SKF Axial-Pendelrollenlager

Für dauerhaft hohe Leistungen

Inhalt

Die Marke SKF steht heute für wesentlich mehr als je zuvor und bietet damit kosten- und qualitätsbewussten Kunden zusätzlichen Mehrwert.

SKF konnte die Stellung als weltweit führender Hersteller von Qualitätslagern weiter ausbauen. Darüber hinaus hat SKF die traditionellen Geschäftsfelder um weitere hochtechnische Komponenten, differenzierte Serviceangebote und Kompetenzpartnerschaften erweitert. SKF kann heute, als Komplettanbieter für Bewegungstechnik, weltweit mit Systemlösungen aller Art Kunden spürbare Wettbewerbsvorteile verschaffen.

SKF Kunden erhalten nicht nur hochentwickelte Lager- und Systemlösungen zur Optimierung ihrer Maschinen, sondern auch hochentwickelte Software-Lösungen zum virtuellen Testen von Produkten oder für die Zustandsüberwachung. Dadurch wird die Umsetzung von Produktideen in die Praxis beschleunigt oder die Wirtschaftlichkeit ganzer Maschinenanlagen gesteigert.

Die Marke SKF steht nach wie vor für Spitzenqualität bei Wälzlagern – und heute gleichzeitig auch für Kompetenz in vielen anderen Geschäftsfeldern.

SKF – Kompetenz für Bewegungstechnik

A Produktinformationen

3 Verträgt Schiefstellungen und höchste Belastungen
3 Die Vorteile von Axial-Pendelrollenlagern

4 Die Stärken der SKF Axial-Pendelrollenlager

5 Mit SKF Explorer Lagern neue Maßstäbe setzen

6 Einzigartiges Sortiment

8 SKF Axial-Pendelrollenlagern – für überlegene Leistungsfähigkeit

10 Wo hohe axiale und radiale Belastungen beherrscht werden müssen

B Empfehlungen

12 Bestimmung der Lagergröße

14 Gestaltung der Lagerungen
14 Lagerungen für einseitig wirkende Axialbelastungen
14 Lagerungen für zweiseitig wirkende Axialbelastungen
16 Axialluft und Vorspannung
18 Schnell laufende Lagerungen
18 Langsam laufende Lagerungen
18 Steifigkeit
18 Gestaltung der Anschlussteile
19 Dichtungen

20 Typische Lagerungen
20 Einseitig wirkende Axiallagerungen
21 Zweiseitig wirkende Axiallagerungen
22 Anwendungsspezifische Axiallagerungen

24 Schmierung und Wartung
24 Ölschmierung
26 Fettschmierung
28 Wartung

30 Einbau und Ausbau
30 Einbau
31 Ausbau

32 Serviceleistungen für mehr Zuverlässigkeit

C Produktdaten

34 Allgemeine Lagerdaten

36 Produkttabelle

D Weitere Informationen

44 Weitere SKF Produkte

46 SKF – Kompetenz für Bewegungstechnik

Verträgt Schiefstellungen und höchste Belastungen

Axial-Pendelrollenlager eignen sich hervorragend für hoch beanspruchte Lagerungen, die sehr hohe axiale oder auch kombinierte Belastungen aufzunehmen haben. Sie sind winkelbeweglich und für niedrige wie hohe Drehzahlen gleichermaßen geeignet. Axial-Pendelrollenlager erlauben die Konstruktion von Lagerungen unterschiedlicher Steifigkeit.

Die vielseitige Verwendbarkeit ist eine weitere charakteristische Eigenschaft der Axial-Pendelrollenlager, die unter anderem zur kompakten und wirtschaftlichen Bauweise von Lagerungen genutzt werden kann. Auf den folgenden Seiten werden die Merkmale und Einsatzmöglichkeiten der SKF Axial-Pendelrollenlager ausführlich vorgestellt.

Die Vorteile von Axial-Pendelrollenlagern

Axial-Pendelrollenlager sind die einzigen Axial-Rollenlager, die außer axialen auch radiale Belastungen aufnehmen können. Ihre Vorteile kommen besonders dort zum Tragen, wo neben hohen axialen gleichzeitig noch radiale Belastungen im Lager wirken. Sie ermöglichen damit wirtschaftliche, kompakte Lagerungen hoher Steifigkeit und Leistungsdichte auch unter hohen Belastungen. Darüber hinaus sind Axial-Pendelrollenlager als einzige Axialrollenlager winkelbeweglich und können Fluchtungsfehler bzw. Wellendurchbiegungen problemlos ausgleichen.

Aufgrund ihrer besonderen Konstruktion kann es in vielen Anwendungsfällen von Vorteil sein, anstelle von Kegelrollenlagern Axial-Pendelrollenlager einzusetzen.

Winkelbeweglich

Axial-Pendelrollenlager lassen Fluchtungsfehler zwischen den Anlageflächen im Gehäuse und auf der Welle wie auch betriebsbedingte Wellendurchbiegungen zu. Der Ausgleich erfolgt bei umlaufendem Lager zwangfrei und praktisch reibungslos.

Kombiniert belastbar

Die Lager sind für sehr hohe einseitig wirkende Axialbelastungen ausgelegt, können gleichzeitig aber auch radial belastet werden.

Nicht selbsthaltend

Einbau und Ausbau der Lager gestalten sich relativ einfach. Axial-Pendelrollenlager sind nicht selbsthaltend, Wellenscheibe mit Rollensatz und Gehäusescheibe können getrennt montiert werden.

Die Stärken der SKF Axial-Pendelrollenlager

Überlegene Gebrauchsdauer

Reibungsarmer Lauf und eine sehr lange Gebrauchsdauer sind das Ergebnis einer optimierten Schmiegung zwischen Laufbahn und Rollen sowie der tribotechnisch günstigen Berührungsverhältnisse an den Rolle/Bord-Kontaktstellen.

SKF Axial-Pendelrollenlager haben sich in der Praxis bestens bewährt. Auch werden sie ständig weiterentwickelt, um ihre Leistungsfähigkeit zusätzlich zu erhöhen. Bestes Beispiel sind die Lager der SKF Explorer Leistungsklasse, die den Konstrukteuren eine Welt neuer Möglichkeiten eröffnen.

Großer Drehzahlbereich

Aufgrund niedriger Reibung und entsprechend geringer Wärmeentwicklung können die Lager sowohl bei sehr niedrigen als auch sehr hohen Drehzahlen laufen. Im Normalfall hängen die zulässigen Drehzahlen von der Lageranordnung, dem Anwendungsfall und den Betriebsbedingungen ab. Durch zusätzliche konstruktive Maßnahmen an Lager und Lagerung sind jedoch Betriebsdrehzahlen möglich, die die Grenzdrehzahl deutlich übersteigen.

Robuste Konstruktion

SKF Axial-Pendelrollenlager sind für den Einsatz in hoch beanspruchten Lagerungen konzipiert, die hohen Anforderungen an die Betriebssicherheit entsprechen müssen. Die Lager werden aus dem einzigartigen SKF Xbite-Stahl gefertigt, der hervorragende Verschleiß- und Festigkeitseigenschaften aufweist. Darüber hinaus sind die Lager bei Dauertemperaturen bis zu 200 °C maßstabil.

Kombiniert belastbar

SKF Axial-Pendelrollenlager können radiale Belastungen von bis zu 55 % der gleichzeitig wirkenden Axialbelastung aufnehmen. Dadurch ist es häufig möglich, ein einzelnes Axial-Pendelrollenlager anstelle einer Kombination aus Radial- und Axiallager einzusetzen.

Vorteile

- Kompakte Lagerungen
- Geringes Gesamtgewicht
- Kostengünstige Lagerungen

Winkelbeweglichkeit

SKF Axial-Pendelrollenlager lassen, je nach Betriebsbedingungen und Lagerreihe, Schiefstellungen bis zu 3 Grad zwischen Welle und Gehäuse ohne nachteilige Folgen für das Lager zu.

Vorteile

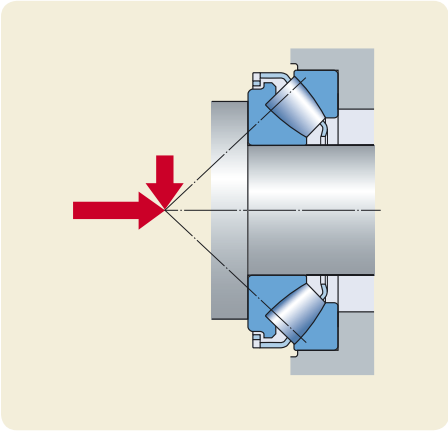
- Unempfindlich gegenüber Fluchtungsfehlern und Wellendurchbiegungen
- Niedrige Betriebstemperaturen
- Überlegene Gebrauchsdauer
- Hohe Betriebssicherheit

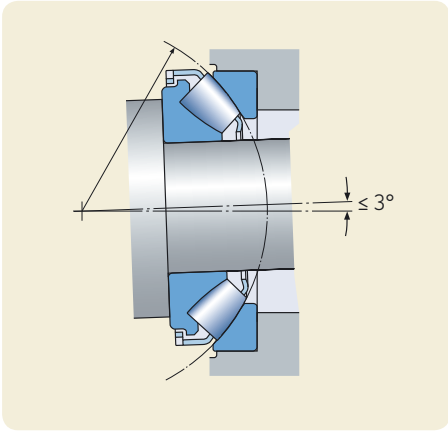
Praktisch kantenspannungsfreie Lastverhältnisse

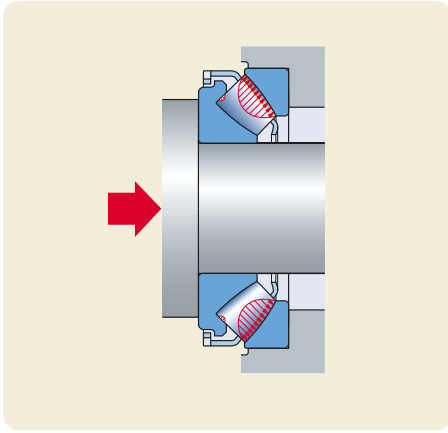
Optimierte Berührungsverhältnisse zwischen Laufbahnen und Rollen bewirken eine optimale Spannungsverteilung und reduzieren die Gefahr von Kantenspannungen, selbst bei hohen Belastungen, auf ein Minimum.

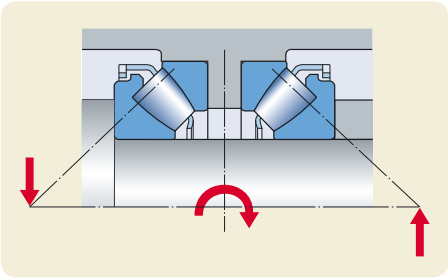
Vorteile

- Überlegene Gebrauchsdauer
- Hohe Betriebssicherheit









Wenn Steifigkeit gefragt ist

SKF Axial-Pendelrollenlager ermöglichen aufgrund ihrer Konstruktion besonders steife Lagerungen. Zwei in O-Anordnung montierten Axial-Pendelrollenlager, bei denen der Abstand zwischen den Druckmittelpunkten sehr groß ist, ergeben zudem relativ momentensteife Lagerungen, die auch hohe Kippmomente aufzunehmen vermögen.

Vorteile

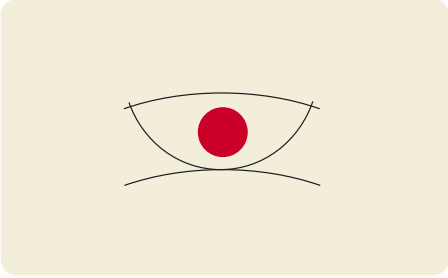
- Hohe Verformfestigkeit der Lagerung, auch bei hohen Belastungen
- Hohe Kippmomentenbelastbarkeit
- Kompakte Lagerungen

Kühler Lauf bei hohen Drehzahlen ...

Die exzellenten Berührungsverhältnisse an den Rolle/Bord-Kontaktstellen verhindern Spannungsspitzen und bewirken einen optimierten Schmierstoffeinzug. Das verringert die Reibung und lässt die Lager kühler laufen – auch bei hohen Drehzahlen.

... und geringe Reibung bei niedrigen Drehzahlen

Auch bei niedrigen Drehzahlen wirken sich die exzellenten Berührungsverhältnisse an den Rolle/Bord-Kontaktstellen positiv auf das Reibungsverhalten und die Betriebsverhältnisse im Lager aus.



Vorteile

- Hohe Maschinenleistung
- Hohe Betriebssicherheit
- Geringe Wartungskosten
- Geringer Energieverbrauch

Hochleistungskäfige

Die Käfige der SKF Axial-Pendelrollenlager sind auf die bei diesen Lagern üblichen Betriebsbedingungen abgestimmt. Sie sind aus Stahlblech oder Messing gefertigt und robust ausgeführt. Die besondere Struktur der Führungsflächen an den Käfigstegen sorgt für eine gute Schmierfilmbildung zwischen Rolle und Steg, auch bei Betrieb im Mischreibungsbereich.

