbau wieder verwendet, müssen Lagerbohrung und Gehäuseunterteil sauber sein.
- Wenn Abstandsscheiben erforderlich sind, um die Mittenhöhe der Einheit anzuheben, muss die Abstandsscheibe die komplette Berührungsfläche zwischen Gehäusefuß und Aufspannfläche bedecken.
- SKF empfiehlt Schrauben oder Bolzen der Klasse 8.8 und eine Scheibe gemäß ISO 7089:2000 oder 7090:2000 sowie einen Federring zur Befestigung von Kugel- und Rollenlagereinheiten am Fuß. Sechskantschrauben gemäß ISO 4014:1999 sind hierfür geeignet. Alternativ können Innensechskantschrauben gemäß ISO 4762:1988 verwendet werden.
- Lagereinheiten sollten erst unmittelbar vor dem Einbau aus ihrer Originalverpackung genommen werden, damit sie speziell in schwierigen Umgebungen optimal vor Verunreinigungen geschützt sind.

Bild 3



Geeignete Werkzeuge

Für den Einbau von SKF Kugel und Rollenlager-einheiten benötigen Sie nur folgende Werkzeuge:

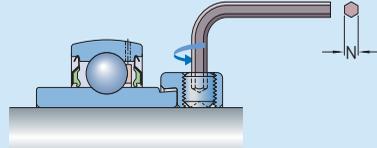
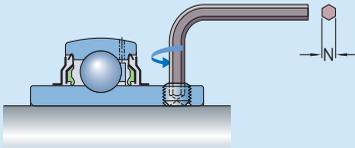
- einen Sechskant- oder Drehmomentschlüssel zum Anziehen der Gewindestifte im Innenring oder Befestigungsring, wie in **Tabelle 3** angegeben

- einen Hakenschlüssel zum Anziehen der Spannhülsen-Wellenmutter, wie in **Tabelle 4** angegeben
- einen Drehmomentschlüssel oder Sechskant-schlüssel zum Anziehen der Befestigungs-schrauben, -bolzen oder -muttern

Ein 3L-Schlüssel gemäß ISO 2936:2001 gehört zusammen mit einer Drehmomentanzeige zum Lieferumfang jeder SKF ConCentra Kugel- oder Rollenlagereinheit (→ **Bild 21** auf **Seite 113**).

Tabelle 3

Sechskantschlüssel und empfohlene Anzugsmomente für Kugellagereinheiten mit Gewindestiftbefestigung oder Befestigungsring



Wellendurchmesser		Sechskant-schlüsselgröße	Empfohl. Anzugsmoment
d über	bis		
mm/in		mm/in	Nm

Wellendurchmesser		Sechskant-schlüsselgröße	Empfohl. Anzugsmoment
d über	bis		
mm/in		mm/in	Nm

Kugellagereinheiten, Gewindestiftbefestigung

Einheiten mit den Nachsetzzeichen TF und TR (ohne nachstehend gelistete Reihen)

–	35	3	4 (35)
35	45	4	6,5 (58)
45	65	5	16,5 (146)
65	100	6	28,5 (252)
–	5/8	3/32	4 (35)
5/8	1 3/16	1/8	4 (35)
1 3/16	1 3/4	5/32	6,5 (58)
1 3/4	2 11/16	3/16	16,5 (146)
2 11/16	2 15/16	7/32	28,5 (252)

Einheiten in den Reihen SYM .. TF, FYM .. TF und TUM .. TF

–	1	1/8	4 (35)
1	1 1/2	5/32	6,5 (58)
1 1/2	2 3/16	3/16	16,5 (146)
2 3/16	3	7/32	28,5 (252)

Einheiten mit dem Nachsetzzeichen RM

–	45	3	4 (35)
45	50	4	6,5 (58)
–	5/8	3/32	4 (35)
5/8	1 3/16	1/8	4 (35)
1 3/16	1 3/4	5/32	6,5 (58)
1 3/4	2 11/16	3/16	16,5 (146)
2 11/16	2 15/16	7/32	28,5 (252)

Kugellagereinheiten mit Exzenterring

Einheiten mit den Nachsetzzeichen FM und WF

–	25	3	4 (35)
25	30	4	6,5 (58)
30	65	5	16,5 (146)
–	5/8	3/32	4 (35)
5/8	1	1/8	4 (35)
1	1 15/16	5/32	6,5 (58)
1 15/16	3	3/16	16,5 (146)

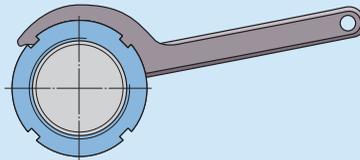
Rollenlagereinheiten mit zylindrischem Befestigungsring

1 3/16	2 3/16	3/8	28,5 (252)
2 3/16	3 1/2	1/2	70 (620)
3 1/2	4	5/8	149,7 (1 325)
4	4 15/16	5/8	149,7 (1 325)

Hakenschlüssel finden Sie im umfassenden Angebot an SKF Einbauwerkzeugen und Produkten (→ **Anhang J** ab **Seite 416**).

Tabelle 4

Hakenschlüssel und Anzugsmomente für Kugellagereinheiten in den Reihen SYJ .. KF, FYJ .. KF und FYTJ .. KF, Einbau mit einer Spannhülse



Wellen- durchmesser		Lagereinheit	Geeignete Spannhülse	Geeigneter Hakenschlüssel				
d		Bohrungs- durchmesser	Kurzzeichen	Kurzzeichen	Empf. Anzugsmoment			
					min.	max.	min.	max.
mm	inch	mm	–	–	Nm		in.lbf	
19,050	3/4	25	HE 2305	HN 5–6	13	17	115	150
20	–	25	H 2305	HN 5–6	13	17	115	150
23,812	15/16	30	HA 2306	HN 5–6	22	28	195	248
25	–	30	H 2306	HN 5–6	22	28	195	248
25,400	1	30	HE 2306	HN 5–6	22	28	195	248
30	–	35	H 2307	HN 7	27	33	239	292
30,162	1 3/16	35	HA 2307	HN 7	27	33	239	292
31,750	1 1/4	40	HE 2308	HN 8–9	35	45	310	398
35	–	40	H 2308	HN 8–9	35	45	310	398
36,512	1 7/16	45	HA 2309	HN 8–9	45	55	398	487
38,100	1 1/2	45	HE 2309	HN 8–9	45	55	398	487
40	–	45	H 2309	HN 8–9	45	55	398	487
41,275	1 5/8	50	HS 2310	HN 10–11	55	65	487	575
42,862	1 13/16	50	HA 2310	HN 10–11	55	65	487	575
44,450	1 3/4	50	HE 2310	HN 10–11	55	65	487	575
45	–	50	H 2310	HN 10–11	55	65	487	575
49,212	1 15/16	55	HA 2311 B	HN 10–11	65	85	575	752
50	–	55	H 2311	HN 10–11	65	85	575	752
50,800	2	55	HE 2311	HN 10–11	65	85	575	752
53,975	2 1/8	60	HS 2312	HN 12–13	85	115	752	1018
55	–	60	H 2312	HN 12–13	85	115	752	1018
55,562	2 3/16	65	HA 2313	HN 12–13	110	150	974	1328
57,150	2 1/4	65	HE 2313	HN 12–13	110	150	974	1328
60	–	65	H 2313	HN 12–13	110	150	974	1328
60,325	2 3/8	65	HS 2313	HN 12–13	110	150	974	1328

Einbau von Kugellagereinheiten mit einer Gewindestiftbefestigung

Kugellagereinheiten mit Gusseisen- oder Verbundstoffgehäuse

Beim Einbau von Kugellagereinheiten mit Gusseisen- oder Verbundstoffgehäuse (→ **Bilder 2a, 2b, 2c, 2d, 2h, 2i, 2j, 2k, 2l, 2r** und **2s** auf den **Seiten 96 bis 99**) mit Gewindestiftbefestigung (→ **Bild 1a, Seite 95**) sind die Hinweise unter *Vorbereitungen für den Einbau* auf **Seite 101** sowie die nachstehenden Anweisungen genau zu befolgen:

- 1 Montieren Sie alle Komponenten auf der Welle, die sich zwischen den beiden Lagereinheiten befinden.
- 2 **a)** Stehlagereinheiten: Schieben Sie jeweils eine Einheit auf beide Wellenenden, sodass die Sicherungsvorrichtung nach außen weist. Richten Sie beide Einheiten genau aus und ziehen Sie die Befestigungsschrauben mit den in **Tabelle 5** empfohlenen Anzugsmomenten fest.
b) Flanschlagereinheiten: Unterstützen Sie die Welle in der Einbauposition zwischen den Maschinenwänden. Schieben Sie jeweils eine Einheit auf beide Wellenenden, sodass die Sicherungsvorrichtung nach außen weist. Wenn keine Schulter vorhanden ist, richten Sie beide Einheiten genau aus und ziehen die Befestigungsschrauben mit den in **Tabelle 5** empfohlenen Anzugsmomenten fest.
- 3 Richten Sie die Welle in der Lagerung axial aus (→ **Bild 4**).
- 4 Ziehen Sie die Gewindestifte im Innenring beider Einheiten fest (→ **Bild 5**) und verwenden Sie hierfür die Anzugsmomente in **Tabelle 3** auf **Seite 102**.
- 5 Stellen Sie nach Möglichkeit durch mehrmaliges Drehen der Welle sicher, dass sich die Lagerung frei drehen kann.
- 6 Setzen Sie ggf. den/die Enddeckel auf.

c) Spannagerkopfeinheiten: Schieben Sie jeweils eine Einheit auf beide Wellenenden, sodass die Sicherungsvorrichtung nach außen weist. Montieren Sie die Baugruppe aus Welle und Lagereinheiten in die Spannrahmen und verbinden Sie die Stellschrauben über die eingegossenen Schraubenlöcher in den Einheiten. Richten Sie beide Einheiten genau aus.

HINWEIS: Wenn eine Nachschmierung der Einheit erforderlich ist, liegt die maximal zulässige Schiefstellung der Welle im Verhältnis zur Einheit bei 2° . Andernfalls können Schiefstellungen von bis zu 5° aufgenommen werden.

Bild 4

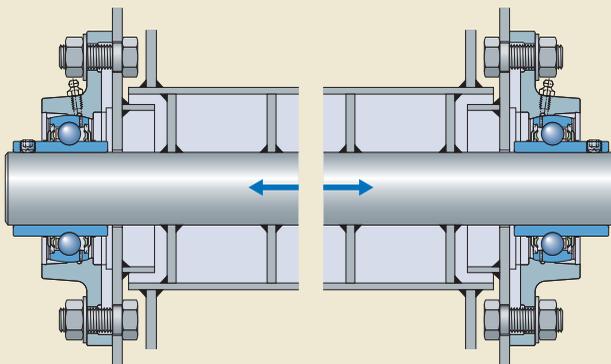
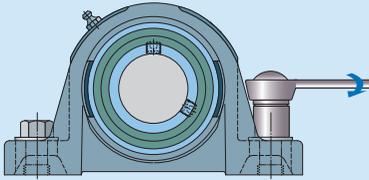


Table 5

Empfohlene Anzugsmomente für Befestigungsschrauben oder -muttern



Schrauben- größe	Empfohl. Anzugsmoment	
	Nm	ft.lbf
6	9	7
8	22	16
10	45	34
12	80	60
16	200	150
20	385	285
24	665	485
3/8	28	21
1/2	95	70
5/8	185	135
3/4	320	235
7/8	515	380
1	770	570

Kugellagereinheiten mit Stahlblechgehäuse

Beim Einbau von Kugellagereinheiten mit Stahlblechgehäuse (→ **Bilder 2e, 2m, 2n** und **2o** auf den **Seiten 97 bis 99**) mit Gewindestiftbefestigung (→ **Bild 1a, Seite 95**) sind die Hinweise unter *Vorbereitungen für den Einbau auf Seite 101* sowie die nachstehenden Anweisungen genau zu befolgen:

- 1 Montieren Sie alle Komponenten auf der Welle, die sich zwischen den beiden Lagereinheiten befinden.
- 2 a) Stahllagereinheiten: Platzieren Sie die Gehäusefüße auf ihren Aufspannflächen. Schieben Sie ein Lager mit der Sicherungsvorrichtung nach außen auf jedes Wellenende und legen Sie die Welle mit den Lagern auf die Gehäusefüße.

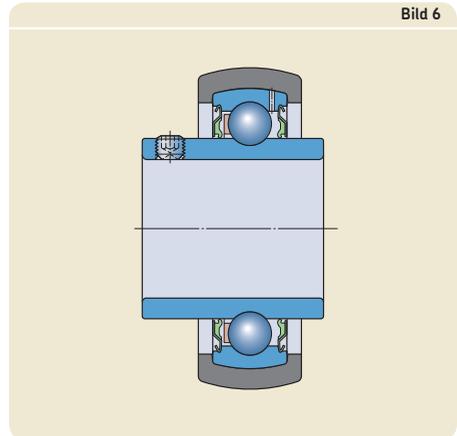
HINWEIS: Wenn die Einheit einen Einlagering hat, muss zuerst dieser Ring auf dem Lageraußendurchmesser montiert werden (→ **Bild 6**).

- b) Flanschlagerereinheiten: Positionieren Sie eine Gehäusehälfte an den Maschinenwänden, unterstützen Sie die Welle in der Einbauposition zwischen den Maschinenwänden und schieben Sie ein Lager mit der Sicherungsvorrichtung nach außen auf jedes Wellenende.
- 3 Platzieren Sie ein Gehäuseoberteil oder die zweite Gehäusehälfte über jedem Lager (→ **Bild 7, Seite 106**) und bringen Sie die Befestigungsschrauben oder -muttern an, ohne sie anzuziehen.

Bild 5



Bild 6



- 4 Richten Sie beide Gehäuse mithilfe der Welle genau aus und ziehen Sie die Befestigungsschrauben mit den in **Tabelle 5** auf **Seite 105** empfohlenen Anzugsmomenten fest.

VORSICHT: Einheiten mit Stahlblechgehäuse können keine Schiefstellungen ausgleichen, nachdem die Befestigungsschrauben oder -mutter festgezogen wurden, es sei denn, die Stehlagereinheiten sind mit einem Einlagering versehen.

- 5 Richten Sie nach Möglichkeit die Welle in der Lagerung axial aus (→ **Bild 4** auf **Seite 104**) und drehen Sie sie einige Male.
- 6 Ziehen Sie die Gewindestifte im Inneren beider Einheiten fest und verwenden Sie hierfür die Anzugsmomente in **Tabelle 3** auf **Seite 102**.
- 7 Stellen Sie nach Möglichkeit durch mehrmaliges Drehen der Welle sicher, dass sich die Lagerung frei drehen kann.

HINWEIS: Wenn eine Nachschmierung der Einheit erforderlich ist, liegt die maximal zulässige Schiefstellung der Welle im Verhältnis zur Einheit bei 2°. Andernfalls können Schiefstellungen von bis zu 5° aufgenommen werden.



Bild 7

Einbau von Kugellagereinheiten mit einem Exzenterring

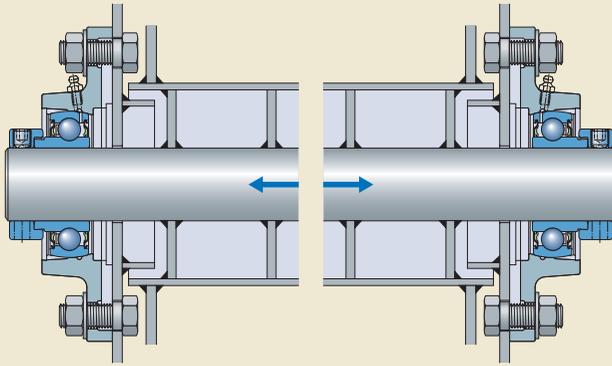
Kugellagereinheiten mit Gusseisen- oder Verbundstoffgehäuse

Beim Einbau von Kugellagereinheiten mit Gusseisen- oder Verbundstoffgehäuse (→ **Bilder 2a, 2c, 2h, 2j, 2l** und **2r** auf den **Seiten 96 bis 99**) und Exzenterring (→ **Bild 1b, Seite 95**), sind die Hinweise unter *Vorbereitungen für den Einbau* auf **Seite 101** sowie die nachstehenden Anweisungen genau zu befolgen:

- 1 Montieren Sie alle Komponenten auf der Welle, die sich zwischen den beiden Lagereinheiten befinden.
- 2 Entfernen Sie die Exzenterringe.
- 3 **a) Stehlagereinheiten:** Schieben Sie jeweils eine Einheit auf beide Wellenenden, sodass die Sicherungsvorrichtung nach außen weist. Richten Sie beide Einheiten genau aus und ziehen Sie die Befestigungsschrauben in beiden Einheiten mit den in **Tabelle 5** auf **Seite 105** empfohlenen Anzugsmomenten fest.
b) Flanschlagereinheiten: Positionieren Sie die Welle zwischen den Maschinenwänden. Schieben Sie jeweils eine Einheit auf beide Wellenenden, sodass die Sicherungsvorrichtung nach außen weist. Wenn keine Schulter vorhanden ist, richten Sie beide Einheiten genau aus und ziehen die Befestigungsschrauben mit den in **Tabelle 5** auf **Seite 105** empfohlenen Anzugsmomenten fest.
c) Spannlagerkopfeinheiten: Schieben Sie jeweils eine Einheit auf beide Wellenenden, sodass die Sicherungsvorrichtung nach außen weist. Montieren Sie die Baugruppe aus Welle und Lagereinheiten in die Spannrahmen und verbinden Sie die Stellschrauben über die eingegossenen Schraubenlöcher in den Einheiten. Richten Sie beide Einheiten genau aus.

HINWEIS: Wenn eine Nachschmierung der Einheit erforderlich ist, liegt die maximal zulässige Schiefstellung der Welle im Verhältnis zu den Einheiten bei 2°. Andernfalls können Schiefstellungen von bis zu 5° aufgenommen werden.

Bild 8



- 4 Richten Sie die Welle in der Lagerung axial aus (→ Bild 8).
- 5 Platzieren Sie einen Exzenterring auf der Innenringverbreiterung jeder Einheit und ziehen Sie ihn „fingerfest“ in der Hauptdrehrichtung an (→ Bild 9). Dann ziehen Sie den Befestigungsring fest, entweder mithilfe eines Hakenschlüssels mit einem in den Ringumfang greifenden Bolzen (→ Bild 10) oder mit-hilfe eines Hammers und eines Durchtreibers. Ziehen Sie die Gewindestifte im Befestigungsring beider Einheiten fest und verwenden Sie hierfür die Anzugsmomente in **Tabelle 3** auf **Seite 102**.
- 6 Stellen Sie nach Möglichkeit durch mehrmaliges Drehen der Welle sicher, dass sich die Lagerung frei drehen kann.
- 7 Setzen Sie ggf. den/die Enddeckel auf.

Bild 9



Bild 10



Einbau von Lagereinheiten

Kugellagereinheiten mit Stahlblechgehäuse

Beim Einbau von Kugellagereinheiten mit Stahlblechgehäuse (→ **Bilder 2e, 2m, 2n und 2o** auf den **Seiten 97 bis 99**) mit Exzenterring (→ **Bild 1b, Seite 95**) sind die Hinweise unter *Vorbereitungen für den Einbau* auf **Seite 101** sowie die nachstehenden Anweisungen genau zu befolgen:

- 1 Montieren Sie alle Komponenten auf der Welle, die sich zwischen den beiden Lagereinheiten befinden.
- 2 Entfernen Sie die Befestigungsringe.
- 3 a) Stehlagereinheiten: Platzieren Sie die Gehäusefüße auf ihren Aufspannflächen. Schieben Sie ein Lager mit der Sicherungsvorrichtung nach außen auf jedes Wellenende und positionieren Sie die Lager in der unteren Hälfte der Einheiten.

HINWEIS: Wenn die Einheit einen Einlagering hat, muss zuerst dieser Ring auf dem Lageraußendurchmesser montiert werden (→ **Bild 11**).

b) Flanschlagerereinheiten: Positionieren Sie die Welle zwischen den Maschinenwänden. Schieben Sie jeweils eine Einheit auf beide Wellenenden, sodass die Sicherungsvorrichtung nach außen weist.

- 4 Platzieren Sie ein Gehäuseoberteil oder die zweite Gehäusehälfte über jedem Lager (→ **Bild 12**) und bringen Sie die Befestigungsschrauben oder -mutter an, ohne sie anzuziehen.
- 5 Richten Sie beide Gehäuse mithilfe der Welle genau aus und ziehen Sie die Befestigungsschrauben mit den in **Tabelle 5** auf **Seite 105** empfohlenen Anzugsmomenten fest.

HINWEIS: Wenn eine Nachschmierung der Einheit erforderlich ist, liegt die maximal zulässige Schiefstellung der Welle im Verhältnis zur Einheit bei 2°. Andernfalls können Schiefstellungen von bis zu 5° aufgenommen werden.

VORSICHT: Einheiten mit Stahlblechgehäuse können keine Schiefstellungen ausgleichen, nachdem die Befestigungsschrauben oder -mutter festgezogen wurden, es sei denn, die Stehlagereinheiten sind mit einem Einlagering versehen.

Bild 11

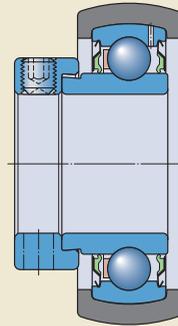


Bild 12



- 6 Richten Sie nach Möglichkeit die Welle in der Lagerung axial aus (→ **Bild 8** auf **Seite 107**) und drehen Sie sie einige Male.
- 7 Platzieren Sie einen Exzenterring auf der Innenringverbreiterung jeder Einheit und ziehen Sie ihn „fingerfest“ in der Hauptdrehrichtung an. Dann ziehen Sie den Befestigungsring fest, entweder mithilfe eines Hakenschlüssels mit einem in den Ringumfang greifenden Bolzen oder mithilfe eines Hammers und eines Durchtreibers. Ziehen Sie die Gewindestifte im Befestigungsring beider Einheiten fest und verwenden Sie hierfür die Anzugsmomente in **Tabelle 3** auf **Seite 102**.
- 8 Stellen Sie nach Möglichkeit durch mehrmaliges Drehen der Welle sicher, dass sich die Lagerung frei drehen kann.

Einbau von Kugellagereinheiten mit einer Spannhülse

Beim Einbau von Stehkugellagereinheiten mit einer Spannhülse (→ **Bild 1c, Seite 95**) sind die Hinweise unter *Vorbereitungen für den Einbau* auf **Seite 101** sowie die nachstehenden Anweisungen genau zu befolgen:

- 1 Montieren Sie alle Komponenten auf der Welle, die sich zwischen den beiden Lagereinheiten befinden.
- 2 Bestimmen Sie die Position der Spannhülsen auf der Welle (→ **Bild 13**).

HINWEIS: Beachten Sie, dass die Lagereinheit beim Einbau auf der Spannhülse entlang der Welle axial verschoben wird. Im Falle einer abgesetzten Welle richtet sich die Position der Einheit auf der Welle nach der Anlauffläche, was den Einbau wesentlich vereinfacht.

- 3 Entfernen Sie die Mutter und die Sicherungsscheibe von den Spannhülsen.
- 4 Führen Sie einen Schraubendreher in den Schlitz der Spannhülsen ein und dehnen Sie alle Hülsen leicht (→ **Bild 14**). Dann schieben Sie sie mit dem Gewinde nach außen entlang der Welle in Position.
- 5 Bringen Sie die erste Lagereinheit in ihre Position auf der Spannhülse.
- 6 Platzieren Sie die Sicherungsscheibe und ziehen Sie die Wellenmutter an, bis Innenring, Hülse und Welle ausreichend Kontakt haben.
- 7 Ziehen Sie die Wellenmutter weiter an, entweder mit einem Hakenschlüssel mit einem Anzugswinkel von ca. 70° (→ **Bild 15**) oder mit einem Drehmomentschlüssel mit den empfohlenen Anzugsmomenten (→ **Tabelle 4** auf **Seite 103**). Achten Sie darauf, dass sich beim Festziehen der Mutter die Hülse nicht auf der Welle dreht. Beim Anziehen bewegt sich die Welle axial entsprechend der axialen Verschiebung der Einheit auf ihrem kegeligen Hülsensitz.

Bild 13

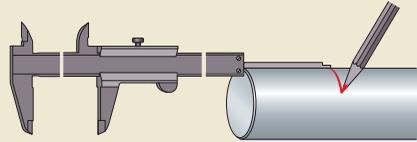


Bild 14



Bild 15



Einbau von Lagereinheiten

- 8 Befestigen Sie die Einheit auf der Hülse, indem Sie eine Sicherungsfahne an der Sicherungsscheibe in einen der Schlitzte an der Mutter biegen (→ **Bild 16**).
- 9 Setzen Sie die Befestigungsschrauben oder -muttern ein, ohne sie anzuziehen.
- 10 Positionieren Sie die Lagereinheit am anderen Wellenende auf der Hülse.
- 11 Wiederholen Sie die **Schritte 6 bis 9**. Dabei sollte sich die Einheit entsprechend ihrer axialen Verschiebung auf dem kegeligen Hülsensitz auf der Spannhülse entlang der Welle bewegen können.
- 12 Richten Sie beide Einheiten genau aus.

HINWEIS: Wenn eine Nachschmierung der Einheit erforderlich ist, liegt die maximal zulässige Schiefstellung der Welle im Verhältnis zu den Einheiten bei 2° . Andernfalls können Schiefstellungen von bis zu 5° aufgenommen werden.

- 13 Ziehen Sie die Befestigungsschrauben oder -muttern mit den in **Tabelle 5** auf **Seite 105** empfohlenen Anzugsmomenten fest.
- 14 Stellen Sie nach Möglichkeit durch mehrmaliges Drehen der Welle sicher, dass sich die Lagerung frei drehen kann.
- 15 Setzen Sie ggf. den/die Enddeckel auf.

Um Flanschlagereinheiten mit einer Spannhülse einzubauen, wenden Sie sich bitte an den Technischen SKF Beratungsservice.



Bild 16

Bild 17

Einbau von SKF ConCentra Kugellagereinheiten

VORSICHT: Die Einheit darf auf keinen Fall zerlegt werden. Darüber hinaus dürfen die Gewindestifte im Einbauring nur angezogen werden, wenn die Einheit auf einer Welle montiert ist. Ansonsten würde die SKF ConCentra Stufenhülse beschädigt.

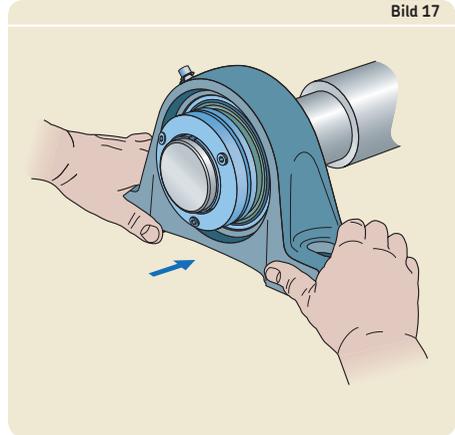
SKF ConCentra Stehkugellagereinheiten

Beim Einbau von SKF ConCentra Stehkugellagereinheiten (→ Bild 1d, Seite 95) sind die Hinweise unter *Vorbereitungen für den Einbau* auf Seite 101 sowie die nachstehenden Anweisungen genau zu befolgen:

- 1 Montieren Sie alle Komponenten auf der Welle, die sich zwischen den beiden Lagereinheiten befinden.
- 2 Schieben Sie eine Einheit mit dem Einbauring nach außen auf jedes Wellenende (→ Bild 17).
- 3 Positionieren Sie die erste Lagereinheit und bringen Sie die Befestigungsschrauben an, ohne sie festzuziehen.

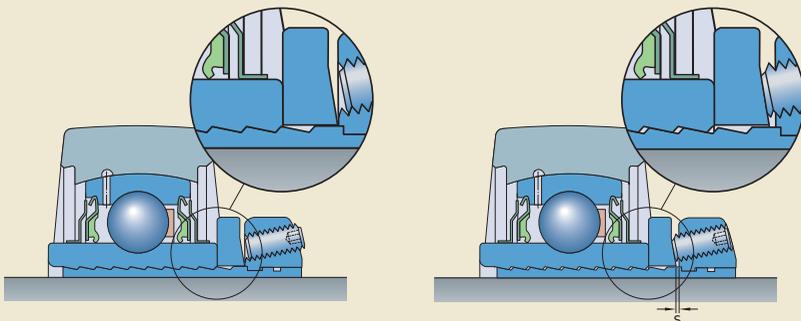
HINWEIS: Beachten Sie, dass die Lagereinheit beim Einbau auf der SKF ConCentra Stufenhülse entlang der Welle axial verschoben wird (→ Bild 18).

- 4 Platzieren Sie den Einbauring so, dass kein Gewindestift dem Spalt in der Hülse gegenübersteht.



3

Bild 18



Einbau von Lagereinheiten

- 5 Verwenden Sie das kurze Ende des mitgelieferten Sechskantschlüssels und ziehen Sie die Gewindestifte „fingerfest“ an (→ **Bild 19**).
- 6 Ziehen Sie mit dem langen Ende des Sechskantschlüssels die Schrauben insgesamt eine 1/2 Umdrehung an (in 2 Schritten mit jeweils 1/4 Umdrehung), siehe Montageschema (→ **Bild 20**). Beginnen Sie dabei mit der Schraube gegenüber dem Spalt in der Hülse.
- 7 Montieren Sie die mitgelieferte rote Drehmomentanzeige am kurzen Ende des Sechskantschlüssels (→ **Bild 21**) und ziehen Sie die Schrauben an, bis der Sechskantschlüssel die Drehmomentanzeige berührt (→ **Bild 22**). Bei Verwendung eines Drehmomentschlüssels ist das empfohlene Anzugsmoment von 7,4 Nm anzuwenden.
- 8 Richten Sie die Einheit aus und ziehen Sie die Befestigungsschrauben oder -muttern mit den in **Tabelle 5** auf **Seite 105** empfohlenen Anzugsmomenten fest.
- 9 Positionieren Sie die Lagereinheit am anderen Wellenende. Setzen Sie die Befestigungsschrauben oder -muttern ein, ohne sie anzuziehen.
- 10 Wiederholen Sie die **Schritte 4 bis 7**. Dabei sollte sich die Einheit entsprechend ihrer axialen Verschiebung „s“ auf der SKF Con-Centra Hülse axial entlang der Welle bewegen können (→ **Bild 18** auf **Seite 111**).
- 11 Richten Sie die Welle vorsichtig aus.

HINWEIS: Wenn eine Nachschmierung der Einheit erforderlich ist, liegt die maximal zulässige Schiefstellung der Welle im Verhältnis zu den Einheiten bei 2°. Andernfalls können Schiefstellungen von bis zu 5° aufgenommen werden.

- 12 Ziehen Sie die Befestigungsschrauben oder -muttern mit den in **Tabelle 5** auf **Seite 105** empfohlenen Anzugsmomenten fest.
- 13 Stellen Sie nach Möglichkeit durch mehrmaliges Drehen der Welle sicher, dass sich die Lagerung frei drehen kann.

Bild 19

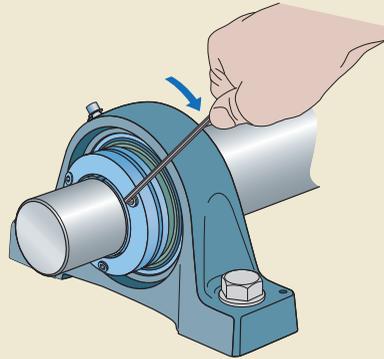


Bild 20

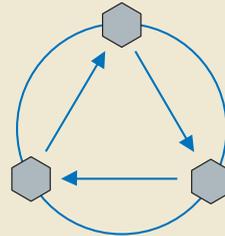


Bild 21



Bild 22



SKF ConCentra Flanschlagereinheiten

Beim Einbau von SKF ConCentra Flanschlagereinheiten (→ Bild 1d, Seite 95) sind die Hinweise unter *Vorbereitungen für den Einbau* auf Seite 101 sowie die nachstehenden Anweisungen genau zu befolgen:

- 1 Montieren Sie alle Komponenten auf der Welle, die sich zwischen den beiden Lagereinheiten befinden.
- 2 Unterstützen Sie die Welle in der Einbauposition zwischen den Maschinenwänden.
- 3 Schieben Sie eine Einheit mit dem Einbauring nach außen auf jedes Wellenende.

HINWEIS: Beachten Sie, dass die Lagereinheit beim Einbau auf der SKF ConCentra Stufenhülse entlang der Welle axial verschoben wird (→ Bild 18, Seite 111).

- 4 Positionieren Sie die erste Lagereinheit und ziehen Sie die Befestigungsschrauben oder -muttern mit den in Tabelle 5 auf Seite 105 empfohlenen Anzugsmomenten fest.
- 5 Platzieren Sie den Einbauring so, dass kein Gewindestift dem Spalt in der Hülse gegenübersteht.
- 6 Verwenden Sie das kurze Ende des mitgelieferten Sechskantschlüssels und ziehen Sie die Gewindestifte „fingerfest“ an.
- 7 Ziehen Sie mit dem langen Ende des Sechskantschlüssels die Schrauben insgesamt eine 1/2 Umdrehung an (in 2 Schritten mit jeweils 1/4 Umdrehung), siehe Montageschema (→ Bild 20). Beginnen Sie dabei mit der Schraube gegenüber dem Spalt in der Hülse.
- 8 Montieren Sie die mitgelieferte rote Drehmomentanzeige am kurzen Ende des Sechskantschlüssels (→ Bild 21) und ziehen Sie die Schrauben an, bis der Sechskantschlüssel die Drehmomentanzeige berührt. Bei Verwendung eines Drehmomentschlüssels ist das empfohlene Anzugsmoment von 7,4 Nm anzuwenden.
- 9 Positionieren Sie die Lagereinheit am anderen Wellenende. Setzen Sie die Befestigungsschrauben oder -muttern ein, ohne sie anzuziehen.

- 10** Wiederholen Sie die **Schritte 5 bis 8**. Dabei sollte sich die Einheit axial entlang der Welle bewegen können (→ **Bild 23**), entsprechend ihrer axialen Verschiebung „s“ auf der SKF ConCentra Hülse (→ **Bild 18** auf **Seite 111**).
- 11** Richten Sie die Welle vorsichtig aus.

HINWEIS: Wenn eine Nachschmierung der Einheit erforderlich ist, liegt die maximal zulässige Schiefstellung der Welle im Verhältnis zu den Einheiten bei 2° . Andernfalls können Schiefstellungen von bis zu 5° aufgenommen werden.

- 12** Ziehen Sie die Befestigungsschrauben oder -muttern mit den in **Tabelle 5** auf **Seite 105** empfohlenen Anzugsmomenten fest.
- 13** Stellen Sie nach Möglichkeit durch mehrmaliges Drehen der Welle sicher, dass sich die Lagerung frei drehen kann.

Einbau von SKF ConCentra Rollenlagereinheiten

VORSICHT: Die Einheit darf auf keinen Fall zerlegt werden. Darüber hinaus dürfen die Gewindestifte im Einbauring nur angezogen werden, wenn die Einheit auf einer Welle montiert ist. Ansonsten würde die SKF ConCentra Stufenhülse beschädigt.

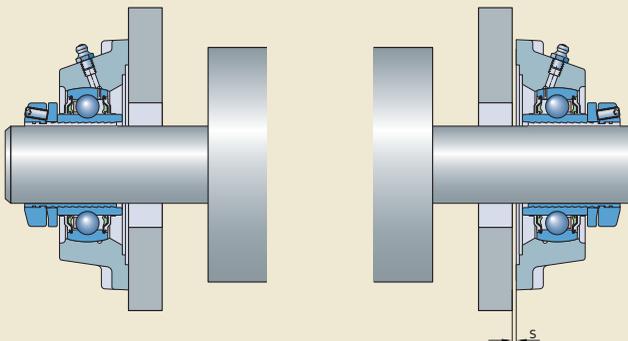
SKF ConCentra Stehrollenlagereinheiten

Beim Einbau von SKF ConCentra Stehrollenlagereinheiten (→ **Bild 1e**, **Seite 95**) sind die Hinweise unter *Vorbereitungen für den Einbau* auf **Seite 101** sowie die nachstehenden Anweisungen genau zu befolgen:

- 1 Montieren Sie alle Komponenten auf der Welle, die sich zwischen den beiden Lagereinheiten befinden.
- 2 Bestimmen Sie die Position von Festlager- und Loslagereinheit auf der Welle. Die Festlagereinheit sollte sich immer auf der Antriebsseite befinden.
- 3 Schieben Sie eine Einheit mit dem Einbauring nach außen auf jedes Wellenende (→ **Bild 24**).

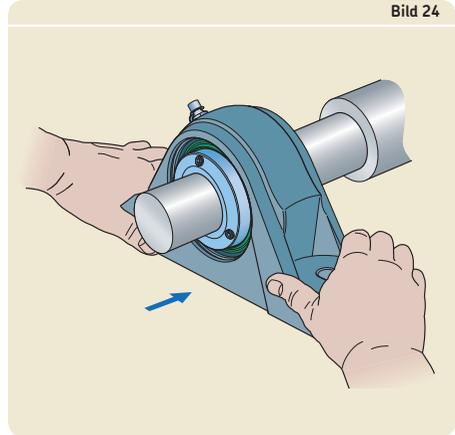
HINWEIS: Beachten Sie, dass die Lagereinheit beim Einbau auf der SKF ConCentra Stufenhülse entlang der Welle axial verschoben wird (→ **Bild 25**).

Bild 23



- 4 Setzen Sie die Befestigungsschrauben oder -muttern ein, ohne sie anzuziehen.
- 5 Positionieren Sie die Festlagereinheit axial auf der Welle und richten Sie die Lagereinheit an der Aufspannfläche aus. Um dies zu vereinfachen, sind SYNT-Einheiten mit senkrechten Markierungen an den Gehäusefußenden versehen (→ Bild 26).
- 6 Befestigen Sie die Festlagereinheit auf der Welle.

Bild 24



3

Bild 26

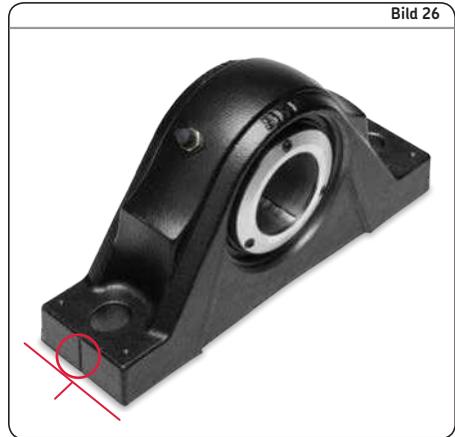
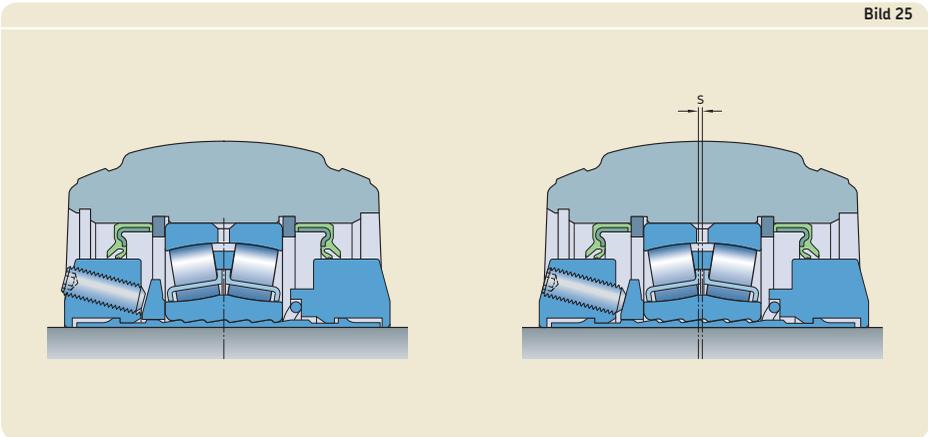


Bild 25



Einbau von Lagereinheiten

- 7 Platzieren Sie den Einbauring so, dass kein Gewindestift dem Spalt in der Hülse gegenübersteht. Verwenden Sie das kurze Ende des mitgelieferten Sechskantschlüssels und ziehen Sie jede Schraube „fingerfest“ an. Folgen Sie dem Montageschema (→ **Bild 27**) und beginnen Sie mit der Schraube gegenüber dem Spalt in der Hülse. Montieren Sie die mitgelieferte rote Drehmomentanzeige am kurzen Ende des Sechskantschlüssels (→ **Bild 21** auf **Seite 113**) und ziehen Sie die Schraube an, bis der Sechskantschlüssel die Drehmomentanzeige berührt (→ **Bild 28**). Werden die Gewindestifte mit einem Drehmomentschlüssel angezogen (→ **Bild 29**), ist ein 3-mm-Einsatz zu verwenden. Folgen Sie dem Montageschema und ziehen Sie die Schrauben zunächst „fingerfest“ an. Fahren Sie dann fort, jede Schraube erneut mit dem empfohlenen Anzugsmoment von 7,4 Nm anzuziehen.
- 8 Prüfen Sie erneut die Ausrichtung der Festlagereinheit. Die maximal zulässige Schiefstellung der Welle im Verhältnis zu den Einheiten beträgt $1,5^\circ$.
- 9 Ermitteln Sie die Mitte des Lagersitzes in der Loslagereinheit. Unterstützen Sie die Welle. Ergreifen Sie die Ringe an beiden Seiten des unbelasteten eingebauten Lagers und bewegen Sie es von einer Endposition im Gehäuse zur anderen, während das Gehäuse befestigt wird. Ist nur eine Wärmeausdehnung der Welle zu erwarten, empfiehlt SKF, die Endposition des Lagers mehr in Richtung Festlager zu verschieben (→ **Bild 30**).
- HINWEIS:** Beachten Sie, dass die Lagereinheit beim Einbau auf der SKF ConCentra Stufenhülse entlang der Welle axial verschoben wird (→ **Bild 25** auf **Seite 115**).
- 10 Befestigen Sie das Loslager auf der Welle, siehe **Schritt 7**.
- 11 Richten Sie die Einheit vorsichtig aus. Ziehen Sie die Befestigungsschrauben mit den in **Tabelle 5** auf **Seite 105** empfohlenen Anzugsmomenten fest.
- 12 Stellen Sie nach Möglichkeit durch mehrmaliges Drehen der Welle sicher, dass sich die Lagerung frei drehen kann.
- 13 Setzen Sie ggf. den Enddeckel auf.

Bild 27

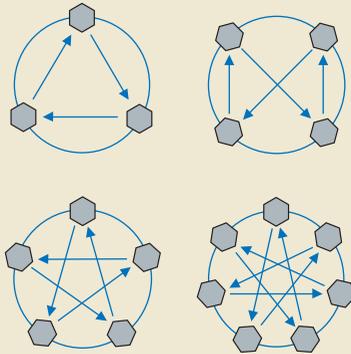


Bild 28



Bild 29



SKF ConCentra Flanschrollenlagereinheiten

Beim Einbau von SKF ConCentra Flanschrollenlagereinheiten (→ **Bild 1e, Seite 95**) sind die Hinweise unter *Vorbereitungen für den Einbau* auf **Seite 101** sowie die nachstehenden Anweisungen genau zu befolgen:

- 1 Montieren Sie alle Komponenten auf der Welle, die sich zwischen den beiden Lagereinheiten befinden.
- 2 Bestimmen Sie die Position von Festlager- und Loslagereinheit auf der Welle. Die Festlagereinheit sollte sich immer auf der Antriebsseite befinden.
- 3 Unterstützen Sie die Welle in der Einbauposition zwischen den Maschinenwänden.
- 4 Schieben Sie eine Einheit mit dem Einbauring nach außen auf jedes Wellenende.

HINWEIS: Beachten Sie, dass die Lagereinheit beim Einbau auf der SKF ConCentra Stufenhülse entlang der Welle axial verschoben wird.

- 5 Setzen Sie die Befestigungsschrauben oder -muttern ein, ohne sie anzuziehen (→ **Bild 31**).

Bild 31

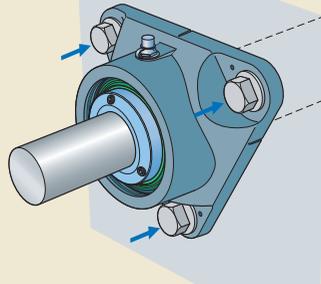
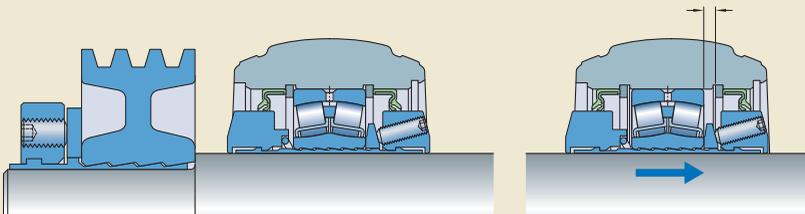


Bild 30



Einbau von Lagereinheiten

- 6 Befestigen Sie die Festlagereinheit auf der Welle. Platzieren Sie den Einbauring so, dass kein Gewindestift dem Spalt in der Hülse gegenübersteht. Verwenden Sie das kurze Ende des mitgelieferten Sechskantschlüssels und ziehen Sie die Gewindestifte „fingerfest“ an. Ziehen Sie mit dem langen Ende des Sechskantschlüssels die Schrauben insgesamt eine $\frac{1}{2}$ Umdrehung an (in 2 Schritten mit jeweils $\frac{1}{4}$ Umdrehung), siehe Montageschema (→ **Bild 27** auf **Seite 116**). Beginnen Sie dabei mit der Schraube gegenüber dem Spalt in der Hülse. Montieren Sie die mitgelieferte rote Drehmomentanzeige am kurzen Ende des Sechskantschlüssels und ziehen Sie die Schrauben an, bis der Sechskantschlüssel die Drehmomentanzeige berührt (→ **Bild 32**). Bei Verwendung eines Drehmomentschlüssels (→ **Bild 33**) ist das empfohlene Anzugsmoment von 7,4 Nm anzuwenden.
- 7 Prüfen Sie erneut die Ausrichtung der Festlagereinheit. Die maximal zulässige Schiefstellung der Welle im Verhältnis zu den Einheiten beträgt $1,5^\circ$.
- 8 Ermitteln Sie die Mitte des Lagersitzes in der Loslagereinheit. Unterstützen Sie die Welle. Ergreifen Sie einen Ring des unbelasteten eingebauten Lagers und bewegen Sie es von einer Endposition im Gehäuse zur anderen, während das Gehäuse befestigt wird. Ist nur eine Wärmeausdehnung der Welle zu erwarten, empfiehlt SKF, die Endposition des Lagers mehr in Richtung Festlager zu verschieben.

HINWEIS: Beachten Sie, dass die Lagereinheit beim Einbau auf der SKF ConCentra Stufenhülse entlang der Welle axial verschoben wird.

- 9 Befestigen Sie das Loslager auf der Welle, siehe **Schritt 6**.
- 10 Richten Sie die Einheit vorsichtig aus. Ziehen Sie die Befestigungsschrauben mit den in **Tabelle 5** auf **Seite 105** empfohlenen Anzugsmomenten fest.
- 11 Stellen Sie nach Möglichkeit durch mehrmaliges Drehen der Welle sicher, dass sich die Lagerung frei drehen kann.
- 12 Lassen Sie ggf. den Enddeckel in der Eindrehung der Gehäusebohrung einrasten.

Bild 32

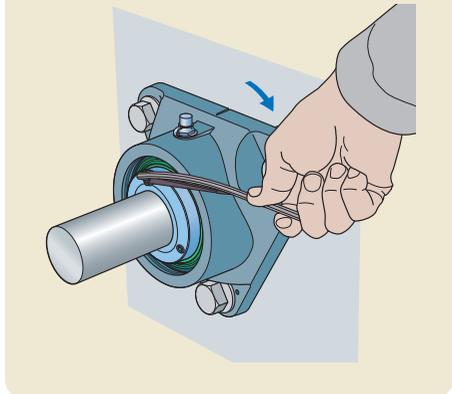
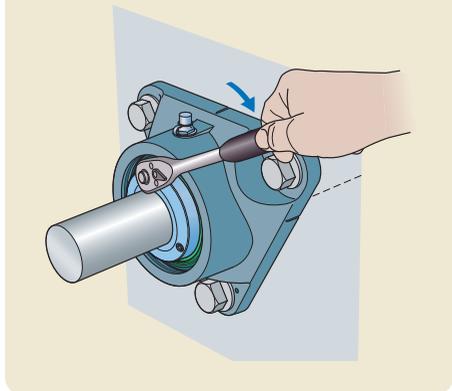


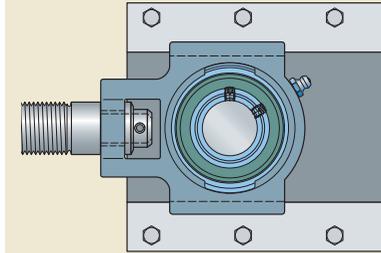
Bild 33



Einbau von Rollenlagereinheiten mit einem zylindrischen Befestigungsring

Beim Einbau von Rollenlagereinheiten mit einem zylindrischen Befestigungsring (→ **Bild 1f**, **Seite 95**) sind die Hinweise unter *Vorbereitungen für den Einbau* auf **Seite 101** sowie die nachstehenden Anweisungen genau zu befolgen:

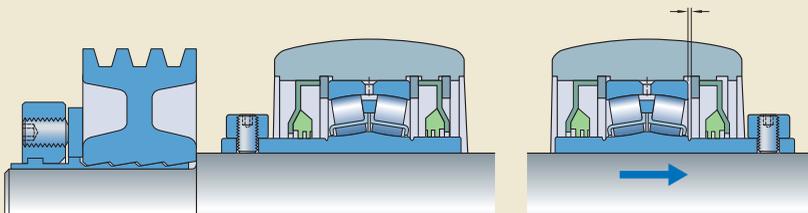
- 1 Bestimmen Sie die Position von Festlager- und Loslagereinheit auf der Welle. Die Festlagereinheit sollte sich immer auf der Antriebsseite befinden.
- 2 Montieren Sie alle Komponenten auf der Welle, die sich zwischen den beiden Lagereinheiten befinden.
- 3 a) Stehlagereinheiten: Schieben Sie jeweils eine Einheit auf beide Wellenenden, sodass die Sicherungsvorrichtung nach außen weist. Richten Sie beide Einheiten genau aus. Bringen Sie die Befestigungsschrauben an und ziehen Sie sie mit den in **Tabelle 5** auf **Seite 105** empfohlenen Anzugsmomenten fest. Die maximal zulässige Schiefstellung der Welle im Verhältnis zu den Einheiten beträgt $1,5^\circ$.
b) Flanschlagereinheiten: Unterstützen Sie die Welle in der Einbauposition zwischen den Maschinenwänden. Schieben Sie eine Einheit auf jedes Wellenende. Wenn keine Schulter vorhanden ist, richten Sie beide Einheiten genau aus. Bringen Sie die Befestigungsschrauben an und ziehen Sie sie mit den in **Tabelle 5** auf **Seite 105** empfohlenen Anzugsmomenten fest. Die maximal zulässige Schiefstellung der Welle im Verhältnis zu den Einheiten beträgt $1,5^\circ$.
c) Spannlagerkopfeinheiten: Schieben Sie jeweils eine Einheit auf beide Wellenenden, sodass die Sicherungsvorrichtung nach außen weist. Montieren Sie die Baugruppe aus Welle und Lagereinheiten in die Spannrahmen und verbinden Sie die Stellschrauben über die eingegossenen Schraubenlöcher in den Einheiten (→ **Bild 34**). Richten Sie beide Einheiten sorgfältig aus. Die maximal zulässige Schiefstellung der Welle im Verhältnis zu den Einheiten beträgt $1,5^\circ$.
- 4 Richten Sie die Welle in der Lagerung axial aus.
- 5 Ziehen Sie die beiden Gewindestifte im zylindrischen Befestigungsring fest, die die Welle durch Bohrlöcher im Innenring der Festlagereinheit halten, und verwenden Sie hierfür die Anzugsmomente in **Tabelle 3** auf **Seite 102**.



Einbau von Lagereinheiten

- 6 Ermitteln Sie die Mitte des Lagersitzes in der Loslagereinheit durch Unterstützen der Welle und Bewegen des unbelasteten eingebauten Lagers von einer Endpositionen im Gehäuse in die andere.
Ist nur eine Wärmeausdehnung der Welle zu erwarten, empfiehlt SKF, die Endposition des Lagers mehr in Richtung Festlager zu verschieben (→ **Bild 35**).
- 7 Befestigen Sie das Loslager auf der Welle, siehe **Schritt 3**.
- 8 Stellen Sie nach Möglichkeit durch mehrmaliges Drehen der Welle sicher, dass sich die Lagerung frei drehen kann.

Bild 35



Montage von Kugellagereinheiten

Wenn Y-Lager und Y-Gehäuse aus Grauguss oder Verbundwerkstoff nicht als Einheiten geliefert werden, müssen diese zuerst montiert werden. Hierfür ist das Lager in die Einfüllnut in der Gehäusebohrung einzusetzen (→ Bild 36) – bei Kugellagern mit Exzentrerring entfernen Sie zuerst den Befestigungsring. Das Lager kann mit einem runden Holz- oder Rohrstück usw. in seine Position gedreht werden, wobei die Sicherungsvorrichtung in die gleiche Richtung weist wie die Einfüllnut (→ Bild 37).

VORSICHT: Beim Einsetzen des Lagers ist sicherzustellen, dass die Schmierbohrung an der Seite der Sicherungsvorrichtung und die Einfüllnuten im Gehäuse nicht zusammenfallen (→ Bild 38).

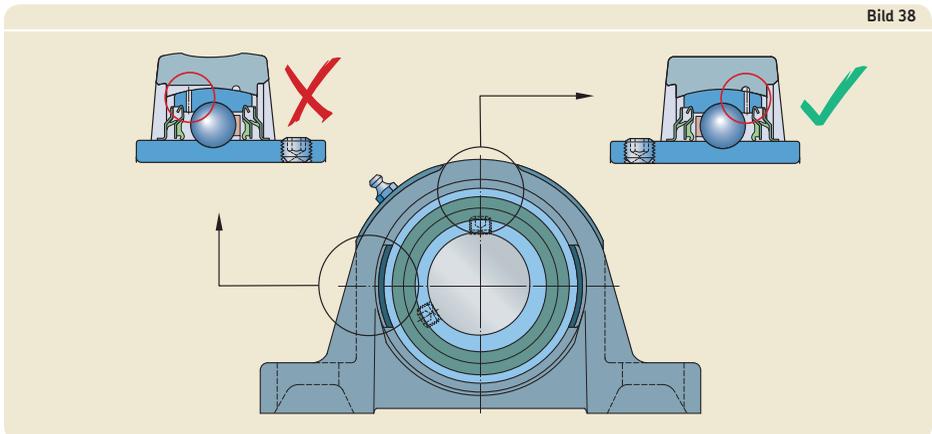
Bild 36

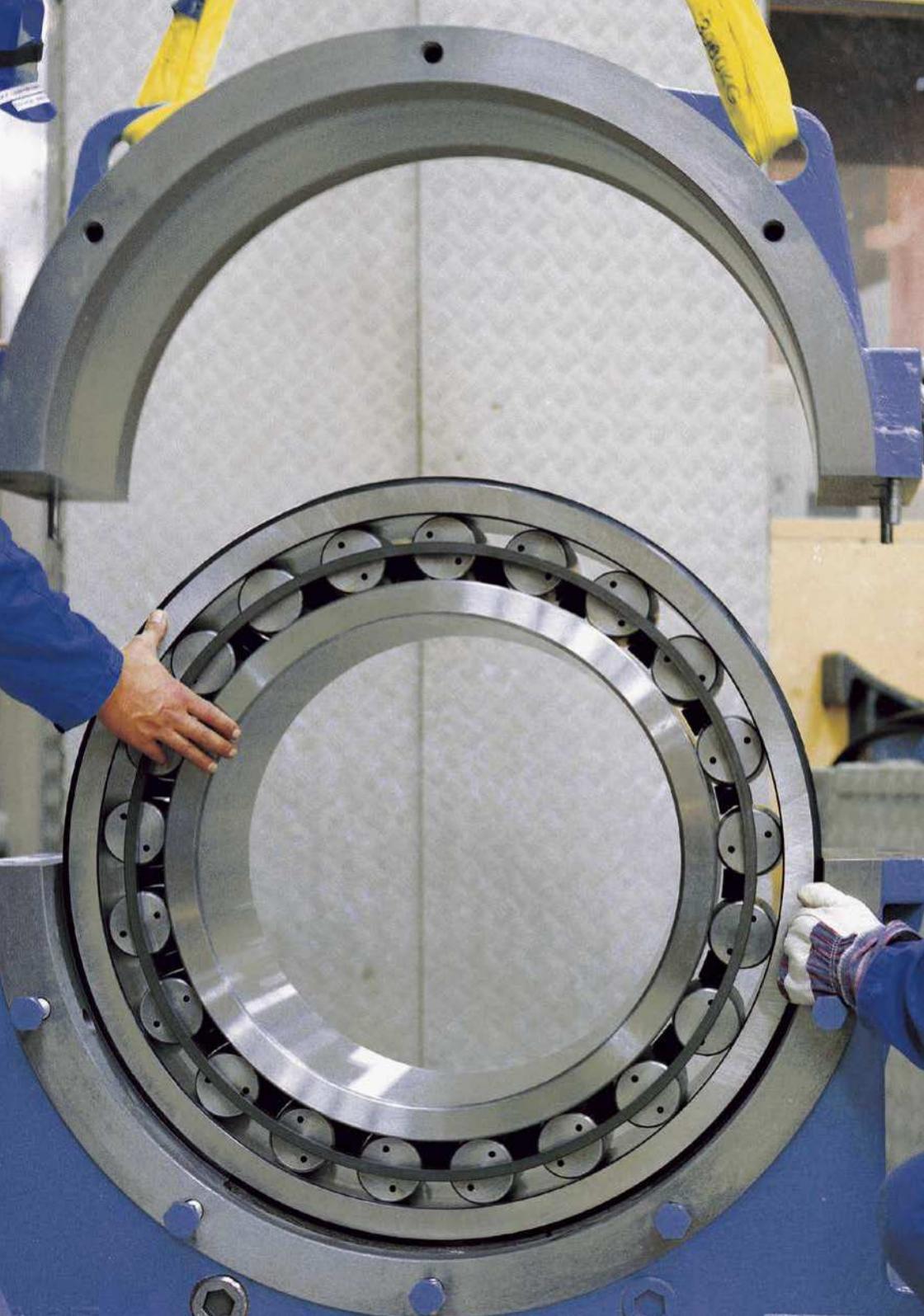


Bild 37



Bild 38





Einbau von Lagergehäusen

Einführung	124
Auswahl von Ersatzteilen	124
Vorbereitungen für den Einbau	130
Verwendung von Ausgleichsscheiben	130
Schrauben	131
Verwendung von Festringen	132
Verwendung von Enddeckeln	133
Montage von geteilten oder ungeteilten Dichtungen	133
Einbau von geteilten Standard- Stehlagergehäusen	134
Einbau von SONL-Stehlagergehäusen	137

Einführung

Zum SKF Standardsortiment an Lagergehäusen gehören:

- geteilte Stehlagergehäuse
- ungeteilte Stehlagergehäuse
- Flanschlagergehäuse
- Spannagerkopfgeläuse

SKF Lagergehäuse sind im Allgemeinen aus Grauguss gefertigt. Für Anwendungen mit erhöhtem Festigkeitsbedarf sind die gängigsten Stehlagergehäuse auch aus Sphäroguss oder Stahlguss erhältlich. Die Lagergehäuse sind vor allem für Pendelkugellager, Pendelrollenlager und CARB Toroidalrollenlager vorgesehen.

Den meisten SKF Lagergehäusen liegt bei Lieferung eine Einbauanleitung bei. Dieses Kapitel informiert zudem über Einbau und Montage von geteilten Stehlagergehäusen. Wenden Sie sich an den Technischen SKF Beratungsservice, wenn Sie Informationen zum Einbau von SKF Spezialgehäusen für u. a. die folgenden spezifischen Anwendungen benötigen:

- Bandanlagen und Trommeln
- Konverter
- Rohrmühlen und Drehrohröfen
- Papiermaschinen
- Windenergieanlagen
- Räder in offenen Getrieben

Auswahl von Ersatzteilen

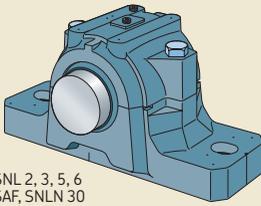
SKF Lagergehäuse sind in einer Vielzahl von Ausführungen erhältlich. Sie lassen sich mit verschiedenen Dichtungen und für verschiedene Lageranordnungen einsetzen. Bei der Wahl eines Ersatzgehäuses ist daher äußerst sorgfältig vorzugehen. Ein neues Gehäuse sollte mit dem Originalteil in folgender Hinsicht übereinstimmen:

- Gehäuseform (→ **Bild 1** und **Tabelle 1, Seite 126**)
- Gehäuseausführung (→ **Tabelle 2, Seite 127**)
- Lageranordnung (→ **Bild 2, Seite 127**)
- Dichtungslösung und -ausführung (→ **Tabelle 3, Seite 128** und **Bild 3, Seite 129**)

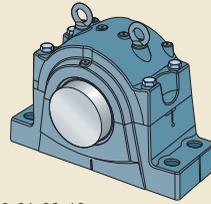
Nähere Informationen über SKF Produkte für Wartung und Schmierung sowie Werkzeuge finden Sie unter www.skf.com und www.mapro.skf.com.

Detaillierte Einbauanleitungen für bestimmte Lagergehäuse finden Sie unter www.skf.com/mount.

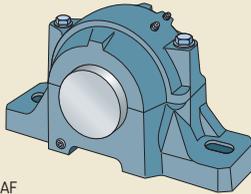
Das SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) veranstaltet eine Reihe von Schulungskursen (→ *Schulungen* ab **Seite 326**). Ihr SKF Ansprechpartner berät Sie gern. Weiterführende Informationen finden Sie auch unter www.skf.com/services.



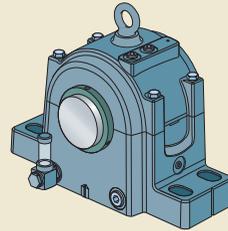
SNL 2, 3, 5, 6
SAF, SNLN 30



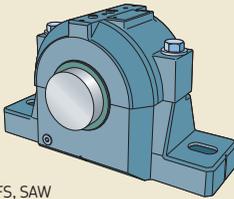
SNL 30, 31, 32, 40



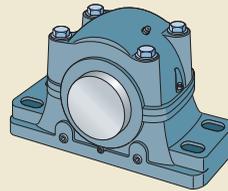
SAF



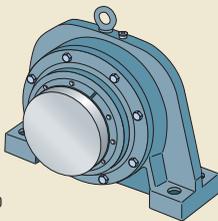
SONL



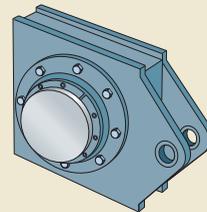
SAFS, SAW



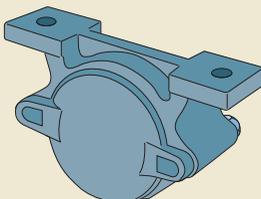
SDAF



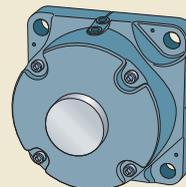
SBD



THD



TVN



FNL

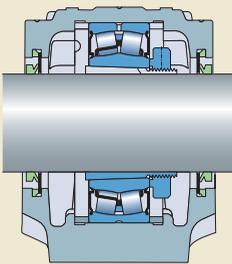
SKF Standardlagergehäuse

Gehäuse Form/Reihe	Ersetzt durch	Beschreibung
FNL		Dreieckiges oder quadratisches Grauguss-Flanschlagergehäuse mit Zweilippendichtungen
FSNL		Geteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse mit vier Befestigungslöchern im Unterteil
SAF		Geteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse
SAFS		Geteiltes Stahlguss-Stehlagergehäuse
SAW		Geteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse
SBD		Ungeteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse mit Labyrinthdichtungen
SD 31	SNL 31	Geteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse
SDAF		Geteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse
SDG	SNL 32, 40	Geteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse
SDJC 31	SNL 31	Geteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse
SN 2, 3, 5, 6	SNL 2, 3, 5, 6	Geteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse
SN 30	SNLN 30	Geteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse
SNA 2, 3, 5, 6	SNL 2, 3, 5, 6	Geteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse
SNH 2, 3, 5, 6	SNL 2, 3, 5, 6	Geteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse
SNL 2, 3, 5, 6		Geteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse
SNLN 30		Geteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse
SNL 30		Geteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse
SNL 31		Geteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse
SNL 32		Geteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse
SNL 40		Geteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse
SNLD		Geteiltes Sphäroguss-Stehlagergehäuse
SNT		Geteiltes Stahlguss-Stehlagergehäuse mit Filzdichtungen
SOFN	SONL	Geteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse für Ölschmierung, mit Labyrinthdichtungen
SONL		Geteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse für Ölschmierung, mit Labyrinthdichtungen
SSNHD	SSNLD	Geteiltes Sphäroguss-Stehlagergehäuse ohne Fußschraubenlöcher
SSNLD		Geteiltes Sphäroguss-Stehlagergehäuse ohne Fußschraubenlöcher
THD		Grauguss-Spannlagerkopfgehäuse
TVN		Ungeteiltes Grauguss-Stehlagergehäuse mit Filzdichtungen
7225	FNL	Dreieckiges oder quadratisches Grauguss-Flanschlagergehäuse mit Filzdichtungen

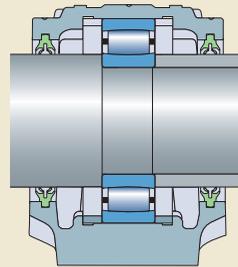
Bauformen der SKF Standardlagergehäuse

Kurzzeichen Nachsetzzeichen	Beschreibung
A	Gehäuse für ein Wellenende
B	Gehäuse für eine durchgehende Welle
F	Gehäuse für eine Festlageranordnung
G	Gehäuse für ein Lager mit zylindrischer Bohrung auf abgesetzter Welle
K7	Gehäuse mit einem Lagersitz nach Toleranzklasse K7
L	Gehäuse für eine Loslageranordnung
/MS1	Zwei Bohrlöcher im Fuß für Befestigungsschrauben
/MS2	Vier Bohrlöcher im Fuß für Befestigungsschrauben
SN	Gehäuse mit einer Gewindebohrung für Sensoranschluss
TURA	Für die Ölschmierung vorbereitetes Gehäuse mit Labyrinthdichtungen
TURT	Für die Ölschmierung vorbereitetes Gehäuse mit Labyrinthdichtungen
TURU	Für die Ölschmierung vorbereitetes Gehäuse mit Labyrinthdichtungen
V	Gehäuse mit einer Schmierfett-Austrittsöffnung im Fuß

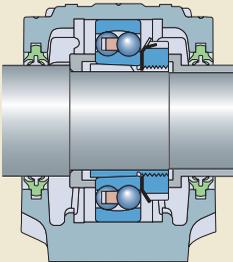
Bild 2



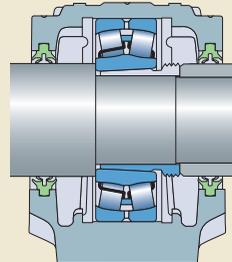
Lager auf einer Spannhülse auf glatter Welle



Lager auf einem zylindrischen Lagersitz auf abgesetzter Welle



Lager auf einer Spannhülse auf abgesetzter Welle

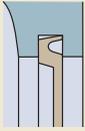


Lager auf einer Abziehhülse auf abgesetzter Welle

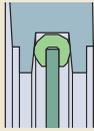
Standard-Dichtungslösungen für SKF Lagergehäuse

Reihenbezeichnung	Beschreibung
Dichtungen für die Gehäuse der metrischen Reihen	
ASNH	Enddeckel für SNL-Gehäuse
ETS	Enddeckel für große SNL-Gehäuse
FS	Filzstreifen (geteilt)
TS	Labyrinthdichtung für große SNL-Gehäuse (ungeteilt)
TFL	Zweilippendichtung für Flanschlagergehäuse (ungeteilt)
TNF	Taconite-Hochleistungsdichtung mit Radiallabyrinth für große SNL-Gehäuse (ungeteilt)
TSD .. U	Labyrinth-Öldichtung in U-Bauform ¹⁾
TSN .. A	V-Ringdichtungen (ungeteilt)
TSN .. C	Filz-Ringdichtungen (geteilt)
TSN .. CB	Graphitierte Filz-Ringdichtungen (geteilt)
TSN .. L	Vierlippendichtungen (geteilt)
TSN .. NC	Taconite-Hochleistungsdichtung mit Axiallabyrinth (ungeteilt)
TSN .. ND	Taconite-Hochleistungsdichtung mit Radiallabyrinth (ungeteilt)
TSN .. S	Labyrinthtring (ungeteilt)
TSN .. TURU	Labyrinth-Öldichtung in U-Bauform ¹⁾
Dichtungen für die Gehäuse der Zollreihen	
B-17024-	Kontaktelement aus Acrylnitril-Butadien-Kautschuk für eine PosiTrac-Plus-Dichtung (ungeteilt)
EPR	Enddeckel (Stopfen)
LER	Labyrinthtring (ungeteilt)
LOR	PosiTrac-Dichtung: Labyrinthtring mit einem O-Ring in der Bohrung (ungeteilt)
TER	Taconite-Dichtung mit einer innenseitigen Filzdichtung und außenseitigen Berührungsdichtung (ungeteilt)
TER-V	Taconite-Dichtung mit einer innenseitigen Filzdichtung und außenseitigem V-Ring (ungeteilt)

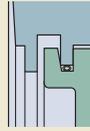
¹⁾ Lieferung nur als komplette Einheit, d. h. modifiziertes Gehäuse mit Dichtungen.



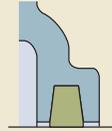
ASNH



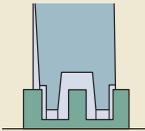
EPR



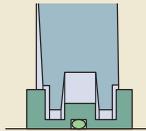
ETS



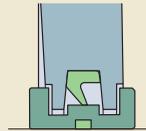
FS



LER



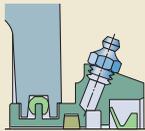
LOR



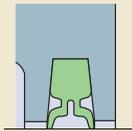
LOR + B-17024-



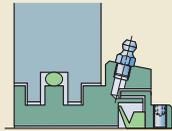
TER



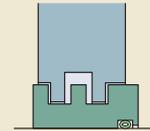
TER-V



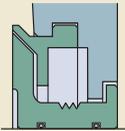
TFL



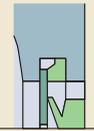
TNF



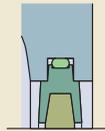
TS



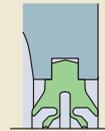
TSD..U



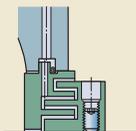
TSN..A



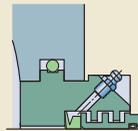
TSN..C



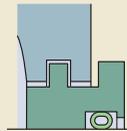
TSN..L



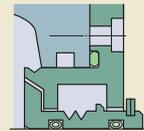
TSN..NC



TSN..ND



TSN..S



TSN..TURU

Vorbereitungen für den Einbau

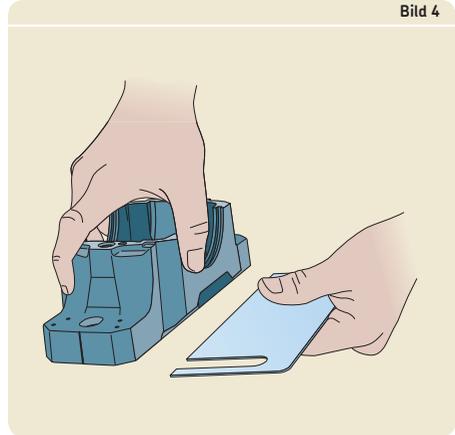
Vor dem Einbau ist Folgendes durchzuführen:

- Stellen Sie sicher, dass der Arbeitsbereich sauber ist.
- Studieren Sie Zeichnungen oder Anleitungen, damit Sie die richtige Reihenfolge kennen, in der die verschiedenen Komponenten zu montieren sind.
- Stellen Sie die notwendigen Werkzeuge und Ausrüstungsteile bereit.
- Achten Sie darauf, dass die Gehäuseaufspannfläche sauber ist. Die Aufspannfläche sollte nicht lackiert sein.
- Stellen Sie sicher, dass die Aufspannfläche den Anforderungen an Ebenheit und Steifigkeit entspricht. Um eine Verformung der Gehäusebohrung zu verhindern, empfiehlt SKF für die Ebenheit der Oberfläche die Toleranzklasse IT7 (→ **Anhang C, Seite 385**). Die Oberflächengüte sollte wie folgt beschaffen sein: $R_a \leq 12,5 \mu\text{m}$.
- Vor der Wiederverwendung müssen das Gehäuse gründlich gereinigt und alle Verschleißteile, z. B. Berührungsdichtungen, O-Ringe oder Kautschukschnüre, ausgetauscht werden.

Verwendung von Ausgleichsscheiben

Wenn Ausgleichsscheiben erforderlich sind, um die Mittenhöhe von Stehlagergehäusen anzuhöhen, muss die Ausgleichsscheibe die komplette Berührungsfläche zwischen Gehäusefuß und Aufspannfläche bedecken (→ **Bild 4**).

Bild 4



Schrauben

Wenn Empfehlungen zu den Befestigungsschrauben oder -muttern nicht vorliegen, empfiehlt SKF die Verwendung der folgenden Elemente, um das Gehäuse an der Aufspannfläche zu befestigen (→ **Bild 5**):

- Sechskantschrauben gemäß EN ISO 4014:2000
- Innensechskantschrauben gemäß EN ISO 4762:1998
- Sechskantmuttern gemäß EN ISO 4032:2000
- Flache Scheiben gemäß EN ISO 7089

Wenn die Last senkrecht auf die Aufspannfläche wirkt, können Schrauben oder Muttern der Festigkeitsklasse 8.8 verwendet werden. Wirkt die Last nicht senkrecht, sollten Schrauben oder Muttern der Festigkeitsklasse 10.9 verwendet werden.

Ziehen Sie alle Verbindungs- und Befestigungsschrauben mit den in **Tabelle 4** empfohlenen Anzugsmomenten fest. Die Gehäuse der Zoll-Reihen verwenden Verbindungsschrauben verschiedener Festigkeitsklassen. Ziehen Sie die Verbindungsschrauben an diesen Gehäusen mit den Anzugsmomenten fest, die in den Einbauanleitungen der Gehäuse angegeben sind.

Bild 5

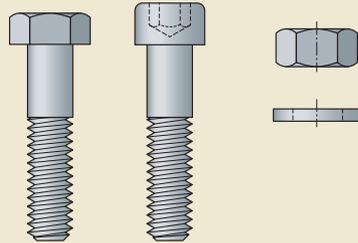


Tabelle 4

Empfohlene Anzugsmomente für Befestigungsschrauben und Verbindungsschrauben, Festigkeitsklasse 8.8

Schrauben- Empfohl. Anzugsmoment
größe

mm/in	Befestigungsschrauben		Verbindungsschrauben ¹⁾	
	Nm	ft.lbf	Nm	ft.lbf
10	45	34	50	37
12	80	60	80	60
16	200	150	150	110
20	385	285	200	150
24	665	485	350	260
30	1 310	970	400	300
36	2 280	1 690	600	445
42	3 640	2 700	850	630
48	5 450	4 030	1 250	920
56	8 710	6 420	–	–
64	13 100	9 660	–	–
72	18 800	13 900	–	–
1/2	95	70	–	–
5/8	185	135	–	–
3/4	320	235	–	–
7/8	515	380	–	–
1	770	570	–	–
1 1/8	1 090	800	–	–
1 1/4	1 530	1 130	–	–
1 3/8	2 020	1 490	–	–
1 1/2	2 650	1 950	–	–

¹⁾ Bei Gehäusen der Zollreihen ist das empfohlene Anzugsmoment angegeben.

Verwendung von Festringen

Die Breite des Lagersitzes der meisten SKF Standard-Lagergehäuse ist ausreichend, um die axiale Verschiebbarkeit „s“ des breitesten Lagers aufzunehmen, das in das Gehäuse passt (→ Bild 6). Für Festlagerungen, welche die axiale Befestigung der Welle in beiden Richtungen gewährleisten, müssen Festringe verwendet werden, um den Außenring des Lagers im Gehäuse-sitz zu befestigen (→ Bild 7). SKF Festringe haben in der Bezeichnung das Vorsetzzeichen FRB, gefolgt von der Größe (Breite/Außendurchmesser) in Millimetern, z. B. FRB 11.5/100 (→ Bild 8).

CARB Toroidalrollenlager bilden eine Ausnahme. Diese Loslager können zwar keine Axiallasten aufnehmen, jedoch axiale Verschiebungen innerhalb des Lagers. Daher muss der Außenring mithilfe eines Festrings auf jeder Seite axial befestigt werden.

Üblicherweise werden für ein Gehäuse zwei Festringe benötigt, von denen jeweils einer auf jeder Lagerseite platziert werden sollte. Wenn nur ein Festring erforderlich ist, sollte er auf derselben Seite wie die Wellenmutter eingesetzt werden. Achten Sie beim Positionieren eines Festrings darauf, dass das offene Ende des Rings nach oben weist (→ Bild 12, Seite 134).

Sehr große SNL-Gehäuse ab den Baugrößen 3076, 3168, 3264 und 4076 sind je nach Lagerposition in zwei Ausführungen erhältlich. Der Gehäusesitz eignet sich für: Gehäuse für die Festlagerposition (diese werden durch das Nachsetzzeichen F gekennzeichnet und erfordern keine Festringe), Gehäuse für die Loslagerposition (diese werden durch das Nachsetzzeichen L gekennzeichnet).

VORSICHT: Beim Einbau eines CARB Toroidalrollenlagers muss ein Gehäuse mit Festringen (Nachsetzzeichen F) verwendet werden.

Bild 6

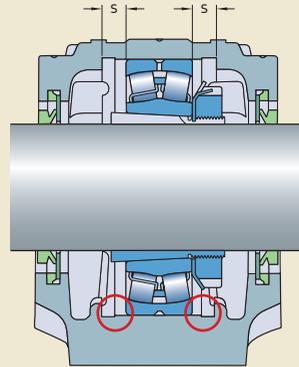


Bild 7

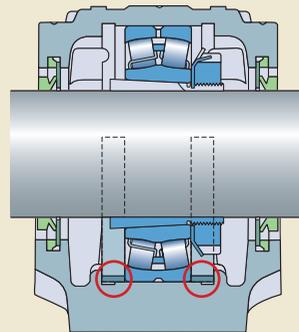
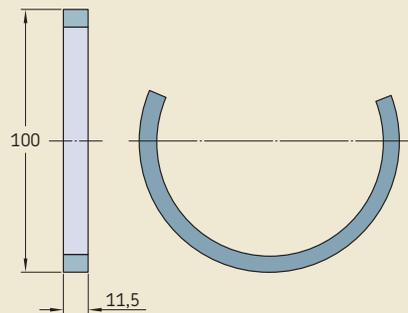


Bild 8



FRB 11.5/100

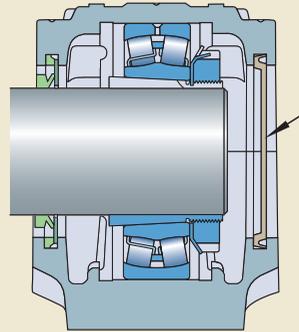
Verwendung von Enddeckeln

Bei SKF Lagerungen an Wellenenden kann eine Gehäuseöffnung durch einen Enddeckel (Stopfen) verschlossen werden. Die Enddeckel passen in der Regel in die Eindrehung für Dichtungen (→ Bild 9).

Montage von geteilten oder ungeteilten Dichtungen

Geteilte Stehlagergehäuse sind mit geteilten oder ungeteilten Dichtungen lieferbar. Geteilte Dichtringe lassen sich einfach montieren: Die Dichtungshälften passen in die Ringnuten im Gehäuseunter- und -oberteil. Ungeteilte Dichtungen müssen auf die Welle geschoben werden. Stellen Sie sicher, dass die Dichtung korrekt ausgerichtet ist, da viele ungeteilte Dichtungen nicht symmetrisch sind.

Bild 9



Einbau von geteilten Standard-Stehlagergehäusen

Beim Einbau von Stehlagergehäusen sind die Hinweise unter *Vorbereitungen für den Einbau* auf **Seite 130** sowie die nachstehenden Anweisungen genau zu befolgen:

HINWEIS: Dichtungen für Stehlagergehäuse werden in der Regel mit Einbauanleitung geliefert.

1 Vorbereitung der Welle:

- Bauen Sie alle Komponenten ein, die auf der Welle zwischen den beiden Lagerpositionen liegen. Bei Verwendung ungeteilter Dichtungen gehören hier auch die innen-seitigen Dichtungen dazu.
- Montieren Sie die Lager auf beide Wellen-seiten. Bei fettgeschmierten Anwendungen ist die Lagerung vollständig mit Fett zu füllen.
- Im Falle einer abgesetzten Welle sind bei Bedarf Abstandshülsen zu montieren.

HINWEIS: Abstandshülsen sind im Liefer-umfang der Gehäuse nicht enthalten.

- Bei Verwendung ungeteilter Dichtungen müssen die außenseitigen Dichtungen an beiden Wellenenden angebracht werden. Wenn am Wellenende ein Gehäuse verwendet werden soll, entfällt die Dichtung. Stattdessen wird im Gehäuses ein End-deckel eingesetzt.

2 Bestimmen Sie die Position der Gehäuse:

- Wenn das Gehäuse für eine abgesetzte Welle verwendet wird und die Gehäusebohrung unterschiedliche Durchmesser hat, wird die Position durch die Gehäusebohrungsdurchmesser festgelegt.
- Weist das Gehäuse auf beiden Seiten denselben Bohrungsdurchmesser auf, berücksichtigen Sie die Position des Schmiernippels im Oberteil. Ist ein seitliches Nachschmieren des Lagers erforderlich, z. B. bei Pendelkugellagern und CARB Toroidalrollenlagern, muss das Gehäuse so positioniert sein, dass der Schmiernippel der Wellenmutter gegenüberliegt.
- Sitzt ein Gehäuse am Wellenende, muss der Schmiernippel am Oberteil auf der Enddeckelseite positioniert werden.

Bild 10

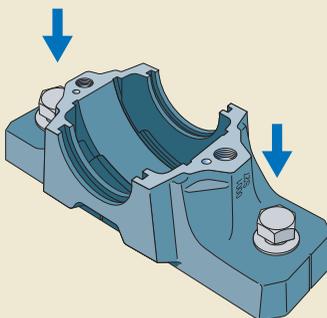


Bild 11

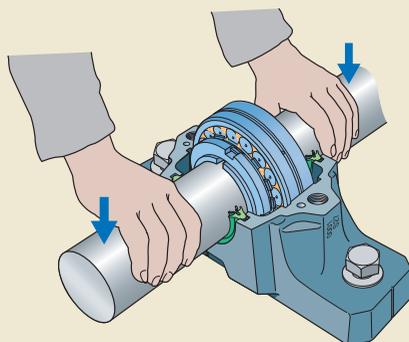
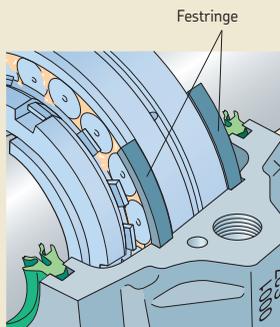


Bild 12



- 3 Positionieren Sie die Gehäuseunterteile auf der Aufspannfläche. Setzen Sie die Befestigungsschrauben ein (→ Bild 10), ohne sie anzuziehen. Bei Verwendung geteilter Dichterringe setzen Sie ggf. jeweils eine Dichtungshälfte in die Nuten im Gehäuseunterteil.
- 4 Platzieren Sie die vorbereitete Welle in das/ die Gehäuseunterteil/e (→ Bild 11). Achten Sie dabei darauf, dass die bereits montierten Dichtungen nicht beschädigt werden.
- 5 Bei Bedarf verwenden Sie einen Festtring auf beiden Festlagerseiten (→ Verwendung von Festtringen, Seite 132). Stellen Sie sicher, dass das offene Ende des Festtrings nach oben weist (→ Bild 12).

HINWEIS: CARB Toroidalrollenlager als Loslager benötigen stets einen Festtring auf beiden Seiten.

- 6 Richten Sie die Gehäuseunterteile sorgfältig aus. Anschließend ziehen Sie die Befestigungsschrauben leicht an.

HINWEIS: SNL-Gehäuse und viele andere SKF Gehäuse haben an den Unterteilenden und Stirnseiten senkrechte Markierungen, die die Mitte des Lagersitzes angeben (→ Bild 13).

- 7 Füllen Sie die Gehäuseunterteile mit der empfohlenen Schmierfettmenge. SKF empfiehlt, den freien Raum zu beiden Seiten des Lagersitzes wie folgt zu füllen:
 - bis 40 %, wenn seitlich vom Lager nachgeschmiert wird;
 - bis 20 %, wenn über die Schmiernut und -bohrungen im Außenring nachgeschmiert wird.

HINWEIS: Mehrere Gehäuse haben eine Markierung, die den Füllgrad von 40 % angibt (→ Bild 14).

- 8 Bei Bedarf positionieren Sie den Enddeckel in der Ringnut für Dichtungen im Gehäuseunterteil.
- 9 Bei Verwendung geteilter Dichtringe setzen Sie die verbleibenden Dichtungshälften in die Ringnuten der beiden Gehäuseoberteile ein (→ Bild 15). Bei Bedarf füllen Sie den Raum zwischen den inneren Dichtlippen mit Fett.

Bild 13

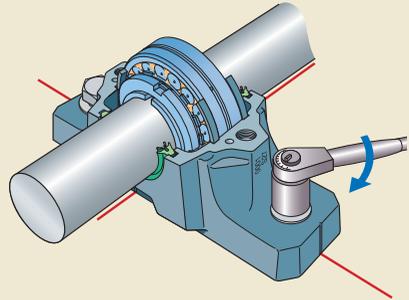


Bild 14

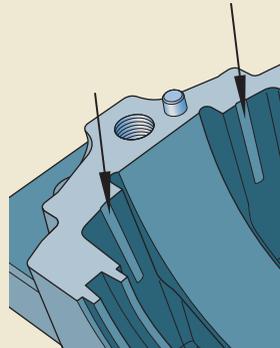
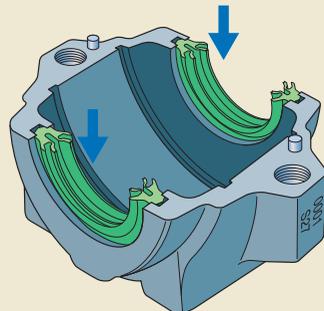


Bild 15



Einbau von Lagergehäusen

- 10** Setzen Sie die beiden Gehäuseoberteile auf die Unterteile (→ **Bild 16**) und ziehen Sie die Verbindungsschrauben mit dem empfohlenen Anzugsmoment fest (→ **Tabelle 4** auf **Seite 131**).

VORSICHT: Ober- und Unterteile sind nicht austauschbar. Stellen Sie sicher, dass Ober- und Unterteil dieselbe Seriennummer aufweisen.

- 11** Prüfen Sie die Ausrichtung erneut und ziehen Sie die Befestigungsschrauben (→ **Bild 17**) mit den in **Tabelle 4** auf **Seite 131** empfohlenen Anzugsmomenten fest.
- 12** Bei Bedarf komplettieren Sie die Dichtungseinheit. Dazu können folgende Maßnahmen gehören:
- Bei V-Ringdichtungen: Bestreichen Sie die Gegenlauffläche des V-Rings mit Fett. Dann drücken Sie den V-Ring in Position.
 - Bei Labyrinthringen: Dehnen Sie die hohle Silikonschnur und setzen Sie sie mithilfe eines Schraubendrehers in die innenseitige Nut jedes Labyrinthrings, während Sie die Welle drehen.
 - Bei fettgefüllten Dichtungen: Führen Sie Fett über den Schmiernippel im Dichtungshohlraum zu, während Sie die Welle drehen.
- 13** SKF empfiehlt das Nachziehen der Verbindungs- und Befestigungsschrauben nach ein oder zwei Tagen, um sicherzustellen, dass das jeweilige Anzugsmoment beibehalten wird.

Bild 16

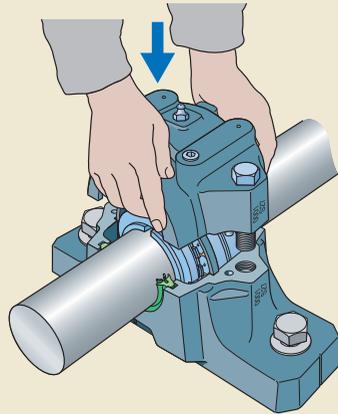
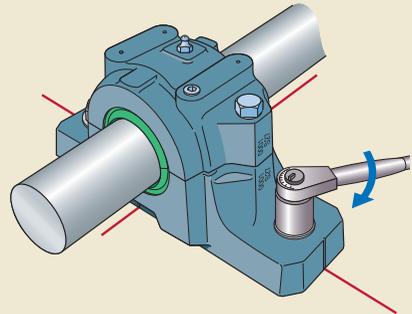


Bild 17



Einbau von SONL-Stehlagergehäusen

Beim Einbau von SONL-Stehlagergehäusen sind die Hinweise unter *Vorbereitungen für den Einbau* auf **Seite 130** sowie die nachstehenden Anweisungen genau zu befolgen:

HINWEIS: Dichtungen für Stehlagergehäuse werden in der Regel mit Einbauanleitung geliefert.

- 1 Bauen Sie alle Komponenten ein, die auf der Welle zwischen den beiden Lagerpositionen liegen.
- 2 Bestimmen Sie die Position der Lager oder Hülsen auf der Welle und markieren Sie sie.
- 3 (→ **Bild 18**) Schieben Sie die inneren Wellenlabyrinthringe (**a**) zusammen mit den Labyrinthringen (**b**) und den zugehörigen O-Ringen (**c**) auf beide Wellenseiten und dann die Ölförderringe (**d**) in die dafür vorgesehene Position auf den Wellenlabyrinthringen.

HINWEIS: Niemals den Ölförderring (**d**) für Ölumlaufschmiersysteme montieren!

- 4 Montieren Sie die Lager auf die Welle oder Spannhülsen (→ **Bild 19**).
- 5 Schieben Sie die äußeren Wellenlabyrinthringe mit dem Labyrinthflansch auf beide Wellenseiten und platzieren Sie die Dichtringe und O-Ringe in Position auf den Wellenlabyrinthringen. Bei einem Gehäuse für ein Wellenende wird die zweite Dichtung weggelassen und der Enddeckel zusammen mit den beiden O-Ringen auf das Gehäuseunterteil gesetzt.
- 6 Positionieren Sie die Gehäuseunterteile auf der Aufspannfläche. Die Seite mit der Ölrinne am Lagersitz muss zur Innenseite der Lageranordnung zeigen (→ **Bild 20**). Setzen Sie die Befestigungsschrauben ein, ohne sie anzuziehen.
- 7 Bei Verwendung eines Ölförderrings bringen Sie den Ölstandsanzeiger und den magnetischen Verschlussstopfen an jedem Gehäusefuß an. Der Ölstandsanzeiger sollte auf der Seite eingebaut werden, die dem Ölförderring gegenüber liegt, damit der durch den Ring verursachte Ölnebel den Anzeigewert nicht verfälscht. Bei Verwendung einer Ölkühlvorrichtung ist diese nun entsprechend der ihr beiliegenden Anleitung zu montieren.

Bild 18

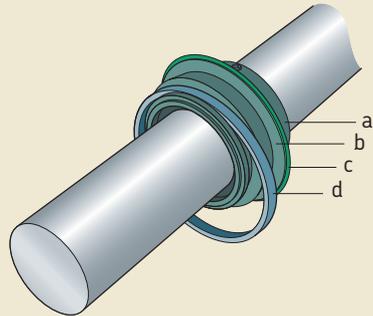


Bild 19

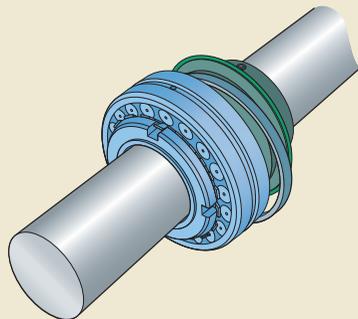
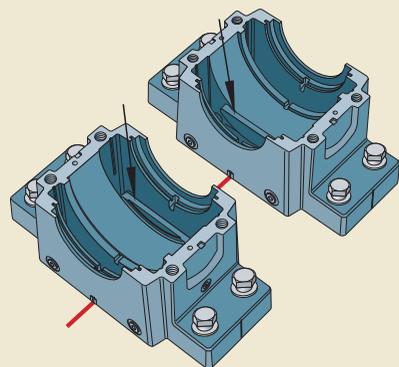


Bild 20



Einbau von Lagergehäusen

HINWEIS: Um Dichtheit sicherzustellen tragen Sie auf alle Gewinde der Anschlusssteile wie den Ölstandsanzeiger und Leitungen eine ölbeständige Dichtmasse auf.

- 8 Die Wellenlabirintringe so weit wie möglich gegen das Lager schieben. Bei Verwendung einer Spannhülse ziehen Sie die Stellschrauben in den Wellenlabirintringen fest. Empfohlene Anzugsmomente:

– Größen 17 bis 26	8 Nm
– Größen 28 bis 32	18 Nm
– Größen 34 bis 48	35 Nm

- 9 Platzieren Sie die Welleneinheit in den beiden Gehäuseunterteilen (→ Bild 21).

HINWEIS: Achten Sie darauf, dass die Ölförderringe in die Ölaufangwanne hineinreichen und lose hängen.

- 10 Bei Bedarf verwenden Sie einen Festring auf beiden Festlagerseiten (→ Verwendung von Festringen, Seite 132). Stellen Sie sicher, dass das offene Ende des Festrings nach oben weist (→ Bild 22).

HINWEIS: CARB Toroidalrollenlager als Loslager benötigen stets einen Festring auf beiden Seiten.

Bild 22

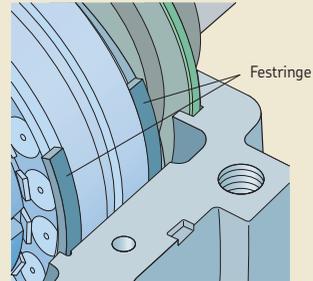


Bild 23

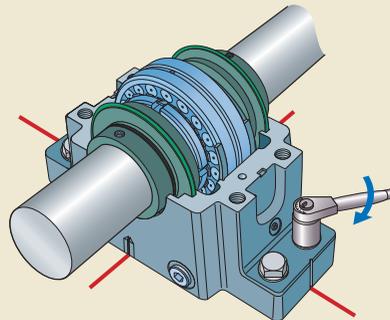


Bild 21

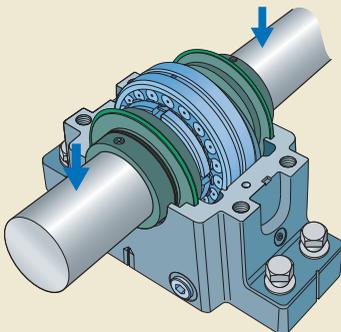


Bild 24

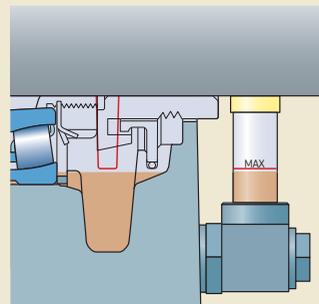


Bild 25

- 11 Richten Sie die Gehäuseunterteile sorgfältig aus. Anschließend ziehen Sie die Befestigungsschrauben leicht an.

HINWEIS: SONL-Gehäuse haben an allen Seiten des Gehäuseunterteils senkrechte Markierungen, die die Mitte des Lagersitzes angeben (→ Bild 23).

- 12 Bei Verwendung eines Ölumlaufschmier-systems schließen Sie die Ölabflussvorrichtung an das Gehäuse an.

VORSICHT: Das Öl muss problemlos über die Abflussleitung(en) ausströmen können, da es sich sonst im Gehäuse zurückstaut.

- 13 Bei Verwendung von Ölförderringen sind die Gehäuse bis zur Höchststandmarke mit Öl zu füllen. Der Höchststand wird vom Ölstandsanzeiger und den Markierungen im Gehäuseunterteil angegeben (→ Bild 24).

VORSICHT: Der Ölstand kann während des Betriebs sinken. Das Gehäuse darf nicht überfüllt werden, da sonst Öl ausläuft.

- 14 Die Verbindungsflächen des Gehäuses sind mit einer ölbeständigen Dichtpaste zu versiegeln.

- 15 Setzen Sie die beiden Gehäuseoberteile auf die Unterteile (→ Bild 25) und ziehen Sie die Verbindungsschrauben (zur Verbindung von Ober- und Unterteil) mit den in **Tabelle 4** auf **Seite 131** empfohlenen Anzugsmomenten fest. Ober- und Unterteil sind individuell aufeinander abgestimmt und dürfen nicht durch andere Oberteile oder Unterteile aus der gleichen Baureihe ersetzt werden. Stellen Sie sicher, dass Ober- und Unterteil dieselbe Seriennummer aufweisen.

HINWEIS: Beim Aufsetzen des Gehäuse-oberteils ist vorsichtig vorzugehen, damit die O-Ringe nicht beschädigt werden.

- 16 Bei Verwendung eines Ölumlaufschmier-systems schließen Sie das Ölzufuhrrohr an das Gehäuseoberteil an.

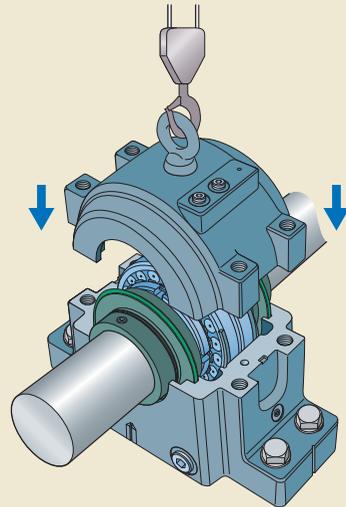
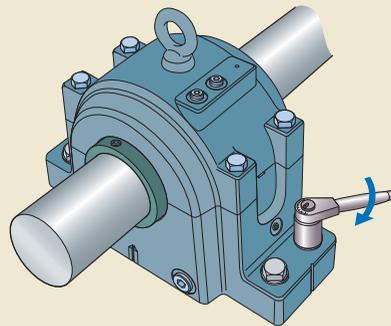
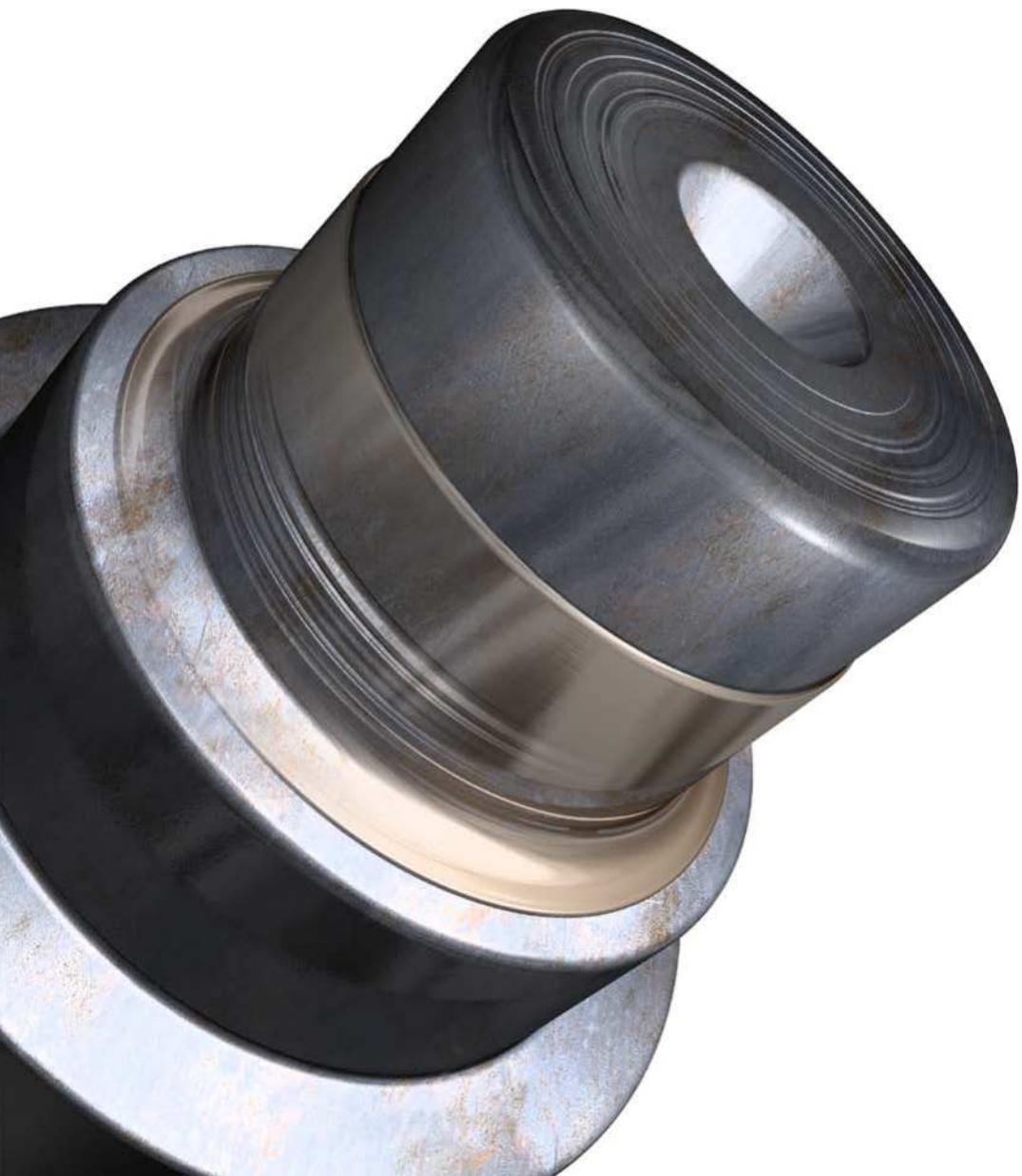


Bild 26



- 17 Prüfen Sie die Ausrichtung erneut und ziehen Sie die Befestigungsschrauben im Gehäuseunterteil (→ Bild 26) mit den in **Tabelle 4** auf **Seite 131** empfohlenen Anzugsmomenten fest.

- 18 SKF empfiehlt das Nachziehen der Verbindungs- und Befestigungsschrauben nach ein oder zwei Tagen, um sicherzustellen, dass das jeweilige Anzugsmoment beibehalten wird.



Einbau von Dichtungen

Allgemeines	142
Nicht vergessen	142
SKF Wälzlager-Einbauwerkzeugsatz	146
Vorbereitungen für den Einbau	146
Einbau eines Radial-Wellendichtrings in ein Gehäuse	146
Einbau von Dichtungen mit zusätzlicher Schutzlippe	149
Einbau einer ungeteilten Vollelastomerdichtung	149
Einbau eines Radial-Wellendichtrings über eine Welle	150
Austausch eines Radial-Wellendichtrings	151
Reparatur einer verschlissenen Welle mit einer SKF Reparaturhülse	152
Einbau einer SKF SPEEDI-SLEEVE Wellen-Reparaturhülse	152
Einbau einer Reparaturhülse mit großem Durchmesser	152
Einbau einer großen geteilten Vollelastomerdichtung	154
Einbau von Dichtungslamellen	156
Einbau einer V-Ringdichtung	157

Allgemeines

Damit die Dichtringe im Betrieb einwandfrei funktionieren, müssen Sie ordnungsgemäß eingebaut werden. Für diese Aufgabe sind Erfahrungen mit dem Einbau hilfreich und darüber hinaus eine saubere Arbeitsumgebung und geeignete Werkzeuge erforderlich. Die Gegenlauffläche, d. h. die Kontaktfläche von Dichtlippen und Welle, sollte den Spezifikationen für die Oberflächenrauheit und Rundheit entsprechen und sauber sein. Eine verschlissene Gegenlauffläche ist zu reparieren. Für eine einfache Reparatur eignen sich SKF SPEEDI-SLEEVE Wellen-Reparaturhülsen oder Reparaturhülsen mit großem Durchmesser (LDSL). Sollte eine einfache Reparatur nicht möglich sein, muss die Welle ersetzt werden.

Da Radial-Wellendichtringe so verbreitet sind und die wichtige Aufgabe haben, Lager, Schmierstoff und andere wesentliche Komponenten vor Verunreinigungen zu schützen, beschränkt sich dieses Kapitel auf diese Dichtungsart. Auf Ausnahmen wird ggf. gesondert hingewiesen.

Nicht vergessen

SKF Dichtungen sind in zahlreichen Bauformen, Ausführungen und Varianten erhältlich. Die gängigsten Radial-Wellendichtringe sind nachstehend aufgelistet:

- Radial-Wellendichtringe mit Metallgehäuse und Zugfeder
- Radial-Wellendichtringe mit Metallgehäuse, ohne Zugfeder
- Radial-Wellendichtringe mit Elastomer-Außenmantel und Zugfeder
- Radial-Wellendichtringe mit Elastomer-Außenmantel, ohne Zugfeder

Achten Sie beim Austausch einer Dichtung darauf, dass die Ersatzdichtung mit dem Original in folgender Hinsicht übereinstimmt:

- Baureihe und Bauform (→ **Tabellen 1a** und **1b**)
- Material der Dichtlippe (→ **Tabelle 2, Seite 145**)

Weitere Informationen über die SKF Montage- und Einbauwerkzeuge finden Sie unter www.mapro.skf.com.

Das SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) veranstaltet eine Reihe von Schulungskursen (→ *Schulungen* ab **Seite 326**). Ihr SKF Ansprechpartner berät Sie gern. Weiterführende Informationen finden Sie auch unter www.skf.com/services.

Die SKF Software SKF Sealfinder, online verfügbar unter www.skf.com, enthält Dichtungsdaten von etwa 80 verschiedenen Dichtungsherstellern oder -händlern und bietet einen schnellen Querverweis.

VORSICHT: Ein kleiner Fehler bei der Bestellung kann zu einem plötzlichen Versagen der Dichtung führen; so könnte z. B. eine Dichtung aus Acrylnitril-Butadien-Kautschuk anstelle einer Dichtung aus hochtemperaturbeständigem Fluor-Kautschuk montiert werden, da die Bauform ansonsten identisch ist.

VORSICHT:

Bei Temperaturen über 300 °C geben alle Fluorelastomere und PTFE-Verbundstoffe gefährliche Dämpfe ab. Bei Hautkontakt mit diesen überhitzten Werkstoffen oder wenn die freigesetzten Gase bzw. Dämpfe eingeatmet wurden, ist sofort ein Arzt aufzusuchen.

Tabelle 1a

Radial-Wellendichtringe für die allgemeine Industrie

Baureihe ohne zusätzliche Schutzlippe		mit zusätzlicher Schutzlippe		Beschreibung
CRS1		CRSA1		Dichtung mit Metallgehäuse und Zugfeder
CRSH1		CRSHA1		Dichtung mit verstärktem Metallgehäuse und Zugfeder
CRW1		CRWA1		Dichtung mit Metallgehäuse, SKF WAVE Dichtlippe und Zugfeder
CRWH1		CRWHA1		Dichtung mit verstärktem Metallgehäuse, SKF WAVE Dichtlippe und Zugfeder
CRW5		CRWA5		Dichtung mit Metallgehäuse, SKF WAVE Druckprofil-Dichtlippe und Zugfeder
HMS5		HMSA10		Dichtung mit Elastomeraußenmantel und Zugfeder
HMS4		HMSA7		Dichtung mit Elastomeraußenmantel und Zugfeder
SL SLX SLS DL		SLA DLA		Dichtung mit Metallgehäuse und PTFE-Dichtlippe(n)
YSLE YNSLE YSL				PTFE-Dichtung mit O-Ring(en)

Radial-Wellendichtringe für die Schwerindustrie

Baureihe ohne zusätzliche Schutzlippe		mit zusätzlicher Schutzlippe		Beschreibung
HDL		HDLA		
HDS1 HDS2		HDSA1 HDSA2		Dichtung mit Metallgehäuse und Zugfeder in einer SKF Springlock-Federnut (HDS2 und HDSA2 sind zudem mit SKF Springcover versehen)
		HDSB1 HDSB2		Dichtung mit Metallgehäuse und Zugfeder in einer SKF Springlock-Federnut (HDSB2 ist zudem mit SKF Springcover versehen)
		HDSC1 HDSC2		Dichtung mit Metallgehäuse und Zugfeder in einer SKF Springlock-Federnut (HDSC2 ist zudem mit SKF Springcover versehen)
HDS3				Dichtung mit Metallgehäuse und Zugfeder in einer SKF Springlock-Federnut mit SKF Springcover und verstellbaren Abstandshaltern
HDS4				Dichtung mit Elastomeraußenmantel, Zugfeder und in den Stützkörper gegossenen Abstandshaltern
HDS6				Dichtung mit Elastomeraußenmantel und in den Stützkörper gegossenen Abstandshaltern, ohne Zugfeder
HDS7				Dichtung mit Metallgehäuse, ohne Zugfeder
HDSD1 HDSD2				Dichtung mit Metallgehäuse, Zugfedern und zwei in die entgegengesetzte Richtung weisenden Dichtlippen
HDSE1 HDSE2				Dichtung mit Metallgehäuse, Zugfedern und zwei in dieselbe Richtung weisenden Dichtlippen
HS4 HS5				Ungeteilte Vollenastomerichtung mit Zugfeder in einer SKF Springlock-Federnut (HS5 ist zudem mit SKF Springcover versehen)

Tabelle 1b Fortsetzung.

Radial-Wellendichtringe für die Schwerindustrie

Baureihe ohne zusätzliche Schutzlippe		mit zusätzlicher Schutzlippe		Beschreibung
HS6 HS7 HS8				
HSF1 HSF2 HSF3		HSF4		Geteilte gewebeverstärkte Dichtung mit Zugfeder
HSF5 HSF6 HSF7 HSF9		HSF8		Ungeteilte gewebeverstärkte Dichtung mit Zugfeder
SBF				Dichtung mit Metalleinsatz und Zugfeder
R01-P R01-R		R02-P R02-R		Dichtung mit Elastomeraußenmantel und Zugfeder
R01-AF R01-AS				Dichtung mit Elastomeraußenmantel und Zugfeder

5

Tabelle 2

SKF Dichtlippenmaterialien

Nachsetzzeichen	Dichtlippenmaterial	Kurzzeichenbeispiel
R, RG	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (NBR)	CR 15X35X7 CRW1 R
H	Hydrierter Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (HNBR)	CR 420X470X20 HDS3 H
D	Carboxilierter Acrylnitril-Butadien-Kautschuk (XNBR) (SKF Duralip)	CR 240X280X16 HDS2 D
V	Fluor-Kautschuk (FKM) (SKF Duralife) ¹⁾	CR 640X680X20 HDLV
T	Polytetrafluorethylen (PTFE)	CR 70X90X10 RD10 T

¹⁾ Wichtige Sicherheitsinformationen über Fluorelastomere finden Sie auf Seite 142.

SKF Wälzlager- Einbauwerkzeugsatz

Der SKF Wälzlager-Einbauwerkzeugsatz kann für den Einbau von Radial-Wellendichtringen mit einem Außendurchmesser von bis zu 120 mm verwendet werden. Zum Satz gehören:

- 3 Schlaghülsen für die gleichmäßige Kraftverteilung, gekennzeichnet mit den Buchstaben A, B oder C
- 36 Schlagringe, gekennzeichnet mit dem Buchstaben für die entsprechende Schlaghülse und dem Innen- und Außendurchmesser des Rings, z. B. B 25/52.
- 1 doppelseitiger rückschlagfreier Hammer

Vorbereitungen für den Einbau

Um eine zuverlässige Dichtleistung und optimale Ergebnisse zu erzielen, ist wie folgt vorzugehen:

- Achten Sie darauf, dass die Abmessungen der gewählten Dichtung dem Wellendurchmesser und der Gehäusebohrung entsprechen.
- Stellen Sie sicher, dass die gewählte Dichtung für die jeweiligen Medien sowie Betriebstemperaturen und Drehzahlen ausgelegt ist.
- Untersuchen Sie die Dichtung auf eventuelle Schäden, z. B. Dellen, Riefenbildung oder Einschnitte. Eine beschädigte Dichtung darf unter keinen Umständen verwendet werden.
- Reinigen Sie die Dichtung bei Bedarf sorgfältig. Verwenden Sie hierfür lauwarmes Wasser mit Seife (max. 30 °C) und lassen Sie die Dichtung bei Zimmertemperatur trocknen.
- Die Gehäusebohrungskante ist abzukanten und zu runden, um Beschädigungen des Dichtungsaußendurchmessers zu verhindern.
- Die Gehäusebohrung und die Gegenlauffläche auf der Welle sollten den Vorgaben von SKF hinsichtlich Maß- und Formgenauigkeit, Rauheit und Härte entsprechen.
- Alle Wellenkanten, die die Dichtlippe passiert, müssen abgekantet oder gerundet sein.
- Beschichten Sie die Dichtung leicht mit dem Schmierstoff, der in der Anwendung zum Einsatz kommen wird. PTFE-Dichtlippen sind nicht vorzuschmieren, es sei denn, sie werden in trockenlaufenden Anwendungen verwendet.

Einbau eines Radial- Wellendichtrings in ein Gehäuse

Beim Einbau einer Dichtung in eine Gehäusebohrung ist grundsätzlich darauf zu achten, dass die Einbaukraft möglichst nahe und gleichmäßig verteilt am Außenmantel des Dichtrings angreift. Daher empfiehlt SKF die Verwendung einer Montagehülse zusammen mit einer mechanischen oder hydraulischen Presse (oder Hammer).

VORSICHT: Beim Einbau ist auf die korrekte Ausrichtung der Dichtlippe zu achten (→ **Bild 1**). Soll die Dichtung hauptsächlich das Eindringen von Schadstoffen verhindern, muss die Dichtlippe zur Verunreinigung weisen, d. h. nach außen. Ist die Hauptaufgabe der Dichtung, Schmierstoff zurückzuhalten, muss die Dichtlippe zum Schmierstoff weisen, d. h. nach innen.

Die nachstehenden Einbauverfahren richten sich nach der Anwendung und der Position der Dichtung:

- Dichtungsrückseite an einer Schulter oder einem Sicherungsring – eine Montagehülse verwenden (→ **Bild 2**)
- im bestimmten Abstand innerhalb einer Öffnung – eine Montagehülse mit Anschlag verwenden, um die Dichtung korrekt zu positionieren (→ **Bild 3**)

Bild 1

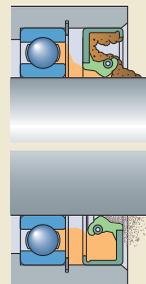


Bild 2

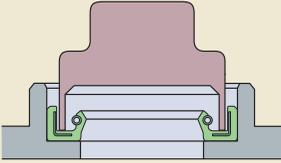


Bild 5

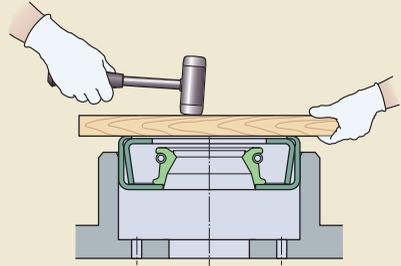


Bild 3

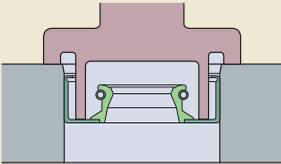


Bild 6

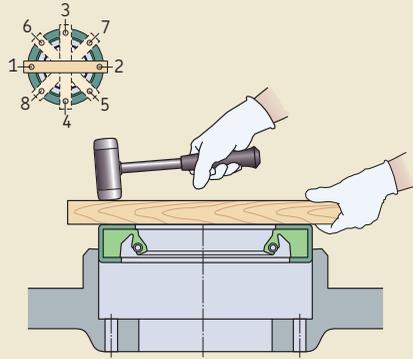


Bild 4

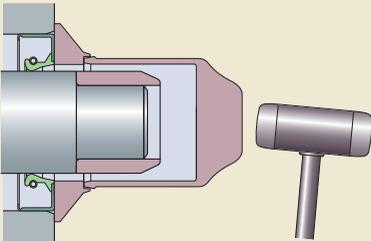


Bild 7

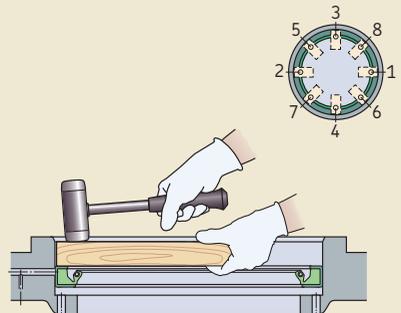
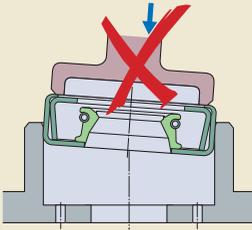


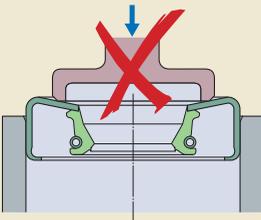
Bild 8



- bündig mit der Wand der Gehäusebohrung – den SKF Wälzlager-Einbauwerkzeugsatz verwenden (→ **Bild 4, Seite 147**) Andernfalls die Dichtung mit einer Holz- oder Kunststoffplatte abdecken und mit einem Hammer in Position klopfen (→ **Bild 5, Seite 147**).

Steht für große Dichtungen kein geeignetes Einbauwerkzeug zur Verfügung, empfiehlt SKF die Verwendung eines Holzblocks (→ **Bild 6, Seite 147**) oder einer Metall-Anlagescheibe. Beim Einsatz anderer Werkzeuge arbeiten Sie gleichmäßig um den Dichtungsumfang herum, damit sich die Dichtung nicht neigt oder verkantet. Für den Fall, dass die Dichtung hinter der Stirnfläche des Gehäuses zurücksteht, empfiehlt SKF, ein Weichholzstück zu verwenden (→ **Bild 7, Seite 147**).

Bild 9



Einbau einer Dichtung in eine Gehäusebohrung:

- Achten Sie darauf, dass Dichtung und Einbauwerkzeug nicht schräg stehen (→ **Bild 8**). Sie sollten senkrecht zum Gehäuse positioniert sein.
- Stellen Sie sicher, dass der Außendurchmesser des Werkzeugs bis zum Außendurchmesser der Dichtung reicht, ansonsten besteht die Gefahr, dass sich die Dichtung verbiegt oder verformt (→ **Bild 9**).
- Verwenden Sie niemals einen Durchtreiber (→ **Bild 10**).
- Klopfen Sie immer leicht mit einem Hammer auf das Einbauwerkzeug.

Bild 10

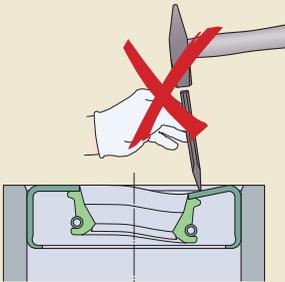
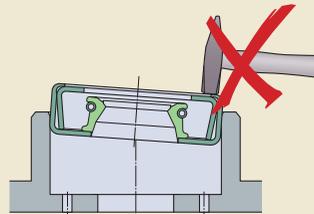


Bild 11



- Schlagen Sie nie direkt mit einem Hammer auf die Dichtung (→ **Bild 11**).

VORSICHT: Gehen Sie sparsam mit Dichtungsmitteln um (um den Kontakt mit Dichtlippe, Gegenauflfläche und Lager zu vermeiden).

Einbau von Dichtungen mit zusätzlicher Schutzlippe

Beim Einbau von Zweilippendichtungen oder Dichtungen mit einer schleifenden zusätzlichen Schutzlippe füllen Sie den Spalt zwischen Haupt- und zusätzlicher Lippe mit einem geeigneten Fett (→ **Bild 12**). Dies gilt nicht für Dichterringe aus Silikon-Kautschuk bzw. mit hydrodynamischer Dichthilfe.

Einbau einer ungeteilten Vollelastomerdichtung

Vollelastomerdichtungen können von Hand eingebaut werden, es sind keine besonderen Einbauwerkzeuge erforderlich. Nach dem Einbau muss die Dichtung jedoch mit einem Deckblech in der Gehäusebohrung eingesetzt werden (→ **Bild 13**).

Bild 12

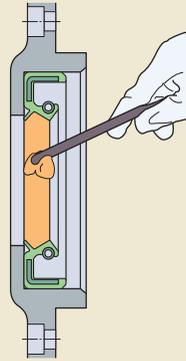
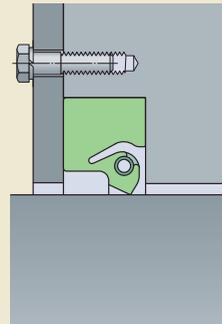


Bild 13



Einbau eines Radial-Wellendichtrings über einer Welle

Beim Einbau einer Dichtung über einer Welle empfiehlt SKF Folgendes:

- Bedecken Sie alle Nuten, Keilnuten, Löcher, Gewinde und alle sonstigen scharfen Kanten mit einem dünnwandigen ($< 0,5 \text{ mm}$) Schutzdeckel (\rightarrow Bild 14).
- Verwenden Sie eine Hülse, wenn die Schulter einer abgesetzten Welle nicht abgekantet oder gerundet ist (\rightarrow Bild 15).

Der Außenmantel von Schutzdeckeln und Hülsen ist mit dem gleichen Schmierstoff einzustreichen wie der Dichtring und die Gegenauflfläche. Der Außenmantel und die Einführungsschräge des Einbauwerkzeugs dürfen keine Grate oder scharfen Kanten aufweisen.

Radial-Wellendichtringe aus PTFE sollten stets unter Verwendung eines Schutzdeckels oder einer Hülse montiert werden.

Soll nach dem Einbau der Dichtungen das Gehäuse oder die Maschine lackiert werden, müssen die Dichtungen vor Farbe geschützt werden. Dazu können Kartonscheiben (\rightarrow Bild 16) verwendet werden.