Vorteile

- Für hohe wie niedrige Drehzahlen geeignet
- Hohe zulässige Betriebstemperaturen

Hohe Betriebssicherheit

Hohe Betriebsicherheit ist die Grundvoraussetzung für einen langen störungsfreien Betrieb, und damit auch ein Eckpfeiler der SKF Qualitätsphilosophie. Bestes Beispiel dafür sind z.B. auch die Axial-Pendelrollenlager der SKF Explorer Leistungsklasse, die tragfähiger und verschleißfester sind als jedes andere Lager dieser Bauart.

Vorteile

- Überlegene Gebrauchsdauer
- Geringe Wartungskosten
- Bessere Maschinenverfügbarkeit

Mit SKF Explorer Lagern neue Maßstäbe setzen

Die Axial-Pendelrollenlager der SKF Explorer Leistungsklasse sind das Ergebnis langjähriger intensiver Forschungsarbeit eines internationalen Teams von SKF Wissenschaftlern und Ingenieuren. Sie setzen neue Maßstäbe hinsichtlich Gebrauchsdauer und Laufeigenschaften.

In den Produkttabellen sind die Kurzzeichen der Axial-Pendelrollenlager der SKF Explorer Leistungsklasse blau gekennzeichnet.

- **Stahl**
  Hochreiner und extrem homogener Stahl kommt zum Einsatz und steigert die Ermüdungsfestigkeit der Lager.
- **Wärmebehandlung**
  Ein einzigartiges SKF Wärmebehandlungsverfahren sorgt für deutlich höhere Verschleißfestigkeit und Bruchzähigkeit.
- **Fertigung**
  Hochgenaue Fertigungsverfahren erlauben engere Toleranzen und verfeinerte Oberflächen, was die Schmierungsverhältnisse im Lager und die Laufeigenschaften deutlich verbessert.
- **Innere Geometrie**
  Die optimierte Kontaktgeometrie an den Rolle/Laufbahn- und den Rolle/Bord-Kontaktstellen verbessert die Lastverteilung und verringert die Reibung.

Bei gleicher Größe sind SKF Explorer Lager leistungsfähiger als herkömmliche Axial-Pendelrollenlager. Warum, erfahren Sie ab **Seite 8**.

Einzigartiges Sortiment

Das SKF Standardsortiment an Axial-Pendelrollenlagern umfasst Lager von 60 mm bis 1 600 mm Bohrungsdurchmesser. Auf Anforderung können auch größere Lager gefertigt werden.

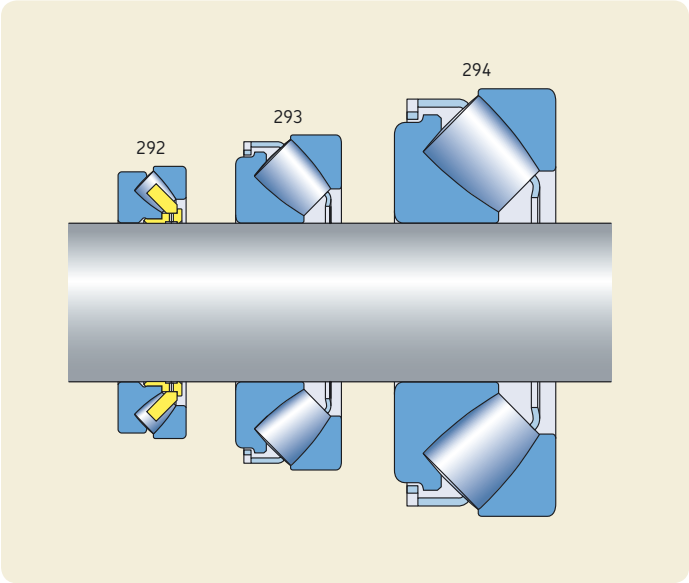
Drei Lagerreihen für einen großen Anwendungsbereich

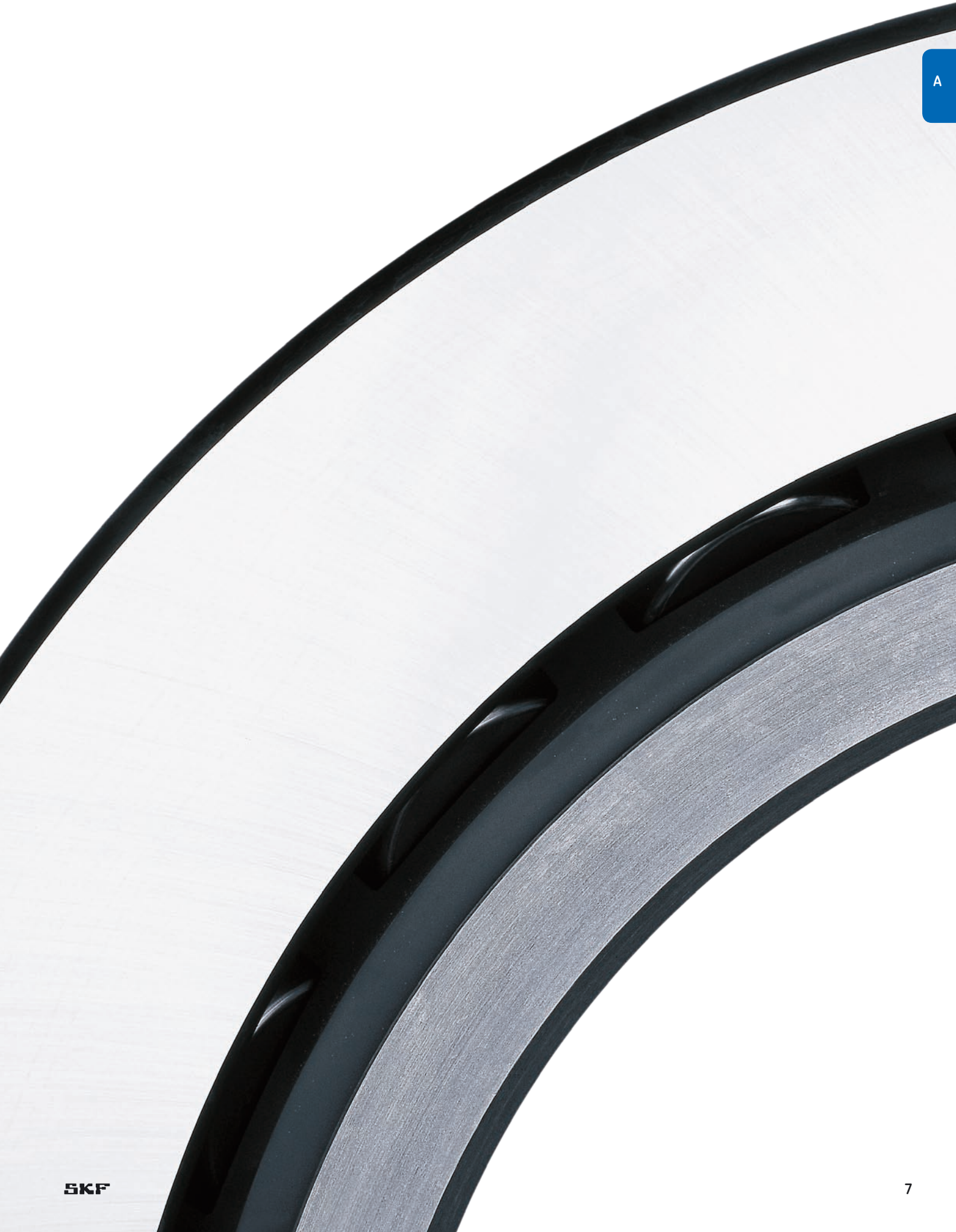
Die Standardlager haben genormte Abmessungen und gehören den drei Lagerreihen 292, 293 und 294 an. Sie erlauben die freie Wahl des für den jeweiligen Anwendungsfall optimalen Lagers hinsichtlich

- Tragfähigkeit
- Drehvermögen
- verfügbarem Einbauraum.

Für sehr hoch belastete Lagerungen kommen in erster Linie die Lager der Baureihen 293 und 294 infrage. Dagegen sind die Lager der leichten Baureihe 292 hinsichtlich Drehzahl, Bauraum und Gewicht die vorteilhafteren.

Die hohe axiale aber auch radiale Tragfähigkeit der SKF Axial-Pendelrollenlager ermöglicht Lagerungen mit längerer Gebrauchsdauer und höherer Betriebssicherheit oder aber kompaktere Lagerungen mit höherer Leistungsdichte.





SKF Explorer Axial-Pendelrollenlager – für überlegene Leistungsfähigkeit

Vor siebzig Jahren wurde bei SKF das Axial-Pendelrollenlager erfunden und seitdem ist SKF der führende Hersteller von Lagern dieser Bauart.

Seit geraumer Zeit stehen nun auch diese Lager in der SKF Explorer Leistungsklasse für Ausdauer und Zuverlässigkeit zur Verfügung. Sie sind das Ergebnis langjähriger intensiver Forschungsarbeiten eines international zusammengesetzten SKF Teams von Wissenschaftlern, Werkstoff- und Fertigungsspezialisten. Und das Ergebnis kann sich sehen lassen, dem Anwender steht die Wälzlagertechnik von morgen bereits heute zur Verfügung.

Die SKF Explorer Lager sind eine Leistungsklasse für sich. Sie sind eine Weiterentwicklung unserer Standard Axial-Pendelrollenlager, die bislang schon weitestgehend den Stand der Technik markierten.

Mit dem erweiterten Wissen um die Wechselwirkung der einzelnen Lagerkomponenten ist es SKF Fachleuten gelungen, die Schmierfilmbildung an den Berührungsstellen zu verbessern und die Folgen von Reibung, Verschleiß und Verunreinigungen zu minimieren.

Die gesteigerte Leistung der SKF Explorer Lager beruht im Wesentlichen auf folgenden Verbesserungen:

- **Verbesserter Werkstoff**
  Es kommt ein extrem homogener und reiner Wälzlagerstahl zum Einsatz. Dieser wird im Vakuum erschmolzen und hat einen sehr niedrigen Sauerstoffgehalt sowie sehr geringe Anteile an nichtmetallischen Einschlüssen. Die Verringerung der Zahl der Einschlüsse steigert die Ermüdungsfestigkeit im Wälzkontakt und lässt die Lager länger laufen.

- **Einzigartiges Wärmebehandlungsverfahren**
  Ein optimiertes Wärmebehandlungsverfahren steigert die Verschleißfestigkeit des neuen Wälzlagerstahls. Dies macht die Lager unempfindlicher gegenüber Verschmutzungen und trägt zu ihrer verlängerten Gebrauchsdauer bei, ohne Temperaturbeständigkeit und Zähigkeit zu beeinflussen.

- **Höhere Fertigungsqualität**
  Verbesserte Fertigungsverfahren erlauben es, engere Toleranzen für alle wesentlichen Parameter einzuhalten und gleichzeitig die Oberflächenbeschaffenheit der Laufbahnen auf den Ringen und Rollen zu verfeinern. Besonders Letzteres sorgt für bestmögliche Schmierbedingungen im Lager.

- **Erweitertes Lagerwissen**
  Hochentwickelte Softwarelösungen von SKF erweiterten deutlich das Wissen um die dynamischen Verhältnisse im Lager. Dieses Wissen ermöglichte unter anderem die Berührungsverhältnisse zwischen Rolle und Laufbahn zu verfeinern und damit die Schmierfilmbildung in diesem Bereich zu verbessern.

Das Ergebnis: Längere Lebensdauer

All diese Verbesserungen tragen zu einer wesentlichen Steigerung der Lebensdauer und Betriebssicherheit bei. Um diese Vorteile auch in Betriebsstunden ausdrücken zu können, ist die mit SKF Explorer Lagern erreichbare Lebensdauer anhand der erweiterten SKF Lebensdauergleichung zu ermitteln. Die Lebensdauer verlängernden Verbesserungen der SKF Explorer Lager werden bei der Berechnung berücksichtigt durch

- eine höhere dynamische Tragfähigkeit
- einen modifizierten SKF Lebensdauerbeiwert a_{SKF}, d.h. durch einen um den Faktor 1,4 angehobenen Wert für die Beziehung η_c (P_u/P), die den Einfluss des verbesserten Werkstoffs und Betriebsverhaltens erfasst.

Verfügbarkeit

Die gebräuchlichsten kleinen und mittleren Lager der Maßreihe 293 und 294 stehen serienmäßig in der SKF Explorer Leistungsklasse zur Verfügung.