Bild 14

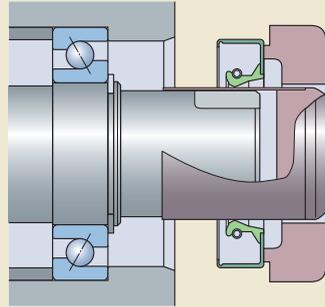


Bild 15

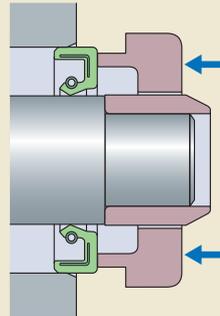


Bild 16

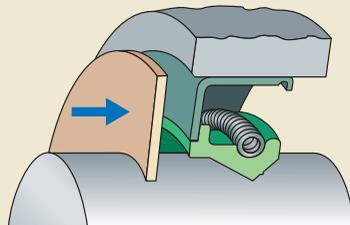


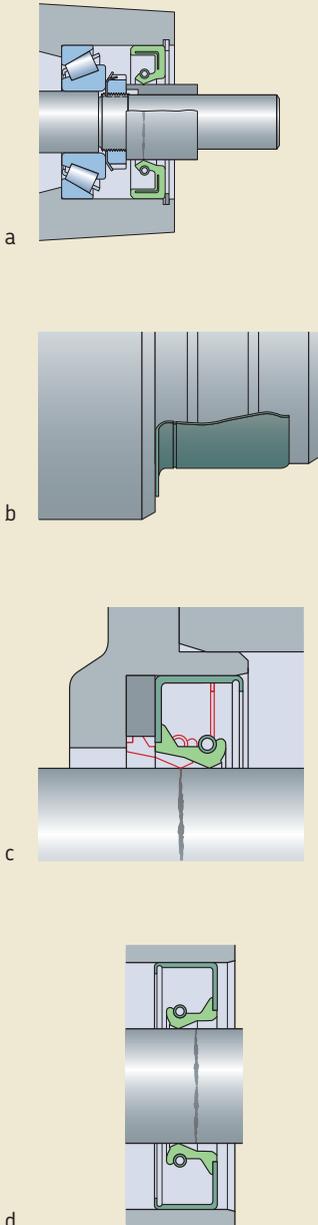
Bild 17

Austausch eines Radial-Wellendichtrings

VORSICHT: Wenn ein Radial-Wellendichtring einmal aus einer Anwendung entfernt wurde, sollte er nicht weiter verwendet werden.

Eine verschlissene oder beschädigte Gegenlauffläche ist zu reparieren. Hierfür stehen mehrere Optionen zur Verfügung (→ Bild 17):

- Bearbeiten Sie die Wellen-Gegenlauffläche nach; hierfür ist der Ausbau der Welle erforderlich.
- Ersetzen Sie den Ring, der als Gegenlauffläche fungierte (a).
- Montieren Sie eine SKF SPEEDI-SLEEVE Wellen-Reparaturhülse (bei Wellendurchmessern ≤ 203 mm) (b) oder eine Reparaturhülse mit großem Durchmesser (LDSL) (bei Wellendurchmessern > 203 mm).
- Montieren Sie einen Abstandsring in der Gehäusebohrung zwischen Anlageschulter und Dichtring (c).
- Pressen Sie die neue Dichtung in die Gehäusebohrung verschieden tief ein (d).



Ggf. sollte die Dichtlippe stets zur Mediumseite hin verschoben werden (c).

Bei der Auswahl von Ersatzdichtungen ist grundsätzlich darauf zu achten, dass Ausführung und Werkstoff der Originaldichtung entsprechen. Bei Unsicherheiten ist eine Dichtung einer höheren Qualität zu verwenden, um sicherzustellen, dass sie für die Betriebsbedingungen geeignet ist.

Ist eine Dichtung der gleichen Bauform nicht in der gleichen Breite wie die Originaldichtung verfügbar, kann eine etwas schmalere Dichtung verwendet werden. Alternativ kann auch eine etwas breitere Dichtung als Ersatz gewählt werden, wenn es die Gehäusebohrung zulässt.

Reparatur einer verschlissenen Welle mit einer SKF Reparaturhülse

Einbau einer SKF SPEEDI-SLEEVE Wellen-Reparaturhülse

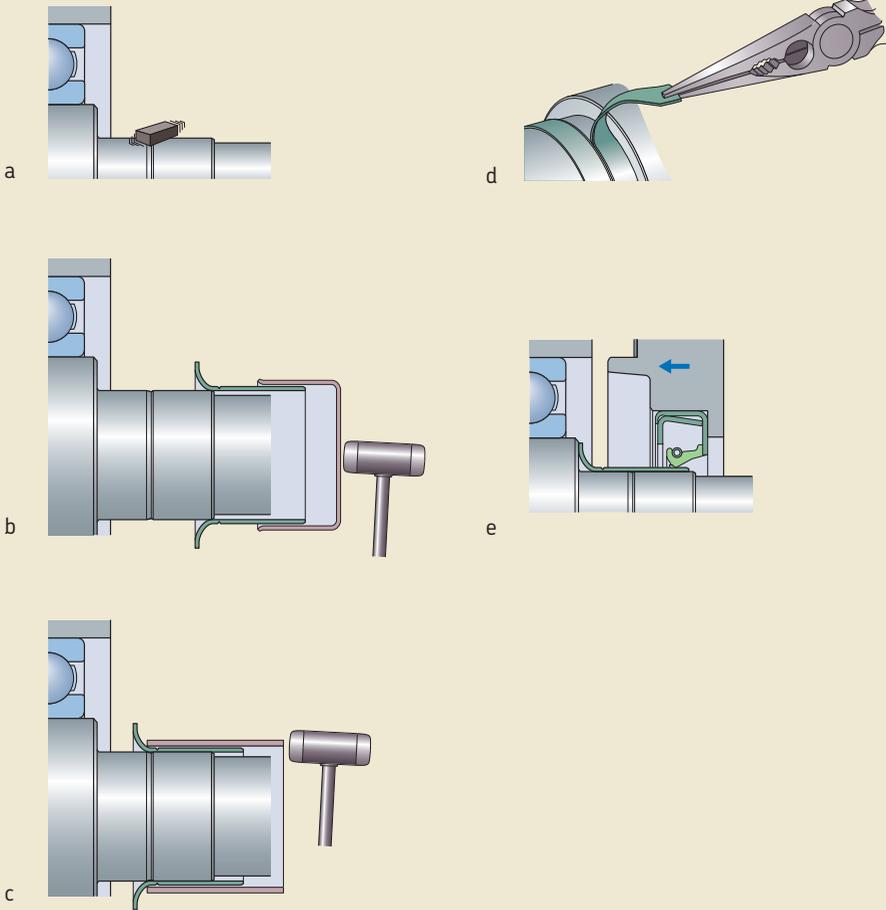
SKF SPEEDI-SLEEVE Wellen-Reparaturhülsen bieten eine schnelle, einfache und preisgünstige Möglichkeit, um die verschlissene Dichtungsgleitfläche auf der Welle zu reparieren. Dank dieser Hülsen braucht eine Maschine nicht zerlegt zu werden, um die Welle reparieren zu lassen, sodass sie erheblich zur Senkung der Kosten für Reparaturarbeiten und Stillstandszeiten beitragen. Ein weiterer Vorteil der SKF SPEEDI-SLEEVE Wellen-Reparaturhülsen ist die geringe Wandstärke von nur 0,28 mm.

Obwohl die Montage sehr einfach ist, sollte sie sehr sorgfältig durchgeführt werden, um später beste Betriebsergebnisse zu erzielen → **Bild 18**.

- 1 Reinigen Sie die Gegenlauffläche auf der Welle. Entfernen Sie eventuelle Unebenheiten (**a**); die Hülse darf nicht über Keilnuten, Löchern, Gewinden oder anderen Vertiefungen angeordnet werden.
- 2 Den Durchmesser der Dichtungsgleitfläche an unbeschädigter Stelle in drei um 120° versetzten Ebenen nachmessen. Anhand des arithmetischen Mittelwerts kann die Auswahl der geeigneten SKF SPEEDI-SLEEVE Wellen-Reparaturhülse erfolgen. Liegt der Mittelwert innerhalb des zulässigen Durchmesserbereichs einer Hülse, ist ein ausreichender Festsitz gewährleistet.
- 3 Die Einbaulage der SKF SPEEDI-SLEEVE Wellen-Reparaturhülse auf der verschlissenen Dichtungsgleitfläche bestimmen und genau darauf markieren. Die Hülse muss die beschädigte Stelle überdecken; ihre bündige Montage mit der Wellenschulter oder dem Wellenende reicht nicht aus.
- 4 Flache Einlaufspuren müssen nicht mit einer Spachtelmasse ausgeglichen werden. Optional können diese mit einer dauerelastischen Dichtpaste ausgefüllt werden. Rückstände dieser Dichtpaste auf der Welle oder der Hülse sind nach der Hülsenmontage zu entfernen.
- 5 Tiefe Einlaufspuren und Kerben empfiehlt SKF z. B. mit einer Spachtelmasse auszufüllen und die Hülse vor dem Aushärten dieses Werkstoffs zu montieren. Rückstände der Spachtelmasse auf der Welle oder der Hülse sind zu entfernen.

VORSICHT: Beim Einbau einer SKF SPEEDI-SLEEVE Wellen-Reparaturhülse niemals Wärme verwenden!

- 6 Der Flansch kann meist intakt bleiben. Wird er jedoch durch andere Systemkomponenten behindert, sollte er abgetrennt werden. Wenn er entfernt werden muss, schneiden Sie ihn an einer Stelle rechtwinklig zum Außendurchmesser ein. Die SKF SPEEDI-SLEEVE Wellen-Reparaturhülse mit dem Flansch voran an der Welle aufsetzen und die mitgelieferte Schlagkappe gegen den Flansch der Hülse ansetzen (**b**).
- 7 Die SKF SPEEDI-SLEEVE Wellen-Reparaturhülse mit leichten, zentrischen Schlägen gegen die Schlagkappe auf die Welle auftreiben. Falls die Schlagkappe zu kurz ist, kann stattdessen ein Rohrstück verwendet werden. Das Rohrstück muss ein ebenes und gratfreies Ende (**c**) aufweisen; der Innendurchmesser sollte dem der Schlagkappe entsprechen. Achten Sie darauf, dass die Funktionsfläche der Hülse nicht beschädigt wird.
- 8 SKF SPEEDI-SLEEVE Wellen-Reparaturhülsen sind stets so zu installieren, dass die Außenkante der Hülse auf dem vollen Wellendurchmesser aufsitzt, damit die scharfe Kante die Dichtung beim Einbau nicht beschädigt.
- 9 Ist der Flansch eingeschnitten, ziehen Sie ihn mit einer Schnabelzange von der Dichtungsgleitfläche ab (**d**) und rollen ihn auf. Achten Sie dabei darauf, dass das Hülsenende nicht von der Welle abgehoben wird, um eine gezackte Kante zu vermeiden. Der Flansch ist äußerst vorsichtig zu entfernen, um Schäden am Außendurchmesser der Hülse vorzubeugen.
- 10 Nach der Hülsenmontage ist das Wellenende, über das der neue Radial-Wellendichtring aufgeschoben wird, nochmals auf Beschädigungen hin zu überprüfen.
- 11 Bestreichen Sie die Oberfläche der Hülse und das Wellenende mit einem Gleitmittel. Als Gleitmittel sollte vorzugsweise der Schmierstoff verwendet werden, gegen den der Radial-Wellendichtring später abdichtet.
- 12 Fahren Sie nun mit dem Dichtungseinbau fort.
- 13 Beginnen Sie mit der Montage der neuen Dichtung, indem Sie den o. g. Anleitungen folgen, oder bauen Sie den Enddeckel mit einer neuen Dichtung wieder ein (**e**).



Einbau einer Reparaturhülse mit großem Durchmesser

SKF Reparaturhülsen mit großem Durchmesser (LDSLVL) werden angewärmt auf die Welle geschoben. Die Hülse muss vor dem Einbau mit einem geeigneten Gerät, z. B. einem SKF Induktions-Anwärmgerät, gleichmäßig auf etwa 180 °C erwärmt werden.

VORSICHT: Die Hülse darf nicht auf Temperaturen über 200 °C erwärmt werden.

Die Reparaturhülse ist sofort nach dem Anwärmen einzubauen, da sie schnell abkühlt und sich auf der Welle festsetzen könnte, bevor die richtige Einbauposition erreicht ist. Wenn die Hülse neu positioniert werden muss, achten Sie darauf, dass Sie den Außendurchmesser oder die Einführungsschräge nicht beschädigen.

Einbau einer großen geteilten Vollelastomerdichtung

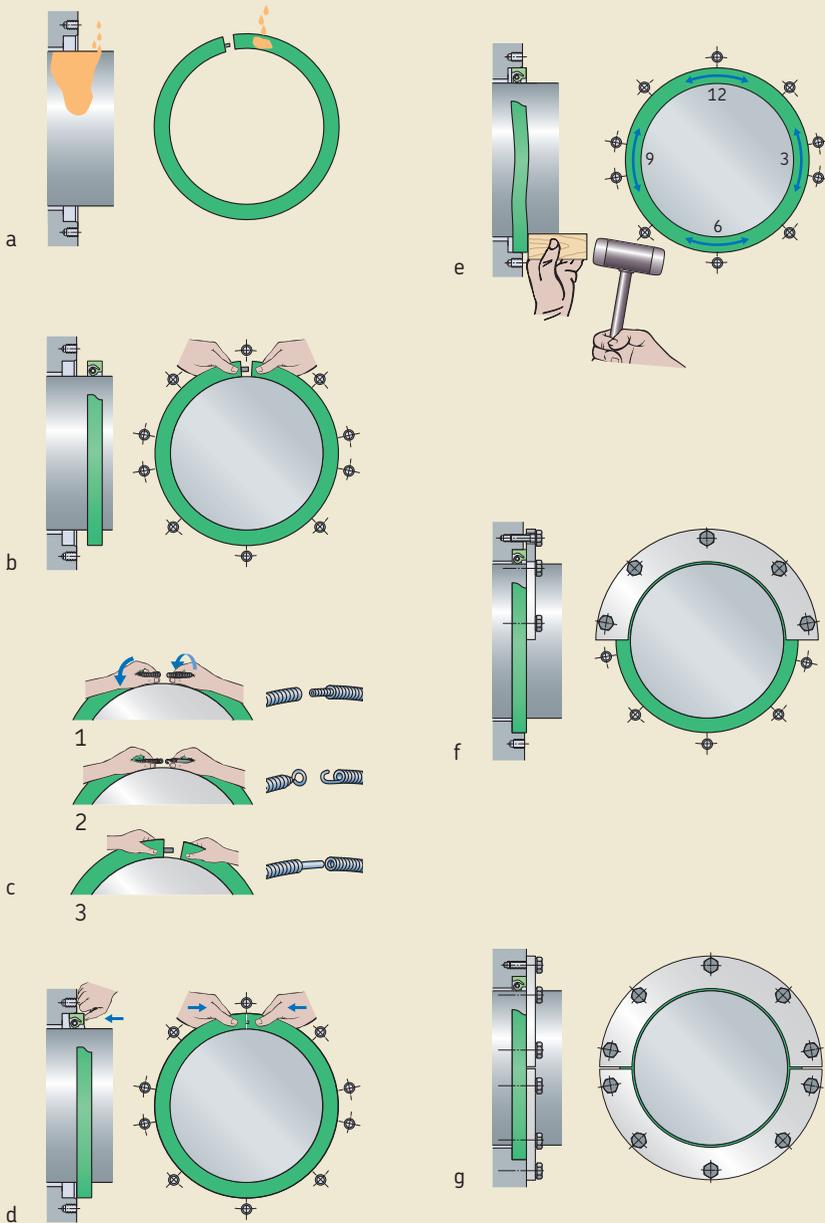
Beim Einbau einer geteilten Vollelastomerdichtung der Reihen HS6, HS7 und HS8 oder einer geteilten gewebeverstärkten Dichtung der Reihen HSF1, HSF2, HSF3 und HSF4 sind diese Hinweise zu befolgen (→ **Bild 19**).

- 1 Setzen Sie ggf. die Feder in die SKF Springlock-Federnut ein und verschieben Sie sie so, dass die Verbindung nicht an der Stoßanbindung liegt.
- 2 Tragen Sie eine dünne Schicht Schmierstoff auf Dichtlippen und Gegenlauffläche auf (**a**). Verwenden Sie hierfür denselben Schmierstoff, der auch in der Anwendung eingesetzt wird.
- 3 Achten Sie darauf, dass die Dichtlippe in die richtige Richtung weist (**b**).
- 4 Verbinden Sie die Enden der Zugfeder:
 - Bei Zugfedern mit Schraubverbindungen (**c1**), geeignet für Dichtungen der Serien HSF1, HSF2, HSF3 und HSF4, verdrehen Sie beide Federenden gegeneinander. Den Gewindebolzen an das Muttergewinde im anderen Federende ansetzen und verschrauben.
 - Bei Zugfedern mit Haken-Öse-Verbindungen (**c2**), geeignet für Dichtungen der HS6-Reihe und die meisten Dichtungen der HS8-Reihe, ziehen Sie die Federenden aufeinander zu und hängen den Haken in der Öse ein. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass die Zugfeder nicht überdehnt wird, was später die Funktion des Dichtrings beeinträchtigen könnte.
 - Bei Zugfedern mit Steckverbindungen (**c3**), geeignet für Dichtungen der HS7-Reihe, setzen Sie die beiden Enden des Dichtrings gegeneinander an. Dann stecken Sie den Stift in das andere Ende der Zugfeder ein. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass die Zugfeder nicht überdehnt wird, was später die Funktion des Dichtrings beeinträchtigen könnte.
- 5 Ordnen Sie den Dichtring mit der Stoßfuge in 12-Uhr-Stellung auf der Welle an und drücken Sie die Dichtung an der Stoßfuge in die Gehäusebohrung hinein (**d**).

- 6 Drücken Sie den Rest der Dichtung in Position und beginnen Sie an der 3- und 9-Uhr-Stellung (**e**). Beenden Sie den Vorgang gleichzeitig an der 6- und 12-Uhr-Stellung. Bei Wellendurchmessern von 1 200 mm und darüber kann es von Vorteil sein, den Dichtring zuerst in 12-, 3-, 6- und 9-Uhr-Stellung in der Gehäusebohrung festzusetzen, bevor die restlichen Abschnitte des Dichtrings positioniert werden.

VORSICHT: Es darf niemals nur ein Ende der Dichtung eingesetzt und der verbleibende Teil um die Welle gewickelt werden. Die Dichtung dehnt sich dann und macht den Einbau in die Gehäusebohrung schwierig oder ganz unmöglich.

- 7 Drücken Sie die Dichtung mithilfe eines kleinen Holzstücks in die Gehäusebohrung, bis sie an der Gehäuseschulter anliegt (**e**).
- 8 Überprüfen Sie die Dichtung, insbesondere die Stoßfuge.
- 9 Installieren Sie das Deckblech (**f** und **g**). Ziehen Sie die Befestigungsschrauben gleichmäßig fest, bis das Blech mit der Gehäuseseite abschließt.



Einbau von Dichtungslamellen

Dichtungslamellen – mit oder ohne beflachte Dichtscheibe (→ **Bild 20a**) – sollten stets wie in **Bild 21a** angeordnet werden, sodass die Pumpwirkung der Scheiben vom Lager weg gerichtet ist. Wenn Abstandsscheiben (→ **Bild 20b**) die Nachschmierung vereinfachen sollen, muss eine Abstandsscheibe angrenzend an den Innenring und die andere angrenzend an den Außenring montiert werden (→ **Bild 21b**).

- 1 Füllen Sie den freien Raum zwischen den beiden Scheiben mit einem wasserabweisenden Anti-Korrosions-Fett, z. B. SKF LGMT 2.
- 2 Bestreichen Sie die Bohrungs- und Mantelflächen mit Fett.
- 3 Platzieren Sie den Satz Dichtungslamellen an der richtigen Startposition. Achten Sie darauf, dass die Stirnseite der Gehäusescheibe am Lageraußenring anliegt (→ **Bild 21b**).
- 4 Drücken Sie einen Satz Dichtungslamellen gleichzeitig in die Gehäusebohrung und auf die Welle. Verwenden Sie dazu eine Hülse oder ein ähnliches Werkzeug, das auf beiden Scheiben aufliegt (→ **Bild 22**). Stellen Sie sicher, dass sich die Scheiben nicht verkanten.
- 5 Wenn mehrere Scheibensätze angrenzend aneinander montiert werden sollen, installieren Sie den ersten Satz, bevor Sie den nächsten einbauen.

Bild 20

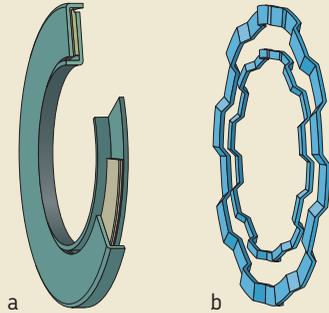


Bild 22

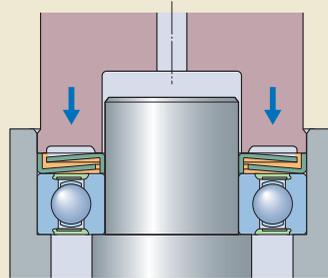


Bild 21

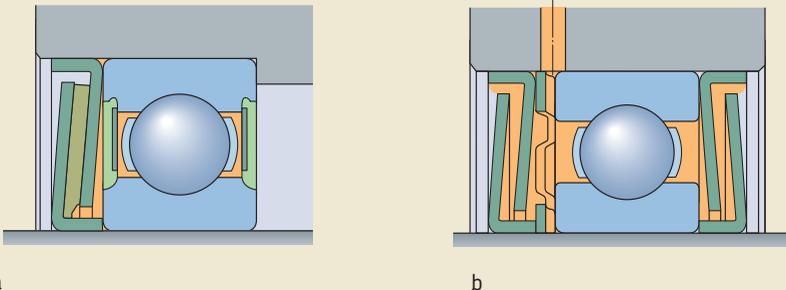
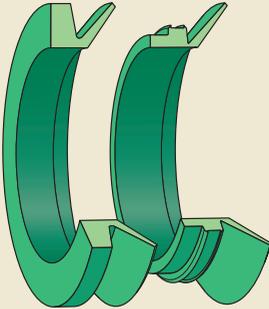


Bild 23



Einbau einer V-Ringdichtung

V-Ringdichtungen (→ **Bild 23**) sind elastisch und lassen sich dehnen. Die Montage dieser Dichtungen ist damit auch über Umbauteile hinweg sehr einfach (→ **Bild 24**). Wenn mehrere V-Ringe derselben Größe montiert werden sollen, können einfache Einbauwerkzeuge (→ **Bild 25**) angefertigt werden, um die Dichtung in eine bestimmte Tiefe zu drücken.

Achten Sie beim Einbau einer V-Ringdichtung darauf, dass sie gleichmäßig um die Welle herum sitzt und dass die Einbaubreite – von der Gegenlauffläche bis zur Rückseite des V-Rings – innerhalb der angegebenen Toleranzen liegt.

Bild 24

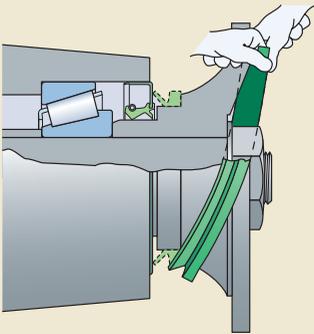
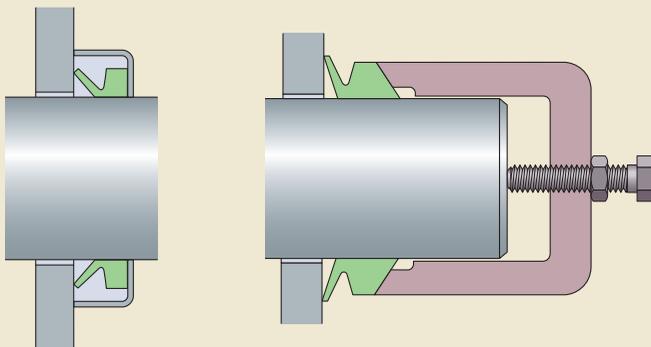


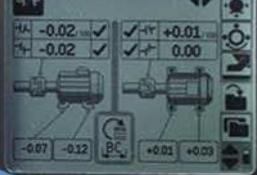
Bild 25





SKF

SKF Shaft Alignment Tool TX5A-02



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

Ausrichtung

Einführung	160	Riemenausrichtung	176
Maschinenaufstellung und -ausrichtung 161		Arten der Riemenschiefstellung	176
Qualität des Fundaments	161	Ausrichtungstoleranzen bei Riemen	176
Ausrichtungsziele	161	Riemenausrichtverfahren	176
Kippfuß	162	Traditionelle Riemenausrichtverfahren ..	176
Arten des Kippfußes	162	Riemenausrichtung per Laser	176
Untersuchung auf Kippfuß	162		
Ausgleichen	163		
Passplatten	163		
SKF Vibracon SM-Elemente	164		
Angepasste starre Passstücke	164		
Epoxidharz	165		
Anziehen der Schrauben	166		
Anzugsmoment und Vorspannung			
der Einheit	166		
Anziehwerkzeuge	166		
Wellenausrichtung	167		
Arten der Schiefstellung	167		
Messrichtlinien	167		
Stationäre und bewegliche Maschinen ..	167		
Ausrichtungsvorschriften	168		
Messpositionen	168		
Ausrichtungstoleranzen bei Wellen	169		
Wellenausrichtverfahren	170		
Traditionelle Wellenausrichtverfahren ..	170		
Wellenausrichtung per Messuhr	170		
Wellenausrichtung per Laser	172		
Ausrichtungsprozess	173		
Ausrichtung von Kardanwellen	175		
Ausrichtungstoleranzen bei Kardanwellen ..	175		
Ausrichtverfahren bei Kardanwellen	175		
Ausrichtung von Kardanwellen			
per Laser	175		

Einführung

Die Ausrichtung von Antriebssystemen und angetriebenen Maschinen ist eine wichtige Maßnahme bei der Erstinstallation und Instandhaltung. Die Maschinenausrichtung ist ein wesentlicher Faktor, um vorzeitige Lagerschäden und Folgeschäden an anderen Komponenten zu verhindern. Die Kosten für die ordnungsgemäße Ausrichtung von Maschinen sind relativ gering, wenn man sie mit den steigenden Instandhaltungskosten infolge des Versagens eines kritischen Ausrüstungsteils vergleicht.

Folgende Komponenten müssen ausgerichtet werden:

- Wellen
- Kardanwellen
- Offene Antriebe (Riemen-, Kettentriebe)
- Walzen und Zylinder, z. B. in Papiermaschinen

Die wichtigsten Ausrichtverfahren für Wellen, Kardanwellen und Riemen werden in diesem Kapitel vorgestellt.

Die Vorteile einer präzisen Ausrichtung sind u. a.:

- längere Lagergebrauchsdauer
- längere Dichtungsgebrauchsdauer
- längere Kupplungsgebrauchsdauer
- längere Wartungsintervalle
- verbesserte Energieeffizienz
- niedrigere Schwingungs- und Spannungspegel

Weitere Informationen über die Ausrichtung von Wellen, Kardanwellen und Riemen sowie von Walzen und Zylindern finden Sie unter www.aptitudexchange.com oder www.skf.com.

Das SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) veranstaltet eine Reihe von Schulungskursen zu Ausrichtungsverfahren (→ *Schulungen* ab **Seite 326**). Ihr SKF Ansprechpartner berät Sie gern. Weiterführende Informationen finden Sie auch unter www.skf.com/services.

Wellen- und Riemenausrichtungswerkzeuge sowie Passplatten erhalten Sie von SKF Maintenance Products (→ **Anhang K, Seite 419**). Weitere Informationen finden Sie unter www.mapro.skf.com.

Die SKF Ausrichtungsteams verfügen über langjährige Erfahrungen in diesem Bereich. Weitere Informationen finden Sie unter www.skf.com/services.

Bild 1

Maschinenaufstellung und -ausrichtung

Die ordnungsgemäße Ausrichtung von Antriebssystemen und angetriebenen Maschinen hängt weitgehend von der Qualität der Maschineninstallation ab. Eine optimale Installation trägt zu einem schnellen und problemlosen Ausrichtungsprozess mit präzisen Ergebnissen bei.

Für die optimale Installation sind mehrere Aspekte zu beachten:

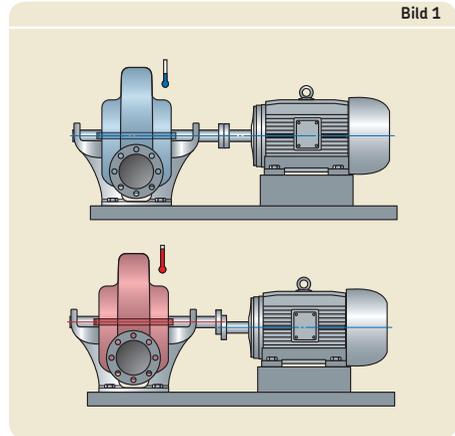
- Qualität des Fundaments
- Ausrichtungsziele
- Kippfuß
- Ausgleichen
- Anziehen der Schrauben

Qualität des Fundaments

Das wichtigste Element bei der Maschineninstallation ist ein Fundament, das die Ausrichtung zwischen Komponenten unter dynamischen Bedingungen unterstützt und aufrechterhält. Unabhängig davon, ob es sich um eine Neuinstallation oder die Neuausrichtung einer vorhandenen Maschine handelt, empfiehlt SKF Folgendes:

- 1 Untersuchen Sie das Fundament auf Risse, Abnutzung und schadhafte Schraubenbohrungen und führen Sie bei Bedarf eine Reparatur durch.
- 2 Entfernen Sie vorhandene Passplatten und Blöcke. Diese sind, falls unbeschädigt, vor der Wiederverwendung auf Rost zu untersuchen und bei Bedarf zu reinigen.
- 3 Entfernen Sie Rost, Farbe oder Öl von der Aufbaufläche des Fundaments.
- 4 Ersetzen Sie alle vorhandenen Befestigungsschrauben, wenn sie Korrosion oder Gewinbeschäden aufweisen.
- 5 Prüfen Sie die Ebenheit des Fundaments mit einem Laser. Die Ebenheit sollte der Toleranzklasse IT7 entsprechen.

HINWEIS: Vor dem Beginn eines Ausrichtverfahrens müssen alle Reparaturarbeiten abgeschlossen sein!



Ausrichtungsziele

Während des Betriebs erwärmen sich die Maschinenkomponenten und dehnen sich aus (→ Bild 1). Dieser Vorgang wird als Wärmedehnung bezeichnet und hängt vom Material und der Temperatur der Maschine ab.

Im Allgemeinen berechnen Maschinenbauer die Wärmedehnung und spezifizieren Ausrichtungsparameter, um dies auszugleichen. Diese Parameter werden üblicherweise an der Kuppelung als sogenannter Offset angegeben.

Zusätzlich zu den Hinweisen der Maschinenbauer empfiehlt SKF die Ausrichtung von Maschinen, wenn sie bezüglich Fundament, Gehäusen und Umgebungstemperatur temperaturstabil sind. Vor dem Ausrichtungsprozess dürfen die Temperaturunterschiede zwischen den Maschinengehäusen und ihren Fundamenten 10 bis 15 % nicht überschreiten. Stellen Sie darüber hinaus sicher, dass für die Ausrichtungsziele die tatsächlichen Temperaturen berücksichtigt werden (denn sie basieren häufig auf Schätzwerten der Umgebungstemperatur).

Ausrichtung

Kippfuß

Ein Kippfuß (→ **Bild 2**) beschreibt einen Zustand, bei dem die Maschine nicht fest auf ihrem Fundament steht. Ein Kippfuß wird typischerweise verursacht durch:

- Toleranzen bei der Fertigung von Maschine und Fundament
- verformte oder beschädigte Maschinen-Basisrahmen, die nur zum Teil auf ihrer Auflagefläche ruhen
- fehlerhafter Ausgleichsprozess

Arten des Kippfußes

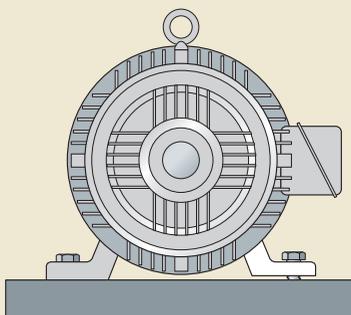
Es gibt zwei Arten von Kippfüßen (→ **Tabelle 1**)

- Fluchtungsprobleme
- Schiefstellungsprobleme

Bei einem Kippfuß ist die senkrechte Ausrichtung nicht möglich, da sich die Maschine während der Präzisionsausrichtung bewegen kann. Werden die Befestigungsschrauben angezogen, um einen Kippfuß auszugleichen, kann sich das Maschinengehäuse verformen und zu einer inkorrekten Ausrichtung führen, die einen vorzeitigen Lageausfall verursachen kann.

Sowohl Fluchtungs- als auch Schiefstellungsprobleme können mithilfe von SKF Vibracon SM-Elementen behoben werden. Weitere Informationen enthält der Abschnitt *Ausgleichen* ab **Seite 163**.

Bild 2



Untersuchung auf Kippfuß

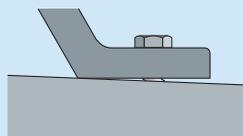
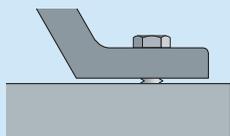
Ein Kippfuß lässt sich am besten mithilfe von Fühlerlehren feststellen, wobei vier Werte pro Fuß registriert werden. Mit dieser Methode können die Werte und die Art des Kippfußes mit hoher Genauigkeit ermittelt werden.

Um festzustellen, ob ein schwerwiegendes Kippfuß-Problem vorliegt, empfiehlt SKF den Einsatz von lasergestützten Verfahren.

Weitere Informationen finden Sie in den Abschnitten *Wellenausrichtung* ab **Seite 167** oder *Riemenausrichtung* ab **Seite 176**.

Tabelle 1

Arten des Kippfußes



Beschreibung **Fluchtungsprobleme**
Der Maschinenfuß steht parallel zum Maschinen-Basisrahmen, ruht jedoch nicht darauf. Dieses Problem wird auch „short foot“ genannt.

Korrektur Entfernen Sie den Spalt mithilfe von Passplatten.

Verwenden Sie SKF Vibracon SM-Elemente, um die Aufbaufläche für die Maschine vorzubereiten (→ *SKF Vibracon SM-Elemente*, **Seite 164**).

Beschreibung **Schiefstellungsprobleme**
Nur ein Teil des Maschinenfußes ruht auf dem Maschinen-Basisrahmen. Dieses Problem wird auch „angled foot“ genannt.

Justieren Sie den Winkel oder setzen Sie einen passenden Block (Keil) ein.

Verwenden Sie SKF Vibracon SM-Elemente, um die Einbafläche für die Maschine vorzubereiten (→ *SKF Vibracon SM-Elemente*, **Seite 164**).

Ausgleichen

Ausgleichen (Shimming) ist die Methode, um den Spalt zwischen der Auflagefläche und dem Maschinen-Basisrahmen zu füllen. Hierfür geeignete Elemente sind u. a.:

- Passplatten
- verstellbare Passstücke, z. B. SKF Vibracon SM-Elemente (→ **Bild 3**)
- individuell gefertigte Passstücke
- Vergießen mittels Epoxidharz, Pargel etc.

Das Ausgleichsverfahren richtet sich nach dem jeweils gewählten Passplattentyp. Einige Passplatten sind dafür ausgelegt, eine geeignete Montageebene für Neuinstallationen oder Reparaturen zu bilden. Andere werden für die Korrektur eines Kippfußes verwendet, um die Neuausrichtung einer vorhandenen Maschine vorzubereiten.

Passplatten

Passplatten sind mit hoher Genauigkeit gefertigte Blechunterlagen unterschiedlicher Dicke für die präzise Justierung der Gesamthöhe einer Maschine oder für den Ausgleich von Fluchtungsproblemen. Passplatten werden zwischen den Maschinenfüßen und der Auflagefläche eingepasst (→ **Bild 4**).

SKF empfiehlt die Verwendung von Passplatten aus nichtrostendem Stahlblech mit ausreichender Stärke und der Fähigkeit, gegenüber mehreren Medien korrosionsbeständig zu sein. Passplatten aus ungeeigneten Materialien wie Kupfer oder Messing sind im Allgemeinen zu weich und verformen sich plastisch. Dies führt zu Spiel und mit der Zeit eventuell zu Ausrichtungsproblemen.

SKF bietet Passplatten der TMAS-Reihe in fünf verschiedenen Größen mit jeweils zehn verschiedenen Stärken an (**Tabellen 2a und 2b, Seite 164**), für Befestigungsschrauben von bis zu 52 mm Durchmesser. Diese geschlitzten Passplatten aus hochqualitativem, nichtrostendem Stahlblech werden mit engen Toleranzen für eine präzise Ausrichtung gefertigt. Die Passplatten werden in 10-er Sätzen mit individueller Angabe der Stärke geliefert.



Bild 3

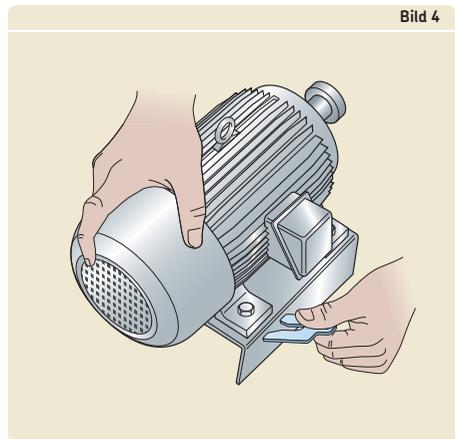


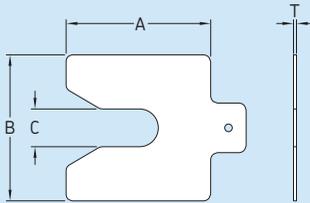
Bild 4

6

VORSICHT: Es dürfen nicht mehr als drei Scheiben aufeinander gestapelt werden. Ansonsten würde sich die Anzahl der Passflächen erhöhen und die empfohlene Schraubenvorspannung beeinträchtigen. Weitere Informationen zum Thema Verschraubung enthält der Abschnitt *Anziehen der Schrauben* auf **Seite 166**.

Tabelle 2a

SKF Passplatten der TMAS-Reihe



Kurzzeichen ^{1) 2)}	Abmessungen			T ²⁾
	A	B	C	
–	mm			
TMAS 50-xxx	50	50	13	xxx
TMAS 75-xxx	75	75	21	xxx
TMAS 100-xxx	100	100	32	xxx
TMAS 125-xxx	125	125	45	xxx
TMAS 200-xxx	200	200	55	xxx

¹⁾ 10 Passplatten pro Satz

²⁾ xxx bezieht sich auf die Stärke der Passplatte (→ Tabelle 2b)

Tabelle 2b

Stärke der Passplatten

Kurzzeichen	Abmessung	Toleranzen
	T	
–	mm	
005	0,05	± 0,010
010	0,10	± 0,020
020	0,20	± 0,025
025	0,25	± 0,025
040	0,40	± 0,030
050	0,50	± 0,030
070	0,70	± 0,040
100	1,00	± 0,040
200	2,00	± 0,045
300	3,00	± 0,150

SKF Vibracon SM-Elemente

SKF Vibracon SM-Elemente sind einbaufertige und universell einsetzbare höhenverstellbare Stahlpasstücke, die eine ausgezeichnete Montageebene bilden, vor allem bei möglichen Kippfuß-Problemen.

Die SKF Vibracon SM-Standardelemente (→ Bild 5) werden in zwei Ausführungen für Befestigungsschrauben mit einem Durchmesser von 12 bis 65 mm hergestellt:

- SKF Vibracon Original (a)
- SKF Vibracon Low Profile (b)

VORSICHT: SKF Vibracon SM-Elemente sind nicht für das Anheben von Maschinen vorgesehen! In diesen Fällen empfiehlt SKF die Verwendung von Hydraulikzylindern oder Hebeeinrichtungen.

Detaillierte Anweisungen für die Installation von SKF Vibracon SM-Elementen liegen den Elementen bei.

Angepasste starre Passtücke

Individuell gefertigte Stahlpasstücke sollten nur bei Reparaturen und unter folgenden Gegebenheiten verwendet werden:

- Die Ausrichtungshöhe ist zu niedrig für SKF Vibracon SM-Elemente.
- Die Ausrichtungshöhe ist zu hoch für Passplatten.
- Es liegt eine Schiefstellung vor.

Bauform und Größe der angepassten Blöcke (→ Bild 6) richten sich nach den Anwendungsbedingungen, z. B. Maschinengewicht und Art des Fundaments.

Epoxidharz

Epoxidharz wird vor allem zur Ausrichtung von Antriebsmaschinen verwendet. Epoxidharz wird üblicherweise zwischen Fundament und Maschinen-Basisrahmen gegossen (→ Bild 7) und eignet sich für Höhenanpassungen von 15 bis 100 mm.

Geeignete Harze härten relativ schnell aus und zeichnen sich durch einen guten Kompressionswiderstand, gute Extrusionsfestigkeit und Beständigkeit gegenüber Temperaturwechseln aus. Als Basismaterial empfiehlt SKF Epocast 36, ein 2-Komponenten-Gießharz.

Wenn Sie weitere Fragen zu Epoxidharzen haben, wenden Sie sich bitte an den Technischen SKF Beratungsservice.

Gießen von Epoxidharz

Entfernen Sie Farbe und Schmutz von der Auflagefläche. Kerben Sie die Auflagefläche ein, um Nuten zu erzeugen. Das Bohren flacher Löcher in verschiedenen Winkeln in die Auflagefläche führt zum gleichen Ergebnis. Dadurch verbindet sich das Epoxid mit dem Fundament.

Platzieren Sie ein Stück Schaumstoffschlauch durch den Maschinenfuß in das Fundament. Errichten Sie eine Barriere aus Sperrholz oder Schaum um den Maschinenfuß und bringen Sie zwischen der Barriere und der Auflagefläche eine Dichtfuge an. Tragen Sie ein Trennmittel (Silikonspray) auf Schaumstoffschlauch, Maschinen-Basisrahmen und Barriere auf. Füllen Sie den Bereich innerhalb der Barriere mit Harz bis gerade oberhalb der Unterkante des Fußes.

Bild 5



a) SKF Vibracon Original



b) SKF Vibracon Low Profile (flaches Profil)

6

Bild 6

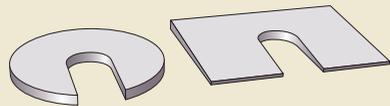
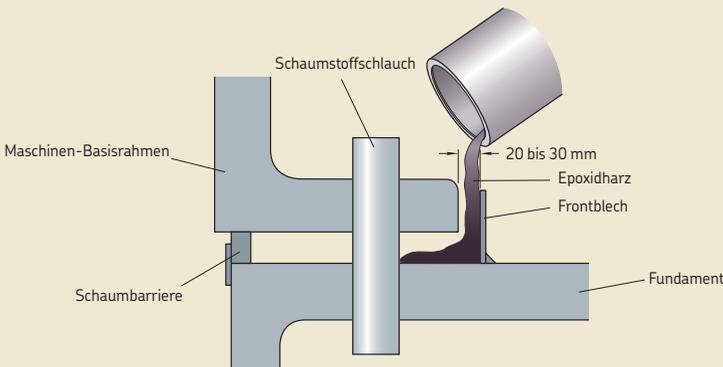


Bild 7



Anziehen der Schrauben

Die Verwendung des korrekten Drehmoments für eine Schraube während der Maschineninstallation ist von größter Bedeutung. Falsche Drehmomente können zu Maschinenbewegungen im Betrieb führen. Dies kann die Ursache für eine Schiefstellung der Welle sein, die schließlich zu vorzeitigen Schäden an Lagern und anderen Komponenten führt.

Im Allgemeinen legt der Maschinenbauer keine Anzugsmomente fest. Werden diese Werte nicht vom Maschinenbesitzer zur Verfügung gestellt, wenden Sie sich an den Technischen SKF Beratungsservice.

Anzugsmoment und Vorspannung der Einheit

Die Befestigungsschrauben sollten mit einer maximalen Vorspannung von 75 % der Streckgrenze angezogen werden.

Anziehwerkzeuge

Alle Schrauben und Muttern sind mit einem genauen Drehmomentschlüssel (in mindestens zwei Stufen) oder einem hydraulischen Vorspannwerkzeug anzuziehen. Für große Schrauben empfiehlt SKF, nach Möglichkeit HYDROCAM hydraulische Vorspannwerkzeuge (→ Bild 8) zu verwenden. Mit diesen Werkzeugen lassen sich Schrauben präzise installieren, ein Drehmomentschlüssel wird nicht benötigt. Die Vorspannwerkzeuge sorgen zudem für eine gleichmäßige Vorspannung der Baueinheit oder für eine gleichmäßige Schraubenvorspannung.

VORSICHT: Das Festziehen der Schrauben mit Handwerkzeugen ist ungenau und liefert keine reproduzierbaren Ergebnisse.

HYDROCAM hydraulische Vorspannwerkzeuge

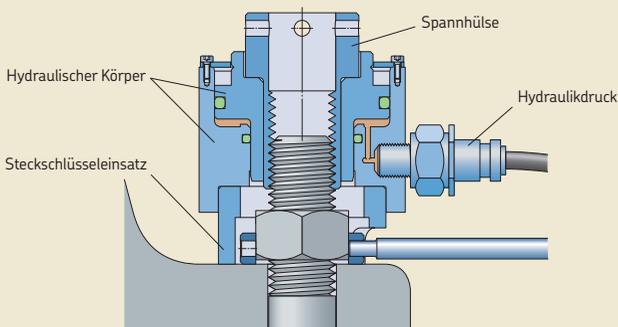
HYDROCAM hydraulische Vorspannwerkzeuge eignen sich für das Anziehen von Schrauben, bei denen das Ende über die Spannmutter hinausragt. Die Schraube wird durch Aufsetzen eines ringförmigen hydraulischen Geräts kaltfließgepresst. Sie wird dabei lediglich einer axialen Zugkraft ausgesetzt.

Die spannungsfreie Mutter wird dann mit äußerst geringem Kraftaufwand nach unten geschraubt und überträgt keinerlei Moment auf die Schraube. Wenn der Flüssigkeitsdruck im Vorspannwerkzeug nachlässt, wird die hydraulische Belastung des Werkzeugs größtenteils in die Mutter übertragen, und das Anziehen ist abgeschlossen.

Für ein Höchstmaß an Genauigkeit empfiehlt SKF das zweimalige Festziehen der Schraube und Festschrauben der Mutter.

Wenn Sie weitere Fragen zu den HYDROCAM hydraulischen Vorspannwerkzeugen haben, wenden Sie sich bitte an den Technischen SKF Beratungsservice.

Bild 8



Wellenausrichtung

Alle Wellen, ob gerade oder abgesetzt, drehen sich um eine Achse, die Rotationszentrum genannt wird. In einem Antriebsstrang erfolgt die stärkste Energieübertragung, wenn zwei miteinander verbundene Wellen kollinear sind, d. h. wenn die Rotationszentren der Wellen unter normalen Betriebsbedingungen eine gerade Linie bilden. Jegliche Abweichung von diesem kollinearen Zustand wird als Schiefstellung bezeichnet.

Die Vorteile einer präzisen Wellenausrichtung sind u. a.:

- minimal induzierte Lagerbelastungen, die eine optimale Lagergebrauchsdauer gewährleisten
- weniger Verschleiß von Riemen, Riemenscheiben, Kupplungen und Dichtungen, sodass längere Wartungsintervalle möglich sind
- geringere Reibungsverluste, Geräusch- und Schwingungspegel, die zu einer verbesserten Energieeffizienz führen
- verminderte Wellendurchbiegungen, die für niedrigere Schwingungs- und Spannungspegel sorgen

Arten der Schiefstellung

Es gibt zwei Hauptarten von Wellenschiefstellungen (→ **Bild 9**):

- Parallelversatz (a)
- Winkelversatz (b)

In der Praxis existieren häufig beide Schiefstellungsarten gleichzeitig.

Messrichtlinien

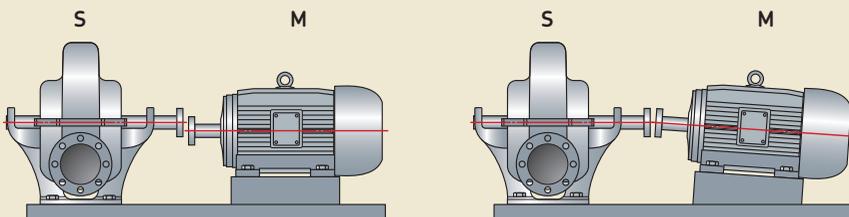
Stationäre und bewegliche Maschinen

Beim Ausrichten zweier Maschinen wird die eine als stationäre Maschine (S), die andere als bewegliche Maschine (M) bezeichnet (→ **Bild 9**). In den meisten Fällen ist die stationäre Maschine die angetriebene Einheit. Justierungen werden dann an der beweglichen Maschine vorgenommen, typischerweise einem Motor.

Manchmal ist es notwendig, beide Maschinen zu bewegen. Wenn beispielsweise die bewegliche Maschine entweder fundament- oder schraubengebunden ist, wird die stationäre Maschine etwas bewegt, um genaue Justierungen der beweglichen Maschine vorzunehmen.

6

Bild 9



a) Parallelversatz

Der Parallelversatz ist die Abweichung zwischen zwei Wellenrotationszentren, gemessen an der Ebene der Kraftübertragung von der Antriebs- zur angetriebenen Einheit (gemessen in Millimetern an der Kupplung). Die Richtung des Versatzes muss immer angegeben werden.

b) Winkelversatz

Als Winkelversatz wird der Unterschied zwischen den Neigungen der Wellen der Antriebs- und angetriebenen Einheiten bezeichnet, normalerweise dargestellt als Versatz pro Kupplungsdurchmesser (mm/mm). Eine in mm/100 mm ausgedrückte Winkeltoleranz kann für alle Wellen unabhängig vom Kupplungsdurchmesser verwendet werden.

Ausrichtung

Ausrichtungsvorschriften

Die Schiefstellung wird auf zwei Ebenen gemessen (→ **Bild 10**):

- waagrecht (von Seite zu Seite, entlang der X-Achse)
- senkrecht (nach oben und unten, entlang der Y-Achse)

Jede Ausrichtungsebene hat lineare und winklige Komponenten, sodass es tatsächlich vier Ausrichtungsvorschriften gibt, die gemessen und korrigiert werden müssen:

- waagerechter Versatz
- waagerechte Winkligkeit
- senkrechter Versatz
- senkrechte Winkligkeit

Messpositionen

Zur Definition der verschiedenen Messpositionen während des Ausrichtungsprozesses wird das Uhrenscheema verwendet, ausgehend von der Position hinter der beweglichen Maschine (M) mit Blick auf die stationäre Maschine (S) (→ **Bild 11**). Die Position mit den aufrecht platzierten Messeinheiten ist die 12-Uhr-Stellung, während 90° nach links und rechts als 9-Uhr-Stellung bzw. 3-Uhr-Stellung bezeichnet werden. Die 6-Uhr-Stellung liegt der 12-Uhr-Stellung gegenüber (nicht abgebildet).

Bild 12 zeigt, dass die auf senkrechter Ebene erfolgten Messungen, d. h. in der 12- oder 6-Uhr-Stellung, verwendet werden, um die senkrechte Schiefstellung zu bestimmen (**a**). Eine senkrechte Schiefstellung ist eine von der Seite sichtbare Schiefstellung, die durch Höhenjustierungen an den vorderen oder hinteren Füßen der beweglichen Maschine korrigiert werden kann.

Bild 10

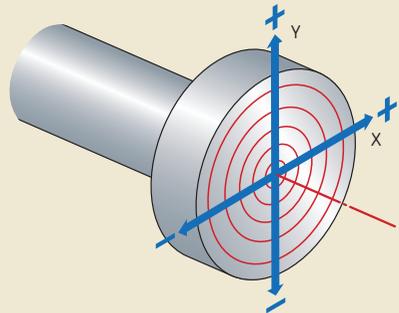


Bild 11

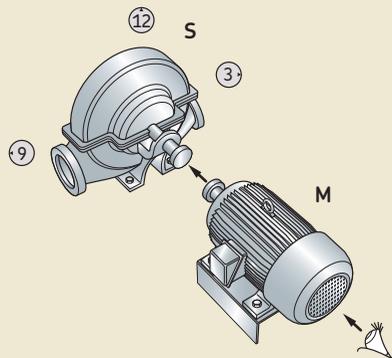
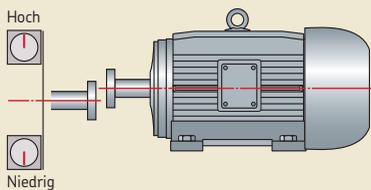
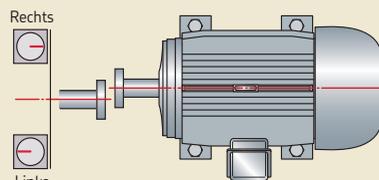


Bild 12



a) senkrechte Schiefstellung



b) waagerechte Schiefstellung

Messungen auf waagerechter Ebene, d. h. in der 9- oder 3-Uhr-Stellung, werden verwendet, um die waagerechte Schiefstellung zu ermitteln (b). Eine waagerechte Schiefstellung ist eine von oben sichtbare Schiefstellung, die durch eine seitliche Verschiebung der beweglichen Maschine korrigiert werden kann.

Ausrichtungstoleranzen bei Wellen

Ausrichtungstoleranzen bei Wellen basieren häufiger auf der Drehzahl der Welle als auf dem Wellendurchmesser oder den Spezifikationen des Kupplungsherstellers.

Der Maschinenbauer hat die Aufgabe, die erforderliche Ausrichtungspräzision zu spezifizieren. Stehen jedoch keine Spezifikationen zur Verfügung, können die allgemeingültigen Toleranzen in **Tabelle 3** herangezogen werden. Diese Toleranzen beziehen sich nicht speziell auf Lagerbauform, Maschinengröße, Antriebsdrehzahl oder Ausrüstungstyp und sollten lediglich als Richtwerte angesehen werden.

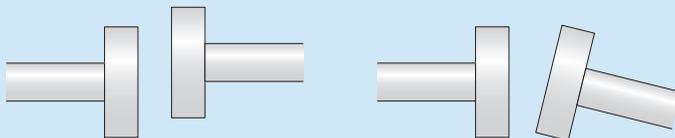
Zum Ausgleich von Wärmedehnungen geben Ausrüstungshersteller u. U. Temperaturunterschiedswerte an, die die thermische Ausdehnung während der Erstausrichtung berücksichtigen. Für das Ausrichtungsziel ziehen sie auch andere Faktoren in Betracht. Für die waagerechte Aus-

richtung einer Welle in einem Getriebe können beispielsweise die Getriebeanordnung und die verschiedenen Komponentenfunktionen herangezogen werden, um zu entscheiden, ob das Ziel von einer bestimmten Komponente abhängt.

HINWEIS: Im Allgemeinen nimmt die Bedeutung der präzisen Wellenausrichtung bei steigenden Drehzahlen zu.

Tabelle 3

Richtwerte für Ausrichtungstoleranzen bei Wellen



Betriebsdrehzahl		Toleranzen ¹⁾		Winkerversatz	
über	bis	Parallelversatz Sehr gut	Ausreichend	Sehr gut	Ausreichend
min-1		mm		mm/100 mm	
-	1 000	0,07	0,13	0,06	0,10
1 000	2 000	0,05	0,10	0,05	0,08
2 000	3 000	0,03	0,07	0,04	0,07
3 000	4 000	0,02	0,05	0,03	0,06
4 000	6 000	< 0,02	0,03	< 0,03	0,05

¹⁾ Die Toleranzen variieren je nach Lagerausführung, Maschinengröße und anderen Konstruktionsfaktoren.

Wellenausrichtverfahren

Für die Ausrichtung der Wellen zweier Maschinen stehen mehrere Verfahren zur Verfügung. Einige der wichtigsten Wellenausrichtverfahren werden in **Tabelle 4** verglichen und auf den **Seiten 170 bis 173** beschrieben.

SKF empfiehlt den Einsatz der Lasertechnologie, wann immer es möglich ist.

HINWEIS: Bei der Ausrichtung können Messungen am Wellenende oder am Rand der Flanschkupplung vorgenommen werden. Der Einfachheit halber wird in der Beschreibung der folgenden Verfahren nur der Flanschkupplungsrand erwähnt. Weitere Informationen über Ausrichtungsvorschriften und Messpositionen enthält der Abschnitt *Messrichtlinien* ab **Seite 167**.

Traditionelle Wellenausrichtverfahren

Traditionelle Ausrichtverfahren lassen sich schnell durchführen, sind jedoch oftmals ungenau. Bei diesen Methoden werden mechanische Werkzeuge wie Messdorne, Maßbänder, Drähte, Schnüre, Fühlerlehren, Wasserwaagen und Kalibrierkonen verwendet.

Wellenausrichtung per Messuhr

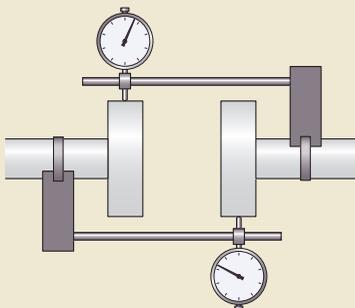
Messuhren kommen bei den folgenden wichtigen Ausrichtverfahren zum Einsatz (→ **Bild 13**):

- Doppelradialverfahren („Reverse-rim“) (a)
- Radial-/Axialverfahren („Rim-face“) (b)

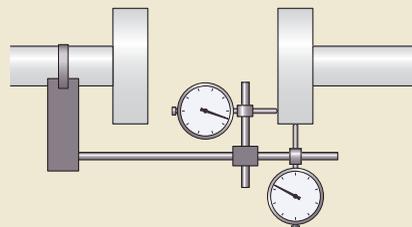
Das Doppelradialverfahren wird häufiger eingesetzt, da es ein „echtes“ Wellenausrichtverfahren ist. Bei diesem Verfahren werden zwei Messuhren verwendet, um Messungen an beiden Flanschcupplungsrändern vorzunehmen, um den Wellenversatz zwischen der stationären und der beweglichen Maschine zu ermitteln.

Beim Radial-/Axialverfahren wird eine Messreihe am Rand der Flanschcupplung durchgeführt, um den Wellenversatz zu bestimmen. Die zweite Messreihe wird an der Stirnseite der Flanschcupplung durchgeführt, um die Winkligkeit der Welle zu bestimmen.

Bild 13



a) Doppelradialverfahren



b) Radial-/Axialverfahren

Tabelle 4

Wellenausrichtverfahren				
Typ	Verfahren	Verwendung	Vorteile	Nachteile
Traditionell	Messdorn	Grobausrichtung	Einfache Ausrüstung Sofortige Messergebnisse Relativ schnell	Ungenau Messergebnisse basieren auf ungefährender Sichtprüfung und der Genauigkeit der Mantelflächen von Wellen oder Kupplungen Mehrere Wiederholungen erforderlich
	Doppelradialverfahren	Präzisionsausrichtung, wenn keine lasergestützte Ausrüstung zur Verfügung steht	Hohe Genauigkeit Ausrichtung mit allen Kupplungselementen in Position Versatz- und Winkligkeitsmessungen können gleichzeitig erfolgen	Erfordert Fachkenntnisse Zeitaufwändig Berechnungen erforderlich
	Radial-/Axialverfahren	Prüfung der Wellenplanlauf toleranz Präzisionsausrichtung, wenn keine lasergestützte Ausrüstung zur Verfügung steht	Hohe Genauigkeit Geeignet für große Kupplungen und bei begrenzten Einbaumaßen	Erfordert Fachkenntnisse Zeitaufwändig Berechnungen erforderlich
Laser	Einzellaser	Präzisionsausrichtung	Präzise bei Winkligkeitsmessungen über kurze Distanzen Werte werden automatisch von der Ausrüstung berechnet	Verfahren anfällig für Schlupf bei Bewegung der ungekuppelten Maschinen Neumessung nach jeder Bewegung erforderlich, da die Referenz verloren geht
	Zwillingslaser, z. B. mit SKF Wellenausrichtungswerkzeugen	Präzisionsausrichtung für große und kleine Wellen und für Messabstände bis zu 20 m	Sehr hohe Genauigkeit Keine Fachbediener erforderlich Zeigt Echtzeit-Ausrichtungswerte und aktualisierte Korrekturen an, wenn die Maschine ausgerichtet wird Erleichtert die Ausrichtung über lange Distanzen	

Ausrichtung

VORSICHT: Achten Sie darauf, dass Sie keine volle Umdrehung der Messuhr übersehen!

Wellenausrichtung per Laser

Die Ausrichtung per Laser beschleunigt die Wellenausrichtung und liefert eindeutig protokollierbare Ergebnisse.

Es gibt zwei Arten von Lasersystemen, die für die Ausrichtung eingesetzt werden:

- Einzellaser-System
- Zwillingslaser-System

Das Einzellaser-System hat einen einzelnen Laserstrahl und einen elektronischen Detektor mit einem Einzel- oder Doppelziel. Das Zwillingslaser-System bestehend aus Lasersender und Detektoreinheit basiert auf dem Doppelradialverfahren mit Messgerät.

Eine Ausrüstung mit Zwillingslaser-System, wie die SKF Wellenausrichtungswerkzeuge (→ Bild 14), wird empfohlen.

VORSICHT: Schweißarbeiten in der Nähe der Laserausrichtung oder an der Maschine, an der der Laser angebracht ist, sind nicht zulässig. Sie könnten die Laserdioden und die Elektronik schädigen.

Zwillingslaser-Verfahren mit SKF Wellenausrichtungswerkzeugen

Die Prüfung der Ausrichtung mithilfe von SKF Wellenausrichtungswerkzeugen erfolgt äußerst mühelos. Der Prozess umfasst normalerweise:



Bild 14

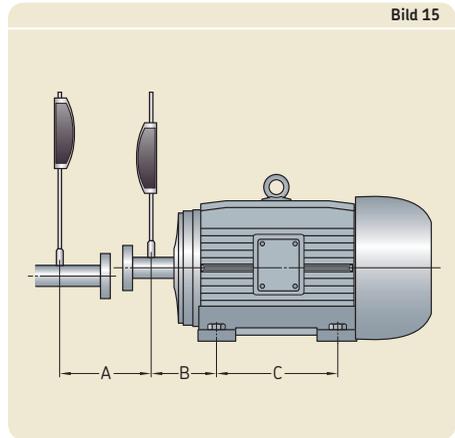


Bild 15

- Sicherung der Messeinheiten an der Welle
- Anschluss der Bedieneinheit
- Messen der Abstände A, B und C (→ Bild 15) und Eingabe der Werte in die Bedieneinheit

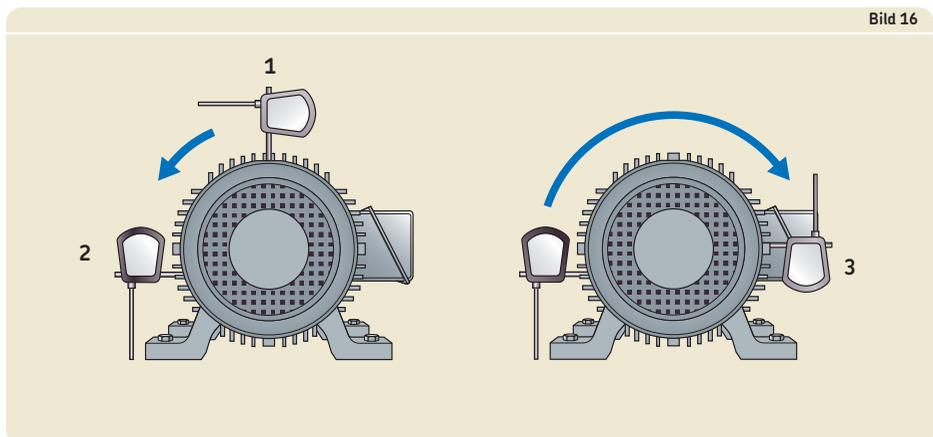


Bild 16

- Einstellung der Messeinheiten
- Bestimmung der Fußkorrekturwerte durch Messungen mit den Laserstrahlen an drei verschiedenen Punkten 1, 2 und 3 (→ **Bild 16**)
- Verwendung von Passplatten u. ä. für die notwendigen Justierungen

Detaillierte Anweisungen für die Verwendung der SKF Werkzeuge zur Ausrichtung von Wellen liegen der Ausrüstung bei.

VORSICHT: Die Messwerte von Lasersystemen unterliegen den Einflüssen von Variablen wie Wärme, Licht und Schwingungen. Um die Ausrichtung zu überprüfen und zu bestätigen, empfiehlt SKF, wie oben beschrieben eine erneute Messung vorzunehmen.

Ausrichtungsprozess

Der Ausrichtungsprozess ist von größter Bedeutung. SKF empfiehlt ein mehrstufiges Verfahren (→ **Bild 17**), um die Qualität des Endergebnisses sicherzustellen.

1. Vorbereitung

Die Vorbereitung ist eine wichtige Phase des Ausrichtungsprozesses und bildet die Grundlage dafür, dass die Ausrichtungsmaßnahmen reibungslos durchgeführt werden können. Die Definition des Problems, der anfängliche Arbeitsumfang, die bedingten Anweisungen und die Aufgabenverteilung sind eindeutig festzulegen.

Das Ergebnis der Vorbereitungsphase ist Folgendes: Alle bekannten Informationen sind deutlich auf einer Arbeitsliste angegeben und alle für die Inspektionsmaßnahmen benötigten Werkzeuge und Materialien stehen am Arbeitsort bereit.

2. Kontrolle

Das Ziel der Kontrolle ist die Erfassung aller Daten, die den aktuellen Zustand der Maschine beschreiben. Beispiele für typische Kontrollaktivitäten sind u. a.:

- Inspektion von Auflagefläche und Maschinen-Basisrahmen
- Messung des Kippfußes
- Messung der Planlauf toleranz beider Wellen
- Festlegung der stationären und der beweglichen Einheit
- Auswahl des Ausrichtungsmessverfahrens und Vorbereitung der Messgeräte

Weitere Informationen zu diesen Maßnahmen enthält der Abschnitt *Maschinenaufstellung und -ausrichtung* ab **Seite 161**.

3. Auswertung

Vergleichen Sie den aktuellen Istzustand mit dem angestrebten Sollzustand der Maschine. Dann entscheiden die verantwortlichen Personen über die geeigneten Maßnahmen für die gemessenen Abweichungen.

HINWEIS: Einige Abweichungen werden nicht umgehend nach der Auswertung korrigiert. Daher kommt es darauf an, die Daten dieser Ergebnisse aufzubewahren, um damit zukünftig korrigierende Maßnahmen in die Wege leiten zu können. Es kann eine zusätzliche Risikobewertung durchgeführt werden, um Verzögerungen bei der Durchführung der korrigierenden Maßnahme zu begründen.

Die Auswertungsphase liefert zu jedem Ergebnis eine eindeutige, von den Verantwortlichen autorisierte Entscheidung, welche korrigierenden Maßnahmen zu ergreifen sind, sowie eine Begründung jeder Entscheidung. Jede Aufgabe ist definiert, und alle für die Ausrichtung benötig-

Bild 17



VORSICHT!

Zum Schutz vor Arbeitsunfällen sind vor allen korrigierenden Arbeiten die vorgeschriebenen und erforderlichen Maschinenabschaltungen durchzuführen.

ten Werkzeuge und Werkstoffe stehen am Arbeitsort bereit.

4. Korrektur

Führen Sie erste Korrekturen durch, um die Schiefstellung zu korrigieren und die Genauigkeit der präzisen Ausrichtungsmessungen zu verbessern.

Bei dieser Grobausrichtung sollen die Mittellinien der Maschinenwellen so weit ausgerichtet werden, dass eine präzise Ausrichtungsmessung ermöglicht wird. Es gibt keine Regeln dafür, wie genau die grobe Ausrichtungsmessung sein sollte. Im Allgemeinen werden 1 mm senkrechter und waagerechter Versatz und ca. 0,1 mm/100 mm senkrechte und waagerechte Winkligkeit als „grob“ betrachtet. Um diese Anforderungen zu erfüllen, kann eines der traditionellen Ausrichtverfahren verwendet werden (→ *Traditionelle Wellenausrichtverfahren*, **Seite 170**).

Um die erforderliche Präzision der Wellenausrichtung zu erzielen, empfiehlt SKF den Einsatz eines Laserausrichtungssystems (→ *Wellenausrichtung per Laser* ab **Seite 172**). Steht keine Laserausrüstung zur Verfügung, können Messuhren verwendet werden.

HINWEIS: Der Probelauf der Maschine ist ein wichtiges Element der Ausrichtungskorrektur. Nach dem Probelauf ist eine abschließende Messung durchzuführen, um sicherzustellen, dass keine weiteren Korrekturen erforderlich sind. Darüber hinaus empfiehlt sich eine Schwingungsmessung mit Summenwertangaben.

SKF empfiehlt die Überprüfung der Wellenausrichtung bei neu installierter Ausrüstung nach drei bis sechs Monaten Laufzeit, da zwischen den Auflageflächen von Maschinenfuß und -fundament bzw. den Passplatten und -stücken ein Setzungsverhalten auftreten kann. Generell

sollte die Wellenausrichtung jährlich überprüft werden.

5. Berichten

Die Daten, die in der Korrekturphase gesammelt werden, stehen üblicherweise nicht in einem verwendbaren Format zur Verfügung, sodass eine Berichtsphase notwendig ist.

In der Berichtsphase soll ein klares, eindeutiges Dokument mit allen wichtigen Daten (in einem geeigneten Format) erstellt werden, auf dem weitere Analysen aufbauen können. Im Dokument müssen der Zeitaufwand für die Ausrichtung, die eingesetzten Ressourcen sowie jegliche Abweichungen von Standardverfahren enthalten sein.

6. Auswertung

In der letzten Phase des Ausrichtungsprozesses wird der Vergleich zwischen dem Istzustand und dem Sollzustand der Maschine analysiert. Die Maschinengeschichte (frühere Berichte und Spezifikationen) sowie die Maschinenrichtwerte (oder andere vergleichbare Daten) können herangezogen werden, um Rückschlüsse auf die Ursache eventueller Abweichungen zu ziehen.

Anhand der Auswertung können zusätzliche Verbesserungsmöglichkeiten identifiziert und eine Kosten-Nutzen-Analyse für die Zukunft durchgeführt werden.

Ausrichtung von Kardanwellen

In einer Kardanwelle wird die Kraft vom Antrieb zur angetriebenen Einheit über eine versetzte Zwischenwelle übertragen. Eine Kardanwelle hat üblicherweise ein Universalgelenk an jedem Wellenende.

Die am weitesten verbreitete Kardanwellenanordnung ist die Z-Konfiguration (→ **Bild 18**), vor allem in der Papierherstellung zu finden.

Warum müssen Kardanwellen präzise ausgerichtet werden?

Es ist ein weit verbreiteter Irrglaube, dass Kardanwellen grobe Ausrichtungsfehler tolerieren und daher keiner präzisen Ausrichtung bedürfen. Das Gegenteil ist der Fall: Mangelhaft ausgerichtete Kardanwellen können zu erhöhten Schwingungspegeln, Energieverlusten, vorzeitigem Verschleiß und sogar kompletten Ausfällen infolge von Abscheren führen.

Um diesen unerwünschten Folgen vorzubeugen, müssen Kardanwellen die gleichen Durchbiegungswinkel in den Gelenken aufweisen und Antriebs- und angetriebene Welle präzise ausgerichtet werden.

Ausrichtungstoleranzen bei Kardanwellen

Die Genauigkeit einer Laser-Ausrichtung von Kardanwellen hängt von den herstellerspezifischen Angaben zur Ausrichtgenauigkeit ab.

Ausrichtverfahren bei Kardanwellen

Bei der Ausrichtung von Kardanwellen ist die Korrektur des Winkelversatzes von Bedeutung, während der Parallelversatz keine Rolle spielt.

Für die Ausrichtungsmessung bei Kardanwellen stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Traditionelle Ausrichtverfahren, z. B. mithilfe von Messdornen, liefern nicht den gewünschten Präzisionsgrad. SKF empfiehlt den Einsatz der Lasertechnologie, wann immer dies möglich ist.

Bild 18

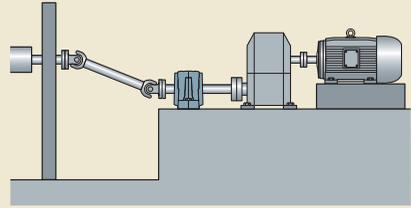
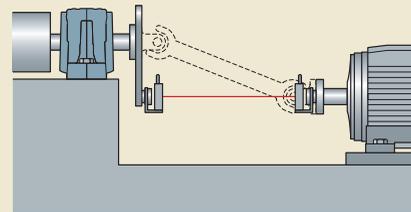


Bild 19



6

Ausrichtung von Kardanwellen per Laser

Der Trick bei der Ausrichtung von Kardanwellen ist die Unterdrückung des Versatzes durch Schaffung eines virtuellen oder „Pseudo“-Rotationszentrums parallel zur angetriebenen Welle (→ **Bild 19**).

Eine Grobausrichtung wird mithilfe eines Kardanbefestigungssatzes und eines geeigneten Laserwellenausrichtsystems mit der entsprechenden Software erzielt.

Detaillierte Anweisungen für die Verwendung von Laserausrichtungssystemen liegen der Ausrichtung bei.

Riemenausrichtung

Die Riemenausrichtung oder, genauer gesagt, die Riemenscheibenausrichtung, gehört zu den wichtigsten Instandhaltungsmaßnahmen. Wenn Riemenscheiben nicht korrekt ausgerichtet sind, entstehen zusätzliche Belastungen. Mithilfe der Riemenausrichtung sollen die Nuten der Antriebs- und angetriebenen Riemenscheibe ausgerichtet werden, sodass die Riemen mit minimalem Verschleiß laufen.

Die Vorteile einer präzisen Riemenausrichtung sind u. a.:

- längere Gebrauchsdauer von Riemen und Lagern
- niedrigere Schwingungs- und Geräuschpegel
- Energieeinsparung

Arten der Riemenschiefstellung

Wenn die Nuten der Riemenscheiben nicht ausgerichtet sind, geraten die Riemen in Schiefstellung. Es gibt drei Arten der Riemenschiefstellung (→ **Tabelle 5**), die in der Praxis auch gleichzeitig auftreten können.

VORSICHT: Wenn die Riemenschiefstellung nicht korrigiert wird, hält der neue Riemen nur so lange wie sein Vorgänger!

Ausrichtungstoleranzen bei Riemen

Riemenhersteller empfehlen in der Regel einen maximalen Schiefstellungswinkel von 1,0 bis 0,25°. Diese Genauigkeit lässt sich nur mit Präzisionsausrichtungswerkzeugen wie Lasersystemen erzielen.

Riemenausrichtverfahren

Es gibt zwei Möglichkeiten, um Riemenscheiben auszurichten: mithilfe von traditionellen oder laserunterstützten Werkzeugen. Die wichtigsten Riemenausrichtverfahren werden in **Tabelle 6** verglichen und nachstehend beschrieben.

SKF empfiehlt den Einsatz der Lasertechnologie, wann immer es möglich ist.



Traditionelle Riemenausrichtverfahren

Traditionelle Ausrichtverfahren lassen sich schnell durchführen, sind jedoch oftmals ungenau. Bei diesen Methoden werden mechanische Werkzeuge wie Messdorne, Maßbänder, Drähte, Schnüre, Fühlerlehren, Wasserwaagen und Kalibrierkonen verwendet.

Riemenausrichtung per Laser

Im Gegensatz zu den traditionellen Riemenausrichtungswerkzeugen erlauben laserunterstützte Systeme Messungen und Ausrichtungen mit einem Höchstmaß an Präzision.

Laserausrichtungswerkzeuge für Riemen sind entsprechend dem auszurichtenden Riemenscheibenteil gruppiert:

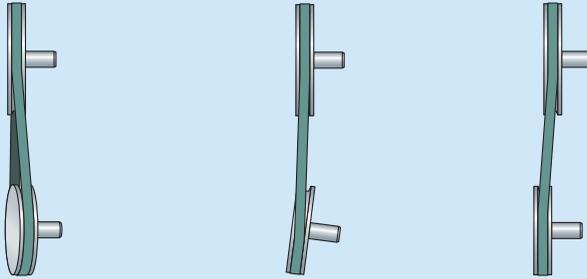
- Nuten der Riemenscheibe
- Stirnseiten der Riemenscheibe

Laserausrichtungssysteme für Riemenscheiben-nuten wie das SKF Riemenausrichtungswerkzeug (→ **Bild 20**) sorgen für eine größere Genauigkeit als die Systeme für Riemenscheibenstirnseiten. Die Ausrichtung der Nuten wird außerdem bevorzugt, da Riemenscheiben unterschiedlicher Stärken, Marken, Typen oder Stirnseitenqualitäten dennoch exakt ausgerichtet werden können.

Detaillierte Anweisungen für die Verwendung des SKF Riemenausrichtungswerkzeugs liegen der Ausrüstung bei.

Tabelle 5

Arten der Riemenschiefstellung

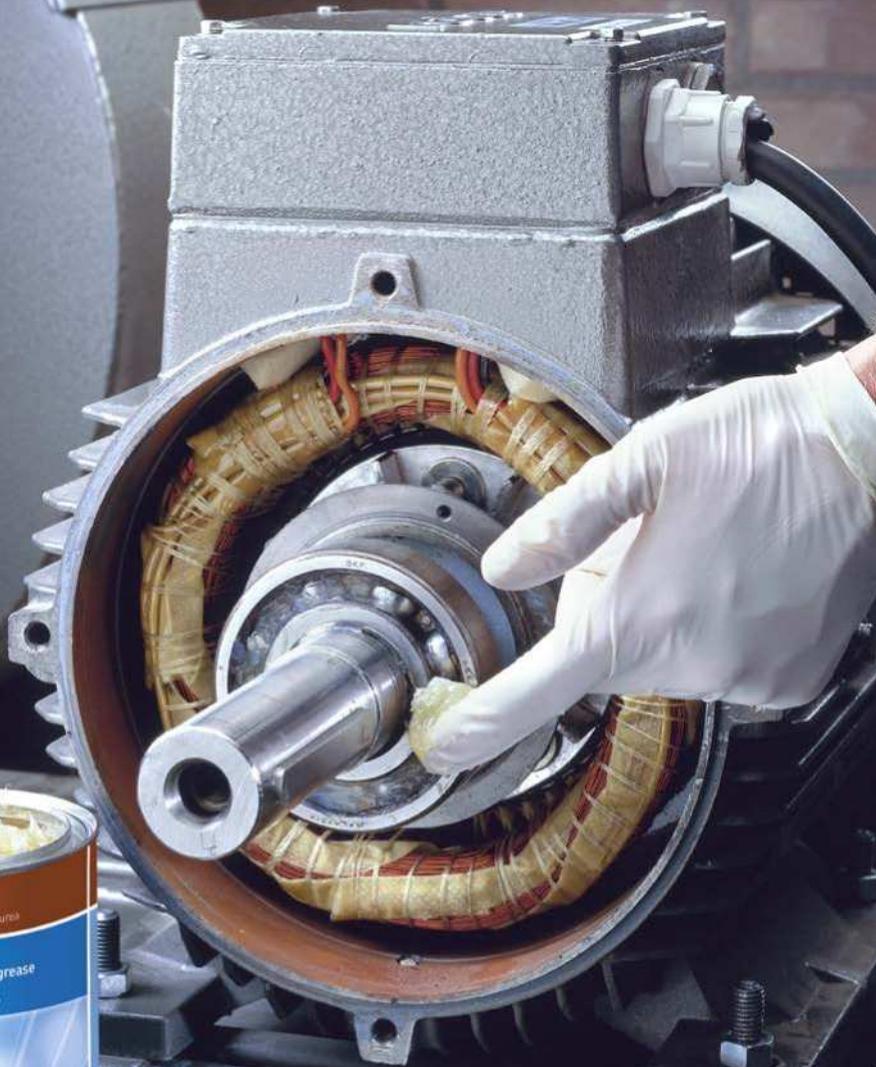


	Senkrechte (verdrehte) Fehlausrichtung	Waagerechte Fehlausrichtung	Parallelversatz
Beschreibung	Die Wellen der Antriebs- und angetriebenen Riemenscheiben sind parallel, doch eine der Riemenscheiben ist auf der senkrechten Ebene verdreht.	Die Wellen der Antriebs- und angetriebenen Riemenscheiben sind nicht parallel.	Die Wellen der Antriebs- und angetriebenen Riemenscheiben sind parallel, doch eine der Riemenscheiben liegt zu weit vorne (oder zu weit hinten).
Ursache	Die bewegliche Maschine ist auf der senkrechten Ebene nicht korrekt positioniert.	Die bewegliche Maschine ist auf der waagerechten Ebene nicht korrekt positioniert.	Die bewegliche Maschine ist nicht korrekt positioniert. Eine der Riemenscheiben ist nicht korrekt auf ihrer Welle ausgerichtet.
Korrektur	Passen Sie die Höhe der vorderen oder hinteren Füße der beweglichen Maschine an.	Schieben Sie die Vorder- oder Rückseite der beweglichen Maschine zur Seite.	Bewegen Sie die bewegliche Maschine vor oder zurück. Bewegen Sie eine der Riemenscheiben entlang der Welle vor oder zurück.

6

Tabelle 6

Riemenausrichtverfahren				
Typ	Verfahren	Verwendung	Vorteile	Nachteile
Traditionell	Messdorn	Grobausrichtung	Einfache Ausrüstung	Ungenau
	Schnur- oder Drahtlänge		Sofortige Messwerte Relativ schnell	Messwerte basieren auf ungefährer Sichtprüfung und der Genauigkeit der Riemenscheibenstirnseite Mehrere Wiederholungen erforderlich
Laser	Stirnseitenausrichtung	Grobausrichtung	Hohe Genauigkeit	Genauigkeit abhängig von der Qualität der Riemenscheibenstirnseite
		Präzisionsausrichtung	Auch für Zahnriemen verwendbar Keine Fachkenntnisse erforderlich	
	Ausrichtung der Nuten, z. B. mit dem SKF Riemenausrichtungswerkzeug	Präzisionsausrichtung	Sehr hohe Genauigkeit Keine Fachkenntnisse erforderlich Gleichzeitige Überwachung aller drei Schiefstellungszustände Korrekturen in Echtzeit	Keine



Schmierung

Einführung	180	Ölschmierung	203
Schmierungsmanagement	180	Was enthält ein Öl?	203
Kontrolle, Handhabung und Entsorgung von Schmierstoffen	181	Grundöl	203
Schmierfett kontra Öl	182	Zusätze	203
Alternative Schmierstoffe	182	Ölviskosität	203
Fettschmierung	183	Auswahl eines geeigneten Öls	203
Was enthält ein Schmierfett?	183	Ölauswahlprozess	204
Grundöl	183	Zusätzliche Öl-Auswahlhilfen	207
Dickungsmittel	183	Ölschmiersysteme	207
Zusätze	184	Arten von Ölschmiersystemen	207
Funktionsweise von Schmierfett in Lagern	184	Wartung von Ölschmiersystemen	207
Interpretation von Schmierfett-Datenblättern	184	Kettenöle	209
Schmierfett-Eigenschaften	185	Ölkompatibilität	210
Schmierfette und Lager- Betriebsbedingungen	187	Ölanalyse	210
Schmierfett-Leistungstests	188	Ölprobe	210
Auswahl eines geeigneten Fetts	189	Verunreinigung und Filterung	211
Schmierfett-Auswahlhilfen	189	SKF Ölschmierstoffe	212
Schmierung von Lagern und zugehörigen Komponenten bei der Erstinbetriebnahme	189	Zentralschmiersysteme	213
Der optimale Schmierungszeitpunkt	189	Auswahl des geeigneten Schmierstoffs	213
Die richtige Menge	190	Arten von Zentralschmiersystemen	213
Schmierungstechniken beim Einbau	191	Verbrauchsschmiersysteme	214
Das Einlaufen fettgeschmierter Lager	191	Ölumlaufschmiersysteme	214
Nachschmieren	192		
Schmierfristen	192		
Nachschmierverfahren	194		
Erneuerung	198		
Schmierfettkompatibilität	200		
Kompatibilität zwischen Schmierfetten	200		
Kompatibilität zwischen Schmierfetten und Lagerwerkstoffen	202		
Kompatibilität zwischen Schmierfetten und SKF Lager-Korrosionsschutzmitteln	202		
SKF Schmierfette	202		

Einführung

Um die Gebrauchsdauer einer Lagerung zu optimieren, muss die korrekte Menge eines geeigneten Schmierstoffs zur rechten Zeit zugeführt werden. Sowohl eine zu geringe als auch eine zu große Menge Schmierstoff wirken sich negativ auf die Lagerleistung aus. Das Ergebnis kann in beiden Fällen das gleiche sein: vorzeitiger Lagerausfall und teure Maschinenstillstände.

Unzureichende Schmierung ist verantwortlich für etwa 36 % aller Lagerausfälle. Dazu gehören folgende Ausfallsachen:

- ungeeignete Schmierstoffauswahl
- zu wenig Schmierstoff
- zu viel Schmierstoff
- unangemessene Schmierfristen
- Lager bleibt ohne Schmierstoff aufgrund von mangelhafter Anordnung der Lagerung, falscher Maschinenmontage oder blockierten Leitungen

Kommen dann noch Lagerausfälle durch eine verunreinigte Schmierstoffzufuhr hinzu, kann der Prozentsatz der schmierungsbedingten Lagerausfälle auf bis zu 50 % ansteigen.

Eine effektive Schmierung und geeignete Schmiervverfahren können zu einer wesentlichen Reduzierung der vorzeitigen Lagerausfälle und Maschinenstillstände führen. Um dieses Ziel zu erreichen, bietet SKF ein umfangreiches Sortiment an Schmierstoffen und Schmiersystemen sowie Programmen an, die die Schmierstoffauswahl und Festlegung von Schmierfristen erleichtern.

In diesem Kapitel wird nur die Schmierung von Wälzlagern beschrieben. Informationen zur Schmierung anderer Lagerbauformen entnehmen Sie dem *Interaktiven SKF Lagerungskatalog* unter www.skf.com oder wenden Sie sich an den Technischen SKF Beratungsservice.

Nähere Informationen über SKF Produkte für Wartung und Schmierung sowie Werkzeuge finden Sie unter www.skf.com/lubrication und www.mapro.skf.com.

Informationen über die SKF Programme LuBASE, DialSet und SKF Lubrication Planner finden Sie unter www.skf.com/lubrication oder www.apitudexchange.com.

Das SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) veranstaltet eine Reihe von Schulungskursen zur Schmierung (→ *Schulungen ab Seite 326*). Ihr SKF Ansprechpartner berät Sie gern. Weiterführende Informationen finden Sie auch unter www.skf.com/services.

Schmierungsmanagement

In einer Anlage mit Hunderten oder sogar Tausenden von Schmierstellen ist die Planung nicht immer einfach. Doch auch wenn nur einige wenige Schmierstellen zu berücksichtigen sind, müssen alle schmierungsrelevanten Informationen organisiert und dokumentiert sowie ein detailliertes Schmierungsmanagement-Programm implementiert werden. Hierbei sind u. a. folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Versorgung mit und Aufbewahrung von Schmierstoffen
- Ressourcen: Ausrüstung und Personal
- Schmierpläne und -takte
- Schmierstoffanalyse und -überwachung
- automatische kontra manuelle Schmierung

Der SKF Lubrication Planner, verfügbar unter www.skf.com/lubrication, ist eine anwenderfreundliche Software, die alle grundlegenden Funktionen für die zielorientierte Erstellung und Verwaltung eines Schmierplans enthält.

Kontrolle, Handhabung und Entsorgung von Schmierstoffen

Kontrolle von Schmierstoffen

Unabhängig vom Herstellungsdatum sollten Schmierfette und Öle vor ihrer Verwendung einer Sichtprüfung unterzogen werden.

Untersuchen Sie Schmierfett auf unnormale Ölabscheidungen und jegliche Anzeichen von Schimmelbildung, Wassergehalt oder Verfärbungen.

Öl ist auf Wasser oder Verfärbungen zu untersuchen. Wenn das Öl trüb aussieht, deutet dies in der Regel auf eine Verunreinigung mit Wasser hin.

HINWEIS: Bei der Sichtprüfung von Schmierfett ist zu berücksichtigen, dass eine geringe Ölabscheidung durchaus normal ist.

Empfehlungen zur Schmierstoffhandhabung

Der korrekte und zweckmäßige Umgang mit Schmierstoffen ist von größter Bedeutung. SKF empfiehlt folgende Maßnahmen:

- Wischen Sie die Ränder der Schmierstoffbehälter ab, bevor Sie sie öffnen, um das Eintreten von Verunreinigungen zu vermeiden.
- Verwenden Sie saubere Behälter, wenn Sie Schmierstoffe zuführen.
- Verwenden Sie Profiwerkzeuge.

VORSICHT: Der Direktkontakt mit benzinhaltigen Produkten kann zu allergischen Reaktionen führen. Lesen Sie die Sicherheitsdatenblätter vor der Handhabung von Schmierstoffen und tragen Sie stets Schutzhandschuhe.

Sicherheitsdatenblätter

Sicherheitsdatenblätter (SDB) liefern wichtige Informationen über die physikalischen und chemischen Eigenschaften eines Schmierstoffs. Sie informieren zudem über empfohlene Schutzmaßnahmen und Vorkehrungen zur Expositionsbegrenzung.

HINWEIS: Sicherheitsdatenblätter für SKF Lagerschmierfette sind online unter www.mapro.skf.com verfügbar.

Schmierstoffentsorgung

Die unzureichende Entsorgung von Schmierstoffen kann schädliche Auswirkungen auf die Umwelt haben. Entsorgen Sie sämtliche Schmierstoffe entsprechend den nationalen und örtlichen Bestimmungen und achten Sie dabei auf die Einhaltung der Umweltsicherheitsmaßnahmen.

Schmierfett kontra Öl

Schmierfett ist der am weitesten verbreitete Schmierstoff für Wälzlager, da es gegenüber Öl viele Vorteile bietet und normalerweise kosteneffizienter ist.

Weniger als 20 % der Wälzlager sind ölgeschmiert.

Es kommt vor allem darauf an, den Schmierstoff auf die Anwendung und die Betriebsbedingungen abzustimmen, doch müssen auch Schmierstoffbereitstellungsmethode, Installation und Instandhaltung beachtet werden. Bei der Entscheidung zwischen Fett- und Ölschmierung sind viele Faktoren zu berücksichtigen (→ **Tabelle 1**).

Alternative Schmierstoffe

In einigen Anwendungen bietet Solid Oil Vorteile, die Fett oder Öl alleine nicht haben. Solid Oil ist eine ölgetränkte Polymer-Matrix, die den freien Raum im Lager völlig ausfüllt. Solid Oil wurde speziell für Anwendungen entwickelt, bei denen die herkömmliche Schmierung zuvor nicht erfolgreich war oder nicht eingesetzt werden konnte, z. B. in Lageranordnungen mit begrenzter Zugänglichkeit.

Viele SKF Wälzlager und Lagereinheiten können mit Solid Oil geschmiert werden. Die Lager sind mit dem Nachsetzzeichen W64 gekennzeichnet.

Bei Anwendungen mit extremen Temperaturen, z. B. Aufwärm- und Drehöfen, können die hohen Temperaturen dazu führen, dass normale

Tabelle 1

Auswahlvergleich zwischen Fett und Öl

Auswahlkriterien		Vorteile/Nachteile Schmierfett	Öl
Anwendung und Betriebsbedingungen	Zugehörige Komponenten	Lager und zugehörige Komponenten müssen getrennt aufbewahrt werden	Lager und zugehörige Komponenten können ggf. mit demselben Öl geschmiert werden
	Dichtungslösung	Verbessert die Dichteffektivität von Gehäusen	Kein Dichtungsvorteil
	Betriebstemperatur	Kein Kühlungsvorteil Betriebstemperaturgrenzen	Hilft bei der Kühlung Für hohe Betriebstemperaturen geeignet
	Drehzahlkennwert	Drehzahlbegrenzungen	Für hohe Betriebsdrehzahlen geeignet
	Wellenausrichtung	Für senkrechte Wellen geeignet	In der Regel nicht für Radiallager auf senkrechten Wellen geeignet
	Lebensmittelverträglichkeit	Geringe Verunreinigungsgefahr durch Leckagen	Aufgrund der Leckagegefahr sollten nur lebensmittelverträgliche Öle verwendet werden
Installation und Wartung	Installation	Schnell Relativ preiswert	Zeitaufwändig Teuer (Pumpen, Bäder usw. erforderlich)
	Schmierstoffrückhaltung und -leckage	Sehr gutes Rückhaltevermögen in Lagergehäusen	Leicht zu regulierende Schmierstoffmenge Leckage wahrscheinlich
	Kontrolle	Kontrolle während des Betriebs schwierig	Ölpegel muss aufrechterhalten werden
	Anwendung des Schmierstoffs	In der Regel einfach anzuwenden	Zeitaufwändig
	Schmierstoffwechsel	Entfernen des gesamten Fetts schwierig, doch kein Problem bei kompatiblen Fetten	Vollständiges Ablassen sowie Auffüllen der Schmierstoffbehälter problemlos
	Verunreinigungskontrolle	Kontrolle der Verunreinigung schwierig	Filterung und Rekonditionierung möglich
	Qualitätskontrolle	Überwachung schwierig	Überwachung einfach

Schmierstoffe schmelzen oder verdampfen. Für diese anspruchsvollen Umgebungen bietet SKF zwei Trockenschmierungsalternativen an:

- Lager mit einer festen graphitbasierten Schmierstoffverbindung, Nachsetzzeichen VA201, VA210 oder VA2101
- Lager mit selbstschmierendem Graphitkäfig, Nachsetzzeichen VA208 oder VA228

HINWEIS: Mit Solid Oil, Graphitfeststoff oder Graphitpaste gefüllte Lager brauchen nicht nachgeschmiert zu werden.

Fettschmierung

Was enthält ein Schmierfett?

Schmierfett kann auch als „eingedicktes Öl“ umschrieben werden. Wälzlager-Schmierfett ist in der Regel ein Stoffgemisch aus Grundöl in einem Dickungsmittel plus Zusätze. Durch die unterschiedliche Zusammensetzung dieser Inhaltsstoffe ist es möglich, verschiedenste Schmierfette für ein breites Anwendungsspektrum herzustellen.

Grundöl

Schmierfett besteht zu 70 bis 95 % aus Grundöl, das in drei Kategorien eingeteilt werden kann:

- mineralisch
- synthetisch
- natürlich

Mineralische Grundöle sind raffinierte Erdölprodukte. Die Grundöle im Schmierfett sind normalerweise Mineralöle, da sich diese für die meisten Anwendungen eignen.

Unter besonderen Betriebsbedingungen, z. B. extrem niedrigen oder hohen Betriebstemperaturen, sind synthetische Grundöle vorzuziehen. Synthetische Grundöle basieren nicht auf Erdöl.

Natürliche Grundöle, d. h. tierische und pflanzliche Öle, werden üblicherweise nicht für Wälzlager verwendet, da die Gefahr besteht, dass bereits nach kurzer Zeit die Qualität leidet und Säurebildung auftritt.

Dickungsmittel

Das Dickungsmittel macht 5 bis 30 % des Schmierfetts aus. Dieser Inhaltsstoff hält Öl und Zusätze und sorgt für das Funktionieren des Fetts. Das Dickungsmittel sorgt außerdem dafür, dass das Schmierfett einen festen Aufbau hat und in Position bleibt.

Es stehen verschiedene Dickungsmittel zur Verfügung, von denen jedes spezifische Vorteile aufweist, die es für bestimmte Anwendungen prädestinieren. Die umfassendste Kategorie der Dickungsmittel lässt sich in Seifen und Nichtseifen unterteilen.

Seifen

Die gängigsten Schmierfette enthalten Dickungsmittel aus Metallseife basierend auf Lithium (Li), Kalzium (Ca), Natrium (Na) oder Aluminium (Al). Lithiumseife ist die am häufigsten verwendete Seife für Lagerschmierfette.

Komplexseifenfette sind das Ergebnis einer chemischen Reaktion zwischen einem Grundmetall und zwei verschiedenen Säuren. Diese Schmierfette sind normalerweise leistungsfähiger und eignen sich für höhere Betriebstemperaturen als die entsprechenden herkömmlichen Seifenfette.

Nichtseifen

Dickungsmittel aus Nichtseife basieren teilweise auf anorganischen Inhaltsstoffen. Anorganische Dickungsmittel wie Bentonit, Lehm und Kieselgel sind leckagesicher bei hohen Betriebstemperaturen und wasserfest. Polyharnstoff ist ein Beispiel für ein Nichtseifen-Dickungsmittel.

Schmierung

Zusätze

Chemikalien, besser bekannt als Zusätze bzw. Additive, werden dem Schmierfett hinzugefügt, um bestimmte Leistungsmerkmale zu erzielen oder zu verbessern. Einige der gängigeren Zusätze sind in **Tabelle 2** aufgelistet.

Hochdruck-, Anti-Wear- und Festschmierstoff-Zusätze

Hochdruck- (EP, Extreme Pressure) Additive können aus mehreren Verbundstoffen bestehen; Beispiele sind Schwefel-Phosphor-Verbindungen. EP-Zusätze verbessern die Tragfähigkeit des Schmierfilms unter hohen Belastungen.

Verschleißminderer (AW, Anti-Wear) bilden eine Schutzschicht auf Metalloberflächen, ähnlich EP-Zusätzen.

Festschmierstoffe wie Molybdändisulfid (MoS_2) und Graphit sind bei niedrigen Drehzahlen nützliche Zusätze im Schmierfett, wenn das Grundöl möglicherweise seine Leistungsfähigkeit verliert.

Funktionsweise von Schmierfett in Lagern

Das Dickungsmittel im Fett fungiert als Behälter für das Grundöl und wirkt wie ein wassergefüllter Schwamm. Wenn ein nasser Schwamm leicht gedrückt wird, tritt eine kleine Menge Wasser aus. Wird starker Druck auf den Schwamm ausgeübt, tritt entsprechend mehr Wasser aus.

Auf ähnliche Weise führt eine auf das Fett wirkende Last dazu, dass das Dickungsmittel Grundöl abgibt. Diese Funktion ist bekannt als Ölabscheidung. Lässt die Belastung nach, wird das Grundöl normalerweise wieder vom Dickungsmittel absorbiert.

Interpretation von Schmierfett-Datenblättern

Schmierfett-Datenblätter bieten Informationen in drei allgemeinen Kategorien:

- die Eigenschaften des Fetts
- die Lager-Betriebsbedingungen, für die das Fett geeignet ist
- die Ergebnisse der Schmierfett-Leistungstests

Tabelle 2

Schmierfett-Zusätze	
Zusatz	Funktion
Anti-Korrosion	Verbessert den Schutz der Lagerflächen durch das Fett
Anti-Oxidation	Verzögert den Zerfall des Grundöls bei hohen Temperaturen und verlängert so die Schmierfett-Lebensdauer
Hochdruckschutz (EP)	Reduziert die schädigenden Effekte des Direktkontakts von Metallflächen
Anti-Verschleiß (AW)	Verhindert den Direktkontakt von Metallflächen durch die Bildung einer Schutzschicht
Feststoffzusatz	Sorgt für Schmierung bei Unwirksamkeit des Grundöls

Das richtige Interpretieren und Verstehen von Schmierfett-Datenblättern ist ein wesentlicher Faktor bei der Auswahl des Fetts sowie bei dessen Instandhaltung.

Schmierfett-Eigenschaften

Schmierfett-Datenblätter informieren in der Regel über die wichtigen Eigenschaften des Fetts, darunter:

- NLGI-Konsistenzklasse
- Seifenart
- Tropfpunkt
- Viskosität/Art des Grundöls
- zulässige Betriebstemperaturen

NLGI-Konsistenzklasse

Schmierfette werden in verschiedene Konsistenzklassen gemäß einer vom US National Lubricating Grease Institute (NLGI) entwickelten Skala unterteilt. Schmierfette mit hoher Konsistenz, d. h. feste Fette, haben hohe NLGI-Klassen, während weiche Fette, also solche mit niedriger Konsistenz, niedrige NLGI-Klassen erhalten.

Insgesamt gibt es neun NLGI-Klassen. In Wälzlageranwendungen werden im Allgemeinen drei Klassen der Skala verwendet: NLGI 1, 2 und 3.

HINWEIS: Bitte beachten Sie, dass die Festigkeit eines Schmierfetts nichts mit der Viskosität des Grundöls zu tun hat. Festes Fett kann eine hohe oder niedrige Viskosität des Grundöls haben.

Seifenart

Die gängigsten Schmierfette haben Lithium-, Kalzium- oder Natriumseifen als Dickungsmittel. Lithium- und Natriumseifen haben einen breiten Betriebstemperaturbereich, in der Regel bis zu 120 °C. Die zulässigen Betriebstemperaturen von Kalziumseifen liegen bei maximal 80 °C, bieten jedoch einen hervorragenden Schutz vor Wasser einschließlich Salzwasser.

Komplexseifen weisen im Allgemeinen verbesserte Eigenschaften auf.

Tropfpunkt

Der Tropfpunkt eines Fetts ist die Temperatur, bei der das Fett seine Konsistenz verliert und flüssig wird. Diese Temperatur ist nicht mit der Betriebstemperaturgrenze des Fetts gleichzusetzen.

Viskosität/Art des Grundöls

Die Viskosität ist ein Maß für die Zähflüssigkeit eines Fluids. Verschiedene Flüssigkeiten haben verschiedene Viskositäten. Wasser hat eine niedrige Viskosität, da der Fließwiderstand

gering ist, und Honig ist hochviskos, da er sehr zähflüssig ist.

Die Viskosität ist abhängig von Temperatur und Druck. Die Viskosität des Grundöls im Fett nimmt mit steigender Temperatur ab und mit fallender Temperatur zu. Im Gegenzug nimmt die Viskosität des Grundöls im Fett bei steigendem Druck zu.

VORSICHT: Mit jedem Temperaturanstieg um 10 bis 15 °C reduziert sich die Viskosität eines mineralischen Grundöls um den Faktor 2!

Die Viskosität des Grundöls in Fett wird bei zwei Temperaturen angegeben:

- der international genormten Referenztemperatur, d. h. 40 °C
- einer hohen Temperatur, üblicherweise 100 °C

Anhand dieser Daten lässt sich die Viskosität des Grundöls bei Betriebstemperatur berechnen. Weitere Informationen über Viskositätsberechnungen enthält der Abschnitt *Auswahl eines geeigneten Öls* ab **Seite 204**.

Schmierung

Temperaturgrenzwerte – Das SKF Ampel-Konzept

Der Temperaturbereich für Schmierfette ist durch vier Temperaturgrenzen in fünf Zonen unterteilt:

- unterer Temperaturgrenzwert (LTL)
- Grenzwert für die tiefste zulässige Betriebstemperatur (LTPL)
- Grenzwert für die höchste zulässige Betriebstemperatur (HTPL)
- oberer Temperaturgrenzwert (HTL)

SKF illustriert dies schematisch in Form einer „Doppelampel“ (→ **Bild 1**).

Der untere Temperaturgrenzwert (LTL) gibt die tiefste Temperatur an, bei der das geschmierte Lager gerade noch ohne Schwierigkeiten anlaufen kann. Der LTL hängt hauptsächlich vom Grundöltyp und seiner Viskosität ab.

Der obere Temperaturgrenzwert (HTL) kennzeichnet den Tropfpunkt, d. h. die Temperatur, bei der das Fett flüssig wird.

SKF rät davon ab, über dem HTL oder unter dem LTL anzufahren. Stattdessen empfiehlt SKF, die Leistungsgrenzen innerhalb der empfohlenen Temperaturgrenzwerte des Herstellers zu halten. Diese werden als Grenzwerte für die höchste und tiefste zulässige Betriebstemperatur bezeichnet. Innerhalb dieser beiden Grenzen, dem grünen Bereich in **Bild 1**, arbeitet das Fett zuverlässig und die Schmierfett-Lebensdauer kann bestimmt werden.

Da die Definition des Grenzwerts für die höchste zulässige Betriebstemperatur (HTPL) nicht international genormt ist, ist bei der Inter-

Bild 1



Tabelle 3

Lager-Betriebstemperaturen (Schmierfett-Datenblätter)

Temperaturbeschreibung	Definition
Niedrig (L)	< 50 °C (120 °F)
Mittel (M)	50 bis 100 °C (120 bis 210 °F)
Hoch (H)	> 100 °C (210 °F)
Extrem hoch (EH)	> 150 °C (300 °F)

Tabelle 4

Lagerdrehzahlen für Standardlager (Schmierfett-Datenblätter)

Drehzahlbeschreibung	Drehzahlkennwert A für Radial-Kugellager	Zylinderrollenlager	
			Kegelrollenlager Pendelrollenlager CARB Toroidalrollenlager
–	mm/min		
Sehr niedrig (VL)	–	< 30 000	< 30 000
Niedrig (L)	< 100 000	< 75 000	< 75 000
Mittel (M)	< 300 000	< 270 000	< 210 000
Hoch (H)	< 500 000	≥ 270 000	≥ 210 000
Sehr hoch (VH)	< 700 000	–	–
Extrem hoch (EH)	≥ 700 000	–	–

Tabelle 5

Lagerbelastungen (Schmierfett-Datenblätter)

Belastungsbeschreibung	Tragzahl
Gering (L)	$P \leq 0,05 C$
Mittel (M)	$0,05 C < P \leq 0,1 C$
Stark (H)	$0,1 C < P \leq 0,15 C$
Sehr stark (VH)	$P > 0,15 C$

pretation der Herstellerdaten große Sorgfalt anzuwenden.

Bei Temperaturen oberhalb des HTPL beschleunigt sich die Fettalterung infolge Oxidation. Die dabei entstehenden Nebenprodukte können sich negativ auf die Schmierung auswirken. Betriebstemperaturen im gelben Bereich zwischen HTPL und HTL sollten nur über sehr kurze Zeiträume auftreten.

Auch für zu niedrige Temperaturen gibt es einen gelben Bereich. Bei fallender Temperatur scheidet das Fett immer weniger Öl ab und seine Festigkeit (Konsistenz) nimmt zu. Dies führt schließlich zu einer unzureichenden Schmierstoffzufuhr zu den Kontaktflächen von Wälzkörpern und Laufbahnen. In **Bild 1** wird diese Temperaturgrenze durch den Grenzwert für die tiefste zulässige Betriebstemperatur (LTPL) angegeben. Kurze Phasen im gelben Bereich (z. B. beim Kaltstart) sind in der Regel nicht schädlich, da die reibungsbedingte Wärme die Lagerbetriebstemperatur in den grünen Bereich bringt.

Schmierfette und Lager-Betriebsbedingungen

Schmierfett-Datenblätter informieren über geeignete Lager-Betriebsbedingungen im Hinblick auf:

- Temperatur
- Drehzahl
- Belastung

Diese Beschreibungen enthalten jedoch allgemeine Begriffe wie „niedrig“ oder „sehr hoch“ und müssen interpretiert werden.

Temperatur

Die Betriebstemperatur eines Lagers wird möglichst nahe am Lageraußendurchmesser gemessen und ist abhängig von der Umgebungstemperatur. Eine gemessene Betriebstemperatur von 100 °C oder mehr wird im Allgemeinen als „hoch“ bezeichnet.

Angaben zu den Lager-Betriebstemperaturen in Schmierfett-Datenblättern können mithilfe der Angaben in **Tabelle 3** interpretiert werden.

Drehzahl

Die Angaben zur Betriebsdrehzahl in den Schmierfett-Datenblättern basieren auf dem Drehzahlkennwert des Lagers. Der Drehzahl-

kennwert vergleicht das Drehvermögen von Lagern und wird wie folgt ausgedrückt:

$$A = n \cdot d_m$$

wobei gilt:

$$A = \text{Drehzahlkennwert [mm/min]}$$

$$n = \text{Drehzahl [min}^{-1}\text{]}$$

$$d_m = \text{mittlerer Lagerdurchmesser} \\ = 0,5 (D + d) \text{ [mm]}$$

Angaben zu den Lager-Betriebsdrehzahlen in Schmierfett-Datenblättern können mithilfe der Angaben in **Tabelle 4** interpretiert werden.

Belastung

In Schmierfett-Datenblättern basieren die Angaben zur Lagerbelastung auf dem Verhältnis zwischen der dynamischen Tragzahl C des Lagers und der äquivalenten Belastung P auf dem Lager (die Belastung, der das Lager ausgesetzt ist). Daher:

- Je kleiner die äquivalente Belastung P, desto größer das Verhältnis C/P und desto weniger wird das Lager belastet.
- Je größer die äquivalente Belastung P, desto kleiner das Verhältnis C/P und desto stärker wird das Lager belastet.

Angaben zu den Lagerbelastungen in Schmierfett-Datenblättern können mithilfe der Angaben in **Tabelle 5** interpretiert werden.

Schmierfett-Leistungstests

Die übrigen Angaben eines Schmierfett-Datenblatts beziehen sich in der Regel auf die Ergebnisse von Labortests anhand von Fettproben.

Die Testergebnisse können mithilfe der Richtlinien in **Tabelle 6** interpretiert werden.

Tabelle 6

Schmierfett-Leistungstests			
Test	Begriffserklärung	Messung [Einheit]	Interpretation der Ergebnisse
Tropfpunkt	Die Temperatur, bei der das Fett zu fließen beginnt	Temperatur [°C]	–
Penetration	Konsistenz, die Festigkeit des Fetts (NLGI-Klasse)	Tiefe der Konuspenetration Wert zwischen 85 und 475 [10 ⁻³ mm] (60 oder 100 000 Hübe)	Hohe Zahl = weiches Fett Niedrige Zahl = festes Fett
Walkstabilität	Wie schnell das Fett weich oder hart wird	Änderung der Konuspenetrationstiefe [10 ⁻³ mm]	Hohe Zahl = geringere Stabilität Niedrige Zahl = höhere Stabilität
Mechanische Stabilität	Die mechanische Stabilität des Fetts unter Schwingung	Bewertung auf Basis der Masse des ausgetretenen Fetts (SKF V2F-Prüfung)	M = sehr geringe Fettleckage m = gewisse Fettleckage Fail = starke Fettleckage
Korrosionsschutz	Der Grad der Korrosion des Fetts bei Mischung mit Wasser	Wert zwischen 0 und 5 (SKF EMCOR-Prüfung ¹⁾)	0 = keine Korrosion 5 = sehr starke Korrosion
Ölabscheidung	Die Menge an Öl, die bei der Lagerung durch ein Sieb leckt	Prozentsatz des Gewichtsverlusts [%] (DIN 51817)	0 % = keine Ölabscheidung 100 % = vollständige Ölabscheidung
Verhalten gegenüber Wasser	Die Veränderung im Fett nach Eindringen von Wasser	Wert zwischen 0 und 3 (basierend auf Sichtprüfung) (DIN 51807/1)	0 = keine Veränderung 3 = große Veränderung
Schmiereigenschaften	Die Schmierfähigkeit des Fetts unter Betriebsbedingungen, wie sie für große Lager üblich sind (d ≥ 200 mm)	Der Wert richtet sich nach der Fähigkeit des Fetts, große Lager unter normalen oder hohen Temperaturbedingungen zu schmieren (SKF R2F-Prüfmaschine)	Prüfung ohne Anwärmen (normale Temperaturbedingungen) Bestanden = Fett ist geeignet Durchgefallen = Fett ist nicht geeignet Prüfung mit Anwärmen (hohe Temperaturbedingungen) Bestanden = Fett ist geeignet Durchgefallen = Fett ist nicht geeignet
Kupferkorrosion	Der vom Fett gelieferte Schutzgrad für Kupferlegierungen	Wert zwischen 1 und 4 (basierend auf Sichtprüfung) (DIN 51811)	1 = guter Schutz 4 = sehr schlechter Schutz
Gebrauchsdauer von Wälzlager-Schmierfetten	Die Schmierfett-Lebensdauer	Dauer bis zum Lagerausfall [Stunden] (SKF ROF-Prüfmaschine)	–
Wirksamkeit der EP-Zusätze (VKA-Prüfung)	Die Möglichkeit, das Fett als Hochdruckschutzfett zu klassifizieren	Hochdruckgrenze des Fetts [N] (DIN 51350/4)	–
Fressen des Lagers	Die Fähigkeit des Fetts, vor Lagerfraßkorrosion zu schützen	Lagerabnutzung [mg] (ASTM D4170)	–

¹⁾ Genormt nach ISO 11007.

Auswahl eines geeigneten Fetts

Alle Maßnahmen, die zur Verhinderung von vorzeitigen Lagerausfällen getroffen wurden, nützen wenig, wenn das falsche Schmierfett gewählt wird. Die Auswahl des richtigen Fetts trägt daher wesentlich zur ordnungsgemäßen und erfolgreichen Funktion jeder Maschine bei. Schmierfett auf der Basis von Mineralöl und dem Dickungsmittel Lithiumseife der Klasse NLGI 2 eignet sich für die meisten Anwendungen. Die nachstehend beschriebenen Faktoren sind jedoch ebenfalls zu berücksichtigen.

Tragen Sie alle relevanten Informationen zusammen, bevor Sie mit dem Auswahlprozess beginnen.

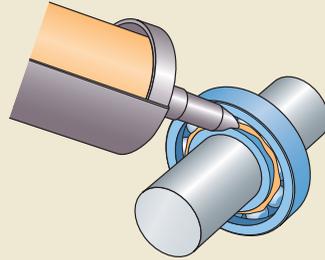
- Anwendung
- Lagerausführung und Baugrößen
- Lagerbelastung
- Betriebs- und Umgebungstemperaturen
- Drehzahl
- Wellenausrichtung
- äußere Einflüsse, z. B. Auslenkungen, Pendelbewegungen
- Verunreinigungen

VORSICHT: Vor der Wahl der Erstschmierfettfüllung oder dem Wechsel zu einem anderen Fett ist die Maschinendokumentation des Herstellers zu prüfen. Nicht alle Schmierfette sind miteinander vereinbar; außerdem kann es Komponenten in der Maschine geben, die mit einigen Schmierstoffzusätzen nicht kompatibel sind.

Schmierfett-Auswahlhilfen

LubeSelect, die SKF Software zur Schmierfettauswahl, kann für die Auswahl eines geeigneten SKF Schmierfetts herangezogen werden. Ein weiteres SKF Programm, LuBASE, enthält detaillierte Informationen zu über 2 000 Schmierstoffen von mehr als 100 Schmierstoffanbietern. Beide Programme sind online unter www.aptitudexchange.com verfügbar.

Eine SKF Schmierfett-Auswahltafel finden Sie in **Anhang M** auf den **Seiten 430 bis 431**. Weiterführende Informationen über die Auswahl eines geeigneten Schmierfetts finden Sie im *Interaktiven SKF Lagerungskatalog* unter www.skf.com.



VORSICHT!

SKF LGET 2, ein fluoriertes Schmierfett, verträgt sich nicht mit anderen Fetten, Ölen und Korrosionsschutzmitteln. Daher ist vor dem Auftragen von neuem Fett die gründliche Wäsche der Lager und Reinigung der Systeme unabdingbar.

Schmierung von Lagern und zugehörigen Komponenten bei der Erstinstallation

Die meisten offenen Wälzlager werden ungeschmiert geliefert. Sie sind jedoch mit einem Korrosionsschutzmittel behandelt. Das Korrosionsschutzmittel auf den SKF Lagern ist mit den meisten Schmierstoffen und Additiven kompatibel (mit Ausnahme z. B. von SKF LGET 2) und braucht vor der Erstschmierung nicht entfernt zu werden. Lager mit einer Deckscheibe oder Dichtung an beiden Seiten sind werksgeschmiert und benötigen keine weitere Schmierung beim Einbau.

VORSICHT: Waschen Sie niemals ein Lager, bei dem an beiden Seiten eine Dichtung oder Deckscheibe angebracht ist.

Der optimale Schmierungszeitpunkt

Im Allgemeinen werden offene Lager nach dem Einbau geschmiert (→ **Bild 2**), vor allem aus Gründen der Sauberkeit. Je später das Schmierfett aufgebracht wird, desto geringer ist die

Schmierung

Gefahr, dass Verunreinigungen in das Lager eindringen.

Lager sollten vor dem Einbau geschmiert werden, wenn es keine andere Möglichkeit gibt, das Lager zu fetten.

Die richtige Menge

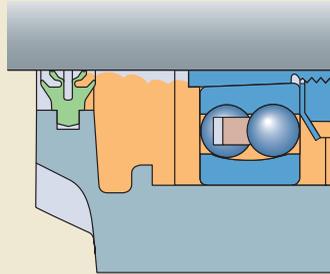
In Gehäusen montierte Lager müssen vor dem Anfahren im Allgemeinen vollständig (100 %) mit Fett gefüllt werden.

Der Leerraum im Gehäuse ist teilweise (30 bis 50 %) mit Fett zu füllen (→ Bild 3). In schwingungsfreien Anwendungen, bei denen Lager bei äußerst niedrigen Drehzahlen arbeiten und ein guter Schutz vor Verunreinigungen erforderlich ist, empfiehlt SKF einen Schmierfett-Füllgrad von bis zu 90 % des Leerraums im Gehäuse.

Eine Alternative bei stark verunreinigten Umgebungen ist die vollständige Füllung des Gehäuses und die Verwendung eines abgedichteten SKF Lagers. Dieser Dreifachschutz aus Gehäusedichtung, Fett im Gehäuse und Lagerdichtung schützt das Lager und den darin enthaltenen Schmierstoff vor Verunreinigungen und sogar vor den kleinsten Schmutzpartikeln.

VORSICHT: Im Gehäuse sollte stets ein Leerraum vorhanden sein, um das beim Anlaufen vom Lager abgegebene Schmierfett aufzunehmen. Ist das Gehäuse vollständig gefüllt, kann es zu starken Bewegungen und infolgedessen zu einer Erhöhung der Betriebstemperatur um bis zu 50 °C kommen. Das Fett kann außerdem verbrennen und so zu einer Schmierstoffverminderung führen. Ist eine Einlaufphase nicht

Bild 3

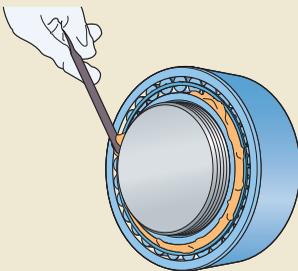


möglich, sollte die Erstschmierfettfüllung auf maximal 30 % des freien Raums im Lager reduziert werden.

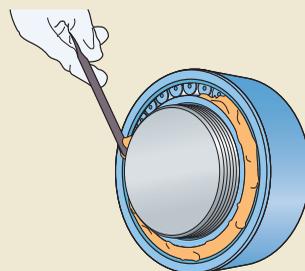
Beim Einbau von Labyrinthdichtungen sind die radialen oder axialen Labyrinthspalten vollständig mit Schmierfett zu füllen.

Zweilippendichtungen und Dichtungen mit einer schleifenden zusätzlichen Schutzlippe sind ebenso vollständig mit Fett zu füllen, da das Fett nicht nur eine Dichtwirkung hat, sondern auch die Dichtlippentemperatur senkt.

Bild 4



a) Schmieren von CARB Toroidalrollenlagern mit Käfig (hohe Drehzahlen)



b) Schmieren von vollrolligen CARB Toroidalrollenlagern

CARB Toroidalrollenlager

CARB Toroidalrollenlager weisen einen relativ großen Leerraum für Fett auf (→ Bild 4). Wenn diese Lager komplett geschmiert sind und bei relativ hohen Drehzahlen (> 75 % der Referenzdrehzahl) laufen, sind erhöhte Betriebstemperaturen zu erwarten. SKF empfiehlt daher, nur den Raum zwischen Lagerinnenring und -käfig mit Fett zu füllen (a).

Vollrollige CARB Lager oder CARB Lager mit niedrigen oder mittleren Betriebsdrehzahlen sollten komplett mit Schmierfett gefüllt werden (b).

Hochgenauigkeitslager

Hochgenauigkeitslager sind im Allgemeinen mit geringen Fettmengen zu schmieren. In Werkzeugmaschinenanwendungen, die meist bei hohen bis sehr hohen Drehzahlen laufen, ist der Leerraum im Lager nur bis maximal 30 % mit Fett zu füllen. Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass die gängigste Schmierfettfüllung etwa 10 bis 15 % des Leerraums im Lager ausmacht.

Weiterführende Informationen über die Schmierung von Hochgenauigkeitslagern finden Sie im *Interaktiven SKF Lagerungskatalog* unter www.skf.com.

Schmierungstechniken beim Einbau

Die Schmierungstechniken richten sich nach der Bauform der Lager und ihrer Gehäuse. Lager können entweder selbsthaltend oder nicht selbsthaltend sein, Gehäuse sind geteilt oder ungeteilt. Nachstehend folgen einige Richtlinien für das Schmieren von Lagern.

Weitere Informationen über den Einbau von Lagern enthält das Kapitel *Einbau von Wälzlagern* ab Seite 44.

Nicht selbsthaltende Lager

Zu den nicht selbsthaltenden Lagern gehören Zylinder- und Kegelrollenlager, Vierpunktlager und alle Arten von Axiallagern. Diese Lager sollten im zerlegten Zustand in der Reihenfolge ihres Einbaus geschmiert werden. Stellen Sie sicher, dass der freie Raum zwischen Wälzkörpern und Käfig vollständig mit Fett gefüllt wird. Wenn sich der Wälzkörpersatz von beiden Ringen trennen lässt, schmieren Sie die Laufbahn eines Rings leicht, um Schäden an der Oberfläche zu vermeiden, wenn der Wälzkörpersatz zurück auf den Ring gedrückt wird.

Selbsthaltende Lager

Selbsthaltende Lager wie Rillen- und Schrägkugellager werden am besten während des Einbaus von beiden Seiten mit Fett gefüllt.

Bei Pendelkugel- und -rollenlagern sowie CARB Toroidalrollenlagern kann ein Lagerring ausgeschwenkt werden, um die Schmierung zu erleichtern. Die Lager sollten dann ein paar Mal gedreht werden, um das Fett gleichmäßig zu verteilen.

VORSICHT: Beim Ausschwenken des Rings eines CARB Toroidalrollenlagers oder Pendellaegers können sich die unteren Wälzkörper leicht absenken. Dadurch können sich die Wälzkörper am Außenring verkleben, wenn dieser zurück in seine Position gedreht wird, und das Lager beschädigen. Um dies zu vermeiden, führen Sie die Wälzkörper wieder sanft an ihren Platz zurück.

Lagerschmierung vor dem Einbau

Offene Lager, die nach dem Einbau nicht mehr geschmiert werden können, sind vor dem Einbau wie folgt zu schmieren:

- 1 Legen Sie das Lager auf eine saubere Plastikplane.
- 2 Keilen Sie größere Lager fest oder verwenden Sie ein mechanisches Befestigungsprisma, um das Lager in Position zu halten.
- 3 Füllen Sie den Leerraum zwischen Wälzkörpern und Käfig mithilfe einer Kartuschenpresse von beiden Seiten mit Fett. Bei Pendellagern schwenken Sie einen der beiden Lagerringe nach außen, sodass die Wälzkörper freiliegen, und tragen dann das Fett auf.
- 4 Wenn das Lager nicht umgehend eingebaut werden kann, wickeln Sie es in Folie ein.

Das Einlaufen fettgeschmierter Lager

Während der ersten Anlaufphase steigt die Temperatur in einem neu geschmierten Lager. Daher empfiehlt SKF, Lager nach Möglichkeit einlaufen zu lassen, bevor sie bei vollen Drehzahlen arbeiten. Dies gilt insbesondere für Hochgeschwindigkeitsanwendungen. Werden die Lager ohne Einlaufphase bei hohen Drehzahlen betrieben, kann es zu einem deutlichen Temperaturanstieg kommen.

Das Einlaufen eines Lagers bedeutet, dass es ausgehend von einer niedrigen Anfangsgeschwindigkeit bei steigenden Drehzahlen betrieben wird. Am Ende der Einlaufphase hat sich das Fett

Schmierung

gleichmäßig in der Lagerung verteilt und die Betriebstemperatur hat sich stabilisiert.

Nachschmieren

Schmierfett altert. Unter dem Einfluss von Zeit, Temperatur, mechanischer Arbeit, Alterung und dem Eindringen von Verunreinigungen verändert sich das Fett in einer Lagerung und verliert langsam seine Schmiereigenschaften. Beim Nachschmieren wird einer Lagerung nach einer bestimmten Betriebszeit frisches Schmierfett zugeführt.