Die SKF Explorer Axial-Pendelrollenlager sind in der Produkttabelle an den blauen Kurzzeichen zu erkennen.

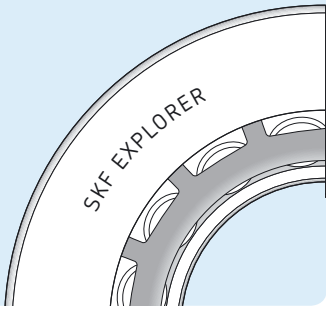
Produktbezeichnung

SKF Explorer Lager behalten die gleichen Bezeichnungen bei wie die bisherigen Standardlager, z.B. 29330 E. Die Lager und Verpackungen sind jedoch zusätzlich mit dem Produktnamen „SKF EXPLORER“ gekennzeichnet.

Die gesteigerte Leistungsfähigkeit der SKF Explorer Lager kann, je nach Anforderung, auf verschiedene Art und Weise genutzt werden

Verlängerung der Gebrauchsdauer bei vorhandenen Maschinen
Sie müssen die Leistung nicht steigern? Dann nutzen Sie ein SKF Explorer Lager gleicher Größe, um

- die Betriebssicherheit zu erhöhen
- die Wartungsabstände zu verlängern
- die Wärmeentwicklung zu reduzieren
- die Maschinenverfügbarkeit zu steigern.

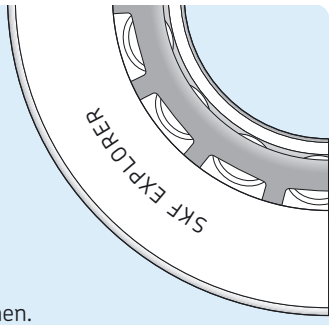


Verkleinerung von Maschinen bei unveränderter Leistung
Setzen Sie ein kleineres SKF Explorer Lager ein, um

- die Baugröße zu verringern
- Werkstoff zu sparen
- Gewicht zu reduzieren
- die Wärmeentwicklung zu reduzieren
- die Betriebsdrehzahlen zu erhöhen.

Steigerung der Leistung bei vorhandenen Maschinen
Vermeiden Sie kostspielige Umbaumaßnahmen durch den Einsatz von SKF Explorer Lager gleicher Größe um

- die Leistungsdichte zu erhöhen
- die Belastbarkeit zu steigern
- die Betriebsdrehzahlen zu erhöhen.



Steigerung der Leistungsdichte bei neuen Maschinen
Setzen Sie ein SKF Explorer Lager mit verringertem Querschnitt bei unverändertem Außendurchmesser ein, um

- die Welle stärker ausführen zu können
- die Systemsteifigkeit zu erhöhen
- die Betriebsdrehzahlen anzuheben oder zumindest beizubehalten.

Wo hohe axiale und radiale Belastungen aufzunehmen sind

Lange Gebrauchsdauer, hohe Betriebssicherheit, geringerer Wartungsaufwand und ungeahnte Möglichkeiten zum Kompaktbau sind nur die bedeutendsten Eigenschaften der SKF Explorer Axial-Pendelrollenlager.

Hinzu kommt noch ihre hohe axiale wie auch radiale Tragfähigkeit, die sie für viele Anwendungsfälle praktisch unverzichtbar macht.

SKF Axial-Pendelrollenlager kommen besonders häufig in den unten genannten Branchen zum Einsatz. Darüber hinaus finden Sie auch Verwendung in Brücken, Kränen, Windkraftanlagen, Hydraulik- und Elektromotoren sowie Robotern.

In vielen Branchen eingesetzt

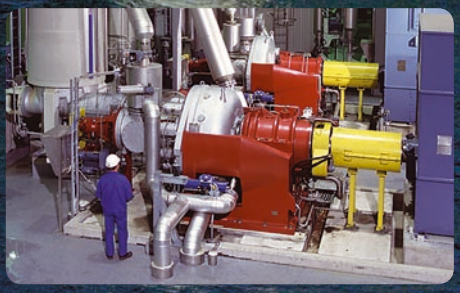
- Metallbearbeitung
- Kunststoffverarbeitung
- Schiffbau
- Industriegetriebe
- Zellstoff- und Papiermaschinen
- Handhabungssysteme
- Strömungsmaschinen
- Bergbau und Bauwesen

Die Anforderungen

- Hohe Betriebssicherheit
- Lange Gebrauchsdauer
- Hohe Tragfähigkeit
- Unempfindlich gegen Fluchtungsfehler
- Geringer Wartungsaufwand
- Geringe Instandhaltungskosten
- Technische Unterstützung

Die Lösung

© Great Lakes Group, Cleveland, Ohio



Bestimmung der Lagergröße

Lagerlebensdauer

Die Einflüsse, die Lebensdauer von SKF Explorer Lagern verlängern, können rechnerisch mit der erweiterten SKF Lebensdauer erfasst werden. Diese Berechnungsmethode ist eine Erweiterung der Wälzlagerermüdungstheorie von Lundberg und Palmgren und erlaubt eine genauere Berechung der Lagerlebensdauer. Die erweiterte Lebensdauer wurde von SKF 1989 eingeführt und ist in DIN ISO 281:2009 genormt. Sie ergibt sich für Axial-Pendelrollenlager aus:

$$L_{nm} = a_1\, a_{SKF}\, L_{10}$$

oder

$$L_{nm} = a_1\, a_{SKF} \left(\frac{C}{P}\right)^{10/3}$$

Bei unveränderlicher Drehzahl ist es häufig angebracht, mit der Lebensdauer in Betriebsstunden zu rechnen. In diesem Fall gilt:

$$L_{nmh} = a_1\, a_{SKF} \frac{1\,000\,000}{60\, n} \left(\frac{C}{P}\right)^{10/3}$$

Hierin sind

L_{nm} die erweiterte SKF Lebensdauer bei 100 – n[1] % Erlebenswahrscheinlichkeit, Millionen Umdrehungen

L_{nmh} die erweiterte SKF Lebensdauer bei 100 – n[1] % Erlebenswahrscheinlichkeit, Betriebsstunden

L_{10} die nominelle Lebensdauer bei 90 % Erlebenswahrscheinlichkeit, Millionen Umdrehungen

a_1 der Lebensdauerbeiwert für die Erlebenswahrscheinlichkeit (→ **Tabelle 1**)

a_{SKF} der SKF Lebensdauerbeiwert (→ **Diagramm 1**)

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

C die dynamische Tragzahl, kN

P die äquivalente dynamische Lagerbelastung, kN

n Betriebsdrehzahl, min^{-1}

Lebensdauerbeiwert a_{SKF}

Der Lebensdauerbeiwert a_{SKF} stellt den komplexen Zusammenhang zwischen Belastung, Verunreinigung und Schmierung im Lager dar. Die Werte für a_{SKF} können in Abhängigkeit von η_c (P_u/P) und dem Viskositätsverhältnis κ als Parameter aus **Diagramm 1** ermittelt werden. Hierin sind

η_c der Verunreinigungsgrad

P die äquivalente dynamische Belastung, kN

P_u die Ermüdungsgrenzbelastung, kN

κ das Viskositätsverhältnis

Die so ermittelten Werte gelten für Schmierstoffe ohne EP-Zusätze.

Die obere, schwarz dargestellte X-Achse des Diagramms gilt für Standardlager. Für SKF Explorer Lager wird η_c (P_u/P) mit 1,4 multipliziert, wie in der blau dargestellten X-Achse durchgeführt.

Ausführliche Hinweise enthält der SKF Hauptkatalog bzw. der „Interaktive SKF Lagerungskatalog" online unter www.skf.com.

Tabelle 1

Lebensdauerbeiwert a_1

Erlebenswahrscheinlichkeit %	Versagenswahrscheinlichkeit n %	Erweiterte Lebensdauer L_{nm}	Lebensdauerbeiwert a_1
90	10	L_{10m}	1
95	5	L_{5m}	0,62
96	4	L_{4m}	0,53
97	3	L_{3m}	0,44
98	2	L_{2m}	0,33
99	1	L_{1m}	0,21

Äquivalente dynamische Lagerbelastung

Bei Lagerungen mit Axial-Pendelrollenlagern haben im Normalfall Abweichungen der Welle von der Koaxialität oder dem Rundlauf keinen Einfluss auf die Lastverteilung im Lager. In diesem Fall gilt für dynamisch beanspruchte Axial-Pendelrollenlager unter der Voraussetzung $F_r \leq 0{,}55\, F_a$:

$$P = 0{,}88\,(F_a + 1{,}2\, F_r)$$

In Fällen, in denen z.B. Axial-Pendelrollenlager zusammen mit einem Radiallager eingebaut sind und Abweichungen von Koaxialität eventuell die Lastverteilung in Lager beeinflussen können, gilt unter der Voraussetzung $F_r \leq 0{,}55\, F_a$:

$$P = F_a + 1{,}2\, F_r$$

Im Fall von $F_r > 0{,}55\, F_a$ empfiehlt es sich, den Technischen SKF Beratungsservice einzuschalten.

Äquivalente statische Lagerbelastung

Für statisch belastete Axial-Pendelrollenlager gilt unter der Voraussetzung $F_r \leq 0{,}55\, F_a$:

$$P_0 = F_a + 2{,}7\, F_r$$

Im Fall von $F_r > 0{,}55\, F_a$ empfiehlt es sich, den Technischen SKF Beratungsservice einzuschalten.

Beidseitig axial belastete Lagerungen

Die vorstehenden Angaben beziehen sich auf Einzellager. In Lagerungen, die Axialbelastungen in beiden Richtungen aufnehmen müssen, kommen vielfach zwei in X- oder O-Anordnung kombinierte Axial-Pendelrollenlager zum Einsatz. Werden in solchen Fällen die Radialbelastungen von einem zusätzlichen Radiallager aufgenommen (→ **Bild 4**, **Seite 15**), sind die Axial-Pendelrollenlager mit radialem Spiel im

Gehäuse anzuordnen und mit Federn vorzuspannen. Dadurch wird sichergestellt, dass auf das axial unbelastete Lager die erforderliche Mindestbelastung wirkt (→ Abschnitt „Allgemeine Lagerdaten", ab **Seite 34**).

In solchen Fällen ist die äquivalente Lagerbelastung für jedes Lager separat zu ermitteln. Die Systemlebensdauer des Lagersatzes kann dann auf Basis der erweiterten SKF Lebensdauer ermittelt werden.

Radiale Belastungen

Axial-Pendelrollenlager haben in Richtung der Lagerachse gegeneinander versetzt angeordnete Laufbahnen auf der Wellen- und der Gehäusescheibe. Dadurch entsteht unter Radialbelastung eine in axialer Richtung wirkende innere Kraft, die durch eine äußere Gegenkraft ausgeglichen werden muss.

Bei Radialbelastungen $F_r > 0{,}55\ F_a$ ist diese Axialkraft bei der Ermittlung der äquivalenten Belastung für die einzelnen Lager zu berücksichtigen.

Liegen in diesem Fall keine Erfahrungen bei der Ermittlung der äquivalenten Lagerbelastungen vor, empfiehlt es sich, den Technischen SKF Beratungsservice einzuschalten.

Bisherige SKF Standardlager und SKF Explorer Lager im Vergleich

Die höhere Leistungsfähigkeit der SKF Explorer Lager kann am besten anhand der erweiterten SKF Lebensdauerberechnung aufgezeigt werden.

Beispiel

Bei gleichen Betriebsbedingungen soll die Lebensdauer berechnet werden für das

- bisherige SKF Standardlager 29332 E:
  - dynamische Tragzahl
    $C = 1\ 010$ kN
  - Ermüdungsgrenzbelastung
    $P_u = 375$ kN
- SKF Explorer Lager 29332 E:
  - dynamische Tragzahl
    $C = 1\ 180$ kN
  - Ermüdungsgrenzbelastung
    $P_u = 375$ kN

Die Betriebsbedingungen werden angenommen mit

- einer äquivalenten Belastung $P = 126$ kN
- einem Viskositätsverhältnis $\kappa = 2$
- einem Verunreinigungsbeiwert $\eta_c = 0{,}4$.

Mit diesen Angaben kann die Lebensdauer wie folgt berechnet werden:

Bisheriges SKF Standardlager

Mit $\eta_c\ (P_u/P) = 0{,}4\ (375/126) = 1{,}2$ ergibt sich aus **Diagramm 1** über die schwarze x-Achse mit $\kappa = 2$ der Wert

$a_{SKF} = 3$

und somit die Lebensdauer

$L_{10m} = a_{SKF}\ (C/P)^{10/3} = 3\ (1\ 010/126)^{10/3}$

$L_{10m} = 3\ 090$ Millionen Umdrehungen

SKF Explorer Lager

Mit $\eta_c\ (P_u/P) = 0{,}4\ (375/126) = 1{,}2$ ergibt sich aus **Diagramm 1** über die blaue Achse mit $\kappa = 2$ der Wert.