Für die ordnungsgemäße Nachschmierung gibt es drei wesentliche Faktoren: die Fettart, die Fettmenge und die Schmierfrist. Fettmenge und Schmierfrist sind vor allem davon abhängig, ob das Schmierfett manuell oder automatisch aufgebracht wird.

Abgedichtete Lager sind in der Regel auf Lebensdauer geschmiert und brauchen nicht nachgeschmiert zu werden. Bei erschwerten Betriebsbedingungen kann jedoch ein Nachschmieren angebracht sein. Einige abgedichtete Lagerarten besitzen daher Nachschmierbohrungen.

Schmierfristen

Schmierfristen basieren auf vielen verwandten Faktoren. Prüfen Sie in jedem Fall die Empfehlungen des Maschinenherstellers, bevor Sie ein Nachschmierprogramm erarbeiten. Wenn dies nicht möglich ist, tragen Sie vor der Berechnung der Schmierfristen alle relevanten Informationen zusammen.

- Anwendung
- Lagerausführung und Baumaße
- Lagerbelastung
- Betriebs- und Umgebungstemperaturen
- Drehzahl
- Wellenausrichtung
- äußere Einflüsse, z. B. Schwingungen, Schwenkbewegungen
- Verunreinigungen

Die Schmierfrist t_f ist ersichtlich in **Diagramm 1** in Abhängigkeit von:

- Drehzahlkennwert A
- Lagerfaktor b_f
- Tragzahl C/P

wobei gilt:

$$A = n d_m [\text{mm}/\text{min}]$$

$$n = \text{Drehzahl} [\text{min}^{-1}]$$

$$d_m = \text{mittlerer Lagerdurchmesser} \\ = 0,5 (d + D) [\text{mm}]$$

$$b_f = \text{Lagerfaktor abhängig von der Lagerbauform, und Lastbedingungen (für axial belastete Pendelrollenlager)} \\ (\rightarrow \text{ Tabelle 7, Seite 194})$$

Wenn eine Lagerausfallanalyse ergibt, dass ein Problem mit Wärmebildung und/oder Schmierung bestand, prüfen Sie zuerst, ob das geeignete Fett verwendet wurde. Ist dies der Fall, prüfen Sie die empfohlenen Grenzwerte für den Drehzahlkennwert A in **Tabelle 7, Seite 194**. Ist der Drehzahlkennwert der Anwendung größer als die aufgelisteten Werte, kann der Wechsel zu einem Ölbad oder zur Ölumlaufschmierung die Lagergebrauchsdauer wesentlich verlängern.

Die Schmierfristen in **Diagramm 1** sind Schätzwerte und basieren auf den folgenden Betriebsbedingungen:

- Betriebstemperatur von 70 °C
- Schmierung mit Qualitätsschmierfett auf Lithiumseifenbasis
- waagerechte Welle
- umlaufender Innenring
- saubere Umgebung

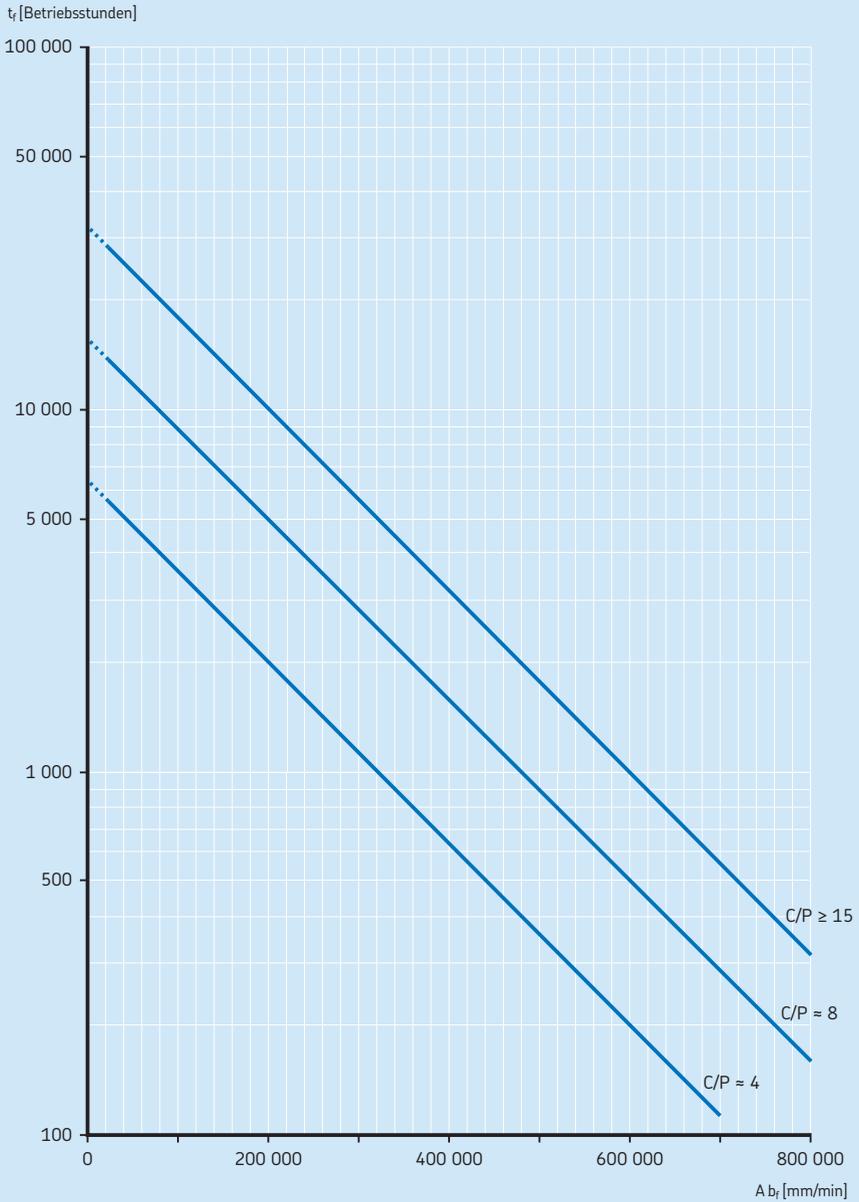
Bei abweichenden Lager-Betriebsbedingungen passen Sie die Schmierfristen entsprechend den Angaben in **Tabelle 8, Seite 195**, an.

HINWEIS: Werden in einer Baueinheit verschiedene Lager verwendet, wenden Sie die kürzeste errechnete Schmierfrist für alle Lager an.

LubeSelect, die SKF Software zur Schmierfettauswahl, steht online unter www.aptitudexchange.com zur Verfügung und kann ebenfalls zur Berechnung von Schmierfristen herangezogen werden.

Diagramm 1

Schmierfristen bei 70 °C



Nachschmierverfahren

Das jeweilige Nachschmierverfahren richtet sich im Allgemeinen nach der Anwendung, den Betriebsbedingungen und der Schmierfrist *tf*. Es gibt zwei Hauptnachschmierverfahren: Ergänzen der Fettfüllung und kontinuierliche Nachschmierung (→ **Tabelle 9**).

Tabelle 7

Lagerfaktoren und empfohlene Grenzwerte für den Drehzahlkennwert A

Lagerausführung ¹⁾	Lagerfaktor b_f	Empfohlene Grenzwerte für den Drehzahlkennwert A, für die Tragzahl		
		C/P ≥ 15	C/P ≈ 8	C/P ≈ 4
–	–	mm/min		
Rillenkugellager	1	500 000	400 000	300 000
Schrägkugellager	1	500 000	400 000	300 000
Pendelkugellager	1	500 000	400 000	300 000
Zylinderrollenlager				
• Loslager	1,5	450 000	300 000	150 000
• Festlager ohne äußere Axiallasten oder mit leichten, aber wechselnden Axiallasten	2	300 000	200 000	100 000
• Festlager mit konstant wirkender leichter Axiallast	4	200 000	120 000	60 000
• ohne Käfig, vollrollig ²⁾	4	NZ ³⁾	NZ ³⁾	20 000
Kegelrollenlager	2	350 000	300 000	200 000
Pendelrollenlager				
• wenn $F_r/F_e \leq e$ und $d_m \leq 800$ mm				
– Reihen 213, 222, 238, 239	2	350 000	200 000	100 000
– Reihen 223, 230, 231, 232, 240, 248, 249	2	250 000	150 000	80 000
– Reihe 241	2	150 000	80 000 ⁴⁾	50 000 ⁴⁾
• wenn $F_r/F_e \leq e$ und $d_m > 800$ mm				
– Reihen 238, 239	2	230 000	130 000	65 000
– Reihen 230, 231, 240, 248, 249	2	170 000	100 000	50 000
– Reihe 241	2	100 000	50 000 ⁴⁾	30 000 ⁴⁾
• wenn $F_r/F_e > e$				
– alle Reihen	6	150 000	50 000 ⁴⁾	30 000 ⁴⁾
CARB Toroidrollenlager				
• mit Käfig	2	350 000	200 000	100 000
• ohne Käfig, vollrollig ²⁾	4	NZ ³⁾	NZ ³⁾	20 000
Axialkugellager	2	200 000	150 000	100 000
Axial-Zylinderrollenlager	10	100 000	60 000	30 000
Axial-Pendelrollenlager				
• umlaufende Wellenscheibe	4	200 000	120 000	60 000

¹⁾ Die Lagerfaktoren und empfohlenen praktischen Grenzen für den Drehzahlkennwert A gelten für Lager mit standardmäßigen inneren Geometrien und Käfigen. Bei anderen inneren Lagerausführungen und Spezialkäfigen wenden Sie sich an den Technischen SKF Beratungsservice.

²⁾ Der Wert t_a aus **Diagramm 1, Seite 193**, muss durch einen Faktor 10 geteilt werden.

³⁾ Nicht zutreffend. Für diese C/P-Werte empfiehlt SKF kein vollrolliges Lager, sondern ein Lager mit Käfig.

⁴⁾ Bei höheren Drehzahlen ist Ölschmierung vorzuziehen.

Tabelle 8

Anpassung der Schmierfristen

Betriebsbedingung/ Lagerausführung	Beschreibung	Empfohlen Anpassung von t_f	Grund für die Anpassung
Betriebstemperatur	Bei jedem Temperaturanstieg um 15 °C über 70 °C bis zum oberen Temperaturgrenzwert (HTL)	Schmierfrist halbieren	Um der schnelleren Alterung des Fetts bei höheren Temperaturen Rechnung zu tragen
	Bei jedem Temperaturabfall um 15 °C unter 70 °C	Schmierfrist verdoppeln (höchstens zwei Mal) ¹⁾	Um der geringeren Alterungsgefahr des Fetts bei niedrigeren Temperaturen Rechnung zu tragen
Wellenausrichtung	Auf einer senkrechten Welle montierte Lager	Schmierfrist halbieren	Infolge der Schwerkraft neigt das Fett zur Leckage
Schwingung	Hohe Schwingungspegel und Stoßbelastungen	Schmierfrist verkürzen ²⁾	Das Fett neigt zum Absinken in Vibrationsmaschinen und führt zur Fettverteilung
Umlaufender Außenring	Umlaufender Außenring oder exzentrisches Wellengewicht	Drehzahlkennwert A mit D berechnen, nicht mit d_m	Unter diesen Bedingungen hat das Fett eine kürzere Lebensdauer
Verunreinigung	Starke Verunreinigung oder flüssige Verunreinigungen	Schmierfrist verkürzen ^{2) 3)}	Um die schädigenden Auswirkungen durch Verunreinigungen zu reduzieren
Belastung	Sehr hohe Belastungen d. h. $P > 0,15 C$	Schmierfrist verkürzen ²⁾	Unter diesen Bedingungen hat das Fett eine kürzere Lebensdauer
Lagergröße	Lager mit Bohrungsdurchmesser $d > 300$ mm	Schmierfrist verkürzen ²⁾	In der Regel kritische Anordnungen, die strenge, häufige Nachschmierprogramme erfordern
Zylinderrollenlager	Lager mit Käfigen der Reihen J, JA, JB, MA, MB, ML, MP und PHA ⁴⁾	Schmierfrist halbieren	Bei diesen Käfigen ist die Ölabscheidung begrenzt

¹⁾ Bei vollrolligen und Axiallagern darf die Frist nicht verlängert werden.

²⁾ Wenden Sie sich an den Technischen SKF Beratungsservice.

³⁾ Bei stark verunreinigten Bedingungen sind abgedichtete SKF Lager oder die kontinuierliche Nachschmierung in Betracht zu ziehen.

⁴⁾ Bei P-, PH-, M- und MR-Käfigen besteht kein Ausrichtungsbedarf.



Tabelle 9

Nachschmierverfahren

Nachschmierverfahren	Geeignete Schmierfrist t_f	Vorteile	Nachteile	Anforderungen
Fettnachfüllung	$t_f < 6$ Monate	Ununterbrochener Betrieb	Schmierkanäle im Lagergehäuse erforderlich Arbeitsintensiv Einfacher Zugang zum Lagergehäuse erforderlich Hohe Verunreinigungsgefahr	Lagergehäuse mit Schmiernippeln Handhebel-Schmierpresse
Kontinuierliche Nachschmierung	t_f ist sehr kurz	Ideal für schwierige Zugriffspunkte Geringe Verunreinigungsgefahr Nicht arbeitsintensiv Kontinuierliche Überwachung der Schmierung möglich Ununterbrochener Betrieb	Gute Förderbarkeit des Fetts erforderlich (besonders bei niedrigen Umgebungstemperaturen)	Automatische Schmierstoffgeber oder Zentralschmier-systeme

Schmierung

Fettnachfüllung

Da nur das Fett im Lager ersetzt werden sollte, hängt die erforderliche Ergänzungsmenge allein von der Lagergröße ab.

Einige Lager sind mit Nachschmierbohrungen im Innen- oder Außenring versehen, um die effektive Nachschmierung durch die Lagermitte zu erleichtern (→ **Bild 5**). Die geeignete Auffüllmenge des Fetts ist dann

$$G_p = 0,002 D B$$

Andere Lager können nur von der Seite geschmiert werden (→ **Bild 6**). Die geeignete Auffüllmenge des Fetts ist dann

$$G_p = 0,005 D B$$

wobei gilt:

G_p = die erforderliche Nachschmierfettmenge [g]

D = Lageraußendurchmesser [mm]

B = Lagergesamtbreite (bei Axiallagern, Höhe H verwenden) [mm]

Lageranordnungen in Gehäusen mit Berührungsdichtungen, d. h. Zweilippen- oder Vierlippen-dichtungen, sollten mit einer Schmierfett-Austrittsöffnung versehen sein, damit verbrauchtes und überschüssiges Fett aus der Lagerung austreten kann. Die Austrittsöffnung muss auf der gleichen Seite wie die Wellenmutter platziert sein, also auf der dem Schmiernippel gegenüberliegenden Seite (→ **Bild 7**).

Lageranordnungen mit berührungsfreien Dichtungen, z. B. Labyrinthdichtungen, benötigen

keine Schmierfett-Austrittsöffnung, da bei der Zufuhr von neuem Fett das verbrauchte und überschüssige Fett zwischen den Spalten des Labyrinths herausgepresst wird (→ **Bild 8**).

Fett sollte zu Beginn der Alterungsphase des Schmierstoffs nachgefüllt werden. Beim Fett-nachfüllen empfiehlt SKF Folgendes:

- 1 Wird ein unterschiedliches Schmierfett zugeführt, müssen die Fette kompatibel sein (→ *Schmierfettkompatibilität* ab **Seite 200**).
- 2 Reinigen Sie den Schmiernippel.
- 3 Ergänzen Sie das Fett, während die Maschine in Betrieb ist. Wenn dies nicht möglich ist, drehen Sie die Welle von Hand.
- 4 Bei langen Schmierkanälen und niedrigen Umgebungstemperaturen muss auf eine angemessene Fettförderung geachtet werden. Kontrollieren Sie daher, dass nicht zu viel Öl infolge des Pumpvorgangs abgeschieden wird.
- 5 Nach drei- bis fünfmaligem Fettnachfüllen ist diese komplett zu erneuern (→ *Erneuerung* ab **Seite 198**).

VORSICHT: Die angemessene Fettmenge darf nicht überschritten werden. Wenn infolge einer Überfüllung Fett aus den Berührungsdichtungen austritt, kann dies die Dichtungen beschädigen und zu Überhitzung und vorzeitigem Lagerausfall führen.

Bild 5

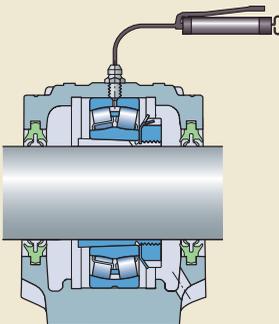
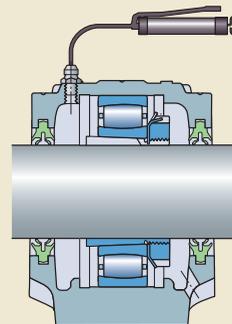


Bild 6



Kontinuierliche Nachschmierung

Die kontinuierliche Nachschmierung wird beispielsweise bei Anwendungen mit hohen Drehzahlen eingesetzt, bei denen ständig eine kleine Menge Schmierstoff benötigt wird. Sie findet ebenfalls in stark verunreinigten Umgebungen Verwendung, in denen kontinuierlich geschmiert werden muss, um die Verunreinigungen fernzuhalten.

Für die kontinuierliche Schmierung stehen automatische Schmierungslösungen zur Verfügung. Sie werden außerdem bei schwer oder nur unter Gefahren erreichbaren Schmierungspunkten eingesetzt oder wenn die Nachschmieraufgaben zuverlässiger ausgeführt werden sollen. Der Hauptvorteil der automatischen Schmierung liegt darin, dass sich genauer steuern lässt, welcher Schmierstoff und welche Menge an jeden einzelnen Schmierungspunkt gefördert wird. Darüber hinaus nimmt die mit der manuellen Schmierung mithilfe von Handhebel-Schmierpressen einhergehende Verunreinigungsgefahr ab.

Die für die kontinuierliche Nachschmierung erforderliche Fettmenge kann ungefähr wie folgt errechnet werden:

$$G_k = (0,3 \dots 0,5) D B \times 10^{-4}$$

wobei gilt:

G_k = kontinuierlich geförderte Fettmenge [g/h]

D = Lageraußendurchmesser [mm]

B = Lagergesamtbreite (bei Axiallagern, Höhe H verwenden) [mm]

Alternativ kann die errechnete Fettnachfüllmenge G_p (→ *Fettnachfüllung*, Seite 196) über die Schmierfrist verteilt werden.

SKF produziert automatische Schmierstoffgeber für eine oder mehrere Schmierstellen, darunter die SKF SYSTEM 24 Schmiersysteme. Zentralschmiersysteme sind eine weitere Option für die automatische Schmierung (→ *Zentralschmiersysteme* ab Seite 213).

Bild 7

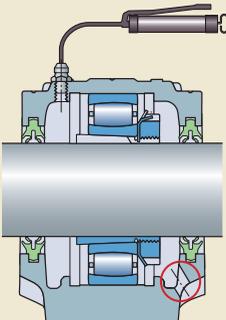
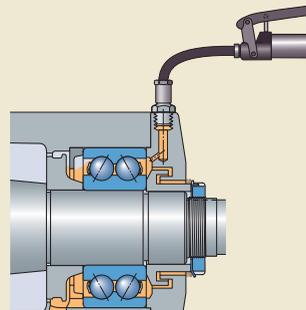


Bild 8



Schmierung

SKF SYSTEM 24

SKF SYSTEM 24 Schmiersysteme der Reihe LAGD (→ **Bild 9**) bestehen aus einem transparenten Behälter, der mit einem bestimmten Schmierstoff gefüllt ist, und einer gaserzeugenden Zelle. Die Werte auf der Einstellscheibe geben die tatsächliche Entleerungszeit an. Die Schmiersysteme können zeitweise deaktiviert werden, indem die Einstellscheibe auf null gestellt wird.

SKF SYSTEM 24 Schmiersysteme der Reihe LAGE (→ **Bild 10**) bestehen aus einem transparenten Behälter, der mit einem bestimmten Schmierstoff gefüllt ist, und einem elektromechanischen Schmiersystem. Zum Sortiment gehören auch Nachfüllsets mit Akkusätzen. Die Schmierrete ist temperaturabhängig.

Beide Schmiersystemserien haben einen maximalen Betriebsdruck von 5 bar und ein G1/4-Anschlussgewinde. Weitere technische Daten finden sich in **Tabelle 10**.

VORSICHT: Stellen Sie sicher, dass der neue Schmierstoffgeber das gleiche Fett enthält wie der alte. Wenn neues Schmierfett zugeführt wird, müssen die Fette miteinander kompatibel sein.

VORSICHT!

Zum Schutz vor Arbeitsunfällen sind vor allen Arbeiten die vorgeschriebenen und erforderlichen Maschinenabschaltungen durchzuführen.

Erneuerung

Bei der Erneuerung wird die Maschine angehalten, das vorhandene Fett in der Lagerung entfernt und durch frisches Fett ersetzt. Das Erneuern der Fettfüllung wird im Allgemeinen nach mehreren Ergänzungsvorgängen empfohlen oder wenn die Schmierfrist sechs Monate überschreitet.

Beim Erneuern der Fettfüllung in einer Lagerung mit einem geteilten Gehäuse empfiehlt SKF Folgendes:

- 1 Reinigen Sie den Arbeitsbereich.
- 2 Öffnen Sie das Gehäuse.
- 3 Entfernen Sie das verbrauchte Fett im Gehäusehohlraum vollständig mithilfe eines Schabmessers und reinigen Sie den Leerraum mit einem Lösungsmittel.
- 4 Reinigen Sie das Lager mit Lösungsmittel und lassen Sie es trocknen. Die verbleibenden Lösungsmittelspure werden verdunsten.
- 5 Füllen Sie den Leerraum zwischen Wälzkörpern und Käfig mithilfe einer Kartuschenpresse von der Zugriffsseite mit Fett.

Bild 9



Bild 10



- 6 Füllen Sie 30 bis 50 % des Gehäuses mit Fett (die übliche Menge für normale Anwendungen).
- 7 Setzen Sie das Gehäuseoberteil wieder an seinen Platz.
- 8 Lassen Sie das Lager einlaufen.

VORSICHT: Wird das Fett in zu großen Mengen oder zu schnell zugeführt, ohne dass es austreten kann, führt dies zu Verdrängung und hohen Betriebstemperaturen.

Wenn Gehäuse nicht problemlos zugänglich, aber mit Schmiernippeln und einer Schmierfett-Austrittsöffnung versehen sind, empfiehlt SKF Folgendes:

VORSICHT: Wird ein unterschiedliches Schmierfett zugeführt, müssen die Fette kompatibel sein (→ *Schmierfettkompatibilität* ab **Seite 200**).

- 1 Die Schmierfett-Austrittsöffnung muss frei liegen.
- 2 Reinigen Sie den Schmiernippel.
- 3 Führen Sie über den Schmiernippel gleichmäßig frisches Fett zu (nicht zu schnell), während die Maschine läuft.
- 4 Fangen Sie das durch die Öffnung austretende verbrauchte Fett in einem Behälter auf.
- 5 Fahren Sie mit der Zufuhr des neuen Fetts fort, bis das neue Fett durch die Austrittsöffnung herausgedrängt wird.

Tabelle 10

SKF SYSTEM 24 Schmiersysteme				
Eigenschaft	Schmiersystem LAGD 60	LAGD 125	LAGE 125	LAGE 250
Nachfüllvolumen	60 ml	125 ml	122 ml	250 ml
Nennabgabezeitraum	1 bis 12 Monate (einstellbar)	1 bis 12 Monate (einstellbar)	1, 3, 6, 9 oder 12 Monate (einstellbar)	1, 3, 6, 9 oder 12 Monate (einstellbar)
Umgebungstemperaturbereich	-20 bis +60 °C (-5 bis +140 °F)	-20 bis +60 °C (-5 bis +140 °F)	0 bis +55 °C (30 bis 130 °F)	0 bis +55 °C (30 bis 130 °F)
Bestellcode für vorgefüllte Schmiersysteme	LAGD 60/ Schmierstoff	LAGD 125/ Schmierstoff	LAGE 125/ Schmierstoff	LAGE 250/ Schmierstoff
Geeignete SKF Schmierfette	LGWA 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB 2, LGHP 2, LGGB 2, LGWM 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB 2, LGHP 2, LGWM 2	LGWA 2, LGEM 2, LGFP 2, LGHB 2, LGHP 2, LGWM 2
Geeignete SKF Kettenöle ¹⁾	-	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150	LHMT 68, LHHT 265, LHFP 150

¹⁾ Weiterführende Informationen zu den SKF Kettenölen finden Sie in **Tabelle 16** auf **Seite 209**.

Schmierfettkompatibilität

Stellen Sie vor dem Wechsel von einem Schmierfett zum anderen sicher, dass die beiden Fette miteinander verträglich sind. Da das Fett in einer Lagerung mit dem kompletten Lager in Berührung kommt, muss es auch mit allen Lagermaterialien und eventuellen Lager-Korrosionsschutzmitteln oder -Beschichtungen kompatibel sein.

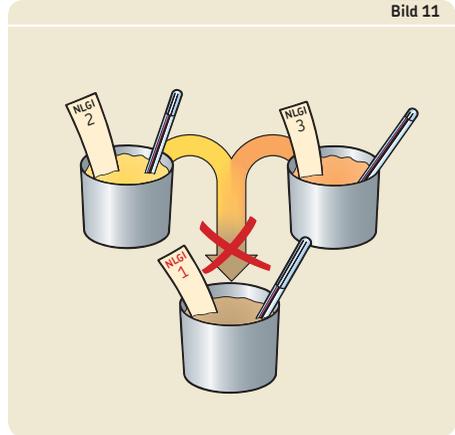
Kompatibilität zwischen Schmierfetten

Schmierfette mit dem gleichen Dichtungsmittel und ähnlichen Grundölen können in der Regel problemlos gemischt werden. Werden jedoch zwei nicht miteinander verträgliche Fette gemischt, hat das entstehende Gemisch normalerweise eine weichere Konsistenz (→ **Bild 11**) und kann zu vorzeitigem Lagerausfall infolge von Fettleckagen aus dem Lager führen. Das Gemisch hat zudem eine niedrigere maximale Betriebstemperatur und der Schmierfilm (im Betrieb) eine geringere Tragfähigkeit als die der einzelnen Schmierfette.

VORSICHT: Im Allgemeinen empfiehlt es sich, Schmierfette nicht zu mischen. Wenn der ursprüngliche Fetttyp unbekannt ist, muss zuerst das alte Fett komplett entfernt und dann neues Fett nachgefüllt werden (→ *Erneuerung* ab **Seite 198**).

Um zu bestimmen, ob zwei Schmierfette kompatibel sind, vergleichen Sie die Grundöle (→ **Tabelle 11**) und Dichtungsmittel (→ **Tabelle 12**).

Bild 11



VORSICHT!

SKF LGET 2, ein fluoriertes Schmierfett, verträgt sich nicht mit anderen Fetten, Ölen und Korrosionsschutzmitteln. Daher ist vor dem Auftragen von neuem Fett die gründliche Wäsche der Lager und Reinigung der Systeme unabdingbar.

Tabelle 11

Grundöl-Kompatibilität

	Mineralöl/PAO Ester		Polyglykol	Silikon: Methyl	Silikon: Phenyl	PolyphenyletherPFPE	
Mineralöl/PAO	+	+	-	-	+	0	-
Ester	+	+	+	-	+	0	-
Polyglykol	-	+	+	-	-	-	-
Silikon: Methyl	-	-	-	+	+	-	-
Silikon: Phenyl	+	+	-	+	+	+	-
Polyphenylether	0	0	-	-	+	+	-
PFPE	-	-	-	-	-	-	+

+ = kompatibel 0 = Test erforderlich - = inkompatibel

Tabelle 12

Dickungsmittel-Kompatibilität

	Lithium	Kalzium	Natrium	Lithium- Komplexseife	Kalzium- Komplexseife	Natrium- Komplexseife	Barium- Komplexseife	Aluminium- Komplexseife	Lehm	Polyharnstoff- schmierfette ¹⁾	Kalzium- Sulfonat- Komplexseife
Lithium	+	0	-	+	-	0	0	-	0	0	+
Kalzium	0	+	0	+	-	0	0	-	0	0	+
Natrium	-	0	+	0	0	+	+	-	0	0	-
Lithium-Komplexseife	+	+	0	+	+	0	0	+	-	-	+
Kalzium-Komplexseife	-	-	0	+	+	0	-	0	0	+	+
Natrium-Komplexseife	0	0	+	0	0	+	+	-	-	0	0
Barium-Komplexseife	0	0	+	0	-	+	+	+	0	0	0
Aluminium-Komplexseife	-	-	-	+	0	-	+	+	-	0	-
Lehm	0	0	0	-	0	-	0	-	+	0	-
Polyharnstoffschmierfette ¹⁾	0	0	0	-	+	0	0	0	0	+	+
Kalzium-Sulfonat-Komplexseife	+	+	-	+	+	0	0	-	-	+	+

+ = kompatibel 0 = Test erforderlich - = inkompatibel

¹⁾ SKF LGHP 2 wurde erfolgreich auf seine Kompatibilität mit Lithium- und Lithium-Komplex-Seifenfetten getestet.

Schmierung

Anzeichen einer Schmierfett-Inkompatibilität:

Die folgenden Anzeichen, die während des Betriebs beobachtet werden können, sind typisch für eine Fettinkompatibilität:

- Schmierstoffleckagen
- Schmierstoffverhärtung
- Schmierstoff Farbveränderung
- steigende Betriebstemperatur

Schnelle Kompatibilitätsprüfung

Ein schneller Test, basierend auf der Kompatibilität von Dickungsmitteln (mechanische Stabilität) und von Grundölen (Befeuchtung von Oberflächen), kann wie folgt durchgeführt werden:

- 1 Geben Sie die gleiche Menge der jeweiligen Fettsorten in einen Behälter.
- 2 Verrühren Sie das Gemisch mit einem Stab.
- 3 Geben Sie das Gemisch in einen anderen Behälter.

Wenn das Gemisch verhärtet oder viel weicher wird und sich leichter aus dem Behälter gießen lässt als eines der Originalfette, sind die Fette wahrscheinlich inkompatibel.

VORSICHT: Diese schnelle Kompatibilitätsprüfung dient nur als Richtschnur! SKF empfiehlt jeweilige Labortests, um die Kompatibilität zu bestimmen.

Kompatibilität zwischen Schmierfetten und Lagerwerkstoffen

SKF Lagerschmierfette sind mit den meisten Lagerwerkstoffen kompatibel. Beachten Sie jedoch stets Folgendes:

- Schmierfett mit EP-Zusätzen kann bei über 100 °C nachteilig mit Käfigen aus Polyamid 6.6 reagieren.
- Schmierfett mit EP-Schwefelzusätzen kann bei über 100 °C Messingkäfige angreifen.
- Schmierfett auf Esterölbasis ist nicht kompatibel mit Dichtungen aus Acrylkautschuk (ACM).

Kompatibilität zwischen Schmierfetten und SKF Lager-Korrosionsschutzmitteln

SKF Lager werden mit einem erdölbasierten Korrosionsschutzmittel behandelt, das mit den meisten Lagerschmierfetten kompatibel ist. Das Korrosionsschutzmittel verträgt sich jedoch

nicht mit Fetten mit Perfluoralkylether als Grundöl und PTFE als Dickungsmittel wie SKF LGET 2. Bei diesen Fetten ist es wichtig, die Lager vorsichtig zu waschen und zu trocknen, bevor das Fett aufgebracht wird.

Um das Korrosionsschutzmittel von einem Lager zu entfernen, sind schmierfettbeständige Schutzhandschuhe zu tragen und ein geeignetes Reinigungsmittel zu verwenden. Das Reinigungsmittel verdunstet rasch, und das Fett sollte sofort im Anschluss aufgetragen werden, um ein Rosten der Oberflächen zu verhindern.

SKF Schmierfette

SKF bietet ein umfangreiches Sortiment an Lagerschmierfetten und Fettschmierausrüstung an, das die meisten Anwendungsanforderungen erfüllt (→ **Anhang L** ab **Seite 420**). Weitere Informationen über SKF Lagerschmierfette sowie eine Schmierfett-Auswahltafel enthält **Anhang M** ab **Seite 423**. Weitere Informationen finden Sie unter www.mapro.skf.com und www.skf.com/lubrication.

Ölschmierung

Was enthält ein Öl?

Schmieröl besteht aus einem Gemisch aus Grundöl und Additiven.

Grundöl

Schmieröl besteht zu etwa 95 % aus Grundöl, das in drei Kategorien eingeteilt werden kann:

- mineralisch
- synthetisch
- natürlich

Mineralische Grundöle basieren auf Erdöl. In der Regel werden diese Öle vorzugsweise für die Schmierung von Wälzlagern verwendet.

Synthetische Grundöle werden bei Wälzlagern hauptsächlich zur Schmierung von Lagerungen unter Extrembedingungen eingesetzt, z. B. bei sehr niedrigen oder sehr hohen Betriebstemperaturen. Unter dem Begriff „Syntheseöle“ ist eine Vielzahl von unterschiedlichen Ölarten zusammengefasst. Die Hauptvertreter sind Polyalphaolefine (PAO), Polyalkylenglykole (PG) und Ester.

Natürliche Grundöle, d. h. tierische und pflanzliche Öle, werden üblicherweise nicht für Wälzlager verwendet, da die Gefahr besteht, dass bereits nach kurzer Zeit die Qualität leidet und Säurebildung auftritt.

Zusätze

Grundölen werden Chemikalien, genannt Zusätze oder Additive, hinzugefügt, um bestimmte Leistungsmerkmale zu erzielen oder zu verbessern. Die Additive werden oft nach ihrer Funktion kategorisiert, z. B. Leistung, Schmierstoff- oder Oberflächenschutz.

Einige der gängigeren Additive sind in **Tabelle 13** aufgelistet.

Ölviskosität

Die wichtigste Eigenschaft von Schmieröl ist Viskosität. Viskosität ist das Maß für die Zähflüssigkeit eines Fluids und abhängig von Temperatur und Druck. Die Viskosität nimmt mit steigender Temperatur ab und mit fallender Temperatur zu. Hochviskoses Öl fließt langsamer als dünneres, niedrigviskoses Öl.

Tabelle 13

Ölzusätze	
Zusatz	Funktion
Anti-Korrosion	Verbessert den Schutz der Lagerflächen durch das Öl (wasser- oder öllöslich)
Anti-Oxidation	Verzögert den Zerfall des Grundöls bei hohen Temperaturen und verlängert so die Schmierstoff-Lebensdauer
Schaumschutz	Verhindert die Blasenbildung
Hochdruckschutz (EP)	Reduziert die schädigenden Effekte des Direktkontakts von Metallflächen
Anti-Verschleiß (AW)	Verhindert den Direktkontakt von Metallflächen
Feststoffzusatz	Sorgt für Schmierung bei Unwirksamkeit des Grundöls

Die Viskosität von Öl wird in der Regel bei der international genormten Referenztemperatur spezifiziert, d. h. 40 °C).

Viskositätsindex (VI)

Das Viskositäts-Temperatur-Verhältnis von Öl wird mithilfe des Viskositätsindex (VI) angegeben. Bei einem Öl mit hohem VI wirken sich Temperaturschwankungen nur minimal auf seine Viskosität aus. Umgekehrt hat stark auf Temperaturveränderungen reagierendes Öl einen niedrigen VI.

Für die Wälzlagerschmierung empfiehlt SKF die Verwendung von Ölen mit einem VI von mindestens 95.

ISO-Viskositätsklasse (VG)

Der anerkannte ISO-Standard für die Ölviskosität ist die ISO-Viskositätsklasse (VG) und gibt schlicht die durchschnittliche Ölviskosität bei 40 °C an. Beispielsweise hat Öl der Klasse ISO VG 68 eine durchschnittliche Viskosität von 68 mm²/s bei 40 °C (68 cSt).

Die minimalen und maximalen Viskositäten jeder ISO-Viskositätsklasse sind in **Anhang I-2** auf **Seite 415** enthalten. Einen Vergleich der verschiedenen Methoden zur Viskositätsklassifizierung finden Sie in **Anhang I-1** auf **Seite 414**.

HINWEIS: Die Viskosität wird in mm²/s oder cSt (identische Einheiten) ausgedrückt.

Auswahl eines geeigneten Öls

Standard-Mineralöle eignen sich für die meisten ölgeschmierten Anwendungen. Syntheseöle sollten nur gewählt werden, wenn dies begründet ist, da sie normalerweise erheblich teurer sind.

Bei der Auswahl eines Öls sollten alle Zusatzfaktoren berücksichtigt werden. Tragen Sie alle relevanten Informationen zusammen, bevor Sie den Auswahlprozess einleiten.

- Anwendung
- Lagerausführung und Baumaße
- Lagerbelastung
- Betriebs- und Umgebungstemperaturen
- Drehzahl
- Wellenausrichtung
- äußere Einflüsse, z. B. Schwingungen, Schwenkbewegungen
- Verunreinigungen

VORSICHT: Öl von einem Schmierstoffhersteller darf nicht durch Öl von einem anderen Hersteller ersetzt werden. Sie könnten nicht identisch oder kompatibel sein.

Ölauswahlprozess

Zur genauen Ölauswahl gehören drei detaillierte Schritte. Nachstehend folgt eine Zusammenfassung des Auswahlprozesses.

1 Wahl der Ölviskosität

Öl wird ausgehend von der Viskosität gewählt, die für eine ausreichende Schmierung unter den jeweiligen Betriebsbedingungen erforderlich ist.

HINWEIS: Niedrige Viskosität bedeutet geringe Reibung, doch einen dünnen Ölfilm. Hohe Viskosität führt zu einem dicken Ölfilm, doch auch zu starker Reibung. Achten Sie daher auf ein Gleichgewicht!

Damit ein ausreichender Schmierfilm zwischen den Innenkontaktflächen eines Lagers entsteht, muss der Schmierstoff eine bestimmte Mindestviskosität „bei normaler Betriebstemperatur“ aufweisen. Die kinematische Mindestviskosität v_1 , die für eine geeignete Schmierung erforderlich ist, kann mithilfe des mittleren Lagerdurchmessers d_m und der Drehzahl n (→ **Diagramm 2**) ermittelt werden. Die Effektivität eines bestimmten Schmierstoffs richtet sich nach dem Viskositätsverhältnis κ , d. h. nach dem Verhältnis der tatsächlichen Betriebsviskosität v zur kinematischen Mindestviskosität v_1 . Geeignete

Viskositätsverhältnisse liegen normalerweise zwischen 1 und 4.

Die kinematische Mindestviskosität ist die Viskosität, die „bei normaler Betriebstemperatur“ benötigt wird. Die entsprechende Viskosität bei der international genormten Referenztemperatur von 40 °C kann dann ermittelt (→ **Diagramm 3, Seite 206**) oder berechnet werden. Mithilfe dieser Daten kann die ISO-Mindestviskositätsklasse gewählt werden.

Um die ISO-Mindestviskositätsklasse zu ermitteln, gehen Sie wie folgt vor:

HINWEIS: Bei der Bestimmung der Betriebstemperatur eines Lagers ist zu beachten, dass die Öltemperatur normalerweise 3 bis 11 °C höher ist als die Temperatur im Lagergehäuse.

- 1 Bestimmen Sie den mittleren Lagerdurchmesser d_m , die Drehzahl n und die erwartete Lagerbetriebstemperatur T .
- 2 Lokalisieren Sie mithilfe von **Diagramm 2** den Punkt, an dem sich der mittlere Durchmesser und die Drehzahl schneiden.
- 3 Gehen Sie waagrecht bis zur senkrechten Achse, um die kinematische Mindestviskosität v_1 bei Betriebstemperatur zu ermitteln.
- 4 Lokalisieren Sie mithilfe von **Diagramm 3, Seite 206**, den Punkt, an dem die kinematische Mindestviskosität v_1 bei Betriebstemperatur, die im Schritt zuvor ermittelt wurde, die senkrechte Linie der erwarteten Betriebstemperatur des Lagers schneidet.
- 5 Lokalisieren Sie die erste diagonale Kurve rechts von diesem Punkt. Dies ist die ISO-Viskositätsklasse (ISO VG), die als Minimum gewählt werden kann.

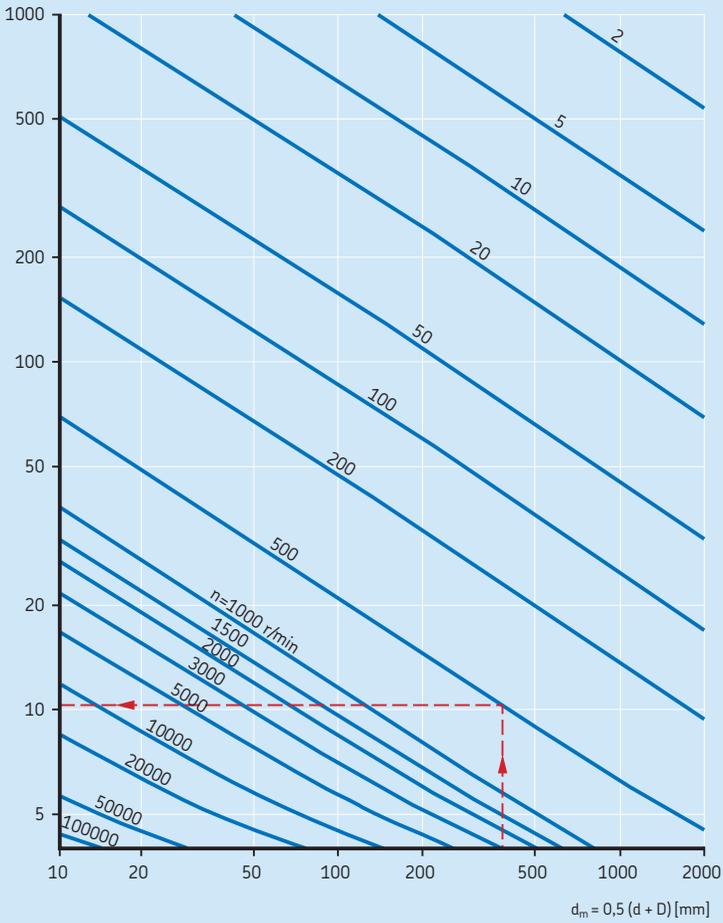
Wird ein Schmierstoff mit einer höheren Viskosität als erforderlich gewählt, ist eine Verbesserung der Lagerleistung zu erwarten. Da eine höhere Viskosität auch zu einer höheren Betriebstemperatur des Lagers führt, muss auf ein Gleichgewicht geachtet werden.

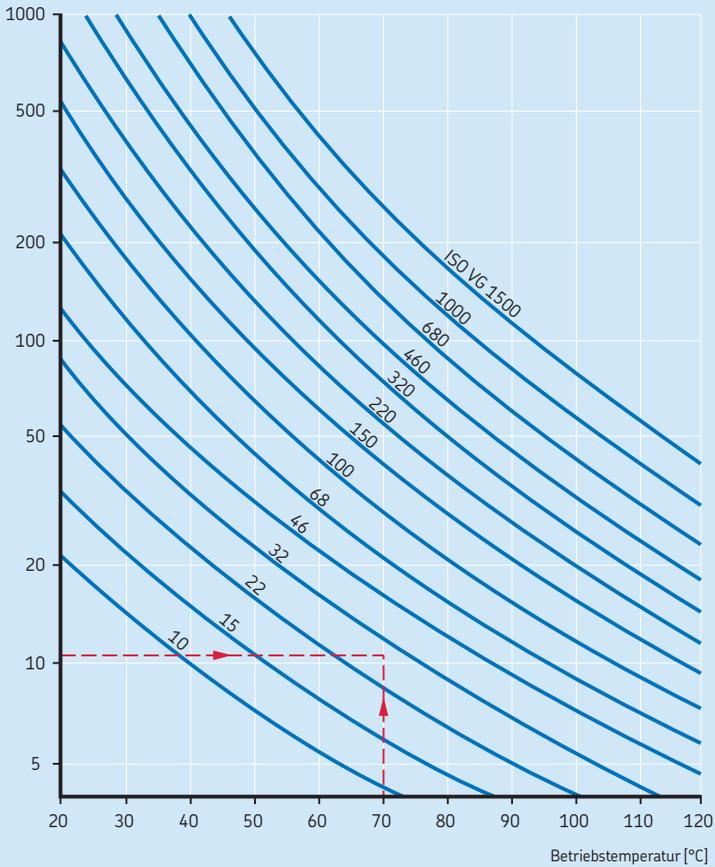
Beispiel

Ein Lager mit einem Bohrungsdurchmesser $d = 340$ mm und einem Außendurchmesser $D = 420$ mm ist erforderlich, um bei einer Drehzahl $n = 500$ min⁻¹ zu arbeiten. Daher: $d_m = 0,5 (d + D) = 380$ mm. **Diagramm 2** zeigt, dass die für die ausreichende Schmierung bei Betriebstemperatur erforderliche kinematische

Schätzung der kinematischen Mindestviskosität v_1 bei Betriebstemperatur

Erforderliche Viskosität v_1 bei Betriebstemperatur [mm²/s]



Umrechnung in die kinematische Viskosität ν bei Referenztemperatur (ISO-VG-Klassifizierung)Erforderliche Viskosität ν_1 bei Betriebstemperatur [mm²/s]

Mindestviskosität v_1 bei etwa 11 mm²/s liegt. **Diagramm 3** auf **Seite 206** zeigt, bei einer angenehmen Lagerbetriebstemperatur von 70 °C, dass ein Schmieröl mit ISO VG 32, d. h. einer kinematischen Viskosität v von mindestens 32 mm²/s bei der Referenztemperatur von 40 °C, erforderlich ist.

2 Prüfung des Bedarfs an Anti-Verschleiß- und Hochdruckschutz-Zusätzen

Anti-Verschleiß- (AW) und Hochdruckschutz- (EP) Additive werden bei langsam umlaufenden Lagern unter hohen Belastungen benötigt. Diese Zusätze wirken sich auch bei Stoßbelastungen und Schwenkbewegungen positiv aus sowie bei häufigen Anlauf- und Abschaltvorgängen.

VORSICHT: Einige EP-Zusätze können sich nachteilig auf Lagerwerkstoffe auswirken und die Lagergebrauchsdauer dramatisch herabsetzen, besonders über 80 °C. Wenden Sie sich an den Schmierstoffhersteller.

3 Beurteilung zusätzlicher Anforderungen

Herrschen besondere Betriebsbedingungen vor, sollten die Eigenschaften des Öls entsprechend darauf abgestimmt werden. Wenn Lager z. B. über einen großen Temperaturanwendungsbereich arbeiten müssen, ist das Öl zu verwenden, das sich bei Temperaturschwankungen am wenigsten verändert, d. h. Öl mit einem hohen Viskositätsindex.

Zusätzliche Öl-Auswahlhilfen

Die Software SKF LubeSelect kann ebenfalls verwendet werden, um die geeignete Ölart und -viskosität auszuwählen. Ein weiteres SKF Programm, LuBASE, enthält detaillierte Informationen zu über 2 000 Schmierstoffen von mehr als 100 Schmierstoffanbietern. Beide Programme sind online unter www.aptitudexchange.com verfügbar. Berechnungen der Öl-Mindestviskosität können auch online mithilfe der Formeln im *Interaktiven SKF Lagerungskatalog* unter www.skf.com erfolgen.

Diese zusätzlichen Öl-Auswahlhilfen basieren auf einem verallgemeinerten Auswahlverfahren und dienen lediglich als Richtschnur.

Ölschmiersysteme

Arten von Ölschmiersystemen

Die Wahl des Ölschmierverfahrens richtet sich nach Anwendung, Betriebsbedingungen und Wellenausrichtung. Im Anschluss daran ist die Ausführung des Schmiersystems sorgfältig abzuwägen. Da beispielsweise Öle Flüssigkeiten sind, müssen zur Verhinderung von Undichtigkeiten geeignete Dichtungslösungen bereitgestellt werden.

Ein grundlegendes Verständnis der Konstruktion und Funktionsweise eines Schmiersystems empfiehlt sich bei der Ausführung von Instandhaltungsmaßnahmen (→ **Tabelle 14, Seite 208**).

Die Ölnebschmierung, die in äußerst speziellen Anwendungen eingesetzt wird, ist in der Tabelle nicht enthalten.

Wartung von Ölschmiersystemen

Die Instandhaltung von Ölschmiersystemen erfordert eine sorgfältige, systematische Herangehensweise. Außer den nachstehend vorgestellten Richtlinien empfiehlt SKF die regelmäßige Entnahme von Ölproben und die Trendbeobachtung der Analyseergebnisse.

- Stellen Sie bei der Installation neuer Ölschmiersysteme sicher, dass der Behälter bzw. die Wanne oder Rinne mit Öl gefüllt wird, um zu verhindern, dass die Lager beim Anfahren ohne Schmierung laufen.
- Wird eine Maschine mit Ölförderring gestartet, die längere Zeit stillgestanden hat, ist darauf zu achten, dass die Ölwanne mit Öl gefüllt ist.

VORSICHT!

Maschinen mit Ölleckagen sind gefährlich und stellen ein Brandrisiko dar. Finden Sie die undichte Stelle und beheben Sie die Ursache umgehend!

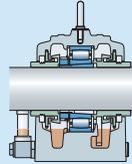
Ölschmiersysteme



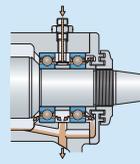
Ölbad



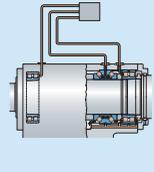
Ölumlaufschmierung



Ölförderring



Ölneispritzung



Öl-Luft

Beschreibung

Das von den umlaufenden Komponenten des Lagers aufgenommene Öl wird im Lager verteilt und fließt dann zurück in die Wanne.

Das Öl wird in eine Position über dem Lager gepumpt, läuft durch das Lager nach unten und sammelt sich in einer Wanne. Das Öl wird gefiltert und vor der Rückführung zum Lager auf die erforderliche Temperatur gebracht.

Der Ölförderring hängt locker an einer Abstandshülse, taucht in die Ölwanne ein und fördert das Öl zu einer Sammelrinne. Das Öl läuft durch das Lager nach unten und wieder zurück in die Ölwanne.

Ein Hochdruck-Ölstrahl wird auf die Seite jedes Lagers gerichtet.

Dosierte Ölmen gen werden per Druckluft auf jedes Lager gerichtet. Öl wird in bestimmten Intervallen zugeführt, bildet einen Film auf dem Innendurchmesser der Zulaufleitungen, kriecht zu den Düsen und wird dann in das Lager gefördert.

Geeignete Betriebsbedingungen

Niedrige und mittlere Drehzahlen

Hohe Drehzahlen

Hohe Drehzahlen
Hohe Betriebstemperaturen

Sehr hohe Drehzahlen

Extrem hohe Drehzahlen
Niedrige Betriebstemperaturen

Vorteile/Nachteile

Einfach
Wirtschaftlich

Pumpe, Filter und Kühlsystem erforderlich

Nur für waagerechte Wellen geeignet

Relativ geringe Ölmenge erforderlich

Wirtschaftlich
Unterstützt die Schmutzabweisung

Konstruktionsempfehlungen

Sorgen Sie für ein Schauglas zur Sichtkontrolle.

Sorgen Sie für geeignete Ablaufkanäle – waagerechte Kanäle sind zu vermeiden. Die Auslassöffnung muss größer als die Zufuhröffnung sein. Setzen Sie effektive Dichtungen ein.

Sorgen Sie für ein Schauglas für die Sichtkontrolle. Setzen Sie effektive Dichtungen ein.

Die Geschwindigkeit des Ölstrahls muss mindestens 15 m/s betragen. Sorgen Sie für geeignete Ablaufkanäle – waagerechte Kanäle sind zu vermeiden.

Die Öldüsen müssen korrekt platziert sein. Zulaufleitungen von bis zu 10 m sind möglich. Ein Filter wird empfohlen.

- Untersuchen Sie das Öl in regelmäßigen Intervallen auf Verunreinigung, Oxidation oder Verschäumung. Denken Sie jedoch daran, dass die kleinste mit bloßem Auge erkennbare Partikelgröße 40 µm ist.
- Prüfen Sie bei einem Öl-Luft-Schmier-system den Luftdruck an der Ölzufuhröffnung. Er sollte etwa 6 bar betragen.

Bild 12



Ölwechselintervalle

Das Intervall zwischen den Ölwechseln richtet sich hauptsächlich nach dem Ölschmiersystem, den Betriebsbedingungen und der verwendeten Ölmenge. Für alle Schmiermethoden wird eine Ölanalyse empfohlen, um ein geeignetes Ölwechselprogramm zu implementieren.

Richtlinien für Ölwechselintervalle finden Sie in **Tabelle 15**. Im Allgemeinen gilt: je erschwerter die Bedingungen, desto häufiger sollte das Öl analysiert und gewechselt werden.

HINWEIS: Vergessen Sie nicht, die Filterelemente regelmäßig auszutauschen.

Kettenöle

Bei der Kettenschmierung ist auf einen passenden Schmierfilm zu achten, besonders in den Innenteilen der Kette. Ohne geeignete Schmierung können vorzeitiger Verschleiß der Kettenräder und Kettenverlängerungen auftreten.

SKF fertigt Kettenschmiersysteme (→ **Bild 12**), die mit drei verschiedenen Kettenölen (→ **Tabelle 16**) geliefert werden.

Tabelle 16

SKF Kettenöle

Eigenschaft	Kurzzeichen LHMT 68	LHHT 265	LHFP 150
Beschreibung	Mittlere Temperaturen	Hohe Temperaturen	Lebensmittelverträglich
Grundöl	Mineralöl	Synthetisches Esteröl	Synthetisches Esteröl
Viskosität/ Viskositäts- klasse	ISO VG 68	265 mm ² /s	ISO VG 150
Betriebs- temperatur	-15 bis +90 °C	Bis zu 250 °C	-30 bis +120 °C

7

Tabelle 15

Ölwechselintervalle

Ölschmiersystem	Typische Betriebsbedingungen	Ungefähres Ölwechselintervall ¹⁾
Ölbad oder Ötförderrring	Betriebstemperatur < 50 °C Geringe Verunreinigungsgefahr	12 Monate
	Betriebstemperatur 50 bis 100 °C Mäßige Verunreinigung	3 bis 12 Monate
	Betriebstemperatur > 100 °C Verunreinigte Umgebung	3 Monate
Ölumlaufschmierung oder Öleinspritzung	Alle	Entscheidung nach Testläufen und regelmäßiger Kontrolle des Ölzustands. Abhängig davon, wie oft die gesamte Ölmenge zirkuliert und ob das Öl gekühlt wird oder nicht.

¹⁾ Bei anspruchsvolleren Betriebsbedingungen sind häufigere Ölwechsel erforderlich.

Schmierung

Ölkompatibilität

Stellen Sie vor dem Wechseln oder Mischen verschiedener Öle sicher, dass die beiden Öle miteinander verträglich sind. Beim Mischen inkompatibler Öle können die Grundöle eine ungünstige chemische Reaktion auslösen. Prüfen Sie die Kompatibilität des Grundöls anhand der **Tabelle 11 auf Seite 201**.

SKF Lager werden mit einem erdölbasierten Korrosionsschutzmittel behandelt, das mit den meisten Lagerölen kompatibel ist.

VORSICHT: Auch wenn die Grundöle kompatibel sind, können die Zusätze des alten Öls die Funktion der Additive im neuen Öl verändern. Weitere Informationen erhalten Sie vom Schmierstoffhersteller.

Ölanalyse

Die Ölanalyse ist ein wichtiger Faktor beim Nachschmieren. Proben sollten in regelmäßigen Intervallen entnommen und baldmöglichst nach der Entnahme gründlich analysiert werden. Auch die Trendbeobachtung ist von großer Bedeutung für die zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung.

Zusätzlich zur Analyse von Altöl empfiehlt SKF außerdem, neue Öle zu analysieren. Aufgrund der wechselnden Umgebungsbedingungen und verschiedenen Stationen, die ein Ölfass auf dem Weg vom Hersteller zum Kunden durchläuft, ist in neuen Ölfässern oftmals eine hohe Anzahl Partikel zu finden.

HINWEIS: Denken Sie daran, dass sich neues Öl auf die Trendbeobachtung auswirkt!

Ölprobe

Eine Ölprobe sollte stellvertretend für den wahren Zustand des Öls sein. SKF empfiehlt die Befolgung dieser Richtlinien bei der Entnahme von Ölproben:

1 Verwenden Sie einen kleinen sauberen und sicher verschließbaren Behälter.

2 Entnehmen Sie die Proben auf der mit Druck beaufschlagten Seite eines Ölumlaufschmier-systems. Dies kann mithilfe eines einfachen Kugelhahns erfolgen.

3 Proben aus nicht-druckbeaufschlagten Systemen, z. B. Ölbädern, entnehmen Sie über die Auslassöffnung, nachdem Sie zuerst etwas Öl abgelassen haben.

4 Dichten Sie den Behälter sofort nach Entnahme der Probe ab, um das Eindringen von Verunreinigungen zu verhindern.

Die Analyse von Ölproben umfasst in der Regel folgende Faktoren:

- Viskosität
- Oxidation
- Konzentration von Verschleißpartikeln
- Wassergehalt
- Rückgang des Gehalts an Zusätzen

Die Viskosität eines Öls sollte in der Regel bei 10 % der Messbasis liegen. Die Konzentration von Verschleißpartikeln und der Wassergehalt werden in ppm angegeben (parts per million). Der Wassergehalt sollte < 200 ppm sein.

Spratzprobe

Die Spratzprobe ist eine einfache Methode, um das Vorhandensein von freiem Wasser in einer Ölprobe festzustellen:

- 1 Erwärmen Sie eine Anwärmpfanne auf etwa 130 °C auf.
- 2 Schütteln Sie die Ölprobe kräftig.
- 3 Setzen Sie einen Öltropfen in die Mitte der Anwärmpfanne.

Wenn Wasser vorhanden ist, bilden sich Dampfblasen. Ist ein Knistern zu hören, übersteigt der Wassergehalt wahrscheinlich 2 000 ppm.

HINWEIS: Dieser Test erkennt kein im Öl gelöstes Wasser und sollte nur als Richtschnur betrachtet werden. SKF empfiehlt, die Proben zur Analyse einzusenden.

Verunreinigung und Filterung

Verunreinigungen, also unerwünschte Substanzen, die die Leistung des Schmierstoffs herabsetzen, können in fester, flüssiger oder gasförmiger Form auftreten. Verunreinigungen können folgende Ursachen haben: unzureichend abgedichtete Anwendung oder Schmieresystem, mangelhaftes oder schlecht funktionierendes Filtersystem, verunreinigte Füllstellen oder durch die Anwendung erzeugte Verschleißpartikel.

Feste Verunreinigungen

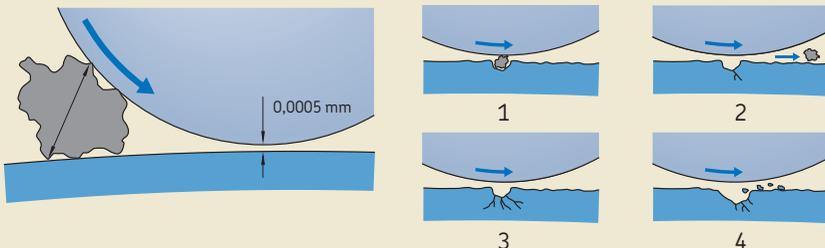
Feste Verunreinigungen entstehen entweder innerhalb der Anwendung als Ergebnis aus Verschleiß oder Beschädigung, oder sie können durch eine Öffnung, ein unzureichendes oder fehlerhaftes Dichtungssystem oder, wahrscheinlicher, aufgrund mangelhafter Nachschmierung in die Anwendung eindringen.

Das Eindringen fester Verunreinigungen in den Lagerhohlraum (→ Bild 13) verursacht Eindrückungen in den Laufbahnen infolge des Überrollens durch die Wälzkörper (1). Durch die plastische Verformung entstehen um die Eindrückung herum hochgezogene Kanten (2). Wenn die Wälzkörper diese Kanten weiter überrollen und die Schmierung beeinträchtigt wird, tritt Materialermüdung auf (3). Erreicht diese Ermüdung schließlich ein bestimmtes Niveau, setzt ein vorzeitiges Abblättern am äußeren Ende der Eindrückung (4) ein.

HINWEIS: Die Schmierstoffreinheit und die umsichtige Handhabung beim Einbau sind wichtige Faktoren bei der Vorbeugung von Eindrückungen. Denken Sie daran, dass auch die kleinsten Papierschnipsel oder Stofffasern eines Baumwolltuchs einem Lager Schäden zufügen können.

7

Bild 13



Schmierung

Zwei Verfahren zur objektiven Klassifizierung des Grads der Verunreinigung von Schmierstoffen sind in ISO 4406:1999 genannt. Diese Klassifizierungsverfahren beruhen auf der Bestimmung von Partikelmengen und ihrer größenabhängigen Zuordnung zu bestimmten Ölrreinheitsklassen (→ **Tabelle 17**). Es gibt zwei Verfahren zur Bestimmung des Grads der Schmierölverunreinigung:

- **Mikroskop-Partikelzählung:** Ausschlaggebend sind in diesem Fall die Mengen der Partikel mit Größe $\geq 5 \mu\text{m}$ und $\geq 15 \mu\text{m}$, die dann bestimmten Skalenwerten nach ISO zugeordnet werden.
- **Automatische Partikelzählung:** Hier wird der Verunreinigungsgrad durch drei Kennzahlen definiert, die die jeweiligen Mengen an Partikeln mit Größe $\geq 4 \mu\text{m}$, $\geq 6 \mu\text{m}$ und $\geq 14 \mu\text{m}$ je Milliliter Öl einer ISO-Ölrreinheitsklasse zuordnen.

Bei der automatischen Partikelzählung empfiehlt SKF beispielsweise die Aufrechterhaltung von Partikelniveaus bei oder unter einer Verschmutzungsgrad-Klassifizierung von 18/15/12. Dies bedeutet, dass das Öl zwischen 1 300 und 2 500 Partikeln $\geq 4 \mu\text{m}$, zwischen 160 und 320 Partikeln $\geq 6 \mu\text{m}$ und zwischen 20 und 40 Partikeln $\geq 14 \mu\text{m}$ enthält. Höhere Niveaus sind für Lager mit einem Bohrungsdurchmesser $> 100 \text{ mm}$ zulässig.

Eine Filtrerrückhalterate gibt Aufschluss über die Filtereffizienz. Die Effizienz von Filtern bezieht sich auf eine bestimmte Partikelgröße. Daher müssen sowohl die Filtrerrückhalterate als auch die bestimmte Partikelgröße berücksichtigt werden.

Weiterführende Informationen über die Klassifikation für Verunreinigungen und die Filtrerrückhalterate finden Sie im *Interaktiven SKF Lagerungskatalog* unter www.skf.com.

Flüssige Verunreinigungen

Zu den flüssigen Verunreinigungen gehören Wasser, Kraftstoffe, Prozessnebenprodukte und Chemikalien wie z. B. Glycol. Wasserabscheider sind immer dann einzusetzen, wenn eine Verunreinigung durch Wasser zu erwarten ist. Die Art des Wasserabscheiders richtet sich nach dem geschätzten Risiko des Wassereintritts in das Schmiersystem. Falls erforderlich und wirt-

Tabelle 17

ISO-Klassifikation für Verunreinigungen

Anzahl der Partikel pro Milliliter Öl		Skalenwert
über	bis	–
10 000	20 000	21
5 000	10 000	20
2 500	5 000	19
1 300	2 500	18
640	1 300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10

schaftlich tragfähig, wird die kontinuierliche Wasserabscheidung empfohlen.

Gasförmige Verunreinigungen

Die Verunreinigung durch Luft oder Gase reduziert die Ölviskosität und steigert die Schaumbildung. Verschäumung kann zu einem Ölverlust führen.

SKF Ölschmierstoffe

SKF bietet ein umfangreiches Sortiment an Produkten für das Ölmanagement und die Instandhaltung von Ölschmiersystemen an (→ **Anhang L** ab **Seite 420**). Weitere Informationen finden Sie unter www.mapro.skf.com und www.skf.com/lubrication.

Zentralschmiersysteme

SKF Zentralschmiersysteme verteilen Schmierstoff von einem zentralen Behälter an die einzelnen Schmierpunkte einer Maschine, an denen Reibung auftritt. Der Schmierstoff wird so oft wie erforderlich und in der richtigen Menge zugeführt. In der Regel sind Öl und Fett mit NLGI-Klassen bis 2 verwendbar. Da die Förderbarkeit einer der entscheidenden Faktoren ist, werden häufig Schmierfette mit niedrigen NLGI-Klassen eingesetzt.

HINWEIS: Die Wartung von Zentralschmiersystemen beschränkt sich typischerweise auf das Auffüllen des Schmierstoffbehälters und die gelegentliche Kontrolle der Anschlussstellen auf Ölleckagen. Es ist jedoch stets die Wartungsanleitung zu befolgen, die der Ausrüstung beiliegt.

Auswahl des geeigneten Schmierstoffs

Viele Störungen in Zentralschmiersystemen sind auf die Wahl des falschen Schmierstoffs zurückzuführen. Schmierstoffe in Zentralschmiersystemen sollten die folgenden Kriterien erfüllen:

- Sie sollten keine Festpartikel enthalten, die durch einen Filter mit einer Feinheit von 25 µm passieren können.
- Sie sollten keine Luftblasen (unaufgelöste Gase) enthalten, um einen Druckaufbau und ein unkontrolliertes Verhalten des Schmierstoffs zu verhindern.
- Sie sollten mit den Materialien aller Komponenten in den Lageranordnungen, z. B. Dichtungen, kompatibel sein.
- Sie sollten eine gute Alterungsbeständigkeit besitzen.
- Sie sollten eine geeignete Ölabscheidungsrate aufweisen, da übermäßige Abscheidungen zu Druckverlusten und blockierten Systemen führen.
- Sie sollten homogen bleiben und bei allen zu erwartenden Betriebstemperaturen eine gleichmäßige Konsistenz bewahren.
- Sie sollten keine Festzusätze enthalten, die Ablagerungen in Pumpe, Ventilen und Verteilern verursachen können.

Bei der Wahl zwischen einem Fett- und einem Ölschmiersystem sind technische und wirtschaftliche Überlegungen entscheidend. Die beiden Arten von Zentralschmiersystemen werden in **Tabelle 18, Seite 214**, verglichen. SKF empfiehlt, nach Möglichkeit Öl zu verwenden, insbesondere jedoch für Anwendungen wie Werkzeug-, Holzverarbeitungs-, Druck- und Kunststoffverarbeitungsmaschinen.

Arten von Zentralschmiersystemen

Technisch gesprochen lassen sich Zentralschmiersysteme in Verbrauchs- und Umlaufschmiersysteme einteilen, je nachdem, ob der Schmierstoff wiederverwendet wird oder nicht.

Zentralschmiersysteme werden zudem nach ihrer Arbeitsweise kategorisiert (→ **Tabelle 19, Seite 215**). Die Wahl des geeigneten Systems ist von folgenden Faktoren abhängig:

- Betriebsbedingungen, z. B. Betriebstemperatur, Viskosität, Vorhandensein von Salz in der Atmosphäre
- Genauigkeitsbedarf der Schmierstoffmenge
- Geometrie und Größe des Schmiersystems
- Überwachungsbedarf

SKF bietet eine Vielzahl an modernen Schmiersystemen und Komplettlösungen an, die das Fachwissen von SKF im Bereich Tribologie – die Kombination aus Reibungs-, Verschleiß- und Schmierungslehre – mit der Erfahrung in Sachen Wälzlager, Dichtungen und Zustandsüberwachung vereint.

Weitere Informationen über SKF Zentralschmiersysteme finden Sie unter www.skf.com/lubrication. Technische Unterstützung bei besonderen Anforderungen erhalten Sie von Ihrer SKF Vertretung vor Ort.

Schmierung

Verbrauchsschmiersysteme

Die Merkmale eines Verbrauchsschmiersystems:

- Der Schmierstoff wird nicht wiederverwendet.
- Reibungspunkte werden während des Schmierzyklus mit frischem Schmierstoff versorgt.
- Die zugeführte Schmierstoffmenge reicht aus, um einen geeigneten Schmierfilm aufzubauen.
- Es gibt keine Wärmeableitung.

In den meisten Anwendungen mit Zentralschmiersystemen geht es darum, die beweglichen Teile zu schmieren, z. B. Lager und Getriebe.

Die Minimalmengenschmierung (MMS) ist eine Sonderform der Verbrauchsschmierung. Diese Systeme sorgen für die Schmierung von Bearbeitungsprozessen, das Besprühen oder Befeuchten von Oberflächen. Mit der Minimalmengenschmierung ist es möglich, eine effek-

tive Schmierung mit extrem kleinen Ölmengen von einem Aerosol zu erzielen.

Ölumlaufschmiersysteme

Die Merkmale eines Ölumlaufschmiersystems:

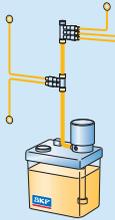
- Der Schmierstoff wird wiederverwendet, d. h. das Öl fließt zur Wiederverwendung zurück in den Schmierstoffbehälter, nachdem es gefiltert und die Temperatur angepasst wurde.
- Die reibungs- und prozessbedingte Wärme wird abgeleitet.
- Schwingungen werden gedämpft.
- Abrasive Partikel, Kondens- und Prozesswasser werden abgeschieden.
- Luftblasen werden entfernt und Schaum reduziert.
- Korrosion wird verhindert.

Tabelle 18

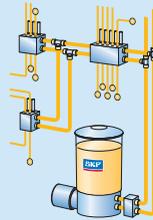
Vergleich von Zentralschmiersystemen (Fett und Öl)

Auswahlkriterien	Vorteile/Nachteile Schmierfett	Öl
Betriebsdruck	50 bis 400 bar	14 bar
Leitungs- und Schmiernippel-Anforderungen	Leitung mit großem Durchmesser (infolge eines übermäßigen Druckverlusts)	Leitung mit kleinem Durchmesser
Stromverbrauch der Pumpe	Relativ hoher Verbrauch	Geringer Verbrauch
Verunreinigung	Verunreinigungen bleiben im Kreislauf und können in den Reibungsbereich gelangen.	Verunreinigungen lagern sich am Boden des Behälters ab.
Instandhaltung	Die Messung des Fettfüllstands im Behälter ist komplex. Fettauffüllung nicht einfach	Die Messung des Ölstands im Behälter ist einfach. Ölauffüllung einfach
Option der Schmierstoffzirkulation	Nicht möglich	Relativ einfach erreichbar
Abdichtung	Die Lager benötigen keine Abdichtung. Der Schmierstoff hat eine Dichtfunktion.	Die Lagerung muss abgedichtet werden, um Ölleckagen und die Verunreinigung der Umgebung zu verhindern. Der Schmierstoff bietet keinen Schutz vor Verunreinigungen.
Kühlungs- und Spülmöglichkeiten	Nein	Ja

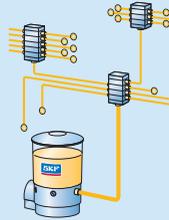
SKF Zentralschmiersysteme



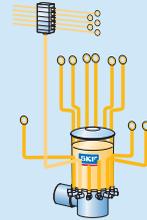
SKF MonoFlex



SKF DuoFlex

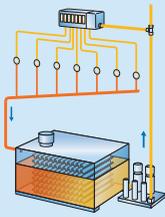


SKF ProFlex

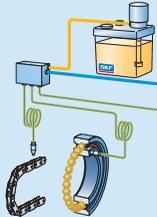


SKF MultiFlex

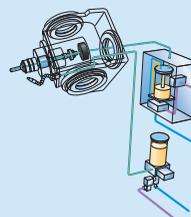
Typ	Einleitung	Zweileitung	Progressiv	Mehrleitung
Geeignete Schmierstoffe	Öl Schmierfett mit NLGI-Klassen von 000 bis 2	Öl Schmierfett mit NLGI-Klassen von 000 bis 3	Öl Schmierfett mit NLGI-Klassen von 000 bis 2	Öl Schmierfett mit NLGI-Klassen von 000 bis 3
Anwendungsbeispiele	Werkzeug-, Druck- und Textilmaschinen sowie Nutzfahrzeuge	Metallverarbeitungsanlagen, Papier- und Zellstoffindustrie, Bergbau- und Zementanlagen, Deckschiffe, Kraftwerke	Druckmaschinen, Pressen, Nutzfahrzeuge, Windenergieanlagen	Öl- und Gasbranche, Schwerindustrie



SKF CircOil



SKF Oil+Air



SKF LubriLean

Typ	Ölumlaufschmierung	Öl und Luft	Minimalmengenschmierung (MMS)
Geeignete Schmierstoffe	Öl	Öl	Öl
Anwendungsbeispiele	Papier- und Zellstoffindustrie, Metallverarbeitung, Schwerindustrie	Werkzeugmaschinen, Ketten-Anwendungen, Stahlindustrie	Werkzeugmaschinen



Überprüfen

Einführung	218
Instandhaltungsverfahren	218
Überprüfung im laufenden Betrieb	220
Geräuschprüfung	221
Temperaturüberwachung	221
Überprüfung der Schmierbedingungen	222
Schwingungsüberwachung für Wälzlager	222
Schwingungsanalysen	223
Fehlerhäufigkeitsanalyse für Wälzlager	224
Überprüfung während der Stillstandszeiten	224
Überprüfung der Lager	225
Überprüfung der Dichtungsgleitflächen	226

Einführung

Viele vorzeitige Lagerausfälle sind auf unerwartete Betriebsbelastungen wie Unwuchten oder Schiefstellungen zurückzuführen. Der Lagerzustand ist von entscheidender Bedeutung für die Zustandsüberwachung. Ein folgenschwerer Lagerausfall führt auch zu Schäden an Anschlussteilen und schlimmstenfalls sogar zum Ausfall der gesamten Maschine.

Bei der Lager- und Maschineninstandhaltung wird grundsätzlich zwischen reaktiver, vorbeugender und zustandsabhängiger Instandhaltung unterschieden. Jedes dieser Verfahren hat Vor- und Nachteile. Im allgemeinen bietet sich aber eine zuverlässigkeitsorientierte Herangehensweise an, die die Vorteile der drei einzelnen Verfahren kombiniert.

„Zustandsüberwachung“ ist ein Überbegriff für die instrumentengestützte Maschinenüberwachung. Die Zustandsüberwachung erfolgt in der Regel als Multi-Parameter-Überwachung; die am häufigsten eingesetzte Methode der Maschinenzustandsüberwachung ist die Schwingungsüberwachung. Der Vorteil der Multi-Parameter-Überwachung besteht darin, dass nicht nur die Lager, sondern die gesamte Konstruktion in die Überwachung einbezogen werden. Dieser Ansatz verbessert den Schutz der Lager, da Maschinendefekte frühzeitig erkannt und behoben werden können.

Das Überprüfen der Lager und Maschineteile erfolgt, je nach Anwendungsfall, im laufenden Betrieb oder im abgeschalteten Zustand. Für die Zustandsüberwachung stehen dem Anwender eine Vielzahl von Messgeräten zur Auswahl, so dass sich die unterschiedlichsten Kontrollen durchführen lassen.

Instandhaltungsverfahren

Fast jedes Werk hat seine eigene Instandhaltungsstrategie. Die einzelnen Methoden im Rahmen dieser Strategie lassen sich jedoch meist auf wenige Grundverfahren zurückführen (→ **Diagramm 1**).

Die reaktive Instandhaltung ist eigentlich ein Ausdruck für die Abwesenheit einer organisierten Instandhaltungsstrategie; unter bestimmten Umständen kann sie aber durchaus der einzige geeignete Ansatz sein. Es liegt in der Natur reaktiver Aktivitäten, dass sie nicht geplant werden können. Durch Planung lassen sich die

Weiterführende Informationen zur Zustandsüberwachung finden Sie auf www.skf.com/cm und auf www.apitudexchange.com.

Weiterführende Informationen über SKF Geräte und Systeme für die Zustandsüberwachung finden Sie auf www.skf.com/cm und auf www.mapro.skf.com.

Das SKF Reliability Maintenance Institute veranstaltet eine Reihe von Schulungskursen zur Schwingungsanalyse und Thermographie (→ *Schulungen*, ab **Seite 326**). Ihr SKF Ansprechpartner berät Sie gern. Weiterführende Informationen finden Sie auch auf www.skf.com/services.

Instandhaltungsarbeiten jedoch so durchführen, dass andere geplante Tätigkeiten möglichst wenig behindert werden.

Die vorbeugende Instandhaltung ist eine (geplante) Routine. Sie soll durch fachgerechte Instandhaltungserfahren und eine gute Wartungspraxis unerwartete Störungen verhindern. Die Kenntnis typischer Schadensmuster bei Maschinen und speziell dafür ausgelegter Instandhaltungsstrategien hat einen erheblichen positiven Effekt auf die Instandhaltungs- und Betriebsleistung.

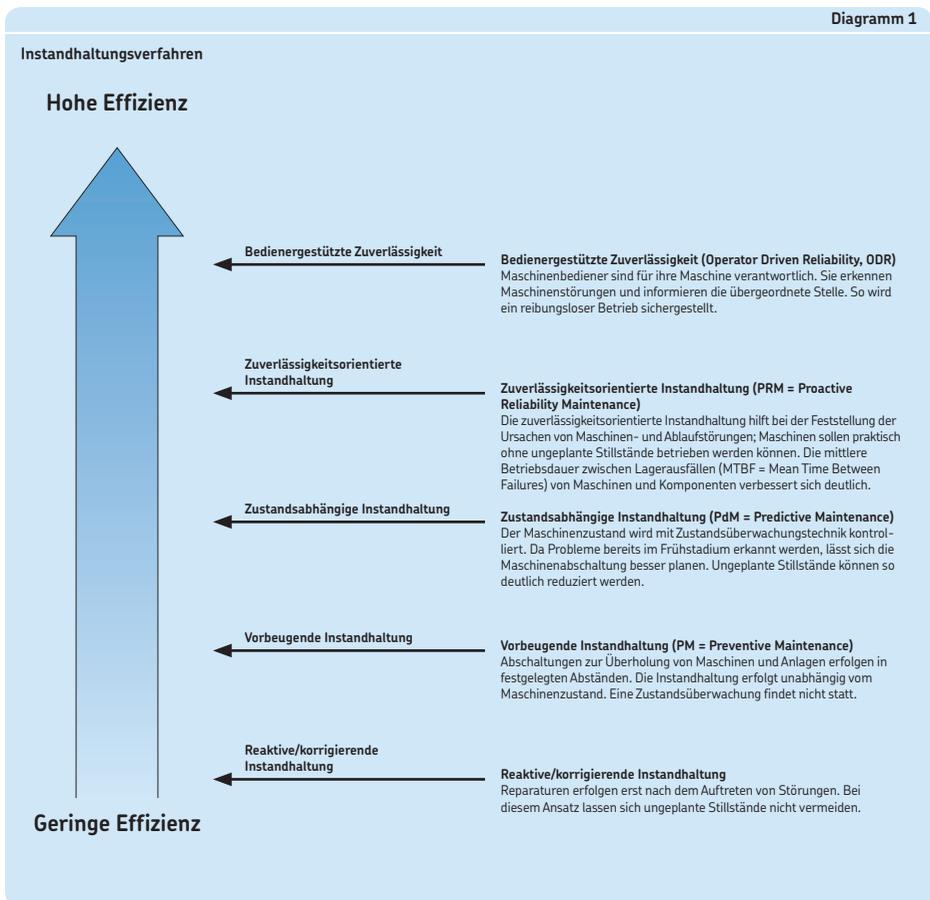
Bei der zustandsabhängigen Instandhaltung (PdM) wird das Verhalten von Maschinen und Anlagen kontrolliert, überwacht und prognostiziert. Die Maschinenzustandsüberwachung ist auf eine Reihe von Messinstrumenten und Überwachungsverfahren angewiesen; ein typisches Beispiel ist die Schwingungsüberwachung.

Es liegt auf der Hand, dass keines der beschriebenen Instandhaltungsverfahren allein die ultimative Instandhaltungslösung bieten kann. Eine solche Lösung basiert immer auf der Kombination mehrerer Verfahren.

Die zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung ist ein strukturierter und dynamischer Ansatz, der die geeigneten Verfahren aus der reaktiven, vorbeugenden und zustandsabhängigen Instandhaltung zusammenführt.

Die beste Effizienz wird nach unserer Auffassung mit Verfahren erreicht, die die Zustandsdaten werkweit bereitstellen und den Maschinenbediener aktiv in die Instandhaltung einbeziehen.

Diagramm 1



Überprüfung im laufenden Betrieb

In jeder Maschine mit drehenden Teilen stellen die Wälzlager eine betriebswichtige Komponente dar. Sie sollten daher konsequent überwacht werden. Durch die frühzeitige Diagnose drohender Wälzlagerschäden bleibt meist noch ausreichend Zeit für den Lagerwechsel bei der nächsten geplanten Instandhaltung. So lassen sich oft teure, ungeplante Stillstandszeiten verhindern.

WICHTIG: Wälzlager in kritischen Maschinen oder in rauen Umgebungen sollten intensiver überwacht werden als andere Lager.

Für die kontinuierliche Überwachung von Wälzlagern und anliegenden Maschinenteilen gibt es eine Vielzahl von Messgeräten und Messverfahren. Wichtige Messparameter für den Maschinenzustand sind Betriebsgeräusch, Temperatur und Schwingungen.

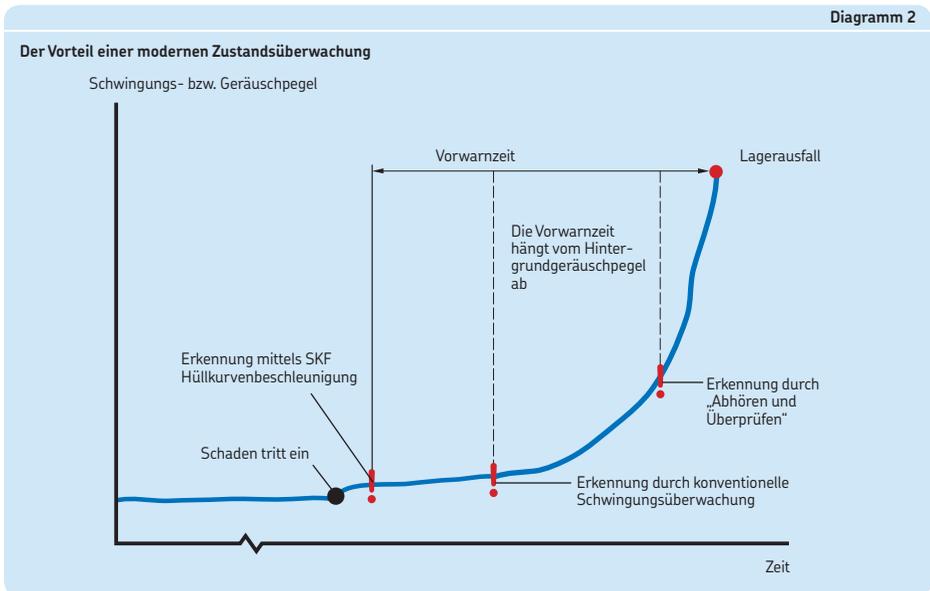
Verschlissene oder beschädigte Lager weisen meist eindeutige Symptome auf. Lagerschäden können unterschiedliche Ursachen haben; entsprechende Diagnosen sind durchzuführen (→ *Störungsbehebung*, ab **Seite 228**).

In der Praxis können meist nicht alle Maschinenfunktionen mit teuren Geräten überwacht werden. In diesen Fällen lassen sich Störungshinweise auch durch akustische oder optische Kontrollen feststellen. Abhören und Beobachten sind jedoch nur begrenzt zur Erkennung von Maschinenstörungen geeignet. Wenn eine Störung optisch oder akustisch festgestellt werden kann, ist es vielleicht schon zu spät. Der objektive Vorteil von Technologien wie der Schwingungsanalyse besteht in der Fehlererkennung im Frühstadium, d.h. bevor die Störung größere Auswirkungen hat (→ **Diagramm 2**).

Für präzise Messungen und zuverlässige Ergebnisse empfiehlt SKF den Einsatz professioneller Zustandsüberwachungstechnik. Eine Übersicht über die SKF Grundausstattung mit Zustandsüberwachungsinstrumenten enthält **Anhang N** ab **Seite 432**. Weiterführende Informationen zu diesen und verwandten Produkten finden Sie auf www.skf.com/cm und www.mapro.skf.com.

VORSICHT: Erkennung und Analyse sollten nicht verwechselt werden. Der Austausch eines beschädigten Lagers nach Messung hoher Schwingungspegel löst das Problem nur vorübergehend. Letztlich muss die Ursache der Schwingungen gefunden, analysiert und behoben werden.

Diagramm 2



Geräuschprüfung

Das reibungslose Funktionieren eines Lagers lässt sich häufig durch bloßes Abhören kontrollieren. Im störungsfreien Zustand ist ein leichtes Schnurren zu hören. Schleifen, Pfeifen und andere ungewöhnliche Geräusche sind typische Anzeichen für Probleme.

Maschinengeräusche können auch kurzweilige Ultraschallanteile enthalten, die in einem sehr engen Winkel ausgestrahlt werden. Ultraschall-Datensammler sind in der Lage, den Ultraschall von den Hintergrundgeräuschen zu isolieren und seinen Ursprung zu bestimmen.

Auch mit dem häufig eingesetzten elektronischen SKF Stethoskop (→ **Bild 1**) lassen sich fehlerhafte Maschinenteile und beschädigte Lager aufspüren. Das Stethoskop kann eine Vielzahl unterschiedlicher Maschinengeräusche identifizieren und ihren Ursprung bestimmen.



Bild 1

Temperaturüberwachung

Die Betriebstemperatur sollte an allen Wälzlagern überwacht werden. Temperaturerhöhungen bei konstanten Betriebsbedingungen sind häufig ein Anzeichen von drohendem Lagerschaden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass sich die Temperatur nach jeder Lagerschmierung erhöht und ein bis zwei Tage erhöht bleiben kann.

Die Temperatur kann mit (berührungsfreien oder Kontakt-) SKF Thermometern (→ **Bild 2**) gemessen werden. Berührungsfreie Thermometer eignen sich besonders bei schwer zugänglichen oder gefährlichen Messstellen.

Thermische Anomalien und Wärmepunkte, die für das Auge unsichtbar sind, lassen sich auch mit den SKF Wärmebildkameras aufspüren. Mit Thermographie-Überwachung kann der Anwender potenzielle Probleme erkennen und isolieren, ohne dass dazu Produktionsunterbrechungen nötig werden.

HINWEIS: In Anwendungsfällen mit umlaufendem Innenring ist das Lagergehäuse meist 5 °C kühler als der Lageraußenring und 10 °C kühler als der Lagerinnenring.



Bild 2

Überprüfen

Überprüfung der Schmierbedingungen

Da Lager nur mit ausreichender Schmierung ihre maximale Leistung erreichen können, sollten die Schmierbedingungen sehr genau überwacht werden. Auch der Zustand des Schmierstoffs ist regelmäßig zu überprüfen. Dazu empfiehlt es sich, einige Proben (an unterschiedlichen Stellen) zu entnehmen und analysieren zu lassen. Das SKF Grease Test Kit (→ **Bild 3**) ist ein nützliches Hilfsmittel für die Vor-Ort-Kontrolle der Schmierfetteigenschaften.

Die Schmierstoffanalyse wird hauptsächlich durchgeführt, um den Zustand des Schmierstoffs und der Maschine zu bewerten. So kann beispielsweise durch eine Überwachung des Ölzustands bestimmt werden, ob sich das Ölwechselintervall strecken lässt, damit der Anwender seinen Ölverbrauch senken und die Stillstandszeiten reduzieren kann.

SKF empfiehlt folgende allgemeine Richtlinien zur Überwachung der Schmierung:

- 1 Die Bereiche um die Lager herum sollten auf Schmierstoffreste überprüft werden.
- 2 Alle Schmierstoffreste sind zu überprüfen. Schmierstoffreste sind meist die Folge von verschlissenen Dichtungen, Dichtungsschäden, beschädigten Dichtungsgleitflächen, Flüssigverunreinigung (z.B. Wasser im Schmierfett) oder nicht mehr fest sitzenden Stopfen oder Schrauben. Sie können auch das Ergebnis unzureichender Verbindungen von Anschlussteilen (z.B. Gehäuse und Abschlussdeckel) oder von Ölfreisetzung infolge von Fettverschäumung sein.

HINWEIS: Gummidichtungen sind so konstruiert, dass kleinere Schmierstoffmengen austreten können, damit die Gegengleitfläche abgedichtet wird.

- 3 Schutzmanschetten und Labyrinthdichtungen bieten einen sehr guten Schutz, wenn sie mit Fett gefüllt sind.
- 4 Das Funktionieren automatischer Schmiersysteme und die Versorgung aller Lager mit ausreichend Schmierstoff ist zu kontrollieren.
- 5 Der Schmierstoffpegel in Sumpfen und Behältern ist zu überprüfen (ggf. Schmierstoff nachfüllen).
- 6 Fettgeschmierte Lager sind in den vorgesehenen Abständen nachzuschmieren (→ *Nachschmier*en, ab **Seite 192**).



Weitere Informationen zu Schmierstoffanalysen, Fettnachschmier- und Ölwechselintervallen enthält das Kapitel *Schmierung*, ab **Seite 178**.

Schwingungsüberwachung für Wälzlager

Eine Schwingungsüberwachung ist aus drei Gründen sinnvoll:

- Alle Maschinen vibrieren.
- Das erste Anzeichen für ein mechanisches Problem ist meist ein ansteigender Schwingungspegel.
- Die Ursache einer Störung lässt sich aus der Schwingungscharakteristik bestimmen.

Jedes mechanische Problem generiert eine spezielle Schwingungsfrequenz. Durch Auswertung dieser Frequenz wird die Ursachenbestimmung erleichtert. Zur Messung von Schwingungsfrequenzen wird ein Aufnehmer (ein piezoelektrischer Sensor) an einer geeigneten Stelle der Maschine montiert. Maschinenstörungen können Frequenzen in unterschiedlichen Bereichen generieren. Dabei wird unterschieden zwischen:

- niedrigen Frequenzen, 0 bis 2 kHz
- hohen Frequenzen, 2 bis 50 kHz
- sehr hohen Frequenzen, ab 50 kHz

Niederfrequente Schwingungen werden oft durch Resonanzen, Schiefstellungen oder lockere Verbindungen generiert. Hohe und sehr hohe Frequenzen werden u.a. durch beschädigte Wälzlager erzeugt. Durch kontinuierliche

Messungen lassen sich Zunahmen in den einzelnen Frequenzbereichen bestimmen und Lagerprobleme meist schon im Frühstadium erkennen.

Schwingungsanalyse

Geeignete Messpunkte

Schwingungsmessungen, zum Beispiel mit dem SKF Machine Condition Advisor (→ Bild 4), sollten für jedes Lager an drei unterschiedlichen Stellen durchgeführt werden (→ Bild 5).

Waagrecht durchgeführte Messungen ergeben meist höhere Schwingungspegel als senkrecht durchgeführte Messungen, da viele Maschinen in der Horizontalebene flexibler sind. Beispielsweise führen Unwuchten zu Radial-schwingungen mit senkrechten und waagerechten Anteilen. Starke Horizontalschwingungen sind häufig ein Hinweis auf Unwucht.

Bei axialen Messungen werden oft nur geringe Schwingungspegel gemessen, die, sofern vorhanden, jedoch häufig ein Anzeichen für Schiefstellungen bzw. durchgebogene Wellen sind.

Geeignete Messzeitpunkte

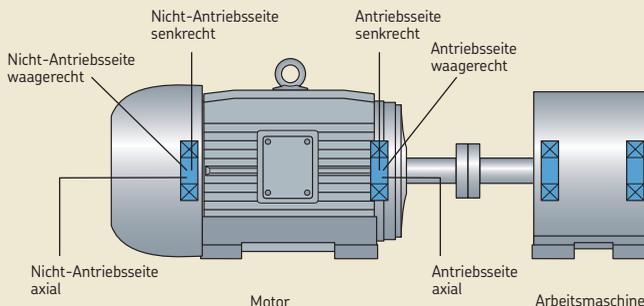
Schwingungsmessungen sollten nach Möglichkeit während des Normalbetriebs erfolgen, d.h. wenn die Lager ihre Betriebstemperatur erreicht haben und die Maschinendrehzahl im Nennbereich liegt. Bei drehzahlgeregelten Maschinen sollten die Messungen immer an der gleichen Stelle im Prozesszyklus erfolgen.



Bild 4

HINWEIS: Messstellen, Messverfahren und Betriebsbedingungen sollten bei jeder Messung identisch sein, damit die Messwerte vergleichbar bleiben.

Bild 5



Überprüfen

Fehlerfrequenzanalyse für Wälzlager

Jedes Lager erzeugt ein niederfrequentes Signal. Die Frequenz ist abhängig von der Anzahl und Größe der Wälzkörper, dem Berührungswinkel des Lagers und dem Teilkreisdurchmesser der Wälzkörper.

Jedes Mal, wenn eine schadhafte Lagerstelle überrollt wird, wird ein Hochfrequenzsignal generiert, das zu einer Signalspitze führt. Die Häufigkeit dieser Signalspitzen wird bestimmt von der Drehzahl, von der Lage der schadhaften Lagerstelle sowie von der inneren Geometrie des Lagers.

Der Lagerzustand kann durch die sogenannte „Hüllkurvenbeschleunigung“ überwacht werden. Dabei wird das fehlerinduzierte Hochfrequenzsignal von den normalen Strukturschwingungs- und Umlauffrequenzen der Maschine isoliert (→ **Diagramm 3**).

Berechnung von Lagerdefektfrequenzen

Jede Lagerkomponente hat eine eigene Fehlerfrequenz. Schwingungsexperten sind mit diesen Frequenzen vertraut und können so die Schadensursache ermitteln.

Folgende Fehlerfrequenzen lassen sich rechnerisch bestimmen:

- DFAR (Defektfrequenz des Außenrings); [Hz]
- DFIR (Defektfrequenz des Innenrings); [Hz]
- DFWK (Defektfrequenz der Wälzkörper); [Hz]
- DFK (Defektfrequenz des Käfigs); [Hz]

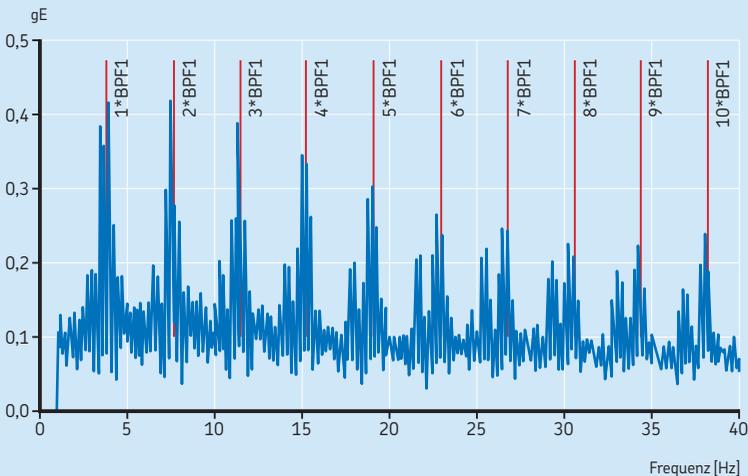
Ein Online-Programm zur Berechnung von Lagerdefektfrequenzen (und damit zur Schadensursachenbestimmung) finden Sie im *Interaktiven SKF Lagerungskatalog* auf www.skf.com.

Überprüfung während der Stillstandszeiten

Wenn eine Maschine nicht in Betrieb ist, bietet sich die Möglichkeit, den Zustand der Lager, Dichtungen, Gehäuse, Dichtungsgleitflächen und des Schmierstoffs zu überprüfen. Während es für eine allgemeine Kontrolle oft schon ausreicht, den Gehäusedeckel abzunehmen, müssen die Lager für eine eingehende Prüfung erst

Diagramm 3

Hüllkurvenbeschleunigungs-Spektrum



gereinigt werden. Sollte ein Lager beschädigt wirken, ist es auszubauen und eingehend zu überprüfen.

Die Wellen- bzw. Riemenausrichtung sowie eine aufmerksame Fundament- und Außenprüfung der Maschine sind ebenfalls während der Abschaltung möglich. Jede Unregelmäßigkeit, auch wenn nur eine Abstandsscheibe fehlt oder das Fundament kleinere Schäden aufweist, kann sich negativ auf den Maschinenbetrieb auswirken. Je früher ein Problem erkannt wird, desto schneller kann es auch behoben werden.

Weiterführende Informationen zur Maschinenausrichtung finden Sie im Kapitel *Ausrichtung*, ab **Seite 158**.

VORSICHT: Beschädigte Wälzlager sind sofort auszutauschen, ggf. zusammen mit den zugehörigen Hülsen, Muttern, Scheiben und Dichtungen. Der Einbau eines neuen Lagers während einer geplanten Abschaltung ist deutlich kostengünstiger als ungeplante Stillstandszeiten infolge vorzeitigen Lagerausfalls.

Überprüfung der Lager

Lager sind nicht immer leicht zugänglich, doch bei teilweise freiliegenden Lagern sind Sichtprüfungen möglich. Der günstigste Zeitpunkt für die Lagerkontrolle ist die Routine-Instandhaltung.

Wenn der Zugang zum Lager erschwert ist, kann sich ein SKF Endoskop (→ **Bild 6**) als hilfreich erweisen. Das Gerät hat einen schmalen Schlauch, ein LCD-Display und kann die aufgenommenen Fotos auch speichern.

Zur Überprüfung eingebauter Lager empfiehlt SKF folgende Richtlinien:

HINWEIS: Bei den einzelnen Kontrollen sollten immer Fotos gemacht werden, um den Zustand des Lagers, des Schmierstoffs und der Maschine zu dokumentieren.

Vorbereitung

- 1 Die Außenflächen der Maschine reinigen, damit beim Überprüfen keine Verunreinigungen in die Lager eindringen können.
- 2 Gehäusedeckel (bzw. bei geteilten Gehäusen das Gehäuseoberteil) abnehmen.
- 3 Für die Schmierstoffanalyse eine Schmierstoffprobe aus dem Gehäusefuß entnehmen.

Bild 6



VORSICHT!

Zum Schutz vor Arbeitsunfällen sind vor allen Arbeiten die vorgeschriebenen und erforderlichen Maschinenabschaltungen durchzuführen.

- 4 Bei fettgeschmierten offenen Lagern mehrere Proben aus unterschiedlichen Bereichen entnehmen. Schmierstoffzustand sichtbar prüfen. Häufig lassen sich Verunreinigungen schon durch Verreiben des Schmierstoffs zwischen Daumen und Zeigefinger feststellen. Eine andere Möglichkeit: Dünne Schmierfilm auf ein Blatt Papier auftragen und unter eine Lichtquelle halten.
- 5 Die ungeschützten Außenseiten des Lagers mit einem nichtfasernden Tuch reinigen.

VORSICHT: Der Direktkontakt mit benzinhaltigen Produkten kann zu allergischen Reaktionen führen. Beim Umgang mit Lösungsmitteln und beim Reinigen von Lagern stets SKF Schutzhandschuhe und eine Schutzbrille tragen!

Überprüfen

Überprüfung

- 1 Die ungeschützten Außenseiten des Lagers auf Reibkorrosion überprüfen. Leichte (d.h. nicht schwere) Reibkorrosion mit feinem Nassschleifpapier beseitigen.
- 2 Lagerringe auf Risse prüfen.
- 3 Dichtungen abgedichteter Lager auf Verschleiß kontrollieren.
- 4 Welle sehr langsam drehen und prüfen, ob der Drehwiderstand im Lager konstant bleibt. Unbeschädigte Lager drehen sich gleichmäßig.

Sollte eine eingehendere Überprüfung fettgeschmierter offener Lager erforderlich sein, folgendermaßen vorgehen:

- 5 Schmierfett vollständig aus dem Gehäusefuß entfernen.
- 6 Mit einem nichtmetallischen Schaber so viel Schmierfett wie möglich aus dem Lager kratzen.

HINWEIS: Fettprobe für die Schmierfettanalyse entnehmen (→ **Bild 7**).

- 7 Benzinhaltiges Lösungsmittel in das Lager sprühen, um das Lager zu reinigen. Welle sehr langsam drehen, dabei Lösungsmittel auf die Welle sprühen und wieder abwischen, bis das Lösungsmittel keine Spuren von Schmutz und Fett mehr enthält. Große Lager, in denen sich stark oxidiertes Schmierstoff angesammelt hat, mit einer starken alkalischen Lösung reinigen. Die Lösung darf bis zu 10 % Natronlauge und 1% Entspannungsmittel enthalten.
- 8 Lager mit nichtfaserndem Tuch abwischen oder mit sauberer, trockener Druckluft reinigen.
- 9 Lagerlaufbahnen, Käfig und Wälzkörper mittels Endoskop auf Abplatzungen, Kratzer, Schlieren, Verfärbungen und blanke (verspiegelte) Bereiche überprüfen. Sofern möglich, die Radialluft des Lagers messen (und feststellen, ob Verschleiß stattfand) und Einhaltung der Spezifikation kontrollieren.
- 10 Bei zufriedenstellendem Lagerzustand sofort geeignetes Schmierfett auftragen und Gehäuse wieder schließen. Bei offensichtlichen Lagerschäden das Lager ausbauen (→ *Ausbau*, ab **Seite 252**) und vor Korrosion geschützt aufbewahren. Anschließend umfassende Lageranalyse durchführen (→ *Lagerschäden und ihre Ursachen*, ab **Seite 288**).

HINWEIS: Bestimmte große und mittelgroße Lager sind nicht für eine Rekonditionierung geeignet. Weiterführende Informationen enthält der Abschnitt *Rekonditionierung und Aufarbeitung*, auf **Seite 331**.

Bild 7



Frischfett:
Braun

Altfett:
Gelb



Überprüfung der Dichtungsgleitflächen

Um wirksam abzudichten, muss die Dichtlippe auf einer glatten Gegenlaufläche liegen; bei verschlissener oder beschädigter Fläche kann die Dichtlippe nicht korrekt funktionieren. Das sollte insbesondere beim Einbau neuer Dichtungen beachtet werden. Wenn eine neue Dichtung auf einer verschlissenen oder beschädigten Gleitfläche aufliegt, kann sie nicht richtig abdichten oder fällt vorzeitig aus.

Die Gegengleitfläche ist daher vor dem Einbau der neuen Dichtung zu reparieren.

Bei der Überprüfung von Gegengleitflächen sollte immer auch auf Anzeichen von Reibkorrosion geachtet werden. Leichte (d.h. nicht schwere) Reibkorrosion lässt sich mit feinem Nassschleifpapier beseitigen.

HINWEIS: Wellen und andere Komponenten mit verschlissenen oder beschädigten Dichtungsgleitflächen müssen nicht in jedem Fall ersetzt werden; die Oberflächen lassen sich auch abschleifen und neu aufbauen. Oft bietet eine SKF SPEEDI-SLEEVE Wellen-Reparaturhülse (für Wellendurchmesser ≤ 203 mm) oder eine LDSLV-Reparaturhülse (für Wellendurchmesser > 203 mm) eine sehr gute und kostengünstige Möglichkeit zur Reparatur von Laufspuren (→ Bild 8). Weiterführende Informationen zu SKF Reparaturhülsen finden Sie im Abschnitt *Reparatur verschlissener Wellen mit SKF Reparaturhülsen*, ab **Seite 152**.



Schadensdiagnose

Einführung	230
Ursachen für Lagerschäden	230
Einflussfaktoren auf die Lagergebrauchsdauer	230
Schadensdiagnose	232
Allgemeine Anzeichen für Lagerprobleme. .	232
Mögliche Ursachen und Abhilfemaßnahmen	235

Einführung

Ursachen für Lagerschäden

Nur ein Bruchteil aller im Betrieb befindlichen Lager fällt aus (→ **Diagramm 1**). Die meisten allerdings (etwa 90 %) überleben die Ausrüstung, in der sie montiert sind. Einige Lager (9,5 %) werden aus Sicherheitsgründen (zur Vorbeugung) ausgetauscht, bevor sie ausfallen können. Ungefähr 0,5 % der Lager werden ersetzt, weil sie beschädigt oder ausgefallen sind.

Es gibt mehrere Gründe für Lagerschäden oder -ausfälle, darunter:

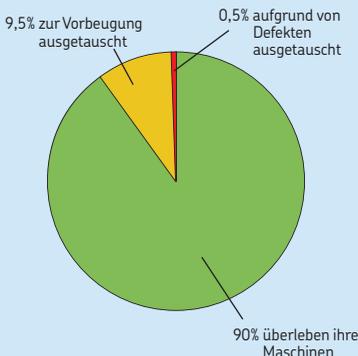
- Ermüdung
- unwirksame Dichtungen
- unzureichende Schmierung
- höhere Belastung als erwartet
- falsche oder ungeeignete Passungen
- falsche Montage

Jeder dieser Zustände ist für jeweils eine bestimmte Beschädigung des Lagers verantwortlich und hinterlässt einen Eindruck, die so genannte Laufspur (→ *Laufspuren* ab **Seite 291**). Wird also ein beschädigtes Lager sorgfältig untersucht, kann in den meisten Fällen die Schadensursache ermittelt werden. Auf Basis der Ergebnisse können korrigierende Maßnahmen ergriffen werden, um zu verhindern, dass das Problem wieder auftritt.

Die Lagerausfallursachen teilen sich im Allgemeinen wie folgt auf:

Diagramm 1

Lagerlebensdauer und -schäden



Weiterführende Informationen über SKF Geräte und Systeme für die Zustandsüberwachung finden Sie auf www.skf.com/cm und auf www.mapro.skf.com.

SKF bietet eine Vielzahl mechanischer Instandhaltungsdienstleistungen (→ *Mechanische Instandhaltungsdienstleistungen*, **Seite 330**) an, und das SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) veranstaltet eine Reihe von Schulungskursen (→ *Schulungen* ab **Seite 326**). Ihr SKF Ansprechpartner berät Sie gern. Weiterführende Informationen finden Sie auch unter www.skf.com/services.

- 1/3 Ausfälle durch Ermüdung
- 1/3 Ausfälle durch Schmierungsprobleme
- 1/6 Ausfälle durch Verunreinigungen
- 1/6 Ausfälle aus anderen Gründen (z. B. inkorrekte Handhabung und Montage)

Die Zahlen variieren je nach Branche. In der Papier- und Zellstoffindustrie beispielsweise sind die Hauptursachen von Lagerausfällen Verunreinigungen und unzureichende Schmierung, nicht Ermüdung.

Einflussfaktoren auf die Lagergebrauchsdauer

In der Regel haben Lager in einer Anwendung eine errechnete Lebensdauer (→ *Lagerlebensdauer* ab **Seite 27**). Ob ein Lager diese errechnete Lebensdauer erreicht oder überschreitet, hängt von mehreren Faktoren ab:

- **Lagerqualität**
Nur Lager, die mit den höchsten Qualitätsmaßstäben gefertigt wurden, können eine lange Betriebsdauer sicherstellen.
- **Aufbewahrung**
Der richtige Lagerbestand ist ein wichtiger Aspekt der ordnungsgemäßen Lagerhaltung. Vermeiden Sie zu große Bestände und gehen Sie nach dem Prinzip „first in, first out“ vor, damit gewährleistet ist, dass stets „frische“ Lager im Regal liegen. Dies ist besonders wichtig bei Lagern mit Dichtungen oder Deckscheiben, da diese werkseitig vorgeschmiert

sind und das Schmierfett eine begrenzte Lagerungsbeständigkeit hat. Denken Sie auch daran, dass durch die schnelle Weiterentwicklung in der Fertigungstechnik heute produzierte Lager eine erheblich längere „eingebaute“ Lebensdauer haben als Lager, die vor 10 oder 15 Jahren hergestellt wurden. Weitere Informationen zur Aufbewahrung von Lagern enthält der Abschnitt *Aufbewahrung von Lagern, Dichtungen und Schmierstoffen* ab **Seite 41**.

- **Anwendung**

In der Anwendung kommen die geeigneten Lager zum Einsatz.

- **Einbau**

Lager können nur ordnungsgemäß arbeiten, wenn sie korrekt eingebaut werden (→ *Einbau von Wälzlagern* ab **Seite 44**). Ungeeignete Einbauverfahren können leicht zu Lagerschäden und vorzeitigen Ausfällen führen.

- **Schmierung**

Unterschiedliche Betriebsbedingungen erfordern unterschiedliche Schmierstoffe und Schmierfristen. Daher kommt es darauf an, nicht nur den richtigen Schmierstoff, sondern auch die richtige Menge zum richtigen Zeitpunkt und mit dem richtigen Verfahren aufzubringen (→ *Schmierung* ab **Seite 178**).

- **Dichtungslösung**

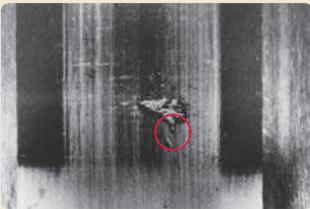
Dichtungen halten Schmierstoffe im Lager und Verunreinigungen vom Lager fern. Wenn eine Anwendung nicht ordnungsgemäß abdichtet ist, kann dies zu vorzeitigen Lagerausfällen führen.

Weist nur einer dieser Faktoren Schwächen auf, kann die Lagergebrauchsdauer beeinträchtigt werden. Bei starken Faktoren jedoch ist eine lange Lagergebrauchsdauer zu erwarten.

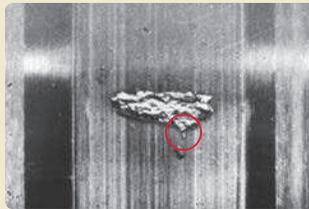
Betrachten wir beispielsweise eine Anwendung mit unzureichender Abdichtung. Gelangen Verunreinigungen in Form von Partikeln durch die Dichtung in das Lager, können sie von den Wälzkörpern überrollt werden. Durch dieses Überrollen entstehen Dellen in den Laufbahnen (→ **Bild 1**). Harte Partikel können Dellen mit scharfen Kanten verursachen. Wenn der Bereich um die Dellen belastet wird, setzt die Oberflä-

Bild 1

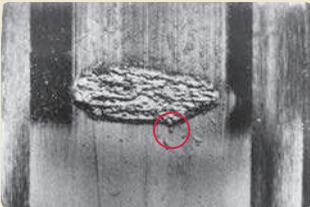
a



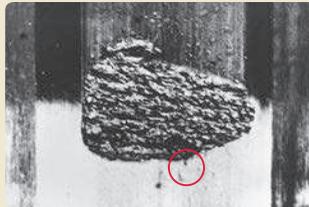
b



c



d



Schadensentwicklung:

Eine harte Verunreinigung wurde überrollt und verursachte eine Delle in der Laufbahn (a). Die Materialermüdung setzte direkt hinter der Delle ein. Mit der Zeit nimmt die Schälung immer mehr zu (b, c). Wird die Maschine nicht rechtzeitig abgeschaltet, können Folgeschäden an den Maschinenkomponenten auftreten. Außerdem ist die Ursache des Schadens womöglich (vollständig) verschwunden (d).

Schadensdiagnose

chenermüdung ein und das Metall löst sich von der Laufbahn. Dieses Symptom ist unter dem Begriff Schälung bekannt. Schälungen führen zu weiterer Beschädigung, bis das Lager nicht mehr funktionstüchtig ist.

Der Zeitraum von der ersten (anfänglichen) Schädigung bis zu dem Punkt, an dem das Lager nicht mehr einsetzbar ist, kann stark variieren. Bei höheren Drehzahlen ist es manchmal nur eine Frage von Sekunden. Bei großen, langsam umlaufenden Maschinen kann es Monate dauern. Die Frage „Wann sollte ich das Lager ersetzen?“ lässt sich am besten durch eine Zustandsüberwachung des Lagers beantworten (→ *Überprüfen* ab **Seite 216**).

Bleibt ein beschädigtes Lager unerkannt und wird vor dem plötzlichen Ausfall nicht ausgetauscht, können Folgeschäden an der Maschine und ihren Komponenten entstehen. Außerdem kann es bei einem plötzlichen Lagerausfall schwierig sein, gar unmöglich, die Ursache des Ausfalls zu ermitteln.

Schadensdiagnose

Nicht ordnungsgemäß funktionierende Lager weisen in der Regel eindeutige Symptome auf. Die beste Möglichkeit, um diese Symptome zu identifizieren und frühzeitig korrigierende Maßnahmen zu ergreifen, besteht in einem anlagenweiten Zustandsüberwachungsprogramm (→ *Überprüfen* ab **Seite 216**).

Sollte keine Zustandsüberwachungsausrüstung verfügbar oder implementierbar sein, geben die folgenden Abschnitte einige wertvolle Tipps für die Erkennung der häufigsten Symptome, ihrer Ursachen und, wann immer möglich, einige praktische Lösungen. Abhängig vom Grad des Lagerschadens können einige Symptome irreführend und – in vielen Fällen – das Ergebnis von Folgeschäden sein. Um Lagerstörungen effektiv beheben zu können, sind die Symptome nach den Anzeichen zu analysieren, die zuerst in einer Anwendung beobachtet werden. Eine nähere Beschreibung finden Sie im Kapitel *Lagerschäden und ihre Ursachen* ab **Seite 288**.

Tabelle 1

Allgemeine Anzeichen für Lagerprobleme

- A Zu starke Wärmebildung → **Tabelle 1a**
- B Zu hohe Geräuschpegel → **Tabelle 1b**
- C Zu starke Schwingungen → **Tabelle 1c, Seite 234**
- D Zu starke Wellenbewegung → **Tabelle 1d, Seite 234**
- E Zu hohes Reibungsmoment bei der Wellenrotation
→ **Tabelle 1e, Seite 235**

Allgemeine Anzeichen für Lagerschäden

Anzeichen für Lagerschäden lassen sich in der Regel auf einige wenige Symptome reduzieren, die hier aufgelistet sind. Jedes Symptom wird in Kategorien von Zuständen unterteilt, die zu diesen Symptomen führen können (→ **Tabelle 1**). Jeder Zustand ist mit einem Zahlencode versehen, der auf praktische Lösungen für diesen bestimmten Zustand verweist (→ **Tabelle 2** ab **Seite 236**).

HINWEIS: Die in diesem Kapitel enthaltenen Informationen zur **Schadensdiagnose** sind nur als Richtwert zu verwenden.

Tabelle 1a

Symptom: A. Zu starke Wärmebildung

Lösungs- code	Mögliche Ursache
	Schmierproblem
1	Zu wenig Schmierstoff – zu wenig Fett oder zu niedriger Ölstand
2	Zu viel Schmierstoff – zu viel Fett ohne Austrittsfähigkeit oder zu hoher Ölstand
3	Falscher Schmierstofftyp – falsche Konsistenz, falsche Viskosität, falsche Zusätze
4	Falsches Schmiersystem
	Abdichtungsbedingungen
5	Gehäusedichtungen zu dicht oder andere Komponenten verunreinigen die Dichtungen
6	Mehrfachdichtungen in einer Lager- (Gehäuse-) Anordnung
7	Schiefstellung der äußeren (Gehäuse-) Dichtungen
8	Zu hohe Betriebsdrehzahl für die Berührungsdichtungen in einem Lager
9	Dichtungen nicht korrekt geschmiert
10	Dichtungen weisen die falsche Richtung auf
	Unzureichende Lagerluft im Betrieb
11	Lager mit falscher Lagerluft installiert
12	Größere Ausdehnung des Wellenmaterials als des Wälzlagerstahls (z. B. Edelstahl)
13	Große Temperaturunterschiede zwischen Welle und Gehäuse (Gehäuse viel kälter als die Welle)
14	Zu langer Verschiebeweg auf einem kegeligen Lagersitz
15	Zu starke Unrundheit von Welle oder Gehäuse – Lager in einem ovalen Gehäuse eingeklemmt
16	Zu feste Passung der Welle oder überdimensionierter Wellensitzdurchmesser
17	Zu feste Passung des Gehäuses oder unterdimensionierter Gehäusesitzdurchmesser
	Ungeeignete Lagerbelastung
18	Zu stark belastete Lager infolge wechselnder Anwendungsparameter
19	Linearversatz zweier Einheiten
20	Winkelversatz zweier Einheiten
21	Lager rückwärts installiert
22	Unwucht oder asymmetrische Belastung
23	Falsches Lager befestigt
24	Zu hohe induzierte Axiallasten
25	Unzureichende Belastung
26	Zu hohe Vorspannung

Tabelle 1b

Symptom: B. Zu hohe Geräuschpegel

Lösungs- code	Mögliche Ursache
	Direktkontakt von Metallflächen
1	Zu wenig Schmierstoff
3	Ölfilm zu dünn für die Betriebsbedingungen
25	Wälzkörper gleiten
	Verunreinigung
27	Dellen in Laufbahn und/oder Wälzkörpern aufgrund des Eindringens und Überrollens von festen Verunreinigungen
28	Im Gehäuse nach der Fertigung oder früheren Lagerausfällen verbliebene Feststoffpartikel
29	Flüssige Verunreinigungen reduzieren die Schmierstoff-Viskosität
	Zu lose Passungen
30	Innenring dreht sich auf der Welle (Wandern)
31	Außenring dreht sich im Gehäuse (Wandern)
32	Wellenmutter lose auf der Welle oder der Lagerhülse
33	Lager nicht sicher an den anliegenden Komponenten verspannt
34	Zu große Radial-/Axialluft im Lager
	Oberflächenschäden
1, 2, 3, 4	Verschleiß durch ineffektive Schmierung
25	Anschmierschäden infolge gleitender Wälzkörper
27	Dellen in Laufbahn und/oder Wälzkörpern aufgrund des Überrollens von festen Verunreinigungen
35	Dellen in Laufbahn und/oder Wälzkörpern durch Schläge oder Stoßbelastungen
36	Stillstandsmarken auf Laufbahnen und/oder Wälzkörpern durch externe Schwingungen bei Maschinenstillstand
37	Abschälungen auf Laufbahnen und/oder Wälzkörpern aufgrund von Materialermüdung
38	Abschälungen auf Laufbahnen und/oder Wälzkörpern aufgrund von Oberflächenschäden
39	Statische Verätzungen auf Laufbahnen und/oder Wälzkörpern aufgrund von chemischer/flüssiger Verunreinigung
40	(Mikro-) Abschälungen auf Laufbahnen und/oder Wälzkörpern infolge von Feuchtigkeit oder Stromschäden
41	Riffelbildungen auf Laufbahnen und/oder Wälzkörpern infolge von schädigendem Stromdurchgang
	Schleifen
7	Fehlerhaft installierte Gehäusedichtungen
32	Spann- oder Abziehhülse nicht korrekt verklemt
33	Abstandsringe nicht korrekt verspannt
42	Lappen des Sicherungsblechs sind verbogen

Tabelle 1c

Symptom: C. Zu starke Schwingungen

Lösungs- Mögliche Ursache
code

- 25 **Direktkontakt von Metallflächen**
Wälzkörper gleiten
- 27 **Verunreinigung**
Dellen in Laufbahnen und/oder Wälzkörpern aufgrund des Eindringens und Überrollens von festen Verunreinigungen
- 28 Im Gehäuse nach der Fertigung oder früheren Lagerausfällen verbliebene Feststoffpartikel
- 30 **Zu lose Passungen**
Innenring dreht sich auf der Welle (Wandern)
- 31 Außenring dreht sich im Gehäuse (Wandern)
- Oberflächenschäden**
- 1, 2, 3, 4 Verschleiß durch ineffektive Schmierung
- 25 Ansmierschäden infolge gleitender Wälzkörper
- 27 Dellen in Laufbahnen und/oder Wälzkörpern aufgrund des Überrollens von festen Verunreinigungen
- 35 Dellen in Laufbahnen und/oder Wälzkörpern durch Schläge oder Stoßbelastungen
- 36 Stillstandsmarken auf Laufbahnen und/oder Wälzkörpern durch externe Schwingungen bei Maschinenstillstand
- 37 Abschälungen auf Laufbahnen und/oder Wälzkörpern aufgrund von Materialermüdung
- 38 Abschälungen auf Laufbahnen und/oder Wälzkörpern aufgrund von Oberflächenschäden
- 39 Statische Verätzungen auf Laufbahnen und/oder Wälzkörpern aufgrund von chemischer/flüssiger Verunreinigung
- 40 (Mikro-) Abschälungen auf Laufbahnen und/oder Wälzkörpern infolge von Feuchtigkeit oder Stromdurchgangsschäden
- 41 Riffelbildungen auf Laufbahnen und/oder Wälzkörpern infolge von schädigendem Stromdurchgang

Tabelle 1d

Symptom: D. Zu starke Wellenbewegung

Lösungs- Mögliche Ursache
code

- Spiel**
- 30 Innenring lose auf der Welle
- 31 Außenring zu lose im Gehäuse
- 33 Lager nicht korrekt auf der Welle oder im Gehäuse befestigt
- Oberflächenschäden**
- 1, 2, 3, 4 Verschleiß durch ineffektive Schmierung
- 37 Abschälungen auf Laufbahnen und/oder Wälzkörpern aufgrund von Materialermüdung
- 38 Abschälungen auf Laufbahnen und/oder Wälzkörpern aufgrund von Oberflächenschäden
- Falsche Lagerluft**
- 11 Lager mit falscher Lagerluft installiert
- 33 Lager nicht korrekt auf der Welle oder im Gehäuse befestigt, zu viel Endspiel

Tabelle 1e

Symptom: E. Zu hohes Reibungsmoment bei der Wellenrotation

**Lösungs- Mögliche Ursache
code**

Vorgespanntes Lager	
11	Lager mit falscher Lagerluft installiert
12	Größere Ausdehnung des Wellenmaterials als des Wälzlagerstahls (z. B. Edelstahl)
13	Große Temperaturunterschiede zwischen Welle und Gehäuse
14	Zu langer Verschiebeweg auf einem kegeligen Lagersitz
15	Zu starke Unrundheit von Welle oder Gehäuse – Lager eingeklemmt
16, 17	Zu feste Passung von Welle und/oder Gehäuse
26	Zu hohe Vorspannung – falsche Montage (Vorspannung)
Widerstand durch Dichtung	
5	Gehäusedichtungen zu dicht oder andere Komponenten verunreinigen die Dichtungen
6	Mehrfachdichtungen in einer Lager- (Gehäuse-) Anordnung
7	Schiefstellung der äußeren (Gehäuse-) Dichtungen
9	Dichtungen nicht korrekt geschmiert
Oberflächenschäden	
37	Abschälungen auf Laufbahnen und/oder Wälzkörpern aufgrund von Materialermüdung
38	Abschälungen auf Laufbahnen und/oder Wälzkörpern aufgrund von Oberflächenschäden
41	Riffelbildungen auf Laufbahnen und/oder Wälzkörpern infolge von schädigendem Stromdurchgang
Konstruktion	
43	Wellen- und/oder Gehäuseschultern nicht fluchtend mit dem Lagersitz
44	Wellenschulter ist zu groß und verunreinigt die Dichtungen/Deckscheiben

Störungen und ihre Lösungen

Praktische Lösungen für allgemeine Anzeichen für Lagerprobleme enthält **Tabelle 2** ab **Seite 236**.

VORSICHT!

Zum Schutz vor Arbeitsunfällen sind vor allen Arbeiten die vorgeschriebenen und erforderlichen Maschinenabschaltungen durchzuführen.

VORSICHT: Der Direktkontakt mit benzinhaltigen Produkten kann zu allergischen Reaktionen führen. Lesen Sie die Sicherheitsdatenblätter vor der Handhabung von Schmierstoffen und tragen Sie stets Schutzhandschuhe.

Störungen und ihre Lösungen

Lösungs-
code

Mögliche Ursachen / Abhilfemaßnahmen

1

Zu wenig Schmierstoff

Fettschmierung

Überlegungen beim Erstbefüllen oder Anfahren:

- Die Fettfüllung sollte beim Lager 100 % betragen und bis zur Unterkante der Welle im Gehäuse reichen ($\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$).
- Wenn der Gehäusehohlraum entlang des Lagers klein ist, kann eine geringfügige Reduzierung der Fettmenge erforderlich sein, um eine Überhitzung durch Verdrängung zu vermeiden.
- → *Schmierung* ab Seite 178.

Maßnahmen während des Betriebs:

- Auf verschlissene oder beschädigte Dichtungen oder ungeeignete Dichtungen untersuchen. (Auf Fettleckagen untersuchen.)
- Leckagen durch inkompatible Schmierfette. (Auf Fettleckagen untersuchen.)

Maßnahmen beim Nachschmieren:

- Korrekte Schmierfrist sicherstellen (nicht zu lang).
- Sicherstellen, dass das Fett das Lager erreicht.
- Sicherstellen, dass frisches Fett in das Lager gelangt.

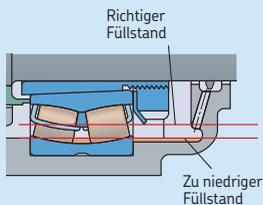
Ölbadschmierung

Überlegungen beim Erstbefüllen, Nachfüllen oder Stillstand:

- Der Füllstand des Ölbad sollte in der Mitte des untersten Wälzkörpers im statischen Zustand liegen.

Maßnahmen während des Betriebs:

- Sicherstellen, dass das Gehäuse korrekt entlüftet wird zwecks Vermeidung von Gegendruck, der eine Störung der automatischen Schmierstoffgeber verursachen kann.
- Dichtungen auf Verschleiß, Schäden und Leckagen untersuchen.
- Gehäuseteilung auf Leckagen untersuchen und bei Bedarf eine dünne Schicht Dichtungszement aufbringen.



2

Zu viel Schmierstoff

Zu viel Schmierstoff kann übermäßige Verdrängung und höhere Temperaturen verursachen.

Fettschmierung

Überlegungen beim Erstbefüllen oder Anfahren:

- Die Fettfüllung sollte beim Lager 100 % betragen und bis zur Unterkante der Welle im Gehäuse reichen ($\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$).
- Wenn der Gehäusehohlraum entlang des Lagers klein ist, kann eine geringfügige Reduzierung der Fettmenge erforderlich sein, um eine Überhitzung durch Verdrängung zu vermeiden.
- → *Schmierung* ab Seite 178.

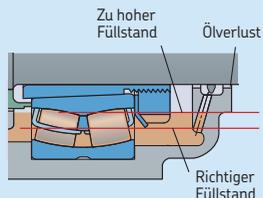
Maßnahmen während des Betriebs:

- Prüfen, ob das Fett austreten kann, entweder durch die Dichtungen oder einen Ablassstopfen. Ein Schmierfett-Austrittsventil kann verhindern, dass zu viel Fett aufgebracht wird.
- Die Dichtungen auf korrekte Ausrichtung prüfen, wodurch überschüssiger Schmierstoff austreten kann und Verunreinigungen ferngehalten werden.
- Korrekte Schmierfrist sicherstellen (nicht zu kurz).
- Sicherstellen, dass beim Nachschmieren die korrekte Menge aufgebracht wird.

Ölbadschmierung

Maßnahmen:

- Der Füllstand des Ölbad sollte in der Mitte des untersten Wälzkörpers im statischen Zustand liegen.
- Ölrücklauföffnungen auf Blockierungen untersuchen.
- Die Installation eines Schauglases an allen Gehäusen ist eine schnelle und einfache Methode, um den korrekten Ölstand in den Gehäusen zu überprüfen.



Störungen und ihre Lösungen

Lösungs-
code

Mögliche Ursachen / Abhilfemaßnahmen

3



Falscher Schmierstoff

Maßnahmen:

- Die Anwendung überprüfen, um die für die jeweiligen Betriebsbedingungen erforderliche Viskosität des Grundöls (Fett, Öl) und Konsistenz (Fett) zu ermitteln (→ *Schmierung* ab Seite 178).
- Der Direktkontakt von Metallflächen kann zu übermäßiger Wärme und vorzeitigem Verschleiß führen und somit zu höheren Geräuschpegeln.
- Die Mischbarkeit prüfen, falls der Fett- oder Öltyp gewechselt wurde.
- Fettkonsistenz prüfen.
- Betriebsviskosität prüfen.

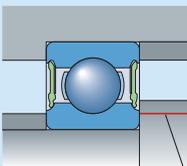
4

Falsches Schmiersystem

Maßnahmen:

- Betriebsdrehzahl überprüfen und Betriebstemperatur messen.
- Ermitteln, ob Schmierstoff und Schmiersystem geeignet sind
- Der Wechsel von Fett zu Öl kann eine einfache Lösung sein.
- Der Wechsel von Ölschmierung zu Ölumlaufschmierung kann eine einfache Lösung sein.
- Die Installation eines Zusatzkühlers an einem vorhandenen Ölschmiersystem kann ebenfalls viele wärmebedingte Störungen vermeiden.
- Wenden Sie sich an SKF oder an den Ausrüstungshersteller bezüglich der spezifischen Anforderungen.
- Prüfen Sie die Drehzahlwerte im Produkthandbuch des Herstellers. SKF Werte für Referenz- und Grenzdrehzahlen enthält der *Interaktive SKF Lagerungskatalog* unter www.skf.com.

5



Richtige Höhe

Zu dichte Gehäusedichtungen

Maßnahmen:

- Wellendurchmesser prüfen; er muss für die jeweils verwendete Federdichtung dimensioniert sein, um übermäßige Reibung zu vermeiden. Alternativ die Dichtung durch eine Dichtung mit der richtigen Federspannung ersetzen.
- Sicherstellen, dass die Dichtungen ordnungsgemäß geschmiert sind.
- Dichtlippen auf Verschleiß untersuchen.
- Filzdichtungen sollten vor dem Einbau mit heißem Öl getränkt werden.

Verunreinigung der Lagerdichtungen durch andere Komponenten

Maßnahme:

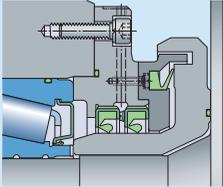
- Die benachbarten Komponenten der Dichtungen prüfen:
 - Höhe der Anlauffläche (→ *Interaktiver SKF Lagerungskatalog* unter www.skf.com)
 - Möglichkeit der Aufnahme axialer Verschiebung im Falle der Wellenausdehnung

Störungen und ihre Lösungen

Lösungs-
code

Mögliche Ursachen / Abhilfemaßnahmen

6

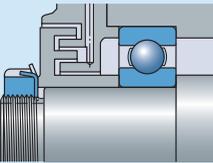


Mehrfachdichtungen in einer Lager- (Gehäuse-) Anordnung

Überlegungen:

- Bei Verwendung mehrerer Berührungsdichtungen zum Ausschluss von Verunreinigungen nehmen Reibung und Wärme zu.
- Vor dem Hinzufügen zusätzlicher Dichtungen zu einer Anwendung sind die thermischen Auswirkungen auf Lager und Schmierstoff zu berücksichtigen.
- Außerdem muss der zusätzliche Energiebedarf für die Ausrüstungsrotation in Betracht gezogen werden.

7



Schiefstellung der äußeren (Gehäuse-) Dichtungen

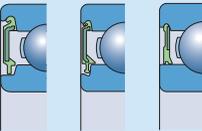
Überlegungen bei der Montage:

- Jegliche Schiefstellung der Welle im Verhältnis zum Gehäuse kann zum Schleifen einer berührungsfreien Dichtung oder Spaltdichtung führen. Dieser Zustand kann zu höheren Temperaturen und Geräuschpegeln führen und den Verschleiß während der ersten Einlaufphase beschleunigen. Er beeinträchtigt zudem die Dichtungsintegrität.

Maßnahmen:

- Ausrichtung prüfen und entsprechend korrigieren.
- Wenn sich Schiefstellungen nicht vermeiden lassen, kann es u. U. erforderlich sein, die Lagerluft oder die Spalte zwischen den Dichtungen außerhalb des Lagers zu vergrößern.

8



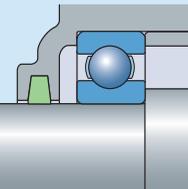
Berührungsdichtungen

Zu hohe Betriebsdrehzahl für die Berührungsdichtungen in einem Lager

Überlegungen:

- Dichtlippen haben eine Grenzdrehzahl. Überschreiten die Betriebsdrehzahlen diese Grenzen, entstehen Schäden an der Dichtlippe und Fettleckagen.
- Wurde die Betriebsdrehzahl erhöht oder wird ein Lager mit einer anderen Dichtung verwendet, ist sicherzustellen, dass die Lagerdichtung die Drehzahl aufnehmen kann.
- Berührungsdichtungen erzeugen mehr Wärme als reibungsarme Dichtungen, Deckscheiben oder offene Lager.

9



Dichtungen nicht korrekt geschmiert

Überlegungen:

- Trockenlaufende Berührungsdichtungen können dem System viel Wärme zuführen.

Maßnahmen bei der Montage:

- Sicherstellen, dass die Dichtungen beim Anfahren von neuer oder umgebauter Ausrüstung ordnungsgemäß geschmiert werden. (Filzdichtungen sollten vor dem Einbau mit heißem Öl getränkt werden.)

Maßnahmen während des Betriebs:

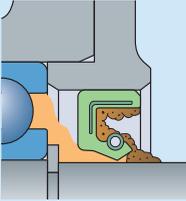
- Normalerweise wird der Schmierstoff im Gehäuse nach außen zu den Dichtungen geschleudert und schmiert diese automatisch.
- Ordnungsgemäß geschmierte Dichtungen laufen kühler und erzeugen eine effektive Dichtwirkung, da die Spalte zwischen den Kontaktflächen mit einer Schmierstoffbarriere gefüllt werden.
- Eine korrekte Schmierung reduziert darüber hinaus den vorzeitigen Dichtungsverschleiß.
- Dichtungen auf Verschleiß oder Schäden untersuchen.

Störungen und ihre Lösungen

Lösungs-
code

Mögliche Ursachen / Abhilfemaßnahmen

10

**Dichtungen weisen die falsche Richtung auf und lassen kein Fett austreten**

Überlegungen bei der Montage:

- Je nach Anwendung kann es erforderlich sein, Berührungsdichtungen in einer bestimmten Richtung zu positionieren, damit Schmierstoff austreten kann oder Ölleckagen verhindert werden.

Maßnahme:

- Prüfen Sie die Anwendungszeichnung oder wenden Sie sich an den Ausrüstungshersteller, um die geeignete Ausrichtung der Dichtungen für die Ausrüstung zu bestimmen.

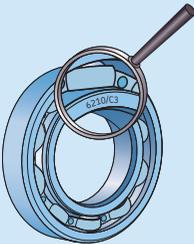
Überlegungen während des Betriebs:

- Nach außen weisende Dichtklappen erlauben im Allgemeinen das Austreten von überschüssigem Schmierstoff und verhindern das Eindringen von Verunreinigungen.

Maßnahme:

- Dichtungen müssen korrekt ausgerichtet werden, um das Fett im und Verunreinigungen vom Lager fernzuhalten.

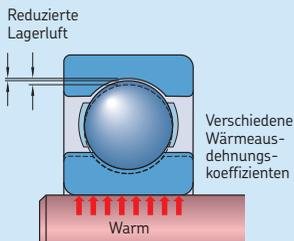
11

**Falsche Wahl der ursprünglichen Lagerluft**

Maßnahme:

- Verpackung prüfen und sicherstellen, dass die Lagerluft des neuen Lagers mit der Originalspezifikation übereinstimmt.
- Überhitzt sich ein Lager nach dem Austausch und erfordert die Anwendung eine größere Lagerluft, wenden Sie sich an den Technischen SKF Beratungsservice zwecks Informationen zu den Auswirkungen von zusätzlicher Lagerluft auf die Ausrüstung sowie zum Lager.
- Alle Abmessungen prüfen, da sich Komponentenverschleiß auf die Lagerluft auswirken kann.

12

**Größere Ausdehnung des Materials der Welle (und des Gehäuses) als des Wälzlagerstahls**

Überlegungen bei der Neukonstruktion oder Rekonditionierung:

- In einigen Fällen können sich Wellen- und Gehäusematerialien ändern, z. B. eine Welle aus nichtrostendem Stahl, um den Lebensmittelbestimmungen zu entsprechen, oder ein Aluminiumgehäuse, um das Ausrüstungsgewicht zu reduzieren.
- Wenn das Wellenmaterial einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten als Wälzlagerstahl hat, nimmt die radiale Lagerluft weiter ab. Bei bestimmten Wellenmaterialien aus nichtrostendem Stahl (Reihe 300) ist entweder eine etwas losere Wellenpassung oder ein Lager mit größerer radialer Lagerluft erforderlich, z. B. von CN auf C3, C3 auf C4 usw.
- Wenn ein Gehäuse aus einem Material mit einem höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten als Wälzlagerstahl, z. B. Aluminium, verwendet wird, kann eine etwas festere Passung erforderlich sein, damit sich der Außenring nicht im Gehäusesitz drehen kann.

Maßnahme:

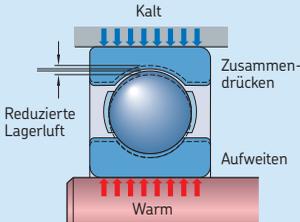
- In beiden Fällen kann es notwendig sein, die Auswirkungen des neuen Wellen- oder Gehäusewerkstoffs auf die Lagerluft zu berechnen und das Lager entsprechend auszutauschen.

Störungen und ihre Lösungen

Lösungs-
code

Mögliche Ursachen / Abhilfemaßnahmen

13



Große Temperaturunterschiede zwischen Welle und Gehäuse

Überlegungen bei der Konstruktion:

- Aufgrund ihrer Bauform haben Lageranordnungen oftmals eine Innentemperatur, die die Temperatur des Außenrings übersteigt. Beispielsweise ist die Welle in einem Elektromotor relativ warm und führt zu einer Ausdehnung des Innenrings. Die Motordeckel, welche die Lageraußenringe beinhalten, haben eine eher große Oberfläche, die die Wärmeableitung fördert und für einen erheblichen Temperaturunterschied sorgt.

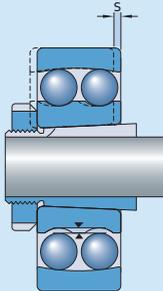
Überlegungen während des Betriebs:

- Ein großer Temperaturunterschied zwischen Welle und Gehäuse reduziert die Lagerluft, was zu einer zu geringen Lagerluft oder sogar Vorspannung führen kann und somit hohe Betriebstemperaturen verursacht.

Maßnahmen:

- Wellen- und Gehäusetemperaturen dicht am Lager prüfen.
- Wenn es begründet ist, ein Lager mit größerer Lagerluft wählen, um eine Vorspannung zu verhindern, z. B. von CN auf C3, C3 auf C4 usw.

14



Zu langer Verschiebeweg auf einem kegeligen Lagersitz

Überlegungen beim Einbau:

- Der Einbau eines Lagers mit kegeliger Bohrung auf einem kegeligen Lagersitz (Welle oder Hülse) reduziert die radiale Lagerluft im Lager.

Überlegungen während des Betriebs:

- Eine zu große Verschiebung „s“ kann zu einer zu geringen Lagerluft oder sogar zur Vorspannung führen. Dies verursacht höhere Betriebstemperaturen.
- Eine übermäßige Verschiebung „s“ kann zu hohen Ringzugspannungen im Lager und dadurch zur Rissbildung im Innenring führen.

Maßnahmen:

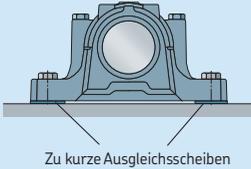
- Kleine Pendelkugellager: Nach dem Einbau auf der Welle prüfen, ob sich der Außenring leicht ausschwenken lässt. Falls nicht, das Lager ausbauen und den Einbauprozess von Anfang an neu beginnen.
- Große Pendelkugellager, Pendelrollen- und CARB Toroidalrollenlager: Die resultierende Lagerluft nach dem Einbau mit der ursprünglichen Lagerluft vergleichen. **Anhang F** ab **Seite 402** listet die Höchstwerte für die Lagerluftverminderung auf. Ist keine ausreichende Lagerluft vorhanden, das Lager ausbauen und den Einbauprozess von Anfang an neu beginnen.
- Für einen geeigneten Einbau von Pendelkugellagern das SKF Drive-up- oder Anzugswinkelverfahren verwenden, für Pendelrollen- und CARB Toroidalrollenlager das SKF Drive-up- oder Lagerluftverminderungsverfahren nutzen. Das bewährte SKF Drive-up-Verfahren (**→ Seite 57**) ist eine einfache Methode, um die richtige Betriebslagerluft ohne die Verwendung von Fühlerlehren zu erzielen. Für sehr große Lager das SENSORMOUNT-Verfahren (**→ Seite 67**) verwenden.

Störungen und ihre Lösungen

Lösungs-
code

Mögliche Ursachen / Abhilfemaßnahmen

15



Lagereinbau auf/in einer unrunder Komponente

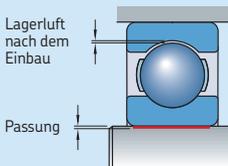
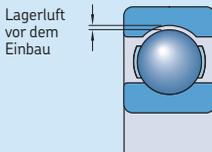
Überlegungen während des Betriebs:

- Ein Lageraußenring in einem unrunder oder verformten Gehäuse (ovales Verklemmen/Einklemmen) führt zu reduzierter Lagerluft oder Vorspannung und einem Anstieg der Betriebstemperatur.
- Dies lässt sich häufig an zwei Belastungszonen im Außenring erkennen, die 180° auseinander liegen.
- Ein ovales Verklemmen kann auch die axiale Bewegung des Loslagers einschränken und hohe Axiallasten induzieren.

Maßnahmen:

- Eine flache Auflagefläche sicherstellen, um Kippfuß zu vermeiden. Abstandsscheiben sollten die gesamte Fläche des Gehäuseunterteils bedecken.
- Die Gehäuseaufspannfläche muss starr genug sein, um ein Verbiegen zu vermeiden.
- Wellen- und Gehäuse sitze auf Rundheit (Unrundheit) untersuchen (→ **Anhang D-1, Seite 386**).
- Bei Bedarf neu bearbeiten.

16



Zu feste Passung der Welle oder überdimensionierter Wellensitzdurchmesser

Überlegungen bei der Konstruktion:

- Eine feste Passung zwischen Lagerinnenring und Wellensitz dehnt den Innenring und vermindert die Lagerluft.
- Eine zu feste Passung kann eine zu kleine Betriebslagerluft im Lager oder sogar Vorspannung verursachen. Dies wird zu einem Heißlaufen des Lagers führen.

Maßnahmen:

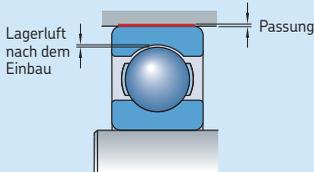
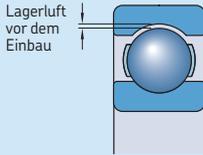
- Sicherstellen, dass das installierte Lager die richtige Lagerluft aufweist.
- Ist die Welle neu oder runderneuert, die Abmessungen des Lagersitzes sorgfältig auf Maß- und Formgenauigkeit untersuchen (→ **Anhang D-1, Seite 386**).
- Vor dem Ergreifen korrigierender Maßnahmen die Abmessungen der Gehäusebohrung prüfen.
- Entsprechen alle Abmessungen der Spezifikation, kann ein Lager mit einer größeren Lagerluft erforderlich sein.
- Eine feste Passung auf der Welle und im Gehäuse führt wahrscheinlich zu einer zu kleinen Betriebslagerluft (→ **Radiale Befestigung der Lager** ab **Seite 31**).

Störungen und ihre Lösungen

Lösungs-
code

Mögliche Ursachen / Abhilfemaßnahmen

17

**Zu feste Passung des Gehäuses oder unterdimensionierter Gehäuse Sitzdurchmesser**

Überlegungen bei der Konstruktion:

- Eine feste Passung zwischen Lageraußenring und Gehäusesitz drückt den Außenring zusammen und vermindert die Lagerluft.
- Eine zu feste Passung kann eine zu kleine Betriebslagerluft im Lager oder sogar Vorspannung verursachen. Dies wird zu einem Heißlaufen des Lagers führen.

Maßnahmen:

- Sicherstellen, dass das installierte Lager die richtige Lagerluft aufweist.
- Ist das Gehäuse neu oder runderneuert, die Abmessungen des Lagersitzes sorgfältig auf Maß- und Formgenauigkeit untersuchen (→ **Anhang D-1, Seite 386**). Den Gehäusesitz auf die geeignete Passung nachschleifen. Wenn dies nicht möglich ist, ein Lager mit einer größeren Lagerluft verwenden.
- Eine feste Passung auf der Welle und im Gehäuse führt wahrscheinlich zu einer zu kleinen Betriebslagerluft (→ **Radiale Befestigung der Lager ab Seite 31**).
- Bei einer Umfangslast am Innenring führt eine feste Passung im Gehäuse zu einer Fixierung des frei beweglichen Lagers, was eine Axialbelastung und zu starke Wärme hervorruft.

18

Zu stark belastete Lager infolge wechselnder Anwendungsparameter

Überlegungen bei der Neukonstruktion oder Rekonditionierung:

- Eine Steigerung der äußeren Belastungen auf ein Lager führt zu einer stärkeren Wärmebildung im Lager.
- Höhere Belastungen verkürzen die Lagergebrauchsdauer.
- Bei einer Konstruktionsänderung sind daher die Belastungen zu überprüfen, um sicherzustellen, dass sie sich nicht erhöht haben.

Beispiele:

- Übergang von einer Kupplung zu einem Riemenantrieb.
- Übergang von einer Kupplung zu einer Seilscheibe.
- Erhöhung der Drehzahl eines Ausrüstungsteils.

Maßnahme:

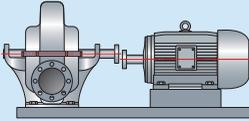
- Leistungsänderungen bei einem Ausrüstungsteil sollten mit dem Erstausrüster besprochen werden.

Störungen und ihre Lösungen

Lösungs-
code

Mögliche Ursachen / Abhilfemaßnahmen

19

**Parallelversatz zweier Einheiten**

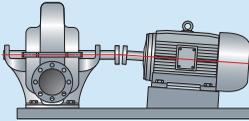
Überlegungen bei der Montage:

- Die beiden Gehäuse liegen nicht auf einer geraden Linie (waagrecht oder senkrecht).
- Dies induziert zusätzliche Belastungen auf Lager und Dichtungen, was Reibung und Temperatur erhöht und die Gebrauchsdauer von Lagern, Dichtungen und Schmierstoff herabsetzt.

Maßnahme:

- Die Gehäuse mithilfe der geeigneten Ausrüstung und Abstandsscheiben senkrecht neu ausrichten (→ *Ausrichtung* ab **Seite 158**).

20

**Winkelversatz zweier Einheiten**

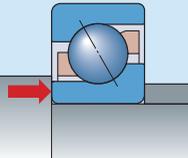
Überlegungen bei der Montage:

- Die beiden Aufspannflächen sind nicht ausgerichtet: Eine liegt im Verhältnis zur anderen im Winkel.
- Dies induziert zusätzliche Belastungen auf Lager und Dichtungen, was Reibung und Temperatur erhöht und die Gebrauchsdauer von Lagern, Dichtungen und Schmierstoff herabsetzt.

Maßnahme:

- Die Gehäuse mithilfe der geeigneten Ausrüstung und Abstandsscheiben neu ausrichten (→ *Ausrichtung* ab **Seite 158**).

21

**Rückwärts installierte Lager verursachen eine Entlastung der Schrägkugellager**

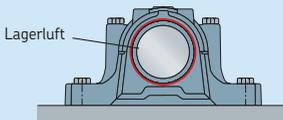
Überlegungen bei der Montage:

- Richtungslager müssen in der richtigen Richtung eingebaut werden, damit sie ordnungsgemäß funktionieren.
- Beispiel: Einreihige Schrägkugellager können Axiallasten nur in einer Richtung aufnehmen. Bei einem Rückwärtseinbau entsteht die Axialbelastung auf der niedrigen Schulter des Innenrings, was das Lager schädigt, die vom Lager erzeugte Wärme verstärkt und zu vorzeitigem Lagerausfall führt.

Maßnahme:

- Beim Einbau/bei der Montage sicherstellen, dass die Axialbelastung von der „hohen“ Schulter aufgenommen wird.

22

**Unwucht oder asymmetrische Belastung**

Überlegungen während des Betriebs:

- Eine Unwuchtbelastung kann eine Umfangslast am Außenring erzeugen, welche die vom Lager produzierte Wärme erheblich verstärkt, während die Belastung des Lagers zunimmt.

Maßnahmen:

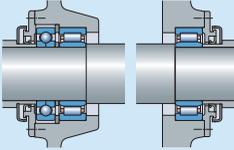
- Den Rotor auf Schmutzansammlungen/Verunreinigungen untersuchen.
- Die Ausrüstung wieder ins Gleichgewicht bringen.
- Ein zu großer Gehäusesitz führt zudem zu Schwingungen und zum Wandern des Außenrings.

Störungen und ihre Lösungen

Lösungs-
code

Mögliche Ursachen / Abhilfemaßnahmen

23



Falsches Lager (radial) befestigt

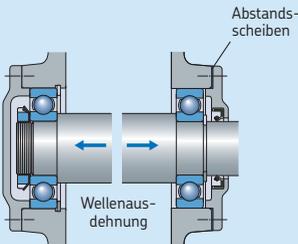
Überlegungen bei Konstruktion oder Montage:

- In einigen Anwendungen besteht die Lagerung für die Festlagerposition aus einem Radiallager und einem Axiallager.
- Bei einer axialen Befestigung ist das Radiallager Axiallasten ausgesetzt, was zu hohen kombinierten Belastungen führt. Dies kann zu hohen Temperaturen führen und einen möglichen vorzeitigen Lagerausfall verursachen.
- Bei einer radialen Befestigung ist das Axiallager Radiallasten ausgesetzt, was zu hohen kombinierten Belastungen führt. Dies kann zu hohen Temperaturen führen und einen möglichen vorzeitigen Lagerausfall verursachen.

Maßnahme:

- Sicherstellen, dass das Radiallager axial und das Axiallager radial entlastet wird. Damit sich der Außenring des Axiallagers nicht dreht, muss ein Anschlag vorhanden sein, z. B. hat ein Vierpunktlager in der Regel Haltenuten im Außenring.

24



Lager mit gegenseitiger Führung, keine weitere Ausdehnung der Welle möglich

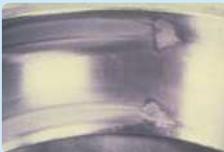
Überlegungen bei Konstruktion oder Montage:

- Bei Lagern mit gegenseitiger Führung und eingeschränkter Wellenausdehnung entstehen in beiden Lagern interne Axiallasten.
- Die induzierten Belastungen können zu hohe Betriebstemperaturen und ein erhöhtes Reibmoment verursachen.
- Die induzierten Belastungen können hoch sein und zu vorzeitigen Abschälungen auf Grund von Ermüdung führen.

Maßnahmen:

- Abstandsscheiben zwischen Gehäuse und Deckel einsetzen, um eine geeignete Lagerluft zwischen Deckel und Außenring-Stirnseite zu erhalten, sodass eine axiale Vorspannung der Lager vermieden wird.
- Nach Möglichkeit eine axiale Federlast auf den Außenring wirken lassen, um die axiale Lagerluft im Lagersystem zu reduzieren.
- Die Bestimmung der erwarteten Wellenausdehnung sollte deutlich machen, wie viel Lagerluft zwischen der Stirnseite des Lageraußenrings und dem Gehäusedeckel benötigt wird.

25



Anschmierung infolge des Gleitens unzureichend belasteter Wälzkörper

Überlegungen bei der Konstruktion:

- Um einen ordnungsgemäßen Betrieb sicherzustellen und ein Anschmieren zu vermeiden, müssen alle Kugel- und Rollenlager stets einer bestimmten Mindestbelastung ausgesetzt sein (→ Interaktiver SKF Lagerungskatalog unter www.skf.com).
- Werden die Anforderungen an die Mindestbelastung nicht erfüllt, kann dies zu einem Gleiten führen. Im Allgemeinen produziert dies zu viel Wärme und zu hohe Geräuschpegel. Sehr feste Schmierfette können dies noch verstärken, besonders in sehr kalten Umgebungen.

Maßnahmen:

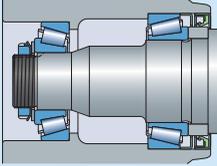
- Zusätzliche äußere Belastungen sind anzuwenden oder es werden externe Spannvorrichtungen benötigt.
- Alternativ kann ein Lager mit einer anderen Lagerluft oder eine andere Lagerausführung erforderlich sein.
- Kleinere Baugrößen des Lagers können ebenfalls eine Lösung sein.

Störungen und ihre Lösungen

Lösungs-
code

Mögliche Ursachen / Abhilfemaßnahmen

26

**Lageranstellung resultiert in zu hoher Vorspannung**

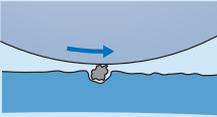
Überlegungen bei Einbau oder Montage:

- Bei der Einstellung der axialen Lagerluft oder Vorspannung in einer Lagerung kann das zu starke Anziehen der Einstellvorrichtung (Wellenmutter) zu einer überhöhten Vorspannung und überhöhten Betriebstemperaturen führen.
- Eine zu hohe Vorspannung erhöht zudem das Reibmoment in den Lagern. Beispiel: Kegetrollenlager oder Schrägkugellager mit jeweils einem Lager an beiden Wellenenden.

Maßnahmen:

- Mit dem Ausrüstungshersteller die geeigneten Einbauverfahren abstimmen, um das Endspiel (axiale Lagerluft) oder die Vorspannung in der Ausrüstung einzustellen.
- Mit einer Messuhr die axiale Wellenbewegung (während und) nach der Anstellung messen.

27

**Eindringen fester Verunreinigungen in das Lager, die Dellen in den Wälzflächen bilden**

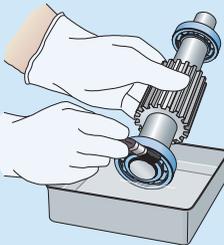
Überlegungen während des Betriebs:

- Verunreinigungen können die Lagerkontaktflächen schädigen und die Geräusch- und Schwingungspegel erhöhen. In einigen Fällen können auch die Temperaturen steigen.

Maßnahmen:

- Dichtungsanordnung auf Folgendes untersuchen:
 - Die richtige Dichtung wurde verwendet.
 - Die Dichtung wurde korrekt eingebaut.
 - Es gibt keinen Dichtungsverschleiß, Dichtungsschaden oder Schmierstoffleck.
- Die Schmierfrist muss u. U. verkürzt werden. Wird frisches Fett häufiger in kleinen Mengen zugeführt, kann verunreinigtes Fett eher aus dem Lager/ Gehäusehohlraum austreten (→ *Nachsichern* ab Seite 192).
- Den Ersatz offener Lager durch abgedichtete Lager erwägen.

28

**Feststoffe aus dem Fertigungsprozess oder früherer Lagerausfälle im Gehäuse**

Überlegungen bei Reinigung oder Montage und zur Schmierstoffreinheit:

- Dellen in den Lagerkontaktflächen können auftreten, wenn im Lagergehäuse feste Verunreinigungen infolge eines früheren Ausfalls, des Verschleißes anderer Komponenten wie Zahnräder oder von verunreinigtem Schmierstoff verbleiben.
- Dies kann die Temperatur sowie die Geräusch- und Schwingungspegel erhöhen.

Maßnahmen:

- Unebenheiten entfernen und sicherstellen, dass alle bearbeiteten Oberflächen glatt sind.
- Das Gehäuse und alle Komponenten im Gehäuse vor dem Einbau eines neuen Lagers schmieren.
- Der angewandte Schmierstoff muss sauber sein und darf keine Verunreinigungen enthalten. (Schmierfettbehälter sind zu verschließen und ordnungsgemäß zu lagern.)

Störungen und ihre Lösungen

Lösungs-
code

Mögliche Ursachen / Abhilfemaßnahmen

29

**Flüssige Verunreinigungen reduzieren die Schmierstoff-Viskosität**

Überlegungen bei Montage oder Schmierung und zur Abdichtung:

- Flüssige Verunreinigungen reduzieren die Schmierstoff-Viskosität, wodurch die Metallflächen in Direktkontakt treten können.
- Darüber hinaus kann es zur Rostbildung auf den Lagerkontaktflächen kommen.
- Diese Umstände führen zu erhöhten Temperaturen, verstärktem Verschleiß und höheren Geräuschpegeln.

Maßnahmen:

- Gehäusedichtungen überprüfen. Sie müssen verhindern, dass flüssige Verunreinigungen eindringen.
- Die Schmierfrist muss u. U. verkürzt werden. Wird frisches Fett häufiger in kleinen Mengen zugeführt, kann verunreinigtes Fett eher aus dem Lager/ Gehäusehohlraum austreten (→ *Nachschmieren* ab Seite 192).

30

**Wandern (Drehen) des Innenrings auf dem Wellensitz**

Überlegungen zu Passungen oder zum Wandern:

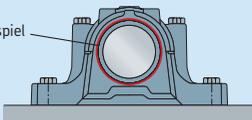
- Die meisten Anwendungen haben eine umlaufende Welle, die Belastung ist unidirektional. Dies wird als Umfangslast am Innenring bezeichnet und erfordert eine feste Passung auf der Welle, um relative Bewegungen zu verhindern. Die ordnungsgemäße Funktion der Lager hängt hauptsächlich von den richtigen Passungen ab.
- Ein Innenring kann jedoch auf seinem Wellensitz wandern oder sich drehen, wenn der Sitz unterdimensioniert oder verschlissen ist.
- Dies führt zu erhöhten Geräusch- und Schwingungspegeln sowie zu stärkerem Verschleiß.

Maßnahme:

- Wellensitz metallbeschichten und auf die geeignete Größe nachschleifen (→ *Radiale Befestigung der Lager* ab Seite 31).

31

Betriebsspiel

**Wandern (Drehen) des Außenrings im Gehäusesitz**

Verschlissener oder überdimensionierter Sitz

Überlegungen zu Passungen oder zum Wandern:

- Die meisten Anwendungen haben ein stationäres Gehäuse, die Belastung ist unidirektional. Dies wird als Punktlast am Außenring bezeichnet, und in den meisten Situationen kann der Außenring mit loser Passung in Position gehalten werden.
- Ein Außenring kann jedoch in seinem Gehäuse wandern oder sich drehen, wenn der Sitz überdimensioniert oder verschlissen ist.
- Dies führt zu erhöhten Geräusch- und Schwingungspegeln sowie zu stärkerem Verschleiß.

Maßnahmen:

- Gehäusesitz metallbeschichten und auf die geeignete Größe nachschleifen (→ *Radiale Befestigung der Lager* ab Seite 31).
- Bei großen Gehäusen kann die Bearbeitung des Sitzes auf einen größeren Durchmesser und die Verwendung einer Buchse eine Lösung sein.

Unwuchtbelastung

Überlegungen zu Passungen oder zum Wandern:

- Belastungen infolge der Unwucht einer Welle kann zum Wandern des Außenrings führen, auch wenn die Passungen korrekt sind.

Maßnahmen:

- Beseitigen Sie die Quelle der Unwucht.
- Die Maschine wieder ins Gleichgewicht bringen.

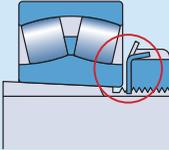


Störungen und ihre Lösungen

Lösungs-
code

Mögliche Ursachen / Abhilfemaßnahmen

32

**Die Wellenmutter sitzt lose auf der Welle oder der Spannhülse.**

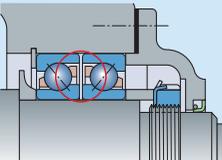
Überlegungen bei Einbau oder Montage:

- Eine lose Wellenmutter oder Sicherungsscheibe auf der Welle oder Spannhülse kann dazu führen, dass sich das Lager auf seinem Sitz lockert.
- Dies kann ein Wandern (Drehen) des Innenrings auf seinem Wellensitz verursachen.
- Dieser Zustand kann zu erhöhten Geräuschpegeln und zu verstärkter Wärmebildung durch das Lager führen, aber auch zu einer mangelhaften Positionierung des Lagers.

Maßnahmen:

- Die Wellenmutter anziehen, um die geeignete Position des Innenrings zu erhalten (Lagerluft) (→ *Einbau von Wälzlagern* ab **Seite 44**).
- Die Wellenmutter korrekt sichern, z. B. mit einer Sicherungsscheibe, wenn der Einbau abgeschlossen ist.

33

**Lager nicht sicher an den anliegenden Komponenten verspannt**

Überlegungen bei Einbau oder Montage:

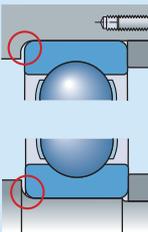
- Ein Lager, das nicht korrekt an den benachbarten Komponenten verspannt ist, erreicht u. U. nicht die notwendige Lagerluft oder Vorspannung.
- Dieser Zustand kann die Geräuschpegel erhöhen und sich negativ auf die Lagerleistung auswirken.

Beispiele:

- Ein Paar satzweise einsetzbarer Schrägkugellager ist nicht korrekt verspannt.
- Dies kann zu einer größeren axialen Lagerluft im Lagerpaar und dadurch zu Schäden durch Gleitbewegungen der Kugeln (Anschmieren), zu erhöhten Geräuschpegeln und Schmierungsproblemen führen.
- Die fehlerhafte Verspannung des Lagers wirkt sich auch auf die Positionierung der Welle aus.

Maßnahme:

- Sicherstellen, dass die Sicherungsvorrichtung beide Lager an ihrer Wellenschulter oder dem Abstandshalter positioniert.

**Anschlussmaße (Eckenradius) zu groß**

Überlegungen bei Einbau oder Montage:

- Wenn das Anschlussmaß einer benachbarten Komponente zu groß ist, wird das Lager nicht korrekt unterstützt.
- Dieser Zustand kann die Lagerringe verformen.
- Das Lager erhält nicht die geeignete Lagerluft (Vorspannung).

Maßnahme:

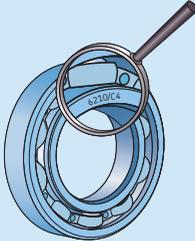
- Bearbeiten Sie das Anschlussmaß, um die geeignete Unterstützung zu erhalten.

Störungen und ihre Lösungen

Lösungs-
code

Mögliche Ursachen / Abhilfemaßnahmen

34



Zu große Radial- oder Axialluft im Lager

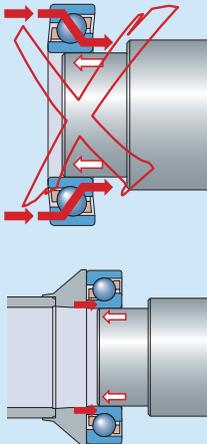
Überlegungen während des Betriebs:

- Eine zu große Radial- oder Axialluft kann die Geräuschpegel erhöhen, da sich die Wälzkörper frei außerhalb der Lastzone bewegen können.
- Des Weiteren kann sich zu viel Lagerluft aufgrund des Gleitens der Wälzkörper nachteilig auf die Lagerleistung auswirken.

Maßnahmen:

- Mithilfe von Federn oder Wellscheiben kann eine geeignete Axialbelastung erzeugt werden, um die Wälzkörper kontinuierlich zu belasten (vor allem in Anwendungen mit Kugellagern).
- Prüfen Sie die erforderliche ursprüngliche Lagerluft im Lager und passen Sie die Wahl der Lagerluft ggf. an.

35



Dellen in den Wälzflächen infolge von Schlägen oder Stoßbelastungen (unsachgemäßes Einbauverfahren)

Überlegungen bei der Konstruktion:

- Die meisten Lager werden mit einer festen Passung auf der Welle oder im Gehäuse montiert.

Überlegungen beim Einbau:

- Beim Einbau des Lagerrings mit einer festen Passung muss die Kraft stets auf den Ring ausgeübt werden. Die Kraft darf niemals über die Wälzkörper übertragen werden, da dadurch leicht Dellen in die Laufbahnen und Wälzkörper gedrückt werden können.
- Die resultierenden Schäden können sowohl die Geräusch- und Schwingungspegel als auch die Temperatur erhöhen.
- Das Lager wird wahrscheinlich vorzeitig ausfallen.

Maßnahmen:

- Lager austauschen.
- Beim Einbau niemals mit harten Gegenständen auf das Lager schlagen. Stets eine Montagehülse verwenden.
- Überprüfen Sie die Einbauverfahren, um sicherzustellen, dass keine Kräfte über die Wälzkörper angewandt werden (→ *Mechanischer Einbau* ab Seite 53).
- Einen Wälzlager-Einbauwerkzeugsatz verwenden. (Der SKF Wälzlager-Einbauwerkzeugsatz ist ein hervorragendes Werkzeug für kleinere Lager.)

36



Stillstandsmarken an den Wälzflächen aufgrund von Schwingungen

Überlegungen während des Betriebs:

- Schwingungen von anderen Maschinen, während ein Ausrüstungsteil nicht umläuft, können zu Stillstandsmarken auf den Laufbahnen führen. Diese Schäden treten typischerweise in der Lastzone auf und sind an Dellen zu erkennen, die dem Abstand zwischen den Wälzkörpern entsprechen.
- Dieses verbreitete Problem führt zu Geräuschentwicklungen in den Ausrüstungsteilen, die über längere Zeiträume inaktiv waren und sich neben anderer laufender Ausrüstung befinden, d. h. Standby-Ausrüstung.

Maßnahmen:

- Die Welle der Standby-Ausrüstung regelmäßig drehen, um die Auswirkungen der Schwingungen zu reduzieren.
- Die Trennung von Ausrüstung und Schwingung wäre die optimale Lösung, ist aber nicht immer durchführbar.
- → *Lagerschäden und ihre Ursachen* ab Seite 288.

Störungen und ihre Lösungen

Lösungs-
code

Mögliche Ursachen / Abhilfemaßnahmen

37

**Abschälung an den Wälzflächen aufgrund von Materialermüdung**

Überlegungen während des Betriebs:

- Reine Materialermüdungen treten bei Hochqualitätslagern immer seltener auf.
- Ermüdungsschälung ist das Ergebnis einer anormalen Betriebsbedingung, die zu höheren Spannungen im Lager führt, z. B. Schiefstellung, ovales Verklemmen (Einklemmen), oder das Ergebnis von Materialdefekten wie Einschlüssen oder Stahl mangelhafter Qualität.

Maßnahmen:

- Nur Hochqualitätslager verwenden.
- Beschädigte Lager auf Schiefstellung untersuchen. Bei Bedarf neu ausrichten.
- Beschädigte Lager auf mögliches ovales Verklemmen (Einklemmen) untersuchen. Sitze bei Bedarf reparieren und bearbeiten.
- → *Lagerschäden und ihre Ursachen* ab Seite 288.

38

**Abschälung an den Wälzflächen aufgrund von Oberflächenermüdung**

Überlegungen während des Betriebs:

- Unzureichende Schmierung führt zum Direktkontakt von Metallflächen zwischen den Wälzflächen.
- Zu den Ursachen gehören unter anderem: zu geringe Viskosität bei Betriebstemperatur, Verschleißpartikel und Eindringen von Verunreinigungen.

Maßnahmen:

- Betriebsviskosität des Schmierstoffs unter Berücksichtigung der echten Betriebsbedingungen überprüfen.
- Um Verschleißpartikel abzuführen, ist ein häufigeres Nachschmieren in Erwägung zu ziehen.
- Den Zustand der Dichtungsanordnung prüfen.
- → *Lagerschäden und ihre Ursachen* ab Seite 288.

**Abschälung an den Wälzflächen aufgrund von Oberflächenschäden**

Überlegungen bei Einbau oder Betrieb:

- Zu den Oberflächenschäden gehören Rattermarken durch Schläge, Stillstandsmarken durch Schwingungen, Wasserätzung, Dellen durch Partikel, Stromdurchgang usw.

Maßnahmen:

- Die Schadensquelle identifizieren und geeignete Maßnahmen ergreifen, z. B. keine Schläge durch die Wälzkörper beim Einbau, Dichtungs austausch zwecks Ausschluss von Verunreinigungen, sachgemäßes Schleifen der Ausrüstung usw.
- → *Lagerschäden und ihre Ursachen* ab Seite 288.

Störungen und ihre Lösungen

Lösungs-
code

Mögliche Ursachen / Abhilfemaßnahmen

39

**Verätzung der Wälzflächen durch chemische/flüssige Verunreinigungen (Wasser, Säuren, Gase oder andere korrodierende Stoffe)**

Beim Stillstand:

- Eine Verätzung (Korrosion) tritt bei Inaktivität der Ausrüstung und am häufigsten in fettgeschmierten Lagern auf.
- Schäden durch statische Verätzung treten in der Regel im Abstand der Wälzkörper auf.

Maßnahmen:

- Dichtungssystem überprüfen.
- Dichtungsanordnung durch die Installation einer schützenden Deckscheibe und/oder Schleuderscheibe nachrüsten.
- Wird frisches Fett häufiger in kleinen Mengen zugeführt, kann dadurch verunreinigtes Fett eher aus dem Lager/Gehäusehohlraum austreten (→ *Nachschmieren* ab Seite 192).
- Die Welle regelmäßig drehen, um die schädigenden Auswirkungen der statischen Verätzung zu reduzieren.
- → *Lagerschäden und ihre Ursachen* ab Seite 288.

40

(Mikro-) Abschälungen an Laufbahnen und/oder Wälzkörpern

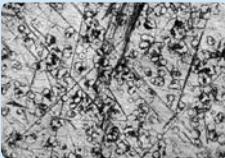
Während des Betriebs:

- Mikro-Abschälungen der Wälzflächen, auch Grübchenbildung genannt, sind das Ergebnis korrosiver Verunreinigungen oder von Stromleckagen (Elektroerosion).
- Unabhängig von der Ursache nehmen die Geräusch- und Schwingungspegel zu.

Maßnahmen:

- → Lösungscode 39 und 41.
- → *Lagerschäden und ihre Ursachen* ab Seite 288.

41

**(Mikro-) Abschälungen an Laufbahnen und/oder Wälzkörpern**

Während des Betriebs:

- Stromleckagen (Elektroerosion) – Stromdurchgang durch das Lager – können zu Kratern in der Oberfläche führen. Sie sind sehr klein und mit bloßem Auge kaum zu erkennen. Das SKF Messgerät zum Erkennen von Funkenerosion ist ein berührungsfreies Instrument, mit dem das Vorhandensein von Funkenemissionen festgestellt werden kann.

Maßnahmen:

- Den Bereich von 500 × auf 1 000 × vergrößern, um Krater zu erkennen.
- → *Lagerschäden und ihre Ursachen* ab Seite 288.

**Riffelbildung auf den Wälzflächen**

Während des Betriebs:

- Riffelbildungen auf den Laufbahnen sind Folgeschäden, die am häufigsten auf Stromdurchgang durch das Lager zurückzuführen sind.
- In einigen seltenen Fällen kann eine waschbrettartige Oberfläche auch das Ergebnis von Schwingungen während des Betriebs sein.
- Stromdurchgang kann auf Erdungsstörungen, Frequenzumrichter, Verkabelung, Motorkonstruktion und angetriebene Maschinen zurückzuführen sein.

Maßnahmen:

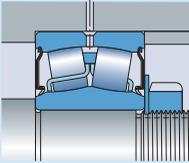
- Sicherstellen, dass die Ausrüstung korrekt geerdet ist.
- Wenn die ordnungsgemäße Erdung das Problem nicht behebt, stehen u. a. folgende Alternativlösungen zur Verfügung: INSOAT Lager (mit isolierender Beschichtung), Hybridlager (mit Wälzkörpern aus Keramik) oder eine isolierende Hülse in der Gehäusebohrung.
- → *Lagerschäden und ihre Ursachen* ab Seite 288.

Störungen und ihre Lösungen

Lösungs-
code

Mögliche Ursachen / Abhilfemaßnahmen

42

**Verunreinigung von Käfig oder Lagerdichtungen durch verbogene Lappen**

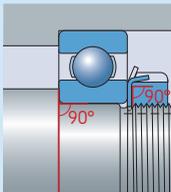
Überlegungen bei Einbau oder Montage:

- Einige Sicherungsscheiben haben verbogene Fahren, die den Lagerkäfig oder die Dichtungen verunreinigen können, was zur Geräuschbildung sowie zu beschleunigtem Verschleiß und Schäden führt.
- Gebrauchte Sicherungsscheiben können auch eine nicht sichtbare beschädigte Sicherungs- oder Anti-Rotationsfahne haben, die u. U. später abbricht.

Maßnahmen:

- Scheiben (und Muttern) niemals wiederverwenden.
- Beachten Sie, dass KMFE-Wellenmutter einen integrierten Abstandshalter haben, um diese Art von Schäden zu vermeiden. Alternativ kann ein Zwischenring zwischen Lager und Wellenmutter eingesetzt werden.

43

**Wellen- und/oder Gehäuseschultern nicht fluchtend mit dem Lagersitz**

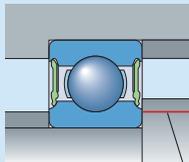
Überlegungen zu bearbeiteten Schultern bei Einbau oder Montage:

- Nicht fluchtende Wellen-/Gehäuseschultern können die Lagerringe verformen, was das Reibungsmoment im Lager erhöht und Wärme produziert.
- → Lösungscode **19** und **20**.

Maßnahme:

- Teile bearbeiten, um eine korrekte Rechtwinkligkeit zu erzielen.

44



Richtige Höhe

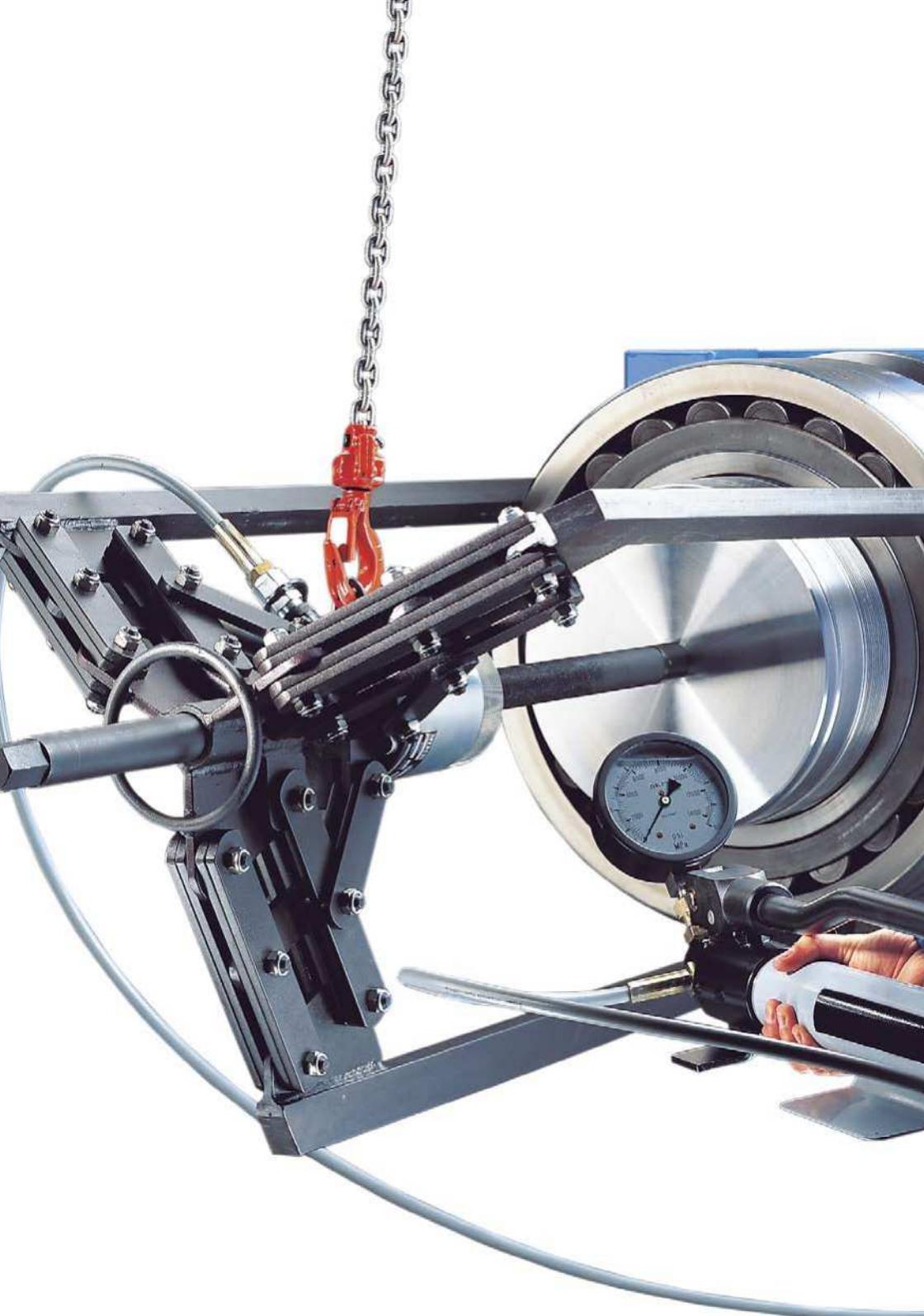
Wellenschulter ist zu hoch und verunreinigt die Dichtungen/Deckscheiben

Überlegungen zu bearbeiteten Schultern bei Montage oder Betrieb:

- Wenn die Schulter zu hoch ist, kann sie die Dichtungen/Deckscheiben verunreinigen.

Maßnahmen:

- Sicherstellen, dass der Schulterdurchmesser den Empfehlungen im *Interaktiven SKF Lagerungskatalog* unter www.skf.com entspricht.
- Wellenschulter bearbeiten, um die Dichtungen/Deckscheiben zu reinigen.



Ausbau

Ausbau von Wälzlagern	254	Ausbau von Lagereinheiten	270
Nicht vergessen	254	Nicht vergessen	270
Vorbereitungen für den Ausbau	254	Vorbereitungen für den Ausbau	271
Geeignete Ausbaurverfahren	255	Ausbau von Kugellagereinheiten mit einer Gewindestift-Verriegelung	272
Ausbau eines auf einem zylindrischen Lagersitz montierten Lagers	256	Ausbau von Kugellagereinheiten mit einem Exzenterring	273
Manueller Ausbau	256	Ausbau von auf einer Spannhülse montierten Kugellagereinheiten	274
Ausbau mit einem hydraulisch unterstützten Abzieher	257	Ausbau von SKF ConCentra Kugellagereinheiten	275
Ausbau mithilfe der Druckölmethode	258	Ausbau von SKF ConCentra Rollenlagereinheiten	276
Ausbau mit einer Presse	258	Ausbau von Rollenlagereinheiten mit einem zylindrischen Befestigungsring	276
Ausbau mithilfe von Wärme	258	Ausbau von Lagergehäusen	278
Ausbau eines auf einem kegelförmigen Lagersitz montierten Lagers	259	Nicht vergessen	278
Manueller Ausbau	260	Vorbereitungen für den Ausbau	278
Ausbau mit einem hydraulisch unterstützten Abzieher	260	Ausbau von geteilten Stehagergehäusen	280
Ausbau mithilfe der Druckölmethode	260	Ausbau von Flanschlagergehäusen	282
Ausbau eines auf einer Spannhülse montierten Lagers	260	Entfernen von Dichtungen	284
Manueller Ausbau: glatte Wellen	262	Entfernen berührungsfreier Dichtungen	284
Manueller Ausbau: abgesetzte Wellen	262	Entfernen von Berührungsdichtungen	284
Ausbau mit einer Hydraulikmutter	262		
Ausbau mithilfe der Druckölmethode	264		
Ausbau eines auf einer Abziehhülse montierten Lagers	264		
Manueller Ausbau	264		
Ausbau mit einer Hydraulikmutter	266		
Ausbau mithilfe der Druckölmethode	266		
Ausbau eines Lagers aus einem ungeteilten Gehäuse	267		
Manueller Ausbau	267		
Ausbau mithilfe der Druckölmethode	268		
Ausbau mithilfe von Wärme	269		
Gleichzeitiger Ausbau eines Lagers von einer Welle und einem ungeteilten Gehäuse	269		

Ausbau von Wälzlagern

Nicht vergessen

Da beim Ausbau stets die Gefahr besteht, dass ein eigentlich intaktes Lager beschädigt wird, sollte ein unbeschädigtes Lager möglichst nicht ausgebaut werden. Ist dies jedoch notwendig und soll das Lager nach dem Ausbau wiederverwendet werden, beachten Sie Folgendes:

- Schlagen Sie nicht direkt auf die Lagerringe oder andere Komponenten.
- Die beim Ausbau angewandte Kraft darf niemals über die Wälzkörper übertragen werden.
- Wärmen Sie das Lager nicht mit einer offenen Flamme an.

Die beim Ausbau von Wälzlagern verwendeten Werkzeuge und Verfahren richten sich häufig nach der Größe des Lagers. Im Allgemeinen können Lager in folgende Kategorien eingeteilt werden:

- kleine Lager: Bohrungsdurchmesser $d \leq 80$ mm
- mittlere Lager: Bohrungsdurchmesser $80 \text{ mm} < d < 200$ mm
- große Lager: Bohrungsdurchmesser $d \geq 200$ mm

Waschen Sie das Lager nach dem Ausbau mit einem geeigneten Reinigungslösungsmittel und trocknen Sie es sorgfältig ab. Untersuchen Sie alle Lagerteile, insbesondere Laufbahnen, Wälzkörper und Käfig, auf Verschleiß oder Schäden. Wenn das Lager wiederverwendet werden kann, schützen Sie es durch eine sorgfältige Beschichtung mit Schmierfett, Öl oder einer Rostschutzflüssigkeit vor Korrosion und verpacken es neu.

Bei kleinen abgedichteten Lagern sowie äußerst verunreinigten oder mit oxidiertem Schmierstoff verkrusteten Lagern lohnt sich eine Reinigung normalerweise nicht. In der Regel ist es wirtschaftlicher, das alte Lager zu entsorgen und durch ein neues zu ersetzen.

HINWEIS: Markieren Sie vor dem Ausbau die relative Position des Lagers im Gehäuse (oder auf der Welle) (→ **Bild 1**). Beim Wiedereinbau eines unbeschädigten Lagers wird der stillstehende Ring üblicherweise um 120 bis 180°

Ausbauwerkzeuge und -produkte gehören zum Sortiment der SKF Produkte für Wartung und Schmierung (→ **Anhang O** ab **Seite 435**). Die SKF Demontageflüssigkeit eignet sich für den Ausbau mit hydraulisch unterstützten Werkzeugen und beim Einsatz der Druckölmethode. Weitere Informationen finden Sie unter www.mapro.skf.com.

Das SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) veranstaltet eine Reihe von Schulungskursen zu Ausbaurverfahren (→ *Schulungen* ab **Seite 326**). Ihr SKF Ansprechpartner berät Sie gern. Weiterführende Informationen finden Sie auch unter www.skf.com/services.

gedreht, damit die Lastzone auf einen neuen Bereich der Laufbahn trifft.

Vorbereitungen für den Ausbau

Nehmen Sie sich Zeit für die Vorbereitung, dies vereinfacht den Ausbau. Prüfen Sie die Montagezeichnung(en), falls vorhanden, und studieren Sie die Lagerung. Vor Beginn der Arbeiten beachten Sie bitte folgende Hinweise:

- Sorgen Sie für eine gründliche Reinigung des Anwendungsbereichs und der Umgebung.
- Halten Sie geeignete Behälter bereit, um Schmierstoffproben zu entnehmen und verbrauchten Schmierstoff aufzufangen.
- Stellen Sie ein geeignetes Reinigungslösungsmittel bereit, z. B. Benzin, Kerosin oder eine starke Waschlauge, um Welle, Gehäuse und Lager zu reinigen, falls es wiederverwendet werden soll.

HINWEIS: Im Hinblick auf den Umweltschutz rät SKF vom Gebrauch chlorhaltiger Lösungsmittel aller Art ab.

Geeignete Ausbauverfahren

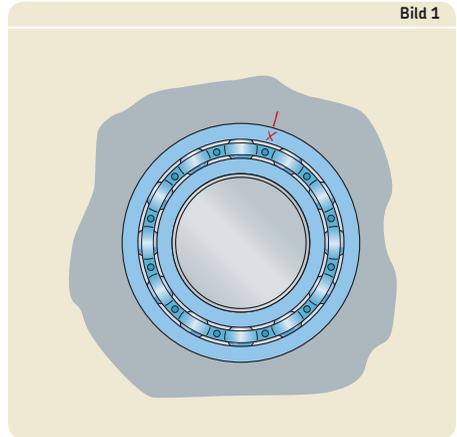
SKF empfiehlt die Verwendung eines der folgenden Verfahren für den Ausbau von Lagern.

- manueller Ausbau
- Ausbau mit hydraulisch unterstützten Werkzeugen
- Ausbau mithilfe der Druckölmethode
- Ausbau mithilfe von Wärme

Das verwendete Verfahren richtet sich hauptsächlich nach der Größe und dem Typ des Lagers. Kleine Lager können mithilfe mechanischer Werkzeuge von ihren Sitzen ausgebaut werden. Größere Lager erfordern im Allgemeinen eine größere Kraft, als sie ein mechanisches Werkzeug bieten kann. SKF empfiehlt daher hydraulisch unterstützte Werkzeuge oder die Druckölmethode – oder beides.

Thermoringe oder spezielle Induktions-Anwärmgeräte können für den Ausbau von Innenringen von Nadellagern oder Zylinderrollenlagern der Bauformen NU, NJ und NUP eingesetzt werden. Beim Ausbau anderer Lagerbauformen ist Wärme nur als letztes Mittel zu nutzen.

Für die Verwendung der Druckölmethode wird vorausgesetzt, dass die notwendige Ölzuführbohrung und Ölverteilungsnut in die Lagerung integriert wurden (→ **Anhang G, Seite 405**).



Ausbau eines auf einem zylindrischen Lagersitz montierten Lagers

Manueller Ausbau

Unterstützen Sie die Welle nach Möglichkeit in einem geeigneten Schraubstock (→ **Bild 2**), um Beschädigungen von Welle oder Lager während des Ausbaus zu vermeiden.

Kleine Lager können mithilfe eines mechanischen Abziehers von der Welle ausgebaut werden. Die Haken müssen am Innenring oder an einer benachbarten Komponente, z. B. einem Labyrinth, angesetzt werden (→ **Bild 3**).

Lassen sich die Haken nicht am Innenring oder an einer geeigneten benachbarten Komponente ansetzen, ziehen Sie das Lager über den Außenring ab. Um Schäden beim Ausbau zu vermeiden, empfiehlt SKF, den Außenring während des Lagerausbaus zu drehen (→ **Bild 4**). Wenn dieses Verfahren zum Einsatz kommt, rät SKF allerdings von einer Wiederverwendung des Lagers ab.

Bild 2

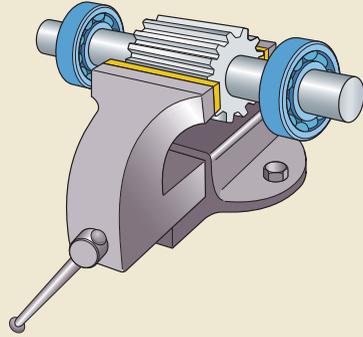


Bild 3

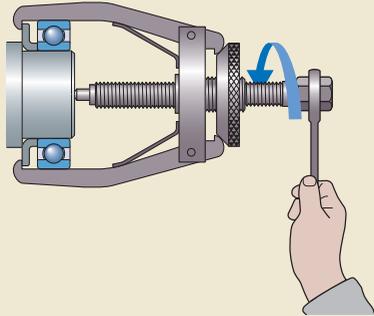
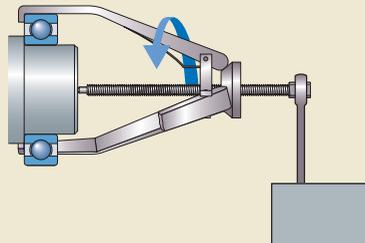


Bild 4



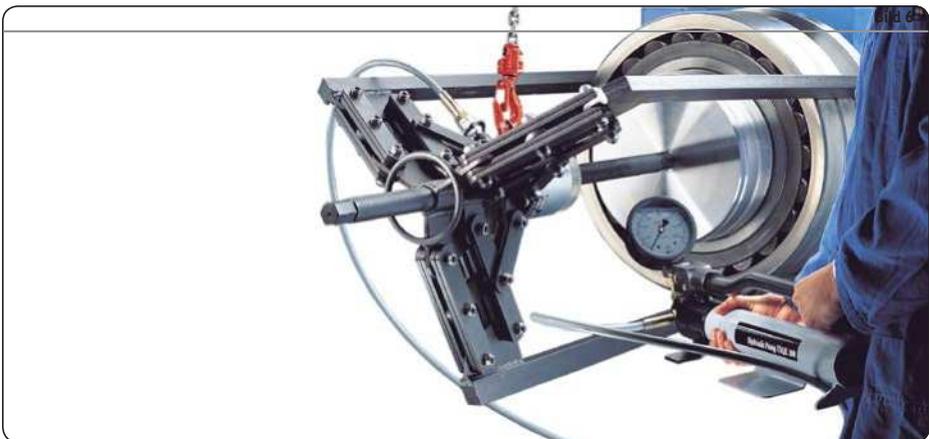
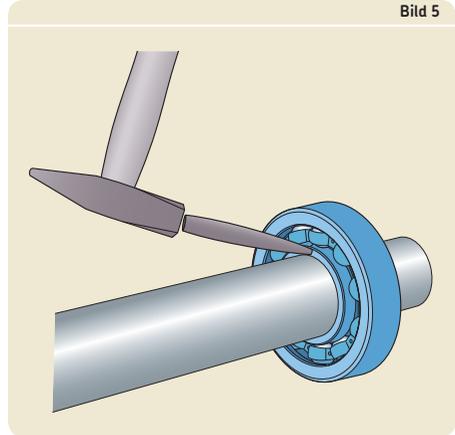
Steht kein geeigneter Abzieher zur Verfügung, können ein Hammer und ein Durchtreiber aus weichem Metall oder ein ähnliches Werkzeug verwendet werden, um das Lager vom Sitz zu treiben. Schlagen Sie mit einem Hammer leicht und gleichmäßig rundherum auf die gesamte Stirnseite des Innenrings (→ Bild 5). Gehen Sie bei dieser Technik äußerst vorsichtig vor, da hierbei leicht die Welle beschädigt werden kann. SKF rät außerdem von einer Wiederverwendung des Lagers ab, da beim Ausbau nicht erkennbare Schäden am Lager aufgetreten sein können.

Ausbau mit einem hydraulisch unterstützten Abzieher

Für den Ausbau von mit fester Passung auf der Welle montierten Lagern ist eine Kraft erforderlich, die mit der Größe des Lagers rapide ansteigt. SKF empfiehlt daher für den Ausbau großer Lager die Verwendung eines hydraulisch unterstützten Schwerlast-Hakenabziehers (→ Bild 6). Diese Abzieher sind üblicherweise für Lager mit einem Außendurchmesser von bis zu 500 mm erhältlich. Bei Verwendung dieser Abzieher ist die jeweils beiliegende Anleitung zu beachten.

SKF bietet zudem hydraulisch unterstützte Abziehersätze an, die zum Ausbau kleiner und mittlerer Lager verwendet werden können.

Bild 5



10

Ausbau

Ausbau mithilfe der Druckölmethode

Die Druckölmethode kann für den Ausbau von Lagern mit zylindrischer Bohrung eingesetzt werden. Bei diesem Verfahren wird Öl (mit einer Viskosität von ca. $900 \text{ mm}^2/\text{s}$ bei 20°C) unter Hochdruck zwischen Wellensitz und Innenringbohrung gespritzt, bis ein Ölfilm die Kontaktflächen vollständig trennt (→ Bild 7). Wird das Lager umgehend und ohne Unterbrechung entfernt, ist eine relativ kleine Ausbaukraft erforderlich.

Ausbau mit einer Presse

Eine äußerst komfortable Möglichkeit, um ein Lager von seinem Wellensitz zu entfernen, besteht in einer gegen das Wellenende platzierten Presse. In diesem Fall muss der Lagerinnenring unterstützt werden (→ Bild 8).

Ausbau mithilfe von Wärme

Der Ausbau mithilfe von Wärme ist eine geeignete Methode, um Innenringe von Nadellagern oder Zylinderrollenlagern der Bauformen NU, NJ und NUP zu entfernen. Hierfür stehen hauptsächlich zwei Werkzeuge zur Verfügung: Thermoringe und Induktions-Anwärmgeräte.

Thermoringe werden in der Regel eingesetzt, um den Innenring gleichgroßer kleiner bis mittlerer Lager ein- und auszubauen.

Sie bestehen aus Leichtmetall, sind radial geschlitzt und mit isolierten Griffen versehen (→ Bild 9). Das Ausbaurverfahren ist einfach. Beschichten Sie die Laufbahn des Lagerinnenrings mit einem oxidationsbeständigen Öl. Legen Sie den Thermoring auf eine Anwärmpfanne und erwärmen Sie ihn auf etwa 280°C . Platzieren Sie den angewärmten Ring um den Innenring herum und drücken Sie die Griffe zusammen. Die Wärme wird sich rasch auf den Innenring übertragen. Sobald sich der Innenring lockert, ziehen Sie das Werkzeug mit dem Innenring ab. Dann entfernen Sie den Innenring vom Werkzeug.

Bild 7

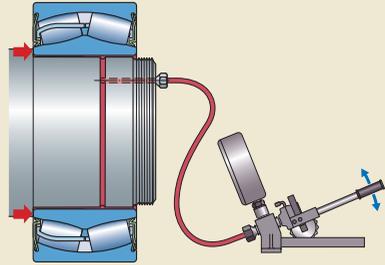


Bild 8

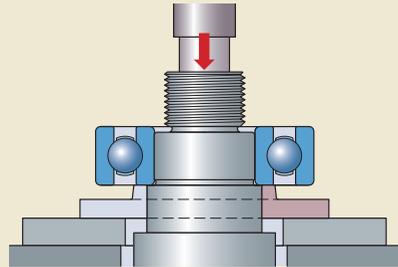


Bild 9

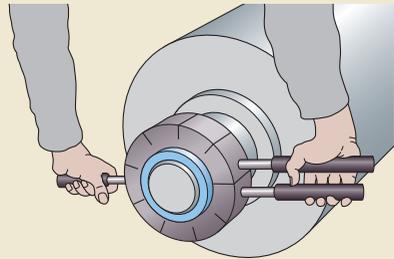
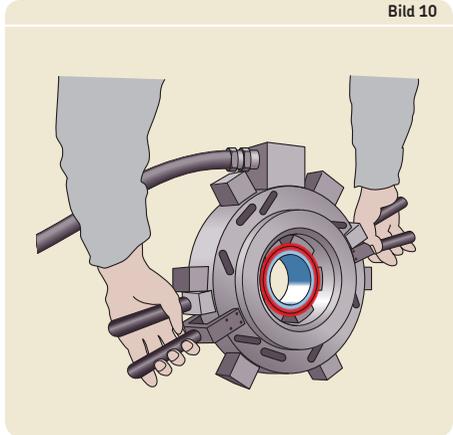


Bild 10

Werden häufig Innenringe mit unterschiedlichen Durchmessern ausgebaut, empfiehlt SKF die Verwendung einer verstellbaren elektrischen SKF Abziehvorrichtung. Diese elektrischen Induktions-Anwärmgeräte (→ Bild 10) erwärmen den Innenring rasch, ohne dass die Welle dabei erwärmt wird. Soll der Innenring wiederverwendet werden, ist er nach dem Ausbau zu entmagnetisieren.

Für den häufigen Ausbau von Innenringen mittlerer und großer Zylinderrollenlager, z. B. Walzenlager in Walzwerken, empfiehlt SKF die Verwendung einer festen elektrischen SKF Abziehvorrichtung.

Thermoringe und Induktions-Anwärmgeräte sind im SKF Sortiment enthalten. Weitere Informationen finden Sie unter www.mapro.skf.com.



richtig unterstützt werden. Verwenden Sie hierfür einen geeigneten Schraubstock, zwei mechanische Befestigungsprismen (→ Bild 11) oder eine Hubvorrichtung.

Ausbau eines auf einem kegeligen Lagersitz montierten Lagers

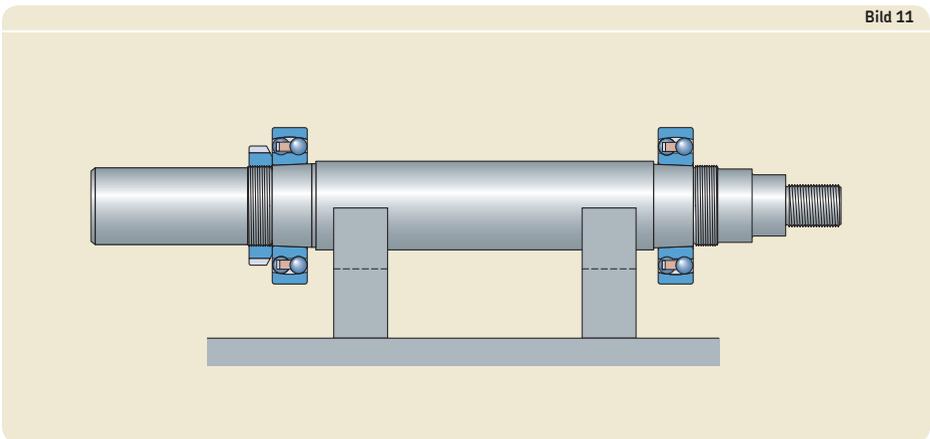
Um bei diesem Ausbaurverfahren Schäden an Welle oder Lager zu vermeiden, muss die Welle

VORSICHT!

Treffen Sie Vorkehrungen, um die Gefahr schwerer Verletzungen zu vermeiden. Bringen Sie z. B. eine Wellenmutter am Wellenende an, um den Verfahrweg des Lagers zu begrenzen, wenn es sich abrupt löst.

Bild 11

10



Ausbau

Manueller Ausbau

Kleine Lager können mithilfe eines mechanischen Abziehers ausgebaut werden, der am Innenring angreift. Verwenden Sie selbstzentrierende Abzieher mit Federmechanismen, um das Verfahren zu vereinfachen und Schäden am Lagersitz zu vermeiden.

Lassen sich die Haken des Abziehers nicht am Innenring ansetzen, ziehen Sie das Lager über den Außenring ab oder verwenden einen Abzieher in Kombination mit einem Trennstück (→ Bild 12).

Ausbau mit einem hydraulisch unterstützten Abzieher

Größere Lager erfordern in der Regel einen hohen Kraftaufwand und sollten von ihrem kegeligen Sitz mithilfe eines hydraulisch unterstützten Abziehers entfernt werden (→ Bild 6, Seite 256). Diese Abzieher sind üblicherweise für Lager mit einem Außendurchmesser von bis zu 500 mm erhältlich.

Ausbau mithilfe der Druckölmethode

Mittlere und große Lager lassen sich viel leichter und sicherer von konischen Wellen ausbauen, wenn die Druckölmethode verwendet wird. Bei diesem Verfahren wird Öl (mit einer Viskosität von ca. 900 mm²/s bei 20 °C) unter Hochdruck über die Zuführbohrung und die Verteilungsnut zwischen die beiden kegeligen Passflächen gespritzt. Dies reduziert die Reibung zwischen den beiden Oberflächen ganz erheblich und erzeugt eine Axialkraft, die das Lager von seinem Sitz trennt (→ Bild 13).

VORSICHT!

Treffen Sie Vorkehrungen, um die Gefahr schwerer Verletzungen zu vermeiden. Bringen Sie z. B. eine Wellenmutter am Wellenende an, um den Verfahrweg des Lagers zu begrenzen, wenn es sich abrupt löst.

Ausbau eines auf einer Spannhülse montierten Lagers

Das für den Ausbau eines auf einer Spannhülse montierten Lagers eingesetzte Verfahren hängt von folgenden Faktoren ab:

- Lagergröße
- Art der Anordnung: glatte oder abgesetzte Welle (→ Bild 14)
- Ausführung der Spannhülse: mit oder ohne Ölzuführbohrungen und Ölverteilungsnuten für die Öleinspritzung (→ Bild 15)

In jedem Fall beginnt der Ausbau mit folgenden Schritten (→ Bild 16):

- Entfernen Sie überschüssigen Schmierstoff und wischen Sie die Anordnung ab.

Bild 12

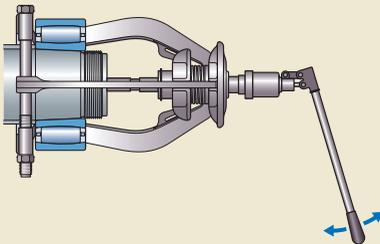


Bild 13

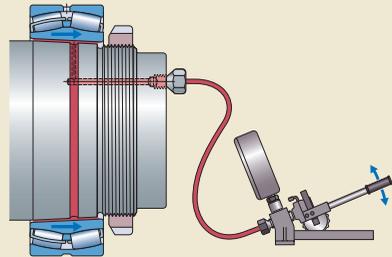


Bild 14

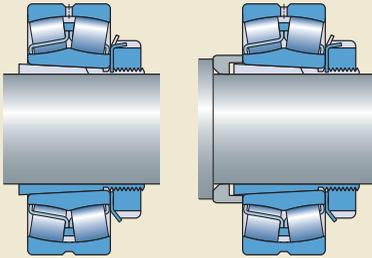
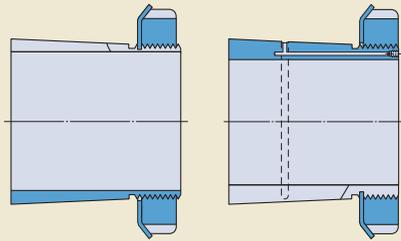
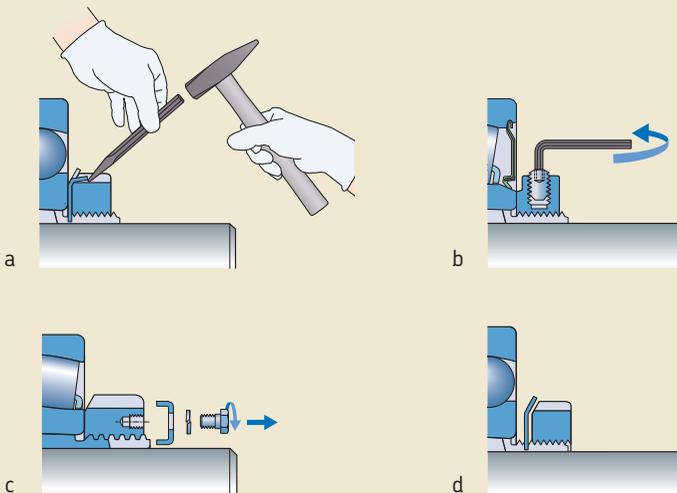


Bild 15



- Abhängig von der Sicherungsvorrichtung:
 - Lösen Sie die verbogene Sicherungsfahne der Sicherungsscheibe von der Wellenmutter **(a)**.
 - Lösen Sie die Sicherungsschraube in der Wellenmutter **(b)**.
 - Entfernen Sie den an der Wellenmutter befestigten Sicherungsbügel **(c)**.
 - Lösen Sie die Wellenmutter einige Umdrehungen **(d)**.

Bild 16



Manueller Ausbau: glatte Wellen

Kleine Lager, die auf einer Spannhülse und einer glatten Welle montiert sind, können wie folgt ausgebaut werden: Klopfen Sie mit einem passenden Hammer auf einen kleinen Stahlblock, gleichmäßig um die Stirnseite des Lagerinnenrings herum (→ **Bild 17**). Davor muss die Hülsenmutter einige Umdrehungen gelockert werden. Um den Wiedereinbau zu erleichtern, markieren Sie die Position der Hülse auf der Welle. Nachdem sich das Lager gelöst hat, entfernen Sie Wellenmutter, Sicherungsscheibe, Lager und Hülse vollständig von der Welle. Um den Ausbau zu vereinfachen, dehnen Sie die Hülse ein wenig, indem Sie einen kleinen Kunststoffkeil oder Schraubendreher in den Schlitz der Hülse schieben.

HINWEIS: Der in **Bild 18** gezeigte Stahlblock ist ein Segment eines gedrehten Rings und kann anhand der Abmessungen in den Produkttabellen des *Interaktiven SKF Lagerungskatalogs* unter www.skf.com einfach angefertigt werden.

Manueller Ausbau: abgesetzte Wellen

Kleine Lager, die auf einer Spannhülse und einer abgesetzten Welle montiert sind, können wie folgt ausgebaut werden: Setzen Sie einige kurze, kräftige Hammerschläge auf eine an der Wellenmutter der Spannhülse angesetzte Schlagkappe (→ **Bild 19**). Nachdem sich das Lager gelöst hat, entfernen Sie Wellenmutter, Sicherungsscheibe und Lager vollständig und ziehen die Hülse und den Abstützring von der Welle ab. Um den Ausbau zu vereinfachen, dehnen Sie die Hülse ein wenig, indem Sie einen kleinen Kunststoffkeil oder Schraubendreher in den Schlitz der Hülse schieben.

HINWEIS: Verwenden Sie den SKF Wälzlager-Einbauwerkzeugsatz für Wellendurchmesser ≤ 55 mm (→ **Seite 72**).

Ausbau mit einer Hydraulikmutter

Lager, die auf einer Spannhülse auf einer abgesetzten Welle montiert sind, lassen sich mithilfe einer Hydraulikmutter viel leichter ausbauen. Um dieses Verfahren nutzen zu können, muss es jedoch möglich sein, einen geeigneten Anschlag für den Kolben der Hydraulikmutter zu montieren (→ **Bild 20**). Dieser Anschlag kann eine Scheibe oder Platte sein, die an das Wellenende geschraubt wird, oder ein zweiteiliger Ring, der

in eine Nut in der Welle eingepasst und von einem einteiligen Ring in Position gehalten wird.

Platzieren Sie die Hydraulikmutter so auf der Spannhülse, dass der Kolben nach außen weist. Achten Sie darauf, dass ein Spalt zwischen Lager und Mutter bleibt, der größer als der ursprüngliche axiale Verschiebeweg ist. Schließen Sie die Hydraulikpumpe an die Hydraulikmutter an. Wenn die Hydraulikmutter unter Druck gesetzt wird, drückt der Kolben die Spannhülse unter den Abstützring, bis sich das Lager löst.

Um die Hydraulikmutter zu entleeren, öffnen Sie das Ölablassventil der Hydraulikpumpe und drücken den Kolben zurück in seine ursprüngliche Position, indem Sie die Mutter auf das Gewinde der Hülse aufschrauben. Dann trennen Sie die Hydraulikpumpe und entfernen den Anschlag. Schließlich schrauben Sie die Mutter von der Hülse ab und entfernen Lager und Hülse von der Welle.

HINWEIS: Detaillierte Informationen über SKF Hydraulikmuttern enthält der Abschnitt *Hydraulikwerkzeuge* ab **Seite 73**. Nützliche Hinweise zum Gebrauch finden Sie im Abschnitt *Die Druckölmethode* ab **Seite 62**.

Bild 17

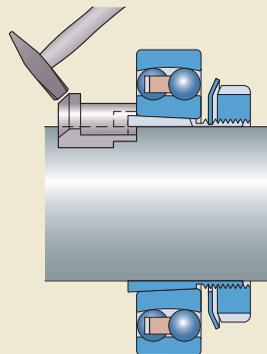


Bild 18

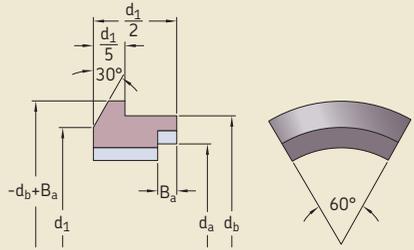


Bild 19

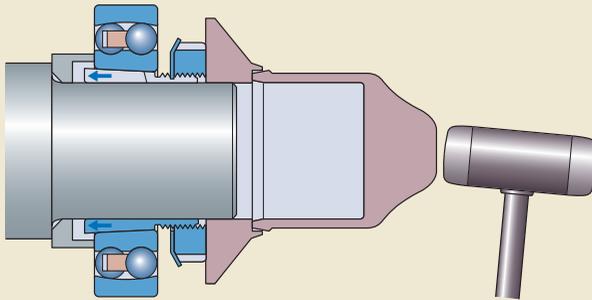
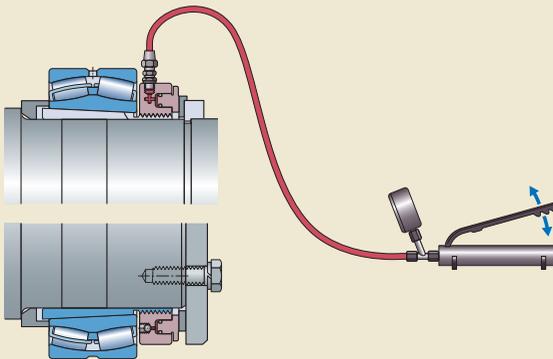


Bild 20



Ausbau mithilfe der Druckölmethode

Mit einer Ölzuführbohrung und einer Ölverteilungsnut versehene Spannhülsen erleichtern den Ausbau, da die Druckölmethode verwendet werden kann (→ **Bild 21**). Dieses Merkmal gehört zu den Standardeigenschaften aller SKF Spannhülsen mit einem Bohrungsdurchmesser ≥ 200 mm, kann jedoch auch für Hülsen mit einem Bohrungsdurchmesser ≥ 140 mm angeboten werden.

Deaktivieren Sie zuerst die Sperrvorrichtung und lösen Sie die Sicherungsschraube einige Umdrehungen. Anschließend reinigen Sie das Anschlussgewinde in der Stirnseite der Hülse. Verbinden Sie die Hydraulikpumpe über eine geeignete Verlängerungsleitung mit der Spannhülse. Spritzen Sie Öl (mit einer Viskosität von ca. $900 \text{ mm}^2/\text{s}$ bei 20°C) unter Hochdruck über die Zuführbohrung und die Verteilungsnut in der Hülse zwischen die beiden kegeligen Passflächen. Das Lager löst sich abrupt von seinem Sitz. Nachdem Hydraulikpumpe und Verlängerungsleitung gelöst wurden, entfernen Sie Wellenmutter, Sicherungsscheibe, Lager und Spannhülse vollständig von der Welle.

VORSICHT!

Treffen Sie Vorkehrungen, um die Gefahr schwerer Verletzungen zu vermeiden. Bringen Sie z. B. eine Wellenmutter am Wellenende an, um den Verfahrweg des Lagers zu begrenzen, wenn es sich abrupt löst.

HINWEIS: Detaillierte Informationen über die Druckölmethode und nützliche Hinweise zum Gebrauch finden Sie im Abschnitt *Die Druckölmethode* ab **Seite 62**.

Ausbau eines auf einer Abziehhülse montierten Lagers

Das für den Ausbau eines auf einer Abziehhülse montierten Lagers eingesetzte Verfahren hängt von folgenden Faktoren ab:

- Lagergröße
- Ausführung der Abziehhülse: mit oder ohne Ölzuführbohrungen und Verteilungsnuten für die Öleinspritzung (→ **Bild 22**)

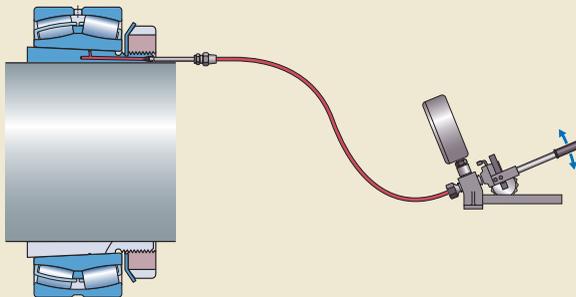
In jedem Fall beginnt der Ausbau mit folgenden Schritten (→ **Bild 23**):

- Entfernen Sie überschüssigen Schmierstoff und wischen Sie die Anordnung ab.
- Entfernen Sie die Sicherungsvorrichtung, z. B. eine Wellenmutter und Sicherungsscheibe (**a**) oder eine Endscheibe (**b**).
- Unterstützen Sie das Lager, beispielsweise mit einer Hubvorrichtung (**c**).

Manueller Ausbau

Kleine und mittlere auf einer Abziehhülse montierte Lager können mit einer Wellenmutter und einem Haken- oder Schlagschlüssel ausgebaut werden (→ **Bild 24**). Bevor Sie die Wellenmutter auf das Hülsengewinde schrauben, schmieren Sie das Gewinde und den Bereich der Wellen-

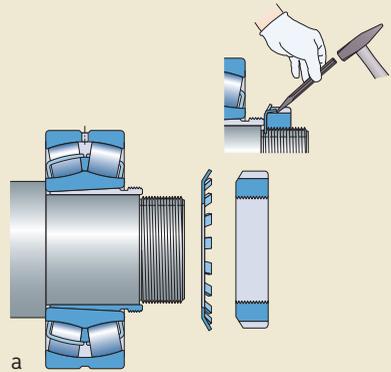
Bild 21



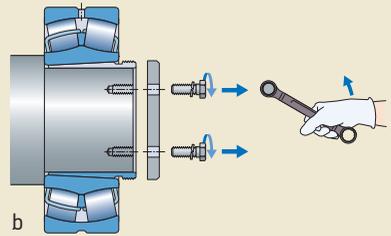
mutter, der dem Lagerinnenring gegenüberliegt, mit einer Molybdändisulfidpaste oder einer ähnlichen reibungsmindernden Substanz. Ziehen Sie die Wellenmutter fest, bis sich die Abziehhülse löst. Schließlich entfernen Sie Hülse und Lager von der ordnungsgemäß unterstützten Welle.

HINWEIS: Wenn der Gewindeteil der Abziehhülse frei über das Wellenende hinausragt, muss an dieser Stelle ein möglichst dickwandiger Stützring eingesetzt werden, damit das Gewinde beim Anziehen der Wellenmutter nicht nach innen ausweichen und dadurch beschädigt werden kann (→ Bild 24).

Bild 23



a



b

Bild 22

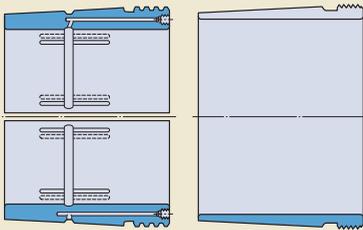
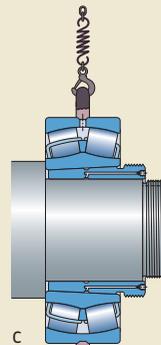
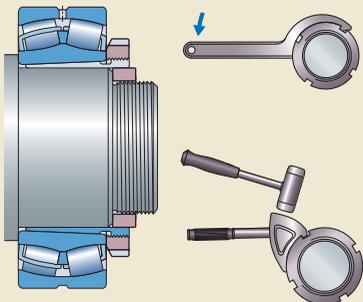


Bild 24



c

Ausbau mit einer Hydraulikmutter

Auf einer Abziehhülse montierte mittlere und große Lager können mühelos mit einer Hydraulikmutter ausgebaut werden.

VORSICHT!

Treffen Sie Vorkehrungen, um die Gefahr schwerer Verletzungen zu vermeiden. Bringen Sie z. B. eine Wellenmutter für die Endscheibe am Wellenende an (→ Bild 25), um den Verfahrweg der Abziehhülse zu begrenzen, wenn sie sich abrupt löst.

Schrauben Sie die Hydraulikmutter auf das Gewinde der Abziehhülse (der Kolben liegt dem Lager gegenüber), bis der Kolben am Innenring anliegt. Verbinden Sie die Hydraulikpumpe mit der Hydraulikmutter und führen Sie Öl zu, bis sich die Hülse löst. Wenn die Hülse lose ist, öffnen Sie das Ölablassventil der Hydraulikpumpe, sodass das unter Druck gesetzte Öl aus der Mutter abfließen kann. Dann trennen Sie die Hydraulikpumpe und entfernen den Anschlag. Ziehen Sie die Hülse vollständig von der Welle ab und entfernen Sie das Lager.

HINWEIS: Detaillierte Informationen über SKF Hydraulikmuttern enthält der Abschnitt *Hydraulikwerkzeuge* ab **Seite 73**. Nützliche Hinweise zum Gebrauch finden Sie im Abschnitt *Die Druckölmethode* ab **Seite 62**.

Ausbau mithilfe der Druckölmethode

Abziehhülsen mit einem Bohrungsdurchmesser ≥ 200 mm werden standardmäßig mit zwei Ölzufuhrbohrungen und einer Ölverteilungsnut in Bohrung und Außenmantel angeboten. Bei Verwendung der Druckölmethode werden zwei Hydraulikpumpen und geeignete Verlängerungsleitungen benötigt (→ Bild 26).

Reinigen Sie zuerst das äußere Gewinde sowie die Anschlussgewinde in der Stirnseite der Abziehhülse. Schrauben Sie die Wellenmutter in Position und ziehen Sie sie fest. Verbinden Sie beide Hydraulikpumpen über die geeigneten Verlängerungsleitungen mit der Hülse. Spritzen Sie Öl (mit einer Viskosität von ca. $900 \text{ mm}^2/\text{s}$ bei 20°C) unter Hochdruck über eine Zufuhrbohrung zwischen Hülse und Welle und über die

Bild 25

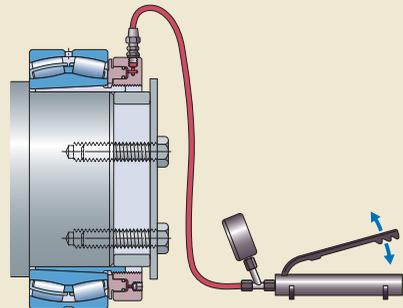
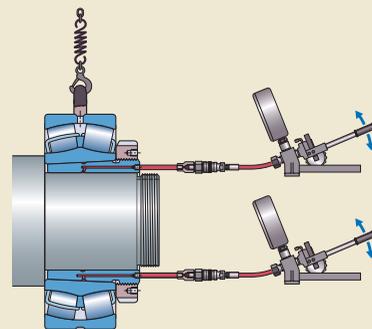


Bild 26



andere Bohrung zwischen Hülse und Lagerbohrung. Der Öldruck zwischen den Passflächen steigt, bis er abrupt abfällt und dadurch anzeigt, dass sich die Passflächen getrennt haben. Beim Anziehen der Wellenmutter, z. B. mit einem Schlagschlüssel, löst sich die Hülse. Trennen Sie die Hydraulikpumpen und ziehen Sie die Hülse mithilfe der Wellenmutter vollständig von der Welle ab. Entfernen Sie schließlich das Lager.

HINWEIS: Detaillierte Informationen über die Druckkölmmethode und die geeignete Ausrüstung finden Sie im Abschnitt *Die Druckkölmmethode* ab Seite 62.

Ausbau eines Lagers aus einem ungeteilten Gehäuse

Die meisten Lager haben eine lose Passung im Gehäuse und sind leicht auszubauen. Wenn die Anwendung jedoch eine feste Passung im Gehäuse verlangt oder wenn Lagerschäden wie z. B. Reibkorrosion aufgetreten sind, kann für den Ausbau des Lagers u. U. Kraft erforderlich sein.

Manueller Ausbau

Lager mit einem Außendurchmesser von bis zu 120 mm, die in einer Gehäusebohrung ohne Schultern montiert sind, können mit einer gegen den Lageraußenring angesetzten Schlagkappe und einem Hammer entfernt werden. Verwenden Sie hierfür den SKF Wälzlager-Einbauwerkzeugsatz (→ Seite 72). Größere Lager erfordern eine größere Kraft beim Ausbau und sollten mit einer Presse entfernt werden.

Lässt eine integrierte Schulter hinter dem Lager in der Gehäusebohrung die Verwendung einer Schlagkappe oder Presse nicht zu, verwenden Sie einen Hammer und einen Durchtreiber aus weichem Metall, um das Lager aus dem Gehäuse zu pressen. Schlagen Sie mit einem Hammer leicht und gleichmäßig rundherum auf die gesamte Stirnseite des Außenrings (→ Bild 27). Gehen Sie bei dieser Technik äußerst vorsichtig vor, da hierbei leicht Lager und Gehäusebohrung beschädigt werden können.

Gehäuseschultern mit Gewindelöchern (→ Bild 28) oder Schlitzern (→ Bild 29) ermöglichen den Einsatz von Schrauben, eines Lagerabziehers oder eines Hammers und eines Durchtreibers, um das Lager aus dem Gehäuse zu pressen.

Bild 27

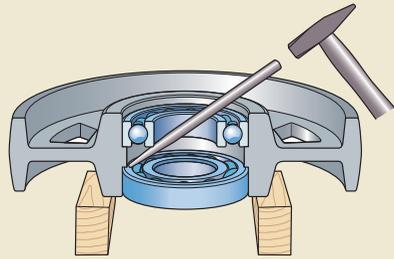


Bild 28

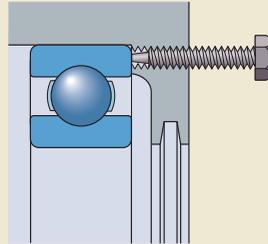
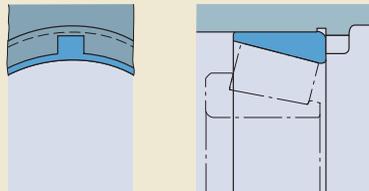


Bild 29



Ausbau

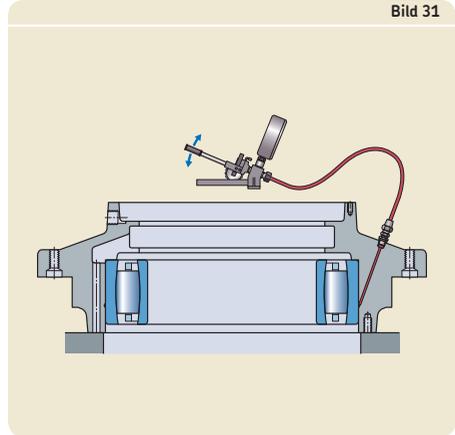
Kleine, in einem Gehäuse montierte Lager mit einem Bohrungsdurchmesser von 7 bis 60 mm können aus der Gehäusebohrung mithilfe eines Innenabziehers und eines Gleithammers entfernt werden, z. B. mit dem SKF Innenabzieher-Werkzeugsatz (→ **Bild 30**).

Führen Sie hierzu die Haken des geeigneten Abziehers durch die Lagerbohrung, indem Sie den Federmechanismus betätigen, um die Schenkel zusammenzudrücken **a**). Wenn Sie den Federmechanismus wieder loslassen, umgreift der Abzieher fest die Innenringschulter **(b)**. Das Lager lässt sich aus der Gehäusebohrung ziehen, indem wiederholt mit dem Gleithammer (Ausbauwerkzeug) auf den Anschlagring geschlagen wird **(c)**.

Ausbau mithilfe der Druckölmethode

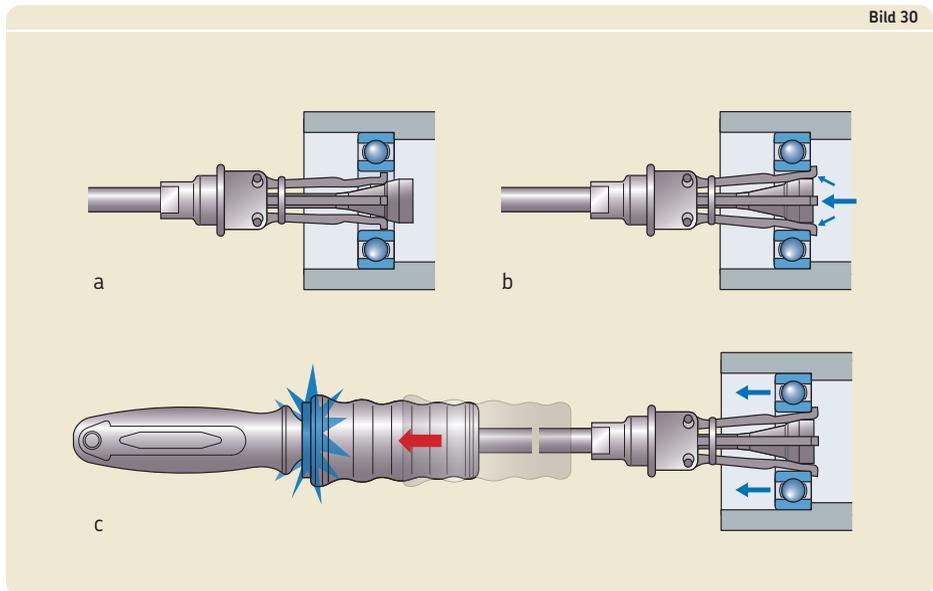
Weist die Gehäusebauform den erforderlichen Ölkanal und die Verteilungsnut auf und das Lager hat keine Nachschmierfunktion im Außenring, kann trotzdem die Druckölmethode verwendet werden. Dieses Verfahren sorgt für eine erhebliche Reduzierung des Kraftaufwands, der für den Ausbau größerer Lager erforderlich ist (→ **Bild 31**).

Bild 31



HINWEIS: Detaillierte Informationen über die Druckölmethode finden Sie im Abschnitt *Die Druckölmethode* ab **Seite 62**.

Bild 30



Ausbau mithilfe von Wärme

Das Erwärmen eines Gehäuses, um ein Lager zu entfernen, beispielsweise mithilfe einer Anwärmmatte (→ Bild 32), wird nur selten praktiziert und sollte nur als letztes Mittel genutzt werden.

VORSICHT: Verwenden Sie niemals einen Schweißbrenner oder eine andere offene Flamme, um das Gehäuse zu erwärmen.

Gleichzeitiger Ausbau eines Lagers von einer Welle und einem ungeteilten Gehäuse

Für den gleichzeitigen Ausbau kleiner Rillenkugellager von einer Welle und aus einem ungeteilten Gehäuse wurden Spezialabzieher entwickelt.

Bild 33 zeigt einen Abzieher, der für Lager mit einem Bohrungsdurchmesser von 10 bis 100 mm entwickelt wurde. Die Abziehschenkel werden zwischen den Kugeln positioniert und ergreifen die Laufbahn des Innenrings, während sie vom Außenring unterstützt werden.

Bild 34 zeigt einen Abzieher, der für Lager mit einem Bohrungsdurchmesser von 30 bis 160 mm entwickelt wurde. Um den Abzieher anwenden zu können, muss zuerst der Lagerkäfig entfernt werden. Die Abziehschenkel sind am Ende kugelförmig mit zwei Flächen. Sie werden zwischen die Kugeln platziert und ergreifen sowohl die Innen- als auch die Außenringlaufbahn.

Weitere Informationen über Innenabzieher-Werkzeugsätze für Wälzlager finden Sie unter www.mapro.skf.com.

Bild 32

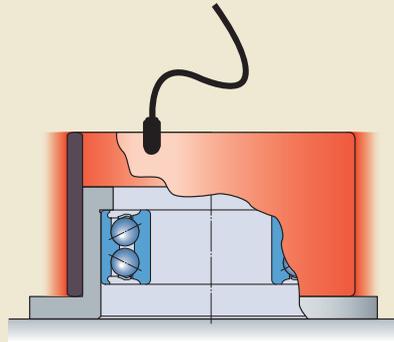


Bild 33

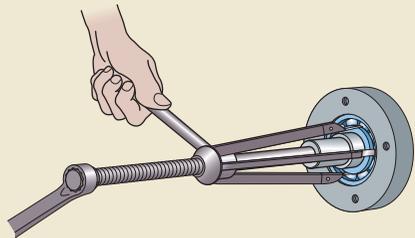
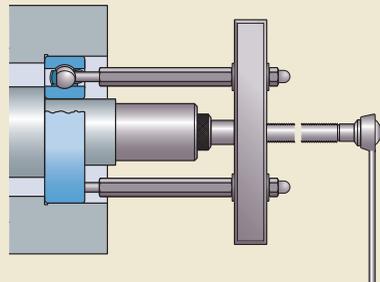


Bild 34



Ausbau von Lagereinheiten

Nicht vergessen

SKF Lagereinheiten (→ **Bild 35**) sind als Stehlagereinheiten, Flanschlagereinheiten und Spannlagerkopfeinheiten verfügbar. Je nach Lagergröße und -typ können sie mithilfe eines der folgenden Verfahren auf der Welle befestigt werden (→ **Bild 36**):

- Gewindestift-Verriegelung (**a**)
- Exzenteringbefestigung mit einfachem Gewindestift (**b**)
- Spannhülsenbefestigung (**c**)
- SKF ConCentra Befestigungstechnik (**d, e**)
- Zylinderringbefestigung mit doppeltem Gewindestift (**f**)

Daher können sich das Ausbauverfahren und die dafür geeigneten Werkzeuge unterscheiden. Zu den geeigneten Werkzeugen gehören:

- ein Drehmomentschlüssel oder Sechskantschlüssel zum Lösen der Befestigungsschrauben, -bolzen oder -muttern
- ein Sechskantschlüssel zum Lösen der Gewindestifte im Innenring oder Befestigungsring, wie in **Tabelle 3, Seite 102** im Kapitel *Einbau von Lagereinheiten* angegeben
- einen Hakenschlüssel zum Lösen der Spannhülsen-Wellenmutter, wie in **Tabelle 4, Seite 103** im Kapitel *Einbau von Lagereinheiten* angegeben

In einigen Fällen kann ein rückschlagfreier Hammer erforderlich sein.

Hakenschlüssel und rückschlagfreie Hammer gehören zum umfangreichen Sortiment an SKF Produkten für Wartung und Schmierung. Ausführliche Informationen finden Sie online unter www.mapro.skf.com.

Prüfen Sie nach dem Ausbau der Lagereinheit, ob sie wiederverwendet werden kann. Reinigen Sie hierzu den Außendurchmesser der Einheit und achten Sie darauf, dass Sie die Dichtungen nicht beschädigen und dass kein Reinigungsmittel in den Lagerhohlraum gerät. Drehen Sie das Lager langsam und untersuchen Sie es dabei auf eventuelle Beschädigungen. Schmieren Sie die Einheit ggf. langsam über den Schmier nipple nach, während Sie den Innenring drehen. Wenn festgestellt wird, dass die Einheit wiederverwendbar ist, bestreichen Sie alle unbehan-

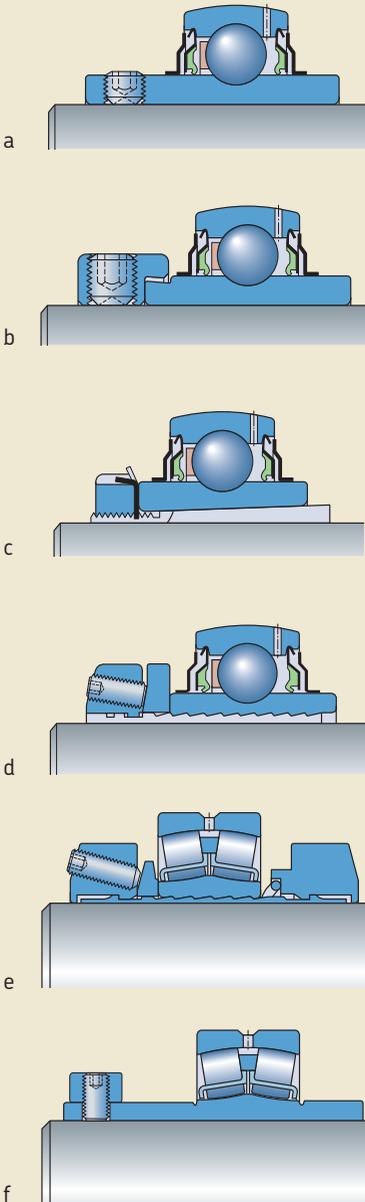
Bild 35



delten Oberflächen mit Schmierfett, Öl oder Rostschutzflüssigkeit, um Korrosion vorzubeugen.

HINWEIS: Bei kleinen, stark verunreinigten Lagereinheiten lohnt sich eine Reinigung im Allgemeinen nicht. In der Regel ist es wirtschaftlicher, das alte Lager zu entsorgen und durch ein neues zu ersetzen.

Bild 36

**VORSICHT!**

Zum Schutz vor Arbeitsunfällen sind vor allen Arbeiten die vorgeschriebenen und erforderlichen Maschinenabschaltungen durchzuführen.

Vorbereitungen für den Ausbau

Nehmen Sie sich Zeit für die Vorbereitung, dies vereinfacht den Ausbau. Prüfen Sie die Montagezeichnung(en), falls vorhanden, und studieren Sie die Lagerung. Vor Beginn der Arbeiten beachten Sie bitte folgende Hinweise:

- Unterbrechen Sie die Spannungszufuhr zur Anwendung.
- Sorgen Sie für eine gründliche Reinigung der Lagereinheit und der Umgebung.
- Wischen Sie die Welle ab.
- Prüfen Sie die Befestigungsmethode und wählen Sie die geeigneten Werkzeuge für den Ausbau der Lagereinheiten.
- Prüfen Sie, ob Schäden vorhanden sind, die das Schieben der Einheit von der Welle behindern könnten, und beheben Sie diese ggf.
- Unterstützen Sie die Welle, um eine Belastung des Lagers zu vermeiden.

Ausbau von Kugellagereinheiten mit einer Gewindestift-Verriegelung

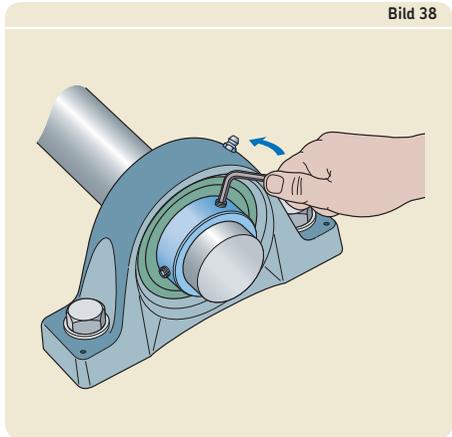
Vor dem Ausbau von Kugellagereinheiten mit einer Gewindestift-Verriegelung (→ **Bild 37**) lesen Sie aufmerksam die Hinweise unter *Nicht vergessen* ab **Seite 270** und ergreifen folgende Maßnahmen:

- 1 Lösen Sie die Gewindestifte im Innenring beider Einheiten um mindestens eine volle Umdrehung (→ **Bild 37**).
- 2 Lösen und entfernen Sie die Befestigungsschrauben.
 - Bei Spannlagerkopfeinheiten lösen Sie die Einstellschraube im eingegossenen Schraubloch beider Einheiten.
- 3 Entfernen Sie die Einheiten von der Welle.
 - Bei Spannlagerkopfeinheiten ziehen Sie die komplette Baueinheit aus Welle und Einheiten aus den Spannrahmen und entfernen die Einheiten von der Welle.
 - Bei Stehlagereinheiten aus Stahlblech entfernen Sie die Gehäuseoberteile, heben die Welle heraus und entfernen die Lager von der Welle.
 - Bei Flanschlagereinheiten aus Stahlblech entfernen Sie das erste Gehäuseoberteil und schieben das Lager von der Welle. Dann wiederholen Sie den Vorgang auf der anderen Seite.

Bild 37



Bild 38



Ausbau von Kugellagereinheiten mit einem Exzenterring

Vor dem Ausbau von Kugellagereinheiten mit einem Exzenterring (→ Bild 39) lesen Sie aufmerksam die Hinweise unter *Nicht vergessen* ab Seite 270 und ergreifen folgende Maßnahmen (→ Bild 40):

- 1 Lösen Sie den Gewindestift im Exzenterring beider Einheiten um mindestens eine volle Umdrehung (a).
- 2 Lösen Sie den Exzenterring in der entgegengesetzten Drehrichtung. Hierfür:
 - Setzen Sie einen Durchtreiber in die Sacklochbohrung des Ringumfangs und schlagen Sie mit einem Hammer darauf.
 - Oder verwenden Sie einen Hakenschlüssel mit einem in die Sacklochbohrung im Ringumfang greifenden Bolzen (b).
- 3 Entfernen Sie den Exzenterring beider Einheiten von der Welle.
- 4 Lösen und entfernen Sie die Befestigungsschrauben.
 - Bei Spannlagerkopfeinheiten lösen Sie die Einstellschraube im eingegossenen Schraubloch beider Einheiten.
- 5 Entfernen Sie die Einheiten von der Welle.
 - Bei Spannlagerkopfeinheiten ziehen Sie die komplette Baueinheit aus Welle und Einheiten aus den Spannrahmen und entfernen die Einheiten von der Welle.
 - Bei Stahllagereinheiten aus Stahlblech entfernen Sie die Gehäuseoberteile, heben die Welle heraus und entfernen die Lager von der Welle.
 - Bei Flanschlagereinheiten aus Stahlblech entfernen Sie das erste Gehäuseoberteil und schieben das Lager von der Welle. Dann wiederholen Sie den Vorgang auf der anderen Seite.



Bild 39

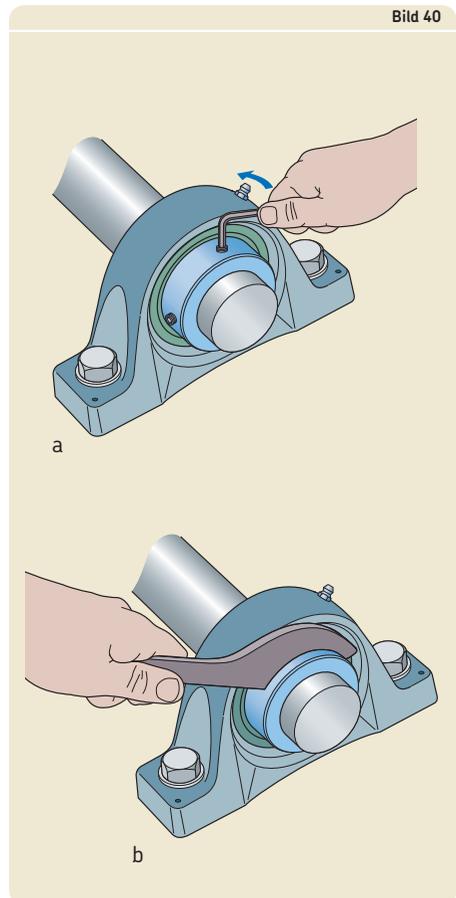


Bild 40

Ausbau von auf einer Spannhülse montierten Kugellagereinheiten

Vor dem Ausbau von Kugellagereinheiten mit einer Spannhülse (→ Bild 41) lesen Sie aufmerksam die Hinweise unter *Nicht vergessen* ab Seite 270 und ergreifen folgende Maßnahmen (→ Bild 42):

- 1 Lösen Sie die verbogene Sicherungsfahne der Sicherungsscheibe von der Wellenmutter (a) und lösen Sie die Mutter einige Umdrehungen.
- 2 Lösen Sie die Befestigungsschrauben oder -muttern einige Umdrehungen.
- 3 Einheiten mit Zugang zur gegenüberliegenden Seite der Sicherungsvorrichtung können von der Spannhülse mit einem Stahlblock oder Durchtreiber und einem Hammer getrennt werden (b). Einheiten ohne Zugang zur gegenüberliegenden Seite der Sicherungsvorrichtung können durch einige kurze, kräftige Hammerschläge auf eine an der Wellenmutter der Spannhülse angesetzte Schlagkappe getrennt werden (c).

HINWEIS: Verwenden Sie den SKF Wälz-lager-Einbauwerkzeugsatz für Wellendurchmesser ≤ 55 mm (→ Seite 72).

- 4 Lösen Sie die Wellenmutter und entfernen Sie die Sicherungsscheibe an beiden Einheiten.
- 5 Entfernen Sie die Befestigungsschrauben oder -muttern und schieben Sie die Einheiten entlang der Welle von der Hülse.
- 6 Entfernen Sie die Spannhülse von der Welle. Um den Ausbau zu vereinfachen, dehnen Sie die Hülse ein wenig, indem Sie einen kleinen Kunststoffkeil oder Schraubendreher in den Schlitz der Hülse schieben.



Bild 41

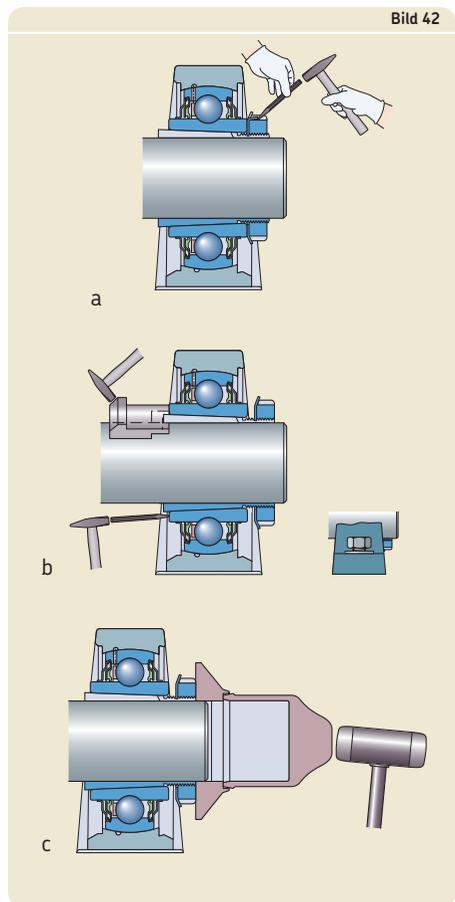


Bild 42

Ausbau von SKF ConCentra Kugellagereinheiten

Vor dem Ausbau von SKF ConCentra Kugellagereinheiten (→ Bild 43) lesen Sie aufmerksam die Hinweise unter *Nicht vergessen* ab Seite 270 und ergreifen folgende Maßnahmen (→ Bild 44):

- 1 Lösen Sie die Gewindestifte im Einbauring beider Einheiten einige Umdrehungen (a).
- 2 Lösen Sie die Befestigungsschrauben oder -muttern beider Einheiten, doch entfernen Sie diese nicht.
- 3 Verschieben Sie den Ring auf der Einbauseite, bis sich die SKF ConCentra Stufenhülse löst:
 - indem Sie mit einem Hammer auf das Wellenende klopfen (b)
 - indem Sie auf eine gegen den Einbauring gesetzte Schlagkappe klopfen (c)

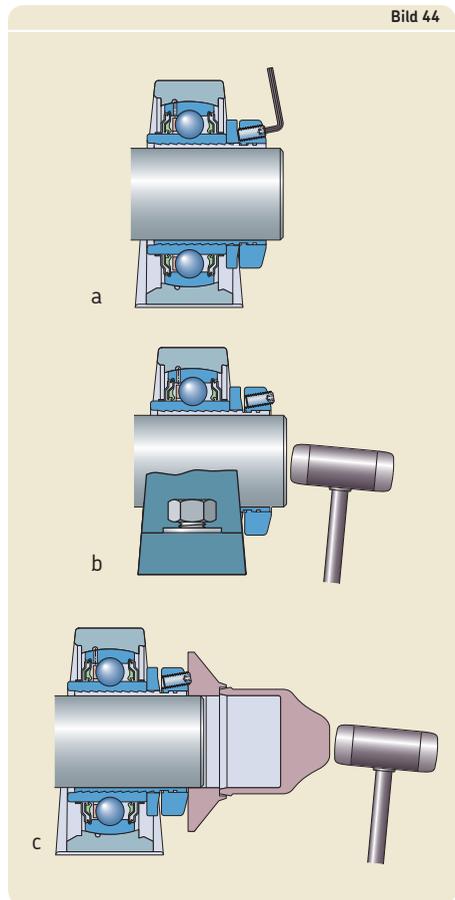
HINWEIS: Verwenden Sie den SKF Wälz-lager-Einbauwerkzeugsatz für Wellendurchmesser ≤ 55 mm (→ Seite 72).

- 4 Entfernen Sie die Befestigungsschrauben und entfernen Sie die Einheiten von der Welle.

Bild 43



Bild 44



Ausbau von SKF ConCentra Rollenlagereinheiten

Vor dem Ausbau von Rollenlagereinheiten mit einem Stehlagergehäuse mit SKF ConCentra Befestigungstechnik (→ **Bild 45**) lesen Sie aufmerksam die Hinweise unter *Nicht vergessen* ab **Seite 270** und ergreifen folgende Maßnahmen (→ **Bild 46**):

- 1 Lösen und entfernen Sie die Befestigungsschrauben. SKF empfiehlt, nach Möglichkeit zuerst die komplette Lageranordnung herauszuheben, d. h. Welle, beide Lagereinheiten und zugehörige Komponenten, bevor die Lagereinheiten ausgebaut werden (**a**).
- 2 Legen Sie eine Unterstützung unter die Welle.
- 3 Beginnen Sie mit der Festlagereinheit.
- 4 Lösen Sie die Gewindestifte im Einbauring einige Umdrehungen (**b**).
- 5 Während der Einbauring auf Sie gerichtet ist, ergreifen Sie das Unterteil und ziehen die Lagereinheit von der Welle ab (**c**). Die Kraft der vorgespannten Wellfeder erleichtert das Lösen der Lagereinheit von der Welle. Sollte es jedoch erforderlich sein, können Sie mit einem Gummihammer leicht auf den Ring auf der anderen Seite der Einheit schlagen (**d**).
- 6 Ziehen Sie die Lagereinheit von der Welle ab.
- 7 Für den Ausbau der Loslagereinheit wiederholen Sie die **Schritte 4 bis 6**.

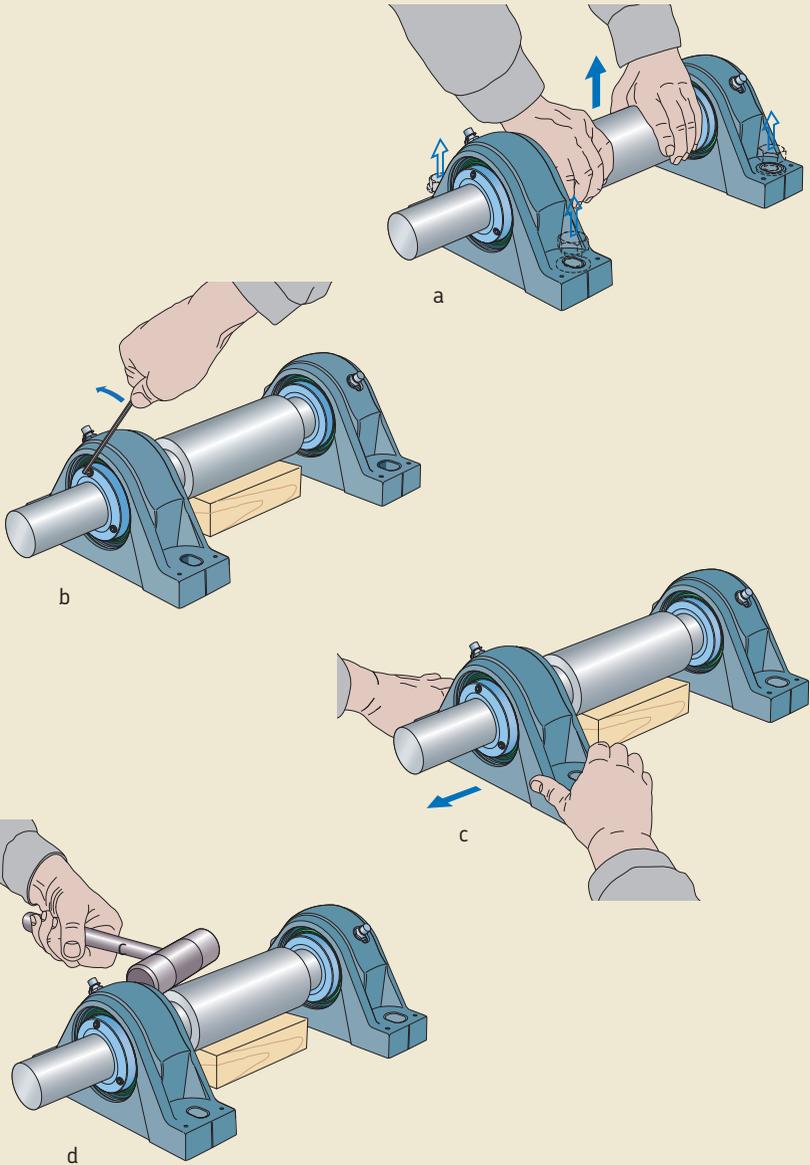
Ausbau von Rollenlagereinheiten mit einem zylindrischen Befestigungsring

Vor dem Ausbau von Rollenlagereinheiten mit einem zylindrischen Befestigungsring (→ **Bild 47**) lesen Sie aufmerksam die Hinweise unter *Nicht vergessen* ab **Seite 270** und ergreifen folgende Maßnahmen:

- 1 Lösen Sie die beiden Gewindestifte im zylindrischen Befestigungsring beider Einheiten einige Umdrehungen.
- 2 Lösen und entfernen Sie die Befestigungsschrauben.
 - Bei Spannagerkopfeinheiten lösen Sie die Einstellschraube im eingegossenen Schraubloch beider Einheiten.