$a_{SKF} = 5{,}5$

und somit die Lebensdauer

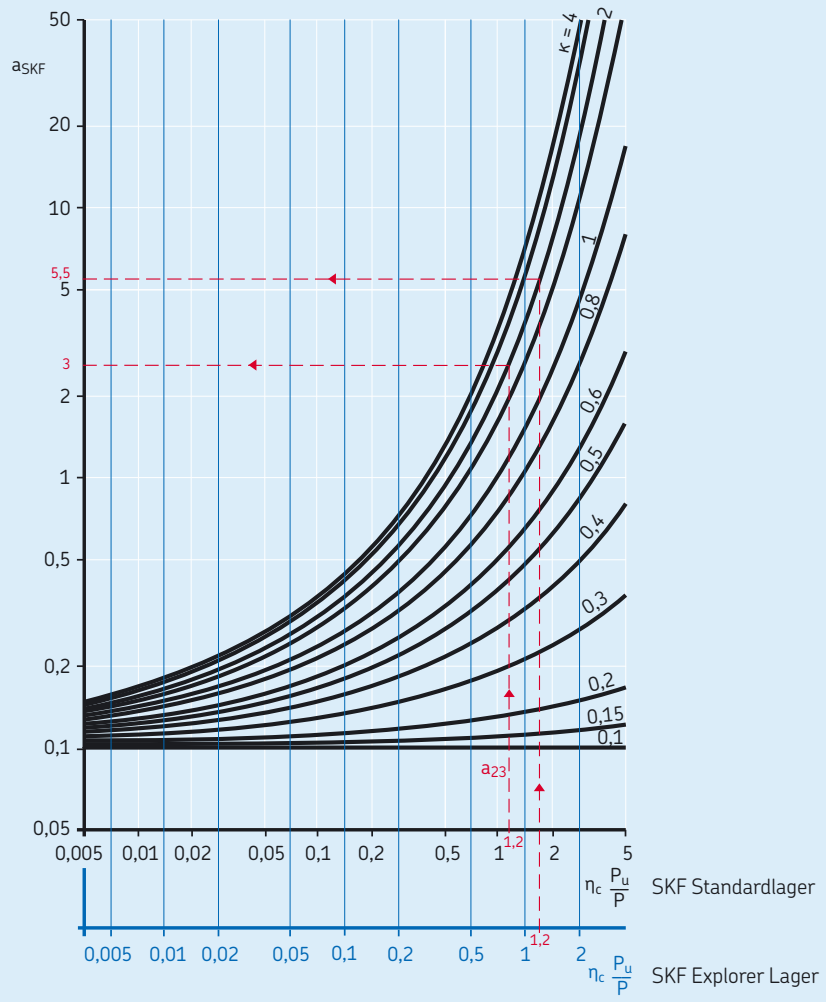
$L_{10m} = a_{SKF}\ (C/P)^{10/3} = 5{,}5\ (1\ 180/126)^{10/3}$

$L_{10m} = 9\ 520$ Millionen Umdrehungen

In diesem Fall erreicht also das SKF Explorer Lager im Vergleich zum bisherigen Standardlager mit 9520/3090 ungefähr die dreifache rechnerische Lebensdauer.

Diagramm 1

Lebensdauerbeiwert a_{SKF} für Axial-Pendelrollenlager



Für $\kappa > 4$ ist die Kurve für $\kappa = 4$ zu verwenden.
Für $\eta_c\ (P_u/P)$ gegen null geht a_{SKF} für alle κ-Werte gegen 0,1.

Gestaltung der Lagerungen

Lagerungen für einseitig wirkende Axialbelastungen

Ein Axial-Pendelrollenlager kann zusammen mit einem Radiallager die Welle in radialer und axialer Richtung abstützen, wenn die Axiallast

- nur in einer Richtung wirkt und
- ihre Größe in keinem Fall die erforderliche Mindest-Axialbelastung (→ **Seite 35**) unterschreitet.

Bei vertikaler Anordnung (→ **Bild 1**) übernimmt das Axial-Pendelrollenlager auf der Festlagerseite die radiale und axiale Führung der Welle, während auf der Loslagerseite ein Radiallager die Welle radial abstützt.

Bei horizontal angeordneten Wellen kann ein Axial-Pendelrollenlager die Welle in einer Richtung axial führen, wenn die radiale Abstützung der Welle in zwei Radiallagern erfolgt (→ **Bild 2**). In diesem Fall ist jedoch das Axial-Pendelrollenlager mit radialem Spiel im Gehäuse einzubauen. Zur Sicherstellung der erforderlichen Mindestbelastung, muss es gegebenenfalls mit Federn vorgespannt werden.

Bei sehr hohen einseitig wirkenden Axialbelastungen können auch zwei Lager in Tandem-Anordnung eingesetzt werden (→ **Bild 7** auf **Seite 22**).

Lagerungen für zweiseitig wirkende Axialbelastungen

Zwei in X- oder O-Anordnung kombinierte Axial-Pendelrollenlager können auf der Festlagerseite die Welle beidseitig in axialer Richtung führen und vielfach auch in radialer Richtung abstützen. Dies macht ein zusätzliches Radiallager überflüssig und reduziert die Herstellkosten.

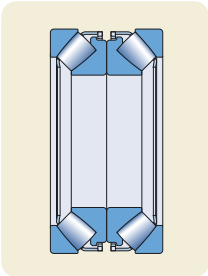
Lagerungen ohne Federvorspannung

SKF Axial-Pendelrollenlager, in X- oder O-Anordnung kombiniert, die auf der Festlagerseite die Welle in axialer und radialer Richtung abstützen, kommen ohne Federvorspannung aus, wenn sie bei relativ niedrigen Drehzahlen umlaufen.

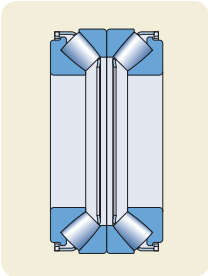
Wie z.B. die Kegelrollenlager, so können auch die Axial-Pendelrollenlager in diesem Fall mit fester Passung im Gehäuse festgesetzt werden, was unter anderem auch die Bildung von Passungsrost verhindert.

Hinweise auf das in solchen Fällen zulässige axiale Betriebsspiel sind zu finden im Abschnitt „Axiales Betriebsspiel und Vorspannung" auf **Seite 16.**

Für zweiseitig wirkende Lagerungen ohne Federvorspannung, die auch radiale Belastungen aufnehmen sollen, empfiehlt es sich, die SKF Axial-Pendelrollenlager der Ausführung VU029 einzusetzen.



Zwei Lager in X-Anordnung



Zwei Lager in O-Anordnung

Lagerungen mit Federvorspannung

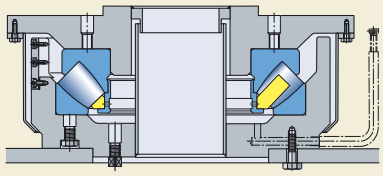
SKF Axial-Pendelrollenlager in X- oder O-Anordnung für hohe Drehzahlen sind mit Federn vorzuspannen (→ **Bild 3**), um die erforderliche Mindestbelastung sicherzustellen und damit Anschmierungen an Rollen und Laufbahnen zu vermeiden.

Federvorgespannte Lagerkombinationen können sowohl mit radialem Spiel als auch mit fester Passung im Gehäuse eingebaut werden.

Beim Einbau der Lager mit radialem Spiel im Gehäuse übernimmt ein zusätzliches Radiallager die radiale Abstützung der Welle. Das radiale Spiel muss ausreichend groß bemessen sein, um sicherzustellen, dass die Lager nur axial belastet werden (→ **Bild 3**).

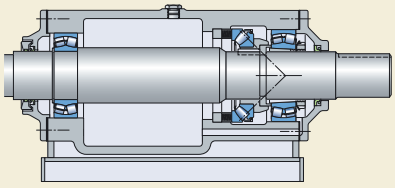
Einseitig wirkende Stützlagerung mit einem Axial-Pendelrollenlager zur Aufnahme axialer und radiale Belastungen

Bild 1



Einseitig wirkende Axiallagerung mit einem federvorgespannten und in der Gehäusebohrung freigestellten Axial-Pendelrollenlager und zwei Radiallagern

Bild 2



Beidseitig wirkende federvorgespannte Axiallagerung mit zwei im Gehäuse freigestellten Axial-Pendelrollenlagern

Bild 3

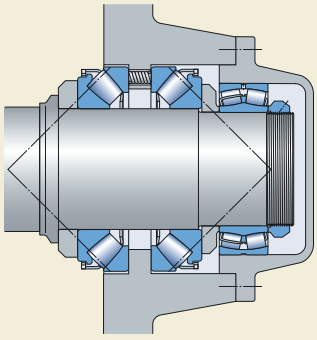
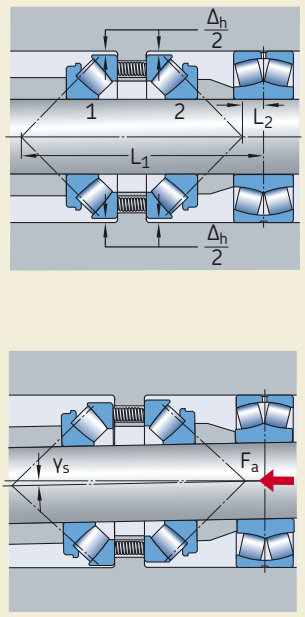
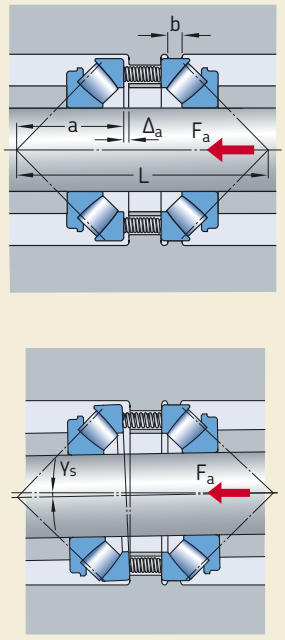


Bild 4



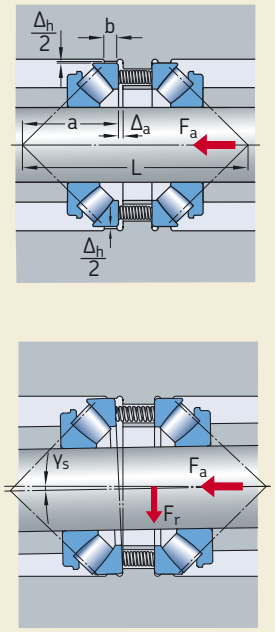
Beidseitig wirkende federvorgespannte Axiallagerung mit im Gehäuse freigestellten Axial-Pendelrollenlagern

Bild 5



Beidseitig wirkende, federvorgespannte Axiallagerung, bei der ein Lager zusätzlich Radialbelastungen aufnehmen kann

Bild 6



Beidseitig wirkende, federvorgespannte Axiallagerung, bei der beide Lager zusätzlich Radialbelastungen aufnehmen können

Bei Fluchtungsfehlern der Welle von nur wenigen Winkelminuten erhält man geeignete Werte für das radiale Spiel im Gehäuse bei

- Lagern bis 250 mm Außendurchmesser aus $\Delta_h \geq 0{,}5$ mm
- Lagern mit größerem Außendurchmesser aus $\Delta_h \geq 0{,}002$ D.

Ist der Fluchtungsfehler der Welle bekannt, lässt sich der erforderliche Freiraum der Lager im Gehäuse (→ **Bild 4**) genauer bestimmen aus:

$$\Delta_h > 2\, L_1 \sin\gamma_s + \Delta_{oc}$$

bzw.

$$\Delta_h > 2\, L_2 \sin\gamma_s + \Delta_{oc}$$

Hierin sind

Δ_h der radiale Freiraum im Gehäuse, mm

L_1 Abstand zwischen dem Mittelpunkt des Radiallagers und dem Kraftangriffspunkt des Axiallagers 1, mm

L_2 Abstand zwischen dem Mittelpunkt des Radiallagers und dem Kraftangriffspunkt des Axiallagers 2, mm

γ_s der Fluchtungsfehler der Welle, rad

Δ_{oc} die Summe aus radialem Betriebsspiel und dem Passungsspiel des Radiallagers, mm

Lagerungen mit Federvorspannung, bei der ein Lager zusätzlich Radialbelastungen aufnehmen kann

Axial-Pendelrollenlager in X- oder O-Anordnung werden vielfach auch in Lagerungen eingesetzt, die als Festlager beidseitig wirkende, aber unterschiedlich hohe Axialbelastungen und gegebenenfalls auch die Radialbelastung aufzunehmen haben. In solchen Fällen ist das Lager, das die Hauptaxiallast und eventuell auch die Radiallast aufnimmt, in der Gehäusebohrung axial festgelegt und das gegenüberliegende Lager mit Radialspiel im Gehäuse eingebaut (→ **Bild 5**).

Aufgrund der radial freigestellten Gehäusescheibe des entlasteten Lagers wird die Lagerung in begrenztem Maße winkelbeweglich.

Da das axial entlastete Lager mit Federn vorgespannt ist, kann es sich schiefstellen, ohne dass Relativbewegungen zwischen Gehäusescheibe und Gehäuse auftreten. Voraussetzung ist jedoch, dass der radiale Freiraum in der Gehäusebohrung entsprechend den möglichen Fluchtungsfehlern der Welle ausreichend groß bemessen ist. Ist der axiale Freiraum Δ_a bekannt, lässt sich die mögliche Schiefstellung der Wellen- zur Gehäuseachse ermitteln aus:

$$\gamma_s = \frac{2\, \Delta_a\, a}{L\, D}$$

Hierin sind

γ_s der Fluchtungsfehler der Welle, rad

Δ_a der axiale Freiraum am entlasteten Lager, mm

a der Abstand des Druckmittelpunktes zur Stirnseite der Gehäusescheibe, mm

L der Abstand (Hebelarm) zwischen den Kraftangriffspunkten der Lager, mm

D der Außendurchmesser der Gehäusescheibe, mm (→ **Produkttabelle**)

Die vorstehende Gleichung gilt sowohl für Lagerkombinationen in X- als auch in O-Anordnung. Die Berechnung des erforderlichen Freiraums im Gehäuse bei vorgegebenem Fluchtungsfehler kann nach der Gleichung für den radialen Freiraum Δ_h erfolgen, wobei Δ_{oc} gleich null zu setzen ist.

Lagerungen mit Federvorspannung, bei der beide Lager zusätzlich Radialbelastungen aufnehmen können

Lagerungen mit zwei in X- oder O-Anordnung kombinierten und in der Gehäusebohrung fixierten Axial-Pendelrollenlager ermöglichen eine sehr genaue axiale und radial Abstützung der Welle auf der Festlagerseite, da das jeweils axial belastete Lager gleichzeitig auch die Radiallast aufnimmt (→ **Bild 6**).

Wenn die axialen und radialen Freiräume im Gehäuse nach den nachfolgenden Regeln ermittelt werden, ergeben sich für die Lager bei Schiefstellung keine zusätzlichen Belastungen.

Die erforderliche Ausgleichsbewegung des entlasteten Lagers wird in diesem Fall nicht durch radiale Verschiebung, sondern durch leichte Schiefstellung der Gehäusescheibe erreicht.

Der für die Lagerung erforderliche axiale Freiraum kann ermittelt werden aus:

$$\Delta_a = \frac{\gamma_s L D}{2 a}$$

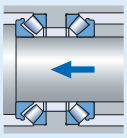
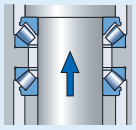
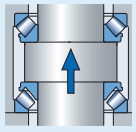
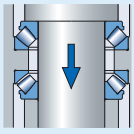
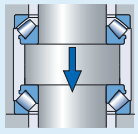
Dementsprechend ergibt sich der erforderliche radiale Freiraum in der Lagerung aus:

$$\Delta_h = \frac{\gamma_s L}{a} \left(\frac{\gamma_s L D}{2 a} + b \right)$$

Hierin sind (→ **Bild 6**, **Seite 15**):

Δ_a der axiale Freiraum in der Lagerung, mm
Δ_h der radiale Freiraum in der Lagerung, mm
γ_s der Fluchtungsfehler der Welle, rad
a der Abstand des Druckmittelpunktes zur Stirnseite der Gehäusescheibe, mm
L der Abstand (Hebelarm) zwischen den Kraftangriffspunkten der Lager, mm
D der Außendurchmesser der Gehäusescheibe, mm
b die Breite der radialen Auflagefläche, mm

Tabelle 1

Lagerreihe	Richtwerte für Δ_a/H[1] bei horizontaler Welle	bei vertikaler Welle und unbelasteter Wellenscheibe[2]	Gehäusescheibe
		 	 
292	0,0012	0,0022	0
293	0,0010	0,0026	0,0001
294	0,0026	0,0038	0,0004

[1] Δ_a = axiales Betriebsspiel, mm
H = Lagerhöhe, mm
[2] Die angegebenen Richtwerte gelten für Radialbelastungen bis $F_r > 0{,}64\ F_a$ und vertikale Wellen. Da größere Radialbelastungen das Betriebsspiel in beiden Lagern beeinflussen, sind für die Richtwerte Δ_a/H doppelt so hohe Werte zulässig.

Richtwerte für das maximal zulässige axiale Betriebsspiel in Abhängigkeit von der Lagerbauhöhe H in nicht federvorgespannten, beidseitig wirkenden Axiallagerungen

Axiales Betriebsspiel und Vorspannung

Axial-Pendelrollenlager werden in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen entweder mit Vorspannung oder mit einem gewissen axialen Betriebsspiel eingebaut.

Axial-Pendelrollenlager, die zur Abstützung einer vertikalen Welle eingesetzt sind, werden durch das Gewicht der Welle und der darauf befestigten Komponenten vorgespannt. Sie können als Festlager die Welle radial abstützen und in einer Richtung axial führen (→ **Bild 1** auf **Seite 14**).

Das Radiallager am anderen Wellenende muss als Loslager ausgeführt sein, um eventuelle Längenänderungen der Welle ausgleichen können.

Wenn die radiale Abstützung der Welle in zwei Radiallagern und die axiale Führung in einem Axial-Pendelrollenlager erfolgt, ist das Axial-Pendelrollenlager mit radialem Spiel im Gehäuse anzuordnen. Zur Sicherstellung der erforderlichen Mindestbelastung muss es gegebenenfalls mit Federn vorgespannt werden (→ **Bild 2** auf **Seite 14**).

Axiales Betriebsspiel

Das axiale Betriebsspiel in zwei in O- oder X-Anordnung eingebauten Axial-Pendelrollenlagern ergibt sich erst nach dem Einbau und ist abhängig vom Anstellen gegen das zweite Lager, das die Gegenführung übernimmt.

Axiallagerungen mit zwei in O- oder X-Anordnung kombinierten Lagern

Bei den nicht mit Federn vorgespannten Lagerungen auf horizontaler oder vertikaler Welle können für das axiale Betriebsspiel Δ_a die in **Tabelle 1** in Abhängigkeit von der Lagerreihe und der Lagerhöhe angegebenen Höchstwerte angesetzt werden.

Temperaturbedingte Betriebsspieländerungen

Welle und Wellenscheiben weisen im Allgemeinen höhere Betriebstemperaturen auf als die Gehäusescheiben und Gehäuse. Diese Temperaturdifferenz beeinflusst die Größe der axialen Betriebsluft.

Bei Lagersätzen in X-Anordnung bewirkt die größere radiale Aufweitung der Welle und der Wellenscheibe eine Verringerung des axialen Betriebsspiels.

Bei Lagersätzen in O-Anordnung wird das axiale Betriebsspiel durch die radiale Aufweitung des Wellendurchmessers reduziert, jedoch durch die Längendehnung der Welle wiederum vergrößert. Durch Wahl eines entsprechenden Abstands zwischen den beiden Lagern können die wärmebedingten Auswirkungen kompensiert und das axiale Betriebsspiel in der Lagerung relativ konstant gehalten werden.

Axiale Vorspannung

In einigen Anwendungsfällen wird Vorspannung angestrebt, um die Steifigkeit oder die Laufgenauigkeit zu verbessern, aber auch um die Gebrauchsdauer der Lagerung zu verlängern. In anderen Fällen wird mit der Vorspannung eine Mindestbelastung der Lager sichergestellt, um Schäden an den Lagern durch Gleiten der Rollen zu verhindern.

Ermitteln der Vorspannung

Die Größe der Vorspannung wird entweder als Kraft oder als axialer Verschiebeweg angegeben.

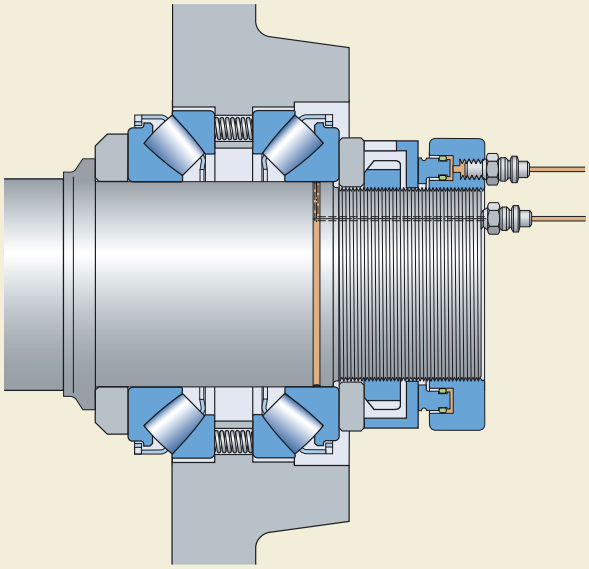
Anhand bewährter Lagerungen gewonnene Erfahrungswerte für die Vorspannung können mit Erfolg auch für andere Lagerungen gleicher Bauart vorgesehen werden. Bei Neukonstruktionen empfiehlt SKF jedoch, die erforderlichen Vorspannung zu berechnen und sofern möglich, sie anschließend in Tests zu überprüfen. Die Richtigkeit der Rechenergebnisse hängt im Wesentlichen davon ab, wie genau die Annahmen hinsichtlich der Belastungen, der Betriebstemperaturen und der Verformbarkeit der Umbauteile, insbesondere die des Gehäuses, mit den tatsächlichen Bedingungen übereinstimmen.

In einem ersten Schritt ist die erforderliche Vorspannung im Betriebzustand zu ermitteln, ausgehend von der optimalen Steifigkeit, der Gebrauchsdauer und Betriebssicherheit der Lagerung. Davon abgeleitet kann dann die beim Einbau erforderliche Vorspannung ermittelt werden. Die Höhe der erforderlichen Vorspannung hängt hauptsächlich von der Höhe der auf das Lager wirkenden Belastungen und der Wellenanordnung - horizontal oder vertikal - ab. Wird ein horizontal angeordnetes Axial-Pendelrollenlager radial belastet, entsteht eine in axialer Richtung wirkende innere Kraft, die durch eine äußere Gegenkraft ausgeglichen und bei der Berechnung der Vorspannung berücksichtigt werden muss (→ Abschnitt „Radiale Belastungen" auf **Seite 13**).

Zur Sicherstellung der Mindestbelastung federvorgespannter Axial-Pendelrollenlager, müssen alle auf die Lager wirkende Belasttungen bzw. Kräfte berücksichtigt werden. Bei kleineren Lagern genügen vier Federn, um eine ausreichende Vorspannung in der Lagerung zu erzeugen. Mit größer werdenden Lagern muss aber die Anzahl der Federn erhöht werden, um Verformungen an der Gehäusescheibe zu vermeiden.

Für weitergehende Informationen hinsichtlich Vorspannung oder Anzahl Federn steht der Technische SKF Beratungsservice zur Verfügung.

Bild 7



Vorspannen von Lagern mit Hilfe des SKF Druckölverfahrens und einer SKF Hydraulikmutter

Einstellen von Betriebsspiel und Vorspannung

Bei Lagerungen in X-Anordnung wird das Betriebsspiel bzw. die Vorspannung über die Gehäusescheiben eingestellt, z. B. mit Hilfe von speziellen Beilegscheiben zwischen Gehäuse und Gehäuseenddeckel (→ **Bild 10** auf **Seite 18**).

Bei Lagerungen in O-Anordnung erfolgt die Einstellung des Betriebsspiels bzw. der Vorspannung meist über die mit fester Passung montierten Wellenscheiben. Um den Einstellvorgang zu erleichtern, empfiehlt es sich, hier das SKF Druckölverfahren anzuwenden.

Bei Vorspannung kann z.B. das SKF Druckölverfahren zusammen mit einer SKF Hydraulikmutter der Reihe HMV angewendet werden (→ **Bild 7**). Die im angewärmten Zustand auf der Welle montiert Wellenscheiben werden mit Hilfe der Hydraulikmutter, die mit einem der Vorspannung entsprechenden Druck beaufschlagt ist, gegeneinander angestellt. Während des Anstellvorgangs wird mit Hilfe des Druckölverfahren in der Passfläche zwischen Welle und Wellenscheibe Öl gepresst, das die Reibung praktisch aufhebt. Nach dem Anstellen sind die Wellenscheiben auf der Welle z.B. mit einer Wellenmutter axial festzulegen und kann der Öldruck in der Passfläche wie auch der Hydraulikmutter aufgehoben werden.