- 3 Entfernen Sie die Einheiten von der Welle. Bei Bedarf verwenden Sie einen Gummihammer und klopfen leicht auf die Einheit, bis sie sich von der Welle löst.
 - Bei Spannagerkopfeinheiten ziehen Sie die komplette Baueinheit aus Welle und Einheit aus dem Spannrahmen und entfernen die Einheit von der Welle.



Ausbau von Lagergehäusen

Lagergehäuse werden in einer Vielzahl von Industrieanwendungen eingesetzt und sind in einer breiten Auswahl an Ausführungen und Größen erhältlich. Informationen über den Ausbau und die Demontage der gängigsten Stehlagergehäuse und Flanschlagergehäuse (→ **Bild 48**) finden Sie in diesem Abschnitt. Demontageanleitungen für Gehäuse, die hier nicht aufgeführt sind, erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

Nicht vergessen

Soll ein Gehäuse wiederverwendet werden, muss es stets vorsichtig ausgebaut werden. Dabei ist Folgendes zu beachten:

- Halten Sie die Komponenten jedes Gehäuses zusammen. Ober- und Unterteil der einzelnen Gehäuse sind nicht austauschbar. Die Ober- und Unterteile der SKF SNL-, SONL- und SAF-Gehäuse sind mit einer Seriennummer gekennzeichnet.
- Alle Metallteile von ungeteilten Dichtungen müssen achtsam behandelt werden.
- Schlagen Sie niemals mit einem Hammer direkt auf das Gehäuse.

VORSICHT!

Zum Schutz vor Arbeitsunfällen sind vor allen Arbeiten die vorgeschriebenen und erforderlichen Maschinenabschaltungen durchzuführen.

Vorbereitungen für den Ausbau

Nehmen Sie sich Zeit für die Vorbereitung, dies vereinfacht den Ausbau. Prüfen Sie die Montagezeichnung(en), falls vorhanden, und studieren Sie die Lagerung. Vor Beginn der Arbeiten beachten Sie bitte folgende Hinweise:

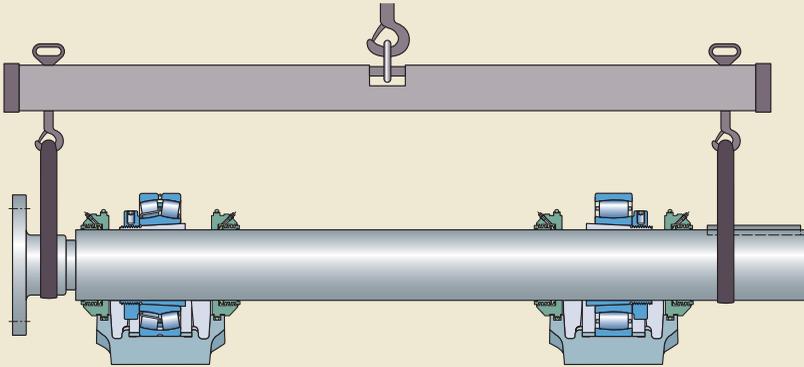
- Unterbrechen Sie die Spannungszufuhr zur Anwendung.
- Sorgen Sie für eine gründliche Reinigung der Gehäuse und der Umgebung.
- Unterstützen Sie die Welle, z. B. mit einer Hubvorrichtung.
- Achten Sie bei geteilten Stehlagergehäusen darauf, dass die geeigneten Werkzeuge zur Verfügung stehen, um die Welle aus dem/n Gehäuseunterteil/en zu heben (→ **Bild 49**).
- Halten Sie geeignete Behälter bereit, um Schmierstoffproben zu entnehmen und verbrauchten Schmierstoff aufzufangen.

Untersuchen Sie die Gehäuse vor dem Wiedereinsatz auf Risse. Wird ein Gehäuse als wiederverwendbar erachtet, tragen Sie als Korrosionsschutz eine Schicht Schmierfett oder Öl auf alle unlackierten Flächen auf.

Bild 48



Bild 49



Ausbau von geteilten Stehlagergehäusen

Vor dem Ausbau von Standard-Stehlagergehäusen (→ Bild 50) lesen Sie aufmerksam die Hinweise unter *Nicht vergessen* auf Seite 278 und ergreifen folgende Maßnahmen (→ Bild 51):

- 1 Entfernen Sie alle Hilfsanschlüsse am Gehäuse, z. B. Schmierstoffleitungen oder andere Geräte.
- 2 Lösen und entfernen Sie die Befestigungsschrauben oder -mutter an beiden Gehäusen.

HINWEIS: Heben Sie nach Möglichkeit die komplette Baueinheit (Welle, Gehäuse und andere Komponenten) heraus und platzieren Sie diese auf einer sauberen, offenen Fläche.

- 3 Lösen und entfernen Sie die Verbindungsschrauben an beiden Gehäusen.
- 4 Entfernen Sie die Gehäuseoberteile (a).

HINWEIS: Alle aktuellen SKF Gehäuse sind mit Haltenuten in Unter- und Oberteil versehen, um einen Schraubendreher oder ein Stemmeisen aufzunehmen.

- 5 Entfernen Sie ggf. überschüssiges Fett und geteilte Dichtringe von den Gehäuseoberteilen (b).
- 6 Heben Sie die Welleneinheit aus den Gehäuseunterteilen (c).
- 7 Entfernen Sie die anderen Dichtungshälften oder den Enddeckel und ggf. die Befestigungsringe (d).

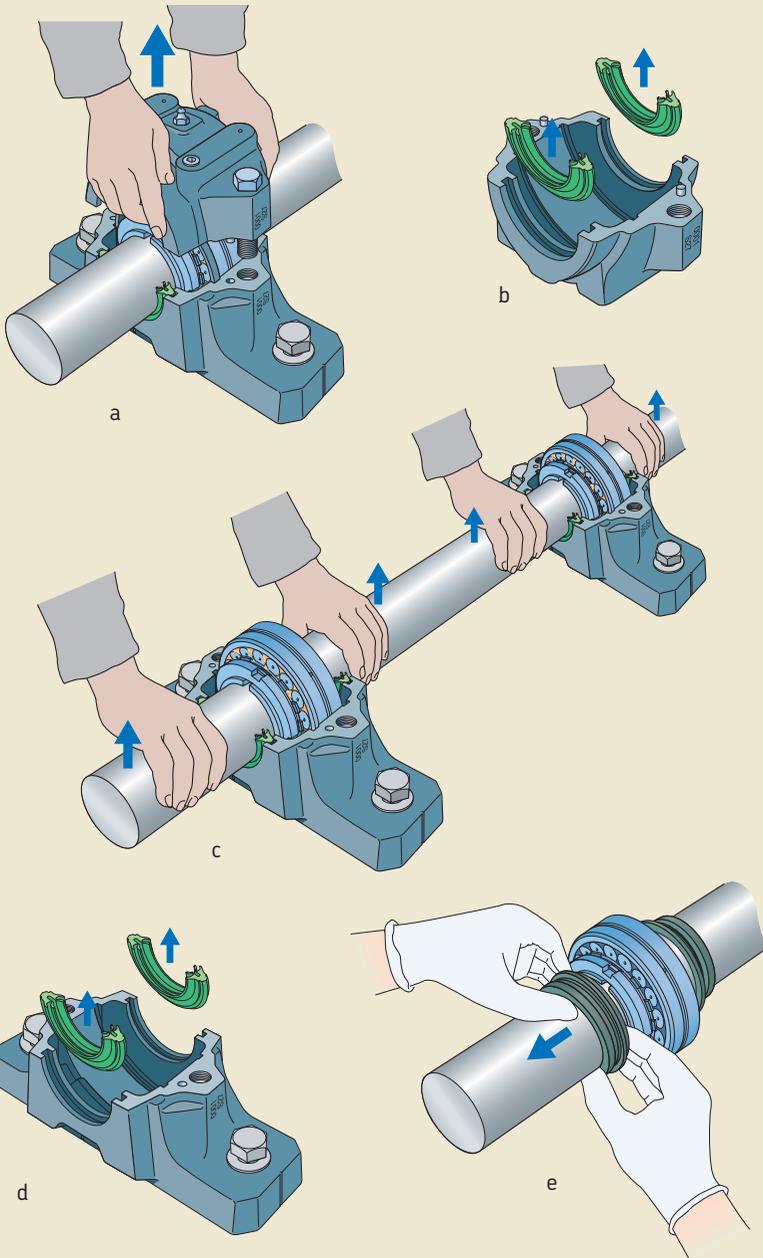
VORSICHT: Berührungsdichtungen dürfen nicht wiederverwendet werden.

- 8 Entfernen Sie überschüssiges Fett vom Gehäuseunterteil.
- 9 Entfernen Sie ungeteilte Dichtungen von der Welle (e). V-Ringe können aufgeschnitten werden.
- 10 Bauen Sie die Lager von der Welle aus.
- 11 Entfernen Sie die zweite Dichtscheibe oder den Dichtring von der Welle.

HINWEIS: Stellen Sie sicher, dass die jeweiligen Komponenten eines Gehäuses zusammen aufbewahrt werden.

Bild 50





Ausbau von Flanschlagergehäusen

Vor dem Ausbau von Standard-Flanschlagergehäusen (→ **Bild 52**) lesen Sie aufmerksam die Hinweise unter *Nicht vergessen* auf **Seite 278** und ergreifen folgende Maßnahmen (→ **Bild 53**):

- 1 Lösen und entfernen Sie die Deckelschrauben an beiden Gehäusen.
- 2 Entfernen Sie den Deckel und die Befestigungsringe, falls montiert.
- 3 Entfernen Sie überschüssiges Fett von Deckel und Gehäuse, damit die Sicherungsvorrichtung an der Spannhülse sichtbar wird.
- 4 Lösen Sie die verbogene Sicherungsfahne der Sicherungsscheibe von der Wellenmutter und lösen Sie die Mutter einige Umdrehungen (**a**).
- 5 Lösen Sie die Befestigungsschrauben oder -mutter, doch entfernen Sie diese nicht.
- 6 Trennen Sie das Lager von der Spannhülse,
 - indem Sie mit einem Hammer auf die Wellenenden schlagen (**b**)
 - indem Sie auf eine an der Wellenmutter anliegende Schlagkappe schlagen (**c**)

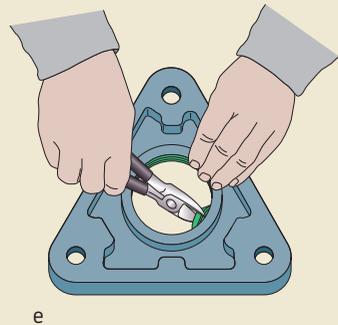
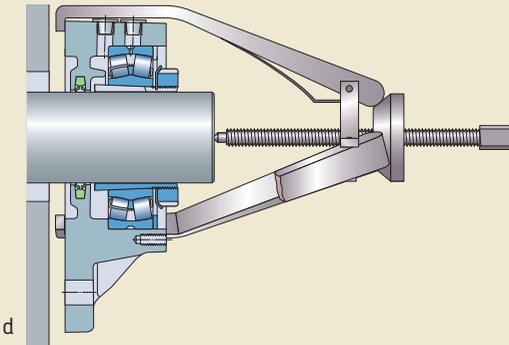
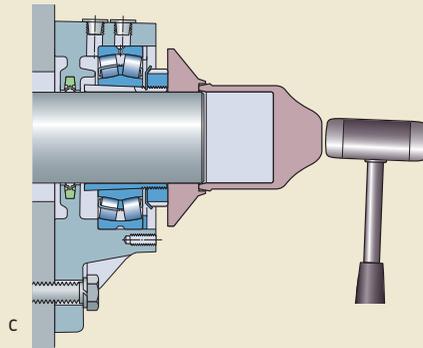
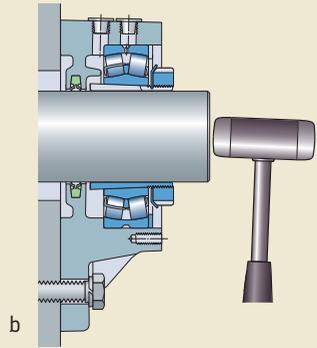
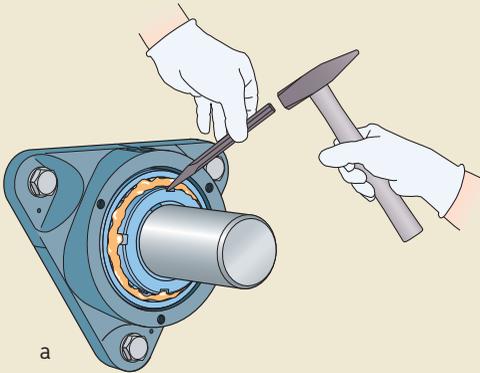
HINWEIS: Verwenden Sie den SKF Wälzlager-Einbauwerkzeugsatz für Wellendurchmesser ≤ 55 mm (→ **Seite 72**).

- 7 Lösen Sie die Wellenmutter und entfernen Sie die Sicherungsscheibe an beiden Seiten.
- 8 Entfernen Sie die Befestigungsschrauben oder -mutter.
- 9 Trennen Sie das Gehäuse von seiner Aufspannfläche und schieben Sie Gehäuse, Lager und Spannhülse von der Welle.
- 10 Verwenden Sie einen Abzieher, falls Sie zusätzliche Kraft benötigen, um das Lager von der Welle zu schieben (**d**).
- 11 Schneiden Sie die Dichtung von der Ringnut (**e**).
- 12 Entfernen Sie überschüssiges Fett vom Gehäuse hinter dem Lager.
- 13 Bauen Sie das Lager aus und beachten Sie dabei die Hinweise unter *Ausbau eines Lagers aus einem ungeteilten Gehäuse* ab **Seite 267**.

HINWEIS: Stellen Sie sicher, dass die jeweiligen Komponenten eines Gehäuses zusammen aufbewahrt werden.

Bild 52





Entfernen von Dichtungen

Im Allgemeinen gibt es zwei verschiedene Dichtungsbauformen für den Schutz von Wälzlagern: berührungsfreie Dichtungen und Berührungsdichtungen.

Entfernen berührungsfreier Dichtungen

Berührungsfreie Dichtungen (→ Bild 54) erzeugen so gut wie keine Reibung und sind daher sehr lange haltbar. In den meisten Fällen lassen sich die Dichtungen wiederverwenden. Sie sollten daher sehr vorsichtig und mit den richtigen Werkzeugen entfernt werden. Schlagen Sie niemals mit einem Hammer auf eine berührungsfreie Dichtung, auch dürfen weder ein Schraubendreher noch ein spitzer Durchtreiber beim Ausbau eingesetzt werden.

Prüfen Sie vor dem Ausbau dieser Dichtungen, ob Wellenschäden vorhanden sind und beheben Sie diese, falls sie die Dichtung beim Schieben von der Welle beschädigen könnten.

Entfernen von Berührungsdichtungen

Berührungsdichtungen (→ Bild 55) sind in der Regel in einem Gehäuse befestigt und gleiten mit einer bestimmten Radialkraft auf einer Gegenauflagefläche wie einer Welle oder einem Abstandsring. Sie verschleißen mit der Zeit und sollten daher niemals wiederverwendet werden.

Muss jedoch die Ursache eines Dichtungsdefekts ermittelt werden, sind sie vorsichtig auszubauen.

Bild 54

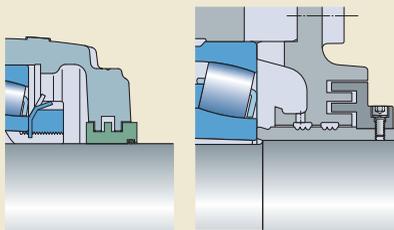
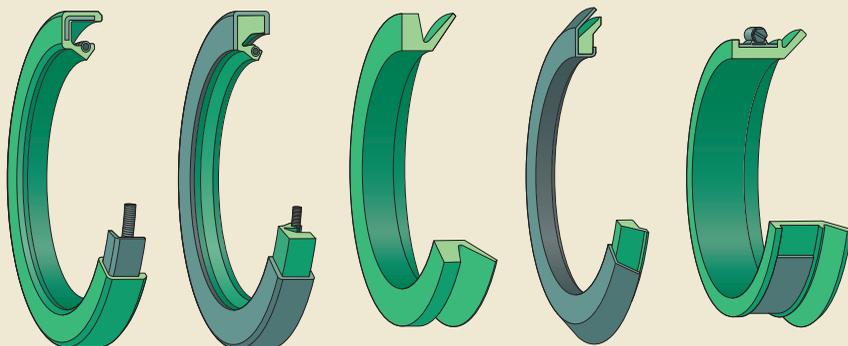


Bild 55



Radial-Wellendichtringe können wie folgt ausgebaut werden:

- mit einem Hammer und einem Durchtreiber, wenn die Gehäuseschulter mit Entlüftungslöchern versehen ist (→ **Bild 56**)
- mit einem Schraubendreher, wenn die Vorder- oder Rückseite der Dichtung zugänglich ist (→ **Bild 57**)
- mit einer Zange zum Ergreifen des Gelenks oder des Außenmantels der Dichtung (→ **Bild 58**)
- mit einer Schlagkappe, z. B. dem SKF Wälzlager-Einbauwerkzeugsatz (→ **Bild 59**)
- mit einem Haken, um den Außenmantel von hinten zu ergreifen (→ **Bild 60**)

Bild 58

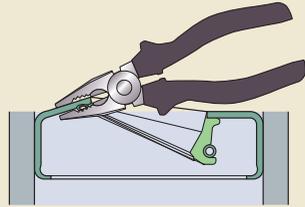


Bild 56

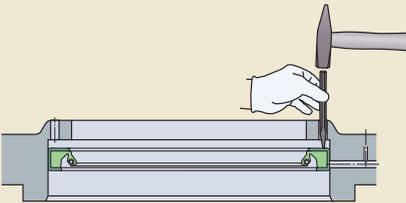


Bild 59

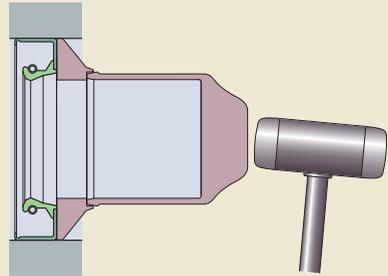


Bild 57

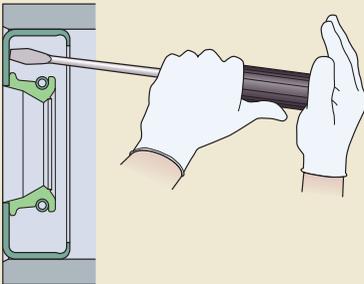
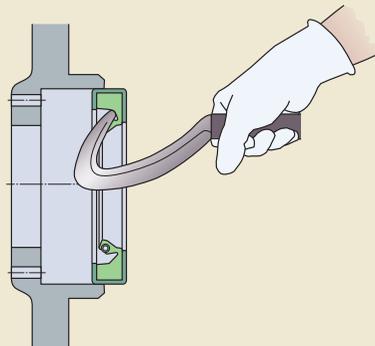


Bild 60



Ausbau

V-Ringdichtungen können wie folgt ausgebaut werden:

- durch Dehnen und Ziehen über andere Komponenten (→ **Bild 61**)
- durch Aufschneiden mit einer Schere (→ **Bild 62**)

Große Elastomer-Wellendichtringe können wie folgt ausgebaut werden:

- durch Dehnen oder Aufschneiden mit einer Schere (→ **Bild 63**)
- durch Trennen der Zugfeder an geteilten Dichtringen (→ **Bild 64**)

Bild 62

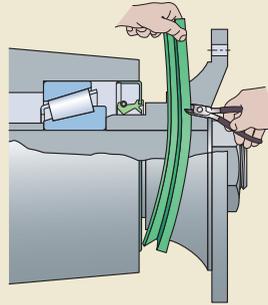


Bild 63

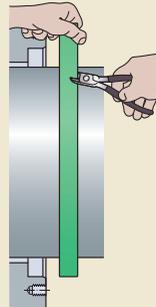


Bild 61

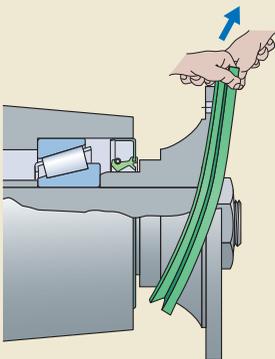
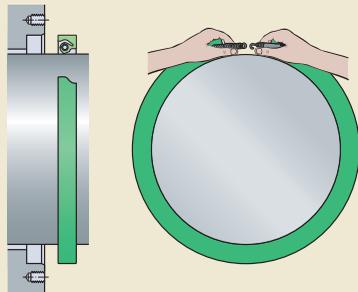


Bild 64





Lagerschäden und ihre Ursachen

Einführung	290
Ausbau	291
Laufspuren	291
Spuren infolge normaler Betriebsbedingungen	292
Spuren infolge anormaler Betriebsbedingungen	296
Lagerschäden	298
Vorbetriebliche Schadensursachen	300
Falsche Wellen- und Gehäusepassungen	300
Schäden und Ausfälle durch fehlerhafte Wellen- oder Gehäusesitze	302
Fluchtungsfehler	304
Unsachgemäßer Einbau	305
Zu hoher Stromdurchgang durch das Lager, aufgrund hoher Spannungen ...	307
Transport- und Lagerschäden	308
Betriebliche Schadensursachen	309
Materialermüdung (durch Tiefendefekte)	309
Ineffektive Schmierung	310
Ineffektive Abdichtung	314
Schwingung (Stillstandsmarken)	319
Schiefstellung im Betrieb	320
Stromdurchgang durch das Lager	321

Einführung

Wälzlager gehören zu den wichtigsten Komponenten in modernen Hightech-Maschinen. Lagerausfälle können teure Maschinenstillstandszeiten verursachen. Die Wahl des geeigneten Lagers für die Anwendung ist nur der erste Schritt in Richtung einer zuverlässigen Ausrüstungsleistung. Die Betriebsparameter der Maschine, wie Belastungen, Drehzahlen, Temperatur, Laufgenauigkeit und Betriebsanforderungen, sind erforderlich, um die am besten geeignete Lagerbauform und -größe aus dem verfügbaren Produktsortiment auszuwählen.

Die errechnete Lebensdauer eines Lagers basiert auf acht Annahmen:

- 1 Das Lager weist eine hohe Qualität und keine inhärenten Defekte auf.
- 2 Das Lager ist das richtige für diese Anwendung.
- 3 Die Abmessungen der zum Lager gehörenden Teile, z. B. Welle und Gehäusesitz, sind passend.
- 4 Das Lager wird korrekt eingebaut.
- 5 Der richtige Schmierstoff steht dem Lager stets in der richtigen Menge zur Verfügung.
- 6 Die Lagerung ist sachgemäß geschützt (abgedichtet).
- 7 Die Betriebsbedingungen entsprechen der Lagerung.
- 8 Die empfohlene Instandhaltung wird durchgeführt.

Werden all diese Bedingungen erfüllt, sollte das Lager seine errechnete Lebensdauer erreichen. Aber meistens ist das leider nur in der Theorie so. Häufig trifft etwas ein, das die „idealen“ Betriebsbedingungen stört.

Ein verbreiteter Fehler ist die Annahme, dass das Versagen eines Lagers auf eine unzureichende Tragfähigkeit zurückzuführen ist. Auf Basis dieser Begründung werden oftmals teure Nachrüstungen durchgeführt, um die Tragfähigkeit von Lagern zu erhöhen – und am Ende sieht man sich mit weiteren Lagerausfällen konfrontiert.

Die Ermittlung der Ursache des Lagerausfalls ist der erste Schritt, um eine zuverlässige Ausrüstungsleistung zu erzielen. Eine der schwierigsten Aufgaben ist die Identifizierung des ursprünglichen Ausfallmodus (Ursache)

Eine Analyse der Lagerschäden liefert Erkenntnisse über das korrekte Funktionieren der Ausrüstung und Lagerschäden. Die Indizien müssen gesammelt und korrekt interpretiert werden, damit die Ursache des Problems ermittelt werden kann. Wissen, Know-how und Erfahrung sind notwendig, um nützliche Informationen von falschen oder irreführenden Hinweisen zu unterscheiden. Aus diesem Grund bietet SKF professionelle Unterstützung bei der Schadensanalyse.

Weitere Informationen zum SKF Schadensanalyse-Service erhalten Sie bei Ihrem SKF Ansprechpartner vor Ort oder Ihrem SKF Vertragshändler.

und das Herausfiltern von Folgezuständen, die das Ergebnis des ursprünglichen Ausfallmodus sind.

Dieses Kapitel enthält wertvolle Informationen und Hinweise, mit denen Sie eine erste Analyse der Ursache von Lagerschäden oder -ausfällen durchführen können.

Ausbau

Für den Ausbau empfiehlt SKF Folgendes:

- Machen Sie Fotos. Sie können für die spätere Untersuchung sehr nützlich sein. Fotografieren Sie beispielsweise Lage, Menge und Zustand des Fetts in und um das Lager.
- Nehmen Sie Schmierstoffproben zur Analyse. Bei fettgeschmierten Anwendungen sind an verschiedenen Stellen Proben zu nehmen.

HINWEIS: Siehe Kapitel *Ausbau* ab Seite 252.

Laufspuren

Ein neues Lager sieht makellos aus (→ **Bild 1**). Seine Komponenten wurden mit exakten Abmessungen gefertigt, häufig auf Bruchteile von Mikrometern genau. Die Abmessungen wurden während des Herstellungsprozesses viele Male kontrolliert. Die geschliffenen Flächen, wie die Oberflächen von Innen- und Außenringen und Wälzkörpern, glänzen.

Sieht man sich ein Lager an, das bereits seit einiger Zeit gelaufen ist, können mehrere Veränderungen beobachtet werden, darunter:

- matte Bereiche auf Laufbahnen und Wälzkörpern, manchmal auch stark glänzend (→ **Bild 2**)
- Verfärbung von Innenringbohrung und Manteldurchmesser des Außenrings
- Käfigverschleiß
- Reibkorrosion an Innenringbohrung oder Manteldurchmesser des Außenrings

Unabhängig davon, ob ein Lager einen geringen Verschleiß oder Schaden aufweist oder ob es ausgefallen ist, kann eine gründliche Untersuchung aufzeigen, was dem Lager während des Betriebs widerfahren ist.

Während der Kontrolle liegt der Schlüssel darin, nach „Spuren“ zu suchen. Eine Spur kann entweder „normal“ sein oder auf ein Problem hinweisen. Anhand der gefundenen Spuren lässt sich nicht selten die Ursache eines Problems identifizieren.

Dieses Kapitel zeigt eine Reihe häufig auftretender und typischer Spuren.



Spuren infolge normaler Betriebsbedingungen

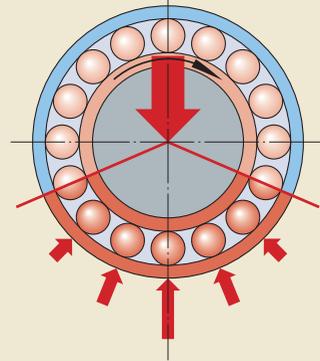
Die **Bilder 3** und **4** veranschaulichen, wie eine einseitige, unveränderliche und auf den umlaufenden Innenring eines Lagers wirkende Radiallast über die Wälzkörper auf den stillstehenden Außenring übertragen wird.

Der große Pfeil in der 12-Uhr-Stellung repräsentiert die übertragene Last und die kleineren Pfeile von 4 bis 8 Uhr stellen dar, wie die Belastung verteilt oder von den Wälzkörpern im Lager gestützt wird.

Wenn sich der Innenring dreht, gerät jeder Punkt auf dem Ring in die Lastzone. Dadurch weist der gesamte Umfang der Innenringlaufbahn in der Mitte eine gleichmäßig breite Spur auf. Dieser Bereich wird als Umfangslastzone am Innenring bezeichnet.

Da der Außenring stillsteht, ist die Lastzone auf den Bereich begrenzt, in dem die Wälzkörper die Belastung übertragen. Dieser Bereich wird als Punktlastzone am Außenring bezeichnet. Die Verteilung der Belastung in der Lastzone des Außenrings variiert. Sie wirkt am stärksten in Belastungsrichtung und nimmt von dort aus in beiden Richtungen ab. Bei den meisten Anwendungen liegt die Lastzone bei etwa 150°.

Bild 3



- Lastzone ($\approx 150^\circ$)
- Eintritt in die Lastzone während des Umlaufs
- Lagerluft, entlastete Zone
- Belastung (Welle) und Lastverteilung (Gehäuse)

Bild 4

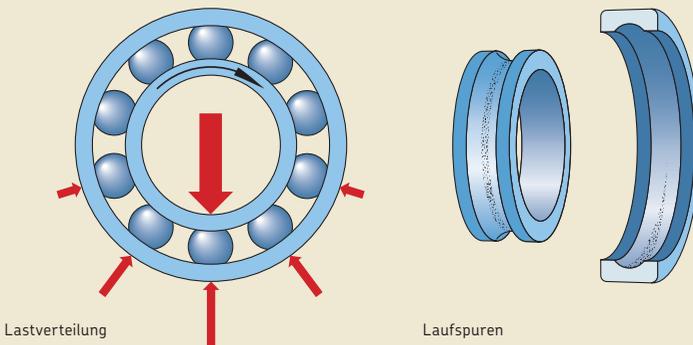
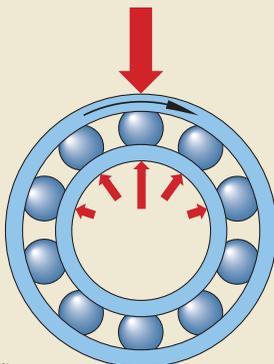


Bild 5 veranschaulicht, wie eine einseitige, unveränderliche und auf den umlaufenden Außenring eines Lagers wirkende Radiallast über die Wälzkörper auf den stillstehenden Innenring übertragen wird.

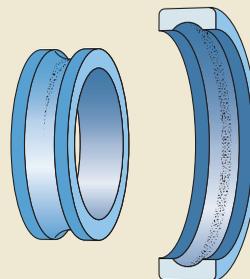
Wenn sich der Außenring dreht, gerät jeder Punkt auf dem Ring in die Lastzone. Dadurch weist der gesamte Umfang der Außenringlaufbahn in der Mitte eine gleichmäßig breite Spur auf.

Die Verteilung der Belastung auf den Innenring variiert. Sie wirkt am stärksten in Belastungsrichtung und nimmt von dort aus in beiden Richtungen ab. Bei den meisten Anwendungen liegt die Lastzone bei etwa 150° .

Bild 5



Lastverteilung



Laufspuren

Lagerschäden und ihre Ursachen

Diese Belastungsspuren treten ebenfalls auf, wenn sich der Innenring phasengleich mit der Last dreht (d. h. Unwucht oder exzentrische Belastungen) und der Außenring stillsteht. Auch wenn sich der Innenring dreht, steht die Belastung auf dem Innenring still, während sich die Last auf dem stillstehenden Außenring dreht (→ **Bild 6**).

Bild 7 zeigt die Auswirkungen einer einseitigen und unveränderlichen Axialbelastung auf ein Rillenkugellager.

Der umlaufende Ring weist über den gesamten Umfang eine seitlich verschobene Spur auf.

Der stillstehende Ring weist auf der gegenüberliegenden Seite eine seitlich verschobene Spur auf. Wenn die Axialbelastung hoch genug ist, verläuft die Spur im stillstehenden Ring über seinen kompletten Umfang.

Bild 8 zeigt eine Kombination aus unidirektionalen und unveränderlichen Radial- und Axiallasten auf ein Rillenkugellager, mit umlaufendem Innenring und stillstehendem Außenring.

Die Lastzone wird über den gesamten Umfang des Innenring seitlich verschoben.

Die Lastzone des Außenrings verschiebt sich seitlich in entgegengesetzter Richtung. Die Länge der Lastzone ist größer als diejenige, die von einer reinen Radiallast produziert werden würde, aber nicht notwendigerweise 360° .

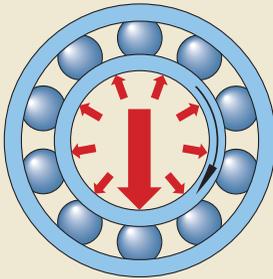
Bei zweireihigen Lagern erzeugen kombinierte Belastungen unterschiedlich lange Lastzonen. Die die Axiallast tragende Reihe hat eine längere Punktlastzone. Wenn die Axialbelastung hoch genug ist, kann eine Wälzkörperreihe komplett unbelastet sein.

Bei einer reinen Radiallast weist nur ein kleiner Bereich (etwa 150°) des Außenrings Laufspuren auf (→ **Bilder 3 und 4, Seite 292**).

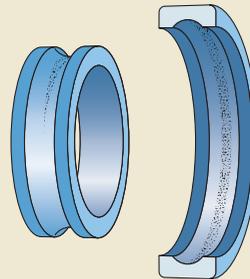
Bei einer reinen Axiallast weist der gesamte Außenring seitlich verschobene Laufspuren auf (→ **Bild 7**).

Bei einer kombinierten Belastung liegen die Laufspuren irgendwo dazwischen, je nach dem Ausmaß der Radiallast im Verhältnis zur Axiallast (→ **Bild 8**).

Bild 6

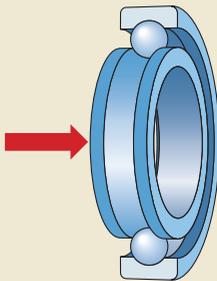


Lastverteilung

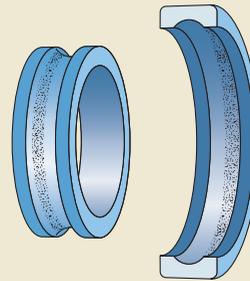


Laufspuren

Bild 7

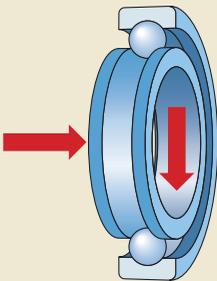


Lastverteilung

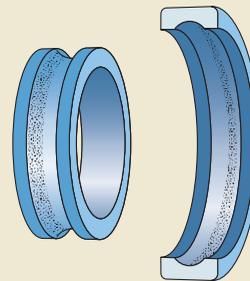


Laufspuren

Bild 8



Lastverteilung



Laufspuren

Spuren infolge anormaler Betriebsbedingungen

Bild 9 zeigt die Lastzonen infolge einer einseitigen und unveränderlichen Radiallast, wenn ein stillstehender Außenring im Verhältnis zum umlaufenden Innenring in Schiefstellung gerät.

Dadurch weist der gesamte Umfang der Innenringlaufbahn in der Mitte eine gleichmäßig breite Spur auf.

Der Außenring hat eine Spur, die von der einen Seite des Außenrings zur anderen reicht. Bahn und Länge der Spur richten sich nach dem Ausmaß der Schiefstellung, der Belastung und der Lagerluft. Die Spur kann von 150° bis 360° reichen.

Dieser Zustand kann eintreten, wenn sich die Welle durchbiegt oder wenn sich die Lager in getrennten Gehäusen befinden, die keine zentrischen Gehäusebohrungen aufweisen.

Bild 10 zeigt die Lastzonen infolge einer einseitigen und unveränderlichen Radiallast, wenn der stillstehende Außenring radial eingeklemmt ist (oval verklemmt).

Unter diesen Bedingungen weist der gesamte Umfang der Innenringlaufbahn in der Mitte eine gleichmäßig breite Spur auf.

Der Außenring weist zwei diametral entgegengesetzte Lastzonen auf. Ein radial eingeklemmter Außenring kann folgende Ursachen haben:

- Das Gehäuse ist auf einer unebenen Oberfläche montiert.
- Die beiden Hälften eines geteilten Gehäuses oder ein Ausrüstungsteil haben keine zentrische Passung.
- Der Gehäusesitz ist infolge von Fertigungsfehlern unrund, weshalb zwei oder mehr Lastzonen möglich sind.

Mehrere Lastzonen führen zu einer drastischen Zunahme der internen Belastungen und erhöhen die Betriebstemperatur des Lagers, was vorzeitige Lagerdefekte oder -schäden verursacht.

Bild 11 zeigt die Lastzonen, die von einem intern vorgespannten Lager erzeugt werden, das eine einseitige und unveränderliche Radiallast unterstützt, während sich der Innenring dreht und der Außenring stillsteht.

Unter diesen Bedingungen weist der gesamte Umfang der Innenringlaufbahn in der Mitte eine gleichmäßig breite Spur auf.

Der Außenring weist zudem eine Lastzone von 360° auf, doch die Spuren werden in der Regel dort breiter sein, wo die übertragene Belastung in Kombination mit der internen Vorspannung wirkt.

Dieser Zustand kann das Ergebnis zu fester Passungen auf der Welle und/oder im Gehäuse sein. Sind die Passungen zu fest, kann das Lager durch ein Zusammendrücken der Wälzkörper zwischen den beiden Ringen intern vorgespannt werden. Eine zu geringe ursprüngliche Lagerluft kann das gleiche Problem zur Folge haben.

Eine weitere mögliche Ursache für diesen Zustand ist ein zu hoher Temperaturunterschied zwischen Welle und Gehäuse. Dies kann auch zu einer erheblichen Verminderung der Lagerluft führen. Wellen- und Gehäusewerkstoffe mit unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten können ebenfalls eine Lagerluftverminderung nach sich ziehen.

HINWEIS: Siehe Abschnitt *Passungsempfehlungen und Toleranzen* auf **Seite 35**.

Bild 9

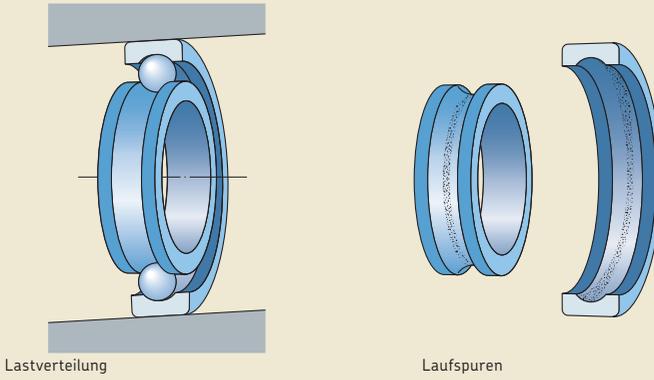


Bild 10

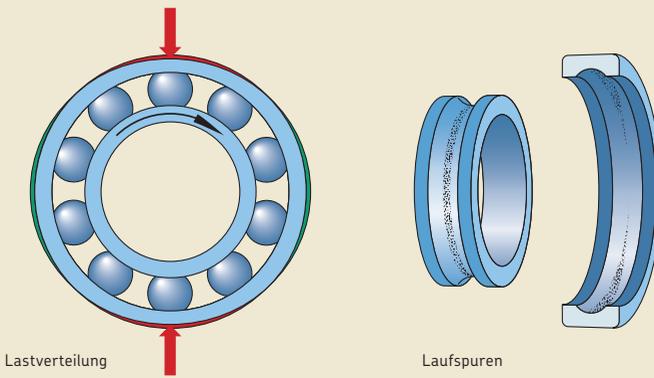
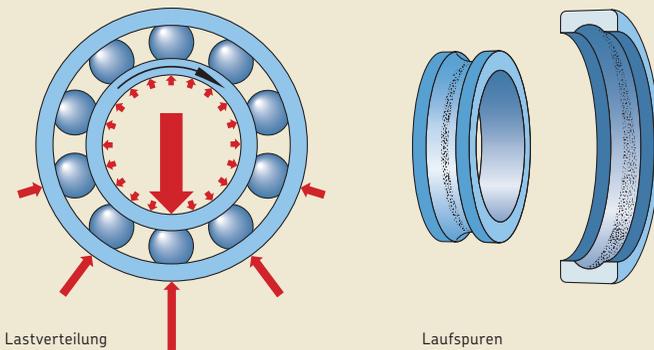


Bild 11



Lagerschäden

Da es immer wichtiger wird, Lagerschäden und -ausfällen vorzubeugen und ein Wiederauftreten zu verhindern, entwickelte die International Organization for Standardization (ISO) eine Methode zur Klassifizierung von Lagerschäden und -ausfällen (ISO 15243:2004). Diese Norm unterscheidet zwischen sechs Hauptgruppen von Ausfallmodi und sechzehn Untergruppen, die sich alle auf Schäden beziehen, die nach der Herstellung auftreten. Der Standard basiert hauptsächlich auf den Merkmalen, die auf Wälzkörpern, Laufbahnen und anderen Funktionsflächen zu sehen sind. Er identifiziert außerdem die Mechanismen, die an jedem Schadenstyp beteiligt sind.

Die meisten Lagerschäden lassen sich auf sechs Hauptgruppen sowie die verschiedenen Untergruppen zurückführen, die in **Tabelle 1** aufgelistet sind. **Tabelle 2** enthält Definitionen der verschiedenen Ausfallmodi.

Die meisten Schäden, die auf diese Mechanismen zurückzuführen sind, lassen sich leicht erkennen und überwachen, wenn in ein umfassendes Instandhaltungsprogramm auch die Zustandsüberwachung integriert ist. Mithilfe der Schwingungsanalyse können die ersten Anzeichen von Lagerschäden erkannt werden, sodass das Wartungspersonal rechtzeitig korrigierende Maßnahmen ergreifen kann. So lassen sich teure, unerwartete Stillstände begrenzen und plötzliche Ausfälle vermeiden, die benachbarte Komponenten in Mitleidenschaft ziehen. Darüber hinaus kann das Wartungspersonal das defekte Lager frühzeitig untersuchen, um die Ursache zu ermitteln, und die notwendigen Schritte einleiten, um ein Wiederauftreten des Problems zu verhindern.

HINWEIS: Siehe Kapitel *Kontrolle* ab **Seite 216**.

Die meisten Lagerschäden lassen sich in zwei Schadenskategorien unterteilen: vorbetrieblich und betrieblich. Vorbetriebliche Schäden treten vor oder während der Lagermontage auf, während betriebliche Schäden während des Betriebs des Lagers entstehen.

Ursachen vorbetrieblicher Schäden:

- falsche Wellen- und Gehäusepassungen
- defekte Lagersitze auf Wellen und in Gehäusen
- Fluchtungsfehler
- unsachgemäßer Einbau
- Stromdurchgang durch das Lager (Überspannung)
- Transport, Handhabung und Lagerung

Ursachen betrieblicher Schäden:

- Materialermüdung
- ineffektive Schmierung
- ineffektive Abdichtung
- Schwingung (Stillstandsmarken)
- Schiefstellung im Betrieb
- Stromdurchgang durch das Lager (Leckströme)

Tabelle 1

ISO-Klassifizierung für Lagerschäden und Ausfallmodi

Hauptgruppe	Untergruppe
Ermüdung	Ermüdung durch Tiefendefekte Ermüdung durch Oberflächendefekte
Verschleiß	Abrasiver Verschleiß Adhäsiiver Verschleiß
Korrosion	Feuchtigkeitskorrosion Passungsrost Reibkorrosion Stillstandsmarken
Elektroerosion	Überspannung Leckstrom
Plastische Verformung	Überbelastung Eindrückung durch Verunreinigung Eindrückung durch Handhabung
Brüche und Risse	Gewaltbruch Ermüdungsbruch Wärmespannungsrisse

Tabelle 2

Definitionen und Erläuterungen von Ausfallmodi

Ausfallmodus	Definition und/oder Erläuterung
Ermüdung	Eine Veränderung der Werkstoffstruktur infolge der wiederholten Spannungen, die sich an den Kontaktflächen zwischen Wälzkörpern und Laufbahnen entwickeln. Ermüdung ist an Materialschälungen von der Oberfläche erkennbar. Der Zeitraum zwischen beginnender und fortgeschrittener Schälung ist abhängig von Drehzahl und Belastung.
Ermüdung durch Tiefendefekte	Beginnt mit Mikrorissen unter der Laufbahnoberfläche. Wenn sich diese Mikrorisse bis zur Oberfläche ausbreiten, kommt es zur Schälung.
Ermüdung durch Oberflächendefekte	Spannungen an der Oberfläche. Schäden an der Unebenheit (Rauheit) der Wälzkontakt-Metalloberflächen aufgrund unzureichender Schmierung.
Verschleiß	Fortschreitender Materialabtrag infolge der Interaktion zweier gleitender oder rollender/gleitender Kontaktflächen während des Betriebs.
Abrasiver Verschleiß	Die Folge unzureichender Schmierung oder des Eindringens von Verunreinigungen.
Adhäsiiver Verschleiß	Die Materialübertragung von einer Fläche zur anderen mit Reibungswärme, zuweilen mit einer (Neu-) Härtung der Oberfläche.
Korrosion	Der Verfall von Metalloberflächen infolge von Oxidation oder einer chemischen Reaktion auf Metalloberflächen.
Feuchtigkeitskorrosion	Oxidation der Oberflächen durch Feuchtigkeit.
Passungsrost	Die chemische Reaktion, die durch relative Mikrobewegungen zwischen Passflächen unter bestimmten Reibungsbedingungen ausgelöst wird.
Reibkorrosion	Oxidation und Verschleiß von Oberflächenunebenheiten unter oszillierenden Mikrobewegungen.
Stillstandsmarken	Die Entstehung flacher Eindrückungen infolge von Mikrobewegungen aufgrund zyklischer Schwingungen bei einem Maschinenstillstand. Die Laufbahnen weisen Eindrückungen in gleichmäßigem Abstand auf, der dem Abstand der Wälzkörper entspricht.
Elektroerosion	Schäden an den Kontaktflächen (Abbau von Material) infolge von Stromdurchgang.
Überspannung	Funkenbildung und örtliche Erwärmung durch Stromdurchgang in der Kontaktfläche aufgrund von ineffektiver Isolierung.
Leckstrom	Die Erzeugung flacher Krater durch (geringen) Stromdurchgang. Die Krater entstehen dicht beisammen. Mit der Zeit können sie sich zu Riffeln entwickeln, die im gleichmäßigen Abstand parallel zur Rollachse verlaufen.
Plastische Verformung	Eine dauerhafte Verformung, die bei Überschreitung der Streckgrenze des Materials eintritt.
Überbelastung	Überbelastung durch statische oder Stoßbelastungen, die zur plastischen Verformung führt (Rattermarken).
Eindrückung durch Verunreinigung	In den Kontaktflächen überrollte Partikel bilden Eindrücke in Laufbahnen und Wälzkörpern. Größe und Form der Eindrücke hängen von der Art der Partikel ab.
Eindrückung durch Handhabung	In den Lageroberflächen entstehen Eindrücke und Furchen durch harte, spitze Objekte.
Bruch	Die Zugfestigkeit des Materials wird überschritten und die vollständige Abtrennung eines Teils der Komponente tritt ein.
Gewaltbruch	Ein Bruch infolge einer Spannungskonzentration, die die Zugfestigkeit des Materials überschreitet.
Ermüdungsbruch	Ein Bruch infolge der häufigen Überschreitung der Dauerfestigkeitsgrenze des Materials.
Wärmespannungsrisse	Risse, die durch eine hohe Reibungswärme entstehen. Sie treten in der Regel rechtwinklig zur Richtung der Gleitbewegung auf.

Vorbetriebliche Schadensursachen

Falsche Wellen- und Gehäusepassungen

Eine falsche Wellen- oder Gehäusepassung kann zu einer zu großen Lagerluft oder zu hohen Vorspannung führen, was einen der nachstehenden Zustände zur Folge haben kann:

- Ringwanderung (Ring dreht sich auf dem Sitz)
- Reibkorrosion
- gerissene Ringe
- reduzierte Tragfähigkeit
- induzierte Lasten
- zu hohe Betriebstemperaturen

Die korrekte Passung ist daher ein wesentlicher Faktor für die Gebrauchsdauer des Lagers und die Leistung der Anwendung.

Dreht sich ein Lagerring und die Belastung ist unidirektional und unveränderlich, wird eine feste Passung benötigt. Der Grad von Übermaß oder Festigkeit richtet sich nach der Höhe der Belastung sowie nach Lagertyp und -größe. In der Regel gilt: je höher die übertragene Belastung, desto fester die erforderliche Passung.

Steht ein Lagerring still und die Belastung ist unidirektional und unveränderlich, wird er üblicherweise mit einer losen Passung montiert. Passungsempfehlungen finden Sie in **Anhang A ab Seite 334**. Werte für Abweichungen und resultierende Passungen enthält **Anhang B ab Seite 338**.

Das Vorhandensein von Stoßbelastungen oder kontinuierlichen Schwingungen erfordert

eine festere Passung auf dem Ring, der sich im Verhältnis zur Belastung dreht.

Bei einem Lagerring mit einer Umfangslastzone, leicht belasteten Lagern oder bei sehr niedrigen Drehzahlen arbeitenden Lagern kann eine lockerere Passung oder ggf. auch eine lose Passung angewandt werden.

Manchmal ist es nicht möglich, ein Ausrüstungsteil zu montieren, wenn die Passungsempfehlungen eingehalten werden. In diesen Fällen wenden Sie sich bitte an den Technischen SKF Beratungsservice.

Beachten Sie diese beiden Beispiele: Im Vorderrad eines Fahrzeugs ist die Belastungsrichtung unveränderlich, d. h. die Straßenoberfläche übt stets eine aufwärts gerichtete Kraft auf das Rad aus. Der umlaufende Außenring hat daher eine feste Passung im Radlager, während der stillstehende Innenring eine lose Passung auf dem Achsschenkel hat.

Lager in einem herkömmlichen Elektromotor haben im Verhältnis zur Belastung stillstehende Außenringe und eine lose Passung im Gehäuse, doch die Innenringe drehen sich im Verhältnis zur Belastung und sind mit einer festen Passung montiert.

In einigen Fällen ist es erforderlich, sowohl die Innen- als auch die Außenringe eines Lagers mit einer festen Passung zu montieren. Dies trifft beispielsweise auf Zylinderrollen- und CARB Toroidalrollenlager zu, die die axiale Ausdehnung der Welle im Lager aufnehmen können und nicht über einen Lagerring, der auf seinem Sitz gleitet. Es kann auch für Anwendungen gelten, in denen hohe Stoßbelastungen auftreten.

Bild 12

Abrasiver Verschleiß infolge eines wandernden Außenrings
ISO-Klassifizierung: Abrasiver Verschleiß

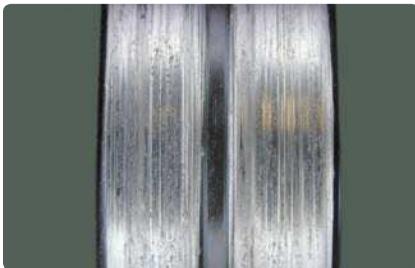


Bild 13

Polierender Verschleiß infolge eines wandernden Außenrings
ISO-Klassifizierung: Abrasiver Verschleiß



Durch ungeeignete Wellen- oder Gehäusepassungen oder unnötig lose Passungen kann sich der Innen- oder Außenring auf seinem Sitz drehen. Diese relative Bewegung wird Ringwandern genannt. Die relative Bewegung erzeugt Reibung und kann zu Verschleiß oder Anschmieren führen. Der Schaden beschränkt sich nicht immer auf die Sitzoberfläche, kann sich aber auch auf die Stirnseiten des/der Rings/e auswirken. **Bild 12** zeigt einen abrasiven Verschleiß, **Bild 13** dagegen einen polierenden Verschleiß.

Zu lose Passungen können zu Drehzahlunterschieden zwischen den Kontaktflächen führen. Manchmal lässt sich eine lose Passung nicht vermeiden, z. B. bei vierreihigen Kegelrollenlagern auf den Walzenzapfen in Walzwerken. Aus Gründen des Ein- bzw. Ausbaus hat der Innenring in der Regel eine lose Passung. Aufgrund der losen Passung besteht ein Drehzahlunterschied zwischen Innenring und Wellensitz (Wandern) sowie zwischen der Innenring-Stirnseite und seiner Anlauffläche. Diese Drehzahlunterschiede in der Kontaktzone erzeugen Wärme. In einigen Fällen kann diese örtlich begrenzte Wärme derart zunehmen, dass Material vom Lagerring zu seiner Gleitfläche oder umgekehrt übertragen wird (Anschmieren) (→ **Bild 14**). Die Wärme kann außerdem zu Hitzerrissen im Material führen (→ **Bild 14**), was schließlich das Reißen des Rings zur Folge hat (Wärmespannungsrisse).

Eine feste Passung zwischen Innenring und Welle verursacht Spannkkräfte im Ring. Ist die Passung zu fest, können die daraus resultierenden Ringzugspannungen die Festigkeit des Rings übersteigen und zum Bruch führen (→ **Bild 15**).

Lageranordnungen bestehen üblicherweise aus einem Fest- und einem Loslager. Dabei soll das Loslager die Wärmeausdehnung der Welle aufnehmen, entweder innerhalb des Lagers oder durch die Bewegung auf seinem Sitz im Gehäuse. Damit die Bewegung auf dem Sitz möglich ist, muss der Außenring eine lose Passung haben. Wenn die Passung zu fest oder der Außenring im Gehäuse verspannt ist, kann sich der Ring nicht bewegen. Dies induziert hohe Axiallasten im Lagersystem, die wiederum zu den folgenden Zuständen führen können: vorzeitige Materialermüdung, zu hohe Wärme, unzureichende Schmierung, übermäßiger Verschleiß oder Schälung durch Oberflächendefekte (→ **Bild 16**). Das Ergebnis ist eine deutlich verkürzte Lagergebrauchsdauer.

Bild 14

Unterschiedliche Drehzahlen im Kontaktbereich zwischen Lager und Abstandsring führten zu Anschmierung (Umfangsmarken). Die daraus resultierende Wärme verursachte Wärmespannungsrisse im Lagerring (rechtwinklig zu den Anschmiermarken).
ISO-Klassifizierung: Adhäsiiver Verschleiß und Wärmespannungsrisse

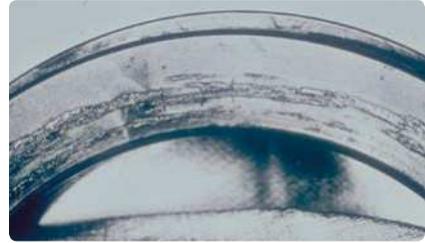


Bild 15

Ringriss infolge einer zu festen Passung
ISO-Klassifizierung: Gewaltbruch

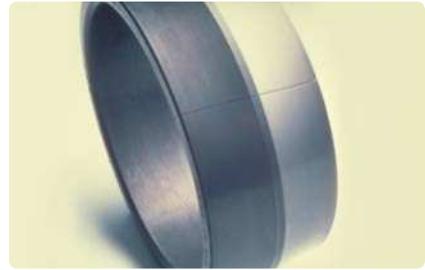


Bild 16

Eine zu feste Gehäusepassung für ein Loslager induziert hohe Axiallasten, die die Lagergebrauchsdauer erheblich verkürzen.
ISO-Klassifizierung: Ermüdung durch Tiefendefekte (durch zu hohe Belastungen) oder Ermüdung durch Oberflächendefekte (durch Schmierungsprobleme)



Lagerschäden und ihre Ursachen

Schäden und Ausfälle durch fehlerhafte Wellen- oder Gehäusesitze

Die Formeln zur Berechnung der Lagerlebensdauer gehen von grundlegenden Annahmen aus. Beispielsweise wird vorausgesetzt, dass Wellen- und Gehäusesitze die geometrischen Spezifikationen erfüllen. Leider gibt es andere Faktoren, die sich negativ auf die Komponenten auswirken können, die gemäß den genauesten Spezifikationen gefertigt wurden. So können sich z. B. Wellen- und Gehäusesitze verformen, d. h. kegelig, unrund, nicht fluchtend oder thermisch. Der gleiche Zustand kann durch einen Lagersitz in einem Gehäuse hervorgeufen werden, das korrekt gefertigt wurde, sich aber bei der Befestigung am Maschinenrahmen oder an der Aufspannfläche verformte.

Während sich der Abschnitt *Falsche Wellen- und Gehäusepassungen* ab **Seite 300** mit schlecht gewählten Passungen befasste, konzentriert sich dieser Abschnitt auf verformte Lagersitze und die dadurch verursachten Schäden.

Reibkorrosion tritt auf, wenn die Passung zu lose ist und eine relative Bewegung zwischen einem Lagerring und der Welle oder dem Gehäuse vorhanden ist. Die relative Bewegung, die in der Regel auf Formungenauigkeiten oder Wellendurchbiegungen zurückzuführen ist, führt dazu, dass sich kleine Materialpartikel von der Oberfläche der Welle oder des Gehäusesitzes lösen. Diese Partikel oxidieren schnell, wenn sie mit Luft in Kontakt kommen.

Infolge der Reibkorrosion werden die Lagerringe u. U. nicht gleichmäßig unterstützt, was sich negativ auf die Lastverteilung im Lager auswirkt. Reibkorrosion tritt in Form von Rost auf dem Außendurchmesser des Außenrings (→ **Bild 17**) oder in der Bohrung des Innenrings (→ **Bilder 18 und 19**) auf. Eisenoxid hat ein größeres Volumen als reines Eisen, weshalb sich die Lagergeometrie verändern kann. Die Spuren auf der Laufbahn können an den entsprechenden Positionen sehr ausgeprägt sein.

Reibkorrosion tritt vor allem in Anwendungen auf, bei denen die Betriebsbedingungen dazu führen, dass sich die Sitze unter Belastung verformen. Dies ist häufig in stark belasteten Anwendungen der Fall.

Bild 17

Eine „starke“ Reibkorrosion tritt häufig in hoch belasteten Anwendungen auf. Die Reibkorrosion entsteht in der Lastzone des Außenringsitzes.
ISO-Klassifizierung: Reibkorrosion



Bild 18

Reibkorrosion durch eine falsche Wellenpassung
ISO-Klassifizierung: Reibkorrosion



Bild 19

Reibkorrosion durch einen fehlerhaften Wellensitz (Bearbeitung) oder Wellendurchbiegung
ISO-Klassifizierung: Reibkorrosion



HINWEIS: Reibkorrosion Fe_3O_4 , auch Magnetit genannt (→ **Bild 17**), kann schwarz sein, Fe_2O_3 , auch Hämatit genannt, ist rot oder rötlich braun (→ **Bilder 18** und **19**).

Mit der Zeit führt ein fehlerhafter Kontakt zu einer fortgeschrittenen Reibkorrosion. Die korrodierten Bereiche fungieren außerdem als Bruchkerben (→ **Bilder 20** und **21**).

Konkave, konvexe oder kegelige Lagersitze führen dazu, dass ein Lagerring über seine Breite mangelhaften Kontakt hat. Daher verbiegt sich der Ring unter Belastung und am Umfang treten häufig Ermüdungsbrüche entlang der Laufbahn auf.

Bild 22 ist ein Spiegelbild eines Pendelkugellager-Außenrings, der in einer unrunder (ovalen) Gehäusebohrung montiert war. Der stillstehende Außenring wurde an zwei Stellen – 180° auseinander – eingeklemmt, was zu einer Vorspannung an diesen beiden Punkten führte. Die Vorspannung erzeugte übermäßig hohe Kräfte, die eine vorzeitige Materialermüdung und Schälung durch Tiefendefekte verursachten.

Sie produzierte zudem Wärme und führte zum Zustand der Mangelschmierung. Beachten Sie die starke Reibkorrosion (180° auseinander) am Manteldurchmesser des Außenrings, die den beiden Lastzonen entspricht.

Bild 20

Reibkorrosion kann zum Ringbruch führen. Der Ring reißt an seiner schwächsten Stelle – der Schmiernut. ISO-Klassifizierung: Reibkorrosion und Gewaltbruch



Bild 21

Der Außenring des Lagers wurde im Gehäusesitz nicht ausreichend unterstützt. Reibkorrosion führte zu hohen Spannungen im Außenring und schließlich zu einem Gewaltbruch.

ISO-Klassifizierung: Reibkorrosion und Gewaltbruch



Bild 22

Der Außenring dieses Pendelkugellagers wurde an einen Spiegel gestellt. Zwei Lastzonen und Schälungen sind sichtbar, die 180° auseinander liegen. Der Schaden ist auf einen unrunder Gehäusesitz zurückzuführen. ISO-Klassifizierung: Ermüdung durch Tiefendefekte



Lagerschäden und ihre Ursachen

Fluchtungsfehler

Fluchtungsfehler, eine weit verbreitete Ursache für Überhitzung und/oder vorzeitige Schälung, liegen vor, wenn einer der folgenden Zustände gegeben ist:

- Der Innenring liegt an einer Wellenschulter an, die nicht fluchtend mit dem Lagersitz ist.
- Der Außenring liegt an einer Gehäuseschulter an, die nicht fluchtend mit der Gehäusebohrung ist.
- Die beiden Gehäusebohrungen sind nicht zentrisch oder koaxial.
- Ein Lagerring ist falsch an seiner Schulter angebracht und auf seinem Sitz verspannt.
- Der Außenring eines Loslagers ist auf seinem Sitz verspannt.

Pendellager sind kein Allheilmittel gegen Schiefstellungen. Wenn der umlaufende Innenring eines Pendellagers z. B. nicht fluchtend mit seinem Wellensitz ist, wackelt er beim Umlaufen. Dies kann zu Schmierungsproblemen sowie zu vorzeitigem Verschleiß und/oder zur frühen Ermüdung durch Oberflächendefekte führen.

Axialkugellager können Anzeichen frühzeitiger Ermüdung aufweisen, wenn sie auf Stützen montiert werden, die nicht rechtwinklig zur Welle stehen. In diesen Fällen trägt nur ein kurzer Abschnitt (Bogen) des stillstehenden Rings die gesamte Last. Wenn der umlaufende Ring eines Axial-Kugellagers auf einer nicht fluchtenden Wellenschulter montiert wird, wackelt er beim Umlaufen. Der wackelnd

umlaufende Ring lädt nur einen kleinen Teil des stillstehenden Rings auf und führt zu frühzeitiger Ermüdung.

Wenn zwei Gehäuse dieselbe Welle unterstützen und keine gemeinsame Mittellinie haben, sind lediglich Pendelkugellager oder -rollenlager in der Lage, ohne Induzierung von Biegemomenten zu arbeiten, die ansonsten zu Wellendurchbiegungen und Schiefstellungen führen würden. Rillen- und Schrägkugellager sowie Zylinder- und Kegelrollenlager können nur sehr geringe Schiefstellungen aufnehmen. Schiefstellungen in diesen Lagern führen in der Regel zu Kantenbelastungen, die vorzeitige Ermüdung verursachen können.

Das zweireihige Schrägkugellager in **Bild 23** wies eine Schiefstellung auf, die in zwei um 180° auseinander liegende Lastzonen resultierte. Die hohen induzierten Lasten führten zu einer ineffektiven Schmierung. Sowohl die hohen Belastungen als auch das Schmierungsproblem führten zu vorzeitigem Lagerschaden, die zuerst als Schälung auftraten.

Das Kegelrollenlager in **Bild 24** war in einem schiefgestellten Gehäuse montiert. Die Belastung wurde nur von einem kleinen Bereich an der Kante getragen. Die daraus resultierenden sehr hohen Spannungen in diesem Bereich führten zu Materialermüdung und vorzeitiger Schälung durch Tiefendefekte.

Bild 23

Schiefstellung eines zweireihigen Schrägkugellagers: Die Schiefstellung resultierte in zwei um 180° auseinander liegende Lastzonen. Hohe Belastungen, resultierende Spannungen und Schmierungsprobleme führten zu einem vorzeitigen Lagerausfall.
ISO-Klassifizierung: Ermüdung durch Oberflächendefekte



Bild 24

Eine Schiefstellung des Gehäuses verursachte Kantenbelastungen in diesem Kegelrollenlager. Das Ergebnis: vorzeitiger Lagerausfall.
ISO-Klassifizierung: Ermüdung durch Tiefendefekte



Unsachgemäßer Einbau

Unsachgemäßer Gebrauch und Nachlässigkeit vor und während der Montage führen häufig zu Schäden und vorzeitiger Ermüdung oder Ausfällen.

Eine der Hauptursachen frühzeitiger Ermüdungsausfälle sind Stoßeinwirkungen bei Handhabung, Einbau, Lagerung und/oder Betrieb.

In diesen Fällen ist der Stoß stärker als die Festigkeit des Materials (Überbelastung), das sich dann plastisch verformt. Die Schäden beginnen zum Zeitpunkt der Verformung und führen schließlich zu vorzeitigem Lagerausfall.

Bild 25 zeigt, dass die Kraft beim Einbau auf den falschen Ring ausgeübt und über die Wälzkörper übertragen wurde. Dies kann ebenfalls auftreten, wenn das Lager im Stillstand anormalen Belastungen ausgesetzt ist. Da die Stoßbelastung eine Axialbelastung ist, können Eindrücke in den Ringen entstehen, die axial von der Mitte verschoben sind. Der Abstand zwischen den Eindrücken entspricht dem Abstand der Wälzkörper.

Bild 26 zeigt Schäden am Innenring eines zweireihigen Schrägkugellagers. In diesem Fall wurde die Kraft beim Einbau über den Außenring angewandt. Die daraus resultierende plastische Verformung sind Eindrücke in regelmäßigem Abstand, der dem Abstand zwischen den Kugeln entspricht.

Bild 27 zeigt die resultierenden Schäden an einem Rillenkugellager, nachdem es bereits einige Zeit in Betrieb war.

Bild 25

Auf den falschen Ring angewandte Einbaukraft
ISO-Klassifizierung: Überbelastung

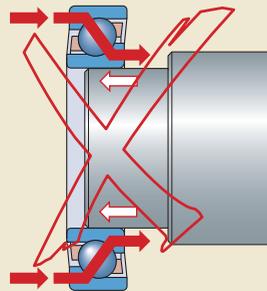


Bild 26

Schäden durch Stoßeinwirkung beim Einbau
ISO-Klassifizierung: Überbelastung



Bild 27

Ermüdung infolge von Stoßeinwirkungen beim Einbau
ISO-Klassifizierung: Überbelastung



Lagerschäden und ihre Ursachen

Eine weitere Ursache frühzeitiger Ermüdungsausfälle ist die Anwesenheit von im Lager oder Gehäuse eingeschlossenen Verunreinigungen. Die Verunreinigungen können beim Einbau eingedrungen oder das Ergebnis von Verunreinigungen sein, die von einem früheren Lagerausfall stammen. Verunreinigungen können darüber hinaus infolge des Gehäusefertigungsprozesses eindringen.

Auch wenn sich ein Span zwischen Mantelfläche und Gehäusebohrung verfängt, führt dies zu vorzeitigem Lagerausfall.

Zylinderrollenlager können während der Montage leicht beschädigt werden, z. B. Lager der Bauform NU, nachdem der Innenring an der Welle montiert wurde und der Außenring mit Rollenkranz im Gehäuse sitzt. Ist die Welle bei der Montage in Schiefelage und wird nicht gedreht, können die Rollen die Laufbahn des Innenrings zerkratzen (→ Bild 28) und Eindrückungen in Form von langen querlaufenden Streifen verursachen. Der Abstand (→ Bild 29) zwischen dem beschädigten Bereich entspricht dem Abstand zwischen den Rollen.

HINWEIS: Dies lässt sich vermeiden: Schmieren Sie alle Komponenten ausreichend und drehen Sie den Innenring beim Einbau. Bei größeren Lagern sollte eine Montagehülse verwendet werden (→ Bild 30).

Bild 28

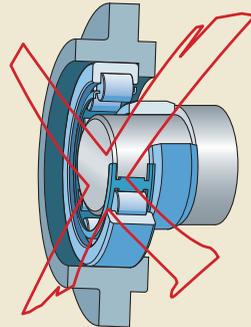
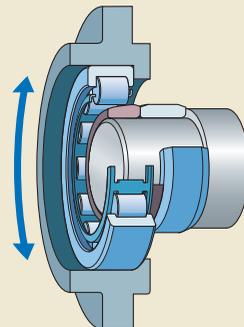


Bild 29

Montageschäden an einem Zylinderrollenlager
ISO-Klassifizierung: Eindrückung durch Handhabung



Bild 30



Zu hoher Stromdurchgang durch das Lager, aufgrund hoher Spannungen

Bei bestimmten Bedingungen läuft Strom auf dem Weg zur Erde durch ein Lager. Bei der Reparatur einer Welle können z. B. Überspannungspotenziale infolge unsachgemäß geerdeter Schweißausrüstung auftreten. Wenn die Elektrizität von einem Lagerring zu den Wälzkörpern und von dort zum anderen Ring fließt, können schwere Schäden entstehen. **Bild 31** zeigt Schäden an Außenringlaufbahn und Wälzkörpern eines großen Pendelrollenlagers infolge von Überspannung.

Die Schäden können im Stillstand entstehen, treten aber normalerweise während des Betriebs auf. Trotzdem wird diese Schadensart als vorbetrieblich kategorisiert.

Bild 31

Schäden an einem großen Pendelrollenlager durch zu starke Überspannung. Links: Schäden an der Laufbahn des Außenrings; rechts: entsprechende Schäden an der Rolle.
ISO-Klassifizierung: Überspannung



Lagerschäden und ihre Ursachen

Transport- und Lagerschäden

Zu den Schäden, die üblicherweise auf den Transport zurückzuführen sind, gehören Rattermarken (Überbelastung) aufgrund von Stoßbelastungen oder Stillstandsmarken infolge von Schwingungen.

Rattermarken sind die Folge von Stoßeinwirkung, die aus einer unsachgemäßen Handhabung des Lagers oder Stoßbelastungen in einer Anwendung resultiert. Je nach Ausmaß der Beschädigung führen Rattermarken zu erhöhten Geräusch- und Schwingungspegeln und einer verkürzten Lagergebrauchsdauer. Zur Identifizierung der Rattermarken prüfen Sie, ob der Abstand zwischen den beschädigten Bereichen dem Abstand zwischen den Wälzkörpern entspricht. Da Rattermarken das Ergebnis einer Stoßeinwirkung sind, sind bei Vergrößerung die ursprünglichen Schleiflinien sichtbar. **Bild 32** zeigt eine 100-fache Vergrößerung des Schadens infolge einer Stoßeinwirkung (Überbelastung).

Stillstandsmarken stimmen ebenfalls mit dem Abstand zwischen den Wälzkörpern überein. Da sie jedoch das Ergebnis von Schwingungen sind, sind die Schleifspuren nicht mehr zu erkennen, siehe **Bild 33**. Stillstandsmarken führen je nach Ausmaß ebenfalls zu erhöhten Geräusch- und Schwingungspegeln.

Während der Aufbewahrung muss die Lagerverpackung in gutem Zustand gehalten werden, da sich ansonsten der Lagerzustand verschlechtern kann. Dies gilt auch für die Lager, die bereits in Baugruppen montiert sind (→ **Bild 34**). Die Lager sind ordnungsgemäß zu schützen.

Bild 32

Stoßmarken durch Überbelastung (Rattermarken) – 100-fache Vergrößerung
ISO-Klassifizierung: Überbelastung



Bild 33

Stillstandsmarken – 100-fache Vergrößerung
ISO-Klassifizierung: Stillstandsmarken



Bild 34

Schäden durch unsachgemäße Lagerung
ISO-Klassifizierung: Feuchtigkeitskorrosion



Betriebliche Schadensursachen

Materialermüdung (durch Tiefendefekte)

Im Betrieb wird die Belastung von einem Ring zum anderen über die Wälzkörper übertragen. Jedes Mal, wenn ein Wälzkörper in die Lastzone eintritt, ändert sich die im Kontaktbereich übertragene Belastung von null auf den Höchstwert und zurück zu null. Dies führt dazu, dass sich im Material Eigenspannungen aufbauen. Je nach Belastung, Temperatur und Anzahl der Spannungszyklen führen diese Spannungen zu strukturellen Veränderungen im Material und dann zu Rissbildungen unter der Oberfläche. Diese Risse werden sich schließlich bis an die Oberfläche ausbreiten und Schälungen verursachen (→ Bild 35).

Ein Lager ist defekt, sobald die erste Schälung auftritt. Dies bedeutet nicht, dass das Lager nicht weiter arbeiten kann. Die Schälungen werden sich allmählich vergrößern (→ Bild 36) und vermehren und zu erhöhten Geräusch- und Schwingungspegeln in der Maschine führen. Die Maschine muss angehalten und repariert werden, bevor das Lager plötzlich ausfällt.

Um eine vorzeitige Ermüdung durch Tiefendefekte zu vermeiden, sind drei wichtige Voraussetzungen unabdingbar:

- sauberer Wälzlagerstahl – qualitativ hochwertige Lager
- ausgezeichnete Schmierbedingungen (keine Verunreinigung)
- ideale Lastverteilung auf den Wälzkörpern und entlang der Kontaktlinie der Wälzkörper

Bild 35

Eine Schälung in einem Lager

ISO-Klassifizierung: Ermüdung durch Tiefendefekte



Bild 36

Fortgeschrittene Schälung aufgrund von Materialermüdung durch Tiefendefekte

ISO-Klassifizierung: Ermüdung durch Tiefendefekte



Ineffektive Schmierung

Eine der Hauptannahmen bei der Berechnung der erwarteten Lebensdauer eines Lagers ist, dass das Lager ordnungsgemäß geschmiert wird. Dies bedeutet, dass der richtige Schmierstoff in der richtigen Menge zum richtigen Zeitpunkt das Lager erreicht. Damit sie zuverlässig arbeiten können, müssen alle Lager sachgemäß geschmiert werden. Der Schmierstoff trennt Wälzkörper, Käfig und Laufbahnen in den Abroll- und Gleitkontaktbereichen. Ohne eine effektive Schmierung kommt es zum Direktkontakt von Metallflächen zwischen Wälzkörpern und Laufbahnen und anderen Kontaktbereichen, was diese Oberflächen beschädigt.

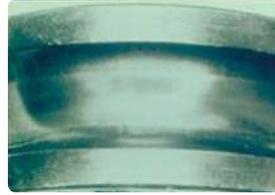
Der Begriff „Schmierstoffversagen“ wird oft benutzt, um anzudeuten, dass sich kein Öl oder Fett im Lager befand. Auch wenn dies gelegentlich vorkommt, lässt sich ein Lagerschaden in der Regel nicht so einfach analysieren. Viele Schadensfälle sind auf eine zu geringe oder zu hohe Schmierstoffviskosität, auf Überschmierung, unzureichende Schmierstoffmenge, verunreinigten Schmierstoff oder den falschen Schmierstoff in der Anwendung zurückzuführen. Daher gehören eine gründliche Prüfung der Schmierstoffeigenschaften, der auf das Lager aufgetragenen Schmierstoffmenge und der Betriebsbedingungen zu jeder schmierungsbezogenen Schadensanalyse.

Bei einer ineffektiven Schmierung treten Schäden in Form von Oberflächenermüdungen auf. Diese Schäden können sich rasch zu Ausfällen weiterentwickeln, die sich oftmals nur schwer von Ausfällen infolge von Materialermüdung oder Schälung unterscheiden lassen. Es wird zu Schälungen kommen, die häufig die Indizien für eine ineffektive Schmierung zunichtemachen. Bei einer frühzeitigen Entdeckung sind jedoch die Anzeichen sichtbar, die auf die wahre Ursache des Schadens hinweisen.

Schadensstufen infolge unzureichender Schmierung (Oberflächenspannung) zeigt **Bild 37**. Die ersten Anzeichen einer Störung äußern sich gewöhnlich in einer leichten Rauigkeit oder Welligkeit der Oberfläche. Später entwickeln sich daraus feine Risse gefolgt von Schälungen.

Bild 37

Fortschreitende Schälung (Oberflächenspannung) infolge einer ineffektiven Schmierung
ISO-Klassifizierung: Ermüdung durch Oberflächendefekte



Stufe 1: Auf der Oberfläche entwickelt sich eine feine Rauheit oder Welligkeit.



Stufe 2: Oberflächenspannungen und kleine Risse entstehen. Dann treten Mikroschälungen auf.



Stufe 3: Die Verunreinigungen werden überrollt, es entwickelt sich eine echte Oberflächenschälung.



Stufe 4: Bei zu langem Betrieb schält sich die gesamte Laufbahn; die ursprüngliche Beschädigung ist nicht mehr sichtbar.

Bild 38 zeigt die Innenring-Laufbahn eines großen Pendelrollenlagers. Infolge der unzureichenden Schmierung kam es zur Ermüdung der Oberfläche. An den Außenseiten des Laufbahnkontaktbereichs haben bereits Schälungen eingesetzt. **Bild 39** zeigt den Außenring eines Pendelrollenlagers. Die Schälung ist hier bereits fortgeschritten.

Bild 38

Oberflächenspannung an den Außenseiten des Laufbahnkontaktbereichs des Innenrings in einem großen Pendelrollenlager

ISO-Klassifizierung: Ermüdung durch Oberflächendefekte



Bild 39

Fortgeschrittene Schälung infolge von Oberflächenspannungen im Außenring eines Pendelrollenlagers

ISO-Klassifizierung: Ermüdung durch Oberflächendefekte



Lagerschäden und ihre Ursachen

Eine weitere Form der Oberflächenbeschädigung wird Ansmieren genannt (adhäsiver Verschleiß). Ansmieren (Gleiten) kann unter einer der folgenden Bedingungen auftreten:

- relativ hohe Drehzahlen
- unzureichende Belastung
- zu fester Schmierstoff
- zu große Lagerluft
- zu wenig Schmierstoff in der Lastzone

Wenn die Wälzkörper bei ihrem Wiedereintritt in die Lastzone hohen Beschleunigungen ausgesetzt sind, kann es zum Gleiten kommen. Die durch diese Gleitkontakte entstehende Wärme kann so hoch sein, dass die beiden Oberflächen an den direkten Kontaktpunkten des Metalls miteinander verschmelzen. Durch diesen Schweißvorgang erfolgt eine Materialübertragung von einer Oberfläche zur anderen; somit entstehen eine höhere Reibung und örtliche Spannungskonzentrationen mit der hohen Gefahr von Rissbildungen und vorzeitigem Lagerausfall. **Bild 40** zeigt den Außenring eines Pendelrollenlagers. Jede Reihe weist eine Ansmierstelle auf. Beachten Sie die beiden Verschleißspuren in der Lastzone. Ein weiteres Beispiel für eine Ansmierung zeigt **Bild 41**.

Ansmierung kann ebenfalls in Anwendungen auftreten, bei denen die Belastung im Verhältnis zur Umlaufdrehzahl zu gering ist. Das Gleiten der Wälzkörper führt zu einem raschen Temperaturanstieg, der ein örtliches Verschmelzen sowie die Materialübertragung von einer Oberfläche zur anderen verursachen kann (→ **Bild 42**).

Auch z. B. an Befestigungsflanschen und Rollenstirnseiten in Zylinder- und Kegelrollenlagern, an Führungsring- und Rollenstirnseiten in Pendelrollenlagern und an der axial belasteten Seite von Rollen und Laufbahnen bei Axial-Pendelrollenlagern kann es zur Ansmierung kommen (→ **Bild 42**).

Verschleiß im gesamten Lager ist auch auf eine ineffektive Schmierung zurückzuführen. **Bild 43** zeigt diese Art von Beschädigung.

Bild 40

Ansmierung auf der Wiedereintrittsseite der Lastzone im Außenring eines Pendelrollenlagers
ISO-Klassifizierung: Adhäsiver Verschleiß



Bild 41

Ansmierung auf einer Laufbahn des stillstehenden Innenrings eines Pendelrollenlagers
ISO-Klassifizierung: Adhäsiver Verschleiß



Bild 42

Ansmierung auf der axial belasteten Seite einer Rolle eines Axial-Pendelrollenlagers
ISO-Klassifizierung: Adhäsiver Verschleiß



Die meisten Metallkäfige sind nicht gehärtet. Bei einer ineffektiven Schmierung setzt der Verschleiß oftmals in den Käfigtaschen ein (→ **Bilder 44** und **45**).

Bild 43

Verschleiß infolge einer ineffektiven Schmierung in einem Pendelrollenlager
ISO-Klassifizierung: Abrasiver Verschleiß



Bild 44

Verschleiß infolge einer ineffektiven Schmierung: massiver Messingkäfig eines Zylinderrollenlagers
ISO-Klassifizierung: Abrasiver Verschleiß



Bild 45

Fortgeschrittener Verschleiß infolge einer ineffektiven Schmierung: massiver Stahlkäfig eines einreihigen Schrägkugellagers
ISO-Klassifizierung: Abrasiver Verschleiß



Lagerschäden und ihre Ursachen

Ineffektive Abdichtung

Dieser Abschnitt behandelt Lagerschäden aufgrund von ineffektiven Dichtungsanordnungen.

Wenn Verunreinigungen in den Lagerhohlraum eindringen, verkürzt dies die Lagergebrauchsdauer. Es ist daher von größter Bedeutung, die Lager mit integrierten Berührungsdichtungen oder Deckscheiben oder Dichtungen außerhalb des Lagers zu schützen. In stark verunreinigten Umgebungen kann es ratsam sein, beide Dichtungslösungen einzusetzen.

Wenn feste Verunreinigungen in ein Lager eindringen, kann der Schmierstoff seine Effektivität verlieren und Verschleiß auftreten. Dies ist ein beschleunigter Prozess, da der Schmierstoff weiter abgebaut wird und der Verschleiß die Mikrogeometrie des Lagers zerstört. Die Geschwindigkeit dieses Prozesses hängt vor allem von der Art der Verunreinigung ab und ob die Verschleißpartikel im Lager bleiben oder entfernt werden (Nachschmierung). Meistens führt der Verschleiß zu matten Oberflächen (→ **Bilder 46 bis 48**).

Bild 46 zeigt den Außenring eines Pendelrollenlagers mit zwei Verschleißspuren in der Lastzone. Eine leichte Welligkeit infolge von Schwingungen während des Betriebs ist ebenfalls zu sehen. **Bild 47** zeigt den Innenring eines Pendelrollenlagers in einer Anwendung mit umlaufendem Außenring. In beiden Laufbahnen ist der Verschleiß fortgeschritten und die Schälung hat eingesetzt. **Bild 48** zeigt den Innenring eines großen Pendelrollenlagers in einer Anwendung mit umlaufendem Außenring. Der Verschleiß ist weit fortgeschritten und die Schälung hat eingesetzt. Jede Laufbahn hat zwei Verschleißzonen. Der Verschleiß trat in einer Zone auf, um anschließend infolge eines wandernden Innenrings auch in der zweiten Zone einzusetzen.

Bild 46

Verschleiß im Außenring eines Pendelrollenlagers
ISO-Klassifizierung: Abrasiver Verschleiß

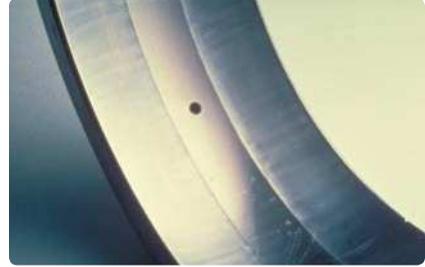


Bild 47

Fortgeschrittener Verschleiß am stillstehenden Innenring eines Pendelrollenlagers
ISO-Klassifizierung: Abrasiver Verschleiß



Bild 48

Weit fortgeschrittener Verschleiß am stillstehenden Innenring eines großen Pendelrollenlagers
ISO-Klassifizierung: Abrasiver Verschleiß



Manchmal agieren Verschleißpartikel oder andere feste Verunreinigungen als Poliermittel, was zu extrem glänzenden Kontaktflächen führt. Das Ausmaß des Poliereffekts richtet sich nach der Partikelgröße, ihrer Härte und nach der Dauer (→ **Bilder 49** und **50**).

Bild 49

Polierender Verschleiß in einem Pendelrollenlager
ISO-Klassifizierung: Abrasiver Verschleiß



Bild 50

Polierender Verschleiß am Innenring eines großen Pendelrollenlagers
ISO-Klassifizierung: Abrasiver Verschleiß



Lagerschäden und ihre Ursachen

Feste Verunreinigungen, die in den Lagerhohlraum eindringen, verursachen Eindrückungen, wenn sie auf den Laufbahnen von den Wälzkörpern überrollt werden. Die Beschädigung der Laufbahnen hängt von der Art der Verunreinigung ab. Sehr harte Partikel wie Al_2O_3 (Material eines Schleifsteins) erzeugen Eindrückungen mit scharfen Kanten, die in den beschädigten Bereichen zu hohen Spannungen führen. Weiche Verunreinigungen wie ein dünner Papierschnipsel oder ein Faden von einem Baumwolltuch können ebenfalls schädliche Eindrückungen verursachen.

Jede Eindrückung birgt die Gefahr, eine vorzeitige Ermüdung auszulösen.

Bild 51 zeigt eine Eindrückung durch ein überrolltes Drahtstück in einem sehr großen Pendelrollenlager.

Bild 52 zeigt Eindrückungen in einem sehr großen Pendelrollenlager. Die große Zahl der Eindrückungen ist für eine erhebliche Verkürzung der Lagergebrauchsdauer verantwortlich.

Bild 53 zeigt ein Rillenkugellager mit Eindrückungen infolge von Verunreinigungen. Die Schälung begann an den beiden eingekreisten Stellen und entwickelte sich von dort aus weiter.

Bild 51

Eine Eindrückung durch ein Drahtstück in einem sehr großen Pendelrollenlager
ISO-Klassifizierung: Eindrückung durch Verunreinigung



Bild 52

Eindrückungen durch Verunreinigungen in einem großen Pendelrollenlager
ISO-Klassifizierung: Eindrückung durch Verunreinigung



Bild 53

Schälung in einem Rillenkugellager aufgrund von Eindrückungen
ISO-Klassifizierung: Eindrückung durch Verunreinigung



Korrosion ist ein weiteres Problem, das – vor allem bei Stillständen – als Ergebnis einer ineffektiven Dichtungsanordnung auftritt.

Wasser, Säuren und viele Reinigungsmittel führen zu einem Schmierstoffabbau, der zu Korrosion führt.

Wenn Wasser, Säuren oder Reinigungsmittel in eine Anwendung eindringen, beeinträchtigt dies die Fähigkeit des Schmierstoffs, die Stahloberflächen vor Oxidation zu schützen. Bei einem Stillstand der Maschine bildet sich daher schnell festsitzender Rost.

Mit der Zeit bildet die überschüssige Feuchtigkeit eine Säure im Schmierstoff und ätzt die Oberfläche schwarz, siehe **Bild 54**.

Durch das Vorhandensein von Wasser und aufgrund des Kapillareffekts kann auch der Bereich neben der Kontaktzone der Wälzkörper korrodieren (→ **Bild 55**). Diese Korrosion erscheint als grau-schwarze Streifen auf den Laufbahnen, die normalerweise mit dem Abstand zwischen den Wälzkörpern übereinstimmen (→ **Bild 56**).

Bild 54

Säure durch Feuchtigkeit in einem Pendeltrollenlager
ISO-Klassifizierung: Feuchtigkeitskorrosion

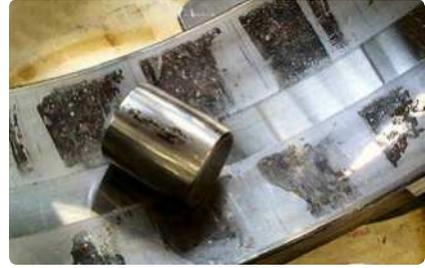


Bild 55

Aufgrund des Kapillareffekts kann auch der Bereich neben der Kontaktzone der Wälzkörper korrodieren.
ISO-Klassifizierung: Feuchtigkeitskorrosion

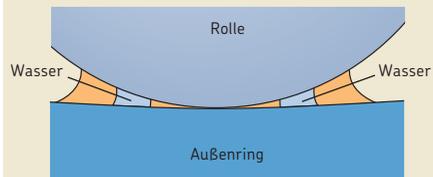


Bild 56

Korrosionsstreifen durch Wasser im Schmierstoff
ISO-Klassifizierung: Feuchtigkeitskorrosion



Lagerschäden und ihre Ursachen

Haben Wasser, Säuren oder Reinigungsmittel die Schutzfunktion des Schmierstoffs gegenüber den Stahloberflächen herabgesetzt und der Stillstand dauert an, kann es auf der gesamten Oberfläche von Ringen und Wälkörpern zu Korrosionen kommen (→ **Bilder 57** und **58**).

Bild 57

Rost auf dem Außenring eines Pendelrollenlagers aufgrund von Feuchtigkeit während eines längeren Stillstands

ISO-Klassifizierung: Feuchtigkeitskorrosion



Bild 58

Rost auf der Rolle eines Pendelrollenlagers aufgrund von Feuchtigkeit während eines längeren Stillstands

ISO-Klassifizierung: Feuchtigkeitskorrosion



Schwingungen (Stillstandsmarken)

Schwingungen, vor allem im Stillstand, sind eine weitere Ursache von Lagerschäden. Im Fall von Zusatz- und Standby-Ausrüstung können Schwingungsschäden durch benachbarte laufende Maschinen verursacht werden. Je nachdem, wie nahe der inaktiven Einheit sich die aktive(n) Einheit(en) befinden, führen die von der laufenden Ausrüstung erzeugten Schwingungen zu einem Schwingen der Wälzkörper in den Lagern der stillstehenden Maschine. Je nach Intensität und Frequenz der Schwingung, des Zustands von Schmierstoff und Belastung, entsteht eine Kombination aus Korrosion und Verschleiß, die flache Eindrückungen in der Laufbahn bildet.

Die Eindrückungen weisen den gleichen Abstand auf wie die Wälzkörper und sind häufig verfärbt (rötlich) oder glänzend (kugelförmige Eindrückungen bei Kugellagern, Linien bei Rollenlagern).

Das Ausmaß und die Dauer der Schwingungen und die Lagerluft wirken sich auf die Beschädigung aus. Rollenlager sind offenbar eher anfällig gegenüber diesem Schadenstyp als Kugellager.

Bild 59 zeigt das Ergebnis von schwingungsbedingten Schäden in einem Pendelkugellager in einer Standby-Einheit. **Bild 60** zeigt ähnliche Auswirkungen in einem CARB Toroidalrollenlager aufgrund eines längeren Stillstands.

Bild 61 zeigt Stillstandsmarken im Außenring eines Zylinderrollenlagers. Das Lager war an einem Elektromotor eines Zusatz-Ausrüstungsteils montiert. Es gab mehrere Stoppes und Starts, und bei jedem Stillstand traten Schwingungsschäden auf. Mehrere „Riffelsätze“ im Abstand der Rollen sind zu sehen. Die drei Pfeile weisen auf die gravierendsten Schäden – im Rollenabstand – während eines längeren Stillstands hin.

Bild 59

Schwingungsschäden in einem Pendelkugellager in einer Standby-Einheit
ISO-Klassifizierung: Stillstandsmarken



Bild 60

Schwingungsschäden in einem CARB Toroidalrollenlager aufgrund eines längeren Stillstands
ISO-Klassifizierung: Stillstandsmarken



Bild 61

Schwingungsschäden in einem Zylinderrollenlager in einem Zusatz-Ausrüstungsteil
ISO-Klassifizierung: Stillstandsmarken



Lagerschäden und ihre Ursachen

Schiefstellung im Betrieb

Zu den Ursachen von Betriebs-Schiefstellungen gehören Wellendurchbiegungen infolge von hohen Belastungen oder Änderungen der Lastamplituden während des Betriebs (Unwucht). Bei Schiefstellungen im Betrieb verlaufen die Lastzonen nicht parallel zu den Laufrillen (→ **Bild 9** auf **Seite 297**). Das Ergebnis sind induzierte Axiallasten mit hohem Gefahrenpotenzial, da sie zu Ermüdungsbrüchen führen können. **Bild 62** zeigt den Außenring eines zweireihigen vollrolligen NNCF-Zylinderrollenlagers. Infolge von Ermüdung durch induzierte Axiallasten aufgrund von Wellendurchbiegungen ist der Flansch am Außenring fast vollständig abgebrochen.

Bild 62

Ermüdungsbruch des Flanschs am Außenring in einem zweireihigen vollrolligen Zylinderrollenlager
ISO-Klassifizierung: Ermüdungsbruch



Stromdurchgang durch das Lager

Nähere Informationen zu Schäden aufgrund von Überspannung enthält der Abschnitt *Zu hoher Stromdurchgang durch das Lager, aufgrund hoher Spannungen* auf **Seite 307**.

Stromschäden können sogar entstehen, wenn die Stromstärke relativ niedrig ist. Leckströme können folgende Ursachen haben: Frequenzumrichter, Stromasymmetrie, Motor-konstruktion, asymmetrische Verkabelung, Erdung und angetriebene Maschinen. Anfangs bestehen die Oberflächenschäden aus flachen, dicht platzierten Kratern, die so klein sind, dass man sie nur vergrößert erkennen kann (→ **Bilder 63** und **64**).

Ein Querschnitt durch das Material und eine etwa 500-fache Vergrößerung zeigt die Veränderungen im Material (→ **Bild 65**). Der weiße Bereich zeigt, dass das Metall wieder gehärtet wurde, üblicherweise 66 bis 68 HRC. Das Material ist sehr hart und brüchig. Unter dem gehärteten Bereich befindet sich eine schwarze, weichgeglühte Schicht, die weicher ist (56 bis 57 HRC) als der umgebende Lagerwerkstoff.

Bild 63

Leckstrom: Bei einer 500-fachen Vergrößerung werden kleine Krater sichtbar.
ISO-Klassifizierung: Leckstrom

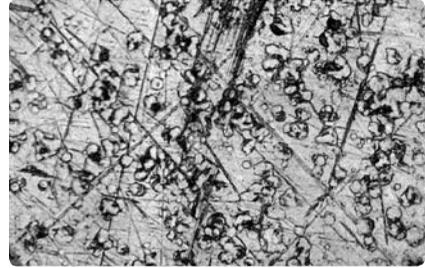


Bild 64

Krater (1000-fache Vergrößerung)
ISO-Klassifizierung: Leckstrom

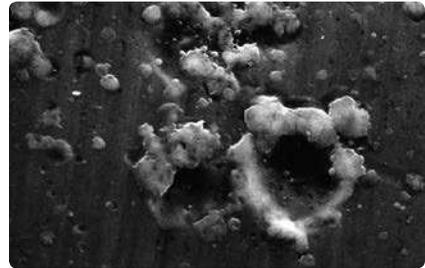
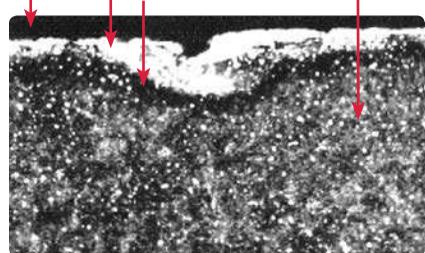


Bild 65

Materialveränderung: Lagerring-Querschnitt bei 500-facher Vergrößerung
ISO-Klassifizierung: Leckstrom

Wieder gehärtet 66–68 HRC (weiß) Normal 58–62 HRC

Laufbahn Weichgeglüht 56–57 HRC (schwarz)



Lagerschäden und ihre Ursachen

Das Ausmaß der Schäden hängt von mehreren Faktoren ab: Lagerausführung, Stromstärke, Dauer, Lagerbelastung, Lagerluft, Drehzahl und Schmierstoff. Mit der Zeit können sich Riffeln (auch Waschbrett-Effekt genannt) aus den Kratern entwickeln (→ **Bilder 66** und **67**), parallel zur Rollenachse. Sie können sehr tief sein und zu Lärmentwicklung und Schwingungen während des Betriebs führen. Das Lager wird schließlich aufgrund von Materialermüdung ausfallen. Neben dem Riffelmuster auf den Lagerringen und -rollen gibt es zwei weitere Anzeichen, die auf Schäden durch Leckströme hinweisen: stumpf-dunkelgrau verfärbte Wälzkörper (→ **Bild 68**), zusammen mit einer sehr fein dunkel verfärbten, mattgrauen Lastzone. Das Schmierfett auf oder an den Käfigstegen ist schwarz (verkohlt) (→ **Bild 69**).

Stromschäden können ebenfalls auf statische Elektrizität zurückzuführen sein, die von aufgeladenen Riemen ausströmt, oder auf Fertigungsprozesse, an denen Leder, Papier, Stoff oder Gummi beteiligt sind. Diese Leckströme durchlaufen die Welle und das Lager bis zur Erde. Wenn der Strom den Schmierfilm zwischen Wälzkörpern und Laufbahnen überbrückt, entstehen mikroskopische Lichtbögen.

HINWEIS: Um Probleme mit Schäden durch Leckströme zu vermeiden, empfiehlt SKF Lager mit Isolierungsfunktion: Hybrid- oder INSOCOAT Lager. Mithilfe von SKF Messgeräten zum Erkennen von Funkenerosion lässt sich das Vorhandensein von Funkenemissionen in Wälzlagern feststellen.

Bild 66

Riffeln (Waschbrett-Effekt) in einem frühen Stadium in einem Pendelrollenlager
ISO-Klassifizierung: Leckstrom



Bild 67

Fortgeschrittene Riffelbildung in einem Rillenkugellager
ISO-Klassifizierung: Leckstrom



Bild 68

Links: Kugel mit stumpfer Farbe aufgrund von Leckströmen Rechts: normale Kugel
ISO-Klassifizierung: Leckstrom



Bild 69

Verbranntes Schmierfett auf den Käfigstegen
ISO-Klassifizierung: Leckstrom





SKF

Instandhaltungsunterstützung

Einführung	326
Schulungen	326
SKF Reliability Maintenance Institute	326
Unterricht	326
Angepasste Schulung	326
SKF Reliability Maintenance Institute online	327
SKF @ptitude Exchange	327
SKF @ptitude Decision Support	327
Instandhaltungsstrategieprüfung	328
SKF Potenzialanalyse	328
SKF Integrated Maintenance Solutions	329
Energie- und Nachhaltigkeits- Management	329
SKF Energy Monitoring Service	329
Shopfloor Awareness Cards	330
Mechanische Instandhaltungsservices ..	330
Rekonditionierung und Instandsetzung ..	331
SKF Remanufacturing Services	331
SKF Machine Tool Precision Services	331
SKF Vertragshändler	331
SKF Certified Maintenance Partner	331
SKF Certified Rebuilder Programm für Elektromotoren	331

Einführung

Um Sie bei Ihren Instandhaltungsbemühungen für Ihre Maschinen noch weiter zu unterstützen, bietet SKF ein umfangreiches Portfolio an Supportleistungen an.

Dieses Kapitel enthält eine Übersicht über diese Serviceangebote. Ausführliche Beschreibungen finden Sie unter www.skf.com/services und/oder www.apitudexchange.com.

Schulungen

Die Bereitstellung der geeigneten Schulungen gewährleistet, dass Sie und Ihre Mitarbeiter das nötige Know-how und die erforderlichen Fähigkeiten besitzen, um Ihre Maschinen und Anlagen korrekt instandzuhalten und zu verwalten. Dadurch werden die Instandhaltungskosten gesenkt und die Anlagenzuverlässigkeit und Produktivität verbessert.

Das SKF Schulungsangebot reicht von der maßgeschneiderten Einzelausbildung vor Ort bis hin zu Online-Schulungen, die Sie in Ihrem eigenen Tempo absolvieren können, wann immer Sie Zeit finden.

Das umfangreiche Portfolio an Kursen hat die Maschinenzuverlässigkeit zum Thema

und bietet die Vermittlung von Grundkenntnissen bis hin zum Expertenniveau.

Unabhängig von Ihrer Branche oder den von Ihnen eingesetzten Maschinen kann SKF Sie dabei unterstützen und Ihnen zeigen, wie Sie die Instandhaltung Ihrer Sachanlagen optimieren können.

SKF Reliability Maintenance Institute

Das SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) bietet ein umfassendes Sortiment an Schulungskursen für verschiedene Qualifikationsstufen an. Das Schulungsportfolio deckt die meisten Aspekte der Maschineninstandhaltung und -zuverlässigkeit ab, von Lager-Grundkenntnissen und Schmierung bis hin zu Instandhaltungsstrategien und Anlagenmanagement.

Unterricht

Klassische RMI-Kurse im Unterrichtsraum werden von hochqualifizierten Schulungsleitern in verschiedenen SKF Ausbildungseinrichtungen gehalten, können jedoch auf Anfrage auch vor Ort beim Kunden stattfinden. Bei der Vor-Ort-Schulung besucht Sie der Kursleiter im Werk und bringt das Know-how mit, sodass Sie die Ausbildung direkt an Ihren Maschinen und Anlagen durchführen können.



Die meisten Kurse enden mit einem Zertifizierungstest. Die Teilnehmer, die den Test erfolgreich absolvieren, erhalten für diesen Kurs ein SKF Zertifikat.

Angepasste Schulung

SKF stellt maßgeschneiderte Schulungsprogramme für einzelne Unternehmen gemäß deren speziellen Anforderungen zusammen. Ob Fachkenntnisse der Mitarbeiter, Prozess- oder Ausrüstungsschulung – die RMI-Spezialisten analysieren Aufgaben und Fertigkeiten, um den Schulungsbedarf zu ermitteln, Kursmaterialien zusammenzustellen und einen Ausbildungsplan zu realisieren.

SKF Reliability Maintenance Institute online

Der Online-Bereich des SKF Reliability Maintenance Institute (RMI) bietet ein erweitertes Sortiment mit Einführungskursen per E-Learning an, die eine ganze Reihe von Themen abdecken. Die Kursteilnehmer bestimmen das Kurstempo und die Kurszeiten selbst. Durch das Online-Angebot des RMI können die Teilnehmer miteinander und mit den Kursleitern zusammenarbeiten. Die Funktion „Fragen Sie den Experten“ versorgt den Teilnehmer mit direktem Zugang zu unserem umfangreichen Netzwerk aus SKF Fachleuten und maximiert dadurch die Lerneffektivität.

Ähnlich wie der Unterricht sind auch die Online-Kurse so aufgebaut, dass sie den Prozess der Asset Efficiency Optimization von SKF widerspiegeln. Nach Abschluss eines Kurses kann jeder Teilnehmer seinen Lernerfolg anhand eines Tests feststellen. Für alle erfolgreichen Teilnehmer werden Zertifikate zum Ausdrucken bereitgestellt.

SKF @ptitude Exchange

SKF @ptitude Exchange bietet SKF Fachwissen zur Instandhaltung und Zuverlässigkeit von Anlagen und konzentriert sich auf drei Bereiche:

- Anlagenmanagement, z. B. Instandhaltungsoptimierung und Logistik
- Mechanische Instandhaltung, z. B. Auswuchtung, Ausrichtung und Schmierung
- Zuverlässigkeitstechnik, z. B. zustandsabhängige Instandhaltung, Schwingungsanalyse und Kontrolltechniken

Die Webseite des SKF @ptitude Exchange dient als Bibliothek des SKF Reliability Maintenance Institute und bietet eine Fülle an hochqualitativen technischen Informationen, um den Unterricht zu untermauern. Weißbücher, Artikel, Seminare und vieles mehr stehen den registrierten Anwendern gegen eine Gebühr zur Verfügung. Darüber hinaus kann auf viele Programme und interaktive Services zugegriffen werden, darunter:

- SKF Bearing Inspector, zur Unterstützung der Lagerschadensanalyse
- LubeSelect, für die Schmierstoffauswahl
- LuBase, für schmierstoffspezifische Daten
- SKF.com/mount, für ausführliche Einbauanleitungen für Lager, Gehäuse und Einheiten
- @ptitude Exchange Forum, für Diskussionen mit Instandhaltungs- und Zuverlässigkeitsexperten

Für einige der Programme wird ein Abonnement benötigt.

SKF @ptitude Decision Support

SKF @ptitude Decision Support ist ein Wissensmanagementsystem, das moderne, intelligente Technologien nutzt, um Daten verschiedener Quellen in eine anwenderfreundliche, zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung zu integrieren. Es verbessert die Fähigkeit des Anwenders, die richtige Entscheidung zur rechten Zeit zu treffen und bietet einen strukturierten Ansatz, um Wissen zu erlangen und anzuwenden.

Instandhaltungsstrategieprüfung

Wie und wo kann ich die Leistung meiner Anlagen optimieren? Sollte ich vielleicht mein Werk an Branchen-Benchmarks ausrichten? Wie kann ich sicherstellen, dass sich der Instandhaltungsprozess in meinem Werk kontinuierlich verbessert?

Das sind alles gute Fragen. Doch die richtigen Antworten zu finden und Strategien zu entwickeln, die diese Fragen angehen, ist nicht immer einfach. Herausforderungen in der Produktion und enge Termine erschweren es, Verbesserungsmöglichkeiten zu identifizieren und erfolgreich zu nutzen. Doch wir unterstützen Sie.

Um erfolgreich zu sein, müssen Sie gewährleisten, dass Ihre Instandhaltungsstrategie und deren Durchführung deckungsgleich sind, damit Sie die erwarteten Vorteile auch erreichen. Gemeinsam mit Ihrem Werksteam sorgt Ihr SKF Berater dafür, dass Ihnen für diese Aufgabe die notwendigen Werkzeuge und Techniken sowie Coaching und Anleitung zur Verfügung stehen.

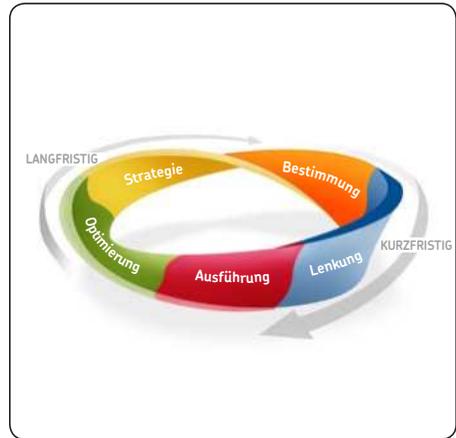
Zum SKF Angebot gehört eine Prüfung Ihrer Instandhaltungsstrategie, ein Benchmarking in Ihrer Branche und die Erstellung eines Berichts, der Ihnen den Weg nach vorne aufzeigt. Bei Ihrem Entscheidungsprozess bezüglich der Verbesserungen und der Implementierung dieser Empfehlungen kann SKF Sie in jeder Phase unterstützen und das Wissen, die Technologien und Schulungen bereitstellen, die Ihre Mitarbeiter benötigen, um die gewünschten Erfolge zu erzielen.

Oder SKF implementiert und liefert Ihr Maschinen-Instandhaltungsprogramm in Ihrem Auftrag und stellt Know-how, Personal und Ausrüstung zur Verfügung, die zur Erreichung der gemeinsam vereinbarten Ergebnisse erforderlich sind.

SKF Potenzialanalyse

Ein möglicher Ausgangspunkt bei der Beurteilung der Effektivität Ihrer aktuellen Instandhaltungsstrategie ist die Durchführung einer SKF Potenzialanalyse. Dieser Service kann sich entweder mit Ihren Anlagenmanagementstrategien und/oder mit den Themen Energieeffizienz und Nachhaltigkeit befassen.

Eine integrierte zuverlässigkeits- und risikoorientierte Anlagenmanagementstrategie be-



ginnt damit, dass Sie die aktuelle Situation in Ihrem Betrieb analysieren und Ziele definieren, die eine optimale Performance ermöglichen. Mit der SKF Potenzialanalyse können Sie diese Herausforderung meistern. Die Potenzialanalyse kombiniert unsere Erfahrungen aus der zuverlässigkeitsorientierten Instandhaltung mit Ihrem Spezialwissen über die innerbetriebliche Situation. Durch die Analyse erhalten Sie nützliche und konkrete Informationen und können sich auf realistische Verbesserungspotenziale konzentrieren.

Die SKF Potenzialanalyse erfasst die aktuelle Situation in Ihrem Betrieb und erwägt außerdem branchenspezifische Instandhaltungs- und Zuverlässigkeitsaspekte, um eine individuelle bedarfsorientierte Analyse zu erstellen.

Nachdem wir einen Einblick in Ihre aktuellen Zuverlässigkeitsinstandhaltungsprozesse gewonnen haben, helfen wir beim Entwickeln eines Maßnahmenplans, um Ihre dringlichsten Herausforderungen anzugehen.

SKF Integrated Maintenance Solutions

Integrated Maintenance Solution (IMS) bedeutet Partnerschaft. SKF übernimmt die Planung und Umsetzung einer Anlagenmanagementstrategie, die den Betrieb Ihrer Fertigungsanlagen zuverlässiger und wirtschaftlicher macht. Durch einen IMS-Vertrag wird SKF zum festen Bestandteil Ihres Betriebsteams. Wir liefern Lager, Dichtungen und Schmierstoffe, übernehmen die Instandhaltung Ihrer Maschinen und kombinieren unsere Erfahrungen im Anlagenmanagement mit unserem Wissen über rotierende Maschinen zu Ihrem Vorteil: Damit Sie die Betriebs- und Wartungskosten Ihrer Betriebsmittel senken können.

Die wichtigsten Vorteile auf einen Blick:

- größere Maschinenzuverlässigkeit und Verfügbarkeit
- Verwaltung der Gesamtkosten und Steuerung der Instandhaltungskosten
- Ausbau der Instandhaltung, der Zuverlässigkeitskompetenz und der Fachkenntnisse
- Verringerung der Kapitalkosten für Technik und Lagerhaltung
- Gewährleistung fristgerechter Lieferungen und Kostenkontrolle für die MRO-Komponenten (Wartung, Reparatur, Betrieb)
- Wissen und Erfahrungen der SKF Experten



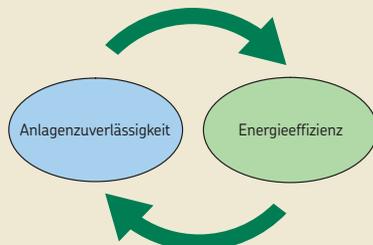
Energie- und Nachhaltigkeits-Management

Anhand der Energieeffizienz lässt sich aufzeigen, wie zuverlässig die Maschinenanlagen, z. B. Pumpen, sind. Die Energieeffizienz kann zwar Aufschluss über die Zuverlässigkeit geben, jedoch nicht zur Vorhersage und Aufdeckung bestimmter Instandhaltungsprobleme herangezogen werden. Daher ergänzen sich die Energie- und Zustandsüberwachungsprogramme von SKF und bieten maximale Vorteile und Einsparmöglichkeiten, wenn sie parallel implementiert werden.

SKF Energy Monitoring Service

SKF bietet Energieüberwachungsservices für Druckluft- und Pumpensysteme an. Beide Dienstleistungen helfen Ihnen bei der Erkennung von Energieeinsparpotenzialen und verbessern Ihre Umweltbilanz. Die wichtigsten Vorteile auf einen Blick:

Lösungen mit wesentlichen Auswirkungen auf die Energieeffizienz



Lösungen mit wesentlichen Auswirkungen auf die Zuverlässigkeit

Instandhaltungsunterstützung

- Kosteneinsparungen – durch die Identifizierung von Möglichkeiten zur Systemoptimierung und Energiereduzierung
- Programmmanagement durch Experten – professionelle Datenerfassung und -analyse mit Empfehlungen für Maßnahmen zur Verbesserung der Systemeffizienz
- Best Practices – die Kombination aus SKF Produkten und Dienstleistungen für die Zustandsüberwachung mit bewährten Best Practices für die Überwachung und Berechnung der Energie- und CO₂-Emissionen
- ODR-basiert – die Anwendung der bewährten Werkzeuge und Methoden der bedienergestützten Zuverlässigkeit, um Bediener und Führungskräfte in der Energiefrage und im Energiemanagement zu engagieren
- Integration – die Kombination von Energiedaten mit vorhandenen Zustandsüberwachungsprogrammen für Datenvergleich, -analyse und Berichte
- flexible Ressourcenbereitstellung – mithilfe interner, von SKF geschulter Mitarbeiter oder durch SKF über einen Servicevertrag

Shopfloor Awareness Cards

Die Erfahrung des United States Department of Energy zeigt, dass ein umfassendes Programm zum energiebewussten Umgang den Energieverbrauch um 5 % senken kann, ohne dass größere finanzielle Investitionen erforderlich sind.

Mit den Shopfloor Awareness Cards von SKF zum Thema Energie und Nachhaltigkeit steht Führungskräften das perfekte Mittel zur Verfügung, um ihre Teams aktiv in eine Diskussion über Energie und Nachhaltigkeit einzubinden, die zum Feedback auffordert und zur Ideenfindung in Sachen Einsparmöglichkeiten anspornt.

So wie viele Unternehmen zu Beginn jedes Zusammentreffens das Thema Sicherheit behandeln, können die Shopfloor Awareness Cards dazu beitragen, jedes Meeting um eine „Energie-minute“ zu bereichern. Die Karten präsentieren bestimmte Energie- und Nachhaltigkeitsthemen auf eine einfache, verständliche und nachvollziehbare Weise. Sie sind nicht als umfassendes Weiterbildungsprogramm gedacht, sondern sollen die Themen Energie und Nachhaltigkeit regelmäßig bei allen Mitarbeitern ins Bewusstsein rufen.

Mechanische Instandhaltungsservices

Da die Instandhaltung von Ausrüstung infolge des technischen Fortschritts und der Umwelt- und Sicherheitsgesetze immer komplexer wird, brauchen immer mehr Unternehmen Hilfe bei ihren Wartungsaktivitäten. SKF bietet ein breites Spektrum an mechanischen Instandhaltungsservices an, mit denen unsere Kunden ihre Instandhaltungsziele realisieren können. Folgende Leistungen werden angeboten:

- Maschineninstallation
- Präzisionsausrichten
- 3D-Messung
- Bearbeitung vor Ort
- Feinstauswuchten
- Ein- und Ausbau von Lagern
- Schmierungslösungen



Rekonditionierung und Instandsetzung

SKF Remanufacturing Services

Rekonditionierung kann die Gebrauchsdauer Ihrer Lager verlängern, Ihre Instandhaltungskosten senken und die Umweltverträglichkeit verbessern. SKF unterhält ein weltweites Netzwerk von SKF Service Centres für Rekonditionierungsarbeiten. Bei der Rekonditionierung setzen wir die gleichen Werkstoffe, Verfahren und Maschinen ein, mit denen neue Lager hergestellt werden. So können Sie sich darauf verlassen, dass Ihre Lager, einschließlich der Zubehörkomponenten, immer mit der gleichen Qualität, den gleichen Arbeitsprozessen und dem gleichen Wissen behandelt werden, egal an welches SKF Reparatur Service Center Sie sich wenden.

Bei der Entscheidungsfindung, ob sich Ihre Lager für die Rekonditionierung eignen, hilft Ihnen gerne Ihr SKF Ansprechpartner vor Ort.

SKF Machine Tool Precision Services

SKF ist der weltweit größte Anbieter von Spindel-Rekonditionierungen. Wir bieten eine breite Auswahl an einschlägigen Fachdienstleistungen an, von der Aufrüstung über die Analyse bis zur Rekonditionierung und zum Austausch.

SKF Vertragshändler

SKF legt größten Wert darauf, das Netzwerk von Vertragshändlern auszubauen und zu unterstützen, um ihren Kunden einen Mehrwert bieten zu können. Dies bedeutet, dass sich Anwender von SKF Produkten darauf verlassen können, von ihrem SKF Vertragshändler schnell beliefert zu werden sowie fundierten Rat und umfassenden Service zu erhalten.

Unser weltweites Netzwerk von Vertragshändlern stellt die Verfügbarkeit von SKF Produkten und Services praktisch überall auf der Welt sicher. Die Kombination aus globalem SKF Wissen und lokalem Know-how der Vertragshändler ist eine unschlagbare Ressource für alle, die sich mit der Instandhaltung und Zuverlässigkeit von Industriemaschinen beschäftigen.

Ihren SKF Vertragshändler vor Ort finden Sie auf der landesspezifischen Webseite oder unter www.skf.com.



SKF Certified Maintenance Partner

SKF Certified Maintenance Partner sind SKF Vertragshändler, die an speziellen Schulungen zum Thema Zuverlässigkeit teilgenommen haben. Das gibt Ihnen die Möglichkeit, den Maschinenbetrieb besser zu überwachen, drohende Maschinenausfälle frühzeitig zu erkennen und bislang verborgene Einsparmöglichkeiten zu finden.

SKF Certified Rebuilder Programm für Elektromotoren

Das SKF Certified Rebuilder Programm für Elektromotoren vermittelt das Wissen, die Ressourcen und genauen Verfahren, mit denen sich eine längere und zuverlässigere Motorgebrauchsdauer sowie eine verbesserte Leistung und Rentabilität erzielen lässt. Motorwerkstätten, die das angesehene SKF Programm anbieten, müssen strenge Vorgaben erfüllen.

Anhänge

Anhang A: Passungsempfehlungen	334
A-1 Passungen für Vollwellen aus Stahl (für Radiallager mit zylindrischer Bohrung)	334
A-2 Passungen für Vollwellen aus Stahl (für Axiallager)	336
A-3 Passungen für ungeteilte Gehäuse aus Gusseisen und Stahl (für Radiallager)	336
A-4 Passungen für geteilte oder ungeteilte Gehäuse aus Gusseisen und Stahl (für Radiallager)	337
A-5 Passungen für Gehäuse aus Gusseisen und Stahl (für Axiallager)	337
Anhang B: Wellen- und Gehäusetoleranzen	338
B-1 Wellenpassungen (metrisch)	338
B-2 Gehäusepassungen (metrisch)	350
B-3 Wellenpassungen (in Zollabmessungen)	360
B-4 Gehäusepassungen (in Zollabmessungen)	372
B-5 Korrigierte Wellenabmaße bei Lagern in Zollabmessungen	382
B-6 Korrigierte Bohrungsabmaße bei Lagern in Zollabmessungen	383
B-7 Wellentoleranzen für Lager mit Hülsenbefestigung	384
Anhang C: ISO-Toleranzklassen	385
Anhang D: Genauigkeit der Lagersitze	386
D-1 Genauigkeit der Form und Position von Lagersitzen	386
D-2 Rauheit der Lagersitzflächen	387
D-3 Abmessungen für Freistiche	387
Anhang E: Lagerluft	388
E-1 Radialluft von Rillenkugellagern	388
E-2 Axialluft von Universal-Schräggugellagern für den satzweisen Einbau in O- oder X-Anordnung	389
E-3 Axiale Vorspannung von Universal-Schräggugellagern für den satzweisen Einbau in O- oder X-Anordnung	389
E-4 Axialluft von zweireihigen Schräggugellagern	390
E-5 Axialluft von Vierpunktlagern	391
E-6 Radialluft von Pendelkugellagern	392
E-7 Radialluft von Zylinderrollen- und Nadellagern	393
E-8 Axialluft von NUP-Zylinderrollenlagern	394
E-9 Axialluft von NJ- und HJ-Zylinderrollenlagern	395
E-10 Axialluft von zusammengepassten einreihigen Kegelrollenlagern (metrisch)	396
E-11 Radialluft von Pendelrollenlagern mit zylindrischer Bohrung	397
E-12 Radialluft von Pendelrollenlagern mit kegeliger Bohrung	398
E-13 Radialluft von CARB Toroidalrollenlagern mit zylindrischer Bohrung	399
E-14 Radialluft von CARB Toroidalrollenlagern mit kegeliger Bohrung	400

E-15 Radialluft von Y-Lagern	401
Anhang F: Empfohlene Werte für die axiale Verschiebung, die Reduzierung der radialen Lagerluft und den Muttern-Anzugswinkel	402
F-1 Drive-up Daten für Pendelkugellager mit kegeliger Bohrung	402
F-2 Drive-up Daten für Pendelrollenlager mit kegeliger Bohrung	403
F-3 Drive-up Daten für CARB Toroidalrollenlager mit kegeliger Bohrung	404
Anhang G: Empfohlene Werte für die Vorbereitung der zugehörigen Komponenten für die Druckölmethode	405
G-1 Empfohlene Abmessungen für Ölzuführkanäle und Ölverteilungsritzen	405
G-2 Ausführung und empfohlene Abmessungen für die Traggewinde zum Anschluss der Ölzufuhr	405
Anhang H: Richtwerte für das SKF Drive-up-Verfahren	406
H-1 Richtwerte für den erforderlichen Öldruck und die axiale Verschiebbarkeit beim Einbau von Pendelkugellagern	406
H-2 Richtwerte für den erforderlichen Öldruck und die axiale Verschiebbarkeit beim Einbau von Pendelrollenlagern	407
H-3 Richtwerte für den erforderlichen Öldruck und die axiale Verschiebbarkeit beim Einbau von CARB Toroidalrollenlagern	412
Anhang I: Ölviskositätsäquivalente und ISO-Viskositätsklassen	414
I-1 Viskositätsäquivalente	414
I-2 ISO-Viskositätsklassen	415
Anhang J: Übersicht SKF Einbauwerkzeuge	416
Anhang K: Übersicht SKF Ausrichtsysteme	419
Anhang L: Übersicht SKF Schmierungstechnik	420
Anhang M: SKF Wälzlagerfette und Schmierfett-Auswahltafel	423
Anhang N: Übersicht SKF Basis-Zustandsüberwachungsgeräte	432
Anhang O: Übersicht SKF Ausbauwerkzeuge	435
Anhang P: Umrechnung angelsächsischer Einheiten in metrische Einheiten	437

Passungen für Vollwellen aus Stahl (für Radiallager mit zylindrischer Bohrung)

Bedingungen	Beispiele	Wellendurchmesser, mm Kugellager ¹⁾	Zylinderrollen- lager	Kegelrollen- lager	CARB Toroidalrollen- lager und Pendelrollen- lager	Toleranzklasse
Umfangslast am Innenring oder unbestimmte Lastrichtung						
Geringe und veränderliche Belastungen ($P \leq 0,05 C$)	Förderbänder, gering belastete Getriebelager	≤ 17	–	–	–	js5 (h5) ²⁾
		(17) bis 100	≤ 25	≤ 25	–	j6 (j5) ²⁾
		(100) bis 140	(25) bis 60 (60) bis 140	(25) bis 60 (60) bis 140	–	k6 m6
Normale bis hohe Belastungen ($P > 0,05 C$)	Allgemeine Lageranwendungen, Elektromotoren, Turbinen, Pumpen, Getriebe, Holzverarbeitungs- maschinen, Windenergieanlagen	≤ 10	–	–	–	js5
		(10) bis 17	–	–	–	j5 (js5) ²⁾
		(17) bis 100	–	–	< 25	k5 ³⁾
		–	≤ 30	≤ 40	–	k6
		(100) bis 140	(30) bis 50	–	25 bis 40	m5
		(140) bis 200	–	(40) bis 65	–	m6
		–	(50) bis 65	–	(40) bis 60	n5 ⁴⁾
		(200) bis 500	(65) bis 100 (100) bis 280	(65) bis 200 (200) bis 360	(60) bis 100 (100) bis 200	n6 ⁴⁾ p6 ⁵⁾
> 500	–	–	–	p7 ⁴⁾		
Hohe bis sehr hohe Belastungen und Stoßbelastungen unter schwierigen Betriebsbedingungen ($P > 0,1 C$)	Radsatzlagergehäuse für schwere Schienenfahrzeuge, Fahrmotoren, Walzwerke	–	(50) bis 65	–	(50) bis 70	n5 ⁴⁾
		–	(65) bis 85	(50) bis 110	–	n6 ⁴⁾
		–	(85) bis 140	(110) bis 200	(70) bis 140	p6 ⁶⁾
		–	(140) bis 300	(200) bis 500	(140) bis 280	r6 ⁷⁾
		–	(300) bis 500 > 500	– > 500	(280) bis 400 > 400	s6 _{min} ± IT6/2 ⁶⁾⁸⁾ s7 _{min} ± IT7/2 ⁶⁾⁸⁾
Hohe Anforderungen an die Laufgenauigkeit mit geringen Belastungen ($P \leq 0,05 C$) ¹⁰⁾	Werkzeugmaschinen	8 bis 240	–	–	–	js4
		–	25 bis 40	25 bis 40	–	js4 (j5) ⁹⁾
		–	(40) bis 140	(40) bis 140	–	k4 (k5) ⁹⁾
		–	(140) bis 200	(140) bis 200	–	m5
		–	(200) bis 500	(200) bis 500	–	n5
Punktlast am Innenring						
Einfache axiale Verschiebbarkeit des Innenrings auf der Welle wünschenswert	Räder auf nichtrotierenden Achsen					g6 ¹¹⁾
Einfache axiale Verschiebbarkeit des Innenrings auf der Welle nicht notwendig	Spannrollen, Seilscheiben					h6
Nur Axiallasten						
	Lageranwendungen aller Art	≤ 250	–	≤ 250	≤ 250	j6
		> 250	–	> 250	> 250	js6

- 1) Kugellager unter normalen bis hohen Belastungen ($P > 0,05 C$) benötigen oftmals eine radiale Lagerluft, die größer als Normal ist, wenn die o. g. Wellentoleranzklassen verwendet werden. Ist die radiale Lagerluft größer als Normal, doch die Betriebsbedingungen erfordern eine festere Passung, um den Innenring am Drehen (Wandern) zu hindern, müssen die nachstehenden Toleranzklassen verwendet werden:
- k4 für Wellendurchmesser 10 bis 17 mm
 - k5 für Wellendurchmesser (17) bis 25 mm
 - m5 für Wellendurchmesser (25) bis 140 mm
 - n6 für Wellendurchmesser (140) bis 300 mm
 - p6 für Wellendurchmesser (300) bis 500 mm
- Weitere Auskünfte erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.
- 2) Die in Klammern angegebene Toleranzklasse bezieht sich auf Lager aus nichtrostendem Stahl.
- 3) Für Lager aus nichtrostendem Stahl mit einem Durchmesser von 17 bis 30 mm gilt die Toleranzklasse j5.
- 4) Es können Lager mit einer größeren radialen Lagerluft als Normal erforderlich sein.
- 5) Lager mit einer größeren radialen Lagerluft als Normal werden empfohlen, wenn $d \leq 150$ mm. Wenn $d > 150$ mm, könnten Lager mit einer größeren radialen Lagerluft als Normal notwendig sein.
- 6) Es werden Lager mit einer größeren radialen Lagerluft als Normal empfohlen.
- 7) Es könnten Lager mit einer größeren radialen Lagerluft als Normal erforderlich sein. Für Zylinderrollenlager wird eine größere radiale Lagerluft als Normal empfohlen.
- 8) Die Werte der Toleranzklassen entnehmen Sie dem *Interaktiven SKF Lagerungskatalog* unter www.skf.com oder wenden Sie sich an den Technischen SKF Beratungsservice.
- 9) Die in Klammern angegebene Toleranzklasse bezieht sich auf Kegelrollenlager. Für gering belastete Kegelrollenlager, die über den Innenring ausgerichtet werden, sollte Toleranzklasse js5 oder js6 angewandt werden.
- 10) Bei hohen Anforderungen an die Laufgenauigkeit sind Lager mit einer höheren Genauigkeit als Normal erforderlich. Die Bohrungs- und Außendurchmessertoleranzen dieser Lager sind enger, was sich auf die voraussichtlichen Passungen auswirkt. Der Technische SKF Beratungsservice informiert Sie gerne über die jeweiligen Werte.
- 11) Für große Lager kann die Toleranzklasse f6 gewählt werden, um eine einfache axiale Verschiebung aufzunehmen.

Passungen für Vollwellen aus Stahl (für Axiallager)

Bedingungen	Wellendurchmesser, mm	Toleranzklasse
Nur Axiallasten		
Axialkugellager	–	h6
Axial-Zylinderrollenlager	–	h6 (h8)
Axial-Zylinderrollenkränze	–	h8
Kombinierte Radial-Axial-Belastungen auf Axial-Pendelrollenlager		
Punktlast auf Wellenscheibe	≤ 250	j6
	> 250	js6
Umfangslast auf Wellenscheibe oder unbestimmte Lastrichtung	≤ 200	k6
	(200) bis 400	m6
	> 400	n6

Passungen für ungeteilte Gehäuse aus Gusseisen und Stahl (für Radiallager)

Bedingungen	Beispiele	Toleranzklasse ¹⁾	Verschiebung des Außenrings
Umfangslast am Außenring			
Hohe Belastungen auf Lagern in dünnwandigen Gehäusen, hohe Stoßbelastungen ($P > 0,1 C$)	Rollen-Radlager, Pleuellager	P7	Keine Verschiebung möglich
Normale bis hohe Belastungen ($P > 0,05 C$)	Kugel-Radlager, Pleuellager, Kranlaufräder	N7	Keine Verschiebung möglich
Geringe und veränderliche Belastungen ($P \leq 0,05 C$)	Tragrollen, Seilscheiben, Riemenspanrollen	M7	Keine Verschiebung möglich
Unbestimmte Lastrichtung			
Hohe Stoßbelastungen	Elektro-Fahrmotoren	M7	Keine Verschiebung möglich
Normale bis hohe Belastungen ($P > 0,05 C$), axiale Verschiebbarkeit des Außenrings nicht notwendig	Elektromotoren, Pumpen, Kurbelwellenlager	K7	Im Regelfall keine Verschiebung möglich
Präziser oder ruhiger Lauf²⁾			
Kugellager	Kleine Elektromotoren	J6 ³⁾	Verschiebung möglich
Kegelrollenlager	Bei Ausrichtung über den Außenring	JS5	–
	Axial befestigter Außenring	K5	–
	Umfangslast am Außenring	M5	–

¹⁾ Bei Kugellagern mit $D \leq 100$ mm ist oftmals die Toleranzklasse IT6 vorzuziehen und wird empfohlen für Lager mit dünnwandigen Ringen, z. B. der Durchmesserreihen 7, 8 oder 9. Für diese Reihen wird ebenfalls die Zylindrizitäts-Toleranzklasse IT4 empfohlen.

²⁾ Für Hochgenauigkeitslager der Toleranzklasse P5 oder besser gelten andere Empfehlungen. Weiterführende Informationen finden Sie im *Interaktiven SKF Lagerungskatalog* unter www.skf.com.

³⁾ Ist eine einfache axiale Verschiebbarkeit erforderlich, verwenden Sie die Toleranzklasse H6.

Anhang A-4

Passungen für geteilte oder ungeteilte Gehäuse aus Gusseisen und Stahl (für Radiallager)

Bedingungen	Beispiele	Toleranzklasse ¹⁾	Verschiebung des Außenrings
Unbestimmte Lastrichtung			
Geringe bis normale Belastungen ($P \leq 0,1 C$), axiale Verschiebbarkeit des Außenrings wünschenswert	Mittelgroße Elektromotoren und Generatoren, Pumpen, Kurbelwellenlager	J7	Im Regelfall Verschiebung möglich, es kann jedoch eine (zusätzliche) Axialkraft auftreten
Punktlast am Außenring			
Belastungen aller Art	Allgemeiner Maschinenbau, Radsatzlager für Schienenfahrzeuge	H7 ²⁾	Im Regelfall Verschiebung möglich
Geringe bis normale Belastungen ($P \leq 0,1 C$) bei einfachen Betriebsbedingungen	Allgemeiner Maschinenbau	H8	Verschiebung möglich
Wärmeausdehnung der Welle	Trockenzylinder, große elektrische Maschinen mit Pendelrollenlagern	G7 ³⁾	Verschiebung möglich

- ¹⁾ Bei Kugellagern mit $D \leq 100$ mm ist oftmals die Toleranzklasse IT6 vorzuziehen und wird empfohlen für Lager mit dünnwandigen Ringen, z. B. der Durchmesserreihen 7, 8 oder 9. Für diese Reihen wird ebenfalls die Zylindrizitäts-Toleranzklasse IT4 empfohlen.
- ²⁾ Bei großen Lagern ($D > 250$ mm) oder Temperaturunterschieden zwischen Außenring und Gehäuse > 10 °C ist anstelle der Toleranzklasse H7 die Klasse G7 anzuwenden.
- ³⁾ Bei großen Lagern ($D > 250$ mm) oder Temperaturunterschieden zwischen Außenring und Gehäuse > 10 °C ist anstelle der Toleranzklasse G7 die Klasse F7 anzuwenden.

Anhang A-5

Passungen für Gehäuse aus Gusseisen und Stahl (für Axiallager)

Bedingungen	Toleranzklasse	Anmerkungen
Nur Axiallasten		
Axialkugellager	H8	Bei weniger genauen Lageranordnungen kann eine radiale Lagerluft von bis zu 0,001 D vorhanden sein.
Axial-Zylinderrollenlager	H7 (H9)	
Axial-Zylinderrollenkränze	H10	
Axial-Pendelrollenlager, bei denen separate Lager für die radiale Befestigung sorgen	–	Die Gehäusescheibe muss mit einer geeigneten radialen Lagerluft versehen sein, sodass keinerlei Radiallast auf die Axiallager wirken kann.
Kombinierte Radial-Axial-Belastungen auf Axial-Pendelrollenlagern		
Punktlast auf Gehäusescheibe	H7	Weiterführende Informationen finden Sie im <i>Interaktiven SKF Lagerungskatalog</i> unter www.skf.com .
Umfangslast auf Gehäusescheibe	M7	

Wellenpassungen (metrisch)



Welle Nenndurchmesser d		Lager Bohrungsdurchmessertoleranz Δ_{dmp}		Abmaße der Welle, Passungsübermaße und Passungsspiele Toleranzklassen																													
				f5		f6		g5		g6		h5																					
				Abweichungen (Wellendurchmesser)																													
				Theoretisches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)																													
				Wahrscheinliches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)																													
über	bis	unt.	ob.	μm																													
mm		μm		μm																													
-	3	-8	0	-6	-10	-6	-12	-2	-6	-2	-8	0	-4	-2	+10	-2	+12	-6	+6	-6	+8	-8	+4	-1	+9	0	+10	-5	+5	-4	+6	-7	+3
3	6	-8	0	-10	-15	-10	-18	-4	-9	-4	-12	0	-5	+2	+15	+2	+18	-4	+9	-4	+12	-8	+5	+3	+14	+4	+16	-3	+8	-2	+10	-7	+4
6	10	-8	0	-13	-19	-13	-22	-5	-11	-5	-14	0	-6	+5	+19	+5	+22	-3	+11	-3	+14	-8	+6	+7	+17	+7	+20	-1	+9	-1	+12	-6	+4
10	18	-8	0	-16	-24	-16	-27	-6	-14	-6	-17	0	-8	+8	+24	+8	+27	-2	+14	-2	+17	-8	+8	+10	+22	+10	+25	0	+12	0	+15	-6	+6
18	30	-10	0	-20	-29	-20	-33	-7	-16	-7	-20	0	-9	+10	+29	+10	+33	-3	+16	-3	+20	-10	+9	+12	+27	+13	+30	-1	+14	0	+17	-8	+7
30	50	-12	0	-25	-36	-25	-41	-9	-20	-9	-25	0	-11	+13	+36	+13	+41	-3	+20	-3	+25	-12	+11	+16	+33	+17	+37	0	+17	+1	+21	-9	+8
50	80	-15	0	-30	-43	-30	-49	-10	-23	-10	-29	0	-13	+15	+43	+15	+49	-5	+23	-5	+29	-15	+13	+19	+39	+19	+45	-1	+19	-1	+25	-11	+9
80	120	-20	0	-36	-51	-36	-58	-12	-27	-12	-34	0	-15	+16	+51	+16	+58	-8	+27	-8	+34	-20	+15	+21	+46	+22	+52	-3	+22	-2	+28	-15	+10
120	180	-25	0	-43	-61	-43	-68	-14	-32	-14	-39	0	-18	+18	+61	+18	+68	-11	+32	-11	+39	-25	+18	+24	+55	+25	+61	-5	+26	-4	+32	-19	+12
180	250	-30	0	-50	-70	-50	-79	-15	-35	-15	-44	0	-20	+20	+70	+20	+79	-15	+35	-15	+44	-30	+20	+26	+64	+28	+71	-9	+29	-7	+36	-24	+14
250	315	-35	0	-56	-79	-56	-88	-17	-40	-17	-49	0	-23	+21	+79	+21	+88	-18	+40	-18	+49	-35	+23	+29	+71	+30	+79	-10	+32	-9	+40	-27	+15
315	400	-40	0	-62	-87	-62	-98	-18	-43	-18	-54	0	-25	+22	+87	+22	+98	-22	+43	-22	+54	-40	+25	+30	+79	+33	+87	-14	+35	-11	+43	-32	+17
400	500	-45	0	-68	-95	-68	-108	-20	-47	-20	-60	0	-27	+23	+95	+23	+108	-25	+47	-25	+60	-45	+27	+32	+86	+35	+96	-16	+38	-13	+48	-36	+18

Wellenpassungen (metrisch)



Welle Nenndurch- messer d		Lager Bohrungsdurch- messertoleranz Δ_{dmp}		Abmaße der Welle, Passungsübermaße und Passungsspiele Toleranzklassen																																	
				f5		f6		g5		g6		h5																									
				Abweichungen (Wellendurchmesser)																																	
				Theoretisches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)																																	
				Wahrscheinliches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)																																	
über	bis	unt.	ob.	μm																																	
mm		μm		μm																																	
500	630	-50	0	-76	-104	-76	-120	-22	-50	-22	-66	0	-28	+26	+104	+26	+120	-28	+50	-28	+66	-50	+28	+36	+94	+39	+107	-18	+40	-15	+53	-40	+18				
				630	800	-75	0	-80	-112	-80	-130	-24	-56	-24	-74	0	-32	+5	+112	+5	+130	-51	+56	-51	+74	-75	+32	+17	+100	+22	+113	-39	+44	-34	+57	-63	+20
								800	1 000	-100	0	-86	-122	-86	-142	-26	-62	-26	-82	0	-36	-14	+122	-14	+142	-74	+62	-74	+82	-100	+36	0	+108	+6	+122	-60	+48
1 000	1 250	-125	0	-98	-140	-98	-164					-28	-70	-28	-94	0	-42	-27	+140	-27	+164	-97	+70	-97	+94	-125	+42	-10	+123	-3	+140	-80	+53	-73	+70	-108	+25
				1 250	1 600	-160	0	-110	-160	-110	-188	-30	-80	-30	-108	0	-50	-50	+160	-50	+188	-130	+80	-130	+108	-160	+50	-29	+139	-20	+158	-109	+59	-100	+78	-139	+29
								1 600	2 000	-200	0	-120	-180	-120	-212	-32	-92	-32	-124	0	-60	-80	+180	-80	+212	-168	+92	-168	+124	-200	+60	-55	+155	-45	+177	-143	+67

Wellenpassungen (metrisch)



Welle		Lager		Abmaße der Welle, Passungsübermaße und Passungsspiele										
Nenndurchmesser d		Bohrungsdurchmessertoleranz Δ _{dmp}		Toleranzklassen										
				h6		h8		h9		j5		j6		
				Abweichungen (Wellendurchmesser)										
				Theoretisches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)										
				Wahrscheinliches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)										
über	bis	unt.	ob.	μm										
mm		μm												
-	3	-8	0	0	-6	0	-14	0	-25	+2	-2	+4	-2	
				-8	+6	-8	+14	-8	+25	-10	+2	-12	+2	
				-6	+4	-6	+12	-5	+22	-9	+1	-10	0	
3	6	-8	0	0	-8	0	-18	0	-30	+3	-2	+6	-2	
				-8	+8	-8	+18	-8	+30	-11	+2	-14	+2	
				-6	+6	-5	+15	-5	+27	-10	+1	-12	0	
6	10	-8	0	0	-9	0	-22	0	-36	+4	-2	+7	-2	
				-8	+9	-8	+22	-8	+36	-12	+2	-15	+2	
				-6	+7	-5	+19	-5	+33	-10	0	-13	0	
10	18	-8	0	0	-11	0	-27	0	-43	+5	-3	+8	-3	
				-8	+11	-8	+27	-8	+43	-13	+3	-16	+3	
				-6	+9	-5	+24	-5	+40	-11	+1	-14	+1	
18	30	-10	0	0	-13	0	-33	0	-52	+5	-4	+9	-4	
				-10	+13	-10	+33	-10	+52	-15	+4	-19	+4	
				-7	+10	-6	+29	-6	+48	-13	+2	-16	+1	
30	50	-12	0	0	-16	0	-39	0	-62	+6	-5	+11	-5	
				-12	+16	-12	+39	-12	+62	-18	+5	-23	+5	
				-8	+12	-7	+34	-7	+57	-15	+2	-19	+1	
50	80	-15	0	0	-19	0	-46	0	-74	+6	-7	+12	-7	
				-15	+19	-15	+46	-15	+74	-21	+7	-27	+7	
				-11	+15	-9	+40	-9	+68	-17	+3	-23	+3	
80	120	-20	0	0	-22	0	-54	0	-87	+6	-9	+13	-9	
				-20	+22	-20	+54	-20	+87	-26	+9	-33	+9	
				-14	+16	-12	+46	-12	+79	-21	+4	-27	+3	
120	180	-25	0	0	-25	0	-63	0	-100	+7	-11	+14	-11	
				-25	+25	-25	+63	-25	+100	-32	+11	-39	+11	
				-18	+18	-15	+53	-15	+90	-26	+5	-32	+4	
180	250	-30	0	0	-29	0	-72	0	-115	+7	-13	+16	-13	
				-30	+29	-30	+72	-30	+115	-37	+13	-46	+13	
				-22	+21	-18	+60	-17	+102	-31	+7	-38	+5	
250	315	-35	0	0	-32	0	-81	0	-130	+7	-16	+16	-16	
				-35	+32	-35	+81	-35	+130	-42	+16	-51	+16	
				-26	+23	-22	+68	-20	+115	-34	+8	-42	+7	
315	400	-40	0	0	-36	0	-89	0	-140	+7	-18	+18	-18	
				-40	+36	-40	+89	-40	+140	-47	+18	-58	+18	
				-29	+25	-25	+74	-23	+123	-39	+10	-47	+7	
400	500	-45	0	0	-40	0	-97	0	-155	+7	-20	+20	-20	
				-45	+40	-45	+97	-45	+155	-52	+20	-65	+20	
				-33	+28	-28	+80	-26	+136	-43	+11	-53	+8	

Wellenpassungen (metrisch)



Welle Nenndurch- messer d		Lager Bohrungsdurch- messertoleranz Δ_{dmp}		Abmaße der Welle, Passungsübermaße und Passungsspiele Toleranzklassen									
				h6		h8		h9		j5		j6	
				Abweichungen (Wellendurchmesser)									
				Theoretisches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)									
				Wahrscheinliches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)									
über	bis	unt.	ob.	μm									
mm		μm		μm									
500	630	-50	0	0	-44	0	-110	0	-175	-	-	+22	-22
				-50	+44	-50	+110	-50	+175	-	-	-72	+22
				-37	+31	-31	+91	-29	+154	-	-	-59	+9
630	800	-75	0	0	-50	0	-125	0	-200	-	-	+25	-25
				-75	+50	-75	+125	-75	+200	-	-	-100	+25
				-58	+33	-48	+98	-45	+170	-	-	-83	+8
800	1 000	-100	0	0	-56	0	-140	0	-230	-	-	+28	-28
				-100	+56	-100	+140	-100	+230	-	-	-128	+28
				-80	+36	-67	+107	-61	+191	-	-	-108	+8
1 000	1 250	-125	0	0	-66	0	-165	0	-260	-	-	+33	-33
				-125	+66	-125	+165	-125	+260	-	-	-158	+33
				-101	+42	-84	+124	-77	+212	-	-	-134	+9
1 250	1 600	-160	0	0	-78	0	-195	0	-310	-	-	+39	-39
				-160	+78	-160	+195	-160	+310	-	-	-199	+39
				-130	+48	-109	+144	-100	+250	-	-	-169	+9
1 600	2 000	-200	0	0	-92	0	-230	0	-370	-	-	+46	-46
				-200	+92	-200	+230	-200	+370	-	-	-246	+46
				-165	+57	-138	+168	-126	+296	-	-	-211	+11

Wellenpassungen (metrisch)



Welle		Lager		Abmaße der Welle, Passungsübermaße und Passungsspiele																															
Nenndurchmesser d		Bohrungsdurchmessertoleranz Δ _{dmp}		Toleranzklassen																															
				js4		js5		js6		js7		k4																							
				Abweichungen (Wellendurchmesser)																															
				Theoretisches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)																															
				Wahrscheinliches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)																															
über	bis	unt.	ob.	μm																															
mm		μm																																	
-	3	-8	0	+1,5	-1,5	+2	-2	+3	-3	+5	-5	+3	0	-9,5	+1,5	-10	+2	-11	+3	-13	+5	-11	0	-8,5	+0,5	-9	+1	-9	+1	-11	+3	-10	+3	-10	-1
3	6	-8	0	+2	-2	+2,5	-2,5	+4	-4	+6	-6	+5	+1	-10	+2	-10,5	+2,5	-12	+4	-14	+6	-13	-1	-9	+1	-9	+1	-10	+2	-12	+4	-12	+4	-12	-2
6	10	-8	0	+2	-2	+3	-3	+4,5	-4,5	+7,5	-7,5	+5	+1	-10	+2	-11	+3	-12,5	+4,5	-15,5	+7,5	-13	-1	-9	+1	-9	+1	-11	+3	-13	+5	-12	+4	-12	-2
10	18	-8	0	+2,5	-2,5	+4	-4	+5,5	-5,5	+9	-9	+6	+1	-10,5	+2,5	-12	+4	-13,5	+5,5	-17	+9	-14	-1	-9,5	+1,5	-10	+2	-11	+3	-14	+6	-13	+6	-13	-2
18	30	-10	0	+3	-3	+4,5	-4,5	+6,5	-6,5	+10,5	-10,5	+8	+2	-13	+3	-14,5	+4,5	-16,5	+6,5	-20,5	+10,5	-18	-2	-10,5	+1,5	-12	+2	-14	+4	-17	+7	-16	+7	-16	-4
30	50	-12	0	+3,5	-3,5	+5,5	-5,5	+8	-8	+12,5	-12,5	+9	+2	-15,5	+3,5	-17,5	+5,5	-20	+8	-24,5	+12,5	-21	-2	-13,5	+1,5	-15	+3	-16	+4	-20	+8	-19	+8	-19	-4
50	80	-15	0	+4	-4	+6,5	-6,5	+9,5	-9,5	+15	-15	+10	+2	-19	+4	-21,5	+6,5	-24,5	+9,5	-30	+15	-25	-2	-15,5	+1,5	-18	+3	-20	+5	-25	+10	-22	+10	-22	-5
80	120	-20	0	+5	-5	+7,5	-7,5	+11	-11	+17,5	-17,5	+13	+3	-25	+5	-27,5	+7,5	-31	+11	-37,5	+17,5	-33	-3	-22	+2	-23	+3	-25	+5	-31	+11	-30	+11	-30	-6
120	180	-25	0	+6	-6	+9	-9	+12,5	-12,5	+20	-20	+15	+3	-31	+6	-34	+9	-37,5	+12,5	-45	+20	-40	-3	-27	+2	-28	+3	-31	+6	-37	+12	-36	+12	-36	-7
180	250	-30	0	+7	-7	+10	-10	+14,5	-14,5	+23	-23	+18	+4	-37	+7	-40	+10	-44,5	+14,5	-53	+23	-48	-4	-32	+2	-34	+4	-36	+6	-43	+13	-43	+13	-43	-9
250	315	-35	0	+8	-8	+11,5	-11,5	+16	-16	+26	-26	+20	+4	-4	+8	-46,5	+11,5	-51	+16	-61	+26	-55	-4	-37	+2	-39	+4	-42	+7	-49	+14	-49	+14	-49	-10
315	400	-40	0	+9	-9	+12,5	-12,5	+18	-18	+28,5	-28,5	+22	+4	-49	+9	-52,5	+12,5	-58	+18	-68,5	+28,5	-62	-4	-42	+2	-44	+4	-47	+7	-55	+15	-55	+15	-55	-11
400	500	-45	0	+10	-10	+13,5	-13,5	+20	-20	+31,5	-31,5	+25	+5	-55	+10	-58,5	+13,5	-65	+20	-76,5	+31,5	-70	-5	-48	+3	-49	+4	-53	+8	-62	+17	-63	+17	-63	-12

Wellenpassungen (metrisch)



Welle Nenndurchmesser d		Lager Bohrungsdurchmessertoleranz Δ_{dmp}		Abmaße der Welle, Passungsübermaße und Passungsspiele Toleranzklassen																																							
über	bis	unt.	ob.	js4	js5	js6	js7	k4																																			
				Abweichungen (Wellendurchmesser)																																							
				Theoretisches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)																																							
				Wahrscheinliches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)																																							
mm		μm		μm																																							
500	630	-50	0	-	-	+14	-14	+22	-22	+35	-35	-	-	-	-	+14	-14	+22	-22	+35	-35	-	-	-	-	-64	+14	-72	+22	-85	+35	-	-	-	-	-54	+4	-59	+9	-69	+19	-	-
				-	-	+16	-16	+25	-25	+40	-40	-	-	-	-	-91	+16	-100	+25	-115	+40	-	-	-	-	-79	+4	-83	+8	-93	+18	-	-										
				-	-	+18	-18	+28	-28	+45	-45	-	-	-	-	-118	+18	-128	+28	-145	+45	-	-	-	-	-104	+4	-108	+8	-118	+18	-	-										
1000	1250	-125	0	-	-	+21	-21	+33	-33	+52	-52	-	-	-	-	+21	-21	+33	-33	+52	-52	-	-	-	-	-146	+21	-158	+33	-177	+52	-	-	-	-	-129	+4	-134	+9	-145	+20	-	-
				-	-	+25	-25	+39	-39	+62	-62	-	-	-	-	-185	+25	-199	+39	-222	+62	-	-	-	-	-164	+4	-169	+9	-182	+22	-	-										
				-	-	+30	-30	+46	-46	+75	-75	-	-	-	-	-230	+30	-246	+46	-275	+75	-	-	-	-	-205	+5	-211	+11	-225	+25	-	-										

Wellenpassungen (metrisch)



Welle Nenndurchmesser d		Lager Bohrungsdurchmessertoleranz Δ_{dmp}		Abmaße der Welle, Passungsübermaße und Passungsspiele Toleranzklassen																													
				k5		k6		m5		m6		n5																					
				Abweichungen (Wellendurchmesser)																													
				Theoretisches Passungsübermaß (-)																													
				Wahrscheinliches Passungsübermaß (-)																													
über	bis	unt.	ob.	µm																													
mm		µm																															
-	3	-8	0	+4	0	+6	0	+6	+2	+8	+2	+8	+4	-12	0	-14	0	-14	-2	-16	-2	-16	-4	-11	-1	-12	-2	-13	-3	-14	-4	-15	-5
3	6	-8	0	+6	+1	+9	+1	+9	+4	+12	+4	+13	+8	-14	-1	-17	-1	-17	-4	-20	-4	-21	-8	-13	-2	-15	-3	-16	-5	-18	-6	-20	-9
6	10	-8	0	+7	+1	+10	+1	+12	+6	+15	+6	+16	+10	-15	-1	-18	-1	-20	-6	-23	-6	-24	-10	-13	-3	-16	-3	-18	-8	-21	-8	-22	-12
10	18	-8	0	+9	+1	+12	+1	+15	+7	+18	+7	+20	+12	-17	-1	-20	-1	-23	-7	-26	-7	-28	-12	-15	-3	-18	-3	-21	-9	-24	-9	-26	-14
18	30	-10	0	+11	+2	+15	+2	+17	+8	+21	+8	+24	+15	-21	-2	-25	-2	-27	-8	-31	-8	-34	-15	-19	-4	-22	-5	-25	-10	-28	-11	-32	-17
30	50	-12	0	+13	+2	+18	+2	+20	+9	+25	+9	+28	+17	-25	-2	-30	-2	-32	-9	-37	-9	-40	-17	-22	-5	-26	-6	-29	-12	-33	-13	-37	-20
50	80	-15	0	+15	+2	+21	+2	+24	+11	+30	+11	+33	+20	-30	-2	-36	-2	-39	-11	-45	-11	-48	-20	-26	-6	-32	-6	-35	-15	-41	-15	-44	-24
80	120	-20	0	+18	+3	+25	+3	+28	+13	+35	+13	+38	+23	-38	-3	-45	-3	-48	-13	-55	-13	-58	-23	-33	-8	-39	-9	-43	-18	-49	-19	-53	-28
120	180	-25	0	+21	+3	+28	+3	+33	+15	+40	+15	+45	+27	-46	-3	-53	-3	-58	-15	-65	-15	-70	-27	-40	-9	-46	-10	-52	-21	-58	-22	-64	-33
180	250	-30	0	+24	+4	+33	+4	+37	+17	+46	+17	+51	+31	-54	-4	-63	-4	-67	-17	-76	-17	-81	-31	-48	-10	-55	-12	-61	-23	-68	-25	-75	-37
250	315	-35	0	+27	+4	+36	+4	+43	+20	+52	+20	+57	+34	-62	-4	-71	-4	-78	-20	-87	-20	-92	-34	-54	-12	-62	-13	-70	-28	-78	-29	-84	-42
315	400	-40	0	+29	+4	+40	+4	+46	+21	+57	+21	+62	+37	-69	-4	-80	-4	-86	-21	-97	-21	-102	-37	-61	-12	-69	-15	-78	-29	-86	-32	-94	-45
400	500	-45	0	+32	+5	+45	+5	+50	+23	+63	+23	+67	+40	-77	-5	-90	-5	-95	-23	-108	-23	-112	-40	-68	-14	-78	-17	-86	-32	-96	-35	-103	-49

Wellenpassungen (metrisch)



Welle Nenndurchmesser d		Lager Bohrungsdurchmessertoleranz Δ_{dmp}		Abmaße der Welle, Passungsübermaße und Passungsspiele Toleranzklassen									
				k5		k6		m5		m6		n5	
				Abweichungen (Wellendurchmesser)									
				Theoretisches Passungsübermaß (-)									
				Wahrscheinliches Passungsübermaß (-)									
über	bis	unt.	ob.	μm									
mm		μm		μm									
500	630	-50	0	+29	0	+44	0	+55	+26	+70	+26	+73	+44
				-78	0	-94	0	-105	-26	-120	-26	-122	-44
				-68	-10	-81	-13	-94	-36	-107	-39	-112	-54
630	800	-75	0	+32	0	+50	0	+62	+30	+80	+30	+82	+50
				-107	0	-125	0	-137	-30	-155	-30	-157	-50
				-95	-12	-108	-17	-125	-42	-138	-47	-145	-62
800	1 000	-100	0	+36	0	+56	0	+70	+34	+90	+34	+92	+56
				-136	0	-156	0	-170	-34	-190	-34	-192	-56
				-122	-14	-136	-20	-156	-48	-170	-54	-178	-70
1 000	1 250	-125	0	+42	0	+66	0	+82	+40	+106	+40	+108	+66
				-167	0	-191	0	-207	-40	-231	-40	-233	-66
				-150	-17	-167	-24	-190	-57	-207	-64	-216	-83
1 250	1 600	-160	0	+50	0	+78	0	+98	+48	+126	+48	+128	+78
				-210	0	-238	0	-258	-48	-286	-48	-288	-78
				-189	-21	-208	-30	-237	-69	-256	-78	-267	-99
1 600	2 000	-200	0	+60	0	+92	0	+118	+58	+150	+58	+152	+92
				-260	0	-292	0	-318	-58	-350	-58	-352	-92
				-235	-25	-257	-35	-293	-83	-315	-93	-327	-117

Wellenpassungen (metrisch)



Welle Nenndurchmesser d		Lager Bohrungsdurchmessertoleranz Δ_{dmp}		Abmaße der Welle, Passungsübermaße und Passungsspiele Toleranzklassen																																	
über	bis	unt.	ob.	n6		p6		p7		r6		r7																									
				Abweichungen (Wellendurchmesser)																																	
				Theoretisches Passungsübermaß (-)																																	
				Wahrscheinliches Passungsübermaß (-)																																	
mm		µm		µm																																	
50	80	-15	0	+39	+20	+51	+32	+62	+32	-	-	-	-	-54	-20	-66	-32	-77	-32	-	-	-	-	-50	-24	-62	-36	-72	-38	-	-	-	-				
				80	100	-20	0	+45	+23	+59	+37	+72	+37	+73	+51	+86	+51	-65	-23	-79	-37	-92	-37	-93	-51	-106	-51	-59	-29	-73	-43	-85	-44	-87	-57	-99	-58
								100	120	-20	0	+45	+23	+59	+37	+72	+37	+76	+54	+89	+54	-65	-23	-79	-37	-92	-37	-96	-54	-109	-54	-59	-29	-73	-43	-85	-44
120	140	-25	0									+52	+27	+68	+43	+83	+43	+88	+63	+103	+63	-77	-27	-93	-43	-108	-43	-113	-63	-128	-63	-70	-34	-86	-50	-100	-51
				140	160	-25	0					+52	+27	+68	+43	+83	+43	+90	+65	+105	+65	-77	-27	-93	-43	-108	-43	-115	-65	-130	-65	-70	-34	-86	-50	-100	-51
								160	180	-25	0	+52	+27	+68	+43	+83	+43	+93	+68	+108	+68	-77	-27	-93	-43	-108	-43	-118	-68	-133	-68	-70	-34	-86	-50	-100	-51
180	200	-30	0									+60	+31	+79	+50	+96	+50	+106	+77	+123	+77	-90	-31	-109	-50	-126	-50	-136	-77	-153	-77	-82	-39	-101	-58	-116	-60
				200	225	-30	0					+60	+31	+79	+50	+96	+50	+109	+80	+126	+80	-90	-31	-109	-50	-126	-50	-139	-80	-156	-80	-82	-39	-101	-58	-116	-60
								225	250	-30	0	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+113	+84	+130	+84	-90	-31	-109	-50	-126	-50	-143	-84	-160	-84	-82	-39	-101	-58	-116	-60
250	280	-35	0									+66	+34	+88	+56	+108	+56	+126	+94	+146	+94	-101	-34	-123	-56	-143	-56	-161	-94	-181	-94	-92	-43	-114	-65	-131	-68
				280	315	-35	0					+66	+34	+88	+56	+108	+56	+130	+98	+150	+98	-101	-34	-123	-56	-143	-56	-165	-98	-185	-98	-92	-43	-114	-65	-131	-68
								315	355	-40	0	+73	+37	+98	+62	+119	+62	+144	+108	+165	+108	-113	-37	-138	-62	-159	-62	-184	-108	-205	-108	-102	-48	-127	-73	-146	-75
355	400	-40	0									+73	+37	+98	+62	+119	+62	+150	+114	+171	+114	-113	-37	-138	-62	-159	-62	-190	-114	-211	-114	-102	-48	-127	-73	-146	-75
				400	450	-45	0					+80	+40	+108	+68	+131	+68	+166	+126	+189	+126	-125	-40	-153	-68	-176	-68	-211	-126	-234	-126	-113	-52	-141	-80	-161	-83

Wellenpassungen (metrisch)

Welle Nenndurch- messer d		Lager Bohrungsdurch- messertoleranz Δ_{dmp}		Abmaße der Welle, Passungsübermaße und Passungsspiele									
				Toleranzklassen									
über	bis	unt.	ob.	n6	p6	p7	r6	r7					
				Abweichungen (Wellendurchmesser)									
				Theoretisches Passungsübermaß (-)									
				Wahrscheinliches Passungsübermaß (-)									
		µm		µm									
450	500	-45	0	+80	+40	+108	+68	+131	+68	+172	+132	+195	+132
				-125	-40	-153	-68	-176	-68	-217	-132	-240	-132
				-113	-52	-141	-80	-161	-83	-205	-144	-225	-147
500	560	-50	0	+88	+44	+122	+78	+148	+78	+194	+150	+220	+150
				-138	-44	-172	-78	-198	-78	-244	-150	-270	-150
				-125	-57	-159	-91	-182	-94	-231	-163	-254	-166
560	630	-50	0	+88	+44	+122	+78	+148	+78	+199	+155	+225	+155
				-138	-44	-172	-78	-198	-78	-249	-155	-275	-155
				-125	-57	-159	-91	-182	-94	-236	-168	-259	-171
630	710	-75	0	+100	+50	+138	+88	+168	+88	+225	+175	+255	+175
				-175	-50	-213	-88	-243	-88	-300	-175	-330	-175
				-158	-67	-196	-105	-221	-110	-283	-192	-308	-197
710	800	-75	0	+100	+50	+138	+88	+168	+88	+235	+185	+265	+185
				-175	-50	-213	-88	-243	-88	-310	-185	-340	-185
				-158	-67	-196	-105	-221	-110	-293	-202	-318	-207
800	900	-100	0	+112	+56	+156	+100	+190	+100	+266	+210	+300	+210
				-212	-56	-256	-100	-290	-100	-366	-210	-400	-210
				-192	-76	-236	-120	-263	-127	-346	-230	-373	-237
900	1000	-100	0	+112	+56	+156	+100	+190	+100	+276	+220	+310	+220
				-212	-56	-256	-100	-290	-100	-376	-220	-410	-220
				-192	-76	-236	-120	-263	-127	-356	-240	-383	-247
1000	1120	-125	0	+132	+66	+186	+120	+225	+120	+316	+250	+355	+250
				-257	-66	-311	-120	-350	-120	-441	-250	-480	-250
				-233	-90	-287	-144	-317	-153	-417	-274	-447	-283
1120	1250	-125	0	+132	+66	+186	+120	+225	+120	+326	+260	+365	+260
				-257	-66	-311	-120	-350	-120	-451	-260	-490	-260
				-233	-90	-287	-144	-317	-153	-427	-284	-457	-293
1250	1400	-160	0	+156	+78	+218	+140	+265	+140	+378	+300	+425	+300
				-316	-78	-378	-140	-425	-140	-538	-300	-585	-300
				-286	-108	-348	-170	-385	-180	-508	-330	-545	-340
1400	1600	-160	0	+156	+78	+218	+140	+265	+140	+408	+330	+455	+330
				-316	-78	-378	-140	-425	-140	-568	-330	-615	-330
				-286	-108	-348	-170	-385	-180	-538	-360	-575	-370
1600	1800	-200	0	+184	+92	+262	+170	+320	+170	+462	+370	+520	+370
				-384	-92	-462	-170	-520	-170	-662	-370	-720	-370
				-349	-127	-427	-205	-470	-220	-627	-405	-670	-420
1800	2000	-200	0	+184	+92	+262	+170	+320	+170	+492	+400	+550	+400
				-384	-92	-462	-170	-520	-170	-692	-400	-750	-400
				-349	-127	-427	-205	-470	-220	-657	-435	-700	-450

Wellenpassungen (metrisch)



Welle Nenndurch- messer d		Lager Bohrungsdurch- messertoleranz Δ_{dmp}		Abmaße der Welle, Passungsübermaße und Passungsspiele Toleranzklassen $s_{6min} \pm IT6/2$ $s_{7min} \pm IT7/2$			
über	bis	unt.	ob.	Abweichungen (Wellendurchmesser)			
mm	mm	μm	μm	Theoretisches Passungsübermaß (-) Wahrscheinliches Passungsübermaß (-)			
200	225	-30	0	+144	+115	+153	+107
				-174	-115	-183	-107
				-166	-123	-173	-117
225	250	-30	0	+154	+125	+163	+117
				-184	-125	-193	-117
				-176	-133	-183	-127
250	280	-35	0	+174	+142	+184	+132
				-209	-142	-219	-132
				-200	-151	-207	-144
280	315	-35	0	+186	+154	+196	+144
				-221	-154	-231	-144
				-212	-163	-219	-156
315	355	-40	0	+208	+172	+218	+161
				-248	-172	-258	-161
				-237	-183	-245	-174
355	400	-40	0	+226	+190	+236	+179
				-266	-190	-276	-179
				-255	-201	-263	-192
400	450	-45	0	+252	+212	+263	+200
				-297	-212	-308	-200
				-285	-224	-293	-215
450	500	-45	0	+272	+232	+283	+220
				-317	-232	-328	-220
				-305	-244	-313	-235
500	560	-50	0	+302	+258	+315	+245
				-352	-258	-365	-245
				-339	-271	-349	-261
560	630	-50	0	+332	+288	+345	+275
				-382	-288	-395	-275
				-369	-301	-379	-291
630	710	-75	0	+365	+315	+380	+300
				-440	-315	-455	-300
				-423	-332	-433	-322
710	800	-75	0	+405	+355	+420	+340
				-480	-355	-495	-340
				-463	-372	-473	-362
800	900	-100	0	+458	+402	+475	+385
				-558	-402	-575	-385
				-538	-422	-548	-412
900	1000	-100	0	+498	+442	+515	+425
				-598	-442	-615	-425
				-578	-462	-588	-452

Wellenpassungen (metrisch)

Welle		Lager		Abmaße der Welle, Passungsübermaße und Passungsspiele			
Nenndurchmesser		Bohrungsdurchmessertoleranz		Toleranzklassen			
d		Δ_{dmp}		$s6_{min} \pm IT6/2$		$s7_{min} \pm IT7/2$	
				Abweichungen (Wellendurchmesser)			
				Theoretisches Passungsübermaß (-)			
				Wahrscheinliches Passungsübermaß (-)			
über	bis	unt.	ob.	μm			
mm		μm		μm			
1 000	1 120	-125	0	+553	+487	+572	+467
				-678	-487	-697	-467
				-654	-511	-664	-500
1 120	1 250	-125	0	+613	+547	+632	+527
				-738	-547	-757	-527
				-714	-571	-724	-560
1 250	1 400	-160	0	+679	+601	+702	+577
				-839	-601	-862	-577
				-809	-631	-822	-617
1 400	1 600	-160	0	+759	+681	+782	+657
				-919	-681	-942	-657
				-889	-711	-902	-697
1 600	1 800	-200	0	+866	+774	+895	+745
				-1 066	-774	-1 095	-745
				-1 031	-809	-1 045	-795
1 800	2 000	-200	0	+966	+874	+995	+845
				-1 166	-874	-1 195	-845
				-1 131	-909	-1 145	-895

Gehäusepassungen (metrisch)



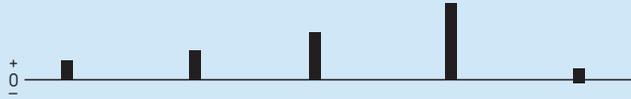
Gehäuse		Lager		Abmaße der Gehäusebohrung, Passungsübermaße und Passungsspiele									
Nennmaß des Bohrungsdurchmessers		Außendurchmessertoleranz		Toleranzklassen									
D		Δ _{Dmp}		F7		G6		G7		H5		H6	
über	bis	ob.	unt.	Abweichungen (Gehäusebohrungsdurchmesser)									
				Theoretisches Betriebsspiel (+)									
				Wahrscheinliches Betriebsspiel (+)									
mm		µm		µm									
6	10	0	-8	+13	+28	+5	+14	+5	+20	0	+6	0	+9
				+13	+36	+5	+22	+5	+28	0	+14	0	+17
				+16	+33	+7	+20	+8	+25	+2	+12	+2	+15
10	18	0	-8	+16	+34	+6	+17	+6	+24	0	+8	0	+11
				+16	+42	+6	+25	+6	+32	0	+16	0	+19
				+19	+39	+8	+23	+9	+29	+2	+14	+2	+17
18	30	0	-9	+20	+41	+7	+20	+7	+28	0	+9	0	+13
				+20	+50	+7	+29	+7	+37	0	+18	0	+22
				+23	+47	+10	+26	+10	+34	+2	+16	+3	+19
30	50	0	-11	+25	+50	+9	+25	+9	+34	0	+11	0	+16
				+25	+61	+9	+36	+9	+45	0	+22	0	+27
				+29	+57	+12	+33	+13	+41	+3	+19	+3	+24
50	80	0	-13	+30	+60	+10	+29	+10	+40	0	+13	0	+19
				+30	+73	+10	+42	+10	+53	0	+26	0	+32
				+35	+68	+14	+38	+15	+48	+3	+23	+4	+28
80	120	0	-15	+36	+71	+12	+34	+12	+47	0	+15	0	+22
				+36	+86	+12	+49	+12	+62	0	+30	0	+37
				+41	+81	+17	+44	+17	+57	+4	+26	+5	+32
120	150	0	-18	+43	+83	+14	+39	+14	+54	0	+18	0	+25
				+43	+101	+14	+57	+14	+72	0	+36	0	+43
				+50	+94	+20	+51	+21	+65	+5	+31	+6	+37
150	180	0	-25	+43	+83	+14	+39	+14	+54	0	+18	0	+25
				+43	+108	+14	+64	+14	+79	0	+43	0	+50
				+51	+100	+21	+57	+22	+71	+6	+37	+7	+43
180	250	0	-30	+50	+96	+15	+44	+15	+61	0	+20	0	+29
				+50	+126	+15	+74	+15	+91	0	+50	0	+59
				+60	+116	+23	+66	+25	+81	+6	+44	+8	+51
250	315	0	-35	+56	+108	+17	+49	+17	+69	0	+23	0	+32
				+56	+143	+17	+84	+17	+104	0	+58	0	+67
				+68	+131	+26	+75	+29	+92	+8	+50	+9	+58
315	400	0	-40	+62	+119	+18	+54	+18	+75	0	+25	0	+36
				+62	+159	+18	+94	+18	+115	0	+65	0	+76
				+75	+146	+29	+83	+31	+102	+8	+57	+11	+65
400	500	0	-45	+68	+131	+20	+60	+20	+83	0	+27	0	+40
				+68	+176	+20	+105	+20	+128	0	+72	0	+85
				+83	+161	+32	+93	+35	+113	+9	+63	+12	+73
500	630	0	-50	+76	+146	+22	+66	+22	+92	0	+28	0	+44
				+76	+196	+22	+116	+22	+142	0	+78	0	+94
				+92	+180	+35	+103	+38	+126	+10	+68	+13	+81
630	800	0	-75	+80	+160	+24	+74	+24	+104	0	+32	0	+50
				+80	+235	+24	+149	+24	+179	0	+107	0	+125
				+102	+213	+41	+132	+46	+157	+12	+95	+17	+108

Gehäusepassungen (metrisch)



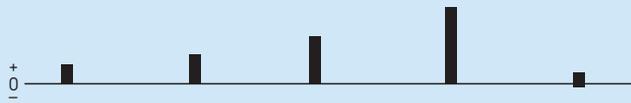
Gehäuse		Lager		Abmaße der Gehäusebohrung, Passungsübermaße und Passungsspiele									
Nennmaß des Bohrungsdurchmessers		Außendurchmessertoleranz		Toleranzklassen									
D		Δ_{Dmp}		F7		G6		G7		H5		H6	
über	bis	ob.	unt.	Abweichungen (Gehäusebohrungsdurchmesser)									
				Theoretisches Betriebsspiel (+)									
				Wahrscheinliches Betriebsspiel (+)									
mm		μm		μm									
800	1000	0	-100	+86	+176	+26	+82	+26	+116	0	+36	0	+56
				+86	+276	+26	+182	+26	+216	0	+136	0	+156
				+113	+249	+46	+162	+53	+189	+14	+122	+20	+136
1000	1250	0	-125	+98	+203	+28	+94	+28	+133	0	+42	0	+66
				+98	+328	+28	+219	+28	+258	0	+167	0	+191
				+131	+295	+52	+195	+61	+225	+17	+150	+24	+167
1250	1600	0	-160	+110	+235	+30	+108	+30	+155	0	+50	0	+78
				+110	+395	+30	+268	+30	+315	0	+210	0	+238
				+150	+355	+60	+238	+70	+275	+21	+189	+30	+208
1600	2000	0	-200	+120	+270	+32	+124	+32	+182	0	+60	0	+92
				+120	+470	+32	+324	+32	+382	0	+260	0	+292
				+170	+420	+67	+289	+82	+332	+25	+235	+35	+257
2000	2500	0	-250	+130	+305	+34	+144	+34	+209	0	+70	0	+110
				+130	+555	+34	+394	+34	+459	0	+320	0	+360
				+189	+496	+77	+351	+93	+400	+30	+290	+43	+317

Gehäusepassungen (metrisch)



Gehäuse		Lager		Abmaße der Gehäusebohrung, Passungsübermaße und Passungsspiele									
Nennmaß des Bohrungsdurchmessers		Außendurchmessertoleranz		Toleranzklassen									
D		Δ_{Dmp}		H7		H8		H9		H10		J6	
über	bis	ob.	unt.	Abweichungen (Gehäusebohrungsdurchmesser)									
				Theoretisches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)									
				Wahrscheinliches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)									
mm		μm		μm									
6	10	0	-8	0	+15	0	+22	0	+36	0	+58	-4	+5
				0	+23	0	+30	0	+44	0	+66	-4	+13
				+3	+20	+3	+27	+3	+41	+3	+63	-2	+11
10	18	0	-8	0	+18	0	+27	0	+43	0	+70	-5	+6
				0	+26	0	+35	0	+51	0	+78	-5	+14
				+3	+23	+3	+32	+3	+48	+3	+75	-3	+12
18	30	0	-9	0	+21	0	+33	0	+52	0	+84	-5	+8
				0	+30	0	+42	0	+61	0	+93	-5	+17
				+3	+27	+3	+39	+4	+57	+4	+89	-2	+14
30	50	0	-11	0	+25	0	+39	0	+62	0	+100	-6	+10
				0	+36	0	+50	0	+73	0	+111	-6	+21
				+4	+32	+4	+46	+5	+68	+5	+106	-3	+18
50	80	0	-13	0	+30	0	+46	0	+74	0	+120	-6	+13
				0	+43	0	+59	0	+87	0	+133	-6	+26
				+5	+38	+5	+54	+5	+82	+6	+127	-2	+22
80	120	0	-15	0	+35	0	+54	0	+87	0	+140	-6	+16
				0	+50	0	+69	0	+102	0	+155	-6	+31
				+5	+45	+6	+63	+6	+96	+7	+148	-1	+26
120	150	0	-18	0	+40	0	+63	0	+100	0	+160	-7	+18
				0	+58	0	+81	0	+118	0	+178	-7	+36
				+7	+51	+7	+74	+8	+110	+8	+170	-1	+30
150	180	0	-25	0	+40	0	+63	0	+100	0	+160	-7	+18
				0	+65	0	+88	0	+125	0	+185	-7	+43
				+8	+57	+10	+78	+10	+115	+11	+174	0	+36
180	250	0	-30	0	+46	0	+72	0	+115	0	+185	-7	+22
				0	+76	0	+102	0	+145	0	+215	-7	+52
				+10	+66	+12	+90	+13	+132	+13	+202	+1	+44
250	315	0	-35	0	+52	0	+81	0	+130	0	+210	-7	+25
				0	+87	0	+116	0	+165	0	+245	-7	+60
				+12	+75	+13	+103	+15	+150	+16	+229	+2	+51
315	400	0	-40	0	+57	0	+89	0	+140	0	+230	-7	+29
				0	+97	0	+129	0	+180	0	+270	-7	+69
				+13	+84	+15	+114	+17	+163	+18	+252	+4	+58
400	500	0	-45	0	+63	0	+97	0	+155	0	+250	-7	+33
				0	+108	0	+142	0	+200	0	+295	-7	+78
				+15	+93	+17	+125	+19	+181	+20	+275	+5	+66
500	630	0	-50	0	+70	0	+110	0	+175	0	+280	-	-
				0	+120	0	+160	0	+225	0	+330	-	-
				+16	+104	+19	+141	+21	+204	+22	+308	-	-
630	800	0	-75	0	+80	0	+125	0	+200	0	+320	-	-
				0	+155	0	+200	0	+275	0	+395	-	-
				+22	+133	+27	+173	+30	+245	+33	+362	-	-

Gehäusepassungen (metrisch)



Gehäuse		Lager		Abmaße der Gehäusebohrung, Passungsübermaße und Passungsspiele									
Nennmaß des Bohrungsdurchmessers D		Außendurchmessertoleranz Δ_{Dmp}		Toleranzklassen									
				H7		H8		H9		H10		J6	
				Abweichungen (Gehäusebohrungsdurchmesser)									
				Theoretisches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)									
				Wahrscheinliches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)									
über	bis	ob.	unt.										
mm		μm		μm									
800	1000	0	-100	0	+90	0	+140	0	+230	0	+360	-	-
				0	+190	0	+240	0	+330	0	+460	-	-
				+27	+163	+33	+207	+39	+291	+43	+417	-	-
1000	1250	0	-125	0	+105	0	+165	0	+260	0	+420	-	-
				0	+230	0	+290	0	+385	0	+545	-	-
				+33	+197	+41	+249	+48	+337	+53	+492	-	-
1250	1600	0	-160	0	+125	0	+195	0	+310	0	+500	-	-
				0	+285	0	+355	0	+470	0	+660	-	-
				+40	+245	+51	+304	+60	+410	+67	+593	-	-
1600	2000	0	-200	0	+150	0	+230	0	+370	0	+600	-	-
				0	+350	0	+430	0	+570	0	+800	-	-
				+50	+300	+62	+368	+74	+496	+83	+717	-	-
2000	2500	0	-250	0	+175	0	+280	0	+440	0	+700	-	-
				0	+425	0	+530	0	+690	0	+950	-	-
				+59	+366	+77	+453	+91	+599	+103	+847	-	-

Gehäusepassungen (metrisch)



Gehäuse		Lager		Abmaße der Gehäusebohrung, Passungsübermaße und Passungsspiele									
Nennmaß des Bohrungsdurchmessers		Außendurchmessertoleranz		Toleranzklassen									
D		Δ_{Dmp}		J7		JS5		JS6		JS7		K5	
				Abweichungen (Gehäusebohrungsdurchmesser)									
				Theoretisches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)									
über	bis	ob.	unt.	Wahrscheinliches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)									
mm		μm		μm									
6	10	0	-8	-7	+8	-3	+3	-4,5	+4,5	-7,5	+7,5	-5	+1
				-7	+16	-3	+11	-4,5	+12,5	-7,5	+15,5	-5	+9
				-4	+13	-1	+9	-3	+11	-5	+13	-3	+7
10	18	0	-8	-8	+10	-4	+4	-5,5	+5,5	-9	+9	-6	+2
				-8	+18	-4	+12	-5,5	+13,5	-9	+17	-6	+10
				-5	+15	-2	+10	-3	+11	-6	+14	-4	+8
18	30	0	-9	-9	+12	-4,5	+4,5	-6,5	+6,5	-10,5	+10,5	-8	+1
				-9	+21	-4,5	+13,5	-6,5	+15,5	-10,5	+19,5	-8	+10
				-6	+18	-2	+11	-4	+13	-7	+16	-6	+8
30	50	0	-11	-11	+14	-5,5	+5,5	-8	+8	-12,5	+12,5	-9	+2
				-11	+25	-5,5	+16,5	-8	+19	-12,5	+23,5	-9	+13
				-7	+21	-3	+14	-5	+16	-9	+20	-6	+10
50	80	0	-13	-12	+18	-6,5	+6,5	-9,5	+9,5	-15	+15	-10	+3
				-12	+31	-6,5	+19,5	-9,5	+22,5	-15	+28	-10	+16
				-7	+26	-3	+16	-6	+19	-10	+23	-7	+13
80	120	0	-15	-13	+22	-7,5	+7,5	-11	+11	-17,5	+17,5	-13	+2
				-13	+37	-7,5	+22,5	-11	+26	-17,5	+32,5	-13	+17
				-8	+32	-4	+19	-6	+21	-12	+27	-9	+13
120	150	0	-18	-14	+26	-9	+9	-12,5	+12,5	-20	+20	-15	+3
				-14	+44	-9	+27	-12,5	+30,5	-20	+38	-15	+21
				-7	+37	-4	+22	-7	+25	-13	+31	-10	+16
150	180	0	-25	-14	+26	-9	+9	-12,5	+12,5	-20	+20	-15	+3
				-14	+51	-9	+34	-12,5	+37,5	-20	+45	-15	+28
				-6	+43	-3	+28	-6	+31	-12	+37	-9	+22
180	250	0	-30	-16	+30	-10	+10	-14,5	+14,5	-23	+23	-18	+2
				-16	+60	-10	+40	-14,5	+44,5	-23	+53	-18	+32
				-6	+50	-4	+34	-6	+36	-13	+43	-12	+26
250	315	0	-35	-16	+36	-11,5	+11,5	-16	+16	-26	+26	-20	+3
				-16	+71	-11,5	+46,5	-16	+51	-26	+61	-20	+38
				-4	+59	-4	+39	-7	+42	-14	+49	-12	+30
315	400	0	-40	-18	+39	-12,5	+12,5	-18	+18	-28,5	+28,5	-22	+3
				-18	+79	-12,5	+52,5	-18	+58	-28,5	+68,5	-22	+43
				-5	+66	-4	+44	-7	+47	-15	+55	-14	+35
400	500	0	-45	-20	+43	-13,5	+13,5	-20	+20	-31,5	+31,5	-25	+2
				-20	+88	-13,5	+58,5	-20	+65	-31,5	+76,5	-25	+47
				-5	+73	-4	+49	-8	+53	-17	+62	-16	+38
500	630	0	-50	-	-	-14	+14	-22	+22	-35	+35	-	-
				-	-	-14	+64	-22	+72	-35	+85	-	-
				-	-	-4	+54	-9	+59	-19	+69	-	-
630	800	0	-75	-	-	-16	+16	-25	+25	-40	+40	-	-
				-	-	-16	+91	-25	+100	-40	+115	-	-
				-	-	-4	+79	-8	+83	-18	+93	-	-

Gehäusepassungen (metrisch)



Gehäuse		Lager		Abmaße der Gehäusebohrung, Passungsübermaße und Passungsspiele									
Nennmaß des Bohrungsdurchmessers D		Außendurchmessertoleranz Δ_{Dmp}		Toleranzklassen									
				J7	JS5	JS6	JS7	K5					
				Abweichungen (Gehäusebohrungsdurchmesser)									
				Theoretisches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)									
				Wahrscheinliches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)									
über	bis	ob.	unt.										
mm		μm		μm									
800	1000	0	-100	-	-	-18	+18	-28	+28	-45	+45	-	-
				-	-	-18	+118	-28	+128	-45	+145	-	-
				-	-	-4	+104	-8	+108	-18	+118	-	-
1000	1250	0	-125	-	-	-21	+21	-33	+33	-52	+52	-	-
				-	-	-21	+146	-33	+158	-52	+177	-	-
				-	-	-4	+129	-9	+134	-20	+145	-	-
1250	1600	0	-160	-	-	-25	+25	-39	+39	-62	+62	-	-
				-	-	-25	+185	-39	+199	-62	+222	-	-
				-	-	-4	+164	-9	+169	-22	+182	-	-
1600	2000	0	-200	-	-	-30	+30	-46	+46	-75	+75	-	-
				-	-	-30	+230	-46	+246	-75	+275	-	-
				-	-	-5	+205	-11	+211	-25	+225	-	-
2000	2500	0	-250	-	-	-35	+35	-55	+55	-87	+87	-	-
				-	-	-35	+285	-55	+305	-87	+337	-	-
				-	-	-5	+255	-12	+262	-28	+278	-	-

Gehäusepassungen (metrisch)



Gehäuse		Lager		Abmaße der Gehäusebohrung, Passungsübermaße und Passungsspiele																																	
Nennmaß des Bohrungsdurchmessers		Außendurchmessertoleranz		Toleranzklassen																																	
D		Δ_{Dmp}		K6		K7		M5		M6		M7																									
über	bis	ob.	unt.	Abweichungen (Gehäusebohrungsdurchmesser)																																	
				Theoretisches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)																																	
				Wahrscheinliches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)																																	
mm		μm		μm																																	
6	10	0	-8	-7	+2	-10	+5	-10	-4	-12	-3	-15	0	-7	+10	-10	+13	-10	+4	-12	+5	-15	+8	-5	+8	-7	+10	-8	+2	-10	+3	-12	+5				
				10	18	0	-8	-9	+2	-12	+6	-12	-4	-15	-4	-18	0	-9	+10	-12	+14	-12	+4	-15	+4	-18	+8	-7	+8	-9	+11	-10	+2	-13	+2	-15	+5
								18	30	0	-9	-11	+2	-15	+6	-14	-4	-17	-4	-21	0	-11	+11	-15	+15	-14	+4	-17	+5	-21	+9	-8	+8	-12	+12	-12	+2
30	50	0	-11	-13	+3	-18	+7					-16	-5	-20	-4	-25	0	-13	+14	-18	+18	-16	+6	-20	+7	-25	+11	-10	+11	-14	+14	-13	+3	-17	+4	-21	+7
				50	80	0	-13	-15	+4	-21	+9	-19	-6	-24	-5	-30	0	-15	+17	-21	+22	-19	+7	-24	+8	-30	+13	-11	+13	-16	+17	-16	+4	-20	+4	-25	+8
								80	120	0	-15	-18	+4	-25	+10	-23	-8	-28	-6	-35	0	-18	+19	-25	+25	-23	+7	-28	+9	-35	+15	-13	+14	-20	+20	-19	+3
120	150	0	-18	-21	+4	-28	+12					-27	-9	-33	-8	-40	0	-21	+22	-28	+30	-27	+9	-33	+10	-40	+18	-15	+16	-21	+23	-22	+4	-27	+4	-33	+11
				150	180	0	-25					-21	+4	-28	+12	-27	-9	-33	-8	-40	0	-21	+29	-28	+37	-27	+16	-33	+17	-40	+25	-14	+22	-20	+29	-21	+10
180	250	0	-30					-24	+5	-33	+13	-31	-11	-37	-8	-46	0	-24	+35	-33	+43	-31	+19	-37	+22	-46	+30	-16	+27	-23	+33	-25	+13	-29	+14	-36	+20
								250	315	0	-35	-27	+5	-36	+16	-36	-13	-41	-9	-52	0	-27	+40	-36	+51	-36	+22	-41	+26	-52	+35	-18	+31	-24	+39	-28	+14
315	400	0	-40	-29	+7	-40	+17					-39	-14	-46	-10	-57	0	-29	+47	-40	+57	-39	+26	-46	+30	-57	+40	-18	+36	-27	+44	-31	+18	-35	+19	-44	+27
				400	500	0	-45					-32	+8	-45	+18	-43	-16	-50	-10	-63	0	-32	+53	-45	+63	-43	+29	-50	+35	-63	+45	-20	+41	-30	+48	-34	+20
500	630	0	-50					-44	0	-70	0	-	-	-70	-26	-96	-26	-44	+50	-70	+50	-	-	-70	+24	-96	+24	-31	+37	-54	+34	-	-	-57	+11	-80	+8
								630	800	0	-75	-50	0	-80	0	-	-	-80	-30	-110	-30	-50	+75	-80	+75	-	-	-80	+45	-110	+45	-33	+58	-58	+53	-	-

Gehäusepassungen (metrisch)



Gehäuse		Lager		Abmaße der Gehäusebohrung, Passungsübermaße und Passungsspiele									
Nennmaß des Bohrungsdurchmessers		Außendurchmessertoleranz		Toleranzklassen									
D		Δ_{Dmp}		K6		K7		M5		M6		M7	
				Abweichungen (Gehäusebohrungsdurchmesser)									
				Theoretisches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)									
				Wahrscheinliches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)									
über	bis	ob.	unt.										
mm		μm		μm									
800	1000	0	-100	-56	0	-90	0	-	-	-90	-34	-124	-34
				-56	+100	-90	+100	-	-	-90	+66	-124	+66
				-36	+80	-63	+73	-	-	-70	+46	-97	+39
1000	1250	0	-125	-66	0	-105	0	-	-	-106	-40	-145	-40
				-66	+125	-105	+125	-	-	-106	+85	-145	+85
				-42	+101	-72	+92	-	-	-82	+61	-112	+52
1250	1600	0	-160	-78	0	-125	0	-	-	-126	-48	-173	-48
				-78	+160	-125	+160	-	-	-126	+112	-173	+112
				-48	+130	-85	+120	-	-	-96	+82	-133	+72
1600	2000	0	-200	-92	0	-150	0	-	-	-158	-58	-208	-58
				-92	+200	-150	+200	-	-	-150	+142	-208	+142
				-57	+165	-100	+150	-	-	-115	+107	-158	+92
2000	2500	0	-250	-110	0	-175	0	-	-	-178	-68	-243	-68
				-110	+250	-175	+250	-	-	-178	+182	-243	+182
				-67	+207	-116	+191	-	-	-135	+139	-184	+123

Gehäusepassungen (metrisch)



Gehäuse		Lager		Abmaße der Gehäusebohrung, Passungsübermaße und Passungsspiele																											
Nennmaß des Bohrungsdurchmessers		Außendurchmessertoleranz		Toleranzklassen																											
D		Δ_{Dmp}		N6		N7		P6		P7																					
über	bis	ob.	unt.	Abweichungen (Gehäusebohrungsdurchmesser)																											
				Theoretisches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)				Wahrscheinliches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)																							
mm		μm		μm																											
6	10	0	-8	-16	-7	-19	-4	-21	-12	-24	-9	-16	+1	-19	+4	-21	-4	-24	-1	-14	-1	-16	+1	-19	-6	-21	-4				
				10	18	0	-8	-20	-9	-23	-5	-26	-15	-29	-11	-20	-1	-23	+3	-26	-7	-29	-3	-18	-3	-20	0	-24	-9	-26	-6
								18	30	0	-9	-24	-11	-28	-7	-31	-18	-35	-14	-24	-2	-28	+2	-31	-9	-35	-5	-21	-5	-25	-1
30	50	0	-11	-28	-12	-33	-8					-37	-21	-42	-17	-28	-1	-33	+3	-37	-10	-42	-6	-25	-4	-29	-1	-34	-13	-38	-10
				50	80	0	-13					-33	-14	-39	-9	-45	-26	-51	-21	-33	-1	-39	+4	-45	-13	-51	-8	-29	-5	-34	-1
80	120	0	-15					-38	-16	-45	-10	-52	-30	-59	-24	-38	-1	-45	+5	-52	-15	-59	-9	-33	-6	-40	0	-47	-20	-54	-14
								120	150	0	-18	-45	-20	-52	-12	-61	-36	-68	-28	-45	-2	-52	+6	-61	-18	-68	-10	-39	-8	-45	-1
150	180	0	-25	-45	-20	-52	-12					-61	-36	-68	-28	-45	+5	-52	+13	-61	-11	-68	-3	-38	-2	-44	+5	-54	-18	-60	-11
				180	250	0	-30					-51	-22	-60	-14	-70	-41	-79	-33	-51	+8	-60	+16	-70	-11	-79	-3	-43	0	-50	+6
250	315	0	-35					-57	-25	-66	-14	-79	-47	-88	-36	-57	+10	-66	+21	-79	-12	-88	-1	-48	+1	-54	+9	-70	-21	-76	-13
								315	400	0	-40	-62	-26	-73	-16	-87	-51	-98	-41	-62	+14	-73	+24	-87	-11	-98	-1	-51	+3	-60	+11
400	500	0	-45	-67	-27	-80	-17					-95	-55	-108	-45	-67	+18	-80	+28	-95	-10	-108	0	-55	+6	-65	+13	-83	-22	-93	-15
				500	630	0	-50					-88	-44	-114	-44	-122	-78	-148	-78	-88	+6	-114	+6	-122	-28	-148	-28	-75	-7	-98	-10
630	800	0	-75					-100	-50	-130	-50	-138	-88	-168	-88	-100	+25	-130	+25	-138	-13	-168	-13	-83	+8	-108	+3	-121	-30	-146	-35

Gehäusepassungen (metrisch)

Gehäuse		Lager		Abmaße der Gehäusebohrung, Passungsübermaße und Passungsspiele							
Nennmaß des Bohrungsdurchmessers		Außendurchmessertoleranz		Toleranzklassen							
D		Δ_{Dmp}		N6		N7		P6		P7	
				Abweichungen (Gehäusebohrungsdurchmesser)							
				Theoretisches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)							
				Wahrscheinliches Passungsübermaß (-)/Betriebsspiel (+)							
über	bis	ob.	unt.								
mm		μm		μm							
800	1000	0	-100	-112	-56	-146	-56	-156	-100	-190	-100
				-112	+44	-146	+44	-156	0	-190	0
				-92	+24	-119	+17	-136	-20	-163	-27
1000	1250	0	-125	-132	-66	-171	-66	-186	-120	-225	-120
				-132	+59	-171	+59	-186	+5	-225	+5
				-108	+35	-138	+26	-162	-19	-192	-28
1250	1600	0	-160	-156	-78	-203	-78	-218	-140	-265	-140
				-156	+82	-203	+82	-218	+20	-265	+20
				-126	+52	-163	+42	-188	-10	-225	-20
1600	2000	0	-200	-184	-92	-242	-92	-262	-170	-320	-170
				-184	+108	-242	+108	-262	+30	-320	+30
				-149	+73	-192	+58	-227	-5	-270	-20
2000	2500	0	-250	-220	-110	-285	-110	-305	-195	-370	-195
				-220	+140	-285	+140	-305	+55	-370	+55
				-177	+97	-226	+81	-262	+12	-311	-4

Wellenpassungen (in Zollabmessungen)

Lagerbohrungs- durchmesser d	Resultierende Passungen Toleranzklassen																
	f5 Wellendurch- messer		Pas- sung ¹⁾		f6 Wellendurch- messer		Pas- sung ¹⁾		g5 Wellendurch- messer		Pas- sung ¹⁾		g6 Wellendurch- messer		Pas- sung ¹⁾		
	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	
mm	in	in		-		in		-		in		-		in		-	
4	0.1575	0.1572	0.1571	0.1569		0.1571	0.1568		0.1573	0.1571	0.1573	0.1570		0.1573	0.1570		
5	0.1969	0.1966	0.1965	0.1963	1 L	0.1965	0.1962	1 L	0.1967	0.1965	4 L	0.1967	0.1964	5 L	0.1967	0.1964	
6	0.2362	0.2359	0.2358	0.2356	6 L	0.2358	0.2355	7 L	0.2360	0.2358	1 T	0.2360	0.2357	1 T	0.2360	0.2357	
7	0.2756	0.2753	0.2751	0.2749		0.2751	0.2747		0.2754	0.2752		0.2754	0.2750		0.2754	0.2750	
8	0.3150	0.3147	0.3145	0.3143	2 L	0.3145	0.3141	2 L	0.3148	0.3146	4 L	0.3148	0.3144	6 L	0.3148	0.3144	
9	0.3543	0.3540	0.3538	0.3536	7 L	0.3538	0.3534	9 L	0.3541	0.3539	1 T	0.3541	0.3537	1 T	0.3541	0.3537	
10	0.3937	0.3934	0.3932	0.3930		0.3932	0.3928		0.3935	0.3933		0.3935	0.3931		0.3935	0.3931	
12	0.4724	0.4721	0.4718	0.4714	3 L	0.4718	0.4713	3 L	0.4722	0.4720	4 L	0.4722	0.4717	7 L	0.4722	0.4717	
15	0.5906	0.5903	0.5900	0.5896	10 L	0.5900	0.5895	11 L	0.5904	0.5902	1 T	0.5904	0.5899	1 T	0.5904	0.5899	
17	0.6693	0.6690	0.6687	0.6683		0.6687	0.6682		0.6691	0.6689		0.6691	0.6686		0.6691	0.6686	
20	0.7874	0.7870	0.7866	0.7863	4 L	0.7866	0.7861	4 L	0.7871	0.7868	6 L	0.7871	0.7866	8 L	0.7871	0.7866	
25	0.9843	0.9839	0.9835	0.9832	11 L	0.9835	0.9830	13 L	0.9840	0.9837	1 T	0.9840	0.9835	1 T	0.9840	0.9835	
30	1.1811	1.1807	1.1803	1.1800		1.1803	1.1798		1.1808	1.1805		1.1808	1.1803		1.1808	1.1803	
35	1.3780	1.3775	1.3770	1.3766		1.3770	1.3763		1.3776	1.3772		1.3776	1.3770		1.3776	1.3770	
40	1.5748	1.5743	1.5738	1.5734	5 L	1.5738	1.5731	5 L	1.5744	1.5740	8 L	1.5744	1.5738	10 L	1.5744	1.5738	
45	1.7717	1.7712	1.7707	1.7703	14 L	1.7707	1.7700	17 L	1.7713	1.7709	1 T	1.7713	1.7707	1 T	1.7713	1.7707	
50	1.9685	1.9680	1.9675	1.9671		1.9675	1.9668		1.9681	1.9677		1.9681	1.9675		1.9681	1.9675	
55	2.1654	2.1648	2.1642	2.1637		2.1642	2.1634		2.1650	2.1645		2.1650	2.1643		2.1650	2.1643	
60	2.3622	2.3616	2.3610	2.3605		2.3610	2.3602		2.3618	2.3613		2.3618	2.3611		2.3618	2.3611	
65	2.5591	2.5585	2.5579	2.5574	6 L	2.5579	2.5571	6 L	2.5587	2.5582	9 L	2.5587	2.5580	11 L	2.5587	2.5580	
70	2.7559	2.7553	2.7547	2.7542	17 L	2.7547	2.7539	20 L	2.7555	2.7550	2 T	2.7555	2.7548	2 T	2.7555	2.7548	
75	2.9528	2.9522	2.9516	2.9511		2.9516	2.9508		2.9524	2.9519		2.9524	2.9517		2.9524	2.9517	
80	3.1496	3.1490	3.1484	3.1479		3.1484	3.1476		3.1492	3.1487		3.1492	3.1485		3.1492	3.1485	
85	3.3465	3.3457	3.3451	3.3445		3.3450	3.3442		3.3460	3.3454		3.3460	3.3452		3.3460	3.3452	
90	3.5433	3.5425	3.5419	3.5413		3.5418	3.5410		3.5428	3.5422		3.5428	3.5420		3.5428	3.5420	
95	3.7402	3.7394	3.7388	3.7382		3.7387	3.7379		3.7397	3.7391		3.7397	3.7389		3.7397	3.7389	
100	3.9370	3.9362	3.9356	3.9350	6 L	3.9356	3.9347	7 L	3.9365	3.9359	11 L	3.9365	3.9357	13 L	3.9365	3.9357	
105	4.1339	4.1331	4.1325	4.1319	20 L	4.1324	4.1316	23 L	4.1334	4.1328	3 T	4.1334	4.1326	3 T	4.1334	4.1326	
110	4.3307	4.3299	4.3293	4.3287		4.3292	4.3284		4.3302	4.3296		4.3302	4.3294		4.3302	4.3294	
120	4.7244	4.7236	4.7230	4.7224		4.7229	4.7221		4.7239	4.7233		4.7239	4.7231		4.7239	4.7231	
130	5.1181	5.1171	5.1164	5.1157		5.1164	5.1154		5.1176	5.1169		5.1176	5.1166		5.1176	5.1166	
140	5.5118	5.5108	5.5101	5.5094		5.5101	5.5091		5.5113	5.5106		5.5113	5.5103		5.5113	5.5103	
150	5.9055	5.9045	5.9038	5.9031	7 L	5.9038	5.9028	7 L	5.9050	5.9043	12 L	5.9049	5.9040	15 L	5.9049	5.9040	
160	6.2992	6.2982	6.2975	6.2968	24 L	6.2975	6.2965	27 L	6.2987	6.2980	5 T	6.2986	6.2977	4 T	6.2986	6.2977	
170	6.6929	6.6919	6.6912	6.6905		6.6912	6.6902		6.6924	6.6917		6.6923	6.6914		6.6923	6.6914	
180	7.0866	7.0856	7.0849	7.0842		7.0849	7.0839		7.0861	7.0854		7.0860	7.0851		7.0860	7.0851	
190	7.4803	7.4791	7.4783	7.4776		7.4783	7.4772		7.4797	7.4789		7.4797	7.4786		7.4797	7.4786	
200	7.8740	7.8728	7.8720	7.8713	8 L	7.8720	7.8709	8 L	7.8734	7.8726	14 L	7.8734	7.8723	17 L	7.8734	7.8723	
220	8.6614	8.6602	8.6594	8.6587	27 L	8.6594	8.6583	31 L	8.6608	8.6600	6 T	8.6608	8.6597	6 T	8.6608	8.6597	
240	9.4488	9.4476	9.4468	9.4461		9.4468	9.4457		9.4482	9.4474		9.4482	9.4471		9.4482	9.4471	

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Wellenpassungen (in Zollabmessungen)

Lagerbohrungs- durchmesser d	Resultierende Passungen													
			Toleranzklassen f5		f6		g5		g6		Pas- sung ¹⁾			
	max.	min.	Wellendurch- messer		Pas- sung ¹⁾	Wellendurch- messer		Pas- sung ¹⁾	Wellendurch- messer					
mm	in	in		-	in	-	in	-	in	-				
260	10.2362	10.2348	10,2340	10,2331		10,2340	10,2328		10,2356	10,2346		10,2355	10,2343	
280	11.0236	11.0222	11,0214	11,0205	8 L	11,0214	11,0202	8 L	11,0230	11,0220	16 L	11,0229	11,0217	19 L
300	11.8110	11.8096	11,8088	11,8079	31 L	11,8088	11,8076	34 L	11,8104	11,8094	8 T	11,8103	11,8091	7 T
320	12.5984	12.5968	12,5960	12,5950		12,5960	12,5946		12,5977	12,5967		12,5977	12,5963	
340	13.3858	13.3842	13,3834	13,3824		13,3834	13,3820		13,3851	13,3841		13,3851	13,3837	
360	14.1732	14.1716	14,1708	14,1698		14,1708	14,1694		14,1725	14,1715	17 L	14,1725	14,1711	21 L
380	14.9606	14.9590	14,9582	14,9572	34 L	14,9582	14,9568	38 L	14,9599	14,9589	9 T	14,9599	14,9585	9 T
400	15.7480	15.7464	15,7456	15,7446		15,7456	15,7442		15,7473	15,7463		15,7473	15,7459	
420	16.5354	16.5336	16,5328	16,5317		16,5328	16,5312		16,5346	16,5336		16,5346	16,5330	
440	17.3228	17.3210	17,3202	17,3191		17,3202	17,3186		17,3220	17,3210		17,3220	17,3204	
460	18.1102	18.1084	18,1076	18,1065	8 L	18,1076	18,1060	8 L	18,1094	18,1084	18 L	18,1094	18,1078	24 L
480	18.8976	18.8958	18,8950	18,8939	37 L	18,8950	18,8934	42 L	18,8968	18,8958	10 T	18,8968	18,8952	10 T
500	19.6850	19.6832	19,6824	19,6813		19,6824	19,6808		19,6842	19,6832		19,6842	19,6826	
530	20.8661	20.8641	20,8632	20,8621		20,8632	20,8614		20,8653	20,8642		20,8652	20,8635	
560	22.0472	22.0452	22,0443	22,0432	9 L	22,0443	22,0425	9 L	22,0464	22,0453	19 L	22,0463	22,0446	26 L
600	23.6220	23.6200	23,6191	23,6180	40 L	23,6191	23,6173	47 L	23,6212	23,6201	12 T	23,6211	23,6194	11 T
630	24.8031	24.8011	24,8002	24,7991		24,8002	24,7984		24,8023	24,8012		24,8022	24,8005	
670	26.3780	26.3750	26,3748	26,3735		26,3748	26,3728		26,3770	26,3758		26,3771	26,3751	
710	27.9528	27.9498	27,9496	27,9483	2 L	27,9496	27,9476	2 L	27,9518	27,9506	22 L	27,9519	27,9499	29 L
750	29.5276	29.5246	29,5244	29,5231	45 L	29,5244	29,5224	52 L	29,5266	29,5254	20 T	29,5267	29,5247	21 T
800	31.4961	31.4931	31,4929	31,4916		31,4929	31,4909		31,4951	31,4939		31,4952	31,4932	
850	33.4646	33.4607	33,4612	33,4598		33,4612	33,4590		33,4635	33,4621		33,4636	33,4614	
900	35.4331	35.4292	35,4297	35,4283	48 L	35,4297	35,4275	56 L	35,4320	35,4306	25 L	35,4321	35,4299	32 L
950	37.4016	37.3977	37,3982	37,3968	5 T	37,3982	37,3960	5 T	37,4005	37,3991	28 T	37,4006	37,3984	29 T
1000	39.3701	39.3662	39,3667	39,3653		39,3667	39,3645		39,3690	39,3676		39,3691	39,3669	
1060	41.7323	41.7274	41,7284	41,7268		41,7284	41,7258		41,7312	41,7295		41,7312	41,7286	
1120	44.0945	44.0896	44,0906	44,0890	55 L	44,0906	44,0880	65 L	44,0934	44,0917	28 L	44,0934	44,0908	37 L
1180	46.4567	46.4518	46,4528	46,4512	10 T	46,4528	46,4502	10 T	46,4556	46,4539	38 T	46,4556	46,4530	38 T
1250	49.2126	49.2077	49,2087	49,2071		49,2087	49,2061		49,2115	49,2098		49,2115	49,2089	

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Wellenpassungen (in Zollabmessungen)

Lagerbohrungs- durchmesser d	Resultierende Passungen												
	Toleranzklassen												
	h5 Wellendurch- messer		h6 Wellendurch- messer		h8 Wellendurch- messer		h9 Wellendurch- messer		h7 Wellendurch- messer		h6 Wellendurch- messer		
max.	min.	max.	min.	Pas- sung ¹⁾	max.	min.	Pas- sung ¹⁾	max.	min.	Pas- sung ¹⁾	max.	min.	Pas- sung ¹⁾
mm	in	in		-	in		-	in		-	in		-
4	0.1575	0.1572	0.1575	0.1573		0.1575	0.1572		0.1575	0.1568		0.1575	0.1563
5	0.1969	0.1966	0.1969	0.1967	2 L	0.1969	0.1966	3 L	0.1969	0.1962	7 L	0.1969	0.1957
6	0.2362	0.2359	0.2362	0.2360	3 T	0.2362	0.2359	3 T	0.2362	0.2355	3 T	0.2362	0.2350
7	0.2756	0.2753	0.2756	0.2754		0.2756	0.2752		0.2756	0.2747		0.2756	0.2742
8	0.3150	0.3147	0.3150	0.3148	2 L	0.3150	0.3146	4 L	0.3150	0.3141	9 L	0.3150	0.3136
9	0.3543	0.3540	0.3543	0.3541	3 T	0.3543	0.3539	3 T	0.3543	0.3534	3 T	0.3543	0.3529
10	0.3937	0.3934	0.3937	0.3935		0.3937	0.3933		0.3937	0.3928		0.3937	0.3923
12	0.4724	0.4721	0.4724	0.4721		0.4724	0.4720		0.4724	0.4713		0.4724	0.4707
15	0.5906	0.5903	0.5906	0.5903	3 L	0.5906	0.5902	4 L	0.5906	0.5895	11 L	0.5906	0.5889
17	0.6693	0.6690	0.6693	0.6690	3 T	0.6693	0.6689	3 T	0.6693	0.6682	3 T	0.6693	0.6676
20	0.7874	0.7870	0.7874	0.7870		0.7874	0.7869		0.7874	0.7861		0.7874	0.7854
25	0.9843	0.9839	0.9843	0.9839	4 L	0.9843	0.9838	5 L	0.9843	0.9830	13 L	0.9843	0.9823
30	1.1811	1.1807	1.1811	1.1807	4 T	1.1811	1.1806	4 T	1.1811	1.1798	4 T	1.1811	1.1791
35	1.3780	1.3775	1.3780	1.3776		1.3780	1.3774		1.3780	1.3765		1.3780	1.3756
40	1.5748	1.5743	1.5748	1.5744	4 L	1.5748	1.5742	6 L	1.5748	1.5733	15 L	1.5748	1.5724
45	1.7717	1.7712	1.7717	1.7713	5 T	1.7717	1.7711	5 T	1.7717	1.7702	5 T	1.7717	1.7693
50	1.9685	1.9680	1.9685	1.9681		1.9685	1.9679		1.9685	1.9670		1.9685	1.9661
55	2.1654	2.1648	2.1654	2.1649		2.1654	2.1647		2.1654	2.1636		2.1654	2.1624
60	2.3622	2.3616	2.3622	2.3617		2.3622	2.3615		2.3622	2.3604		2.3622	2.3592
65	2.5591	2.5585	2.5591	2.5586	5 L	2.5591	2.5584	7 L	2.5591	2.5573	18 L	2.5591	2.5561
70	2.7559	2.7553	2.7559	2.7554	6 T	2.7559	2.7552	6 T	2.7559	2.7541	6 T	2.7559	2.7529
75	2.9528	2.9522	2.9528	2.9523		2.9528	2.9521		2.9528	2.9510		2.9528	2.9498
80	3.1496	3.1490	3.1496	3.1491		3.1496	3.1489		3.1496	3.1478		3.1496	3.1466
85	3.3465	3.3457	3.3465	3.3459		3.3465	3.3456		3.3465	3.3444		3.3465	3.3431
90	3.5433	3.5425	3.5433	3.5427		3.5433	3.5424		3.5433	3.5412		3.5433	3.5399
95	3.7402	3.7394	3.7402	3.7396		3.7402	3.7393		3.7402	3.7381		3.7402	3.7368
100	3.9370	3.9362	3.9370	3.9364	6 L	3.9370	3.9361	9 L	3.9370	3.9349	21 L	3.9370	3.9336
105	4.1339	4.1331	4.1339	4.1333	8 T	4.1339	4.1330	8 T	4.1339	4.1318	8 T	4.1339	4.1305
110	4.3307	4.3299	4.3307	4.3301		4.3307	4.3298		4.3307	4.3286		4.3307	4.3273
120	4.7244	4.7236	4.7244	4.7238		4.7244	4.7235		4.7244	4.7223		4.7244	4.7210
130	5.1181	5.1171	5.1181	5.1174		5.1181	5.1171		5.1181	5.1155		5.1181	5.1142
140	5.5118	5.5108	5.5118	5.5111		5.5118	5.5108		5.5118	5.5093		5.5118	5.5079
150	5.9055	5.9045	5.9055	5.9048	7 L	5.9055	5.9045	10 L	5.9055	5.9030	25 L	5.9055	5.9016
160	6.2992	6.2982	6.2992	6.2985	10 T	6.2992	6.2982		6.2992	6.2967		6.2992	6.2953
170	6.6929	6.6919	6.6929	6.6922		6.6929	6.6919		6.6929	6.6904		6.6929	6.6890
180	7.0866	7.0856	7.0866	7.0859		7.0866	7.0856		7.0866	7.0841		7.0866	7.0827
190	7.4803	7.4791	7.4803	7.4795		7.4803	7.4792		7.4803	7.4775		7.4803	7.4758
200	7.8740	7.8728	7.8740	7.8732	8 L	7.8740	7.8729	11 L	7.8740	7.8712	28 L	7.8740	7.8695
220	8.6614	8.6602	8.6614	8.6606	12 T	8.6614	8.6603	12 T	8.6614	8.6586		8.6614	8.6569
240	9.4488	9.4476	9.4488	9.4480		9.4488	9.4477		9.4488	9.4460		9.4488	9.4443

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Wellenpassungen (in Zollabmessungen)

Lagerbohrungs- durchmesser d	Resultierende Passungen Toleranzklassen													
	h5 Wellendurch- messer		h6 Wellendurch- messer		Pas- sung ¹⁾	h8 Wellendurch- messer		Pas- sung ¹⁾	h9 Wellendurch- messer		Pas- sung ¹⁾			
	max.	min.	max.	min.		max.	min.		max.	min.				
mm	in	in		–	in	–	in		–	in		–		
260	10.2362	10.2348	10.2362	10.2353	9 L 14 T	10.2362	10.2349	13 L 14 T	10.2362	10.2330	32 L 14 T	10.2362	10.2311	51 L 14 T
280	11.0236	11.0222	11.0236	11.0227		11.0236	11.0223		11.0236	11.0204		11.0236	11.0185	
300	11.8110	11.8096	11.8110	11.8101		11.8110	11.8097		11.8110	11.8078		11.8110	11.8059	
320	12.5984	12.5968	12.5984	12.5974	10 L 16 T	12.5984	12.5970	14 L 16 T	12.5984	12.5949	35 L 16 T	12.5984	12.5929	55 L 16 T
340	13.3858	13.3842	13.3858	13.3848		13.3858	13.3844		13.3858	13.3823		13.3858	13.3803	
360	14.1732	14.1716	14.1732	14.1722		14.1732	14.1718		14.1732	14.1697		14.1732	14.1677	
380	14.9606	14.9590	14.9606	14.9596	11 L 18 T	14.9606	14.9592	16 L 18 T	14.9606	14.9571	38 L 18 T	14.9606	14.9551	61 L 18 T
400	15.7480	15.7464	15.7480	15.7470		15.7480	15.7466		15.7480	15.7445		15.7480	15.7425	
420	16.5354	16.5336	16.5354	16.5343		16.5354	16.5338		16.5354	16.5316		16.5354	16.5293	
440	17.3228	17.3210	17.3228	17.3217	12 L 18 T	17.3228	17.3212	18 L 18 T	17.3228	17.3190	43 L 20 T	17.3228	17.3167	79 L 18 T
460	18.1102	18.1084	18.1102	18.1091		18.1102	18.1086		18.1102	18.1064		18.1102	18.1041	
480	18.8976	18.8958	18.8976	18.8965		18.8976	18.8960		18.8976	18.8938		18.8976	18.8915	
500	19.6850	19.6832	19.6850	19.6839	13 L 20 T	19.6850	19.6834	20 L 20 T	19.6850	19.6812	49 L 20 T	19.6850	19.6789	91 L 20 T
530	20.8661	20.8641	–	–		20.8661	20.8644		20.8661	20.8618		20.8661	20.8593	
560	22.0472	22.0452	–	–		22.0472	22.0455		22.0472	22.0429		22.0472	22.0404	
600	23.6220	23.6200	–	–	23.6220	23.6203	23.6220	23.6177	23.6220	23.6152	30 T	23.6220	23.6152	20 T
630	24.8031	24.8011	–	–	24.8031	24.8014	24.8031	24.7988	24.8031	24.7963				
670	26.3780	26.3750	–	–	26.3780	26.3760	26.3780	26.3731	26.3780	26.3701				
710	27.9528	27.9498	–	–	27.9528	27.9508	27.9528	27.9479	27.9528	27.9449	30 T	27.9528	27.9449	79 L
750	29.5276	29.5246	–	–	29.5276	29.5256	29.5276	29.5227	29.5276	29.5197				
800	31.4961	31.4931	–	–	31.4961	31.4941	31.4961	31.4912	31.4961	31.4882				
850	33.4646	33.4607	–	–	33.4646	33.4624	33.4646	33.4591	33.4646	33.4555	39 T	33.4646	33.4555	91 L
900	35.4331	35.4292	–	–	35.4331	35.4309	35.4331	35.4276	35.4331	35.4240				
950	37.4016	37.3977	–	–	37.4016	37.3994	37.4016	37.3961	37.4016	37.3925				
1000	39.3701	39.3662	–	–	39.3701	39.3679	39.3701	39.3646	39.3701	39.3610	49 T	39.3701	39.3610	102 L
1060	41.7323	41.7274	–	–	41.7323	41.7297	41.7323	41.7258	41.7323	41.7221				
1120	44.0945	44.0896	–	–	44.0945	44.0919	44.0945	44.0880	44.0945	44.0843				
1180	46.4567	46.4518	–	–	46.4567	46.4541	46.4567	46.4502	46.4567	46.4465	49 T	46.4567	46.4465	49 T
1250	49.2126	49.2077	–	–	49.2126	49.2100	49.2126	49.2061	49.2126	49.2024				

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Wellenpassungen (in Zollabmessungen)

Lagerbohrungs- durchmesser d	Resultierende Passungen																				
	Toleranzklassen				Pas- sung ¹⁾	j6				Pas- sung ¹⁾	js4				Pas- sung ¹⁾	js5				Pas- sung ¹⁾	
	j5		Wellendurch- messer			Wellendurch- messer		Wellendurch- messer			Wellendurch- messer		Wellendurch- messer			Wellendurch- messer					
max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.		
mm	in	in				-	in				-	in				-	in				-
4	0.1575	0.1572	0.1576	0.1574		0.1577	0.1574								0.1576	0.1574					
5	0.1969	0.1966	0.1970	0.1968	1L	0.1971	0.1968	5T							0.1970	0.1968					1L
6	0.2362	0.2359	0.2363	0.2361	4T	0.2364	0.2361								0.2363	0.2361					4T
7	0.2756	0.2753	0.2758	0.2755		0.2759	0.2755								0.2757	0.2755					
8	0.3150	0.3147	0.3152	0.3149	1L	0.3153	0.3149								0.3151	0.3149					1L
9	0.3543	0.3540	0.3545	0.3542	5T	0.3546	0.3542	6T							0.3544	0.3542					4T
10	0.3937	0.3934	0.3939	0.3936		0.3940	0.3936								0.3938	0.3936					
12	0.4724	0.4721	0.4726	0.4723	1L	0.4727	0.4723								0.4726	0.4722					2L
15	0.5906	0.5903	0.5908	0.5905	5T	0.5909	0.5905	6T							0.5908	0.5904					5T
17	0.6693	0.6690	0.6695	0.6692		0.6696	0.6692								0.6695	0.6691					
20	0.7874	0.7870	0.7876	0.7872	2L	0.7878	0.7872								0.7876	0.7872					2L
25	0.9843	0.9839	0.9845	0.9841	6T	0.9847	0.9841	8T							0.9845	0.9841					6T
30	1.1811	1.1807	1.1813	1.1809		1.1815	1.1809								1.1813	1.1809					
35	1.3780	1.3775	1.3782	1.3778		1.3784	1.3778								1.3782	1.3778					
40	1.5748	1.5743	1.5750	1.5746	2L	1.5752	1.5746								1.5750	1.5746					2L
45	1.7717	1.7712	1.7719	1.7715	7T	1.7721	1.7715	9T							1.7719	1.7715					7T
50	1.9685	1.9680	1.9687	1.9683		1.9689	1.9683								1.9687	1.9683					
55	2.1654	2.1648	2.1656	2.1651		2.1659	2.1651								2.1656	2.1651					
60	2.3622	2.3616	2.3624	2.3619		2.3627	2.3619								2.3624	2.3619					
65	2.5591	2.5585	2.5593	2.5588	3L	2.5596	2.5588								2.5593	2.5588					3L
70	2.7559	2.7553	2.7561	2.7556	8T	2.7564	2.7556	11T							2.7561	2.7556					8T
75	2.9528	2.9522	2.9530	2.9525		2.9533	2.9525								2.9530	2.9525					
80	3.1496	3.1490	3.1498	3.1493		3.1501	3.1493								3.1498	3.1493					
85	3.3465	3.3457	3.3467	3.3461		3.3470	3.3461								3.3468	3.3462					
90	3.5433	3.5425	3.5435	3.5429		3.5438	3.5429								3.5436	3.5430					
95	3.7402	3.7394	3.7404	3.7398		3.7407	3.7398								3.7405	3.7399					
100	3.9370	3.9362	3.9372	3.9366	4L	3.9375	3.9366								3.9373	3.9367					
105	4.1339	4.1331	4.1341	4.1335	10T	4.1344	4.1335	13T							4.1342	4.1336					11T
110	4.3307	4.3299	4.3309	4.3303		4.3312	4.3303								4.3310	4.3304					
120	4.7244	4.7236	4.7246	4.7240		4.7249	4.7240								4.7247	4.7241					
130	5.1181	5.1171	5.1184	5.1177		5.1187	5.1177								5.1184	5.1177					
140	5.5118	5.5108	5.5121	5.5114		5.5124	5.5114								5.5121	5.5114					
150	5.9055	5.9045	5.9058	5.9051	4L	5.9061	5.9051								5.9058	5.9051					4L
160	6.2992	6.2982	6.2995	6.2988	13T	6.2998	6.2988	16T							6.2995	6.2988					13T
170	6.6929	6.6919	6.6932	6.6925		6.6935	6.6925								6.6932	6.6925					
180	7.0866	7.0856	7.0869	7.0862		7.0872	7.0862								7.0869	7.0862					
190	7.4803	7.4791	7.4806	7.4798		7.4809	7.4798								7.4807	7.4799					
200	7.8740	7.8728	7.8743	7.8735	5L	7.8746	7.8735								7.8744	7.8736					4L
220	8.6614	8.6602	8.6617	8.6609	15T	8.6620	8.6609	18T							8.6618	8.6610					16T
240	9.4488	9.4476	9.4491	9.4483		9.4494	9.4483								9.4492	9.4484					

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Wellenpassungen (in Zollabmessungen)

Lagerbohrungs- durchmesser d	Resultierende Passungen Toleranzklassen												
	j5 Wellendurch- messer		j6 Wellendurch- messer		js4 Wellendurch- messer		js5 Wellendurch- messer		Pas- sung ¹⁾		Pas- sung ¹⁾		
	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	
mm	in	in		in		in		in		in		in	
260	10.2362	10.2348	10.2365	10.2356	6 L 17 T	10.2368	10.2356	6 L 20 T	10.2365	10.2359	3 L 17 T	10.2366	10.2357
280	11.0236	11.0222	11.0239	11.0230		11.0242	11.0230		11.0239	11.0233		11.0240	11.0231
300	11.8110	11.8096	11.8113	11.8104		11.8116	11.8104		11.8113	11.8107		11.8114	11.8105
320	12.5984	12.5968	12.5987	12.5977		12.5991	12.5977					12.5989	12.5979
340	13.3858	13.3842	13.3861	13.3851	7 L 19 T	13.3865	13.3851	7 L				13.3863	13.3853
360	14.1732	14.1716	14.1735	14.1725		14.1739	14.1725	23 T				14.1737	14.1727
380	14.9606	14.9590	14.9609	14.9599		14.9613	14.9599					14.9611	14.9601
400	15.7480	15.7464	15.7483	15.7473		15.7487	15.7473					15.7485	15.7475
420	16.5354	16.5336	16.5357	16.5346		16.5362	16.5346					16.5359	16.5349
440	17.3228	17.3210	17.3231	17.3220		17.3236	17.3220					17.3233	17.3223
460	18.1102	18.1084	18.1105	18.1094	8 L 21 T	18.1110	18.1094	8 L 26 T				18.1107	18.1097
480	18.8976	18.8958	18.8979	18.8968		18.8984	18.8968					18.8981	18.8971
500	19.6850	19.6832	19.6853	19.6842		19.6858	19.6842					19.6855	19.6845
530	20.8661	20.8641	–	–		20.8670	20.8652					20.8666	20.8655
560	22.0472	22.0452	–	–	–	22.0481	22.0463	9 L				22.0477	22.0466
600	23.6220	23.6200	–	–	–	23.6229	23.6211	29 T				23.6225	23.6214
630	24.8031	24.8011	–	–	–	24.8040	24.8022					24.8036	24.8025
670	26.3780	26.3750	–	–	–	26.3790	26.3770					26.3786	26.3774
710	27.9528	27.9498	–	–	–	27.9538	27.9518	10 L				27.9534	27.9522
750	29.5276	29.5246	–	–	–	29.5286	29.5266	40 T				29.5282	29.5270
800	31.4961	31.4931	–	–	–	31.4971	31.4951					31.4967	31.4955
850	33.4646	33.4607	–	–	–	33.4657	33.4635					33.4653	33.4639
900	35.4331	35.4292	–	–	–	35.4342	35.4320	11 L				35.4338	35.4324
950	37.4016	37.3977	–	–	–	37.4027	37.4005	50 T				37.4023	37.4009
1000	39.3701	39.3662	–	–	–	39.3712	39.3690					39.3708	39.3694
1060	41.7323	41.7274	–	–	–	41.7336	41.7310					41.7331	41.7315
1120	44.0945	44.0896	–	–	–	44.0958	44.0932	13 L				44.0953	44.0937
1180	46.4567	46.4518	–	–	–	46.4580	46.4554	62 T				46.4575	46.4559
1250	49.2126	49.2077	–	–	–	49.2139	49.2113					49.2134	49.2118

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Wellenpassungen (in Zollabmessungen)

Lagerbohrungs- durchmesser d	Resultierende Passungen												
	Toleranzklassen												
	js6 Wellendurch- messer		js7 Wellendurch- messer		k4 Wellendurch- messer		k5 Wellendurch- messer		k6 Wellendurch- messer		k7 Wellendurch- messer		
max.	min.	max.	min.	Pas- sung ¹⁾	max.	min.	Pas- sung ¹⁾	max.	min.	Pas- sung ¹⁾	max.	min.	Pas- sung ¹⁾
mm	in	in		-	in	-	in	-	in	-	in	-	in
4	0.1575	0.1572	0.1577	0.1573		0.1577	0.1572		0.1577	0.1575	0.1577	0.1575	
5	0.1969	0.1966	0.1971	0.1967	2L	0.1971	0.1966	3T	0.1971	0.1969	0T	0.1971	0.1969
6	0.2362	0.2359	0.2364	0.2360	5T	0.2364	0.2359	5T	0.2364	0.2362	5T	0.2364	0.2362
7	0.2756	0.2753	0.2758	0.2754		0.2759	0.2753		0.2758	0.2756		0.2759	0.2756
8	0.3150	0.3147	0.3152	0.3148	2L	0.3153	0.3147	3T	0.3152	0.3150	0T	0.3153	0.3150
9	0.3543	0.3540	0.3545	0.3541	5T	0.3546	0.3540	6T	0.3545	0.3543	5T	0.3546	0.3543
10	0.3937	0.3934	0.3939	0.3935		0.3940	0.3934		0.3939	0.3937		0.3940	0.3937
12	0.4724	0.4721	0.4726	0.4722	2L	0.4727	0.4720	4T	0.4727	0.4724	0T	0.4728	0.4724
15	0.5906	0.5903	0.5908	0.5904	5T	0.5909	0.5902	6T	0.5909	0.5906	6T	0.5910	0.5906
17	0.6693	0.6690	0.6695	0.6691		0.6696	0.6689		0.6696	0.6693		0.6697	0.6693
20	0.7874	0.7870	0.7876	0.7871		0.7878	0.7870	4T	0.7877	0.7874	0T	0.7878	0.7875
25	0.9843	0.9839	0.9845	0.9840	3L	0.9847	0.9839	8T	0.9846	0.9843	7T	0.9847	0.9844
30	1.1811	1.1807	1.1813	1.1808	6T	1.1815	1.1807	8T	1.1814	1.1811	7T	1.1815	1.1812
35	1.3780	1.3775	1.3783	1.3777		1.3784	1.3775		1.3783	1.3781		1.3785	1.3781
40	1.5748	1.5743	1.5751	1.5745	3L	1.5752	1.5743	5T	1.5751	1.5749	1T	1.5753	1.5749
45	1.7717	1.7712	1.7720	1.7714	8T	1.7721	1.7712	9T	1.7720	1.7718	8T	1.7722	1.7718
50	1.9685	1.9680	1.9688	1.9682		1.9689	1.9680		1.9688	1.9686		1.9690	1.9686
55	2.1654	2.1648	2.1658	2.1650		2.1659	2.1648		2.1658	2.1655		2.1660	2.1655
60	2.3622	2.3616	2.3626	2.3618		2.3627	2.3616		2.3626	2.3623		2.3628	2.3623
65	2.5591	2.5585	2.5595	2.5587	4L	2.5596	2.5585	6T	2.5595	2.5592	1T	2.5597	2.5592
70	2.7559	2.7553	2.7563	2.7555	10T	2.7564	2.7553	11T	2.7563	2.7560	10T	2.7565	2.7560
75	2.9528	2.9522	2.9532	2.9524		2.9533	2.9522		2.9532	2.9529		2.9534	2.9529
80	3.1496	3.1490	3.1500	3.1492		3.1501	3.1490		3.1500	3.1497		3.1502	3.1497
85	3.3465	3.3457	3.3469	3.3461		3.3472	3.3458		3.3470	3.3466		3.3472	3.3466
90	3.5433	3.5425	3.5437	3.5429		3.5440	3.5426		3.5438	3.5434		3.5440	3.5434
95	3.7402	3.7394	3.7406	3.7398		3.7409	3.7395		3.7407	3.7403		3.7409	3.7403
100	3.9370	3.9362	3.9374	3.9366	4L	3.9377	3.9363	7T	3.9375	3.9371	1T	3.9377	3.9371
105	4.1339	4.1331	4.1343	4.1335	12T	4.1346	4.1332	15T	4.1344	4.1340	13T	4.1346	4.1340
110	4.3307	4.3299	4.3311	4.3303		4.3314	4.3300		4.3312	4.3308		4.3314	4.3308
120	4.7244	4.7236	4.7248	4.7240		4.7251	4.7237		4.7249	4.7245		4.7251	4.7245
130	5.1181	5.1171	5.1186	5.1176		5.1189	5.1173		5.1187	5.1182		5.1189	5.1182
140	5.5118	5.5108	5.5123	5.5113		5.5126	5.5110		5.5124	5.5119		5.5126	5.5119
150	5.9055	5.9045	5.9060	5.9050	5L	5.9063	5.9047	8T	5.9061	5.9056	1T	5.9063	5.9056
160	6.2992	6.2982	6.2997	6.2987	15T	6.3000	6.2984	18T	6.2998	6.2993	16T	6.3000	6.2993
170	6.6929	6.6919	6.6934	6.6924		6.6937	6.6921		6.6935	6.6930		6.6937	6.6930
180	7.0866	7.0856	7.0871	7.0861		7.0874	7.0858		7.0872	7.0867		7.0874	7.0867
190	7.4803	7.4791	7.4809	7.4797		7.4812	7.4794		7.4810	7.4805		7.4812	7.4805
200	7.8740	7.8728	7.8746	7.8734	6L	7.8749	7.8731	9T	7.8747	7.8742	2T	7.8749	7.8742
220	8.6614	8.6602	8.6620	8.6608	18T	8.6623	8.6605	21T	8.6621	8.6616	19T	8.6623	8.6616
240	9.4488	9.4476	9.4494	9.4482		9.4497	9.4479		9.4495	9.4490		9.4497	9.4490

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Wellenpassungen (in Zollabmessungen)

Lagerbohrungs- durchmesser d	Resultierende Passungen													
			Toleranzklassen js6		Pas- sung ¹⁾	js7		Pas- sung ¹⁾	k4		Pas- sung ¹⁾	k5		Pas- sung ¹⁾
	max.	min.	Wellendurch- messer			max.	min.		max.	min.		max.	min.	
mm	in	in		-	in	-	in	-	in	-	in	-		
260	10.2362	10.2348	10.2368	10.2356	6 L 20 T	10,2372	10,2352	10 T 24 T	10.2370	10.2364	2 T 22 T	10.2373	10.2364	2 T 25 T
280	11.0236	11.0222	11.0242	11.0230		11,0246	11,0226		11.0244	11.0238		11.0247	11.0238	
300	11.8110	11.8096	11.8116	11.8104		11,8120	11,8100		11.8118	11.8112		11.8121	11.8112	
320	12.5984	12.5968	12.5991	12.5977	7 L 23 T	12,5996	12,5973	11 T 28 T	12.5992	12.5986	2 T 24 T	12.5995	12.5986	2 T 27 T
340	13.3858	13.3842	13.3865	13.3851		13,3870	13,3847		13.3866	13.3860		13.3869	13.3860	
360	14.1732	14.1716	14.1739	14.1725		14,1744	14,1721		14.1740	14.1734		14.1743	14.1734	
380	14.9606	14.9590	14.9613	14.9599		14,9618	14,9595		14.9614	14.9608		14.9617	14.9608	
400	15.7480	15.7464	15.7487	15.7473		15,7492	15,7469		15.7488	15.7482		15.7491	15.7482	
420	16.5354	16.5336	16.5362	16.5346	8 L 26 T	16,5367	16,5342	12 T 31 T	16.5364	16.5356	2 T 28 T	16.5367	16.5356	2 T 31 T
440	17.3228	17.3210	17.3236	17.3220		17,3241	17,3216		17.3238	17.3230		17.3241	17.3230	
460	18.1102	18.1084	18.1110	18.1094		18,1115	18,1090		18.1112	18.1104		18.1115	18.1104	
480	18.8976	18.8958	18.8984	18.8968		18,8989	18,8964		18.8986	18.8978		18.8989	18.8978	
500	19.6850	19.6832	19.6858	19.6842		19,6863	19,6838		19.6860	19.6852		19.6863	19.6852	
530	20.8661	20.8641	20.8669	20.8652	9 L 28 T	20,8675	20,8648	-	-	-	-	20.8673	20.8661	0 T 32 T
560	22.0472	22.0452	22.0480	22.0463		22,0486	22,0459	13 T	-	-	-	22.0484	22.0472	
600	23.6220	23.6200	23.6228	23.6211		23,6234	23,6207	34 T	-	-	-	23.6232	23.6220	
630	24.8031	24.8011	24.8039	24.8022		24,8045	24,8018	-	-	-	-	24.8043	24.8031	
670	26.3780	26.3750	26.3789	26.3770	10 L 39 T	26,3795	26,3764	-	-	-	-	26.3794	26.3780	0 T 44 T
710	27.9528	27.9498	27.9537	27.9518		27,9543	27,9512	16 T	-	-	-	27.9542	27.9528	
750	29.5276	29.5246	29.5285	29.5266		29,5291	29,5260	45 T	-	-	-	29.5290	29.5276	
800	31.4961	31.4931	31.4970	31.4951		31,4976	31,4945	-	-	-	-	31.4975	31.4961	
850	33.4646	33.4607	33.4657	33.4635	11 L 50 T	33,4663	33,4628	-	-	-	-	33.4662	33.4646	0 T 55 T
900	35.4331	35.4292	35.4342	35.4320		35,4348	35,4313	18 T	-	-	-	35.4347	35.4331	
950	37.4016	37.3977	37.4027	37.4005		37,4033	37,3998	56 T	-	-	-	37.4032	37.4016	
1000	39.3701	39.3662	39.3712	39.3690		39,3718	39,3683	-	-	-	-	39.3717	39.3701	
1060	41.7323	41.7274	41.7336	41.7310	13 L 62 T	41,7343	41,7302	-	-	-	-	41.7341	41.7323	0 T 67 T
1120	44.0945	44.0896	44.0958	44.0932		44,0965	44,0924	21 T	-	-	-	44.0963	44.0945	
1180	46.4567	46.4518	46.4580	46.4554		46,4587	46,4546	69 T	-	-	-	46.4585	46.4567	
1250	49.2126	49.2077	49.2139	49.2113		49,2146	49,2105	-	-	-	-	49.2144	49.2126	

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Wellenpassungen (in Zollabmessungen)

Lagerbohrungs- durchmesser d	Resultierende Passungen												
			Toleranzklassen k6		m5		m6		n5				
	max.	min.	Wellendurch- messer max.	min.	Pas- sung ¹⁾	Wellendurch- messer max.	min.	Pas- sung ¹⁾	Wellendurch- messer max.	min.	Pas- sung ¹⁾	Wellendurch- messer max.	min.
mm	in	in		-	in	-	in	-	in	-	in	-	
4	0.1575	0.1572	0.1579	0.1575		0.1579	0.1577		0.1580	0.1577		0.1580	0.1578
5	0.1969	0.1966	0.1973	0.1969	0 T	0.1973	0.1971	2 T	0.1974	0.1971	2 T	0.1974	0.1972
6	0.2362	0.2359	0.2366	0.2362	7 T	0.2366	0.2364	7 T	0.2367	0.2364	8 T	0.2367	0.2365
7	0.2756	0.2753	0.2760	0.2756		0.2761	0.2758		0.2762	0.2758		0.2762	0.2760
8	0.3150	0.3147	0.3154	0.3150	0 T	0.3154	0.3152	2 T	0.3156	0.3152	2 T	0.3156	0.3154
9	0.3543	0.3540	0.3547	0.3543	7 T	0.3548	0.3545	8 T	0.3549	0.3545	9 T	0.3549	0.3547
10	0.3937	0.3934	0.3941	0.3937		0.3942	0.3939		0.3943	0.3939		0.3943	0.3941
12	0.4724	0.4721	0.4729	0.4724	0 T	0.4730	0.4727		0.4731	0.4727		0.4732	0.4729
15	0.5906	0.5903	0.5911	0.5906	8 T	0.5912	0.5909	3 T	0.5913	0.5909	3 T	0.5914	0.5911
17	0.6693	0.6690	0.6698	0.6693	8 T	0.6699	0.6696	9 T	0.6700	0.6696	10 T	0.6701	0.6698
20	0.7874	0.7870	0.7880	0.7875		0.7881	0.7877		0.7882	0.7877		0.7883	0.7880
25	0.9843	0.9839	0.9849	0.9844	1 T	0.9850	0.9846	3 T	0.9851	0.9846	3 T	0.9852	0.9849
30	1.1811	1.1807	1.1817	1.1812	10 T	1.1818	1.1814	11 T	1.1819	1.1814	12 T	1.1820	1.1817
35	1.3780	1.3775	1.3787	1.3781		1.3788	1.3784		1.3790	1.3784		1.3791	1.3787
40	1.5748	1.5743	1.5755	1.5749	1 T	1.5756	1.5752	4 T	1.5758	1.5752	4 T	1.5759	1.5755
45	1.7717	1.7712	1.7724	1.7718	12 T	1.7725	1.7721	13 T	1.7727	1.7721	15 T	1.7728	1.7724
50	1.9685	1.9680	1.9692	1.9686		1.9693	1.9689		1.9695	1.9689		1.9696	1.9692
55	2.1654	2.1648	2.1662	2.1655		2.1663	2.1658		2.1666	2.1658		2.1667	2.1662
60	2.3622	2.3616	2.3630	2.3623		2.3631	2.3626		2.3634	2.3626		2.3635	2.3630
65	2.5591	2.5585	2.5599	2.5592	1 T	2.5600	2.5595	4 T	2.5603	2.5595	4 T	2.5604	2.5599
70	2.7559	2.7553	2.7567	2.7560	14 T	2.7568	2.7563	15 T	2.7571	2.7563	18 T	2.7572	2.7567
75	2.9528	2.9522	2.9536	2.9529		2.9537	2.9532		2.9540	2.9532		2.9541	2.9536
80	3.1496	3.1490	3.1504	3.1497		3.1505	3.1500		3.1508	3.1500		3.1509	3.1504
85	3.3465	3.3457	3.3475	3.3466		3.3476	3.3470		3.3479	3.3470		3.3480	3.3474
90	3.5433	3.5425	3.5443	3.5434		3.5444	3.5438		3.5447	3.5438		3.5448	3.5442
95	3.7402	3.7394	3.7412	3.7403	1 T	3.7413	3.7407	5 T	3.7416	3.7407	5 T	3.7417	3.7411
100	3.9370	3.9362	3.9380	3.9371	18 T	3.9381	3.9375	19 T	3.9384	3.9375	22 T	3.9385	3.9379
105	4.1339	4.1331	4.1349	4.1340	4 T	4.1350	4.1344	5 T	4.1353	4.1344	6 T	4.1354	4.1348
110	4.3307	4.3299	4.3317	4.3308		4.3318	4.3312		4.3321	4.3312		4.3322	4.3316
120	4.7244	4.7236	4.7254	4.7245		4.7255	4.7249		4.7258	4.7249		4.7259	4.7253
130	5.1181	5.1171	5.1192	5.1182		5.1194	5.1187		5.1197	5.1187		5.1199	5.1192
140	5.5118	5.5108	5.5129	5.5119		5.5131	5.5124		5.5134	5.5124		5.5136	5.5129
150	5.9055	5.9045	5.9066	5.9056	1 T	5.9068	5.9061	6 T	5.9071	5.9061	6 T	5.9073	5.9066
160	6.2992	6.2982	6.3003	6.2993	21 T	6.3005	6.2998	23 T	6.3008	6.2998	26 T	6.3010	6.3003
170	6.6929	6.6919	6.6940	6.6930		6.6942	6.6935		6.6945	6.6935		6.6947	6.6940
180	7.0866	7.0856	7.0877	7.0867		7.0879	7.0872		7.0882	7.0872		7.0884	7.0877
190	7.4803	7.4791	7.4815	7.4805		7.4818	7.4810		7.4821	7.4810		7.4823	7.4815
200	7.8740	7.8728	7.8753	7.8742	2 T	7.8755	7.8747	7 T	7.8758	7.8747	7 T	7.8760	7.8752
220	8.6614	8.6602	8.6627	8.6616	25 T	8.6629	8.6621	27 T	8.6632	8.6621	30 T	8.6634	8.6626
240	9.4488	9.4476	9.4501	9.4490		9.4503	9.4495		9.4506	9.4495		9.4508	9.4500

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Wellenpassungen (in Zollabmessungen)

Lagerbohrungs- durchmesser d	Resultierende Passungen												
			Toleranzklassen k6		Pas- sung ¹⁾	m5		Pas- sung ¹⁾	m6		n5	Pas- sung ¹⁾	
	max.	min.	Wellendurch- messer max.	min.		Wellendurch- messer max.	min.		Wellendurch- messer max.	min.			Wellendurch- messer max.
mm	in	in		-	in		-	in		-	in		
260	10.2362	10.2348	10.2376	10.2364		10.2379	10.2370		10.2382	10.2370		10.2384	10.2375
280	11.0236	11.0222	11.0250	11.0238	2 T	11.0253	11.0244	8 T	11.0256	11.0244	8 T	11.0258	11.0249
300	11.8110	11.8096	11.8124	11.8112	28 T	11.8127	11.8118	31 T	11.8130	11.8118	34 T	11.8132	11.8123
320	12.5984	12.5968	12.6000	12.5986		12.6002	12.5992		12.6006	12.5992		12.6008	12.5999
340	13.3858	13.3842	13.3874	13.3860		13.3876	13.3866		13.3880	13.3866		13.3882	13.3873
360	14.1732	14.1716	14.1748	14.1734	2 T	14.1750	14.1740	8 T	14.1754	14.1740	8 T	14.1756	14.1747
380	14.9606	14.9590	14.9622	14.9608	32 T	14.9624	14.9614	34 T	14.9628	14.9614	38 T	14.9630	14.9621
400	15.7480	15.7464	15.7496	15.7482		15.7498	15.7488		15.7502	15.7488		15.7504	15.7495
420	16.5354	16.5336	16.5372	16.5356		16.5374	16.5363		16.5379	16.5363		16.5380	16.5370
440	17.3228	17.3210	17.3246	17.3230		17.3248	17.3237		17.3253	17.3237		17.3254	17.3244
460	18.1102	18.1084	18.1120	18.1104	2 T	18.1122	18.1111	9 T	18.1127	18.1111	9 T	18.1128	18.1118
480	18.8976	18.8958	18.8994	18.8978	36 T	18.8996	18.8985	38 T	18.9001	18.8985	43 T	18.9002	18.8992
500	19.6850	19.6832	19.6868	19.6852		19.6870	19.6859		19.6875	19.6859		19.6876	19.6866
530	20.8661	20.8641	20.8678	20.8661		20.8683	20.8671	-	-	-	-	20.8689	20.8678
560	22.0472	22.0452	22.0489	22.0472	0 T	22.0494	22.0482	10 T	-	-	-	22.0500	22.0489
600	23.6220	23.6200	23.6237	23.6220	37 T	23.6242	23.6230	42 T	-	-	-	23.6248	23.6237
630	24.8031	24.8011	24.8048	24.8031		24.8053	24.8041	-	-	-	-	24.8059	24.8048
670	26.3780	26.3750	26.3799	26.3780		26.3806	26.3792	-	-	-	-	26.3812	26.3800
710	27.9528	27.9498	27.9547	27.9528	0 T	27.9554	27.9540	12 T	-	-	-	27.9560	27.9548
750	29.5276	29.5246	29.5295	29.5276	49 T	29.5302	29.5288	56 T	-	-	-	29.5308	29.5296
800	31.4961	31.4931	31.4980	31.4961		31.4987	31.4973	-	-	-	-	31.4993	31.4981
850	33.4646	33.4607	33.4668	33.4646		33.4675	33.4659	-	-	-	-	33.4683	33.4668
900	35.4331	35.4292	35.4353	35.4331	0 T	35.4360	35.4344	13 T	-	-	-	35.4368	35.4353
950	37.4016	37.3977	37.4038	37.4016	61 T	37.4045	37.4029	68 T	-	-	-	37.4053	37.4038
1000	39.3701	39.3662	39.3723	39.3701		39.3730	39.3714	-	-	-	-	39.3738	39.3723
1060	41.7323	41.7274	41.7349	41.7323		41.7357	41.7339	-	-	-	-	41.7366	41.7349
1120	44.0945	44.0896	44.0971	44.0945	0 T	44.0979	44.0961	16 T	-	-	-	44.0988	44.0971
1180	46.4567	46.4518	46.4593	46.4567	75 T	46.4601	46.4583	83 T	-	-	-	46.4610	46.4593
1250	49.2126	49.2077	49.2152	49.2126		49.2160	49.2142	-	-	-	-	49.2169	49.2152

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Wellenpassungen (in Zollabmessungen)