Um das SKF Druckölverfahren überhaupt anwenden zu können, ist die Welle bereits bei der Fertigung mit einer entsprechend Ölzuführbohrung und Ölverteilungsnut zu versehen (→ Abschnitt „Ausbau" ab **Seite 31**).

Schnell laufende Lagerungen

SKF Axial-Pendelrollenlager können aufgrund ihrer besonderen Konstruktion mit relativ hohen Drehzahlen umlaufen. Bei Beachtung bestimmter Anforderungen an die Lagerung, z.B. hinsichtlich Schmierung, Kühlung und Vorspannung, ist es möglich, die Lager sogar bei Drehzahlen einzusetzen, die weit über den angegebenen Referenzdrehzahlen liegen.

Die Lagerung eines schnell laufenden Scheibenrefiners ist in **Bild 8** dargestellt.

Bei diesem Anwendungsfall wird die sehr hohe Axiallast gleichmäßig auf zwei Axial-Pendelrollenlager in Tandem-Anordnung verteilt. Die axiale Abstützung in Gegenrichtung erfolgt über ein drittes, entgegengesetzt angeordnetes Axial-Pendelrollenlager. Hydraulikkolben sorgen für die erforderliche Vorspannung in der Lagerung. In Anwendungsfällen, in denen die Lager in Drehzahlbereichen oberhalb der Referenzdrehzahl eingesetzt werden sollen, empfiehlt es sich, bereits im Entwurfsstadium den Technischen SKF Beratungsservice einzuschalten.

Langsam laufende Lagerungen

Lagerungen, wie z. B. die von vertikalen Luftvorwärmern oder Extrudern, die mit sehr niedrigen Drehzahlen (0,5 bis 5 min^{-1}) umlaufen und hoch belastet sind ($P \geq 0{,}1\ C_0$) sollten mit hochviskosen Ölen mit EP-Zusätzen geschmiert werden. Nähere Angaben hierzu auf Anfrage beim Technischen SKF Beratungsservice.

Bei extrem langsam umlaufenden Lagerungen, wie z.B. in Drehbrücken und Drehkränen, ist die statische Tragfähigkeit der Lager ausschlaggebend und ist mit einem Sicherheitsfaktor von $s_0 \approx 4$ zu rechnen.

Steifigkeit

Je nach Anwendungsfall können Lagerungen mit unterschiedlich hoher Steifigkeit benötigt werden. Um diesen Anforderungen zu entsprechen, können SKF Axial-Pendelrollenlagern zu unterschiedlich steifen Lagerungen kombiniert werden

Bei Lagerkombinationen in O-Anordnung liegen die Druckmittelpunkte weit auseinander. Vorausgesetzt die Lager sind mit fester Passung im Gehäuse eingebaut, ergeben diese Kombinationen relativ steife Lagerungen, die auch radiale Belastungen und Kippmomente aufzunehmen vermögen (→ **Bild 9**).

Lagerkombinationen in X-Anordnung sind nicht so steif wie die in O-Anordnung. Die radiale und axiale Belastbarkeit entspricht jedoch der Lager in O-Anordnung (→ **Bild 10**).

Bei X-Anordnung können die Lager so angeordnet werden, dass die beiden Druckmittelpunkte zusammenfallen und die Lagerung dadurch winkelbeweglich wird.

Gestaltung der Anschlussteile

Abstützung der Lagerscheiben

Um Leistungsvermögen der SKF Axial-Pendelrollenlager voll ausnutzen zu können, müssen die Lagerscheiben durch entsprechende Abstützung vor Verformungen geschützt sein.

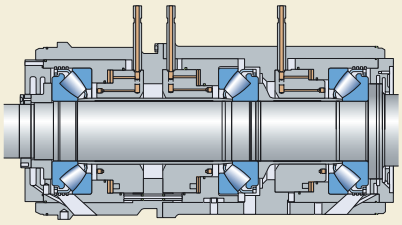
Die in der Produkttabelle ab **Seite 36** angegebenen Anschlussmaße d_a zur Abstützung der Wellenscheibe und D_a zur Abstützung der Gehäusescheibe sind Kleinstwerte und gelten für Axialbelastungen bis ungefähr $F_a \leq 0{,}1\ C_0$.

Bei höher belasteten Lagern sollen die Wellen- und die Gehäusescheibe auf ihrer gesamten Auflagefläche axial abgestützt werden ($d_a = d_1$ und $D_a = D_1$). Wenn möglich, ist in solchen Fällen außerdem die Wellenscheibe mit fester Passung auf der Welle anzuordnen. Entsprechendes gilt auch für die Gehäusescheibe, die zusätzlich radial in der Gehäusebohrung abzustützen ist (→ **Bild 11**).

Weitergehende Informationen zu Bemessung der Anschlussteile können beim Technischen SKF Beratungsservice angefragt werden.

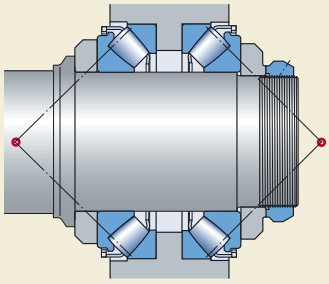
Mit Hydraulikkolben vorgespannte, ölgeschmierte Lagerung eines schnell laufenden Scheibenrefiners

Bild 8



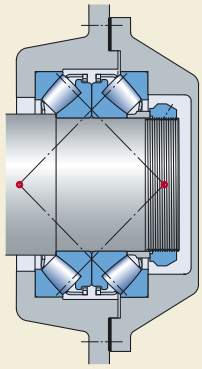
In O-Anordnung kombinierte Lager ergeben relativ steife Lagerungen

Bild 9



In X-Anordnung kombinierte Lager lassen bedingt Schiefstellungen zu

Bild 10



Dichtungen

Die Gebrauchsdauer eines Lagers hängt weitgehend von der Zuverlässigkeit der vorgeschalteten Dichtungen ab. Diese verhindern das Eindringen von Verunreinigungen und halten gleichzeitig den Schmierstoff in der Lagerung zurück.

Die Auswahl der Dichtung hängt im Wesentlichen von den Betriebsbedingungen und den Umgebungseinflüssen ab, z.B.:

- der Art der Schmierung: mit Fett oder Öl
- der Umfangsgeschwindigkeit an der Dichtungsfläche
- der Wellenanordnung: vertikal oder horizontal
- der eventuellen Schiefstellung der Welle
- der Beschaffenheit der Verunreinigungen
- der thermischen Beanspruchung.

Ausführliche Hinweise zur Auswahl von Dichtungen enthält die Broschüre "Leitfaden zur Gestaltung von Abdichtungen". Einige grundlegende Hinweise sind jedoch bereits nachstehend zu finden.

Dichtungen für fettgeschmierte Lagerungen

Schmierfette sind wegen ihrer relativ hohen Konsistenz verhältnismäßig einfach in der Lagerung zurückhalten. Die Anforderungen an die Dichtungen sind daher vergleichsweise gering.

Für Anwendungsfällen mit niedrigen Gleitgeschwindigkeiten eignen sich sehr gut die SKF Radial-Wellendichtringe ohne Zugfeder der Bauformen HM oder HDS7. Diese Dichtungen sind mit der Dichtlippe zum Schmierfett hin, d.h. gegen die abzudichtende Lagerung anzuordnen. Zur Abdichtung gegen Schmierfett können aber ebenso gut V-Ringe oder Radial-Wellendichtringe mit Zugfeder, z.B. der Bauform CRW1, eingesetzt werden.

Wenn häufiges Nachschmieren erforderlich ist, sollte zumindest ein Dichtring mit Dichtlippe nach außen angeordnet werden. Auf diese Weise kann überschüssiges Fett an der Dichtlippe austreten und Fettstau vermieden werden.

Zusätzlich Informationen über Dichtungsausführungen sind im Abschnitt "Fettschmierung" ab **Seite 26** zu finden.

Dichtungen für ölgeschmierte Lagerungen

Schmieröle sind generell wesentlich schwieriger in der Lagerstelle zurückzuhalten als Schmierfette. Für derartige Anwendungsfälle kommen daher fast ausnahmslos federbelastete Radial-Wellendichtringe in Frage, z.B. die SKF Radial-Wellendichtringe der Bauform CRW1, CRWH1, HMS5 oder HDS3. Im Normalfall sind die CRW1-Wellendichtringe mit der hydrodynamisch geformten SKF WAVE-Dichtlippe ausreichend (→ **Bild 12**).

Diese Dichtlippe hat eine sinusförmig verlaufende Dichtkante, die unabhängig von der Drehrichtung eine nach innen wie auch nach außen gerichtete axiale Pumpwirkung erzeugt.

Aufgrund der inneren Konstruktion tritt in Axial-Pendelrollenlagern ein Pumpeffekt auf, der in jedem Fall bei der Auswahl der Dichtung zu berücksichtigen ist (→ Abschnitt "Schmierung und Instandhaltung" ab **Seite 24**).

Ausschluss von Verunreinigungen

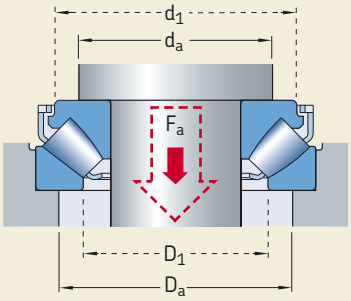
Zum Ausschluss von Verunreinigungen sind die V-Ringdichtungen am besten geeignet. Sie laufen mit der Welle um, wirken wie Schleuderscheiben und dichten gegen eine zur Welle senkrechte Anlauffläche ab (→ **Bild 13**).

Radial-Wellendichtringe, z.B. der Bauform CRW1, die vorrangig das Eindringen von Verunreinigungen verhindern sollen, sind mit Dichtlippe nach außen einzubauen.

B

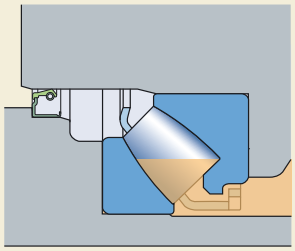
Empfohlene Abmessungen für Auflageflächen der Lagerscheiben

Bild 11



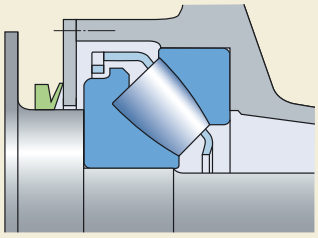
Radial-Wellendichtring mit Zugfeder der Bauform CRW1 zur Abdichtung ölgeschmierter Lagerungen

Bild 12



V-Ring-Dichtungen bieten guten Schutz gegen das Eindringen von Verunreinigungen

Bild 13



Typische Lagerungen

SKF Axial-Pendelrollenlager haben sich aufgrund ihrer bemerkenswerten Eigenschaften viele Anwendungsfälle erschlossen und sich auch bestens bewährt. Verwendung finden sie in vielen Industriebereichen, insbesondere aber dort, wo winkelbewegliche und axial extrem hoch belastbare Lagerungen gefordert sind.

Neben der Winkelbeweglichkeit verfügen Axial-Pendelrollenlager noch über ein weiteres Alleinstellungsmerkmal: Sie können sowohl axiale als auch radiale Belastungen aufnehmen und damit unter bestimmten Voraussetzungen auch als Radiallager eingesetzt werden.

Kombiniert in O- oder X-Anordnung können Axial-Pendelrollenlager die axiale Führung einer Welle in beiden Richtungen übernehmen oder als Festlager auch rein radiale Belastungen aufnehmen.

Nachstehend einige typische Lagerungen mit Axial-Pendelrollenlagern.

Einseitig wirkende Axiallagerungen

Lagerung mit einem radial festgesetzten Axial-Pendelrollenlager auf vertikaler Welle

Radial festgesetzte Axial-Pendelrollenlager können gleichzeitig die radiale Abstützung wie auch die axiale Führung einer vertikal angeordneten Welle übernehmen (→ **Bild 1**), vorausgesetzt die Axialbelastungen übersteigen die erforderliche Mindestbelastung. Die radiale Abstützung der Welle auf der Loslagerseite erfolgt in einem Radiallager.

Diese Art von Lagerung ist ausschließlich zur Aufnahme einseitig wirkender Belastungen geeignet und z.B. in Drehkränen, Drehbrücken oder bestimmten Elektromotoren zu finden.