Lagerbohrungs- durchmesser d	Resultierende Passungen Toleranzklassen									
	n6 Wellendurch- messer		p6 Wellendurch- messer		p7 Wellendurch- messer		r6 Wellendurch- messer		Pas- sung ¹⁾	
	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
mm	in.		in.		in.		in.		-	
85	3.3465	3.3457	3.3483	3.3474	3.3488	3.3480	3.3493	3.3480	-	-
90	3.5433	3.5425	3.5451	3.5442	3.5456	3.5448	3.5461	3.5448	-	-
95	3.7402	3.7394	3.7420	3.7411	3.7425	3.7417	3.7430	3.7417	-	-
100	3.9370	3.9362	3.9388	3.9379	3.9393	3.9385	3.9398	3.9385	15 T	-
105	4.1339	4.1331	4.1357	4.1348	4.1362	4.1354	4.1367	4.1354	36 T	-
110	4.3307	4.3299	4.3325	4.3316	4.3330	4.3322	4.3335	4.3322	-	-
120	4.7244	4.7236	4.7262	4.7253	4.7267	4.7259	4.7272	4.7259	-	-
130	5.1181	5.1171	5.1201	5.1192	5.1208	5.1198	5.1214	5.1198	5.1216	5.1207
140	5.5118	5.5108	5.5138	5.5129	5.5145	5.5135	5.5151	5.5135	5.5153	5.5144
150	5.9055	5.9045	5.9075	5.9066	5.9082	5.9072	5.9088	5.9072	17 T	5.9090
160	6.2992	6.2982	6.3012	6.3003	6.3019	6.3009	6.3025	6.3009	43 T	6.3027
170	6.6929	6.6919	6.6949	6.6940	6.6956	6.6946	6.6962	6.6946	50 T	6.6964
180	7.0866	7.0856	7.0886	7.0877	7.0893	7.0883	7.0899	7.0883	57 T	7.0901
190	7.4803	7.4791	7.4827	7.4815	7.4834	7.4823	7.4841	7.4823	64 T	7.4845
200	7.8740	7.8728	7.8764	7.8752	7.8771	7.8760	7.8778	7.8760	71 T	7.8782
220	8.6614	8.6602	8.6638	8.6626	8.6645	8.6634	8.6652	8.6634	78 T	8.6657
240	9.4488	9.4476	9.4512	9.4500	9.4519	9.4508	9.4526	9.4508	85 T	9.4532
260	10.2362	10.2348	10.2388	10.2375	10.2397	10.2384	10.2405	10.2384	92 T	10.2412
280	11.0236	11.0222	11.0262	11.0249	11.0271	11.0258	11.0279	11.0258	99 T	11.0286
300	11.8110	11.8096	11.8136	11.8123	11.8145	11.8132	11.8153	11.8132	106 T	11.8161
320	12.5984	12.5968	12.6013	12.5999	12.6023	12.6008	12.6031	12.6009	113 T	12.6041
340	13.3858	13.3842	13.3887	13.3873	13.3897	13.3882	13.3905	13.3883	120 T	13.3915
360	14.1732	14.1716	14.1761	14.1747	14.1771	14.1756	14.1779	14.1757	127 T	14.1791
380	14.9606	14.9590	14.9635	14.9621	14.9645	14.9630	14.9653	14.9631	134 T	14.9665
400	15.7480	15.7464	15.7509	15.7495	15.7519	15.7504	15.7527	15.7505	141 T	15.7539
420	16.5354	16.5336	16.5385	16.5370	16.5397	16.5381	16.5406	16.5381	148 T	16.5419
440	17.3228	17.3210	17.3259	17.3244	17.3271	17.3255	17.3280	17.3255	155 T	17.3293
460	18.1102	18.1084	18.1133	18.1118	18.1145	18.1129	18.1154	18.1129	162 T	18.1170
480	18.8976	18.8958	18.9007	18.8992	18.9019	18.9003	18.9028	18.9003	169 T	18.9044
500	19.6850	19.6832	19.6881	19.6866	19.6893	19.6877	19.6902	19.6877	176 T	19.6918
530	20.8661	20.8641	20.8696	20.8678	20.8709	20.8692	20.8720	20.8692	183 T	20.8737
560	22.0472	22.0452	22.0507	22.0489	22.0520	22.0503	22.0531	22.0503	190 T	22.0548
600	23.6220	23.6200	23.6255	23.6237	23.6268	23.6251	23.6279	23.6251	197 T	23.6298
630	24.8031	24.8011	24.8066	24.8048	24.8079	24.8062	24.8090	24.8062	204 T	24.8109
670	26.3780	26.3750	26.3819	26.3800	26.3834	26.3815	26.3846	26.3814	211 T	26.3869
710	27.9528	27.9498	27.9567	27.9548	27.9582	27.9563	27.9594	27.9562	218 T	27.9617
750	29.5276	29.5246	29.5315	29.5296	29.5330	29.5311	29.5342	29.5310	225 T	29.5369
800	31.4961	31.4931	31.5000	31.4981	31.5015	31.4996	31.5027	31.4995	232 T	31.5054
850	33.4646	33.4607	33.4690	33.4668	33.4707	33.4685	33.4721	33.4685	239 T	33.4751
900	35.4331	35.4292	35.4375	35.4353	35.4392	35.4370	35.4406	35.4370	246 T	35.4436
950	37.4016	37.3977	37.4060	37.4038	37.4077	37.4055	37.4091	37.4055	253 T	37.4125
1000	39.3701	39.3662	39.3745	39.3723	39.3762	39.3740	39.3776	39.3740	260 T	39.3810
1060	41.7323	41.7274	41.7375	41.7349	41.7396	41.7370	41.7412	41.7370	267 T	41.7447
1120	44.0945	44.0896	44.0997	44.0971	44.1018	44.0992	44.1034	44.0992	274 T	44.1069
1180	46.4567	46.4518	46.4619	46.4593	46.4640	46.4614	46.4656	46.4614	281 T	46.4695
1250	49.2126	49.2077	49.2178	49.2152	49.2199	49.2173	49.2215	49.2173	288 T	49.2254

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Wellenpassungen (in Zollabmessungen)

Lagerbohrungs- durchmesser d	Wellendurchmesser		Resultierende Passungen Toleranzklassen r7		s ₆ min ± IT6/2		s ₇ min ± IT7/2				
	max	min	Wellendurchmesser max	min	Wellendurchmesser max	min	Wellendurchmesser max	min			
	mm	in.	in.	–	in.	–	in.	–			
200	7.8740	7.8728	–	–	–	7.8797	7.8785	45 T	7.8800	7.8782	42 T
220	8.6614	8.6602	8.6664	8.6645	31T/62T	8.6671	8.6659	69 T	8.6674	8.6656	72 T
240	9.4488	9.4476	9.4539	9.4521	33 T	9.4549	9.4537	49 T/73 T	9.4552	9.4534	46 T/76 T
260	10.2362	10.2348	10.2419	10.2399	37 T	10.2431	10.2418	56 T	10.2435	10.2414	52 T
280	11.0236	11.0222	11.0293	11.0273	71 T	11.0305	11.0292	83 T	11.0309	11.0288	87 T
300	11.8110	11.8096	11.8169	11.8149	39 T/73 T	11.8183	11.8171	61 T/87 T	11.8187	11.8167	57 T/91 T
320	12.5984	12.5968	12.6049	12.6027	43 T	12.6066	12.6052	68 T	12.6070	12.6048	64 T
340	13.3858	13.3842	13.3923	13.3901	81 T	13.3940	13.3926	98 T	13.3944	13.3922	102 T
360	14.1732	14.1716	14.1799	14.1777	–	14.1821	14.1807	–	14.1825	14.1803	–
380	14.9606	14.9590	14.9673	14.9651	45 T	14.9695	14.9681	75 T	14.9699	14.9677	71 T
400	15.7480	15.7464	15.7547	15.7525	83 T	15.7569	15.7555	105 T	15.7573	15.7551	109 T
420	16.5354	16.5336	16.5428	16.5404	50 T	16.5454	16.5438	84 T	16.5458	16.5433	79 T
440	17.3228	17.3210	17.3302	17.3278	92 T	17.3328	17.3312	118 T	17.3332	17.3307	122 T
460	18.1102	18.1084	18.1179	18.1154	–	18.1209	18.1194	–	18.1214	18.1189	–
480	18.8976	18.8958	18.9053	18.9028	52 T	18.9083	18.9068	92 T	18.9088	18.9063	87 T
500	19.6850	19.6832	19.6927	19.6902	95 T	19.6957	19.6942	125 T	19.6962	19.6937	130 T
530	20.8661	20.8641	20.8748	20.8720	59 T	20.8780	20.8763	102 T	20.8785	20.8758	97 T
560	22.0472	22.0452	22.0559	22.0531	107 T	22.0591	22.0574	139 T	22.0596	22.0569	144 T
600	23.6220	23.6200	23.6309	23.6281	61 T	23.6351	23.6334	114 T	23.6356	23.6329	109 T
630	24.8031	24.8011	24.8120	24.8092	109 T	24.8162	24.8145	151 T	24.8167	24.8140	156 T
670	26.3780	26.3750	26.3880	26.3848	68 T	26.3923	26.3904	124 T	26.3929	26.3898	118 T
710	27.9528	27.9498	27.9628	27.9596	130 T	27.9671	27.9652	173 T	27.9677	27.9646	179 T
750	29.5276	29.5246	29.5380	29.5349	73 T	29.5435	29.5415	139 T	29.5441	29.5409	133 T
800	31.4961	31.4931	31.5065	31.5034	134 T	31.5120	31.5100	189 T	31.5126	31.5094	195 T
850	33.4646	33.4607	33.4764	33.4729	83 T	33.4826	33.4804	158 T	33.4833	33.4797	151 T
900	35.4331	35.4292	35.4449	35.4414	157 T	35.4511	35.4489	219 T	35.4518	35.4482	226 T
950	37.4016	37.3977	37.4138	37.4103	87 T	37.4212	37.4190	174 T	37.4219	37.4183	167 T
1000	39.3701	39.3662	39.3823	39.3788	161 T	39.3897	39.3875	235 T	39.3904	39.3868	242 T
1060	41.7323	41.7274	41.7463	41.7421	98 T	41.7541	41.7515	192 T	41.7548	41.7507	184 T
1120	44.0945	44.0896	44.1085	44.1043	189 T	44.1163	44.1137	267 T	44.1170	44.1129	274 T
1180	46.4567	46.4518	46.4711	46.4669	102 T	46.4808	46.4782	215 T	46.4816	46.4774	207 T
1250	49.2126	49.2077	49.2270	49.2228	193 T	49.2367	49.2341	290 T	49.2375	49.2333	298 T

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Gehäusepassungen (in Zollabmessungen)

Lageraußen- durchmesser D	Resultierende Passungen Toleranzklassen													
	F7		G7		H6		H7		H7					
	Gehäusebohrung		Gehäusebohrung		Gehäusebohrung		Gehäusebohrung		Gehäusebohrung					
Pas- sung ¹⁾		Pas- sung ¹⁾		Pas- sung ¹⁾		Pas- sung ¹⁾		Pas- sung ¹⁾		Pas- sung ¹⁾				
max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.			
mm	in	in		in		in		in		in				
16	0.6299	0.6296	0.6305	0.6312	16 L 6 L	0.6301	0.6308	12 L 2 L	0.6299	0.6303	7 L 0 L	0.6299	0.6306	10 L 0 L
19	0.7480	0.7476	0.7488	0.7496		0.7483	0.7491		0.7480	0.7485		0.7480	0.7488	
22	0.8661	0.8657	0.8669	0.8677		0.8664	0.8672		0.8661	0.8666		0.8661	0.8669	
24	0.9449	0.9445	0.9457	0.9465	20 L 8 L	0.9452	0.9460	15 L 3 L	0.9449	0.9454	9 L 0 L	0.9449	0.9457	12 L 0 L
26	1.0236	1.0232	1.0244	1.0252		1.0239	1.0247		1.0236	1.0241		1.0236	1.0244	
28	1.1024	1.1020	1.1032	1.1040		1.1027	1.1035		1.1024	1.1029		1.1024	1.1032	
30	1.1811	1.1807	1.1819	1.1827		1.1814	1.1822		1.1811	1.1816		1.1811	1.1819	
32	1.2598	1.2594	1.2608	1.2618		1.2602	1.2611		1.2598	1.2604		1.2598	1.2608	
35	1.3780	1.3776	1.3790	1.4000		1.3784	1.3793		1.3780	1.3786		1.3780	1.3790	
37	1.4567	1.4563	1.4577	1.4587	24 L 10 L	1.4571	1.4580	17 L 4 L	1.4567	1.4573	10 L 0 L	1.4567	1.4577	14 L 0 L
40	1.5748	1.5744	1.5758	1.5768		1.5752	1.5761		1.5748	1.5754		1.5748	1.5758	
42	1.6535	1.6531	1.6545	1.6555		1.6539	1.6548		1.6535	1.6541		1.6535	1.6545	
47	1.8504	1.8500	1.8514	1.8524		1.8508	1.8517		1.8504	1.8510		1.8504	1.8514	
52	2.0472	2.0467	2.0484	2.0496		2.0476	2.0488		2.0472	2.0479		2.0472	2.0484	
55	2.1654	2.1649	2.1666	2.1678		2.1658	2.1670		2.1654	2.1661		2.1654	2.1666	
62	2.4409	2.4404	2.4421	2.4433	29 L 12 L	2.4413	2.4425	21 L 4 L	2.4409	2.4416	12 L 0 L	2.4409	2.4421	17 L 0 L
68	2.6772	2.6767	2.6784	2.6796		2.6776	2.6788		2.6772	2.6779		2.6772	2.6784	
72	2.8346	2.8341	2.8358	2.8370		2.8350	2.8362		2.8346	2.8353		2.8346	2.8358	
75	2.9527	2.9522	2.9539	2.9551		2.9532	2.9543		2.9527	2.9534		2.9527	2.9539	
80	3.1496	3.1491	3.1508	3.1520		3.1500	3.1512		3.1496	3.1503		3.1496	3.1508	
85	3.3465	3.3459	3.3479	3.3493		3.3470	3.3484		3.3465	3.3474		3.3465	3.3479	
90	3.5433	3.5427	3.5447	3.5461		3.5438	3.5452		3.5433	3.5442		3.5433	3.5447	
95	3.7402	3.7396	3.7416	3.7430	34 L 14 L	3.7407	3.7421	25 L 5 L	3.7402	3.7411	15 L 0 L	3.7402	3.7416	20 L 0 L
100	3.9370	3.9364	3.9384	3.9398		3.9375	3.9389		3.9370	3.9379		3.9370	3.9384	
110	4.3307	4.3301	4.3321	4.3335		4.3312	4.3326		4.3307	4.3316		4.3307	4.3321	
115	4.5276	4.5270	4.5290	4.5304		4.5281	4.5295		4.5276	4.5285		4.5276	4.5290	
120	4.7244	4.7238	4.7258	4.7272		4.7249	4.7263		4.7244	4.7253		4.7244	4.7258	
125	4.9213	4.9206	4.9230	4.9246		4.9219	4.9234		4.9213	4.9223		4.9213	4.9229	
130	5.1181	5.1174	5.1198	5.1214	40 L 17 L	5.1187	5.1202	28 L 6 L	5.1181	5.1191	17 L 0 L	5.1181	5.1197	23 L 0 L
140	5.5118	5.5111	5.5135	5.5151		5.5124	5.5139		5.5118	5.5128		5.5118	5.5134	
145	5.7087	5.7080	5.7104	5.7120		5.7093	5.7108		5.7087	5.7097		5.7087	5.7103	
150	5.9055	5.9048	5.9072	5.9088		5.9061	5.9076		5.9055	5.9065		5.9055	5.9071	
160	6.2992	6.2982	6.3009	6.3025		6.2998	6.3013		6.2992	6.3002		6.2992	6.3008	
165	6.4961	6.4951	6.4978	6.4994	43 L 17 L	6.4967	6.4982	31 L 6 L	6.4961	6.4971	20 L 0 L	6.4961	6.4977	26 L 0 L
170	6.6929	6.6919	6.6946	6.6962		6.6935	6.6950		6.6929	6.6939		6.6929	6.6945	
180	7.0866	7.0856	7.0883	7.0899		7.0872	7.0887		7.0866	7.0876		7.0866	7.0882	
190	7.4803	7.4791	7.4823	7.4841		7.4809	7.4827		7.4803	7.4814		7.4803	7.4821	
200	7.8740	7.8728	7.8760	7.8778		7.8746	7.8764		7.8740	7.8751		7.8740	7.8758	
210	8.2677	8.2665	8.2697	8.2715		8.2683	8.2701		8.2677	8.2688		8.2677	8.2695	
215	8.4646	8.4634	8.4666	8.4684		8.4652	8.4670		8.4646	8.4657		8.4646	8.4664	
220	8.6614	8.6602	8.6634	8.6652	50 L 20 L	8.6620	8.6638	36 L 6 L	8.6614	8.6625	23 L 0 L	8.6614	8.6632	30 L 0 L
225	8.8583	8.8571	8.8603	8.8621		8.8589	8.8607		8.8583	8.8594		8.8583	8.8601	
230	9.0551	9.0539	9.0571	9.0589		9.0557	9.0575		9.0551	9.0562		9.0551	9.0569	
240	9.4488	9.4476	9.4508	9.4526		9.4494	9.4512		9.4488	9.4499		9.4488	9.4506	
250	9.8425	9.8413	9.8445	9.8463		9.8431	9.8449		9.8425	9.8436		9.8425	9.8443	

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Gehäusepassungen (in Zollabmessungen)

Lageraußen- durchmesser D	Resultierende Passungen Toleranzklassen															
	F7 Gehäusebohrung		Pas- sung ¹⁾		G7 Gehäusebohrung		Pas- sung ¹⁾		H6 Gehäusebohrung		Pas- sung ¹⁾		H7 Gehäusebohrung		Pas- sung ¹⁾	
	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.
mm	in	in		-	in	-	in	-	in	-	in	-	in	-	in	-
260	10.2362	10.2348	10.2384	10.2405		10.2369	10.2389		10.2362	10.2375		10.2362	10.2382		10.2362	10.2382
270	10.6299	10.6285	10.6321	10.6342		10.6306	10.6326		10.6299	10.6312		10.6299	10.6319		10.6299	10.6319
280	11.0236	11.0222	11.0258	11.0279	57 L	11.0243	11.0263	41 L	11.0236	11.0249	27 L	11.0236	11.0256	34 L	11.0236	11.0256
290	11.4173	11.4159	11.4195	11.4216	22 L	11.4180	11.4200	7 L	11.4173	11.4186	0 L	11.4173	11.4193	0 L	11.4173	11.4193
300	11.8110	11.8096	11.8132	11.8153		11.8117	11.8137		11.8110	11.8123		11.8110	11.8130		11.8110	11.8130
310	12.2047	12.2033	12.2069	12.2090		12.2054	12.2074		12.2047	12.2060		12.2047	12.2067		12.2047	12.2067
320	12.5984	12.5968	12.6008	12.6031		12.5991	12.6014		12.5984	12.5998		12.5984	12.6006		12.5984	12.6006
340	13.3858	13.3842	13.3882	13.3905		13.3865	13.3888		13.3858	13.3872		13.3858	13.3880		13.3858	13.3880
360	14.1732	14.1716	14.1756	14.1779	63 L	14.1739	14.1762	46 L	14.1732	14.1746	30 L	14.1732	14.1754	38 L	14.1732	14.1754
370	14.5669	14.5654	14.5694	14.5717	24 L	14.5677	14.5700	7 L	14.5669	14.5684	0 L	14.5670	14.5692	0 L	14.5670	14.5692
380	14.9606	14.9590	14.9630	14.9653		14.9613	14.9636		14.9606	14.9620		14.9606	14.9628		14.9606	14.9628
400	15.7480	15.7464	15.7504	15.7527		15.7487	15.7510		15.7480	15.7494		15.7480	15.7502		15.7480	15.7502
420	16.5354	16.5336	16.5381	16.5406		16.5362	16.5387		16.5354	16.5370		16.5354	16.5379		16.5354	16.5379
440	17.3228	17.3210	17.3255	17.3280	70 L	17.3236	17.3261	51 L	17.3228	17.3244	34 L	17.3228	17.3253	43 L	17.3228	17.3253
460	18.1102	18.1084	18.1129	18.1154	27 L	18.1110	18.1135	8 L	18.1102	18.1118	0 L	18.1102	18.1127	0 L	18.1102	18.1127
480	18.8976	18.8958	18.9003	18.9028		18.8984	18.9009		18.8976	18.8992		18.8976	18.9001		18.8976	18.9001
500	19.6850	19.6832	19.6877	19.6902		19.6858	19.6883		19.6850	19.6866		19.6850	19.6875		19.6850	19.6875
520	20.4724	20.4704	20.4754	20.4781		20.4733	20.4760		20.4724	20.4741		20.4724	20.4752		20.4724	20.4752
540	21.2598	21.2578	21.2628	21.2655		21.2607	21.2634		21.2598	21.2615		21.2598	21.2626		21.2598	21.2626
560	22.0472	22.0452	22.0502	22.0529	77 L	22.0481	22.0508	56 L	22.0472	22.0489	37 L	22.0472	22.0500	48 L	22.0472	22.0500
580	22.8346	22.8326	22.8376	22.8403	30 L	22.8355	22.8382	9 L	22.8346	22.8363	0 L	22.8346	22.8374	0 L	22.8346	22.8374
600	23.6220	23.6200	23.6250	23.6277		23.6229	23.6256		23.6220	23.6237		23.6220	23.6248		23.6220	23.6248
620	24.4094	24.4074	24.4124	24.4151		24.4103	24.4130		24.4094	24.4111		24.4094	24.4122		24.4094	24.4122
650	25.5906	25.5876	25.5937	25.5969		25.5915	25.5947		25.5906	25.5926		25.5906	25.5937		25.5906	25.5937
670	26.3780	26.3750	26.3811	26.3843		26.3789	26.3821		26.3780	26.3800		26.3780	26.3811		26.3780	26.3811
680	26.7717	26.7687	26.7748	26.7780		26.7726	26.7758		26.7717	26.7737		26.7717	26.7748		26.7717	26.7748
700	27.5591	27.5561	27.5622	27.5654		27.5600	27.5632		27.5591	27.5611		27.5591	27.5622		27.5591	27.5622
720	28.3465	28.3435	28.3496	28.3528	93 L	28.3474	28.3506	71 L	28.3465	28.3485	50 L	28.3465	28.3496	61 L	28.3465	28.3496
750	29.5276	29.5246	29.5307	29.5339	31 L	29.5285	29.5317	9 L	29.5276	29.5296	0 L	29.5276	29.5307	0 L	29.5276	29.5307
760	29.9213	29.9183	29.9244	29.9276		29.9222	29.9254		29.9213	29.9233		29.9213	29.9244		29.9213	29.9244
780	30.7087	30.7057	30.7118	30.7150		30.7096	30.7128		30.7087	30.7107		30.7087	30.7118		30.7087	30.7118
790	31.1024	31.0994	31.1055	31.1087		31.1033	31.1065		31.1024	31.1044		31.1024	31.1055		31.1024	31.1055
800	31.4961	31.4931	31.4992	31.5024		31.4970	31.5002		31.4961	31.4981		31.4961	31.4992		31.4961	31.4992
820	32.2835	32.2796	32.2869	32.2904		32.2845	32.2881		32.2835	32.2857		32.2835	32.2870		32.2835	32.2870
830	32.6772	32.6733	32.6806	32.6841		32.6782	32.6818		32.6772	32.6794		32.6772	32.6807		32.6772	32.6807
850	33.4646	33.4607	33.4680	33.4715		33.4656	33.4692		33.4646	33.4668		33.4646	33.4681		33.4646	33.4681
870	34.2520	34.2481	34.2554	34.2589	108 L	34.2530	34.2566	85 L	34.2520	34.2542	61 L	34.2520	34.2555	74 L	34.2520	34.2555
920	36.2205	36.2166	36.2239	36.2274	34 L	36.2215	36.2251	10 L	36.2205	36.2227	0 L	36.2205	36.2240	0 L	36.2205	36.2240
950	37.4016	37.3977	37.4050	37.4085		37.4026	37.4062		37.4016	37.4038		37.4016	37.4051		37.4016	37.4051
980	38.5827	38.5788	38.5861	38.5896		38.5837	38.5873		38.5827	38.5849		38.5827	38.5862		38.5827	38.5862
1000	39.3701	39.3662	39.3735	39.3770		39.3711	39.3747		39.3701	39.3723		39.3701	39.3736		39.3701	39.3736
1150	45.2756	45.2707	45.2795	45.2836	129 L	45.2767	45.2808	101 L	45.2756	45.2782	75 L	45.2756	45.2797	90 L	45.2756	45.2797
1250	49.2126	49.2077	49.2165	49.2206	39 L	49.2137	49.2178	11 L	49.2126	49.2152	0 L	49.2126	49.2167	0 L	49.2126	49.2167
1400	55.1181	55.1118	55.1224	55.1274	156 L	55.1193	55.1242	124 L	55.1181	55.1212	94 L	55.1181	55.1230	112 L	55.1181	55.1230
1600	62.9921	62.9858	62.9964	63.0014	43 L	62.9933	62.9982	12 L	62.9921	62.9952	0 L	62.9921	62.9970	0 L	62.9921	62.9970

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Gehäusepassungen (in Zollabmessungen)

Lageraußen- durchmesser D	Resultierende Passungen Toleranzklassen														
	H8 Gehäusebohrung		Pas- sung ¹⁾		H9 Gehäusebohrung		Pas- sung ¹⁾		H10 Gehäusebohrung		Pas- sung ¹⁾		J6 Gehäusebohrung		Pas- sung ¹⁾
	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	
mm	in	in		-	in	-		in	-		in	-		in	-
16	0.6299	0.6296	0.6299	0.6310	14 L OL	0.6299	0.6316	20 L OL	0.6299	0.6327	31 L OL	0.6297	0.6301	5 L 2T	
19	0.7480	0.7476	0.7480	0.7493		0.7480	0.7500		0.7480	0.7513		0.7478	0.7483		
22	0.8661	0.8657	0.8661	0.8674		0.8661	0.8681		0.8661	0.8694		0.8659	0.8664		
24	0.9449	0.9445	0.9449	0.9462	17 L OL	0.9449	0.9469	24 L OL	0.9449	0.9482	37 L OL	0.9447	0.9452	7 L 2T	
26	1.0236	1.0232	1.0236	1.0249		1.0236	1.0256		1.0236	1.0269		1.0234	1.0239		
28	1.1024	1.1020	1.1024	1.1037		1.1024	1.1044		1.1024	1.1057		1.1022	1.1027		
30	1.1811	1.1807	1.1811	1.1824		1.1811	1.1831		1.1811	1.1844		1.1809	1.1814		
32	1.2598	1.2594	1.2598	1.2613		1.2598	1.2622		1.2598	1.2637		1.2596	1.2602		
35	1.3780	1.3776	1.3780	1.3795		1.3780	1.3804		1.3780	1.3819		1.3778	1.3784		
37	1.4567	1.4563	1.4567	1.4582	19 L OL	1.4567	1.4591	28 L OL	1.4567	1.4606	43 L OL	1.4565	1.4571	8 L 2T	
40	1.5748	1.5744	1.5748	1.5763		1.5748	1.5772		1.5748	1.5787		1.5746	1.5752		
42	1.6535	1.6531	1.6535	1.6550		1.6535	1.6559		1.6535	1.6574		1.6533	1.6539		
47	1.8504	1.8500	1.8504	1.8519		1.8504	1.8528		1.8504	1.8543		1.8502	1.8508		
52	2.0472	2.0467	2.0472	2.0490		2.0472	2.0501		2.0472	2.0519		2.0470	2.0477		
55	2.1654	2.1649	2.1654	2.1672		2.1654	2.1683		2.1654	2.1701		2.1652	2.1659		
62	2.4409	2.4404	2.4409	2.4427		2.4409	2.4438		2.4409	2.4456		2.4407	2.4414		
68	2.6772	2.6767	2.6772	2.6790	23 L OL	2.6772	2.6801	34 L OL	2.6772	2.6819	52 L OL	2.6770	2.6777	10 L 2T	
72	2.8346	2.8341	2.8346	2.8364		2.8346	2.8375		2.8346	2.8393		2.8344	2.8351		
75	2.9527	2.9522	2.9527	2.9545		2.9527	2.9556		2.9527	2.9574		2.9525	2.9532		
80	3.1496	3.1491	3.1496	3.1514		3.1496	3.1525		3.1496	3.1543		3.1494	3.1501		
85	3.3465	3.3459	3.3465	3.3486		3.3465	3.3499		3.3465	3.3520		3.3463	3.3471		
90	3.5433	3.5427	3.5433	3.5454		3.5433	3.5467		3.5433	3.5488		3.5431	3.5439		
95	3.7402	3.7396	3.7402	3.7423	27 L OL	3.7402	3.7436	40 L OL	3.7402	3.7457	61 L OL	3.7400	3.7408	12 L 2T	
100	3.9370	3.9364	3.9370	3.9391		3.9370	3.9404		3.9370	3.9425		3.9368	3.9376		
110	4.3307	4.3301	4.3307	4.3328		4.3307	4.3341		4.3307	4.3362		4.3305	4.3313		
115	4.5276	4.5270	4.5276	4.5297		4.5276	4.5310		4.5276	4.5331		4.5274	4.5282		
120	4.7244	4.7238	4.7244	4.7265		4.7244	4.7278		4.7244	4.7299		4.7242	4.7250		
125	4.9213	4.9206	4.9213	4.9238		4.9213	4.9252		4.9213	4.9276		4.9210	4.9220		
130	5.1181	5.1174	5.1181	5.1206		5.1181	5.1220		5.1181	5.1244		5.1178	5.1188		
140	5.5118	5.5111	5.5118	5.5143	32 L OL	5.5118	5.5157	46 L OL	5.5118	5.5181	70 L OL	5.5115	5.5125	14 L 3T	
145	5.7087	5.7080	5.7087	5.7112		5.7087	5.7126		5.7087	5.7150		5.7084	5.7094		
150	5.9055	5.9048	5.9055	5.9080		5.9055	5.9094		5.9055	5.9118		5.9052	5.9062		
160	6.2992	6.2982	6.2992	6.3017		6.2992	6.3031		6.2992	6.3055		6.2989	6.2999		
165	6.4961	6.4951	6.4961	6.4986	35 L OL	6.4961	6.5000	49 L OL	6.4961	6.5024	73 L OL	6.4958	6.4968	17 L 3T	
170	6.6929	6.6919	6.6929	6.6954		6.6929	6.6968		6.6929	6.6992		6.6926	6.6936		
180	7.0866	7.0856	7.0866	7.0891		7.0866	7.0905		7.0866	7.0929		7.0863	7.0873		
190	7.4803	7.4791	7.4803	7.4831		7.4803	7.4848		7.4803	7.4876		7.4800	7.4812		
200	7.8740	7.8728	7.8740	7.8768		7.8740	7.8785		7.8740	7.8813		7.8737	7.8749		
210	8.2677	8.2665	8.2677	8.2705		8.2677	8.2722		8.2677	8.2750		8.2674	8.2686		
215	8.4646	8.4634	8.4646	8.4674		8.4646	8.4691		8.4646	8.4719		8.4643	8.4655		
220	8.6614	8.6602	8.6614	8.6642	40 L OL	8.6614	8.6659	57 L OL	8.6614	8.6687	85 L OL	8.6611	8.6623	21 L 3T	
225	8.8583	8.8571	8.8583	8.8611		8.8583	8.8628		8.8583	8.8656		8.8580	8.8592		
230	9.0551	9.0539	9.0551	9.0579		9.0551	9.0596		9.0551	9.0624		9.0548	9.0560		
240	9.4488	9.4476	9.4488	9.4516		9.4488	9.4533		9.4488	9.4561		9.4485	9.4497		
250	9.8425	9.8413	9.8425	9.8453		9.8425	9.8470		9.8425	9.8498		9.8422	9.8434		

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Gehäusepassungen (in Zollabmessungen)

Lageraußen- durchmesser D	Resultierende Passungen																								
	Toleranzklassen				H8				H9				H10				J6								
	max.		min.		max.		min.		Pas- sung ¹⁾		max.		min.		Pas- sung ¹⁾		max.		min.		Pas- sung ¹⁾				
mm	in	in				-				in				-				in				-			
260	10.2362	10.2348	10.2362	10.2394		10.2362	10.2413		10.2362	10.2445		10.2359	10.2372		10.2359	10.2372		10.2359	10.2372		10.2359	10.2372			
270	10.6299	10.6285	10.6299	10.6331		10.6299	10.6350		10.6299	10.6382		10.6296	10.6309		10.6296	10.6309		10.6296	10.6309		10.6296	10.6309			
280	11.0236	11.0222	11.0236	11.0268	46 L	11.0236	11.0287		11.0236	11.0319		11.0233	11.0246		11.0233	11.0246		11.0233	11.0246		11.0233	11.0246			
290	11.4173	11.4159	11.4173	11.4205	0 L	11.4173	11.4224		11.4173	11.4256	0 L	11.4170	11.4183	3 T	11.4170	11.4183		11.4170	11.4183		11.4170	11.4183			
300	11.8110	11.8096	11.8110	11.8142		11.8110	11.8161		11.8110	11.8193		11.8107	11.8120		11.8107	11.8120		11.8107	11.8120		11.8107	11.8120			
310	12.2047	12.2033	12.2047	12.2079		12.2047	12.2098		12.2047	12.2130		12.2044	12.2057		12.2044	12.2057		12.2044	12.2057		12.2044	12.2057			
320	12.5984	12.5968	12.5984	12.6019		12.5984	12.6039		12.5984	12.6075		12.5981	12.5995		12.5981	12.5995		12.5981	12.5995		12.5981	12.5995			
340	13.3858	13.3842	13.3858	13.3893		13.3858	13.3913		13.3858	13.3949		13.3855	13.3869		13.3855	13.3869		13.3855	13.3869		13.3855	13.3869			
360	14.1732	14.1716	14.1732	14.1767	51 L	14.1732	14.1787		14.1732	14.1823	71 L	14.1729	14.1743	27 L	14.1729	14.1743		14.1729	14.1743		14.1729	14.1743			
370	14.5669	14.5654	14.5670	14.5705	0 L	14.5669	14.5724		14.5669	14.5761	0 L	14.5666	14.5681	3 T	14.5666	14.5681		14.5666	14.5681		14.5666	14.5681			
380	14.9606	14.9590	14.9606	14.9641		14.9606	14.9661		14.9606	14.9697		14.9603	14.9617		14.9603	14.9617		14.9603	14.9617		14.9603	14.9617			
400	15.7480	15.7464	15.7480	15.7515		15.7480	15.7535		15.7480	15.7571		15.7477	15.7491		15.7477	15.7491		15.7477	15.7491		15.7477	15.7491			
420	16.5354	16.5336	16.5354	16.5392		16.5354	16.5415		16.5354	16.5452		16.5351	16.5367		16.5351	16.5367		16.5351	16.5367		16.5351	16.5367			
440	17.3228	17.3210	17.3228	17.3266	56 L	17.3228	17.3289		17.3228	17.3326	79 L	17.3225	17.3241	31 L	17.3225	17.3241		17.3225	17.3241		17.3225	17.3241			
460	18.1102	18.1084	18.1102	18.1140	0 L	18.1102	18.1163		18.1102	18.1200	0 L	18.1099	18.1115	3 T	18.1099	18.1115		18.1099	18.1115		18.1099	18.1115			
480	18.8976	18.8958	18.8976	18.9014		18.8976	18.9037		18.8976	18.9074		18.8973	18.8989		18.8973	18.8989		18.8973	18.8989		18.8973	18.8989			
500	19.6850	19.6832	19.6850	19.6888		19.6850	19.6911		19.6850	19.6948		19.6847	19.6863		19.6847	19.6863		19.6847	19.6863		19.6847	19.6863			
520	20.4724	20.4704	20.4724	20.4767		20.4724	20.4793		20.4724	20.4834		20.4721	20.4739		20.4721	20.4739		20.4721	20.4739		20.4721	20.4739			
540	21.2598	21.2578	21.2598	21.2641		21.2598	21.2667		21.2598	21.2708		21.2595	21.2613		21.2595	21.2613		21.2595	21.2613		21.2595	21.2613			
560	22.0472	22.0452	22.0472	22.0515	63 L	22.0472	22.0541		22.0472	22.0582	89 L	22.0469	22.0487	35 L	22.0469	22.0487		22.0469	22.0487		22.0469	22.0487			
580	22.8346	22.8326	22.8346	22.8389	0 L	22.8346	22.8415		22.8346	22.8456	0 L	22.8343	22.8361	3 T	22.8343	22.8361		22.8343	22.8361		22.8343	22.8361			
600	23.6220	23.6200	23.6220	23.6263		23.6220	23.6289		23.6220	23.6330		23.6217	23.6235		23.6217	23.6235		23.6217	23.6235		23.6217	23.6235			
620	24.4094	24.4074	24.4094	24.4137		24.4094	24.4163		24.4094	24.4204		24.4091	24.4109		24.4091	24.4109		24.4091	24.4109		24.4091	24.4109			
650	25.5906	25.5876	25.5906	25.5955		25.5906	25.5985		25.5906	25.6032		25.5902	25.5922		25.5902	25.5922		25.5902	25.5922		25.5902	25.5922			
670	26.3780	26.3750	26.3780	26.3829		26.3780	26.3859		26.3780	26.3906		26.3776	26.3796		26.3776	26.3796		26.3776	26.3796		26.3776	26.3796			
680	26.7717	26.7687	26.7717	26.7766		26.7717	26.7796		26.7717	26.7843		26.7713	26.7733		26.7713	26.7733		26.7713	26.7733		26.7713	26.7733			
700	27.5591	27.5561	27.5591	27.5640		27.5591	27.5670		27.5591	27.5717		27.5587	27.5607		27.5587	27.5607		27.5587	27.5607		27.5587	27.5607			
720	28.3465	28.3435	28.3465	28.3514	79 L	28.3465	28.3544		28.3465	28.3591	109 L	28.3461	28.3481	46 L	28.3461	28.3481		28.3461	28.3481		28.3461	28.3481			
750	29.5276	29.5246	29.5276	29.5325	0 L	29.5276	29.5355		29.5276	29.5402	0 L	29.5272	29.5292	4 T	29.5272	29.5292		29.5272	29.5292		29.5272	29.5292			
760	29.9213	29.9183	29.9213	29.9262		29.9213	29.9292		29.9213	29.9339		29.9209	29.9229		29.9209	29.9229		29.9209	29.9229		29.9209	29.9229			
780	30.7087	30.7057	30.7087	30.7136		30.7087	30.7166		30.7087	30.7213		30.7083	30.7103		30.7083	30.7103		30.7083	30.7103		30.7083	30.7103			
790	31.1024	31.0994	31.1024	31.1073		31.1024	31.1103		31.1024	31.1150		31.1020	31.1040		31.1020	31.1040		31.1020	31.1040		31.1020	31.1040			
800	31.4961	31.4931	31.4961	31.5010		31.4961	31.5040		31.4961	31.5087		31.4957	31.4968		31.4957	31.4968		31.4957	31.4968		31.4957	31.4968			
820	32.2835	32.2796	32.2835	32.3890		32.2835	32.2926		32.2835	32.2977		32.2831	32.2853		32.2831	32.2853		32.2831	32.2853		32.2831	32.2853			
830	32.6772	32.6733	32.6772	32.6827		32.6772	32.6863		32.6772	32.6914		32.6768	32.6790		32.6768	32.6790		32.6768	32.6790		32.6768	32.6790			
850	33.4646	33.4607	33.4646	33.4701		33.4646	33.4737		33.4646	33.4788		33.4642	33.4664		33.4642	33.4664		33.4642	33.4664		33.4642	33.4664			
870	34.2520	34.2481	34.2520	34.2575	94 L	34.2520	34.2611		34.2520	34.2662	130 L	34.2516	34.2538	57 L	34.2516	34.2538		34.2516	34.2538		34.2516	34.2538			
920	36.2205	36.2166	36.2205	36.2260	0 L	36.2205	36.2296		36.2205	36.2347	0 L	36.2201	36.2223	4 T	36.2201	36.2223		36.2201	36.2223		36.2201	36.2223			
950	37.4016	37.3977	37.4016	37.4071		37.4016	37.4107		37.4016	37.4158		37.4012	37.4034		37.4012	37.4034		37.4012	37.4034		37.4012	37.4034			
980	38.5827	38.5788	38.5827	38.5882		38.5827	38.5918		38.5827	38.5969		38.5823	38.5845		38.5823	38.5845		38.5823	38.5845		38.5823	38.5845			
1000	39.3701	39.3662	39.3701	39.3756		39.3701	39.3792		39.3701	39.3843		-	-		-	-		-	-		-	-			
1150	45.2756	45.2707	45.2756	45.2821	114 L	45.2756	45.2858	151 L	45.2756	45.2921	214 L	-	-	-	-	-		-	-		-	-			
1250	49.2126	49.2077	49.2126	49.2191	0 L	49.2126	49.2228	0 L	49.2126	49.2291	0 L	-	-	-	-	-		-	-		-	-			
1400	55.1181	55.1118	55.1181	55.1258	140 L	55.1181	55.1303	185 L	55.1181	55.1378	260 L	-	-	-	-	-		-	-		-	-			
1600	62.9921	62.9858	62.9921	62.9998	0 L	62.9921	63.0043	0 L	62.9921	63.0118	0 L	-	-	-	-	-		-	-		-	-			

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Gehäusepassungen (in Zollabmessungen)

Lageraußen- durchmesser D	Resultierende Passungen													
	Toleranzklassen J7		J5		K5		K6							
	Gehäusebohrung		Gehäusebohrung		Gehäusebohrung		Gehäusebohrung		Pas-					
max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	Pas-				
mm	in	in	-	in	-	in	-	in	-	sung ¹⁾				
16	0.6299	0.6296	0.6296	0.6303	7L 3T	0.6297	0.6301	2T 5L	0.6297	0.6300	4L 2T	0.6295	0.6300	4L 4T
19	0.7480	0.7476	0.7476	0.7485		0.7478	0.7481		0.7477	0.7480		0.7476	0.7481	
22	0.8661	0.8657	0.8657	0.8666		0.8659	0.8662		0.8658	0.8661		0.8657	0.8662	
24	0.9449	0.9445	0.9445	0.9454	9L 4T	0.9447	0.9450	2T 5L	0.9446	0.9449	4L 3T	0.9445	0.9450	5L 4T
26	1.0236	1.0232	1.0232	1.0241		1.0234	1.0237		1.0233	1.0236		1.0232	1.0237	
28	1.1024	1.1020	1.1020	1.1029		1.1022	1.1025		1.1021	1.1024		1.1020	1.1025	
30	1.1811	1.1807	1.1807	1.1816		1.1809	1.1812		1.1808	1.1811		1.1807	1.1812	
32	1.2598	1.2594	1.2594	1.2604		1.2596	1.2600		1.2594	1.2599		1.2593	1.2599	
35	1.3780	1.3776	1.3776	1.3786		1.3778	1.3782		1.3776	1.3781		1.3775	1.3781	
37	1.4567	1.4563	1.4563	1.4573	10L 4T	1.4565	1.4569	2T 6L	1.4563	1.4568	5L 4T	1.4562	1.4568	5L 5T
40	1.5748	1.5744	1.5744	1.5754		1.5746	1.5750		1.5744	1.5749		1.5743	1.5749	
42	1.6535	1.6531	1.6531	1.6541		1.6533	1.6537		1.6531	1.6536		1.6530	1.6536	
47	1.8504	1.8500	1.8500	1.8510		1.8502	1.8506		1.8500	1.8505		1.8499	1.8505	
52	2.0472	2.0467	2.0467	2.0479		2.0469	2.0475		2.0468	2.0473		2.0466	2.0474	
55	2.1654	2.1649	2.1649	2.1661		2.1651	2.1657		2.1650	2.1655		2.1648	2.1656	
62	2.4409	2.4404	2.4404	2.4416	12L 5T	2.4406	2.4412	3T 8L	2.4405	2.4410	6L 4T	2.4403	2.4411	7L 6T
68	2.6772	2.6767	2.6767	2.6779		2.6769	2.6775		2.6768	2.6773		2.6766	2.6774	
72	2.8346	2.8341	2.8341	2.8353		2.8343	2.8349		2.8342	2.8347		2.8340	2.8348	
75	2.9527	2.9522	2.9522	2.9534		2.9524	2.9530		2.9523	2.9528		2.9521	2.9529	
80	3.1496	3.1491	3.1491	3.1503		3.1493	3.1499		3.1492	3.1497		3.1490	3.1498	
85	3.3465	3.3459	3.3460	3.3474		3.3462	3.3468		3.3460	3.3466		3.3458	3.3467	
90	3.5433	3.5427	3.5428	3.5442		3.5430	3.5436		3.5428	3.5434		3.5426	3.5435	
95	3.7402	3.7396	3.7397	3.7411	15L 5T	3.7399	3.7405	3T 9L	3.7397	3.7403	7L 5T	3.7395	3.7404	8L 7T
100	3.9370	3.9364	3.9365	3.9379		3.9367	3.9373		3.9365	3.9371		3.9363	3.9372	
110	4.3307	4.3301	4.3302	4.3316		4.3304	4.3310		4.3302	4.3308		4.3300	4.3309	
115	4.5276	4.5270	4.5271	4.5285		4.5273	4.5279		4.5271	4.5277		4.5269	4.5278	
120	4.7244	4.7238	4.7239	4.7253		4.7241	4.7247		4.7239	4.7245		4.7237	4.7246	
125	4.9213	4.9206	4.9207	4.9223		4.9209	4.9217		4.9207	4.9214		4.9205	4.9215	
130	5.1181	5.1174	5.1175	5.1191	17L 6T	5.1177	5.1185	4T 11L	5.1175	5.1182	8L 6T	5.1173	5.1183	9L 8T
140	5.5118	5.5111	5.5112	5.5128		5.5114	5.5122		5.5112	5.5119		5.5110	5.5120	
145	5.7087	5.7080	5.7081	5.7097		5.7083	5.7091		5.7081	5.7088		5.7079	5.7089	
150	5.9055	5.9048	5.9049	5.9065		5.9051	5.9059		5.9049	5.9056		5.9047	5.9057	
160	6.2992	6.2982	6.2986	6.3002	20L 6T	6.2988	6.2995	4T 13L	6.2986	6.2993	11L 6T	6.2984	6.2994	12L 8T
165	6.4961	6.4951	6.4955	6.4971		6.4957	6.4964		6.4955	6.4962		6.4953	6.4963	
170	6.6929	6.6919	6.6923	6.6939		6.6925	6.6932		6.6923	6.6930		6.6921	6.6931	
180	7.0866	7.0856	7.0860	7.0876		7.0862	7.0869		7.0860	7.0867		7.0858	7.0868	
190	7.4803	7.4791	7.4797	7.4815		7.4799	7.4807		7.4796	7.4804		7.4794	7.4805	
200	7.8740	7.8728	7.8734	7.8752		7.8736	7.8744		7.8733	7.8741		7.8731	7.8742	
210	8.2677	8.2665	8.2671	8.2689		8.2673	8.2681		8.2670	8.2678		8.2668	8.2679	
215	8.4646	8.4634	8.4640	8.4658		8.4642	8.4650		8.4639	8.4647		8.4637	8.4648	
220	8.6614	8.6602	8.6608	8.6626	24L 6T	8.6610	8.6618	4T 16L	8.6607	8.6615	13L 7T	8.6605	8.6616	14L 9T
225	8.8583	8.8571	8.8577	8.8595		8.8579	8.8587		8.8576	8.8584		8.8574	8.8585	
230	9.0551	9.0539	9.0545	9.0563		9.0547	9.0555		9.0544	9.0552		9.0542	9.0553	
240	9.4488	9.4476	9.4482	9.4500		9.4484	9.4492		9.4481	9.4489		9.4479	9.4490	
250	9.8425	9.8413	9.8419	9.8437		9.8421	9.8429		9.8418	9.8426		9.8416	9.8427	

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Gehäusepassungen (in Zollabmessungen)

Lageraußen- durchmesser D	Resultierende Passungen Toleranzklassen												
	J7 Gehäusebohrung				Pas- sung ¹⁾	J55 Gehäusebohrung		Pas- sung ¹⁾	K5 Gehäusebohrung		K6 Gehäusebohrung		Pas- sung ¹⁾
	max.	min.	max.	min.		max.	min.		max.	min.	max.	min.	
mm	in	in		–	in		–	in		in		–	
260	10.2362	10.2348	10.2356	10.2376		10.2357	10.2366		10.2354	10.2363	10.2351	10.2364	
270	10.6299	10.6285	10.6293	10.6313		10.6294	10.6303		10.6291	10.6300	10.6288	10.6301	
280	11.0236	11.0222	11.0230	11.0250	28 L	11.0231	11.0240	5 T	11.0228	11.0237	11.0225	11.0238	16 L
290	11.4173	11.4159	11.4167	11.4187	6 T	11.4168	11.4177	18 L	11.4165	11.4174	11.4162	11.4175	11 T
300	11.8110	11.8096	11.8104	11.8124		11.8105	11.8114		11.8102	11.8111	11.8099	11.8112	
310	12.2047	12.2033	12.2041	12.2061		12.2042	12.2051		12.2039	12.2048	12.2036	12.2049	
320	12.5984	12.5968	12.5977	12.5999		12.5979	12.5989		12.5975	12.5985	12.5973	12.5986	
340	13.3858	13.3842	13.3851	13.3873		13.3853	13.3863		13.3849	13.3859	13.3847	13.3860	
360	14.1732	14.1716	14.1725	14.1747	31 L	14.1727	14.1737	5 T	14.1723	14.1733	14.1721	14.1734	19 L
370	14.5669	14.5654	14.5662	14.5685	7 T	14.5664	14.5675	21 L	14.5660	14.5670	14.5658	14.5672	11 T
380	14.9606	14.9590	14.9599	14.9621		14.9601	14.9611		14.9597	14.9607	14.9595	14.9608	
400	15.7480	15.7464	15.7473	15.7495		15.7475	15.7485		15.7471	15.7481	15.7469	15.7482	
420	16.5354	16.5336	16.5346	16.5371		16.5349	16.5359		16.5344	16.5355	16.5341	16.5356	
440	17.3228	17.3210	17.3220	17.3245		17.3223	17.3233	5 T	17.3218	17.3229	17.3215	17.3230	21 L
460	18.1102	18.1084	18.1094	18.1119	35 L	18.1097	18.1107	23 L	18.1092	18.1103	18.1089	18.1104	13 T
480	18.8976	18.8958	18.8968	18.8993	8 T	18.8971	18.8981		18.8966	18.8977	18.8963	18.8978	
500	19.6850	19.6832	19.6842	19.6867		19.6845	19.6855		19.6840	19.6851	19.6837	19.6852	
520	20.4724	20.4704	20.4715	20.4743		–	–		–	–	20.4707	20.4724	
540	21.2598	21.2578	21.2589	21.2617		–	–		–	–	21.2581	21.2598	
560	22.0472	22.0452	22.0463	22.0491	39 L	–	–	–	–	–	22.0455	22.0472	20 L
580	22.8346	22.8326	22.8337	22.8365	9 T	–	–	–	–	–	22.8329	22.8346	17 T
600	23.6220	23.6200	23.6211	23.6239		–	–		–	–	23.6203	23.6220	
620	24.4094	24.4074	24.4085	24.4113		–	–		–	–	24.4077	24.4094	
650	25.5906	25.5876	25.5897	25.5928		–	–		–	–	25.5886	25.5906	
670	26.3780	26.3750	26.3771	26.3802		–	–		–	–	26.3760	26.3780	
680	26.7717	26.7687	26.7708	26.7739		–	–		–	–	26.7697	26.7717	
700	27.5591	27.5561	27.5582	27.5613		–	–		–	–	27.5571	27.5591	
720	28.3465	28.3435	28.3456	28.3487	52 L	–	–	–	–	–	28.3445	28.3465	30 L
750	29.5276	29.5246	29.5267	29.5298	9 T	–	–	–	–	–	29.5256	29.5276	20 T
760	29.9213	29.9183	29.9204	29.9235		–	–		–	–	29.9193	29.9213	
780	30.7087	30.7057	30.7078	30.7109		–	–		–	–	30.7067	30.7087	
790	31.1024	31.0994	31.1015	31.1046		–	–		–	–	31.1004	31.1024	
800	31.4961	31.4931	31.4952	31.4974		–	–		–	–	31.4941	31.4952	
820	32.2835	32.2796	32.2825	32.2860		–	–		–	–	32.2813	32.2835	
830	32.6772	32.6733	32.6762	32.6797		–	–		–	–	32.6750	32.6772	
850	33.4646	33.4607	33.4636	33.4671		–	–		–	–	33.4624	33.4646	
870	34.2520	34.2481	34.2510	34.2545	64 L	–	–	–	–	–	34.2498	34.2520	39 L
920	36.2205	36.2166	36.2195	36.2230	10 T	–	–	–	–	–	36.2183	36.2205	22 T
950	37.4016	37.3977	37.4006	37.4041		–	–		–	–	37.3994	37.4016	
980	38.5827	38.5788	38.5817	38.5852		–	–		–	–	38.5805	38.5827	
1000	39.3701	39.3662	–	–		–	–		–	–	–	–	
1150	45.2756	45.2707	–	–		–	–		–	–	–	–	
1250	49.2126	49.2077	–	–		–	–		–	–	–	–	
1400	55.1181	55.1118	–	–		–	–		–	–	–	–	
1600	62.9921	62.9858	–	–		–	–		–	–	–	–	

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Gehäusepassungen (in Zollabmessungen)

Lageraußen- durchmesser D	Resultierende Passungen Toleranzklassen													
	K7 Gehäusebohrung		M5 Gehäusebohrung		M6 Gehäusebohrung		M7 Gehäusebohrung		Pas- sung ¹⁾					
	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.				
mm	in	in		in		in		in		-				
16	0.6299	0.6296	0.6294	0.6301	5 L 5 T	0.6294	0.6298	2 L 5 T	0.6293	0.6297	1 L 6 T	0.6292	0.6299	3 L 7 T
19	0.7480	0.7476	0.7474	0.7482		0.7474	0.7478		0.7473	0.7478		0.7472	0.7480	
22	0.8661	0.8657	0.8655	0.8663		0.8655	0.8659		0.8654	0.8659		0.8653	0.8661	
24	0.9449	0.9445	0.9443	0.9451	6 L	0.9443	0.9447	2 L	0.9442	0.9447	2 L	0.9441	0.9449	4 L
26	1.0236	1.0232	1.0230	1.0238	6 T	1.0230	1.0234	6 T	1.0229	1.0234	7 T	1.0228	1.0236	8 T
28	1.1024	1.1020	1.1018	1.1026		1.1018	1.1022		1.1017	1.1022		1.1016	1.1024	
30	1.1811	1.1807	1.1805	1.1813		1.1805	1.1809		1.1804	1.1809		1.1803	1.1811	
32	1.2598	1.2594	1.2591	1.2601		1.2592	1.2596		1.2590	1.2596		1.2588	1.2598	
35	1.3780	1.3776	1.3773	1.3783		1.3774	1.3778		1.3772	1.3778		1.3770	1.3780	
37	1.4567	1.4563	1.4560	1.4570	7 L	1.4561	1.4565	6 T	1.4559	1.4565	2 L	1.4557	1.4567	4 L
40	1.5748	1.5744	1.5741	1.5751	7 T	1.5742	1.5746	6 T	1.5740	1.5746	8 T	1.5738	1.5748	10 T
42	1.6535	1.6531	1.6528	1.6538		1.6529	1.6533		1.6527	1.6533		1.6525	1.6535	
47	1.8504	1.8500	1.8497	1.8507		1.8498	1.8502		1.8496	1.8502		1.8494	1.8504	
52	2.0472	2.0467	2.0464	2.0476		2.0465	2.0470		2.0463	2.0470		2.0460	2.0472	
55	2.1654	2.1649	2.1646	2.1658		2.1647	2.1652		2.1645	2.1652		2.1642	2.1654	
62	2.4409	2.4404	2.4401	2.4413		2.4402	2.4407		2.4400	2.4407		2.4397	2.4409	
68	2.6772	2.6767	2.6764	2.6776	9 L	2.6765	2.6770	3 L	2.6763	2.6770	3 L	2.6760	2.6772	5 L
72	2.8346	2.8341	2.8338	2.8350	8 T	2.8339	2.8344	7 T	2.8337	2.8344	3 T	2.8334	2.8346	12 T
75	2.9527	2.9522	2.9519	2.9531		2.9520	2.9525		2.9518	2.9525		2.9516	2.9528	
80	3.1496	3.1491	3.1488	3.1500		3.1489	3.1494		3.1487	3.1494		3.1484	3.1496	
85	3.3465	3.3459	3.3455	3.3469		3.3456	3.3462		3.3454	3.3463		3.3451	3.3465	
90	3.5433	3.5427	3.5423	3.5437		3.5424	3.5430		3.5422	3.5431		3.5419	3.5433	
95	3.7402	3.7396	3.7392	3.7406		3.7393	3.7399		3.7391	3.7400		3.7388	3.7402	
100	3.9370	3.9364	3.9360	3.9374	10 L	3.9361	3.9367	3 L	3.9359	3.9368	4 L	3.9356	3.9370	6 L
110	4.3307	4.3301	4.3297	4.3311	10 T	4.3298	4.3304	9 T	4.3296	4.3305	11 T	4.3293	4.3307	14 T
115	4.5276	4.5270	4.5266	4.5280		4.5267	4.5273		4.5265	4.5274		4.5262	4.5276	
120	4.7244	4.7238	4.7234	4.7248		4.7235	4.7241		4.7233	4.7242		4.7230	4.7244	
125	4.9213	4.9206	4.9202	4.9218		4.9202	4.9210		4.9200	4.9210		4.9197	4.9213	
130	5.1181	5.1174	5.1170	5.1186	12 L	5.1170	5.1178	4 L	5.1168	5.1178	4 L	5.1165	5.1181	7 L
140	5.5118	5.5111	5.5107	5.5123	11 T	5.5107	5.5115	11 T	5.5105	5.5115	13 T	5.5102	5.5118	16 T
145	5.7087	5.7080	5.7076	5.7092		5.7076	5.7084		5.7074	5.7084		5.7071	5.7087	
150	5.9055	5.9048	5.9044	5.9060		5.9044	5.9052		5.9042	5.9052		5.9039	5.9055	
160	6.2992	6.2982	6.2981	6.2997		6.2981	6.2988		6.2979	6.2989		6.2976	6.2992	
165	6.4961	6.4951	6.4950	6.4966	15 L	6.4950	6.4957	6 L	6.4948	6.4958	7 L	6.4945	6.4961	10 L
170	6.6929	6.6919	6.6918	6.6934	11 T	6.6918	6.6925	11 T	6.6916	6.6926	13 T	6.6913	6.6929	16 T
180	7.0866	7.0856	7.0855	7.0871		7.0855	7.0862		7.0853	7.0863		7.0850	7.0866	
190	7.4803	7.4791	7.4790	7.4808		7.4791	7.4798		7.4788	7.4800		7.4785	7.4803	
200	7.8740	7.8728	7.8727	7.8745		7.8728	7.8735		7.8725	7.8737		7.8722	7.8740	
210	8.2677	8.2665	8.2664	8.2682		8.2665	8.2672		8.2662	8.2674		8.2659	8.2677	
215	8.4646	8.4634	8.4633	8.4651		8.4634	8.4641		8.4631	8.4643		8.4628	8.4646	
220	8.6614	8.6602	8.6601	8.6619	17 L	8.6602	8.6609	7 L	8.6599	8.6611	9 L	8.6596	8.6614	12 L
225	8.8583	8.8571	8.8570	8.8588	13 T	8.8571	8.8578	12 T	8.8568	8.8580	15 T	8.8565	8.8583	18 T
230	9.0551	9.0539	9.0538	9.0556		9.0539	9.0546		9.0536	9.0548		9.0533	9.0551	
240	9.4488	9.4476	9.4475	9.4493		9.4476	9.4483		9.4473	9.4485		9.4470	9.4488	
250	9.8425	9.8413	9.8412	9.8430		9.8413	9.8420		9.8410	9.8422		9.8407	9.8425	

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Gehäusepassungen (in Zollabmessungen)

Lageraußen- durchmesser D	Resultierende Passungen Toleranzklassen												
	K7		M5				M6				M7		
	Gehäusebohrung		Pas- sung ¹⁾		Gehäusebohrung		Pas- sung ¹⁾		Gehäusebohrung		Pas- sung ¹⁾		
max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.		
mm	in	in		in		in		in		in			
260	10.2362	10.2348	10.2348	10.2368		10.2348	10.2357		10.2346	10.2364		10.2342	10.2362
270	10.6299	10.6285	10.6285	10.6305		10.6285	10.6294		10.6283	10.6301		10.6279	10.6299
280	11.0236	11.0222	11.0222	11.0242	20 L	11.0222	11.0231	9 L	11.0220	11.0238		11.0216	11.0236
290	11.4173	11.4159	11.4159	11.4179	14 T	11.4159	11.4168	14 T	11.4157	11.4175		11.4153	11.4173
300	11.8110	11.8096	11.8096	11.8116		11.8096	11.8105		11.8094	11.8112		11.8090	11.8110
310	12.2047	12.2033	12.2033	12.2053		12.2033	12.2042		12.2031	12.2049		12.2027	12.2047
320	12.5984	12.5968	12.5968	12.5991		12.5969	12.5978		12.5966	12.5986		12.5962	12.5984
340	13.3858	13.3842	13.3842	13.3865		13.3843	13.3852		13.3840	13.3860		13.3836	13.3858
360	14.1732	14.1716	14.1716	14.1739	23 L	14.1717	14.1726	10 L	14.1714	14.1734	12 L	14.1710	14.1732
370	14.5669	14.5654	14.5653	14.5677	16 T	14.5654	14.5664	15 T	14.5651	14.5672	18 T	14.5647	14.5669
380	14.9606	14.9590	14.9590	14.9613		14.9591	14.9600		14.9588	14.9608		14.9584	14.9606
400	15.7480	15.7464	15.7464	15.7487		15.7465	15.7474		15.7462	15.7482		15.7458	15.7480
420	16.5354	16.5336	16.5336	16.5361		16.5337	16.5347		16.5334	16.5356		16.5329	16.5354
440	17.3228	17.3210	17.3210	17.3235	25 L	17.3211	17.3221	11 L	17.3208	17.3230	14 L	17.3203	17.3228
460	18.1102	18.1084	18.1084	18.1109	18 T	18.1085	18.1095	17 T	18.1082	18.1104	20 T	18.1077	18.1102
480	18.8976	18.8958	18.8958	18.8983		18.8959	18.8969		18.8956	18.8978		18.8951	18.8976
500	19.6850	19.6832	19.6832	19.6857		19.6833	19.6843		19.6830	19.6852		19.6825	19.6850
520	20.4724	20.4704	20.4696	20.4724		–	–		20.4696	20.4714		20.4686	20.4714
540	21.2598	21.2578	21.2570	21.2598		–	–		21.2570	21.2588		21.2560	21.2588
560	22.0472	22.0452	22.0444	22.0472	20 L	–	–	–	22.0444	22.0462	10 L	22.0435	22.0462
580	22.8346	22.8326	22.8318	22.8346	28 T	–	–	–	22.8318	22.8336	28 T	22.8308	22.8336
600	23.6220	23.6200	23.6192	23.6220		–	–		23.6192	23.6210		23.6182	23.6210
620	24.4094	24.4074	24.4066	24.4094		–	–		24.4066	24.4084		24.4056	24.4084
650	25.5906	25.5876	25.5875	25.5906		–	–		25.5875	25.5894		25.5863	25.5894
670	26.3780	26.3750	26.3749	26.3780		–	–		26.3749	26.3768		26.3737	26.3768
680	26.7717	26.7687	26.7686	26.7717		–	–		26.7686	26.7705		26.7674	26.7705
700	27.5591	27.5561	27.5560	27.5591		–	–		27.5560	27.5579		27.5548	27.5579
720	28.3465	28.3435	28.3434	28.3465	30 L	–	–	–	28.3434	28.3453	18 L	28.3422	28.3453
750	29.5276	29.5246	29.5245	29.5276	31 T	–	–	–	29.5245	29.5264	31 T	29.5233	29.5264
760	29.9213	29.9183	29.9182	29.9213		–	–		29.9182	29.9201		29.9169	29.9201
780	30.7087	30.7057	30.7056	30.7087		–	–		30.7056	30.7075		30.7044	30.7075
790	31.1024	31.0994	31.0993	31.1024		–	–		31.0993	31.1012		31.0981	31.1012
800	31.4961	31.4931	31.4930	31.4961		–	–		31.4930	31.4949		31.4917	31.4949
820	32.2835	32.2796	32.2800	32.2835		–	–		32.2800	32.2822		32.2786	32.2822
830	32.6772	32.6733	32.6737	32.6772		–	–		32.6737	32.6759		32.6723	32.6759
850	33.4646	33.4607	33.4611	33.4646		–	–		33.4611	33.4633		33.4597	33.4633
870	34.2520	34.2481	34.2485	34.2520	39 L	–	–	–	34.2485	34.2507	26 L	34.2471	34.2507
920	36.2205	36.2166	36.2170	36.2205	35 T	–	–	–	36.2170	36.2192	35 T	36.2156	36.2192
950	37.4016	37.3977	37.3981	37.4016		–	–		37.3981	37.4003		37.3967	37.4003
980	38.5827	38.5788	38.5792	38.5827		–	–		38.5792	38.5814		38.5778	38.5814
1000	39.3701	39.3662	–	–		–	–		–	–		39.3652	39.3688
1150	45.2756	45.2707	–	–	–	–	–	–	–	–	–	45.2699	45.2740
1250	49.2126	49.2077	–	–	–	–	–	–	–	–	–	49.2069	49.2110
1400	55.1181	55.1118	–	–	–	–	–	–	–	–	–	55.1113	55.1162
1600	62.9921	62.9858	–	–	–	–	–	–	–	–	–	62.9853	62.9902

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Gehäusepassungen (in Zollabmessungen)

Lageraußen- durchmesser D	Resultierende Passungen Toleranzklassen																
	N6 Gehäusebohrung		N7 Gehäusebohrung		Pas- sung ¹⁾	P6 Gehäusebohrung		Pas- sung ¹⁾	P7 Gehäusebohrung		Pas- sung ¹⁾						
	max.	min.	max.	min.		max.	min.		max.	min.							
mm	in	in		in		in		in									
16	0.6299	0.6296	0.6291	0.6295	1T 8T		0.6290	0.6297	1L 9T		0.6289	0.6293	3T 10T		0.6288	0.6295	1T 11T
19	0.7480	0.7476	0.7471	0.7476			0.7469	0.7477			0.7468	0.7473			0.7466	0.7474	
22	0.8661	0.8657	0.8652	0.8657			0.8650	0.8658			0.8649	0.8654			0.8647	0.8655	
24	0.9449	0.9445	0.9440	0.9445	0T		0.9438	0.9446	1L		0.9437	0.9442	3T		0.9435	0.9443	2T
26	1.0236	1.0232	1.0227	1.0232	9T		1.0225	1.0233	11T		1.0224	1.0229	12T		1.0222	1.0230	14T
28	1.1024	1.1020	1.1015	1.1020			1.1013	1.1021			1.1012	1.1017			1.1010	1.1018	
30	1.1811	1.1807	1.1802	1.1807			1.1800	1.1808			1.1799	1.1804			1.1797	1.1805	
32	1.2598	1.2594	1.2587	1.2593			1.2585	1.2595			1.2583	1.2590			1.2581	1.2591	
35	1.3780	1.3776	1.3769	1.3775			1.3767	1.3777			1.3765	1.3772			1.3763	1.3773	
37	1.4567	1.4563	1.4556	1.4562	1T		1.4554	1.4564	1L		1.4552	1.4559	4T		1.4550	1.4560	3T
40	1.5748	1.5744	1.5737	1.5743	11T		1.5735	1.5745	13T		1.5733	1.5740	15T		1.5731	1.5741	17T
42	1.6535	1.6531	1.6524	1.6530			1.6522	1.6532			1.6520	1.6527			1.6518	1.6528	
47	1.8504	1.8500	1.8493	1.8499			1.8491	1.8501			1.8489	1.8496			1.8487	1.8497	
52	2.0472	2.0467	2.0459	2.0466			2.0457	2.0468			2.0454	2.0462			2.0452	2.0464	
55	2.1654	2.1649	2.1641	2.1648			2.1639	2.1650			2.1636	2.1644			2.1634	2.1646	
62	2.4409	2.4404	2.4396	2.4403			2.4394	2.4405			2.4391	2.4399			2.4389	2.4401	
68	2.6772	2.6767	2.6759	2.6766	1T		2.6760	2.6770	1L		2.6750	2.6760	5T		2.6752	2.6763	3T
72	2.8346	2.8341	2.8333	2.8340	13T		2.8331	2.8342	15T		2.8328	2.8336	18T		2.8326	2.8338	20T
75	2.9527	2.9522	2.9515	2.9522			2.9510	2.9520			2.9510	2.9520			2.9507	2.9519	
80	3.1496	3.1491	3.1483	3.1490			3.1481	3.1492			3.1478	3.1486			3.1476	3.1488	
85	3.3465	3.3459	3.3450	3.3459			3.3447	3.3461			3.3445	3.3453			3.3442	3.3456	
90	3.5433	3.5427	3.5418	3.5427			3.5415	3.5429			3.5413	3.5421			3.5410	3.5424	
95	3.7402	3.7396	3.7387	3.7396			3.7380	3.7400			3.7380	3.7390			3.7378	3.7392	
100	3.9370	3.9364	3.9355	3.9364	0T		3.9352	3.9366	2L		3.9350	3.9358	6T		3.9347	3.9361	3T
110	4.3307	4.3301	4.3292	4.3301	15T		4.3289	4.3303	18T		4.3287	4.3295	20T		4.3284	4.3298	23T
115	4.5276	4.5270	4.5261	4.5270			4.5258	4.5272			4.5256	4.5264			4.5253	4.5267	
120	4.7244	4.7238	4.7229	4.7238			4.7226	4.7240			4.7224	4.7232			4.7221	4.7235	
125	4.9213	4.9206	4.9195	4.9205			4.9193	4.9208			4.9189	4.9199			4.9186	4.9202	
130	5.1181	5.1174	5.1163	5.1173			5.1161	5.1176			5.1157	5.1167			5.1154	5.1170	
140	5.5118	5.5111	5.5100	5.5110	1T		5.5098	5.5113	2L		5.5094	5.5104	7T		5.5091	5.5107	4T
145	5.7087	5.7080	5.7069	5.7079	18T		5.7067	5.7082	20T		5.7063	5.7073	24T		5.7060	5.7076	27T
150	5.9055	5.9048	5.9037	5.9047			5.9035	5.9050			5.9031	5.9041			5.9028	5.9044	
160	6.2992	6.2982	6.2974	6.2984			6.2972	6.2987			6.2968	6.2978			6.2965	6.2981	
165	6.4961	6.4951	6.4943	6.4953	2L		6.4940	6.4960	5L		6.4940	6.4950	4T		6.4934	6.4950	1T
170	6.6929	6.6919	6.6911	6.6921	18T		6.6909	6.6924	20T		6.6905	6.6915	24T		6.6902	6.6918	27T
180	7.0866	7.0856	7.0848	7.0858			7.0846	7.0861			7.0842	7.0852			7.0839	7.0855	
190	7.4803	7.4791	7.4783	7.4794			7.4779	7.4797			7.4775	7.4787			7.4772	7.4790	
200	7.8740	7.8728	7.8720	7.8731			7.8716	7.8734			7.8712	7.8724			7.8709	7.8727	
210	8.2677	8.2665	8.2657	8.2668			8.2653	8.2671			8.2649	8.2661			8.2646	8.2664	
215	8.4646	8.4634	8.4626	8.4637			8.4622	8.4640			8.4618	8.4630			8.4615	8.4633	
220	8.6614	8.6602	8.6594	8.6606			8.6590	8.6610			8.6590	8.6600			8.6583	8.6601	
225	8.8583	8.8571	8.8563	8.8574	3L		8.8559	8.8577	6L		8.8555	8.8567	4T		8.8552	8.8570	1T
230	9.0551	9.0539	9.0531	9.0543	20T		9.0530	9.0550	24T		9.0520	9.0540	28T		9.0520	9.0538	31T
240	9.4488	9.4476	9.4468	9.4479			9.4464	9.4482			9.4460	9.4472			9.4457	9.4475	
250	9.8425	9.8413	9.8405	9.8416			9.8401	9.8419			9.8397	9.8409			9.8394	9.8412	

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Gehäusepassungen (in Zollabmessungen)

Lageraußen- durchmesser D	Resultierende Passungen Toleranzklassen																
	N6 Gehäusebohrung		N7 Gehäusebohrung		P6 Gehäusebohrung		P7 Gehäusebohrung		N6 Pas- sung ¹⁾		N7 Pas- sung ¹⁾		P6 Pas- sung ¹⁾		P7 Pas- sung ¹⁾		
	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	
mm	in	in		in		in		in		in		in		in		in	
260	10.2362	10.2348	10.2340	10.2352		10.2336	10.2356		10.2331	10.2343		10.2327	10.2348		10.2327	10.2348	
270	10.6299	10.6285	10.6277	10.6289		10.6270	10.6290		10.6270	10.6280		10.6265	10.6285		10.6265	10.6285	
280	11.0236	11.0222	11.0214	11.0226		11.0210	11.0230	8 L	11.0205	11.0217	5 T	11.0201	11.0222	0 T	11.0201	11.0222	0 T
290	11.4173	11.4159	11.4151	11.4163	4 L	11.4150	11.4170	26 T	11.4140	11.4150	31 T	11.4139	11.4159	35 T	11.4139	11.4159	35 T
300	11.8110	11.8096	11.8088	11.8100		11.8084	11.8104		11.8079	11.8091		11.8075	11.8096		11.8075	11.8096	
310	12.2047	12.2033	12.2025	12.2037		12.2021	12.2041		12.2016	12.2028		12.2012	12.2033		12.2012	12.2033	
320	12.5984	12.5968	12.5960	12.5974		12.5955	12.5978		12.5950	12.5964		12.5945	12.5968		12.5945	12.5968	
340	13.3858	13.3842	13.3834	13.3848		13.3829	13.3852		13.3824	13.3838		13.3819	13.3842		13.3819	13.3842	
360	14.1732	14.1716	14.1708	14.1722	6 L	14.1703	14.1726	10 L	14.1698	14.1712	4 T	14.1693	14.1716	0 T	14.1693	14.1716	0 T
370	14.5669	14.5654	14.5645	14.5659	24 T	14.5640	14.5660	29 T	14.5640	14.5650	34 T	14.5631	14.5653	39 T	14.5631	14.5653	39 T
380	14.9606	14.9590	14.9582	14.9596		14.9577	14.9600		14.9572	14.9586		14.9567	14.9590		14.9567	14.9590	
400	15.7480	15.7464	15.7456	15.7470		15.7451	15.7474		15.7446	15.7460		15.7441	15.7464		15.7441	15.7464	
420	16.5354	16.5336	16.5328	16.5343		16.5323	16.5347		16.5317	16.5332		16.5311	16.5336		16.5311	16.5336	
440	17.3228	17.3210	17.3202	17.3217		17.3197	17.3221		17.3191	17.3206		17.3185	17.3210	0 T	17.3185	17.3210	0 T
460	18.1102	18.1084	18.1076	18.1091	7 L	18.1071	18.1095	11 L	18.1065	18.1080	4 T	18.1059	18.1084	0 T	18.1059	18.1084	0 T
480	18.8976	18.8958	18.8950	18.8965	26 T	18.8945	18.8969		18.8939	18.8954	37 T	18.8933	18.8958	43 T	18.8933	18.8958	43 T
500	19.6850	19.6832	19.6824	19.6839		19.6819	19.6843		19.6813	19.6828		19.6807	19.6832		19.6807	19.6832	
520	20.4724	20.4704	20.4689	20.4707		20.4679	20.4707		20.4676	20.4693		20.4666	20.4693		20.4666	20.4693	
540	21.2598	21.2578	21.2563	21.2581		21.2553	21.2581		21.2550	21.2567		21.2540	21.2567		21.2540	21.2567	
560	22.0472	22.0452	22.0438	22.0455	3 L	22.0430	22.0460	3 L	22.0420	22.0440	11 T	22.0414	22.0442	11 T	22.0414	22.0442	11 T
580	22.8346	22.8326	22.8311	22.8329	35 T	22.8301	22.8329	45 T	22.8298	22.8315	48 T	22.8288	22.8315	58 T	22.8288	22.8315	58 T
600	23.6220	23.6200	23.6185	23.6203		23.6175	23.6203		23.6172	23.6189		23.6162	23.6189		23.6162	23.6189	
620	24.4094	24.4074	24.4059	24.4077		24.4049	24.4077		24.4046	24.4063		24.4036	24.4063		24.4036	24.4063	
650	25.5906	25.5876	25.5867	25.5886		25.5855	25.5886		25.5852	25.5871		25.5840	25.5871		25.5840	25.5871	
670	26.3780	26.3750	26.3741	26.3760		26.3729	26.3760		26.3726	26.3745		26.3714	26.3745		26.3714	26.3745	
680	26.7717	26.7687	26.7678	26.7697		26.7666	26.7697		26.7663	26.7682		26.7651	26.7682		26.7651	26.7682	
700	27.5591	27.5561	27.5552	27.5571		27.5540	27.5571		27.5537	27.5556		27.5525	27.5556		27.5525	27.5556	
720	28.3465	28.3435	28.3426	28.3445	10 L	28.3414	28.3445	10 L	28.3411	28.3430	5 T	28.3399	28.3430	5 T	28.3399	28.3430	5 T
750	29.5276	29.5246	29.5237	29.5256	39 T	29.5225	29.5256	51 T	29.5222	29.5241	54 T	29.5210	29.5241	66 T	29.5210	29.5241	66 T
760	29.9213	29.9183	29.9173	29.9193		29.9160	29.9190		29.9156	29.9180		29.9146	29.9178		29.9146	29.9178	
780	30.7087	30.7057	30.7048	30.7067		30.7036	30.7067		30.7033	30.7052		30.7021	30.7052		30.7021	30.7052	
790	31.1024	31.0994	31.0985	31.1004		31.0973	31.1004		31.0970	31.0989		31.0958	31.0989		31.0958	31.0989	
800	31.4961	31.4931	31.4921	31.4941		31.4910	31.4940		31.4907	31.4930		31.4894	31.4926		31.4894	31.4926	
820	32.2835	32.2796	32.2791	32.2813		32.2778	32.2813		32.2774	32.2796		32.2760	32.2796		32.2760	32.2796	
830	32.6772	32.6733	32.6728	32.6750		32.6710	32.6750		32.6710	32.6730		32.6697	32.6732		32.6697	32.6732	
850	33.4646	33.4607	33.4602	33.4624		33.4589	33.4624		33.4585	33.4607		33.4571	33.4607		33.4571	33.4607	
870	34.2520	34.2481	34.2476	34.2498	17 L	34.2463	34.2498	17 L	34.2459	34.2481	0 T	34.2445	34.2481	0 T	34.2445	34.2481	0 T
920	36.2205	36.2166	36.2161	36.2183	44 T	36.2148	36.2183	57 T	36.2144	36.2166	61 T	36.2130	36.2166	75 T	36.2130	36.2166	75 T
950	37.4016	37.3977	37.3972	37.3994		37.3959	37.3994		37.3955	37.3977		37.3941	37.3977		37.3941	37.3977	
980	38.5827	38.5788	38.5783	38.5805		38.5770	38.5805		38.5766	38.5788		38.5752	38.5788		38.5752	38.5788	
1000	39.3701	39.3662	39.3657	39.3679		39.3644	39.3679		39.3640	39.3662		39.3626	39.3662		39.3626	39.3662	
1150	45.2756	45.2707	45.2704	45.2730	23 L	45.2689	45.2730	23 L	45.2683	45.2709	2 L	45.2667	45.2709	2 L	45.2667	45.2709	2 L
1250	49.2126	49.2077	49.2074	49.2100	52 T	49.2059	49.2100	67 T	49.2053	49.2079	73 T	49.2037	49.2079	89 T	49.2037	49.2079	89 T
1400	55.1181	55.1118	55.1120	55.1150	32 L	55.1101	55.1150	32 L	55.1095	55.1126	8 L	55.1077	55.1126	8 L	55.1077	55.1126	8 L
1600	62.9921	62.9858	62.9860	62.9890	61 T	62.9841	62.9890	80 T	62.9835	62.9866	86 T	62.9817	62.9866	104 T	62.9817	62.9866	104 T

¹⁾ Resultierende Passung in 0,0001 in. L gibt eine lose Passung an, T eine feste Passung.

Korrigierte Wellenabmaße bei Lagern in Zollabmessungen

Nenndurchmesser für Passungen mit Spiel/Übermaß nach

Wellensitz Lagerbohrung über bis		g6		h6		j5		j6		js6		k5	
		ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.
mm		µm											
10	18	+2	-4	+8	+2	-13	+10	+16	+10	+14	+7	+17	+14
18	30	+3	-7	+10	0	+15	+9	+19	+9	+17	+6	+21	+15
30	50	+3	-12	+12	-3	+18	+8	+23	+8	+20	+5	+25	+15
50	76,2	+5	-16	+15	-6	+21	+6	+27	+6	+25	+3	+30	+15
76,2	80	+5	-4	+15	+6	+21	+18	+27	+18	+25	+15	+30	+27
80	120	+8	-9	+20	+3	+26	+16	+33	+16	+31	+14	+38	+28
120	180	+11	-14	+25	0	+32	+14	+39	+14	+38	+12	+46	+28
180	250	+15	-19	+30	-4	+37	+12	+46	+12	+45	+10	+54	+29
250	304,8	+18	-24	+35	-7	+42	+9	+51	+9	+51	+9	+62	+29
304,8	315	+18	+2	+35	+19	+42	+35	+51	+35	+51	+35	+62	+55
315	400	+22	-3	+40	+15	+47	+33	+58	+33	+58	+33	+69	+55
400	500	+25	-9	+45	+11	+52	+31	+65	+31	+65	+31	+77	+56
500	609,6	+28	-15	+50	+7	-	-	+72	+29	+72	+29	+78	+51
609,6	630	+28	+10	+50	+32	-	-	+72	+54	+72	+54	+78	+76
630	800	+51	+2	+75	+26	-	-	+100	+51	+100	+51	+107	+76
800	914,4	+74	-6	+100	+20	-	-	+128	+48	+128	+48	+136	+76
914,4	1 000	+74	+20	+100	+46	-	-	+128	+74	+128	+74	+136	+102
1 000	1 219,2	+97	+8	+125	+36	-	-	+158	+69	+158	+69	+167	+102

Nenndurchmesser für Passungen mit Spiel/Übermaß nach

Wellensitz Lagerbohrung über bis		k6		m5		m6		n6		p6	
		ob.	unt.								
mm		µm									
10	18	+20	+14	+23	+20	+26	+20	+31	+25	+37	+31
18	30	+25	+15	+27	+21	+31	+21	+38	+28	+45	+35
30	50	+30	+15	+32	+22	+37	+22	+45	+30	+54	+39
50	76,2	+36	+15	+39	+24	+45	+24	+54	+33	+66	+45
76,2	80	+36	+27	+39	+36	+45	+36	+54	+45	+66	+57
80	120	+45	+28	+48	+38	+55	+38	+65	+48	+79	+62
120	180	+53	+28	+58	+40	+65	+40	+77	+52	+93	+68
180	250	+63	+29	+67	+42	+76	+42	+90	+56	+109	+75
250	304,8	+71	+29	+78	+45	+87	+45	+101	+59	+123	+81
304,8	315	+71	+55	+78	+71	+87	+71	+101	+85	+123	+107
315	400	+80	+55	+86	+72	+97	+72	+113	+88	+138	+113
400	500	+90	+56	+95	+74	+108	+74	+125	+91	+153	+119
500	609,6	+94	+51	+104	+77	+120	+77	+138	+95	+172	+129
609,6	630	+94	+76	+104	+102	+120	+102	+138	+120	+172	+154
630	800	+125	+76	+137	+106	+155	+106	+175	+126	+213	+164
800	914,4	+156	+76	+170	+110	+190	+110	+212	+132	+256	+176
914,4	1 000	+156	+102	+170	+136	+190	+136	+212	+158	+256	+202
1 000	1 219,2	+191	+102	+207	+142	+231	+142	+257	+168	+311	+222

Korrigierte Bohrungsabmaße bei Lagern in Zollabmessungen

Nenndurchmesser für Passungen mit Spiel/Übermaß nach

Gehäusebohrungssitz Lageraußendurchmesser über bis		H7		J7		J6		K6		K7	
		ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.
mm		µm									
30	50	+36	+25	+25	+14	+21	+19	+14	+12	+18	+7
50	80	+43	+25	+31	+13	+26	+19	+17	+10	+22	+4
80	120	+50	+25	+37	+12	+31	+19	+19	+7	+25	0
120	150	+58	+25	+44	+11	+36	+18	+22	+4	+30	-3
150	180	+65	+25	+51	+11	+43	+18	+29	+4	+37	-3
180	250	+76	+25	+60	+9	+52	+18	+35	+1	+43	-8
250	304,8	+87	+25	+71	+9	+60	+18	+40	-2	+51	-11
304,8	315	+87	+51	+71	+35	+60	+44	+40	+24	+51	+15
315	400	+97	+51	+79	+33	+69	+44	+47	+22	+57	+11
400	500	+108	+51	+88	+31	+78	+44	+53	+19	+63	+6
500	609,6	+120	+51	-	-	-	-	+50	+7	+50	-19
609,6	630	+120	+76	-	-	-	-	+50	+32	+50	+6
630	800	+155	+76	-	-	-	-	+75	+26	+75	-4
800	914,4	+190	+76	-	-	-	-	+100	+20	+100	-14
914,4	1 000	+190	+102	-	-	-	-	+100	+46	+100	+12
1 000	1 219,2	+230	+102	-	-	-	-	+125	+36	+125	-3
1 219,2	1 250	+230	+127	-	-	-	-	+125	+61	+125	+22
1 250	1 600	+285	+127	-	-	-	-	+160	+49	+160	+2

Nenndurchmesser für Passungen mit Spiel/Übermaß nach

Gehäusebohrungssitz Lageraußendurchmesser über bis		M6		M7		N7		P7	
		ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.	ob.	unt.
mm		µm							
30	50	+7	+5	+11	0	+3	-8	-6	-17
50	80	+8	+1	+13	-5	+4	-14	-8	-26
80	120	+9	-3	+15	-10	+5	-20	-9	-34
120	150	+10	-8	+18	-15	+6	-27	-10	-43
150	180	+17	-8	+25	-15	+13	-27	-3	-43
180	250	+22	-12	+30	-21	+16	-35	-3	-54
250	304,8	+26	-16	+35	-27	+21	-41	-1	-63
304,8	315	+26	+10	+35	-1	+21	-15	-1	-37
315	400	+30	+5	+40	-6	+24	-22	-1	-47
400	500	+35	+1	+45	-12	+28	-29	0	-57
500	609,6	+24	-19	+24	-45	+6	-63	-28	-97
609,6	630	+24	+6	+24	-20	+6	-38	-28	-72
630	800	+45	-4	+45	-34	+25	-54	-13	-92
800	914,4	+66	-14	+66	-48	+44	-70	0	-114
914,4	1 000	+66	+12	+66	-22	+44	-44	0	-88
1 000	1 219,2	+85	-4	+85	-43	+59	-69	+5	-123
1 219,2	1 250	+85	+21	+85	-18	+59	-44	+5	-98
1 250	1 600	+112	+1	+112	-46	+82	-76	+20	-138

Wellentoleranzen für Lager mit Hülsenbefestigung

Wellendurchmesser Durchmesser- und Formtoleranzen

d		h9		IT5 ¹⁾
Nennmaß		Abmaß		
über	bis	ob.	unt.	max.

mm		µm		
----	--	----	--	--

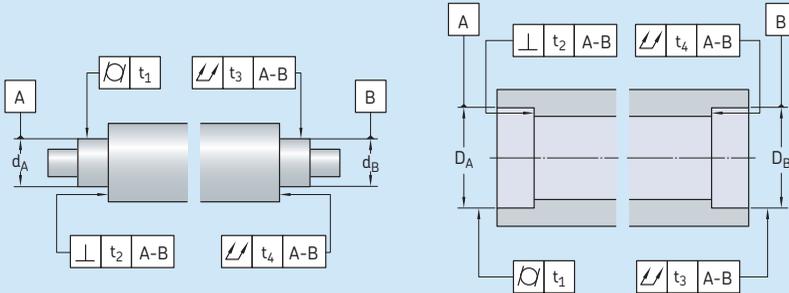
10	18	0	-43	8
18	30	0	-52	9
30	50	0	-62	11
50	80	0	-74	13
80	120	0	-87	15
120	180	0	-100	18
180	250	0	-115	20
250	315	0	-130	23
315	400	0	-140	25
400	500	0	-155	27
500	630	0	-175	32
630	800	0	-200	36
800	1 000	0	-230	40
1 000	1 250	0	-260	47

¹⁾ Die Empfehlung gilt für Toleranzklasse IT5/2, da die Toleranzzone t ein Radius ist. In der obigen Tabelle beziehen sich die Werte jedoch auf einen nominellen Wellendurchmesser und sind daher nicht halbiert.

ISO-Toleranzklassen

Nennmaß		Toleranzgrade											
über	bis	IT1 max.	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
mm		µm											
1	3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100
3	6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120
6	10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150
10	18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180
18	30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210
30	50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300
80	120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350
120	180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400
180	250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630
500	630	–	–	–	–	32	44	70	110	175	280	440	700
630	800	–	–	–	–	36	50	80	125	200	320	500	800
800	1 000	–	–	–	–	40	56	90	140	230	360	560	900
1 000	1 250	–	–	–	–	47	66	105	165	260	420	660	1050
1 250	1 600	–	–	–	–	55	78	125	195	310	500	780	1250
1 600	2 000	–	–	–	–	65	92	150	230	370	600	920	1 500
2 000	2 500	–	–	–	–	78	110	175	280	440	700	1 100	1 750

Genauigkeit der Form und Position von Lagersitzen



Oberfläche
Eigenschaft

Symbol für
Eigenschaft

Toleranzzone

Zulässige Abweichungen

Lager der Toleranzklasse¹⁾
Normal, CLN P6

P5



Zylindrischer Lagersitz

Zylinderform		t ₁	IT5/2	IT4/2	IT3/2	IT2/2
Gesamtrundlauf		t ₃	IT5/2	IT4/2	IT3/2	IT2/2

Ebene Anlagefläche

Rechtwinkligkeit		t ₂	IT5	IT4	IT3	IT2
Gesamtplanlauf		t ₄	IT5	IT4	IT3	IT2

Erläuterung



Für normale
Anforderungen

Für besondere
Anforderungen hinsichtlich
Laufgenauigkeit oder
gleichmäßiger
Unterstützung

¹⁾ Informationen über Lager mit höherer Genauigkeit (Toleranzklasse P4 usw.) finden Sie im Interaktiven SKF Lagerungskatalog unter www.skf.com.

Anhang D-2

Rauheit der Lagersitzflächen

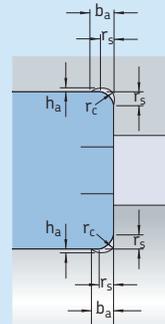
Durchmesser der Sitze d (D) ¹⁾		Empfohlener R_a -Wert für geschliffene Sitzflächen Durchmessertoleranzklasse		
über	bis	IT7	IT6	IT5
mm		μm		
-	80	1,6	0,8	0,4
80	500	1,6	1,6	0,8
500	1 250	3,2 ²⁾	1,6	1,6

¹⁾ Bei Durchmessern > 1 250 mm wenden Sie sich an den Technischen SKF Beratungsservice.

²⁾ Wenn Sie die Druckölmethode für den Einbau verwenden, sollte R_a nicht größer sein als 1,6 mm.

Anhang D-3

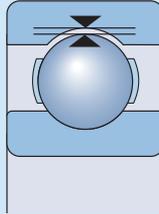
Abmessungen für Freistiehe



Lager-Kantenabstand Rundungsmaße

r_s	b_a	h_a	r_c
mm	mm		
1	2	0,2	1,3
1,1	2,4	0,3	1,5
1,5	3,2	0,4	2
2	4	0,5	2,5
2,1	4	0,5	2,5
3	4,7	0,5	3
4	5,9	0,5	4
5	7,4	0,6	5
6	8,6	0,6	6
7,5	10	0,6	7
9,5	12	0,6	9

Radialluft von Rillenkugellagern

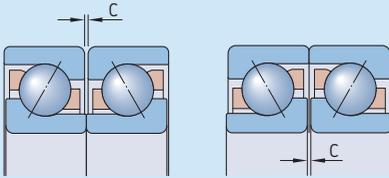


Bohrungsdurchmesser		Radialluft C2		Normal		C3		C4		C5	
d über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
mm		µm									
2,5	6 ¹⁾	0	7	2	13	8	23	–	–	–	–
6	10 ¹⁾	0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
10	18	0	9	3	18	11	25	18	33	25	45
18	24	0	10	5	20	13	28	20	36	28	48
24	30	1	11	5	20	13	28	23	41	30	53
30	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	520
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	700
630	710	20	130	110	260	240	400	380	570	540	780
710	800	20	140	120	290	270	450	430	630	600	860
800	900	20	160	140	320	300	500	480	700	670	960
900	1 000	20	170	150	350	330	550	530	770	740	1 040
1 000	1 120	20	180	160	380	360	600	580	850	820	1 150
1 120	1 250	20	190	170	410	390	650	630	920	890	1 260
1 250	1 400	30	200	190	440	420	700	680	1 000	–	–
1 400	1 600	30	210	210	470	450	750	730	1 060	–	–

¹⁾ Die Werte für das Betriebsspiel gelten nicht für Rillenkugellager aus nichtrostendem Stahl mit einem Bohrungsdurchmesser d < 10 mm.

Anhang E-2

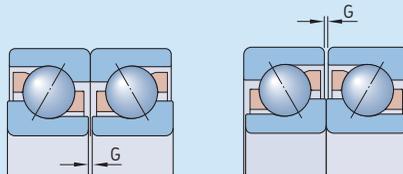
Axialluft von einreihigen Universal-Schrägkugellagern für den satzweisen Einbau in O- oder X-Anordnung



Bohrungs- durchmesser d		Axialluft Klasse CA		CB		CC	
über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.
mm		µm					
10	18	5	13	15	23	24	32
18	30	7	15	18	26	32	40
30	50	9	17	22	30	40	48
50	80	11	23	26	38	48	60
80	120	14	26	32	44	55	67
120	180	17	29	35	47	62	74
180	250	21	37	45	61	74	90

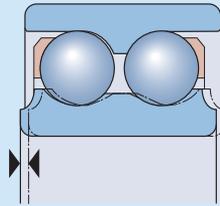
Anhang E-3

Axiale Vorspannung von einreihigen Universal-Schrägkugellagern für den satzweisen Einbau in O- oder X-Anordnung



Bohrungsdurch- messer d		Vorspannung Klasse GA			GB		GC		GC		GC	
über	bis	min.	max.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
mm		µm			N		µm		µm		N	
10	18	+4	-4	80	-2	-10	30	330	-8	-16	230	660
18	30	+4	-4	120	-2	-10	40	480	-8	-16	340	970
30	50	+4	-4	160	-2	-10	60	630	-8	-16	450	1280
50	80	+6	-6	380	-3	-15	140	1500	-12	-24	1080	3050
80	120	+6	-6	410	-3	-15	150	1600	-12	-24	1150	3250
120	180	+6	-6	540	-3	-15	200	2150	-12	-24	1500	4300
180	250	+8	-8	940	-4	-20	330	3700	-16	-32	2650	7500

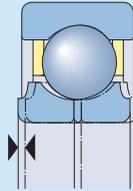
Axialluft von zweireihigen Schrägkugellagern



Bohrungsdurchmesser Axialluft von Lagern der Reihen

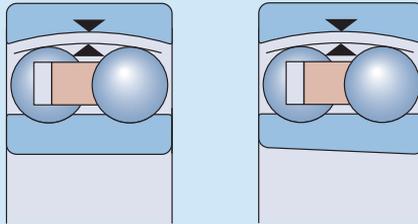
d		32 A und 33 A				C3		33 D		33 DNRCBM	
über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
mm		µm									
-	10	1	11	5	21	12	28	-	-	-	-
10	18	1	12	6	23	13	31	-	-	-	-
18	24	2	14	7	25	16	34	-	-	-	-
24	30	2	15	8	27	18	37	-	-	-	-
30	40	2	16	9	29	21	40	33	54	10	30
40	50	2	18	11	33	23	44	36	58	10	30
50	65	3	22	13	36	26	48	40	63	18	38
65	80	3	24	15	40	30	54	46	71	18	38
80	100	3	26	18	46	35	63	55	83	-	-
100	110	4	30	22	53	42	73	65	96	-	-

Axialluft von Vierpunktlagern



Bohrungsdurchmesser		Axialluft C2		Normal		C3		C4	
d über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
mm		μm							
10	17	15	55	45	85	75	125	115	165
17	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

Radialluft von Pendelkugellagern



Bohrungsdurchmesser Radialluft
C2

d		min.		max.		min.		max.	
über	bis	μm		Normal		C3		C4	
mm		μm							

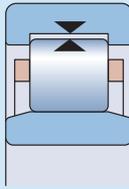
Lager mit zylindrischer Bohrung

2,5	6	1	8	5	15	10	20	15	25
6	10	2	9	6	17	12	25	19	33
10	14	2	10	6	19	13	26	21	35
14	18	3	12	8	21	15	28	23	37
18	24	4	14	10	23	17	30	25	39
24	30	5	16	11	24	19	35	29	46
30	40	6	18	13	29	23	40	34	53
40	50	6	19	14	31	25	44	37	57
50	65	7	21	16	36	30	50	45	69
65	80	8	24	18	40	35	60	54	83
80	100	9	27	22	48	42	70	64	96
100	120	10	31	25	56	50	83	75	114
120	140	10	38	30	68	60	100	90	135
140	160	15	44	35	80	70	120	110	161
160	180	15	50	40	92	82	138	126	185
180	200	17	57	47	105	93	157	144	212
200	225	18	62	50	115	100	170	155	230
225	250	20	70	57	130	115	195	175	255

Lager mit kegeliger Bohrung

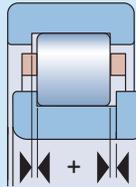
18	24	7	17	13	26	20	33	28	42
24	30	9	20	15	28	23	39	33	50
30	40	12	24	19	35	29	46	40	59
40	50	14	27	22	39	33	52	45	65
50	65	18	32	27	47	41	61	56	80
65	80	23	39	35	57	50	75	69	98
80	100	29	47	42	68	62	90	84	116
100	120	35	56	50	81	75	108	100	139

Radialluft von Zylinderrollen- und Nadellagern



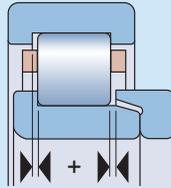
Bohrungsdurchmesser		Radialluft C2		Normal		C3		C4		C5	
d über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
mm		µm									
–	10	0	25	20	45	35	60	50	75	–	–
10	24	0	25	20	45	35	60	50	75	65	90
24	30	0	25	20	45	35	60	50	75	70	95
30	40	5	30	25	50	45	70	60	85	80	105
40	50	5	35	30	60	50	80	70	100	95	125
50	65	10	40	40	70	60	90	80	110	110	140
65	80	10	45	40	75	65	100	90	125	130	165
80	100	15	50	50	85	75	110	105	140	155	190
100	120	15	55	50	90	85	125	125	165	180	220
120	140	15	60	60	105	100	145	145	190	200	245
140	160	20	70	70	120	115	165	165	215	225	275
160	180	25	75	75	125	120	170	170	220	250	300
180	200	35	90	90	145	140	195	195	250	275	330
200	225	45	105	105	165	160	220	220	280	305	365
225	250	45	110	110	175	170	235	235	300	330	395
250	280	55	125	125	195	190	260	260	330	370	440
280	315	55	130	130	205	200	275	275	350	410	485
315	355	65	145	145	225	225	305	305	385	455	535
355	400	100	190	190	280	280	370	370	460	510	600
400	450	110	210	210	310	310	410	410	510	565	665
450	500	110	220	220	330	330	440	440	550	625	735
500	560	120	240	240	360	360	480	480	600	690	810
560	630	140	260	260	380	380	500	500	620	780	900
630	710	145	285	285	425	425	565	565	705	865	1 005
710	800	150	310	310	470	470	630	630	790	975	1 135
800	900	180	350	350	520	520	690	690	860	1 095	1 265
900	1 000	200	390	390	580	580	770	770	960	–	–
1 000	1 120	220	430	430	640	640	850	850	1 060	–	–
1 120	1 250	230	470	470	710	710	950	950	1 190	–	–
1 250	1 400	270	530	530	790	790	1 050	1 050	1 310	–	–
1 400	1 600	330	610	610	890	890	1 170	1 170	1 450	–	–
1 600	1 800	380	700	700	1 020	1 020	1 340	1 340	1 660	–	–
1 800	2 000	400	760	760	1 120	1 120	1 480	1 480	1 840	–	–

Axialluft von NUP-Zylinderrollslagern



Lager Bohrungs- durchmesser	Größenkennung	Axialluft von Lagern der Reihen							
		NUP 2		NUP 3		NUP 22		NUP 23	
mm	-	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
		µm							
17	03	37	140	37	140	37	140	47	155
20	04	37	140	37	140	47	155	47	155
25	05	37	140	47	155	47	155	47	155
30	06	37	140	47	155	47	155	47	155
35	07	47	155	47	155	47	155	62	180
40	08	47	155	47	155	47	155	62	180
45	09	47	155	47	155	47	155	62	180
50	10	47	155	47	155	47	155	62	180
55	11	47	155	62	180	47	155	62	180
60	12	47	155	62	180	62	180	87	230
65	13	47	155	62	180	62	180	87	230
70	14	47	155	62	180	62	180	87	230
75	15	47	155	62	180	62	180	87	230
80	16	47	155	62	180	62	180	87	230
85	17	62	180	62	180	62	180	87	230
90	18	62	180	62	180	62	180	87	230
95	19	62	180	62	180	62	180	87	230
100	20	62	180	87	230	87	230	120	315
105	21	62	180	-	-	-	-	-	-
110	22	62	180	87	230	87	230	120	315
120	24	62	180	87	230	87	230	120	315
130	26	62	180	87	230	87	230	120	315
140	28	62	180	87	230	87	230	120	315
150	30	62	180	-	-	87	230	120	315
160	32	87	230	-	-	-	-	-	-
170	34	87	230	-	-	-	-	-	-
180	36	87	230	-	-	-	-	-	-
190	38	87	230	-	-	-	-	-	-
200	40	87	230	-	-	-	-	-	-
220	44	95	230	-	-	-	-	-	-
240	48	95	250	-	-	-	-	-	-
260	52	95	250	-	-	-	-	-	-

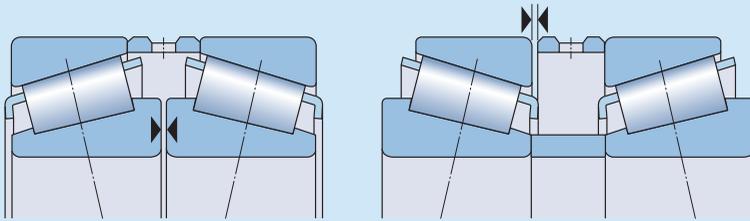
Axialluft von NJ- und HJ-Zylinderrollslagern



Lager		Axialluft von Lagern der Reihen				NJ 4+HJ 4		NJ 22+HJ 22		NJ 23+HJ 23	
Bohrungs-	Größen-	NJ 2+HJ 2		NJ 3+HJ 3		min.	max.	min.	max.	min.	max.
durchmesser-	kennung	min.	max.	min.	max.						
mm	-	μm									
20	04	42	165	42	165	-	-	52	185	52	183
25	05	42	165	52	185	-	-	52	185	52	183
30	06	42	165	52	185	60	200	52	185	52	183
35	07	52	185	52	185	60	200	52	185	72	215
40	08	52	185	52	185	60	200	52	185	72	215
45	09	52	185	52	185	60	200	52	185	72	215
50	10	52	185	52	185	80	235	52	185	72	215
55	11	52	185	72	215	80	235	52	185	72	215
60	12	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
65	13	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
70	14	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
75	15	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
80	16	52	185	72	215	80	235	72	215	102	275
85	17	72	215	72	215	110	290	72	215	102	275
90	18	72	215	72	215	110	290	72	215	102	275
95	19	72	215	72	215	110	290	72	215	102	275
100	20	72	215	102	275	110	290	102	275	140	375
105	21	72	215	102	275	110	290	102	275	140	375
110	22	72	215	102	275	110	290	102	275	140	375
120	24	72	215	102	275	110	310	102	275	140	375
130	26	72	215	102	275	110	310	102	275	140	375
140	28	72	215	102	275	140	385	102	275	140	375
150	30	72	215	102	275	140	385	102	275	140	375
160	32	102	275	102	275	-	-	140	375	140	375
170	34	102	275	-	-	-	-	140	375	-	-
180	36	102	275	-	-	-	-	140	375	-	-
190	38	102	275	-	-	-	-	-	-	-	-
200	40	102	275	-	-	-	-	-	-	-	-
220	44	110	290	-	-	-	-	-	-	-	-
240	48	110	310	-	-	-	-	-	-	-	-
260	52	110	310	-	-	-	-	-	-	-	-
280	56	110	310	-	-	-	-	-	-	-	-

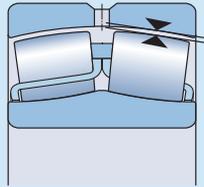
Für weitere Lagergrößen wenden Sie sich bitte an die SKF Anwendungstechnik (SKF Application Engineering Service)

Axialluft von zusammengepassten einreihigen Kegelrollenlagern (metrisch)



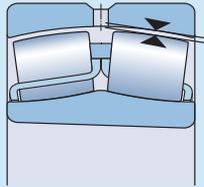
Bohrungsdurchmesser d		Axialluft von Lagern der Reihen											
		329		320		330		331, 302, 322, 303, 323				313	
über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
mm		µm											
-	30	-	-	80	120	-	-	100	140	130	170	60	100
30	40	-	-	100	140	-	-	120	160	140	180	70	110
40	50	-	-	120	160	180	220	140	180	160	200	80	120
50	65	-	-	140	180	200	240	160	200	180	220	100	140
65	80	-	-	160	200	250	290	180	220	200	260	110	170
80	100	270	310	190	230	350	390	210	270	240	300	110	170
100	120	270	330	220	280	340	400	220	280	280	340	130	190
120	140	310	370	240	300	340	400	240	300	330	390	160	220
140	160	370	430	270	330	340	400	270	330	370	430	180	240
160	180	370	430	310	370	-	-	310	370	390	450	-	-
180	190	370	430	340	400	-	-	340	400	440	500	-	-
190	200	390	450	340	400	-	-	340	400	440	500	-	-
200	225	440	500	390	450	-	-	390	450	490	550	-	-
225	250	440	500	440	500	-	-	440	500	540	600	-	-
250	280	540	600	490	550	-	-	490	550	-	-	-	-
280	300	640	700	540	600	-	-	540	600	-	-	-	-
300	340	640	700	590	650	-	-	590	650	-	-	-	-

Radialluft von Pendelrollenlagern mit zylindrischer Bohrung



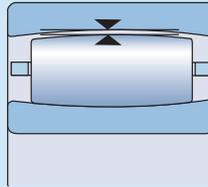
Bohrungsdurchmesser		Radialluft C2		Normal		C3		C4		C5	
d über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
mm		µm									
14	18	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
18	24	10	20	20	35	35	45	45	60	60	75
24	30	15	25	25	40	40	55	55	75	75	95
30	40	15	30	30	45	45	60	60	80	80	100
40	50	20	35	35	55	55	75	75	100	100	125
50	65	20	40	40	65	65	90	90	120	120	150
65	80	30	50	50	80	80	110	110	145	145	185
80	100	35	60	60	100	100	135	135	180	180	225
100	120	40	75	75	120	120	160	160	210	210	260
120	140	50	95	95	145	145	190	190	240	240	300
140	160	60	110	110	170	170	220	220	280	280	350
160	180	65	120	120	180	180	240	240	310	310	390
180	200	70	130	130	200	200	260	260	340	340	430
200	225	80	140	140	220	220	290	290	380	380	470
225	250	90	150	150	240	240	320	320	420	420	520
250	280	100	170	170	260	260	350	350	460	460	570
280	315	110	190	190	280	280	370	370	500	500	630
315	355	120	200	200	310	310	410	410	550	550	690
355	400	130	220	220	340	340	450	450	600	600	750
400	450	140	240	240	370	370	500	500	660	660	820
450	500	140	260	260	410	410	550	550	720	720	900
500	560	150	280	280	440	440	600	600	780	780	1000
560	630	170	310	310	480	480	650	650	850	850	1100
630	710	190	350	350	530	530	700	700	920	920	1190
710	800	210	390	390	580	580	770	770	1010	1010	1300
800	900	230	430	430	650	650	860	860	1120	1120	1440
900	1000	260	480	480	710	710	930	930	1220	1220	1570
1000	1120	290	530	530	780	780	1020	1020	1330	1330	1720
1120	1250	320	580	580	860	860	1120	1120	1460	1460	1870
1250	1400	350	640	640	950	950	1240	1240	1620	1620	2060
1400	1600	400	720	720	1060	1060	1380	1380	1800	1800	2300
1600	1800	450	810	810	1180	1180	1550	1550	2000	2000	2550

Radialluft von Pendelrollenlagern mit kegeliger Bohrung



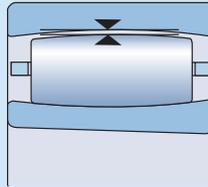
Bohrungsdurchmesser		Radialluft C2		Normal		C3		C4		C5	
d über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
mm		µm									
18	24	15	25	25	35	35	45	45	60	60	75
24	30	20	30	30	40	40	55	55	75	75	95
30	40	25	35	35	50	50	65	65	85	85	105
40	50	30	45	45	60	60	80	80	100	100	130
50	65	40	55	55	75	75	95	95	120	120	160
65	80	50	70	70	95	95	120	120	150	150	200
80	100	55	80	80	110	110	140	140	180	180	230
100	120	65	100	100	135	135	170	170	220	220	280
120	140	80	120	120	160	160	200	200	260	260	330
140	160	90	130	130	180	180	230	230	300	300	380
160	180	100	140	140	200	200	260	260	340	340	430
180	200	110	160	160	220	220	290	290	370	370	470
200	225	120	180	180	250	250	320	320	410	410	520
225	250	140	200	200	270	270	350	350	450	450	570
250	280	150	220	220	300	300	390	390	490	490	620
280	315	170	240	240	330	330	430	430	540	540	680
315	355	190	270	270	360	360	470	470	590	590	740
355	400	210	300	300	400	400	520	520	650	650	820
400	450	230	330	330	440	440	570	570	720	720	910
450	500	260	370	370	490	490	630	630	790	790	1 000
500	560	290	410	410	540	540	680	680	870	870	1 100
560	630	320	460	460	600	600	760	760	980	980	1 230
630	710	350	510	510	670	670	850	850	1 090	1 090	1 360
710	800	390	570	570	750	750	960	960	1 220	1 220	1 500
800	900	440	640	640	840	840	1 070	1 070	1 370	1 370	1 690
900	1 000	490	710	710	930	930	1 190	1 190	1 520	1 520	1 860
1 000	1 120	530	770	770	1 030	1 030	1 300	1 300	1 670	1 670	2 050
1 120	1 250	570	830	830	1 120	1 120	1 420	1 420	1 830	1 830	2 250
1 250	1 400	620	910	910	1 230	1 230	1 560	1 560	2 000	2 000	2 450
1 400	1 600	680	1 000	1 000	1 350	1 350	1 720	1 720	2 200	2 200	2 700
1 600	1 800	750	1 110	1 110	1 500	1 500	1 920	1 920	2 400	2 400	2 950

Radialluft von CARB Toroidalrollenlagern mit zylindrischer Bohrung



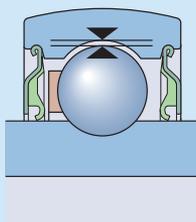
Bohrungsdurchmesser		Radialluft C2		Normal		C3		C4		C5	
d über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
mm		µm									
18	24	15	30	25	40	35	55	50	65	65	85
24	30	15	35	30	50	45	60	60	80	75	95
30	40	20	40	35	55	55	75	70	95	90	120
40	50	25	45	45	65	65	85	85	110	105	140
50	65	30	55	50	80	75	105	100	140	135	175
65	80	40	70	65	100	95	125	120	165	160	210
80	100	50	85	80	120	120	160	155	210	205	260
100	120	60	100	100	145	140	190	185	245	240	310
120	140	75	120	115	170	165	215	215	280	280	350
140	160	85	140	135	195	195	250	250	325	320	400
160	180	95	155	150	220	215	280	280	365	360	450
180	200	105	175	170	240	235	310	305	395	390	495
200	225	115	190	185	265	260	340	335	435	430	545
225	250	125	205	200	285	280	370	365	480	475	605
250	280	135	225	220	310	305	410	405	520	515	655
280	315	150	240	235	330	330	435	430	570	570	715
315	355	160	260	255	360	360	485	480	620	620	790
355	400	175	280	280	395	395	530	525	675	675	850
400	450	190	310	305	435	435	580	575	745	745	930
450	500	205	335	335	475	475	635	630	815	810	1015
500	560	220	360	360	520	510	690	680	890	890	1110
560	630	240	400	390	570	560	760	750	980	970	1220
630	710	260	440	430	620	610	840	830	1080	1070	1340
710	800	300	500	490	680	680	920	920	1200	1200	1480
800	900	320	540	530	760	750	1020	1010	1330	1320	1660
900	1000	370	600	590	830	830	1120	1120	1460	1460	1830
1000	1120	410	660	660	930	930	1260	1260	1640	1640	2040
1120	1250	450	720	720	1020	1020	1380	1380	1800	1800	2240
1250	1400	490	800	800	1130	1130	1510	1510	1970	1970	2460
1400	1600	570	890	890	1250	1250	1680	1680	2200	2200	2740
1600	1800	650	1010	1010	1390	1390	1870	1870	2430	2430	3000

Radialluft von CARB Toroidalrollenlagern mit kegeliger Bohrung



Bohrungsdurchmesser		Radialluft C2		Normal		C3		C4		C5	
d über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
mm		µm									
18	24	15	35	30	45	40	55	55	70	65	85
24	30	20	40	35	55	50	65	65	85	80	100
30	40	25	50	45	65	60	80	80	100	100	125
40	50	30	55	50	75	70	95	90	120	115	145
50	65	40	65	60	90	85	115	110	150	145	185
65	80	50	80	75	110	105	140	135	180	175	220
80	100	60	100	95	135	130	175	170	220	215	275
100	120	75	115	115	155	155	205	200	255	255	325
120	140	90	135	135	180	180	235	230	295	290	365
140	160	100	155	155	215	210	270	265	340	335	415
160	180	115	175	170	240	235	305	300	385	380	470
180	200	130	195	190	260	260	330	325	420	415	520
200	225	140	215	210	290	285	365	360	460	460	575
225	250	160	235	235	315	315	405	400	515	510	635
250	280	170	260	255	345	340	445	440	560	555	695
280	315	195	285	280	380	375	485	480	620	615	765
315	355	220	320	315	420	415	545	540	680	675	850
355	400	250	350	350	475	470	600	595	755	755	920
400	450	280	385	380	525	525	655	650	835	835	1005
450	500	305	435	435	575	575	735	730	915	910	1115
500	560	330	480	470	640	630	810	800	1010	1000	1230
560	630	380	530	530	710	700	890	880	1110	1110	1350
630	710	420	590	590	780	770	990	980	1230	1230	1490
710	800	480	680	670	860	860	1100	1100	1380	1380	1660
800	900	520	740	730	960	950	1220	1210	1530	1520	1860
900	1000	580	820	810	1040	1040	1340	1340	1670	1670	2050
1000	1120	640	900	890	1170	1160	1500	1490	1880	1870	2280
1120	1250	700	980	970	1280	1270	1640	1630	2060	2050	2500
1250	1400	770	1080	1080	1410	1410	1790	1780	2250	2250	2740
1400	1600	870	1200	1200	1550	1550	1990	1990	2500	2500	3050
1600	1800	950	1320	1320	1690	1690	2180	2180	2730	2730	3310

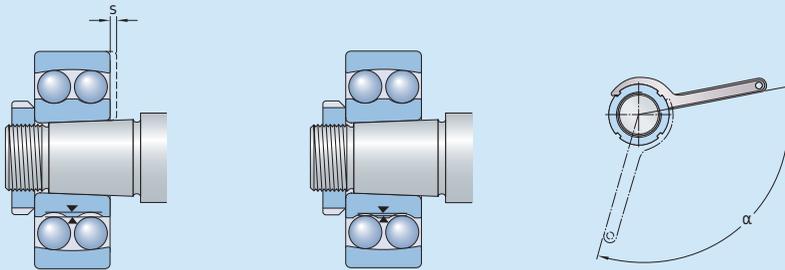
Radialluft von Y-Lagern



Lagergröße ¹⁾		Radialluft von Y-Lagern der Reihen				17262(00)	
von	bis	YAT 2, YAR 2, YET 2, YEL 2, YHC 2		YSA 2 K		17263(00)	
		min.	max.	min.	max.	min.	max.
–		µm					
03	03	10	25	–	–	3	18
04	04	12	28	–	–	5	20
05	06	12	28	23	41	5	20
07	08	13	33	28	46	6	20
09	10	14	36	30	51	6	23
11	13	18	43	38	61	8	28
14	16	20	51	–	–	–	–
17	20	24	58	–	–	–	–

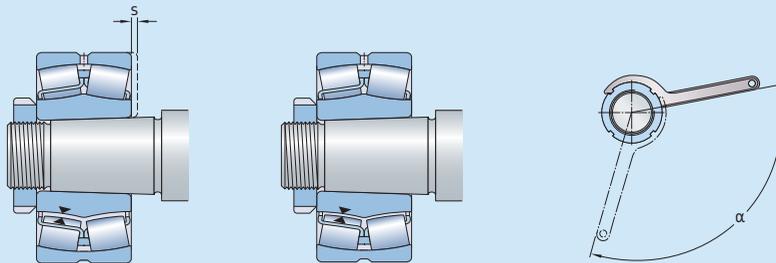
¹⁾ Beispiel: Lagergröße 06 umfasst alle Lager auf Basis eines Y 206-Lagers, darunter YAR 206-101-2F, YAR 206-102-2F, YAR 206-2F, YAR 206-103-2F, YAR 206-104-2F.

Drive-up Daten für Pendelkugellager mit kegeliger Bohrung



Bohrungs- durchmesser d	Axiale Verschiebung s	Muttern-Anzugswinkel α
mm	mm	Grad
20	0,22	80
25	0,22	55
30	0,22	55
35	0,30	70
40	0,30	70
45	0,35	80
50	0,35	80
55	0,40	75
60	0,40	75
65	0,40	80
70	0,40	80
75	0,45	85
80	0,45	85
85	0,60	110
90	0,60	110
95	0,60	110
100	0,60	110
110	0,70	125
120	0,70	125

Drive-up Daten für Pendrollenlager mit kegeliger Bohrung

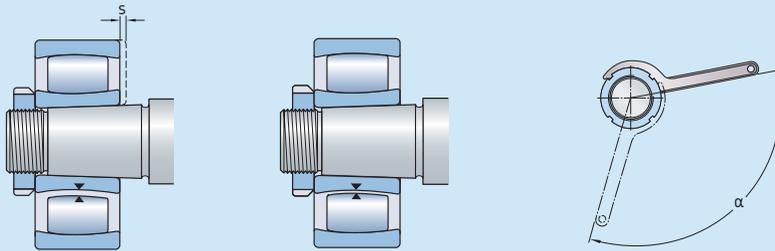


Bohrungs- durchmesser d		Verminderung der Radialluft		Axiale Verschiebung s ¹⁾				Muttern- Anzugswinkel Kegel 1:12 α
über	bis	min.	max.	Kegel 1:12		Kegel 1:30		
mm	mm	mm	mm	min.	max.	min.	max.	Grad
24	30	0,010	0,015	0,25	0,29	–	–	100
30	40	0,015	0,020	0,30	0,35	–	–	115
40	50	0,020	0,025	0,37	0,44	–	–	130
50	65	0,025	0,035	0,45	0,54	1,15	1,35	115
65	80	0,035	0,040	0,55	0,65	1,40	1,65	130
80	100	0,040	0,050	0,66	0,79	1,65	2,00	150
100	120	0,050	0,060	0,79	0,95	2,00	2,35	
120	140	0,060	0,075	0,93	1,10	2,30	2,80	
140	160	0,070	0,085	1,05	1,30	2,65	3,20	
160	180	0,080	0,095	1,20	1,45	3,00	3,60	
180	200	0,090	0,105	1,30	1,60	3,30	4,00	
200	225	0,100	0,120	1,45	1,80	3,70	4,45	
225	250	0,110	0,130	1,60	1,95	4,00	4,85	
250	280	0,120	0,150	1,80	2,15	4,50	5,40	
280	315	0,135	0,165	2,00	2,40	4,95	6,00	
315	355	0,150	0,180	2,15	2,65	5,40	6,60	
355	400	0,170	0,210	2,50	3,00	6,20	7,60	
400	450	0,195	0,235	2,80	3,40	7,00	8,50	
450	500	0,215	0,265	3,10	3,80	7,80	9,50	
500	560	0,245	0,300	3,40	4,10	8,40	10,30	
560	630	0,275	0,340	3,80	4,65	9,50	11,60	
630	710	0,310	0,380	4,25	5,20	10,60	13,00	
710	800	0,350	0,425	4,75	5,80	11,90	14,50	
800	900	0,395	0,480	5,40	6,60	13,50	16,40	
900	1 000	0,440	0,535	6,00	7,30	15,00	18,30	
1 000	1 120	0,490	0,600	6,40	7,80	16,00	19,50	
1 120	1 250	0,550	0,670	7,10	8,70	17,80	21,70	
1 250	1 400	0,610	0,750	8,00	9,70	19,90	24,30	
1 400	1 600	0,700	0,850	9,10	11,10	22,70	27,70	
1 600	1 800	0,790	0,960	10,20	12,50	25,60	31,20	

HINWEIS: Die Einhaltung der empfohlenen Werte verhindert das Mitdrehen des Innenrings, garantiert aber nicht automatisch die korrekte radiale Lagerluft während des Betriebs. Zusätzliche Einflußgrößen aufgrund der Gehäusepassung und Temperaturunterschiede zwischen dem Innen- und Außenring, sind bei der Auswahl der radialen Lagerluft genauestens zu berücksichtigen. Weitere Informationen erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

¹⁾ Gültig nur für Vollwellen aus Stahl und allgemeine Anwendungsfälle. Nicht gültig für das SKF Drive-up-Verfahren. Die angegebenen Werte dienen lediglich als Richtschnur, da es schwierig ist, eine genaue Startposition festzulegen; außerdem gibt es zwischen den verschiedenen Lagerreihen leichte Unterschiede bei den axialen Drive-ups.

Drive-up Daten für CARB Toroidalrollenlager mit kegeliger Bohrung



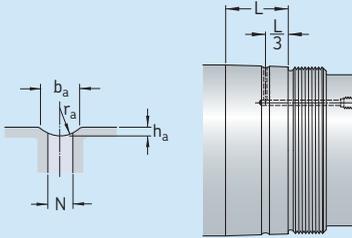
Bohrungsdurchmesser		Verminderung der Radialluft		Axiale Verschiebung s ¹⁾				Muttern-Anzugswinkel
d				Kegel 1:12		Kegel 1:30		Kegel 1:12
über	bis	min.	max.	min.	max.	min.	max.	α
mm		mm		mm				Grad
24	30	0,010	0,015	0,25	0,29	–	–	100
30	40	0,015	0,020	0,30	0,35	–	–	115
40	50	0,020	0,025	0,37	0,44	–	–	130
50	65	0,025	0,035	0,45	0,54	1,15	1,35	115
65	80	0,035	0,040	0,55	0,65	1,40	1,65	130
80	100	0,040	0,050	0,66	0,79	1,65	2,00	150
100	120	0,050	0,060	0,79	0,95	2,00	2,35	
120	140	0,060	0,075	0,93	1,10	2,30	2,80	
140	160	0,070	0,085	1,05	1,30	2,65	3,20	
160	180	0,080	0,095	1,20	1,45	3,00	3,60	
180	200	0,090	0,105	1,30	1,60	3,30	4,00	
200	225	0,100	0,120	1,45	1,80	3,70	4,45	
225	250	0,110	0,130	1,60	1,95	4,00	4,85	
250	280	0,120	0,150	1,80	2,15	4,50	5,40	
280	315	0,135	0,165	2,00	2,40	4,95	6,00	
315	355	0,150	0,180	2,15	2,65	5,40	6,60	
355	400	0,170	0,210	2,50	3,00	6,20	7,60	
400	450	0,195	0,235	2,80	3,40	7,00	8,50	
450	500	0,215	0,265	3,10	3,80	7,80	9,50	
500	560	0,245	0,300	3,40	4,10	8,40	10,30	
560	630	0,275	0,340	3,80	4,65	9,50	11,60	
630	710	0,310	0,380	4,25	5,20	10,60	13,00	
710	800	0,350	0,425	4,75	5,80	11,90	14,50	
800	900	0,395	0,480	5,40	6,60	13,50	16,40	
900	1 000	0,440	0,535	6,00	7,30	15,00	18,30	
1 000	1 120	0,490	0,600	6,40	7,80	16,00	19,50	
1 120	1 250	0,550	0,670	7,10	8,70	17,80	21,70	
1 250	1 400	0,610	0,750	8,00	9,70	19,90	24,30	
1 400	1 600	0,700	0,850	9,10	11,10	22,70	27,70	
1 600	1 800	0,790	0,960	10,20	12,50	25,60	31,20	

HINWEIS: Die Einhaltung der empfohlenen Werte verhindert das Mitdrehen des Innenrings, garantiert aber nicht automatisch die korrekte radiale Lagerluft während des Betriebs. Zusätzliche Einflußgrößen aufgrund der Gehäusepassung und Temperaturunterschiede zwischen dem Innen- und Außenring, sind bei der Auswahl der radialen Lagerluft genauestens zu berücksichtigen. Weitere Informationen erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

¹⁾ Gültig nur für Vollwellen aus Stahl und allgemeine Anwendungsfälle. Nicht gültig für das SKF Drive-up-Verfahren. Die angegebenen Werte dienen lediglich als Richtschnur, da es schwierig ist, eine genaue Startposition festzulegen; außerdem gibt es zwischen den verschiedenen Lagerreihen leichte Unterschiede bei den axialen Drive-ups.