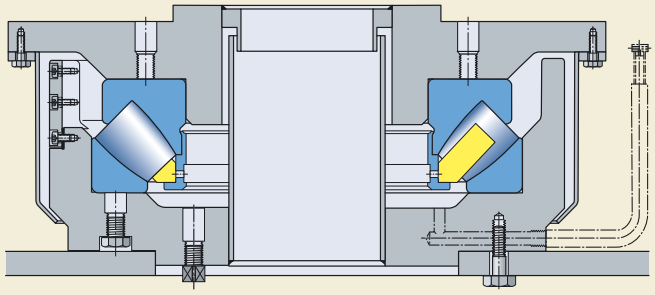
Lagerung mit einem federvorgespannten und in der Gehäusebohrung freigestellten Axial-Pendelrollenlager

Das in der Gehäusebohrung freigestellte und mit Federn vorgespannte Axial-Pendelrollenlager dient ausschließlich zur Aufnahme der vorherrschenden Axialbelastung und kann die Welle in einer Richtung axial führen. Die axiale Führung in Gegenrichtung übernimmt das Radiallager auf Festlagerseite, das gegen den Gehäusedeckel abgestützt ist (→ **Bild 2**).

Diese Art von Lagerung eignet sich zur Aufnahme von radialen und einseitig wirkenden axialen Belastungen, wie sie z.B. in Ritzellagerungen oder Lagerungen in Pumpen und Lüftern vorkommen.

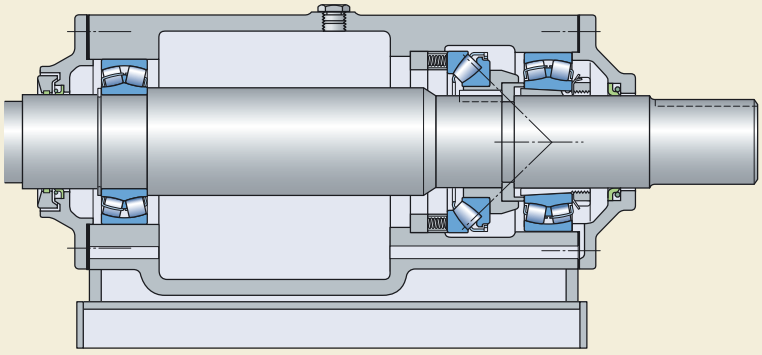
Einseitig wirkende Stützlagerung mit einem Axial-Pendelrollenlager zur Aufnahme axialer und radialer Belastungen

Bild 1



Einseitig wirkende Axiallagerung mit einem federvorgespannten und in der Gehäusebohrung freigestelltem Axial-Pendelrollenlager

Bild 2



Zweiseitig wirkende Axiallagerungen

Lagerungen mit zwei in O- oder X-Anordnung kombinierten und im Gehäuse freigestellten Lagern

Die Axialbelastungen werden in beiden Richtungen aufgenommen, aber jeweils nur von einem der Axial-Pendelrollenlager. Über Federn wird die erforderliche Mindestbelastung auf das jeweils axial entlastete Lager sichergestellt. In diesem Fall wird die Welle auf der Festlagerseite durch ein Pendelrollenlager radial abgestützt (→ **Bild 3**). Auf der Loslagerseite am anderen Wellenende kommt normalerweise ebenfalls ein Pendelrollenlager zum Einsatz.

Diese Art der Lagerung eignet sich für hohe kombinierte Belastungen und lässt relativ hohe Drehzahlen zu. Typische Anwendungsfälle sind z.B. Industriegetriebe und Walzwerksantriebe.

Lagerungen mit zwei in O- oder X-Anordnung kombinierten und im Gehäuse festgesetzten Lagern

Diese Lagerungen können zusätzlich zu den Axialbelastungen in beiden Richtungen noch die gleichzeitig wirkenden Radialbelastungen aufnehmen (→ **Bild 4**). Die Gehäusescheiben der beiden Lager können sowohl mit loser oder fester Passung im Gehäuse festgesetzt sein. Die Lager werden mit definiertem axialem Betriebsspiel oder mit Vorspannung gegeneinander angestellt.

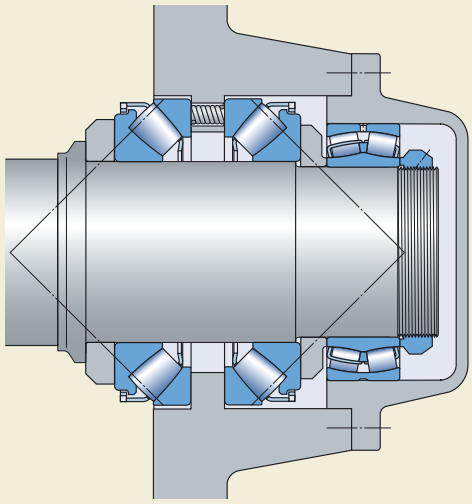
Auf der Loslagerseite am anderen Wellenende kommt normalerweise ein Radiallager zum Einsatz.

Diese Lagerungen bauen kompakt und sind für Anwendungsfälle im mittleren Drehzahlbereich geeignet. Typische Anwendungsfälle sind die Lagerungen der Querstrahlruder in Schiffen oder auch großer Elektromotoren.

Lagerungen mit einem im Gehäuse festgesetzten und einem im Gehäuse freigestellten Lager

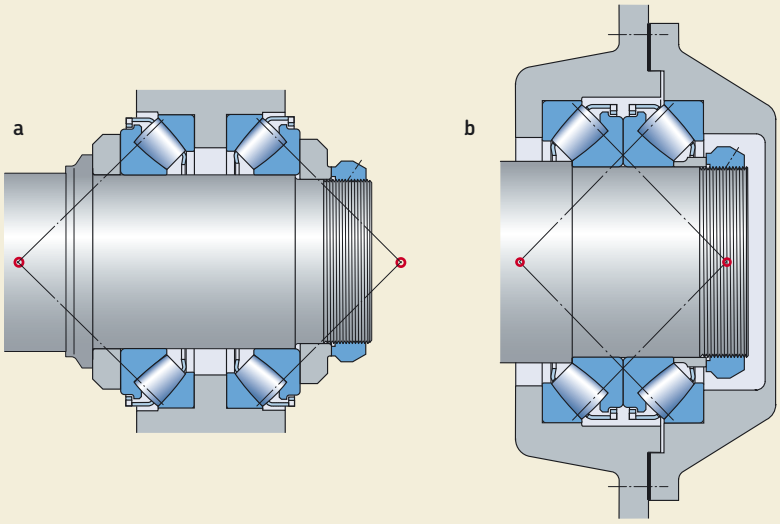
Bei dieser Art der Lagerung können die Axial-Pendelrollenlager sowohl in O-Anordnung (→ **Bild 5**) als auch in X-Anordnung kombiniert werden. Das im Gehäuse festgesetzte Lager ist zur Aufnahme der Radialbelastungen und der größeren Axialbelastung bestimmt. Das zweite, im Gehäuse freigestellte Lager ist mit Federn vorgespannt und übernimmt die entgegengesetzt gerichtete, kleinere

Bild 3



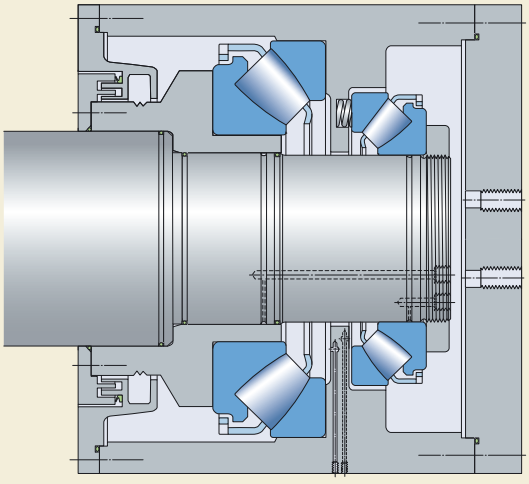
Lagerung mit zwei in O- Anordnung kombinierten und im Gehäuse freigestellten Axial-Pendelrollenlagern

Bild 4



Lagerung mit zwei in O- Anordnung (a) bzw. X-Anordnung (b) kombinierten und im Gehäuse festgesetzten Axial-Pendelrollenlagern

Bild 5



Lagerung mit einem im Gehäuse festgesetzten und einem im Gehäuse freigestellten Axial-Pendelrollenlager

Axialbelastung. Am anderen Wellenende ist ein Radiallager als Loslager angeordnet.

Diese Lagerungen sind für axial in einer Richtung hochbelastete Lagerungen geeignet, die auch Radialbelastungen sowie gelegentliche Axialbelastungen in der entgegengesetzten Richtung aufzunehmen haben. Zudem lassen sie relativ hohe Drehzahlen zu. Typische Anwendungsfälle sind Scheibenrefiner und kleine, horizontal angeordnete Wasserturbinen.

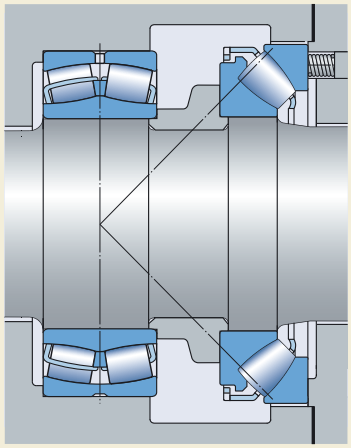
Anwendungsspezifische Axiallagerungen

Lagerung mit einem Axial-Pendelrollenlager und einem Pendelrollenlager in einem gemeinsamen Druckmittelpunkt

Bei dieser Lagerung treffen sich die Wirkungslinien des Axial-Pendelrollenlagers und des Pendelrollenlagers in einem gemeinsamen Druckpunkt (→ **Bild 6**). Das Axial-Pendelrollenlager ist im Gehäuse freigestellt und kann nur Axialbelastungen aufnehmen. Um in jedem Betriebszustand die erforderliche Mindestbelastung sicherzustellen, ist es mit Federn vorgespannt. Das Pendelrollenlager übernimmt die Radialbelastungen und die vergleichsweise niedrigen Axialbelastungen aus entgegen gesetzter Richtung. Am anderen Wellenende ist ein Radiallager als Loslager angeordnet.

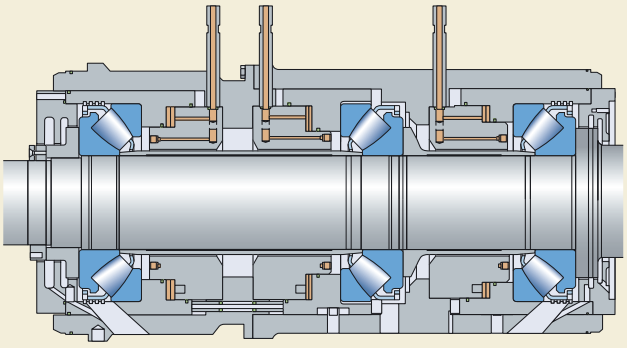
Diese Art der Lagerung ist dort von Vorteil, wo hohe radiale und einseitig wirkende Axialbelastungen aufzunehmen sind und Fluchtungsfehler oder Wellendurchbiegungen ohne nachteilige Folgen für die Lager ausgeglichen werden müssen. Außerdem sind auch relative hohe Betriebsdrehzahlen möglich. Typische Anwendungsfälle sind die Lagerung von Schiffsschrauben, Wasserstrahlpumpen und großen Kreiselpumpen.

Bild 6



Lagerung mit einem Axial-Pendelrollenlager und einem Pendelrollenlager in einem gemeinsamen Druckmittelpunkt

Bild 7



Lagerung mit zwei Axial-Pendelrollenlagern in Tandem-Anordnung

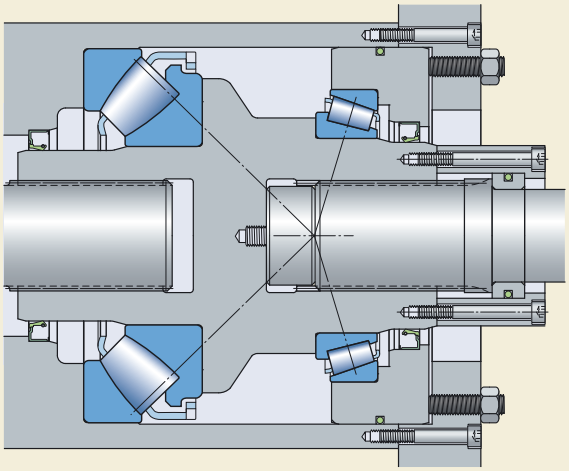
Lagerung mit zwei Axial-Pendelrollenlagern in Tandem-Anordnung

Zur Aufnahme sehr hoher einseitig wirkender Axialbelastungen können auch zwei in Tandem-Anordnung kombinierte Axial-Pendelrollenlager eingesetzt werden (→ **Bild 7**). Die Last wird über zwei miteinander verbundene Hydraulikkolben gleichmäßig auf die beiden Lager übertragen.