Anhang G-1

Empfohlene Abmessungen für Ölzuführkanäle und Ölverteilungsnuten

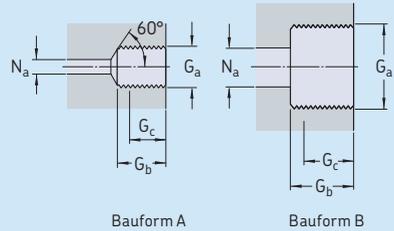


Sitzdurchmesser		Abmessungen			
über	bis	b_a	h_a	r_a	N
mm		mm			
–	100	3	0,5	2,5	2,5
100	150	4	0,8	3	3
150	200	4	0,8	3	3
200	250	5	1	4	4
250	300	5	1	4	4
300	400	6	1,25	4,5	5
400	500	7	1,5	5	5
500	650	8	1,5	6	6
650	800	10	2	7	7
800	1 000	12	2,5	8	8

L = Lagersitzbreite

Anhang G-2

Ausführung und empfohlene Abmessungen für die Traggewinde zum Anschluss der Ölzufuhr



Gewinde	Bauform	Abmessungen		
G_a		G_b	$G_c^{1)}$	N_a max.
–		mm		
M 6	A	10	8	3
G 1/8	A	12	10	3
G 1/4	A	15	12	5
G 3/8	B	15	12	8
G 1/2	B	18	14	8
G 3/4	B	20	16	8

¹⁾ Effektive Gewindelänge

SKF Drive-up-Verfahren – Richtwerte für den erforderlichen Öldruck und die axiale Verschiebbarkeit beim Einbau von Pendelkugellagern

Lagerbezeichnung	Startposition		Endposition		Radiale Lagerluftverminderung ab Nullposition Δ_r	Hydraulikmutter	
	Erforderlicher Gleitfläche	Öldruck $P_{ref}^{1)}$ für zwei Gleitflächen	Axiale Verschiebbarkeit ab Startposition s_s eine Gleitfläche	zwei Gleitflächen		Kurzzeichen	Kolbenfläche A_{ref}
–	MPa		mm		mm	–	mm ²
Reihe 12							
1210 EK	0,57	0,97	0,25	0,30	0,018	HMV 10E	2 900
1211 EK	0,76	1,30	0,26	0,31	0,019	HMV 11E	3 150
1212 EK	0,92	1,55	0,29	0,34	0,021	HMV 12E	3 300
1213 EK	0,99	1,70	0,31	0,36	0,023	HMV 13E	3 600
1214 EK	0,83	1,40	0,33	0,38	0,025	HMV 14E	3 800
1215 K	0,88	1,50	0,33	0,38	0,026	HMV 15E	4 000
1216 K	1,10	1,85	0,36	0,41	0,028	HMV 16E	4 200
1217 K	1,10	1,90	0,38	0,43	0,030	HMV 17E	4 400
1218 K	1,15	1,90	0,40	0,46	0,032	HMV 18E	4 700
1219 K	1,35	2,30	0,41	0,47	0,033	HMV 19E	4 900
1220 K	1,45	2,50	0,44	0,49	0,035	HMV 20E	5 100
1222 K	1,70	2,90	0,49	0,54	0,039	HMV 22E	5 600
1224 K	1,55	2,70	0,50	0,56	0,042	HMV 24E	6 000
1226 K	1,75	3,00	0,55	0,60	0,046	HMV 26E	6 400
Reihe 13							
1310 EK	1,45	2,50	0,27	0,32	0,018	HMV 10E	2 900
1311 EK	1,65	2,80	0,28	0,33	0,019	HMV 11E	3 150
1312 EK	2,45	4,20	0,33	0,38	0,021	HMV 12E	3 300
1313 EK	2,60	4,40	0,35	0,40	0,023	HMV 13E	3 600
1314 K	2,00	3,40	0,35	0,41	0,025	HMV 14E	3 800
1315 K	2,20	3,70	0,36	0,41	0,026	HMV 15E	4 000
1316 K	2,30	4,00	0,39	0,44	0,028	HMV 16E	4 200
1317 K	2,50	4,30	0,41	0,46	0,030	HMV 17E	4 400
1318 K	2,40	4,10	0,43	0,49	0,032	HMV 18E	4 700
1319 K	2,50	4,20	0,44	0,49	0,033	HMV 19E	4 900
1320 K	2,80	4,70	0,47	0,52	0,035	HMV 20E	5 100
1322 K	3,40	5,70	0,53	0,58	0,039	HMV 22E	5 600
Reihe 22							
2210 EK	0,61	1,05	0,24	0,30	0,018	HMV 10E	2 900
2211 EK	0,68	1,15	0,25	0,30	0,019	HMV 11E	3 150
2212 EK	0,84	1,45	0,27	0,33	0,021	HMV 12E	3 300
2213 EK	0,91	1,55	0,30	0,35	0,023	HMV 13E	3 600
2214 K	1,05	1,80	0,32	0,38	0,025	HMV 14E	3 800
2215 EK	0,88	1,50	0,32	0,37	0,026	HMV 15E	4 000
2216 EK	1,05	1,80	0,35	0,40	0,028	HMV 16E	4 200
2217 K	1,25	2,10	0,37	0,43	0,030	HMV 17E	4 400
2218 K	1,40	2,30	0,40	0,45	0,032	HMV 18E	4 700
2219 K	1,50	2,60	0,40	0,46	0,033	HMV 19E	4 900
2220 K	1,60	2,70	0,43	0,48	0,035	HMV 20E	5 100
2222 K	1,85	3,10	0,47	0,52	0,039	HMV 22E	5 600
Reihe 23							
2310 K	1,30	2,20	0,25	0,30	0,018	HMV 10E	2 900
2311 K	1,55	2,60	0,26	0,31	0,019	HMV 11E	3 150
2312 K	1,65	2,80	0,28	0,33	0,021	HMV 12E	3 300
2313 K	2,00	3,40	0,31	0,36	0,023	HMV 13E	3 600
2314 K	2,10	3,60	0,33	0,39	0,025	HMV 14E	3 800
2315 K	2,30	3,90	0,34	0,39	0,026	HMV 15E	4 000
2316 K	2,40	4,10	0,36	0,41	0,028	HMV 16E	4 200
2317 K	2,60	4,50	0,39	0,44	0,030	HMV 17E	4 400
2318 K	2,80	4,70	0,41	0,46	0,032	HMV 18E	4 700
2319 K	2,90	4,90	0,42	0,47	0,033	HMV 19E	4 900
2320 K	3,30	5,60	0,44	0,49	0,035	HMV 20E	5 100

¹⁾ Die aufgelisteten Werte gelten für die jeweils angegebene Hydraulikmutter. Bei Verwendung einer anderen Hydraulikmutter muss der Öldruck angepasst werden (→ *Das SKF Drive-up-Verfahren, Seite 57*).

SKF Drive-up-Verfahren – Richtwerte für den erforderlichen Öldruck und die axiale Verschiebbarkeit beim Einbau von Pendelrollenlagern

Lagerbezeichnung ¹⁾	Startposition Erforderlicher Öldruck $P_{ref}^{2)}$		Endposition Axiale Verschiebbarkeit ab Startposition s_s für		Radiale Lagerluft- verminderung ab Nullposition Δ_r	Hydraulikmutter Kurzzeichen Kolbenfläche	
	eine Gleitfläche	zwei Gleitflächen	eine Gleitfläche	zwei Gleitflächen		–	A_{ref}
–	MPa		mm		mm	–	mm ²
Reihe 213							
21310 EK	1,90	3,20	0,40	0,47	0,023	HMV 10E	2 900
21311 EK	1,40	2,40	0,40	0,46	0,025	HMV 11E	3 150
21312 EK	2,40	4,10	0,45	0,52	0,027	HMV 12E	3 300
21313 EK	2,50	4,30	0,47	0,55	0,029	HMV 13E	3 600
21314 EK	2,70	4,50	0,52	0,59	0,032	HMV 14E	3 800
21315 EK	2,20	3,70	0,51	0,58	0,034	HMV 15E	4 000
21316 EK	2,20	3,80	0,53	0,60	0,036	HMV 16E	4 200
21317 EK	1,75	3,00	0,53	0,60	0,038	HMV 17E	4 400
21318 EK	1,85	3,20	0,57	0,64	0,041	HMV 18E	4 700
21319 EK	1,90	3,30	0,59	0,66	0,043	HMV 19E	4 900
21320 EK	1,50	2,50	0,58	0,65	0,045	HMV 20E	5 100
Reihe 222							
22210 EK	0,75	1,25	0,34	0,42	0,023	HMV 10E	2 900
22211 EK	0,70	1,25	0,36	0,43	0,025	HMV 11E	3 150
22212 EK	0,85	1,50	0,40	0,45	0,027	HMV 12E	3 300
22213 EK	0,95	1,65	0,43	0,47	0,029	HMV 13E	3 600
22214 EK	0,95	1,60	0,44	0,51	0,032	HMV 14E	3 800
22215 EK	0,90	1,50	0,46	0,53	0,034	HMV 15E	4 000
22216 EK	1,00	1,70	0,48	0,55	0,036	HMV 16E	4 200
22217 EK	1,15	2,00	0,50	0,58	0,038	HMV 17E	4 400
22218 EK	1,20	2,10	0,54	0,61	0,041	HMV 18E	4 700
22219 EK	1,35	2,30	0,57	0,64	0,043	HMV 19E	4 900
22220 EK	1,45	2,50	0,59	0,66	0,045	HMV 20E	5 100
22222 EK	1,75	3,00	0,65	0,72	0,050	HMV 22E	5 600
22224 EK	1,85	3,10	0,68	0,76	0,054	HMV 24E	6 000
22226 EK	1,95	3,40	0,74	0,81	0,059	HMV 26E	6 400
22228 CCK/W33	2,30	4,00	0,80	0,86	0,063	HMV 28E	6 800
22230 CCK/W33	2,50	4,30	0,85	0,92	0,068	HMV 30E	7 500
22232 CCK/W33	2,60	4,40	0,91	0,97	0,072	HMV 32E	8 600
22234 CCK/W33	2,80	4,70	0,97	1,02	0,077	HMV 34E	9 400
22236 CCK/W33	2,50	4,30	1,01	1,07	0,081	HMV 36E	10 300
22238 CCK/W33	2,60	4,40	1,06	1,13	0,086	HMV 38E	11 500
22240 CCK/W33	2,70	4,60	1,12	1,17	0,090	HMV 40E	12 500
22244 CCK/W33	2,90	5,00	1,22	1,28	0,099	HMV 44E	14 400
22248 CCK/W33	3,30	5,60	1,34	1,40	0,108	HMV 48E	16 500
22252 CACK/W33	3,20	5,50	1,43	1,49	0,117	HMV 52E	18 800
22256 CACK/W33	3,00	5,00	1,52	1,59	0,126	HMV 56E	21 100
22260 CACK/W33	2,90	4,90	1,62	1,68	0,135	HMV 60E	23 600
22264 CACK/W33	3,10	5,20	1,73	1,79	0,144	HMV 64E	26 300
22272 CAK/W33	3,60	6,10	1,96	2,02	0,162	HMV 72E	31 300

¹⁾ Informationen über große Pendelrollenlager, die nicht in der Tabelle enthalten sind, erhalten Sie beim Technischen SKF Beratungsservice.

²⁾ Die aufgelisteten Werte gelten für die jeweils angegebene Hydraulikmutter. Bei Verwendung einer anderen Hydraulikmutter muss der Öldruck angepasst werden (→ *Das SKF Drive-up-Verfahren*, Seite 57).

SKF Drive-up-Verfahren – Richtwerte für den erforderlichen Öldruck und die axiale Verschiebbarkeit beim Einbau von Pendelrollenlagern

Lagerbezeichnung ¹⁾	Startposition Erforderlicher Öldruck P_{ref} ²⁾		Endposition Axiale Verschiebbarkeit ab Startposition s_s für		Radiale Lagerluft- verminderung ab Nullposition Δ_r	Hydraulikmutter Kurzzeichen		Kolbenfläche A_{ref}
	eine Gleitfläche	zwei Gleitflächen	eine Gleitfläche	zwei Gleitflächen		–	–	
–	MPa	–	mm	–	–	–	mm ²	–
Reihe 223								
22310 EK	1,60	2,80	0,35	0,43	0,023	HMV 10E	2 900	
22311 EK	2,00	3,40	0,38	0,46	0,025	HMV 11E	3 150	
22312 EK	2,40	4,10	0,41	0,48	0,027	HMV 12E	3 300	
22313 EK	2,10	3,60	0,42	0,49	0,029	HMV 13E	3 600	
22314 EK	2,60	4,40	0,47	0,55	0,032	HMV 14E	3 800	
22315 EK	2,30	4,00	0,48	0,55	0,034	HMV 15E	4 000	
22316 EK	2,40	4,10	0,50	0,57	0,036	HMV 16E	4 200	
22317 EK	3,00	5,00	0,54	0,61	0,038	HMV 17E	4 400	
22318 EK	3,00	5,10	0,57	0,65	0,041	HMV 18E	4 700	
22319 EK	3,00	5,20	0,59	0,65	0,043	HMV 19E	4 900	
22320 EK	4,10	7,00	0,64	0,71	0,045	HMV 20E	5 100	
22322 EK	4,50	7,70	0,70	0,78	0,050	HMV 22E	5 600	
22324 CCK/W33	4,40	7,50	0,74	0,81	0,054	HMV 24E	6 000	
22326 CCK/W33	4,70	8,10	0,80	0,87	0,059	HMV 26E	6 400	
22328 CCK/W33	5,00	8,60	0,84	0,91	0,063	HMV 28E	6 800	
22330 CCK/W33	5,30	9,00	0,90	0,98	0,068	HMV 30E	7 500	
22332 CCK/W33	5,20	8,80	0,95	1,02	0,072	HMV 32E	8 600	
22334 CCK/W33	5,20	8,90	0,99	1,06	0,077	HMV 34E	9 400	
22336 CCK/W33	5,10	8,80	1,05	1,12	0,081	HMV 36E	10 300	
22338 CCK/W33	5,10	8,70	1,11	1,18	0,086	HMV 38E	11 500	
22340 CCK/W33	5,10	8,80	1,16	1,23	0,090	HMV 40E	12 500	
22344 CCK/W33	5,60	9,50	1,29	1,36	0,099	HMV 44E	14 400	
22348 CCK/W33	5,60	9,50	1,39	1,46	0,108	HMV 48E	16 500	
22352 CCK/W33	5,60	9,60	1,50	1,57	0,117	HMV 52E	18 800	
22356 CCK/W33	5,70	9,70	1,61	1,68	0,126	HMV 56E	21 100	
Reihe 230								
23022 CCK/W33	1,10	1,85	0,62	0,69	0,050	HMV 22E	5 600	
23024 CCK/W33	1,05	1,75	0,66	0,73	0,054	HMV 24E	6 000	
23026 CCK/W33	1,25	2,20	0,72	0,83	0,059	HMV 26E	6 400	
23028 CCK/W33	1,20	2,10	0,76	0,89	0,063	HMV 28E	6 800	
23030 CCK/W33	1,25	2,10	0,81	0,88	0,068	HMV 30E	7 500	
23032 CCK/W33	1,25	2,10	0,85	0,92	0,072	HMV 32E	8 600	
23034 CCK/W33	1,35	2,30	0,89	0,96	0,077	HMV 34E	9 400	
23036 CCK/W33	1,50	2,60	0,95	1,03	0,081	HMV 36E	10 300	
23038 CCK/W33	1,50	2,50	1,01	1,09	0,086	HMV 38E	11 500	
23040 CCK/W33	1,65	2,80	1,06	1,13	0,090	HMV 40E	12 500	
23044 CCK/W33	1,65	2,90	1,15	1,23	0,099	HMV 44E	14 400	
23048 CCK/W33	1,50	2,50	1,24	1,31	0,108	HMV 48E	16 500	
23052 CCK/W33	1,70	2,90	1,35	1,42	0,117	HMV 52E	18 800	
23056 CCK/W33	1,55	2,70	1,44	1,51	0,126	HMV 56E	21 100	
23060 CCK/W33	1,75	3,00	1,54	1,61	0,135	HMV 60E	23 600	
23064 CCK/W33	1,60	2,70	1,63	1,70	0,144	HMV 64E	26 300	
23068 CCK/W33	1,85	3,10	1,74	1,81	0,153	HMV 68E	28 400	
23072 CCK/W33	1,65	2,80	1,82	1,89	0,162	HMV 72E	31 300	
23076 CCK/W33	1,60	2,70	1,91	1,98	0,171	HMV 76E	33 500	
23080 CCK/W33	1,75	3,00	2,02	2,09	0,180	HMV 80E	36 700	

¹⁾ Informationen über große Pendelrollenlager, die nicht in der Tabelle enthalten sind, erhalten Sie beim Technischen SKF Beratungsservice.

²⁾ Die aufgelisteten Werte gelten für die jeweils angegebene Hydraulikmutter. Bei Verwendung einer anderen Hydraulikmutter muss der Öldruck angepasst werden (→ *Das SKF Drive-up-Verfahren*, Seite 57).

SKF Drive-up-Verfahren – Richtwerte für den erforderlichen Öldruck und die axiale Verschiebbarkeit beim Einbau von Pendelrollenlagern

Lagerbezeichnung ¹⁾	Startposition Erforderlicher Öldruck $P_{ref}^{2)}$		Endposition Axiale Verschiebbarkeit ab Startposition s_s für		Radiale Lagerluft- verminderung ab Nullposition Δ_r	Hydraulikmutter Kurzzeichen Kolbenfläche	
	eine Gleitfläche	zwei Gleitflächen	eine Gleitfläche	zwei Gleitflächen		A_{ref}	
–	MPa		mm		–	mm ²	
Reihe 231							
23120 CCK/W33	1,40	2,40	0,57	0,64	0,045	HMV 20E	5 100
23122 CCK/W33	1,45	2,50	0,63	0,70	0,050	HMV 22E	5 600
23124 CCK/W33	1,75	3,00	0,67	0,75	0,054	HMV 24E	6 000
23126 CCK/W33	1,65	2,80	0,72	0,80	0,059	HMV 26E	6 400
23128 CCK/W33	1,70	2,90	0,76	0,83	0,063	HMV 28E	6 800
23130 CCK/W33	2,20	3,80	0,83	0,90	0,068	HMV 30E	7 500
23132 CCK/W33	2,30	3,90	0,87	0,95	0,072	HMV 32E	8 600
23134 CCK/W33	2,10	3,70	0,91	0,98	0,077	HMV 34E	9 400
23136 CCK/W33	2,30	4,00	0,97	1,04	0,081	HMV 36E	10 300
23138 CCK/W33	2,50	4,30	1,04	1,11	0,086	HMV 38E	11 500
23140 CCK/W33	2,60	4,50	1,08	1,15	0,090	HMV 40E	12 500
23144 CCK/W33	2,70	4,60	1,18	1,25	0,099	HMV 44E	14 400
23148 CCK/W33	2,60	4,50	1,27	1,35	0,108	HMV 48E	16 500
23152 CCK/W33	2,90	4,90	1,38	1,45	0,117	HMV 52E	18 800
23156 CCK/W33	2,60	4,40	1,47	1,54	0,126	HMV 56E	21 100
23160 CCK/W33	2,80	4,80	1,57	1,64	0,135	HMV 60E	23 600
23164 CCK/W33	3,10	5,30	1,68	1,75	0,144	HMV 64E	26 300
23168 CCK/W33	3,40	5,80	1,79	1,86	0,153	HMV 68E	28 400
23172 CCK/W33	3,30	5,60	1,90	1,96	0,162	HMV 72E	31 300
23176 CCK/W33	2,90	4,90	1,96	2,03	0,171	HMV 76E	33 500
23180 CCK/W33	2,80	4,70	2,05	2,12	0,180	HMV 80E	36 700
Reihe 232							
23218 CCK/W33	1,70	2,90	0,54	0,62	0,041	HMV 18E	4 700
23220 CCK/W33	1,90	3,30	0,58	0,66	0,045	HMV 20E	5 100
23222 CCK/W33	2,40	4,00	0,65	0,72	0,050	HMV 22E	5 600
23224 CCK/W33	2,50	4,30	0,69	0,76	0,054	HMV 24E	6 000
23226 CCK/W33	2,60	4,40	0,74	0,81	0,059	HMV 26E	6 400
23228 CCK/W33	3,00	5,20	0,79	0,86	0,063	HMV 28E	6 800
23230 CCK/W33	3,1	5,30	0,85	0,92	0,068	HMV 30E	7 500
23232 CCK/W33	3,30	5,60	0,90	0,97	0,072	HMV 32E	8 600
23234 CCK/W33	3,40	5,90	0,94	1,01	0,077	HMV 34E	9 400
23236 CCK/W33	3,20	5,40	0,99	1,06	0,081	HMV 36E	10 300
23238 CCK/W33	3,30	5,60	1,05	1,12	0,086	HMV 38E	11 500
23240 CCK/W33	3,50	5,90	1,10	1,17	0,090	HMV 40E	12 500
23244 CCK/W33	3,80	6,50	1,21	1,28	0,099	HMV 44E	14 400
23248 CCK/W33	4,30	7,40	1,32	1,40	0,108	HMV 48E	16 500
23252 CCK/W33	4,60	7,80	1,43	1,51	0,117	HMV 52E	18 800
23256 CCK/W33	4,10	7,00	1,52	1,59	0,126	HMV 56E	21 100
23260 CCK/W33	4,30	7,40	1,63	1,70	0,135	HMV 60E	23 600
23264 CCK/W33	4,70	8,00	1,74	1,81	0,144	HMV 64E	26 300
23268 CCK/W33	5,00	8,50	1,85	1,92	0,153	HMV 68E	28 400
23272 CCK/W33	4,70	8,00	1,93	2,00	0,162	HMV 72E	31 300
23276 CCK/W33	4,70	8,10	2,03	2,11	0,171	HMV 76E	33 500
23280 CCK/W33	5,00	8,50	2,15	2,22	0,180	HMV 80E	36 700

¹⁾ Informationen über große Pendelrollenlager, die nicht in der Tabelle enthalten sind, erhalten Sie beim Technischen SKF Beratungsservice.

²⁾ Die aufgelisteten Werte gelten für die jeweils angegebene Hydraulikmutter. Bei Verwendung einer anderen Hydraulikmutter muss der Öldruck angepasst werden (→ *Das SKF Drive-up-Verfahren*, Seite 57).

SKF Drive-up-Verfahren – Richtwerte für den erforderlichen Öldruck und die axiale Verschiebbarkeit beim Einbau von Pendelrollenlagern

Lagerbezeichnung ¹⁾	Startposition		Endposition		Radiale Lagerluftverminderung ab Nullposition Δ_r	Hydraulikmutter	
	Erforderlicher Öldruck P_{ref} ²⁾ für eine Gleitfläche	zwei Gleitflächen	Axiale Verschiebbarkeit ab Startposition s_s für eine Gleitfläche	zwei Gleitflächen		Kurzzeichen	Kolbenfläche A_{ref}
–	MPa		mm		–	mm ²	
Reihe 239							
23936 CCK/W33	0,84	1,45	0,93	1,00	0,081	HMV 36E	10 300
23938 CCK/W33	0,72	1,20	0,98	1,05	0,086	HMV 38E	11 500
23940 CCK/W33	0,89	1,55	1,03	1,10	0,090	HMV 40E	12 500
23944 CCK/W33	0,75	1,30	1,11	1,19	0,099	HMV 44E	14 400
23948 CCK/W33	0,64	1,10	1,20	1,27	0,108	HMV 48E	16 500
23952 CCK/W33	0,91	1,55	1,31	1,38	0,117	HMV 52E	18 800
23956 CCK/W33	0,82	1,40	1,41	1,47	0,126	HMV 56E	21 100
23960 CCK/W33	1,05	1,80	1,51	1,58	0,135	HMV 60E	23 600
23964 CCK/W33	0,96	1,65	1,60	1,67	0,144	HMV 64E	26 300
23968 CCK/W33	0,89	1,50	1,68	1,75	0,153	HMV 68E	28 400
23972 CCK/W33	0,81	1,40	1,77	1,84	0,162	HMV 72E	31 300
23976 CCK/W33	1,05	1,80	1,88	1,95	0,171	HMV 76E	33 500
23980 CCK/W33	0,93	1,60	1,96	2,03	0,180	HMV 80E	36 700
Reihe 240							
24024 CCK30/W33	1,10	2,00	1,64	1,82	0,054	HMV 24E	6 000
24026 CCK30/W33	1,40	2,60	1,80	1,98	0,059	HMV 26E	6 400
24028 CCK30/W33	1,30	2,40	1,88	2,06	0,063	HMV 28E	6 800
24030 CCK30/W33	1,35	2,50	2,02	2,20	0,068	HMV 30E	7 500
24032 CCK30/W33	1,30	2,50	2,12	2,30	0,072	HMV 32E	8 600
24034 CCK30/W33	1,50	2,80	2,23	2,41	0,077	HMV 34E	9 400
24036 CCK30/W33	1,80	3,30	2,40	2,58	0,081	HMV 36E	10 300
24038 CCK30/W33	1,55	2,90	2,52	2,70	0,086	HMV 38E	11 500
24040 CCK30/W33	1,75	3,20	2,64	2,82	0,090	HMV 40E	12 500
24044 CCK30/W33	1,75	3,20	2,88	3,06	0,099	HMV 44E	14 400
24048 CCK30/W33	1,50	2,80	3,09	3,27	0,108	HMV 48E	16 500
24052 CCK30/W33	1,90	3,50	3,37	3,55	0,117	HMV 52E	18 800
24056 CCK30/W33	1,65	3,10	3,58	3,76	0,126	HMV 56E	21 100
24060 CCK30/W33	1,90	3,50	3,84	4,02	0,135	HMV 60E	23 600
24064 CCK30/W33	1,80	3,30	4,08	4,26	0,144	HMV 64E	26 300
24068 CCK30/W33	2,00	3,80	4,34	4,52	0,153	HMV 68E	28 400
24072 CCK30/W33	1,90	3,40	4,55	4,73	0,162	HMV 72E	31 300
24076 CCK30/W33	1,80	3,30	4,78	4,96	0,171	HMV 76E	33 500
24080 ECK30/W33	1,95	3,70	5,04	5,22	0,180	HMV 80E	36 700

¹⁾ Informationen über große Pendelrollenlager, die nicht in der Tabelle enthalten sind, erhalten Sie beim Technischen SKF Beratungsservice.

²⁾ Die aufgelisteten Werte gelten für die jeweils angegebene Hydraulikmutter. Bei Verwendung einer anderen Hydraulikmutter muss der Öldruck angepasst werden (→ *Das SKF Drive-up-Verfahren*, Seite 57).

SKF Drive-up-Verfahren – Richtwerte für den erforderlichen Öldruck und die axiale Verschiebbarkeit beim Einbau von Pendelrollenlagern

Lagerbezeichnung ¹⁾	Startposition		Endposition		Radiale Lagerluftverminderung ab Nullposition Δ_r	Hydraulikmutter	
	Erforderlicher Öldruck P_{ref} ²⁾ für eine Gleitfläche	zwei Gleitflächen	Axiale Verschiebbarkeit ab Startposition s_s für eine Gleitfläche	zwei Gleitflächen		Kurzzeichen	Kolbenfläche A_{ref}
–	MPa		mm		–	mm ²	
Reihe 241							
24122 CCK30/W33	1,55	2,90	1,58	1,76	0,050	HMV 22E	5 600
24124 CCK30/W33	1,95	3,60	1,69	1,87	0,054	HMV 24E	6 000
24126 CCK30/W33	1,85	3,50	1,83	2,01	0,059	HMV 26E	6 400
24128 CCK30/W33	1,90	3,50	1,92	2,10	0,063	HMV 28E	6 800
24130 CCK30/W33	2,40	4,40	2,08	2,26	0,068	HMV 30E	7 500
24132 CCK30/W33	2,60	4,70	2,21	2,39	0,072	HMV 32E	8 600
24134 CCK30/W33	2,20	4,00	2,28	2,46	0,077	HMV 34E	9 400
24136 CCK30/W33	2,50	4,60	2,44	2,62	0,081	HMV 36E	10 300
24138 CCK30/W33	2,70	4,90	2,60	2,79	0,086	HMV 38E	11 500
24140 CCK30/W33	2,80	5,20	2,71	2,89	0,090	HMV 40E	12 500
24144 CCK30/W33	2,80	5,20	2,96	3,14	0,099	HMV 44E	14 400
24148 CCK30/W33	2,80	5,30	3,21	3,39	0,108	HMV 48E	16 500
24152 CCK30/W33	3,10	5,70	3,47	3,65	0,117	HMV 52E	18 800
24156 CCK30/W33	2,80	5,10	3,69	3,87	0,126	HMV 56E	21 100
24160 CCK30/W33	3,10	5,70	3,96	4,14	0,135	HMV 60E	23 600
24164 CCK30/W33	3,40	6,30	4,24	4,42	0,144	HMV 64E	26 300
24168 ECAK30/W33	3,60	6,70	4,48	4,66	0,153	HMV 68E	28 400
24172 ECCK30J/W33	3,30	6,10	4,70	4,88	0,162	HMV 72E	31 300
24176 ECAK30/W33	3,00	5,60	4,91	5,09	0,171	HMV 76E	33 500
24180 ECAK30/W33	2,90	5,40	5,14	5,32	0,180	HMV 80E	36 700
Reihe BS2-							
BS2-2210-2CSK/VT143	0,83	1,40	0,34	0,41	(0,023)	HMV 10E	2 900
BS2-2211-2CSK/VT143	0,87	1,50	0,36	0,43	(0,025)	HMV 11E	3 150
BS2-2212-2CSK/VT143	1,15	1,95	0,38	0,46	(0,027)	HMV 12E	3 300
BS2-2213-2CSK/VT143	1,40	2,40	0,41	0,48	(0,029)	HMV 13E	3 600
BS2-2214-2CSK/VT143	1,10	1,90	0,44	0,51	(0,032)	HMV 14E	3 800
BS2-2215-2CSK/VT143	1,05	1,75	0,45	0,53	(0,034)	HMV 15E	4 000
BS2-2216-2CSK/VT143	1,20	2,00	0,48	0,55	(0,036)	HMV 1E	4 200
BS2-2217-2CSK/VT143	1,40	2,40	0,50	0,57	(0,038)	HMV 17E	4 400
BS2-2218-2CSK/VT143	1,40	2,40	0,54	0,61	(0,041)	HMV 18E	4 700
BS2-2219-2CS5K/VT143	1,60	2,70	0,56	0,63	(0,043)	HMV 19E	4 900
BS2-2220-2CS5K/VT143	1,70	2,90	0,58	0,65	(0,045)	HMV 20E	5 100
BS2-2222-2CS5K/VT143	2,00	2,60	0,64	0,65	(0,050)	HMV 22E	5 600
BS2-2224-2CS5K/VT143	2,10	3,60	0,68	0,75	(0,054)	HMV 24E	6 000
BS2-2226-2CS5K/VT143	2,20	3,80	0,74	0,81	(0,059)	HMV 26E	6 400

¹⁾ Informationen über große Pendelrollenlager, die nicht in der Tabelle enthalten sind, erhalten Sie beim Technischen SKF Beratungsservice.

²⁾ Die aufgelisteten Werte gelten für die jeweils angegebene Hydraulikmutter. Bei Verwendung einer anderen Hydraulikmutter muss der Öldruck angepasst werden (→ *Das SKF Drive-up-Verfahren*, Seite 57).

SKF Drive-up-Verfahren – Richtwerte für den erforderlichen Öldruck und die axiale Verschiebbarkeit beim Einbau von CARB Toroidalrollenlagern

Lagerbezeichnung ¹⁾	Startposition		Endposition		Radiale Lagerluftverminderung ab Nullposition Δ_r	Hydraulikmutter	
	Erforderlicher Öldruck P_{ref} ²⁾ für eine Gleitfläche	zwei Gleitflächen	Axiale Verschiebbarkeit ab Startposition s_s für eine Gleitfläche	zwei Gleitflächen		Kurzzeichen	Kolbenfläche A_{ref}
–	MPa		mm		–	mm ²	
Reihe C 22							
C 2210 KTN9	0,67	1,15	0,34	0,41	0,023	HMV 10E	2 900
C 2211 KTN9	0,57	0,98	0,35	0,42	0,025	HMV 11E	3 150
C 2212 KTN9	1,10	1,85	0,39	0,47	0,027	HMV 12E	3 300
C 2213 KTN9	0,82	1,40	0,40	0,47	0,029	HMV 13E	3 600
C 2214 KTN9	0,76	1,30	0,43	0,50	0,032	HMV 14E	3 800
C 2215 K	0,70	1,20	0,45	0,52	0,034	HMV 15E	4 000
C 2216 K	1,05	1,75	0,48	0,55	0,036	HMV 16E	4 200
C 2217 K	1,10	1,90	0,50	0,57	0,038	HMV 17E	4 400
C 2218 K	1,35	2,30	0,55	0,62	0,041	HMV 18E	4 700
C 2219 K	1,00	1,70	0,54	0,62	0,043	HMV 19E	4 900
C 2220 K	1,10	1,90	0,57	0,64	0,045	HMV 20E	5 100
C 2222 K	1,50	2,50	0,63	0,71	0,050	HMV 22E	5 600
C 2224 K	1,60	2,70	0,67	0,74	0,054	HMV 24E	6 000
C 2226 K	1,45	2,50	0,71	0,79	0,059	HMV 26E	6 400
C 2228 K	2,40	4,00	0,79	0,86	0,063	HMV 28E	6 800
C 2230 K	1,80	3,10	0,82	0,89	0,068	HMV 30E	7 500
C 2234 K	2,60	4,40	0,94	1,01	0,076	HMV 34E	9 400
C 2238 K	1,80	3,00	1,01	1,08	0,086	HMV 38E	11 500
C 2244 K	1,95	3,30	1,15	1,22	0,099	HMV 44E	14 400
Reihe C 23							
C 2314 K	2,00	3,40	0,46	0,53	0,032	HMV 14E	3 800
C 2315 K	2,30	3,80	0,48	0,55	0,034	HMV 15E	4 000
C 2316 K	2,10	3,60	0,49	0,56	0,036	HMV 16E	4 200
C 2317 K	2,40	4,10	0,52	0,59	0,038	HMV 17E	4 400
C 2318 K	2,90	4,90	0,57	0,64	0,041	HMV 18E	4 700
C 2319 K	2,20	3,80	0,57	0,64	0,043	HMV 19E	4 900
C 2320 K	2,60	4,40	0,59	0,66	0,045	HMV 20E	5 100
Reihe C 30							
C 3022 K	0,97	1,65	0,62	0,69	0,050	HMV 22E	5 600
C 3024 K	0,92	1,60	0,65	0,72	0,054	HMV 24E	6 000
C 3026 K	1,25	2,10	0,72	0,79	0,059	HMV 26E	6 400
C 3028 K	1,25	2,10	0,76	0,83	0,063	HMV 28E	6 800
C 3030 K	1,00	1,75	0,80	0,87	0,068	HMV 30E	7 500
C 3032 K	1,35	2,30	0,86	0,93	0,072	HMV 32E	8 600
C 3034 K	1,50	2,60	0,90	0,98	0,076	HMV 34E	9 400
C 3036 K	1,45	2,40	0,95	1,02	0,081	HMV 36E	10 300
C 3038 K	1,60	2,70	1,02	1,09	0,086	HMV 38E	11 500
C 3040 K	1,60	2,80	1,06	1,13	0,090	HMV 40E	12 500
C 3044 K	1,60	2,70	1,15	1,22	0,099	HMV 44E	14 400
C 3048 K	1,35	2,30	1,23	1,30	0,108	HMV 48E	16 500
C 3052 K	1,80	3,00	1,35	1,43	0,117	HMV 52E	18 800
C 3056 K	1,70	2,90	1,45	1,52	0,126	HMV 56E	21 100
C 3060 K	1,85	3,20	1,55	1,62	0,135	HMV 60E	23 600
C 3064 K	1,80	3,10	1,65	1,72	0,144	HMV 64E	26 300
C 3068 K	2,00	3,50	1,76	1,83	0,153	HMV 68E	28 400
C 3072 K	1,65	2,80	1,82	1,89	0,162	HMV 72E	31 300
C 3076 K	1,35	2,30	1,88	1,95	0,171	HMV 76E	33 500
C 3080 K	1,55	2,60	2,00	2,06	0,180	HMV 80E	36 700

¹⁾ Informationen über CARB Toroidalrollenlager, die nicht in der Tabelle enthalten sind, erhalten Sie beim Technischen SKF Beratungsservice.

²⁾ Die aufgelisteten Werte gelten für die jeweils angegebene Hydraulikmutter. Bei Verwendung einer anderen Hydraulikmutter muss der Öldruck angepasst werden (→ *Das SKF Drive-up-Verfahren*, Seite 57).

SKF Drive-up-Verfahren - Richtwerte für den erforderlichen Öldruck und die axiale Verschiebbarkeit beim Einbau von CARB Toroidalrollenlagern

Lagerbezeichnung	Startposition		Endposition			Hydraulikmutter -Kurz- zeichen	Kolben- fläche A_{ref}
	Erforderlicher Öldruck $P_{ref}^{2)}$	für eine Gleitfläche	Axiale Verschiebbarkeit ab Startposition s_s für eine Gleitfläche	Radiale Lagerluftvermin- derung ab Nullposition Δ_r	für zwei Gleitflächen		
-	MPa		mm			-	mm ²
Reihe C 31							
C 3130 K	2,40	4,10	0,84	0,91	0,068	HMV 30E	7 500
C 3132 K	2,10	3,50	0,87	0,94	0,072	HMV 32E	8 600
C 3134 K	1,85	3,10	0,90	0,97	0,076	HMV 34E	9 400
C 3136 K	1,70	2,90	0,94	1,01	0,081	HMV 36E	10 300
C 3138 K	2,30	3,90	1,02	1,10	0,086	HMV 38E	11 500
C 3140 K	2,70	4,60	1,08	1,16	0,090	HMV 40E	12 500
C 3144 K	2,80	4,70	1,18	1,26	0,099	HMV 44E	14 400
C 3148 K	2,00	3,40	1,24	1,31	0,108	HMV 48E	16 500
C 3152 K	2,80	4,70	1,37	1,44	0,117	HMV 52E	18 800
C 3156 K	2,60	4,50	1,47	1,54	0,126	HMV 56E	21 100
C 3160 K	2,80	4,80	1,57	1,64	0,135	HMV 60E	23 600
C 3164 K	2,10	3,60	1,61	1,68	0,144	HMV 64E	26 300
C 3168 K	2,80	4,80	1,75	1,82	0,153	HMV 68E	28 400
C 3172 K	2,50	4,20	1,83	1,90	0,162	HMV 72E	31 300
C 3176 K	2,60	4,40	1,93	2,01	0,171	HMV 76E	33 500
C 3180 K	3,30	5,70	2,10	2,17	0,180	HMV 80E	36 700
Reihe C 32							
C 3224 K	2,50	4,20	0,69	0,76	0,054	HMV 24E	6 000
C 3232 K	2,70	4,60	0,87	0,94	0,072	HMV 32E	8 600
C 3236 K	3,70	6,30	1,01	1,09	0,081	HMV 36E	10 300
Reihe C 40							
C 4010 K30	0,41	0,77	0,80	0,99	0,023	HMV 10E	2 900
C 4013 K30	0,48	0,89	0,95	1,12	0,029	HMV 13E	3 600
C 4015 K30	0,69	1,30	1,10	1,29	0,034	HMV 15E	4 000
C 4020 K30	0,71	1,30	1,37	1,55	0,045	HMV 20E	5 100
C 4022 K30	0,87	1,60	1,51	1,69	0,050	HMV 22E	5 600
C 4024 K30	1,15	2,20	1,65	1,84	0,054	HMV 24E	6 000
C 4026 K30	1,20	2,20	1,77	1,95	0,059	HMV 26E	6 400
C 4028 K30	1,20	2,30	1,88	2,06	0,063	HMV 28E	6 800
C 4030 K30	1,35	2,50	2,02	2,2	0,068	HMV 30E	7 500
C 4032 K30	1,05	1,95	2,08	2,26	0,072	HMV 32E	8 600
C 4034 K30	1,35	2,50	2,21	2,39	0,076	HMV 34E	9 400
C 4036 K30	1,20	2,20	2,31	2,49	0,081	HMV 36E	10 300
C 4038 K30	1,50	2,80	2,51	2,69	0,086	HMV 38E	11 500
C 4040 K30	1,35	2,50	2,58	2,76	0,090	HMV 40E	12 500
C 4044 K30	1,40	2,60	2,82	3,00	0,099	HMV 44E	14 400
C 4060 K30	1,35	2,50	3,72	3,90	0,135	HMV 60E	23 600
Reihe C 41							
C 4120 K30	1,40	2,60	1,43	1,61	0,045	HMV 20E	5 100
C 4122 K30	1,60	3,00	1,58	1,76	0,050	HMV 22E	5 600
C 4124 K30	1,45	2,70	1,64	1,82	0,054	HMV 24E	6 000
C 4126 K30	1,70	3,10	1,81	1,99	0,059	HMV 26E	6 400
C 4128 K30	2,00	3,70	1,93	2,11	0,063	HMV 28E	6 800
C 4130 K30	2,20	4,00	2,06	2,24	0,068	HMV 30E	7 500
C 4132 K30	2,10	3,90	2,16	2,34	0,072	HMV 32E	8 600
C 4134 K30	1,90	3,50	2,24	2,42	0,076	HMV 34E	9 400
C 4136 K30	1,95	3,60	2,38	2,56	0,081	HMV 36E	10 300
C 4138 K30	2,00	3,70	2,52	2,70	0,086	HMV 38E	11 500
C 4140 K30	2,30	4,30	2,65	2,83	0,090	HMV 40E	12 500

¹⁾ Informationen über CARB Toroidalrollenlager, die nicht in der Tabelle enthalten sind, erhalten Sie beim Technischen SKF Beratungsservice.

²⁾ Die aufgelisteten Werte gelten für die jeweils angegebene Hydraulikmutter. Bei Verwendung einer anderen Hydraulikmutter muss der Öldruck angepasst werden (→ *Das SKF Drive-up-Verfahren*, Seite 57).

Viskositätsäquivalente

Vergleich verschiedener Verfahren der Viskositätsklassifizierung

Kinematische Viskositäten

mm²/s bei 40 °C (105 °F)
mm²/s bei 100 °C (210 °F)

ISO VG

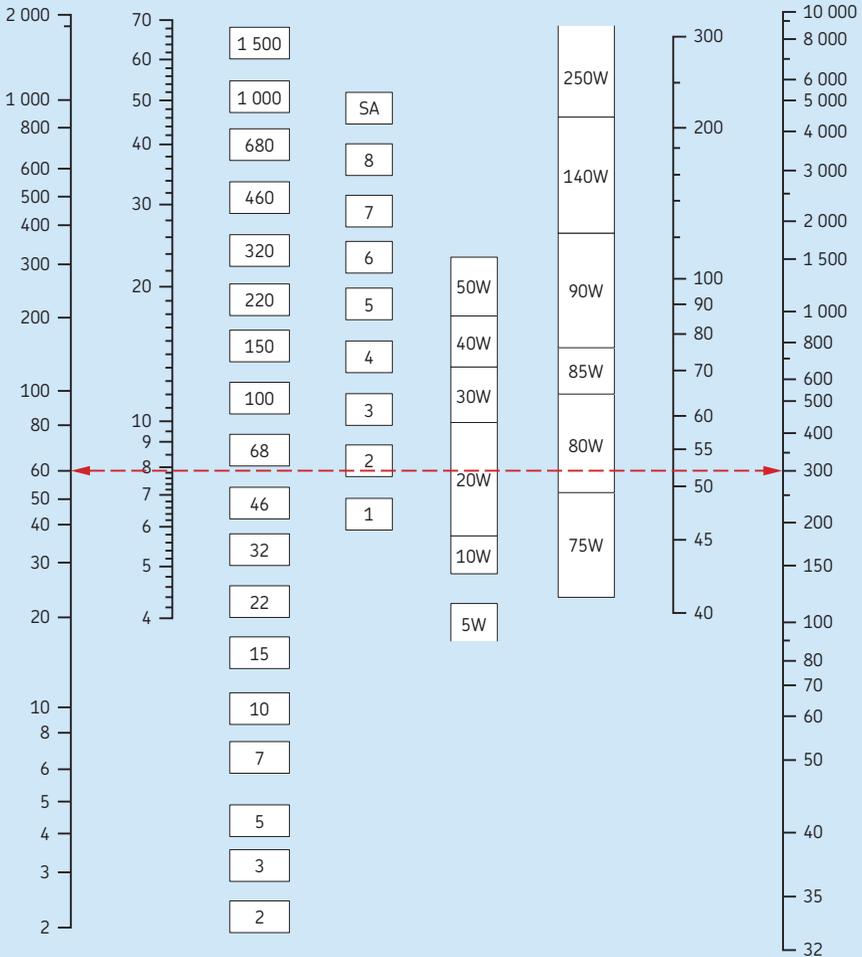
AGMA-Klassen

SAE-Klassen
Kurbelgehäuseöle

SAE-Klassen
Getriebeöle

Saybolt-Viskositäten

SUS/210 °F (100 °C)
SUS/100 °F (38 °C)



Viskositäten basieren auf 95-VI-Einbereichsölen. ISO-Klassen sind spezifiziert bei 40 °C. AGMA-Klassen sind spezifiziert bei 38 °C. SAE 75W, 80W, 85W sowie 5 und 10W sind spezifiziert bei tiefen Temperaturen (unter -25 °C). Äquivalente Viskositäten für 38 °C und 100 °C sind angegeben. SAE 90 bis 250 und 20 bis 50 sind spezifiziert bei 100 °C.

Anhang I-2

ISO-Viskositätsklassen

ISO- Viskositätsklasse	Kinematische Viskosität bei 40 °C (105 °F)		
	mittel	min.	max.
–	mm ² /s		
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9,00	11,0
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1 000	1 000	900	1 100
ISO VG 1 500	1 500	1 350	1 650

Übersicht SKF Einbauwerkzeuge

SKF bietet ein umfangreiches Sortiment an Einbauwerkzeugen und Produkten an. Weitere Informationen finden Sie unter www.mapro.skf.com.

Wälzlager-Einbauwerkzeugsatz



Schlüsselsätze für Wellenmuttern



Hakenschlüssel



Wärme- und ölbeständige Schutz- und Arbeitshandschuhe



Induktions-Anwärmgeräte



Tragbare Induktions-Anwärmgeräte



Elektrische Anwärmplatten



Montageflüssigkeit



Hydraulikpumpen



Hydraulikmuttern



Anhänge

Ölinjektoren



Druckluftbetriebene Ölpumpen



Fühlerlehren



SENSORMOUNT Messwertaufnehmer



Paste zur Verhinderung von Passungsrost
(Montagepaste)



Übersicht SKF Ausrichtsysteme

SKF bietet ein umfangreiches Sortiment an Ausrichtsystemen an. Weitere Informationen finden Sie unter www.mapro.skf.com und www.skf.com/services.



Übersicht SKF Schmierungstechnik

SKF bietet ein umfangreiches Sortiment an Schmier-Systemen an. Weitere Informationen finden Sie unter www.mapro.skf.com.

SKF bietet zudem eine Vielzahl an Zentral-schmier-Systemen an. Weitere Informationen finden Sie unter www.skf.com/lubrication.

Lagerschmierfette und Kettenöle



Kartuschenpressen und Handhebel-Schmierpressen



Schmierfett-Füllpumpen



Lager-Befetter



Oil Safe Behälter und Spenderdeckel



Schmierfett-Mengenmessgeräte



Automatische Schmierstoffgeber für Einzelschmierstellen



Automatische Schmierstoffgeber für mehrere Schmierstellen



Schmierfettbeständige Schutzhandschuhe



Armaturen für Schmierfette



Ölstandswächter



Anhänge

SKF Lubrication Planner, Schmiernippel-Montagekappensatz



Grease Test Kits



Compact Greaser



Kolbenpumpenaggregate mit Behälter KFAS



Kolbenpumpe mit Blockverteiler PF-VPBM



Schmierhilfen mit Dosierverteilern



LGMT 2

SKF Mehrzweckfett für Industrie und Kraftfahrzeugtechnik

LGMT 2 ist ein Schmierfett mit einem Mineralöl als Grundöl und einer Lithiumseife als Dickungsmittel, mit einer ausgezeichneten Alterungsbeständigkeit innerhalb des zulässigen Temperaturbereichs. Dieses hochwertige Mehrzweckfett ist für einen weiten Anwendungsbereich in der Industrie und Kraftfahrzeugtechnik geeignet.

Eigenschaften

- ausgezeichnete Alterungsbeständigkeit
- hohe mechanische Stabilität
- ausgezeichnete Wasserbeständigkeit und Korrosionsschutzeigenschaften

Empfohlene Einsatzgebiete

- landwirtschaftliche Maschinen und Geräte
- Kraftfahrzeug-Radlager
- Förderanlagen
- kleinere Elektromotoren
- Industrieventilatoren

LGMT 3

SKF Mehrzweckfett für Industrie und Kraftfahrzeugtechnik

LGMT 3 ist ein hochwertiges Lithiumseifenfett mit mineralischem Grundöl. Dieses hochwertige Mehrzweckfett ist für einen weiten Anwendungsbereich in der Industrie und Kraftfahrzeugtechnik geeignet.

Eigenschaften

- ausgezeichnete Korrosionsschutzeigenschaften
- ausgezeichnete Alterungsbeständigkeit innerhalb des zulässigen Temperaturbereichs

Empfohlene Einsatzgebiete

- Lager mit Bohrungsdurchmesser > 100 mm
- umlaufender Außenring
- Lagerungen auf senkrechten Wellen
- Umgebungs-Dauertemperatur >35 °C
- Lauflager für Propellerwellen
- landwirtschaftliche Maschinen und Geräte
- Radlagerungen für Personen- und Lastkraftwagen sowie Anhänger
- große Elektromotoren

LGEP 2

SKF Hochdruckfett

LGEP 2 ist ein hochwertiges Lithiumseifenfett mit mineralischem Grundöl und EP-Zusätzen. Dieses Fett weist ausgezeichnete Schmiereigenschaften im zulässigen Betriebstemperaturbereich zwischen -20 und $+110$ °C auf.

Eigenschaften

- ausgezeichnete mechanische Stabilität
- sehr gute Korrosionsschutzeigenschaften
- sehr gute Schmiereigenschaften bei hohen Belastungen

Empfohlene Einsatzgebiete

- Zellstoff- und Papiermaschinen
- Backenbrecher
- Wehrverschlüsse
- Arbeitswalzenlagerungen in Walzgerüsten
- Schwermaschinenbau, Vibrationsmaschinen
- Kranlaufräder, Seilscheiben

LGFP 2

Lebensmittelverträgliches SKF Schmierfett

LGFP 2 ist ein nicht-toxisches Aluminium-Komplexseifenfett von hoher Reinheit mit einem medizinischen Weißöl als Grundöl. LGFP 2 besteht nur aus von der FDA¹⁾ geprüften Rohstoffen und ist vom NSF²⁾ für Kategorie H1³⁾ freigegeben.

Eigenschaften

- entspricht den geltenden Lebensmittelvorschriften
- besondere Beständigkeit gegen Auswaschen, daher geeignet für Maschinen, die häufig mit Wasser gereinigt werden
- ausgezeichnete Gebrauchsdauer
- ausgezeichnete Korrosionsschutzeigenschaften
- weitgehend pH-neutral

Empfohlene Einsatzgebiete

- Bäckereimaschinen
- Lebensmittel verarbeitende Maschinen
- Multipack-Rillenkugellager
- Verpackungsmaschinen
- Lager in Förderanlagen
- Flaschenabfüllmaschinen

¹⁾ Food and Drug Administration

²⁾ National Sanitation Foundation

³⁾ Gelegentlicher Kontakt mit Lebensmitteln

LGEM 2

Hochviskoses SKF Schmierfett mit Festschmierstoffzusätzen

LGEM 2 ist ein hochwertiges Lithiumseifenfett mit hochviskosem mineralischem Grundöl und Zusätzen von Molybdändisulfid und Graphit.

Eigenschaften

- gute Schmiereigenschaften bei hohen Belastungen und niedrigen Drehzahlen
- gute Notlaufeigenschaften durch den Zusatz von Molybdändisulfid und Graphit

Empfohlene Einsatzgebiete

- langsam laufende und hochbelastete Wälzlager
- Backenbrecher
- Gleisverlegemaschinen
- Mastführungsrollen
- Baumaschinen (Rammen, Kranausleger, Kranhaken usw.)

LGEV 2

SKF Schmierfett mit extrem hoher Viskosität und Festschmierstoffzusätzen

LGEV 2 ist ein hochwertiges Lithium-Kalzium-Seifenfett mit hochviskosem mineralischem Grundöl und Zusätzen von Molybdändisulfid und Graphit.

Eigenschaften

- ausgezeichnete Schmiereigenschaften durch den Zusatz von Molybdändisulfid und Graphit
- sehr gut geeignet zur Schmierung großer Pendelrollenlager bei hohen Belastungen und niedrigen Drehzahlen, eine Situation, in der es zu „microslip“ kommen kann.
- äußerst hohe mechanische Stabilität, dadurch sehr gute Wasserbeständigkeit und Korrosionsschutzeigenschaften

Empfohlene Einsatzgebiete

- Halslager für rotierende Trommeln
- Lauf- und Druckrollen von Drehrohröfen und Trocknern
- Schaufelradbagger
- Schwenklager
- Rollenpressen
- Brecher

LGLT 2

SKF Tieftemperaturfett für sehr schnell laufende, geräuscharme Lagerungen

Das Schmierfett LGLT 2 ist ein hochwertiges Lithiumseifenfett mit synthetischem Mineralöl (PAO) als Grundöl. Aufgrund der besonderen Beschaffenheit des Dickungsmittels und der sehr geringen Viskosität des Grundöls, eignet es sich hervorragend für Anwendungsfälle mit niedrigen Betriebstemperaturen (–50 °C) und relativ hohen Drehzahlen.

Eigenschaften

- geringes Laufreibungsmoment
- geringe Verlustleistung
- gute Leislaufeigenschaften
- ausgezeichnete Alterungsbeständigkeit und Korrosionsschutzeigenschaften

Empfohlene Einsatzgebiete

- Textilmaschinen-Spindeln
- Werkzeugmaschinen-spindeln
- technische Instrumente und Steuergeräte
- kleine Elektromotoren für Dentalgeräte und andere medizinisch-technische Geräte
- Inline-Skates
- Druckzylinder
- Roboter

LGGB 2

SKF „Grünes“ biologisch abbaubares Schmierfett

LGGB 2 ist ein biologisch abbaubares Schmierfett geringer Toxizität mit synthetischem Esteröl als Grundöl und Lithium-Kalziumseife als Dickungsmittel. Es ist die umweltfreundliche Alternative für zahlreiche Anwendungsfälle mit den unterschiedlichsten Betriebsbedingungen.

Eigenschaften

- entspricht den derzeitigen Festlegungen bezüglich Toxizität und biologischer Abbaubarkeit
- bestens geeignet für Wälzlager und Stahl/Stahl-Gelenklager
- gute Kaltstarteigenschaften
- gute Korrosionsschutzeigenschaften
- gute Schmiereigenschaften bei mittleren bis hohen Belastungen

Empfohlene Einsatzgebiete

- land- und forstwirtschaftliche Maschinen
- Bau- und Erdbewegungsmaschinen
- Bergbau und Förderanlagen
- Wasseraufbereitungs- und Bewässerungsanlagen
- Schleusen, Dämme, Brücken
- Gestänge, Gelenkköpfe
- alle sonstigen Anwendungsfälle, bei denen Schmierfett in die Umwelt austreten kann

LGWM 1

SKF Hochdruck-Tiefteperaturfett

LGWM 1 ist ein Lithiumseifenfett mit mineralischem Grundöl und EP-Zusätzen. Es eignet sich besonders zur Schmierung von Lagern mit radialer und gleichzeitig axialer Belastung.

Eigenschaften

- gute Ölfilmbildung bei niedrigen Temperaturen bis -30 °C
- gute Förderbarkeit bei niedrigen Temperaturen
- sehr gute Korrosionsschutzeigenschaften
- sehr gute Wasserbeständigkeit

Empfohlene Einsatzgebiete

- Windkraftwerke
- Schneckenförderer
- Zentralschmiersysteme
- Axial-Pendelrollenlagerungen

LGWM 2

SKF Hochdruckfett für einen weiten Temperaturbereich

LGWM 2 wurde zur Schmierung für einen weiten Temperaturbereich, hohe Belastungen und feuchte Umgebungen entwickelt. LGWM 2 ist ein semisynthetisches Schmierfett mit Kalzium-Sulfonat-Komplexseife als Dickungsmittel. LGWM 2 eignet sich für Temperaturbereich bis zu -40 °C .

Eigenschaften

- ausgezeichnete Korrosionsschutzeigenschaften
- ausgezeichnete mechanische Stabilität
- ausgezeichnete Schmiereigenschaften bei hohen Belastungen
- guter Schutz gegen Stillstandsmarken (false brinelling)
- gute Förderbarkeit bei niedrigen Temperaturen

Empfohlene Einsatzgebiete

- Windkraftanlagen
- Hochleistungsanwendungen im „Off Road“-Bereich
- Anwendungsfälle in schneereicher Umgebung
- Anwendungsfälle in der Schifffahrt
- Axial-Pendelrollenlagerungen

LGWA 2

Hochbelastbares SKF Hochdruckfett für einen weiten Temperaturbereich

LGWA 2 ist ein hochwertiges Lithium-Komplex-Seifenfett mit mineralischem Grundöl. LGWA 2 ist für die verschiedensten Anwendungsfälle in Industrie und Kraftfahrzeugtechnik geeignet.

Eigenschaften

- ausgezeichnete Schmiereigenschaften bis zu Höchsttemperaturen (kurzzeitig) von 220 °C
- zur Schmierung von Radlagern unter erschwerten Betriebsbedingungen
- wirksame Schmierung in feuchter Umgebung
- sehr gute Wasserbeständigkeit und Korrosionsschutzeigenschaften
- ausgezeichnete Schmiereigenschaften bei hohen Belastungen und niedrigen Drehzahlen

Empfohlene Einsatzgebiete

- PKW- und LKW-Radlager
- Waschmaschinen
- Elektromotoren

LGHB 2

Hochviskoses SKF Hochdruck-Hochtemperaturfett

LGHB 2 ist ein hochwertiges hochviskoses Fett mit mineralischem Grundöl und Kalzium-Sulfonat-Komplexseife als Dickungsmittel. Seine hohe Druckbelastbarkeit ergibt sich aus der Struktur des Dickungsmittels und nicht durch besondere Zusätze.

Eigenschaften

- ausgezeichnete Alterungsbeständigkeit und Korrosionsschutzeigenschaften
- ausgezeichnetes Druckaufnahmevermögen

Empfohlene Einsatzgebiete

- Stahl/Stahl-Gleitlager
- Zellstoff- und Papiermaschinen
- Asphalt-Schwingsiebe
- Stranggießanlagen
- abgedichtete Pendelrollenlager für Betriebstemperaturen bis 150 °C
- für kurzzeitige Höchsttemperaturen bis 200 °C geeignet
- Arbeitswalzenlagerungen in Walzgerüsten
- Mastlaufrollen für Gabelstapler

LGHP 2

SKF Hochleistungs- und Hochtemperaturfett

LGHP 2 ist ein Qualitätsfett auf Mineralölbasis mit Polyharnstoff als Dickungsmittel. Es weist gute Schmierfähigkeit in einem großen Temperaturbereich auf, der sich von -40 bis $+150$ °C erstreckt.

Eigenschaften

- außerordentlich lange Gebrauchsdauer bei hohen Temperaturen
- geeignet für einen großen Temperaturbereich
- ausgezeichnete Korrosionsschutzeigenschaften
- hohe Wärmebeständigkeit
- gute Kaltstarteigenschaften
- kompatibel mit anderen Polyharnstoffschmierfetten
- kompatibel mit Lithium-Komplex-Seifenfetten
- gute Leislaufeigenschaften
- sehr gute mechanische Stabilität

Empfohlene Einsatzgebiete

- Kleine, mittlere und große Elektromotoren
- Heißluftgebläse
- Wasserpumpen
- Wälzlager in Textil-, Papierverarbeitungs- und Trockenanlagen
- für Anwendungsfälle, in denen Kugellager mit hohen Drehzahlen bei mittleren und hohen Temperaturen laufen
- Kupplungsdrucklager
- Lager und Laufrollen für Ofenwagen
- Lagerungen auf senkrechten Wellen

LGET 2

SKF Wälzlagerfett für extreme Temperaturen

LGET 2 ist ein qualitativ hochwertiges Langzeitschmierfett mit Perfluoralkylether als Grundöl und PTFE als Dickungsmittel. Es weist bei Temperaturen über $+200$ bis 260 °C noch ausgezeichnete Schmiereigenschaften auf.

Eigenschaften

- lange Gebrauchsdauer in aggressivem Umfeld, wie z. B. in Gegenwart von reinem gasförmigem Sauerstoff oder von aliphatischen Kohlenstoffverbindungen
- ausgezeichnete Alterungsbeständigkeit
- gute Korrosionsschutzeigenschaften
- sehr gute Wasser- und Dampfbeständigkeit

Empfohlene Einsatzgebiete

- Laufradlagerungen für Backöfen
- Ofenwagenlagerungen
- Führungsrollen in Kopiergeräten
- Waffelbackmaschinen
- Textiltrocknungsanlagen
- Filmvorführgeräte
- elektrische Motoren für Hochtemperaturanwendungsfälle
- Notfall- und Heißluftgebläse
- Vakuumpumpen

SKF Schmierfett-Auswahltafel

Kurzzeichen	Betriebs-temperatur	DrehzahlBelastung		Beschreibung	Temperaturbereich ¹		Dickungsmittel/Grundöl
					LTL	HTPL	
					°C (°F)		
LGMT 2	M	M	L bis M	Mehrzweckfett für Industrie und Kraftfahrzeugtechnik	-30 (-20)	+120 (+250)	Lithiumseife/Mineralöl
LGMT 3	M	M	L bis M	Mehrzweckfett für Industrie und Kraftfahrzeugtechnik	-30 (-20)	+120 (+250)	Lithiumseife/Mineralöl
LGEP 2	M	L bis M	H	Hochdruckfett	-20 (-5)	+110 (+230)	Lithiumseife/Mineralöl
LGFP 2	M	M	L bis M	Lebensmittelverträgliches Schmierfett	-20 (-5)	+110 (+230)	Aluminium-Komplexseife/medizinisch-weißes Öl
LGEM 2	M	VL	H bis VH	Hochviskoses Fett mit Festschmierstoffzusätzen	-20 (-5)	+120 (+250)	Lithiumseife/Mineralöl
LGEV 2	M	VL	H bis VH	Extrem hohe Viskosität, Festschmierstoffzusätze	-10 (+15)	+120 (+250)	Lithium-Kalzium-Seife/Mineralöl
LGLT 2	L bis M	M bis EH	L	Tiefemperaturfett, Hochgeschwindigkeitsfett	-50 (-60)	+110 (+230)	Lithiumseife/synthetisches Mineralöl
LGGB 2	L bis M	L bis M	M bis H	Biologisch abbaubar, geringe Toxizität ³⁾	-40 (-40)	+90 (+195)	Lithium-Kalzium-Seife/synthetisches Esteröl
LGWM 1	L bis M	L bis M	H	Hochdruckfett, Tiefemperaturfett	-30 (-20)	+110 (+230)	Lithiumseife/Mineralöl
LGWM 2	L bis M	L bis M	M bis H	Schmierfett für einen großen Temperaturbereich und hohe Belastungen	-40 (-40)	+110 (+230)	Kalzium-Sulfonat-Komplexseife/synthetisches Mineralöl/Mineralöl
LGWA 2	M bis H	L bis M	L bis H	Hochdruckschmierfett für einen großen Temperaturbereich ⁴⁾	-30 (-20)	+140 (+285)	Lithium-Komplexseife/Mineralöl
LGHB 2	M bis H	VL bis M	H bis VH	Hochviskoses Hochdruckfett, Hochtemperaturfett ⁵⁾	-20 (-5)	+150 (+300)	Kalzium-Sulfonat-Komplexseife/Mineralöl
LGHP 2	M bis H	M bis H	L bis M	Hochleistungsfett	-40 (-40)	+150 (+300)	Polyharnstoff/Mineralöl
LGET 2	VH	L bis M	H bis VH	Wälzlagerfett für extreme Temperaturen	-40 (-40)	+260 (+500)	PTFE/Syntheseöl (fluorierter Polyether)

VL = sehr niedrig, L = niedrig, M = mittel, H = hoch, VH = sehr hoch, EH = extrem hoch

¹⁾ LTL = unterer Temperaturgrenzwert, HTPL = empfohlener Grenzwert für die höchste zulässige Betriebstemperatur

²⁾ mm²/s bei 40 °C

³⁾ LGGB 2 ist kurzzeitig einsetzbar bis 120 °C

⁴⁾ LGWA 2 ist kurzzeitig einsetzbar bis 220 °C

⁵⁾ LGHB 2 ist kurzzeitig einsetzbar bis 200 °C

Kinematische Viskosität des Grundöls ²⁾	Senkrechte Welle	Schnell umlaufender Außenring	Schwenkbewegungen	Starke Schwingungen	Stoßbelastungen oder häufige Anfahrvorgänge	Leiser Lauf	Geringe Reibung	Korrosionsschutz
mm ² /s	-	-	-	-	-	-	-	-
110	o	-	-	+	-	-	o	+
120	+	o	-	+	-	-	o	o
200	o	-	o	+	+	-	-	+
130	o	-	-	-	-	-	o	+
500	o	-	+	+	+	-	-	+
1020	o	-	+	+	+	-	-	+
18	o	-	-	-	o	+	+	o
110	o	-	+	+	+	-	o	o
200	-	-	+	-	+	-	-	+
80	o	o	+	+	+	-	-	+
185	o	o	o	o	+	-	o	+
400	o	+	+	+	+	-	-	+
96	+	-	-	o	o	+	o	+
400	o	+	+	o	o	-	-	o

Symbole: + Empfohlen
o Geeignet
- Nicht geeignet

Übersicht SKF Basis-Zustandsüberwachungsgeräte

SKF bietet ein umfangreiches Sortiment an Basis-Zustandsüberwachungsgeräten an. Weitere Informationen finden Sie unter www.mapro.skf.com oder www.skf.com/cm.

Informationen über moderne Zustandsüberwachungsgeräte und Online-Überwachungssysteme finden Sie unter www.skf.com/cm.

Wärmebildkameras



Thermometer



Elektronische Stethoskope



Endoskope



Stroboskope



OilCheck



Tachometer



Schalldruckmessgeräte



Ultraschallsensor zum Aufspüren undichter Stellen



SKF Machine Condition Advisor



Anhänge

Ultraschallmessgerät



Condition Monitoring Einsteigerpaket



Condition Monitoring Spezialpaket



SKF Schwingungsmessgerät MicroVibe P



MARLIN Condition Detector



Übersicht SKF Ausbauwerkzeuge

SKF bietet ein umfangreiches Sortiment an Ausbauwerkzeugen an. Weitere Informationen finden Sie unter www.mapro.skf.com.

Mechanische Lagerabzieher



Hydraulisch unterstützte Lagerabzieher



Schwerlast-Hakenabzieher



Dreiteilige Trennstücke



Innenauszieher-Werkzeugsätze für Wälzlager

Anhänge

Lagerauszieher-Werkzeugsatz



Aluminium-Thermoringe



Verstellbare und feste elektrische Abziehvorrüchtungen



Hydraulikmuttern



Demontageflüssigkeit



Umrechnung angelsächsischer Einheiten in metrische Einheiten

Größe	Einheit	Umrechnung			
Länge	Zoll	1 mm	0,03937 in	1 in	25,40 mm
	Fuß	1 m	3,281 ft	1 ft	0,3048 m
	Yard	1 m	1,094 yd	1 yd	0,9144 m
	Meile	1 km	0,6214 mi	1 mile	1,609 km
Fläche	Quadratzoll	1 mm ²	0,00155 sq.in	1 sq.in	645,16 mm ²
	Quadratfuß	1 m ²	10,76 sq.ft	1 sq.ft	0,0929 m ²
Volumen	Kubikzoll	1 cm ³	0,061 cub.in	1 cub.in	16,387 cm ³
	Kubikfuß	1 m ³	35 cub.ft	1 cub.ft	0,02832 m ³
	Imperiale Gallone	1 l	0,22 Imp.gal	1 Imp.gal	4,5461 l
	US-Gallone	1 l	0,2642 US.liq.gal	1 US.liq.gal	3,7854 l
Geschwindigkeit	Fuß pro Sekunde	1 m/s	3,28 ft/s	1 ft/s	0,30480 m/s
	Meilen pro Stunde	1 km/h	0,6214 mi/h (mph)	1 mile/h (mph)	1,609 km/h
Masse	Unze	1 g	0,03527 oz	1 oz	28,350 g
	Pfund	1 kg	2,205 lb	1 lb	0,45359 kg
	US-Tonne	1 Tonne	1,1023 tn. sh.	1 short ton	0,90719 Tonnen
	Britische Tonne	1 Tonne	0,9842 tn. l.	1 long ton	1,0161 Tonnen
Dichte	Pfund pro Kubikzoll	1 g/cm ³	0,0361 lb/cub.in	1 lb/cub.in	27,680 g/cm ³
Kraft	Pound-Force	1 N	0,225 lbf	1 lbf	4,4482 N
Druck	Pfund pro Quadratzoll	1 MPa	145 psi	1 psi	6,8948 × 10 ³ Pa
Drehmoment	Zoll-Pound-Force	1 Nm	8,85 in.lbf	1 in.lbf	0,113 Nm
Leistung	Fuß-Pfund pro Sekunde	1 W	0,7376 ft lbf/s	1 ft lbf/s	1,3558 W
	PS	1 kW	1,36 PS	1 HP	0,736 kW
Temperatur	Grad	Celsius	t _C = 0,555 (t _F - 32)	Fahrenheit	t _F = 1,8 t _C + 32

Index

- @
- @ptitude Exchange *Siehe* SKF @ptitude Exchange
- A**
- Abdichten der Lagerung 39–40
 - Störungszustände 238
- abgedichtete Lager 40
 - Anwärmen 68
 - Lagerungsbeständigkeit 41
 - Nachschmierung 192
 - Pendelkugellager 79
 - Pendelrollenlager 90
 - Rillenkugellager 40
 - Störungszustände 238
 - Waschen 189
- abrasiver Verschleiß 298–299
 - infolge falscher Passungen 300–301
 - infolge ineffektiver Abdichtung 314–315
 - infolge ineffektiver Schmierung 313
- Abschlussdeckel *Siehe* Enddeckel
- Abspritzungen 29
- Abstandhalter 144
- Abstandsringe 91, 134, 151
- Abstandscheiben *Siehe* Maschinenunterlagen
- Abzieher
 - für den Ausbau eines Lagers aus einem ungeteilten Gehäuse 267–269
 - für den Ausbau eines Lagers von einem kegeligen Sitz auf der Welle 260
 - für den Ausbau eines Lagers von einem zylindrischen Lagersitz 256–257
 - für den Ausbau von Flanschlagergehäusen 282
- Abziehhülsen
 - Ausbau von Lagern 264–267
 - Einbau von Lagern (Druckölmethode) 62–66
 - Einbau von Lagern (SKF Drive-up-Verfahren) 57–61
- Acrylnitril-Butadien-Kautschuk
 - Nachsetzzeichen für Dichtungen 145
 - Nachsetzzeichen für Lager 24–25
- adhäsiver Verschleiß 298–299
 - infolge falscher Passungen 301
 - infolge ineffektiver Schmierung 312
- Aluminium-Thermoringe
 - für den Ausbau von Lagern 255, 258–259
 - für den Einbau von Lagern 69, 81
- Ampel-Konzept *Siehe* SKF Ampel-Konzept
- Anfahren
 - von fettgeschmierten Lagern 186–187, 190–191
 - von ölgeschmierten Lagern 207
- angestellte Lagerungen 31
 - axiale Befestigung 37–38
- angled foot *Siehe* Kippfuß
- Anlageflächen
 - Abmessungen 38
 - Genauigkeitsanforderungen 35–36, 386
 - Störungszustände 237, 251
- Anlagenmanagement 326–329
- Anlagenzuverlässigkeit 326–329
- Anschmieren
 - Fehlerbehebung 244, 247
 - resultierend in adhäsiven Verschleiß 301, 312
- Anti-Korrosions-Zusatz
 - in Ölen 203
 - in Schmierfetten 184
- Anti-Oxidations-Zusatz
 - in Ölen 203
 - in Schmierfetten 184
- Anwärmgeräte 70
- Anwärmunterlagen 269
- Anwärmplatten 71
- Anwendungen mit extremen Temperaturen 182
- Anzugsmoment 166
 - Werte für Befestigungsschrauben/-muttern 105, 131
 - Werte für Lagereinheiten 102–103
 - Werte für Verbindungsschrauben 131
- asymmetrische Belastung *Siehe* Unwucht
- Aufbewahrung
 - Lagerschäden 308
 - von Elastomerdichtungen 42
 - von Lagern 41
 - von Schmierstoffen 42–43
- Aufbocken *Siehe* Ausgleichen
- Aufspannflächen
 - für Gehäuse 130
 - für Lagereinheiten 101
- Ausbau im angewärmten Zustand *Siehe* Ausbau von Lagern, mithilfe von Wärme
- Ausbau von Dichtungen *Siehe* Entfernen von Dichtungen
- Ausbau von Gehäusen 278–283
 - Flanschlagergehäuse 282–283
 - geteilte Stehlagergehäuse 280–281
 - Vorbereitungen 278
- Ausbau von Lagereinheiten 270–277
 - mit einem Exzenterring 273
 - mit einer Spannhülse 274
 - mit Gewindestiftbefestigung 272
 - mit SKF ConCentra Befestigungstechnik 275–277
 - Vorbereitungen 271
 - Werkzeuge 270
- Ausbau von Lagern 254–269
 - bei vorhandenen Lagerschäden 291
 - mit einer Abziehhülse 264–267
 - mit einer Spannhülse 260–264
 - mithilfe von Wärme 258–259, 269
 - Verfahren 255
 - von einem kegeligen Sitz auf der Welle 259–260
 - von einem ungeteilten Gehäuse 267–269
 - von einem zylindrischen Lagersitz 256–259
 - Vorbereitungen 254
 - Werkzeuge 255, 435–436
- Ausfallanalyse *Siehe* Lagerschäden
- Ausfallmodi 298–299
- Ausgleichen 163

Ausrichtung 158–177
 SKF Ausrichtsysteme 419
 von Kreuzgelenken 175
 von Maschinen 161–166
 von Riemen 176–177
 von Wellen 167–174
 Ausrichtung per Messuhr
 für das SKF Drive-up-Verfahren 58–61
 für die Ausrichtung von Kegelrollenlagern 86–88
 für die Ausrichtung von Schrägkugellagern 74–77
 für die Wellenausrichtung 170–171
 Ausrichtung von Kreuzgelenken 175
 Ausrichtung von Lagern
 Fehlerbehebung 245
 Kegelrollenlager 84–88
 Schrägkugellager 74–77
 Austreten von Schmierfett
 Störungszustände 239
 während der Erneuerung 199
 während der Nachschmierung 196
 Austrittsöffnungen *Siehe* Schmierfett-Austrittsöffnungen
 automatische Partikelzählung 212
 automatische Schmierstoffgeber *Siehe* SKF SYSTEM 24
 automatische Schmierung 197
 Axialbelastung
 induzierte Lasten 241, 243–244, 301, 320
 Laufspuren 294–295
 axiale Befestigung 37–38
 in Stehlagergehäusen 132
 axiale Verschiebbarkeit 30–31
 für CARB Toroidalrollenlager 91
 in Stehlagergehäusen 132
 Messen der axialen Verschiebung 56–57
 Überlegungen bei der Wahl der Passung 34
 Werte für das SKF Drive-up-Verfahren 406–413
 axiale Verschiebung
 Fehlerbehebung 240
 Messung der axialen Verschiebbarkeit 56
 Messung der Lagerluftverminderung 55
 Werte für CARB Toroidalrollenlager 404
 Werte für Pendelkugellager 402
 Werte für Pendelrollenlager 403
 Axiallager 18–19
 Axialluft 29, 51
 Störungszustände 248
 Werte für Kegelrollenlager 396
 Werte für Schrägkugellager 389–391
 Werte für Zylinderrollenlager 394–395

B
 Basisrahmen *Siehe* Maschinen-Basisrahmen
 Bearbeitung vor Ort 330
 bedienergestützte Zuverlässigkeit 219, 330
 Befestigungsschrauben/-muttern
 Ausgleich für Kippfuß 162
 für Gehäuse 131
 für Lagereinheiten 101, 105
 Befeuchtung von Oberflächen 202
 Belastungsverteilungen
 Laufspuren 292–297
 Überlegungen bei der Wahl der Passung 32
 Berührungsdichtungen
 Ausbau 284–286
 Dichtungen außerhalb des Lagers 39
 Dichtungen im Lager 40
 Störungszustände 238
 berührungsfreie Dichtungen
 Ausbau 284
 Dichtungen außerhalb des Lagers 39
 Dichtungen im Lager 40
 Betriebsspiel 29
 Betriebsspiel *Siehe auch* Lagerluft

Betriebstemperatur
 Anpassung der Schmierfristen 195
 Fehlerbehebung 190, 202, 233
 von Lagern 187, 204
 von Schmierfett 186–187
 Zustandsüberwachung 221
 bewegliche Maschine 167–169
 Blöcke 164
 Bruch 298–299
 Ermüdungsbruch 319
 Gewaltbruch 301, 303
 Wärmespannungsrisse 301

C

CARB Toroidalrollenlager
 Anschlussmaße 38
 axiale Befestigung 37
 axiale Verschiebung, Werte 404
 Einbau 90–91
 Einbau (Druckölmethode) 62–66
 Einbau (SKF Drive-up-Verfahren) 57–61
 in Stehlagergehäusen 132
 Lagerarten 17
 Lagerluftverminderung, Werte 404
 Muttern-Anzugswinkel 404
 Radialluft, Werte 399–400
 Schmierung bei Erstinstallation 191
 SKF Drive-up-Verfahren, Werte 412–413
 Störungszustände 240
 CircOil *Siehe* SKF CircOil
 ConCentra *Siehe* SKF ConCentra

D

Deckscheiben 40
 Defektfrequenzen 224
 Dellen *Siehe* Eindrückungen
 Demontagetätigkeit 254
 Dichtlippen
 aus PTFE 146
 Ausrichtung 146, 239
 Bauformen und Ausführungen 143–145
 Werkstoffe 145
 Dichtscheiben 156
 Dichtungen
 Ausbau 284–286
 Dichtungen außerhalb des Lagers 39
 Dichtungen im Lager 40
 Einbau 140–157
 für Gehäuse 128–129
 für Lagereinheiten 96
 Gebrauchsdauer 28
 Lagerungsbeständigkeit 42
 Radial-Wellendichtringe 143–145
 Störungszustände 233, 235
 wälzlagertechnische Fachausdrücke 11
 Dichtungen außerhalb des Lagers 39
 Störungszustände 238
 Dichtungsmittel
 für den Einbau von Dichtungen 148, 152
 zur Verhinderung von Ölleckagen 137
 Dichtungsmittel
 Arten 183
 Kompatibilität 201
 Direktkontakt von Metallflächen
 Fehlerbehebung 233–234, 237, 246, 249
 resultierend in adhäsiven Verschleiß 312
 Vorbeugung 183, 202
 Drehmomentanzeige 112–113
 Drehmomentschlüssel *Siehe* Sechskantschlüssel
 drehzahlregelte Maschinen 223
 Drive-up-Verfahren *Siehe* SKF Drive-up-Verfahren
 Druckluft 226

Index

Druckölmethode

- Abmessungen für Kanäle, Nuten und Bohrungen 405
 - für den Ausbau eines Lagers auf einer Abziehhülse 266
 - für den Ausbau eines Lagers auf einer Spannhülse 264
 - für den Ausbau eines Lagers aus einem ungeteilten Gehäuse 268
 - für den Ausbau eines Lagers von einem kegeligen Sitz auf der Welle 260
 - für den Ausbau eines Lagers von einem zylindrischen - Lagersitz 258
 - für den Einbau von Lagern 62–66
- DuoFlex *Siehe* SKF DuoFlex
- Duralife *Siehe* SKF Duralife
- Duralip *Siehe* SKF Duralip
- DURATEMP 145
- Durchmesserreihe 22–23
- Durchtreiber
- für den Einbau von Dichtungen 148
 - für den Einbau von Lagereinheiten 107–108

E

- Einbau im angewärmten Zustand 68–71
- Einbau von Dichtungen 140–157
 - in Stehlagergehäusen 133–139
 - Schmierung bei Erstinstallation 190
 - Störungszustände 238–239
- Einbau von Gehäusen 122–139
 - Ersatzteile 124–129
 - Stehlagergehäuse 134–136
 - Stehlagergehäuse (SONL) 137–139
 - Vorbereitungen 130
- Einbau von Lagereinheiten 92–121
 - Anzugsmomente 102–103
 - Ersatzteile 94–100
 - mit einem Exzenterring 106–108
 - mit einem zylindrischen Befestigungsring 119–120
 - mit einer Spannhülse 109–110
 - mit Gewindestiftbefestigung 104–106
 - mit SKF ConCentra Befestigungstechnik 111–118
 - Vorbereitungen 101
 - Werkzeuge 102–103
- Einbau von Lagern 44–91
 - Anleitung nach Lagerausführung 74–91
 - mithilfe der Druckölmethode 62–66
 - mithilfe des SENSORMOUNT-Verfahrens 67
 - mithilfe des SKF Drive-up-Verfahrens 57–61
 - mithilfe mechanischer Verfahren 53–56
 - Störungszustände 240, 243, 245, 247
 - unsachgemäßer Einbau 248–249, 305–306
 - Vorbereitungen 46–49
 - Werkzeuge 72–73, 416–418
- Eindrückungen 298–299
 - Fehlerbehebung 245, 248
 - infolge ineffektiver Abdichtung 316
 - infolge unsachgemäßen Einbaus 305–306
 - Lager-Schadensentwicklung 211, 231
- Einheiten *Siehe* Lagereinheiten
- Einklemmen *Siehe* unrund
- Einlaufen 191
- Einpressdorne 146
- Elastomerdichtungen
 - Aufbewahrung 42
 - Einbau 140–157
- elektrische Anwärmpfatten 68
- elektrischer Strom
 - Schäden aufgrund von Stromleckagen 321–322
 - Schäden aufgrund von Überspannung 307
 - Störungszustände 249, 250
- Elektroerosion 298–299
 - Stromleckagen 321–322
 - Überspannung 307
- elektronische Stethoskope 221
- EMCOR-Prüfung *Siehe* SKF EMCOR-Prüfung
- Enddeckel 133
- Endoskope 225–226
- Energieeffizienz 329

- Entfernen von Dichtungen 284–286
- Epocast 36 165
- Epoxidharz
 - für die Maschinenausrichtung 165
 - für die Wellenreparatur 152
- EP-Zusätze *Siehe* Extreme-Pressure-Zusätze
- Ermüdung 298–299
 - durch Oberflächendefekte 301, 303–304, 310–311
 - durch Tiefendefekte 301, 303–304
- Ermüdung durch Oberflächendefekte 298–299
 - Fehlerbehebung 249
 - infolge defekter Sitze 303
 - infolge falscher Passungen 301
 - infolge ineffektiver Schmierung 310–311
 - infolge von Fluchtungsfehlern 304
- Ermüdung durch Tiefendefekte 298–299, 309
 - infolge defekter Sitze 303
 - infolge falscher Passungen 301
 - infolge von Fluchtungsfehlern 304
- Ermüdungsbruch 298–299
 - infolge von Schiefstellung im Betrieb 319
- Erneuerung 198–199
- Ersatzteile
 - für Dichtungen 142–145
 - für Gehäuse 124–129
 - für Lagereinheiten 94–100
- erweiterte Lebensdauer 27–28
- Erweiterte SKF Lebensdauer 27–28
- Extreme-Pressure-Zusätze
 - in Ölen 203, 207
 - in Schmierfetten 184
 - Kompatibilität mit Werkstoffen 202, 207
- Exzenterringbefestigung 94–95
 - Anzugsmomente 102
 - Ausbau von Lagereinheiten 273
 - Einbau von Lagereinheiten 106–108

F

- Farbe
 - auf Aufspannflächen 130, 161, 165
 - Dichtungsschutz 150
- Fehlerbehebung 228–251
 - feste Verunreinigungen 211–212
 - Fehlerbehebung 245, 249
- Festlageranordnungen 30–31
- Festringe 132
- Festschmierstoff 182–183
- Festzusätze
 - in Ölen 203
 - in Schmierfetten 184
 - in Zentralschmiersystemen 213
- Fettfüllung ergänzen 195–196
- Fettschmierung 183–202
- Feuchtigkeit
 - bei der Aufbewahrung von Elastomerdichtungen 42
 - bei der Aufbewahrung von Lagern und Einheiten 41
 - bei der Aufbewahrung von Schmierstoffen 43
- Feuchtigkeitskorrosion 298–299
 - Fehlerbehebung 250
 - infolge falschen Transports oder Lagerung 308
 - infolge ineffektiver Abdichtung 317–318
- Filterrückhalterate 212
- Filzdichtungen 238
- FKM *Siehe* Fluorelastomer
- Flanschlagereinheiten 100
 - Ausbau 270–277
 - Bauformen und Ausführungen 96–100
 - Einbau 104–120
- Flanschlagergehäuse
 - Ausbau 282–283
 - Bauformen und Ausführungen 125–126

Fluchtungsfehler
in Kugellagereinheiten mit einem Exzenterring 106, 108
in Kugellagereinheiten mit einer Spannhülse 110
in Kugellagereinheiten mit Gewindestiftbefestigung 104, 106
in Rollenlagereinheiten mit einem zylindrischen Befestigungsring 119
in SKF ConCentra Kugellagereinheiten 112, 114
in SKF ConCentra Rollenlagereinheiten 116, 118
Lagerschäden 304, 320
Laufspuren 296–297
Schwingungsfrequenzen 222–223
von Antriebsriemen 176–177
von Dichtungen außerhalb des Lagers 238
von Kreuzgelenken 175
von Wellen 167–169
flüssige Verunreinigungen 212
Fehlerbehebung 246, 250

Fluorelastomer
bei hohen Temperaturen 142
Nachsetzzeichen für Dichtungen 145

fluoriertes Schmierfett 189, 200, 202
Förderring *Siehe* Ölförderring

Formgenauigkeit 35–36
Toleranzen für Lagersitze 386
Toleranzen für Wellen (Hülsenmontage) 384

FRB-Ringe *Siehe* Festringe

Freistriche 38
Abmessungen 387

Fühlerlehren
für die Kippfußkontrolle 162
für die Messung der Lagerluft 52
für die Messung der Lagerluftverminderung 55
für die Riemenausrichtung 176
für die Wellenausrichtung 170

Führungshülsen *Siehe* Montagehülsen

Führungsstangen 81
fundamentgebunden 167, 175

G

Gebrauchsdauer 28–29
Einflussfaktoren 230–231

Gegenlaufläche 142
Anforderungen 146
Kontrolle 226–227
Reparatur 151–154

gegenseitige Führung *Siehe* angestellte Lagerungen

Gehäuse
Ausbau 278–283
Bauformen und Ausführungen 125–127
Einbau 122–139
Kennzeichnung 27
Schmierung bei Erstinstallation 190
wälzlagertechnische Fachausdrücke 11

Geräusch
Fehlerbehebung 233
Zustandsüberwachung 221

geteilte Dichtringe 133, 154–155

geteilte Stehlagergehäuse *Siehe* Stehlagergehäuse

Gewaltbruch 298–299
infolge defekter Sitze 303
infolge falscher Passungen 301

Gewindestiftbefestigung 94–95
Anzugsmomente 102
Ausbau von Lagereinheiten 272
Einbau von Lagereinheiten 104–106

Gleiten *Siehe* Anschmieren

Graphit 182, 184
Grease Test Kit *Siehe* SKF Grease Test Kit

Grenzdrehzahl 187
Grenzen für die Fettschmierung 186, 194

Größenkennung 22

Grundöl
in Ölen 203
in Schmierfetten 183
Kompatibilität 200–201
Viskosität 185

Gusseisen
Gehäuse 126
Lagereinheitsgehäuse 100
Gussstahl 126

H

Haarlineal-Methode
für die Ausrichtung von Kreuzgelenken 175
für die Riemenausrichtung 176–177
für die Wellenausrichtung 170–171

Hakenschlüssel 102–103

Hämmer
für den Einbau von Dichtungen 146
für den Einbau von Lagern 49

Handhabung
Lager 49–50
Lagerschäden 305–306, 308
Schmierstoffe 181

HMV-Muttern *Siehe* Hydraulikmuttern

HNBR *Siehe* Acrylnitril-Butadien-Kautschuk

Hochgenauigkeitslager
Lagerarten 12, 18
Schmierung bei Erstinstallation 191

Hohlwellen 34–35
Hubvorrichtung 50, 68
Hüllkurvenbeschleunigung 224

Hydraulikmuttern
für das SKF Drive-up-Verfahren 56, 406–413
für den Ausbau von Lagern 262, 266
Reihen und Ausführungen 73

Hydraulikpumpen
Auswahlhilfe 72
für das SKF Drive-up-Verfahren 56

hydraulisch unterstützte Abzieher 257, 260

HYDROCAM 166

I

Inbusschlüssel *Siehe* Sechskantschlüssel

Induktions-Anwärmgeräte
für den Ausbau von Lagern 255, 259
für den Einbau von Lagern 69, 82
für die Montage von Reparaturhülsen 152

induzierte Lasten 301, 320
Fehlerbehebung 241, 243–244

Infratrotgeräte 70

Inkompatibilität *Siehe* Kompatibilität

Innenabzieher 268
Innenring-Aufweitung 56
Instandhaltungsstrategieprüfung 328–330
Instandhaltungsunterstützung 324–331
Instandhaltungsverfahren 218–219

integrierte Berührungsdichtungen
für Lager 40
für Lagereinheiten 96
Störungszustände 237–238, 251

integrierte Lösungen für Wartung und Instandhaltung 329

ISO
Lagerschäden-Klassifizierung 298
Maßreihen 22–23
Toleranzgrade 385
Toleranzklassen 35
Verunreinigungs-klassifizierung 212
Viskositätsklassen 203, 415

K

Kalibrierkonen
für die Riemenausrichtung 176
für die Wellenausrichtung 170

Kalziumseife 185

Kardanwellenausrichtung *Siehe* Ausrichtung von Kreuzgelenken

kegelige Sitze auf Wellen
Ausbau von Lagern 259–264
Einbau von Lagern 54–56
Messformular 48

Kegellehringe 47
Kegelmessgeräte 47–48

Index

- Kegelrollenlager
 - Ausrichtung von O-Anordnungen 86–88
 - Ausrichtung von X-Anordnungen 84–85
 - Axialluft, Werte 396
 - Einbau 84–89
 - Lagerarten 16–17
 - Schmierung bei Erstinstitution 191
 - Störungszustände 245
 - Keilnuten 150, 152
 - Kettenöle 209
 - für SKF SYSTEM 24 Schmiersysteme 199
 - kinematische Viskosität *Siehe* Viskosität
 - Kippfuß 162
 - Kompatibilität
 - Öle 210
 - Schmierfette 200–202
 - zwischen Dickungsmitteln 201
 - zwischen Grundölen 201
 - Komplekseifen 183
 - Konsistenz 185
 - Schmierfett-Leistungstest 188
 - Konsistenzklasse *Siehe* NLGI-Klasse
 - kontinuierliche Nachschmierung 195, 197
 - korrigierende Instandhaltung *Siehe* reaktive Instandhaltung
 - Korrosion 298–299
 - Feuchtigkeitskorrosion 308, 317–318
 - Passungsrost 302–303, 308, 319
 - Korrosionsschutzmittel
 - Entfernen von neuen Lagern 47, 202
 - Kompatibilität 189, 202
 - Korrosionsschutzmittel 188
 - Ausbau 202
 - Kompatibilität mit Schmierfetten 189, 202
 - Korrosionsschutzprüfung 188
 - Krater 321–322
 - Kronenmuttern 88
 - Kugellagereinheiten
 - Ausbau 272–275
 - Bauformen und Ausführungen 96–100
 - Einbau 104–114
 - Kurzzeichen 96, 100
 - Montage 121
 - Wellenbefestigungsverfahren 94–96
 - Kundenanforderungsanalyse *Siehe* SKF
 - Kundenanforderungsanalyse
 - Kupferkorrosionstest 188
 - Kurzzeichen
 - für Dichtungen 143–145
 - für Gehäuse 125–129
 - für Lager 22–25
 - für Lagereinheiten 96–100
- ## L
- Labyrinthdichtungen 39
 - Einbau in Stehlagergehäusen 136
 - Ergänzen der Fettfüllung 196
 - Schmierung bei Erstinstitution 190
 - Störungszustände 238
 - Lager
 - Aufbewahrung 41, 230
 - Ausbau 254–269
 - Defektfrequenzen 224
 - Einbau 44–91
 - Größenkategorien 46
 - Handhabung 49–50
 - Kennzeichnung 26–27
 - Kontrolle 225–226
 - Lagerarten 12–21
 - Lagerbezeichnungen 22–25
 - Nachschmierung 194–198
 - Schmierung bei Erstinstitution 189–191
 - wälzlagertechnische Fachausdrücke 10
 - Lageranordnungen
 - in Stehlagergehäusen 127, 132
 - Lagerarten 30–31
 - wälzlagertechnische Fachausdrücke 11
 - Lagerarten 21
 - Lagerausfall *Siehe* Lagerschäden
 - Lagerbefestigung 31–38
 - Lagereinheiten
 - Aufbewahrung 41
 - Ausbau 270–277
 - Bauformen und Ausführungen 96–100
 - Einbau 92–121
 - Kennzeichnung 27
 - Kurzzeichen 96, 100
 - Wellenbefestigungsverfahren 94–96
 - Lagergehäuse *Siehe* Gehäuse
 - Lagerlebensdauer
 - erweiterte Lebensdauer 27–28
 - Gebrauchsdauer 28–29
 - Lagerluft
 - Betriebsspiel 29
 - Fehlerbehebung 233, 234, 239–242
 - Messung mit einer Fühlerlehre 52
 - Restwerte nach dem Einbau 403–404
 - Überlegungen bei der Wahl der Passung 33
 - ursprüngliche 29, 51
 - Verminderungswerte beim Einbau 403–404
 - vor und nach dem Einbau 29, 51
 - Werte vor dem Einbau 388–401
 - Lagerluft 29, 51
 - Messung mit einer Fühlerlehre 52
 - Restwerte nach dem Einbau 403–404
 - Verminderungswerte beim Einbau 403–404
 - Werte für CARB Toroidalrollenlager 399–400
 - Werte für Nadellager 393
 - Werte für Pendelkugellager 392
 - Werte für Pendelrollenlager 397–398
 - Werte für Rillenkugellager 388
 - Werte für Schrägkugellager 389–390
 - Werte für Vierpunktlager 391
 - Werte für Y-Lager 401
 - Werte für Zylinderrollenlager 393
 - Lagerluftverminderung 54–55
 - Werte für CARB Toroidalrollenlager 404
 - Werte für Pendelrollenlager 403
 - Lagerschäden 288–323
 - betriebliche 309–322
 - ISO-Klassifizierung 298
 - Symptome 232–235
 - Ursachen 230–231, 298
 - vorbetriebliche 300–308
 - Lagersitze
 - Abmessungen für Freistiche 387
 - Genauigkeitsanforderungen 35–36, 386
 - Lagerschäden 302–303
 - Oberflächenrauheit 36, 387
 - Prüfung der Genauigkeit 47–49
 - Lagerungsbeständigkeit
 - von Elastomerdichtungen 42
 - von Lagern 41
 - von Schmierstoffen 43
 - laserunterstützte Ausrichtverfahren
 - für die Ausrichtung von Kreuzgelenken 175
 - für die Riemenausrichtung 176–177
 - für die Wellenausrichtung 171–173
 - Lastzonen 292–297
 - Lauf-, Stütz- und Kurvenrollen 19–20
 - Laufgenauigkeit 35–36
 - Toleranzen für Lagersitze 386
 - Toleranzen für Wellen (Hülse montage) 384
 - Laufspuren 291–297
 - Lebensdauer *Siehe* Lagerlebensdauer
 - lebensmittelverträgliche Schmierstoffe 209, 424
 - Leckagen 222
 - Fehlerbehebung 236, 238–239, 245
 - Lithiumseife 185
 - Loslagerungen 30–31
 - Lösungsmittel
 - Bauformen 254
 - für die Lagerreinigung 224
 - Handhabung 225
 - LuBASE 189, 207
 - LubeSelect 189, 192, 207
 - LubriLean *Siehe* SKF LubriLean

M

Machine Condition Advisor *Siehe* SKF Machine Condition Advisor
Manometer 56
Maschinenausrichtung 161–166
Maschinen-Basisrahmen
Gießen von Epoxidharz 165
Kippfuß-Zustand 162
Maschineninstallation 161–166
Maschinenstörungen 222
Maschinenunterlagen 163–164
für die Ausrichtung von Kegelrollenlagern 85
für die Ausrichtung von Schrägkugellagern 74–75
für Lagereinheiten 101
für Stehlagergehäuse 130
in der TMAS-Reihe 164
Störungszustände 241
zur Verhinderung axialer Vorspannung 244
Materialermüdung *Siehe* Ermüdung durch Tiefendefekte
mechanische Abzieher 256, 260
mechanische Instandhaltungsservices 330
mechanische Stabilität 188
mechanischer Einbau 53–67
mehrrheilige Kegelrollenlager *Siehe* vierreihige Kegelrollenlager
Messformular 48
Messing
für Maschinenunterlagen 163
Kompatibilität mit EP-Zusätzen 202
Messuhren 56
Mikrometer 47–49
Mikrorisse 299
infolge ineffektiver Schmierung 310
infolge von Materialermüdung 309
Mikroskop-Partikelzählung 212
Mineralöl
in Schmierfetten 183, 189
in Ölen 203–204
Minimalmengenschmierung 214–215
Mischen von Schmierfetten *Siehe* Schmierfett, Kompatibilität
Molybdändisulfid
für den Einbau von Lagern 62
in Schmierfetten 183
MonoFlex *Siehe* SKF MonoFlex
Montage von Kugellagereinheiten 121
Montagehülsen
für den Einbau von Dichtungen 150
für den Einbau von Zylinderrollenlagern 81–84
Montagepaste 49
MultiFlex *Siehe* SKF MultiFlex
Muttern-Anzugswinkel 55
Werte für CARB Toroidalrollenlager 404
Werte für Pendelkugellager 402
Werte für Pendelrollenlager 403

N

Naben *Siehe* Radlager
Nachhaltigkeit 329–330
Nachschmierung 192–198
Auswirkung auf die Temperatur 221
von abgedichteten Lagern 90, 192
Nachsetzzeichenliste
für Dichtungen 145
für Gehäuse 127–128
für Lager 24–25
für Lagereinheiten 96
Nadellager
Ausbau 255, 258
Einbau 80–81
Lagerarten 15–16
Radialluft, Werte 393
natürliches Öl
in Schmierfetten 183
in Ölen 203
NBR *Siehe* Acrylnitril-Butadien-Kautschuk
nicht fluchtend
Fehlerbehebung 251
infolge defekter Sitze 302
infolge von Fluchtungsfehlern 304

nicht selbsthaltende Lager
Einbau 80
Schmierung bei Erstinstallation 190
Nichtseifen 183
NLGI-Klasse 184
Schmierfett-Leistungstest 188
nominelle Lebensdauer 27
Nuten 150, 152
Nutenausrichtung 176–177

O

Oberflächenrauheit 36
Mittelwerte 387
Oberflächenschäden 233–235
Ofenlager 182
Öl
Analyse 210–212
Auswahl 203–207
Filterung 211–212
Kompatibilität 201, 210
Probenentnahme 210
Vergleich mit Schmierfett 182, 214
Viskosität 203–206
Ölabscheidung 181, 184, 187
Anpassung der Schmierfristen 205
Schmierfett-Leistungstest 188
O-Lageranordnungen
Ausrichtung von Kegelrollenlagern 86–88
Ausrichtung von Schrägkugellagern 76–77
Ölbad 208
Ölprobe 210
Ölwechselintervall 209
Störungszustände 236–237
zum Anwärmen von Lagern 71
Öldruck
Berechnung für das SKF Drive-up-Verfahren 58
Werte für das SKF Drive-up-Verfahren 406–413
Öleinspritzung 208
Ölwechselintervall 209
Ölförderring 207–208
in SONL-Gehäusen 137–139
Ölwechselintervall 209
Ölinjektoren 72
Ölleckagen 182
Fehlerbehebung 236
Öl-Luft 207–208
SKF Oil+Air 215
Ölschmiersysteme 207–209
Ölschmierung 203–212
Ölstandsanzeige 137, 139
Ölumlaufschmierung 208
Einbau von SONL-Gehäusen 137–139
Entnahme von Ölproben 210
in Zentralschmiersystemen 213–215
Ölwechselintervall 209
Ölwechselintervalle 209
Ölzusätze 203
O-Ringe 39
oszillierende Anwendungen 207
ovales Verklemmen *Siehe* unrund
Oxidation
resultierend in Korrosion 299
von Schmierfett 187
Vorbeugung 81, 185, 203
oxidiertes Schmierstoff 226, 254

P

Partikelzählung 212
Passungen
Auswahl 32–34
für Gehäuse 336–337
für Wellen 334–336
Lagerschäden 300–302
resultierende Passungen 338–381
Störungszustände 241–242, 246
Passungsempfehlungen *Siehe* Passungen

Index

- Passungsrost 298–299
Reibkorrosion 298–299, 302–303
Stillstandsmarken 308, 319
- Pendelkugellager
axiale Verschiebung, Werte 402
Einbau 79–80
Einbau (Druckölmethode) 62–66
Einbau (SKF Drive-up-Verfahren) 57–61
Lagerarten 13
Muttern-Anzugswinkel 402
Radialluft, Werte 392
Schmierung bei Erstinstantion 191
SKF Drive-up-Verfahren, Werte 392
- Pendelrollenlager
Ausführungen 17
axiale Verschiebung, Werte 403
Einbau 90
Einbau (Druckölmethode) 62–66
Einbau (SKF Drive-up-Verfahren) 57–61
Lagerluftverminderung, Werte 403
Muttern-Anzugswinkel 403
Radialluft, Werte 397–398
SKF Drive-up-Verfahren, Werte 407–411
- Planlauf toleranz 36
Toleranzen für Lagersitze 386
- plastische Verformung 298–299
Eindrückungen 305–306, 316
Überbelastung 305, 308
- polierender Verschleiß
infolge falscher Passungen 300–301
infolge ineffektiver Abdichtung 315
- Polyamid
Kompatibilität mit EP-Zusätzen 202
Lagereinheitsgehäuse 100
- Polyharnstoff 183
- Pressen
für den Ausbau von Lagern 258, 267
für den Einbau von Dichtungen 146
für den Einbau von Lagern 53
- Probelauf 174
- ProFlex *Siehe* SKF ProFlex
- PTFE
bei hohen Temperaturen 142
Kompatibilität 202
Nachsetzzeichen für Dichtungen 145
Radial-Wellendichtringe 143, 146, 150
- Pumpen
Auswahlhilfe 72
für das SKF Drive-up-Verfahren 56
- Punktlast 32
- Q**
Qualität des Fundaments 161
Querböhrungen 150, 152
- R**
radiale Befestigung 31–36
Störungszustände 241–242, 246
- Radiallager 12–17
- Radial-Wellendichtringe
Bauformen und Ausführungen 143–145
Einbau in ein Gehäuse 146–149
Einbau über eine Welle 150
Ersatz 151
Reinigung 146
- Radlager 87–88
- Randausrichtung 170–171
- Rattermarken 308
- reaktive Instandhaltung 218–219
- Rechtwinkligkeit 36, 386
- Referenztemperatur 203
- Reibkorrosion 298–299
Ausbau 226
infolge defekter Sitze 302–303
infolge falscher Passungen 300
Schmierfett-Leistungstest 188
- Reibungsmoment 235
- Reinigung
Dichtungen 146
Lager 226
- Rekonditionierung 331
- Reparaturhülsen 152–153
- Reparaturhülsen mit großem Durchmesser 225
Montage 152–153
- resultierende Passungen
für Gehäuse (metrisch) 350–359
für Gehäuse (in Zollabmessungen) 372–381
für Wellen (metrisch) 338–349
für Wellen (in Zollabmessungen) 360–371
- Riemenausrichtung 176–177
- Riemenscheibenausrichtung *Siehe* Riemenausrichtung
- Riffelbildung
infolge von elektrischem Strom 322
infolge von Schwingung 319
- Rillenkugellager
Dichtungen im Lager 40
Lagerarten 12
Radialluft, Werte 388
Schmierung bei Erstinstantion 191
- Ringwandern *Siehe* Wandern
- Rissbildung 298–299
- Risse
infolge defekter Sitze 303
infolge falscher Passungen 300–301
Mikrorisse 309–312
- RMI *Siehe* SKF Reliability Maintenance Institute
- Rollenlagereinheiten
Ausbau 276–277
Bauformen und Ausführungen 96–100
Einbau 114–120
Kurzzereine 96, 100
Wellenbefestigungsverfahren 94–96
- Rost
Fehlerbehebung 246
infolge defekter Sitze 302
infolge ineffektiver Abdichtung 317–318
- Rotationszentrum 167
- Rückdrehausrichtung 170–171
- Runderneuerung 331
- Rundungen
Abmessungen 38
Abmessungen (Freistiche) 387
Störungszustände 247
- Rutschen *Siehe* Anschmieren
- S**
Salzwasser 185
Sauberkeit 28–29, 46–47
Schälung 231
durch Tiefendefekte 303–304, 309
durch Oberflächendefekte 301, 304, 310–311
Fehlerbehebung 244, 249–250
- Schaumbarriere 165
- Scheiben
für Gehäuse 131
für Lagereinheiten 101
- Schlagringe/Hülsen 146
- Schleifen 233
- Schleifpapier 226
- Schlitzelemente *Siehe* Blöcke
- Schmierfett
Alterung 187, 192, 195
Analyse 222
Auswahl 189
Auswahltafel (SKF Schmierfette) 430–431
Datenblätter 181, 184–188
Eigenschaften 185–188
Funktion 184
Kompatibilität 200–202
Konsistenz 185, 188
Leistungstests 188
SKF Schmierfette 423–431
Steifigkeit 184, 187
Vergleich mit Öl 182, 214
zulässige Betriebstemperaturen 186–187

Schmierfett-Austrittsöffnungen 196, 199
 Schmierfett-Leckagen 182
 Fehlerbehebung 202, 236, 238–239
 Schmierfett-Leistungstests 188
 Schmierfilm
 Bildung 204
 Tragfähigkeit 184, 200
 Schmierfristen 192–195
 Fehlerbehebung 236, 245–246
 Schmiernippel
 für das Ergänzen der Fettfüllung 195
 Position an Stehlagergehäusen 133, 196
 Schmierstoff
 Aufbewahrung 42
 Auswahl 182
 Entsorgung 181
 Gebrauchsdauer 28
 Handhabung 181
 Kontrolle 181, 222, 225
 Lagerungsbeständigkeit 43
 Schmiersysteme
 Zentralschmiersysteme 213–215
 Ölschmiersysteme 207–209
 Schmierung 178–215
 Management 180
 SKF Schmierungstechnik 420–422
 Störungszustände 236–237
 Schrägkugellager
 Ausrichtung von O-Anordnungen 76–77
 Ausrichtung von X-Anordnungen 74–75
 axiale Vorspannung, Werte 389
 Axialluft, Werte 389
 Einbau 74–78
 Einzellager 74
 Lagerarten 12–13
 mit zweiteiligem Innenring 78
 Schmierung bei Erstinstallation 191
 Störungszustände 243, 245, 247
 Universallager für den satzweisen Einbau 76
 schraubgebunden 167, 175
 Schulung 326–327
 Schutzhandschuhe 73
 Schweißen 172
 Schwingung
 Anpassung der Schmierfristen 195
 Fehlerbehebung 234
 Schmierfett-Leistungstest 188
 Stillstandsmarken 308, 319
 Schwingungsüberwachung 222–224
 Durchführung von Messungen 223
 Lager-Defektfrequenzen 224
 Sechskantschlüssel 102
 Seifen 183, 185
 selbsthaltende Lager 190
 senkrechte Wellen
 Anpassung der Schmierfristen 195
 Überlegungen bei der Schmierstoffauswahl 182
 SENSORMOUNT-Verfahren 67
 Seriennummern
 auf Stehlagergehäusen 27
 auf Vierpunktlagern 78
 auf vierreihigen Kegelrollenlagern 89
 auf vierreihigen Zylinderrollenlagern 82
 Serviceverträge 330
 Shopfloor Awareness Cards 330
 short foot *Siehe* Kippfuß
 Sicherheitsdatenblätter 180
 Interpretation 184–188
 Sicherungsringe 91
 Sinuslineal 47
 Sitze *Siehe* Lagersitze
 SKF @ptitude Decision Support 327
 SKF @ptitude Exchange 327
 SKF Ampel-Konzept 186–187
 SKF Certified Maintenance Partner 331
 SKF Certified Rebuilder Programm für Elektromotoren 331
 SKF CircOil 215
 SKF ConCentra Befestigungstechnik 94–95
 SKF ConCentra Kugellagereinheiten
 Ausbau 275
 Einbau 111–114
 SKF ConCentra Rollenlagereinheiten
 Ausbau 276–277
 Einbau 114–118
 SKF Drive-up-Verfahren 57–61
 axiale Verschiebbarkeit, Werte 406–413
 Hydraulikumuttern 406–413
 Öldruck, Werte 406–413
 Werkzeuge 56–57
 SKF DuoFlex 215
 SKF Duralife 145
 SKF Duralip 145
 SKF EMCOR-Prüfung 188
 SKF Energy Monitoring Service 329–330
 SKF Grease Test Kit 222
 SKF Kundenanforderungsanalyse 328
 SKF Lubrication Planner 180
 SKF LubriLean 215
 SKF Machine Condition Advisor 223
 SKF MonoFlex 215
 SKF MultiFlex 215
 SKF Oil+Air 215
 SKF ProFlex 215
 SKF Reliability Maintenance Institute 326–327
 SKF Schmierfette 423–431
 Auswahltafel 430–431
 für SKF SYSTEM 24 Schmiersysteme 199
 SKF SPEEDI-SLEEVE 225
 Einbau/Montage 152–153
 SKF Springcover 144–145
 SKF Springlock-Federnut 144–145
 SKF SYSTEM 24 198–199
 SKF V2F-Prüfung 188
 SKF Vertragshändler 331
 SKF Vibracon SM-Elemente 162–165
 SKF Wälzlager-Einbauwerkzeugsatz
 für den Einbau von Dichtungen 146
 für den Einbau von Lagern 72
 SKF WAVE-Dichtlippe 143
 SKF Werkzeuge und Produkte
 für den Ausbau 435–436
 für den Einbau 416–418
 für die Ausrichtung 419
 für die Schmierung 420–422
 für die Zustandsüberwachung 432–434
 SNL-Gehäuse *Siehe* Stehlagergehäuse
 Solid Oil 182–183
 SONL-Gehäuse *Siehe* Stehlagergehäuse
 Spannhülsen
 Ausbau von Flanschlagergehäusen 282
 Ausbau von Lagern 260–264
 Einbau von Lagern (Druckölmethode) 62–66
 Einbau von Lagern (SKF Drive-up-Verfahren) 57–61
 Spannhülsenbefestigung 94–95
 Anzugsmomente 103
 Ausbau von Lagereinheiten 274
 Einbau von Lagereinheiten 109–110
 Spannlager *Siehe* Y-Lager
 Spannagerkopfeinheiten
 Ausbau 270–277
 Einbau 104–120
 Spannagerkopfgewehäuse 125–126
 Spannung 307
 SPEEDI-SLEEVE *Siehe* SKF SPEEDI-SLEEVE
 Sphäroguss 126
 Spiel 163, 220
 Spindel-Rekonditionierung 331
 Spratztest 211
 Springcover *Siehe* SKF Springcover
 Stahlblech 100
 Stehlagereinheiten
 Ausbau 270–277
 Bauformen und Ausführungen 96–100
 Einbau 104–120

Index

- Stehlagergehäuse
 - Ausbau 280–281
 - Bauformen und Ausführungen 125–126
 - Einbau von SNL-Gehäusen 134–136
 - Einbau von SONL-Gehäusen 137–139
 - Stillstand
 - Feuchtigkeitskorrosionsschäden 317–318
 - Schäden aufgrund von Überspannung 307
 - Schwingungsschäden 319
 - Stillstandsmarken 298–299
 - infolge falschen Transports oder Lagerung 308
 - infolge von Schwingung 319
 - stillstehende Maschine 167–168
 - stillstehender Innenring 293
 - Stirnseitenausrichtung 176–177
 - Störungen *Siehe* Maschinenstörungen
 - Stoßbelastung
 - Anpassung der Schmierfristen 195
 - Bedarf an Zusätzen 207
 - Lagerschäden 248, 308
 - Stoßeinwirkungsschäden
 - infolge falschen Transports oder Lagerung 308
 - infolge unsachgemäßen Einbaus 248, 305
 - Stoßböfen 182
 - Stromleckagen 298–299
 - infolge von Stromdurchgang 321–322
 - synthetisches Schmieröl
 - in Ölen 203
 - in Schmierfetten 183
 - SYSTEM 24 *Siehe* SKF SYSTEM 24
- T**
- Taconite-Dichtungen 128–129
 - Temperatur
 - Betriebs- 186–187
 - Referenz- 203
 - Störungszustände 233
 - Umgebungs- 161
 - Zustandsüberwachung 221
 - Temperaturunterschied
 - Störungszustände 240
 - Überlegungen bei der Ausrichtung 161
 - Überlegungen bei der Wahl der Passung 33
 - zwischen Innen- und Außenringen 221
 - thermische Kontrolle 221
 - Thermometer 221
 - Thermoringe *Siehe* Aluminium-Thermoringe
 - Toleranzgrade *Siehe* ISO, Toleranzgrade
 - Toleranzklassen *Siehe* ISO, Toleranzklassen
 - Toleranztabellen
 - für Gehäuse (metrisch) 350–359
 - für Gehäuse (in Zollabmessungen) 372–381
 - für Wellen (Hülsebefestigung) 384
 - für Wellen (metrisch) 338–349
 - für Wellen (in Zollabmessungen) 360–371
 - korrigierte Wellenabmaße und Bohrungsabmaße bei Lagern in Zollabmessungen 382–383
 - Total Cost of Ownership 329
 - Tragzahlen 187
 - Transportschäden 308
 - Trennstücke 260
 - Tropfpunkt 185
 - Schmierfett-Leistungstest 188
- U**
- Überbelastung 298–299
 - infolge falschen Transports oder Lagerung 308
 - infolge unsachgemäßen Einbaus 305
 - Überhitzung 233
 - Überprüfen 216–227
 - Schmierstoffe 181
 - während der Abschaltung 224–227
 - während des Betriebs 220–224
 - Überrollen 231
 - Lager-Defektfrequenzen 224
 - Ultraschall-Datensammler 221
 - Umfangslast 32
 - Fehlerbehebung 243
 - Umgebungstemperatur
 - Überlegungen bei der Maschinenausrichtung 161
 - Überlegungen bei der Nachschmierung 195–196
 - Umlaufbedingungen 32
 - umlaufender Außenring
 - Anpassung der Schmierfristen 195
 - Lastbedingungen 32
 - Laufspuren 293
 - Radanwendung 87–88
 - Umrechnung angelsächsischer Einheiten in metrische Einheiten 437
 - unbestimmte Lastrichtung 32
 - ungeteilte Dichtungen
 - Bauformen und Ausführungen 144–145
 - Einbau 133, 149
 - ungeteilte Stehlagergehäuse 126
 - Universallager für den satzweisen Einbau
 - axiale Vorspannung, Werte 389
 - Axialluft, Werte 389
 - Einbau 76
 - unrund 241
 - Fehlerbehebung 241
 - infolge defekter Sitze 302–303
 - Laufspuren 296–297
 - Unterlegscheiben 156
 - Unwucht 223, 243, 246
 - ursprüngliche Lagerluft 29
- V**
- V2F-Prüfung *Siehe* SKF V2F-Prüfung
 - Verbindungsschrauben 131
 - Verbrauchsschmiersysteme 214
 - Verbundwerkstoff *Siehe* Polyamid
 - Verdrängung
 - Fehlerbehebung 236
 - infolge überschüssigen Schmierfetts 190, 199
 - infolge von Schwingung 194
 - resultierend in Schmierstoffleckagen 222
 - Verschäumung 208, 212
 - Ursachen 211
 - Vorbeugung 202
 - Verschiebung *Siehe* axiale Verschiebung
 - Verschleiß 298–299
 - abrasiver 300–301, 313, 314–315
 - adhäsiver 301, 312
 - Verschleißminderer (AW-Zusatz)
 - in Ölen 203, 207
 - in Schmierfetten 184
 - verstellbare Stahlblöcke *Siehe* SKF Vibracon SM-Elemente
 - Verunreinigung
 - abrasiver Verschleiß 314–315
 - Anpassung der Schmierfristen 195
 - Eindrückungen 316
 - Fehlerbehebung 245–246, 249–250
 - ISO-Klassifizierung 212
 - Lager-Schadensentwicklung 231
 - Verunreinigungen 211–212
 - Vibracon SM-Elemente *Siehe* SKF Vibracon SM-Elemente
 - Vierlippendichtungen
 - Ergänzen der Fettfüllung 196
 - Schmierung bei Erstinstallation 190
 - Vierpunktlager
 - Ausführungen 13
 - Axialluft, Werte 391
 - Einbau 78
 - Störungszustände 244
 - vierreihige Kegelrollenlager
 - Ausführungen 17
 - Einbau 89
 - vierreihige Zylinderringrollenlager
 - Ausführungen 14
 - Einbau 82–84
 - Viskosität
 - Äquivalente 414
 - Berechnung 204–206
 - Störungen und ihre Lösungen 246, 249
 - von Grundöl in Schmierfett 185
 - von Öl 203

Viskositätsindex 203
Viskositätsklassen *Siehe* ISO-Viskositätsklassen
Viskositätsverhältnis 204
VKA-Test 188
vorbeugende Instandhaltung 218–219
Vorspannung
 betriebliche 29, 51
 Fehlerbehebung 240–245
 Werte für Schrägkugellager 389
Vorspannwerkzeuge 166
vorzeitiger Lagerausfall. *Siehe* Lagerschäden
V-Ringdichtungen
 Ausbau 286
 Einbau in Stehlagergehäusen 135
 Einbau über eine Welle 157

W

Walkstabilität 188
Walzenlager 259
Wälzlager *Siehe* Lager
wälzlagertechnische Fachausdrücke 10–11
Wandern 31
 Fehlerbehebung 243, 246–247
 infolge falscher Passungen 300–301
 Überlegungen bei der Wahl der Passung 33
Wärme
 Fehlerbehebung 233
 Zustandsüberwachung 221
Wärmedehnung
 Einbau von CARB Toroidalrollenlagern 91
 Überlegungen bei der Ausrichtung 161, 169
 Überlegungen bei der Wahl der Passung 33–34
Wärmespannungsrisse 298–299
 infolge falscher Passungen 301
 Waschbrett-Effekt 322
Wasser
 Beständigkeit von Schmierfett 183, 185, 188
 Gehalt in Öl 210–211
 Lagerschäden 317–318
 Verunreinigung 181, 187, 212
Wasserwaagen
 für die Riemenausrichtung 176
 für die Wellenausrichtung 170
WAVE-Dichtlippe *Siehe* SKF WAVE-Dichtlippe
Wellenausrichtung 167–174
 Messrichtlinien 167–168
 Toleranzen 169
 Verfahren 170–173
Wellenbefestigungsverfahren 94–96
Wellenbewegung 234
Wellenreparatur 152–154
Werkzeuge *Siehe* SKF Werkzeuge und Produkte
Werkzeugmaschinen
 Schmierung 191, 215
 SKF Services 331

X

X-Lageranordnungen
 Ausrichtung von Kegelrollenlagern 84–85
 Ausrichtung von Schrägkugellagern 74–75
XNBR *Siehe* Acrylnitril-Butadien-Kautschuk

Y

Y-Lager
 Montage 121
 Radialluft, Werte 401
Y-Lagereinheiten *Siehe* Lagereinheiten

Z

Zentralschmier Systeme 213–215
zentrierende Borde 84–85
zugehörige Komponenten
 Abmessungen für Kanäle, Nuten und Löcher 405
 Prüfung der Genauigkeit 47–49
 Schmierung bei Erstinstallation 188
 Vorbereitungen 49

Zugfedern

 Dichtungsbauformen und -ausführungen 143–145
 Störungszustände 237
zusammengepasste Lagersätze 76
Zusätze
 in Ölen 203
 Kompatibilität mit Werkstoffen 188–189, 202, 207, 210
 in Zentralschmier Systemen 212
 in Schmierfetten 184
zusätzliche Schutzlippen
 Dichtungsbauformen und -ausführungen 143–145
 Schmierung bei Erstinstallation 149, 190
zustandsabhängige Instandhaltung 218–219
Zustandsüberwachung 216–224
 Geräusch 221
 Schmierung 222
 SKF Messgeräte 432–434
 Temperatur 221
zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung 219
Zuverlässigkeitstechnik 327
Zweilippendichtungen
 Ergänzen der Fettfüllung 196
 Schmierung bei Erstinstallation 149, 190
zweireihige Kegelrollenlager
 Ausführungen 17
 Einbau 89
zweireihige Schrägkugellager
 Ausführungen 12
 Axialluft, Werte 390
 Einbau 78
Zylinderrollenlager
 Ausbau 258–259
 axiale Befestigung 37
 Axialluft, Werte 394–395
 Einbau 80–84
 Lagerarten 13–14
 Radialluft, Werte 393
 Schmierung bei Erstinstallation 191
zylindrische Lagersitze
 Ausbau von Lagern 256–259
 Einbau von Lagern 53
 Genauigkeit von Form und Position 386
 Messformular 48
zylindrischer Befestigungsring 94–95
 Anzugsmomente 102
 Einbau von Lagereinheiten 119–120
Zylindrizität 36, 386