Bei Einsatz eines dritten, spiegelbildlich eingebauten Axial-Pendelrollenlagers kann die Lagerung auch radiale Belastungen aufnehmen, vorausgesetzt eines der Lager in Tandem-Anordnung ist im Gehäuse radial festgelegt. In diesem Fall wird kein zusätzliches Radiallager benötigt.

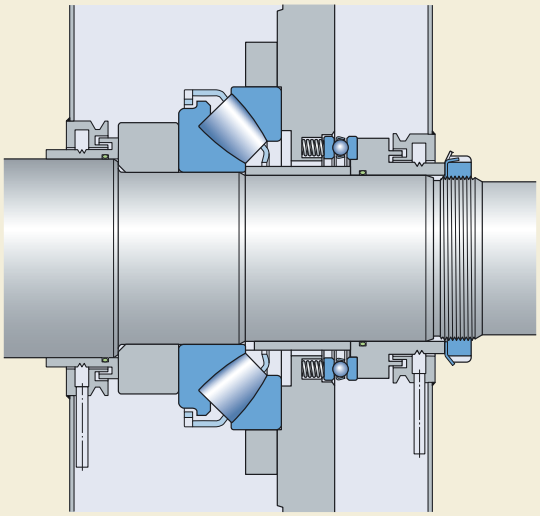
Typische Anwendungsfälle für derartige Lagerungen sind z.B. Schwerlast-Spindeleinheiten und Scheibenrefiner.

Bild 8



Lagerung mit einem Axial-Pendelrollenlager und einem Kegelrollenlager, kombiniert in X-Anordnung

Bild 9



Lagerung mit einem Axial-Pendelrollenlager und einem Axial-Rillenkugellager

Lagerung mit einem Axial-Pendelrollenlager und einem Kegelrollenlager, kombiniert in X-Anordnung

Die beiden Lager sitzen mit fester Passung im Gehäuse (→ **Bild 8**), sind nicht vorgespannt und können Axialbelastungen jeweils nur in einer Richtung aufnehmen. Das axial belastete Lager wird gleichzeitig mit der Radialbelastung beaufschlagt. Auf der Loslagerseite am anderen Wellenende kommt ein Radiallager zum Einsatz.

Lagerungen dieser Art können Axialbelastungen in beiden Richtungen wie auch Radialbelastungen aufnehmen. Im Fall von Axialbelastungen wird stets die größere von beiden über das Axial-Pendelrollenlager geleitet.

Typische Anwendungsfälle sind in Hydraulikmotoren und Spritzgussmaschinen zu finden.

Lagerung mit einem Axial-Pendelrollenlager und einem Axial-Rillenkugellager

Bei dieser Lagerung ist das Axial-Pendelrollenlager im Gehäuse festgesetzt und gegen ein im Gehäuse radial freigestelltes Axial-Rillenkugellager angestellt. Die erforderliche Mindest-Axialbelastung in der Lagerung wird durch Vorspannung des Axialkugellagers mit Federn sichergestellt (→ **Bild 9**). Als Loslager am anderen Wellenende ist ein Radiallager eingesetzt.

Lagerungen dieser Art kommen zum Einsatz, wenn in einer Richtung sehr hohe Axialbelastungen aufzunehmen sind, aber auch in Gegenrichtung mit Axialbelastungen zu rechnen ist. Sie sind z.B. in Wasserturbinen und Pulpern zu finden.

Schmierung und Wartung

Schmierstoffe

Axial-Pendelrollenlager können sowohl mit Öl als auch mit Fett, das EP Zusätze enthält, geschmiert werden.

Pumpeffekt

Aufgrund der inneren Konstruktion tritt in Axial-Pendelrollenlagern ein Pumpeffekt auf, den man sich unter bestimmten Voraussetzungen zunutze machen kann. In jedem Fall ist dieser Pumpeffekt (→ **Diagramm 1**) bei der Auswahl des Schmierverfahrens und der Dichtungen zu berücksichtigen.

Viskosität

Für die Auswahl eines Schmieröls oder Schmierfetts ist in erster Linie die kinematische Viskosität des Öls bzw. des Grundöls maßgebend, die erforderlich ist, um im Betrieb eine ausreichende Schmierung des Lagers sicherzustellen. Die Viskosität des Öls ist temperaturabhängig und nimmt mit steigender Temperatur ab. Damit sich an den Berührungsstellen im Wälzkontakt ein ausreichend tragfähiger Schmierfilm ausbilden kann, muss der Schmierstoff eine bestimmte Mindestviskosität bei Betriebstemperatur aufweisen.

Die Bestimmung der für eine ausreichende Schmierung erforderlichen kinematischen Viskosität kann anhand der Angaben im SKF Hauptkatalog oder im „Interaktiven SKF Lagerungskatalog" online unter www.skf.com erfolgen.

Sauberkeit

Die Sauberkeit hat wesentlichen Einfluss auf die Zuverlässigkeit und die Lebensdauer einer Lagerung. Die erweiterte SKF Lebensdauergleichung erfasst den Einfluss der Sauberkeit und erlaubt dadurch eine zutreffendere Vorhersage der tatsächlichen Leistungsfähigkeit eines Lagers. Siehe hierzu auch Angaben unter „Bestimmung der Lagergröße" auf **Seite 12**.

Ölschmierung

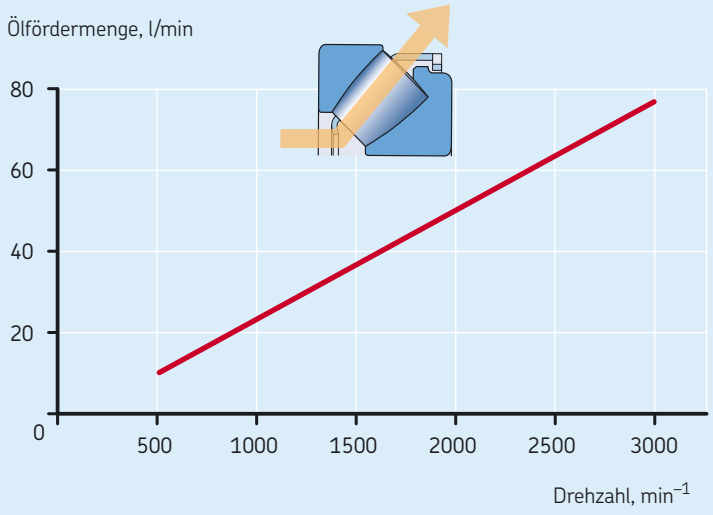
Axial-Pendelrollenlager sollten vorzugsweise mit Öl geschmiert werden. Dies gilt im Besonderen für vornehmlich statisch beanspruchte Lagerungen, wie z.B. in Drehbrücken, da Öl die Lager im Ruhezustand vor Schwingungsschäden schützt. Die geeignetsten Schmierverfahren sind

- die Ölbadschmierung, wenn z.B. das Öl nur in begrenztem Maße zur Kühlung der Lagerung herangezogen werden muss, oder
- die Ölumlaufschmierung, wenn z.B. zu hohe aber auch zu niedrige Betriebstemperaturen vorliegen.

Unabhängig vom ausgewählten Schmierverfahren ist der durch die innere Konstruktion der Axial-Pendelrollenlagern bedingte Pumpeffekt zu beachten. Außerdem sind stets die Lagerräume beidseits der Lagerung zum Ausgleich des Ölstands mit Verbindungskanälen zu versehen (→ **Bild 1**).

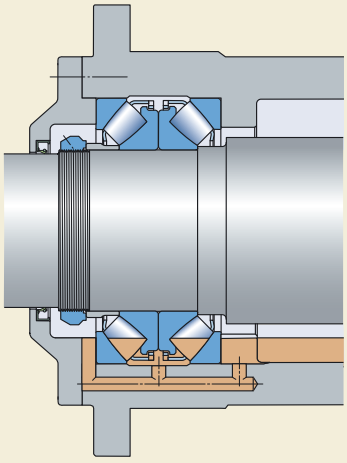
Pumpeffekt in Axial-Pendelrollenlagern im Fall von Lager 29420 E

Diagramm 1



Verbindungskanäle zwischen beiden Seiten der Lagerung sorgen für gleich hohen Ölstand

Bild 1



Weitergehende Informationen, z.B. zur Bemessung der Ölkanäle, können beim Technischen SKF Beratungsservice angefordert werden.

Ölbadschmierung

Für vertikal angeordnete Axial-Pendelrollenlager kommt in erster Linie Ölbadschmierung in Frage. Hier kann der Pumpeffekt des Lagers zur Erzeugung eines Ölumlaufs in der Lagerung genutzt werden.

Ölstand

Der für die Lagerung vertikaler Wellen empfohlene Ölstand ist in **Bild 2** dargestellt.

Bei horizontal gelagerten Wellen sollte der Ölstand bei stillstehendem Lager nicht ganz bis zur Mitte der untersten Rolle reichen (→ **Bild 3**). Richtwerte für den Abstand „a" von Wellenachse erhält man für

- Lager mit Bohrung d < 200 mm aus $a = 0{,}5\ d_m\ (\pm 2)$
- Lager mit Bohrung d ≥ 200 mm aus $a = 0{,}5\ d_m\ (0/+5)$

Hierin sind

a der Ölstand, gemessen von der Wellenachse, mm

d_m der mittlere Lagerdurchmesser = 0,5 (d + D), mm

d der Lagerbohrungsdurchmesser, mm

D der Lageraußendurchmesser, mm

Im Fall von Vertikallagerungen und niedrigen bis mittleren Drehzahlen kann das Lager auch vollständig in Öl eintauchen.

Ölumlaufschmierung

Bei höheren Drehzahlen nimmt auch die Betriebstemperatur zu und beschleunigt die Alterung des Schmieröls. Um häufige Ölwechsel zu vermeiden und eine ausreichende Ölversorgung sicherzustellen, wird dann meist Ölumlaufschmierung vorgesehen. Oftmals reicht bereits der Pumpeffekt eines Lagers aus, um den erforderlichen Ölumlauf sicherzustellen.

Falls der Pumpeffekt nicht ausreicht, ist der Ölumlauf mit Hilfe einer zusätzlichen Ölpumpe sicherzustellen. Die Öldurchflussrichtung durch das Lager soll stets mit der natürlichen Öldurchflussrichtung im Axial-Pendelrollenlager übereinstimmen.

Grundsätzlich gilt, je höher die Betriebstemperatur, umso schneller altert das Schmieröl. Darüber hinaus nimmt mit steigender Temperatur die Viskosität ab, was die Tragfähigkeit des Schmierfilms mindert. Höhere Drehzahlen lassen die Betriebstemperaturen ansteigen und beschleunigen die Alterung des Schmieröls. Mit der Ölumlaufschmierung können häufige Ölwechsel vermieden werden.

Um die Sauberkeit in der Lagerung hoch zu halten, sollte das Öl gefiltert werden, bevor es wieder der Lagerung zugeführt wird (→ **Bild 4**).

Kühlen

Bei mittleren Betriebsdrehzahlen reichen einfache Kühlsysteme aus, z.B. eine in den Ölrücklaufbehälter eingesetzte Kühlschlange.

Bei schnell laufenden Lagerungen oder hohen Umgebungstemperaturen ist die erforderliche Öldurchflussmenge und Rückkühlung zu bestimmen, mit denen eine ausreichende Schmierung und konstante Temperatur in der Lagerung sichergestellt werden kann. In die Ölumlaufanlagen integrierte Ölkühler können z.B. für die erforderliche Rückkühlung des Öls sorgen (→ **Bild 5**).

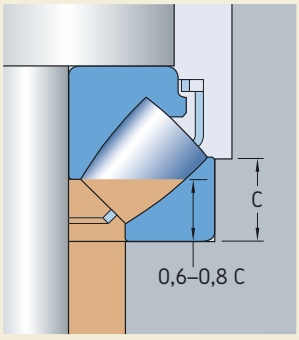
Bei der Bestimmung der jeweils erforderlichen Öldurchflussmengen ist der Technische SKF Beratungsservice gerne behilflich.

Erwärmen

Bei sehr niedrigen Umgebungstemperaturen, wie sie z. B. bei Drehbrücken oder Drehkränen vorkommen können, kann es unter Umständen erforderlich sein, das Öl anzuwärmen. Erwärmen wird gewählt, um das Öl in einen pumpfähigen Zustand zu versetzen oder aber die Schmierbedingungen in der Lagerung zu verbessern.

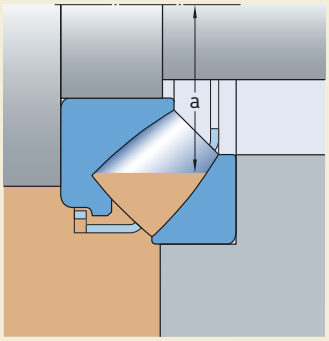
Empfohlener Ölstand in vertikal angeordneten Lagerungen

Bild 2



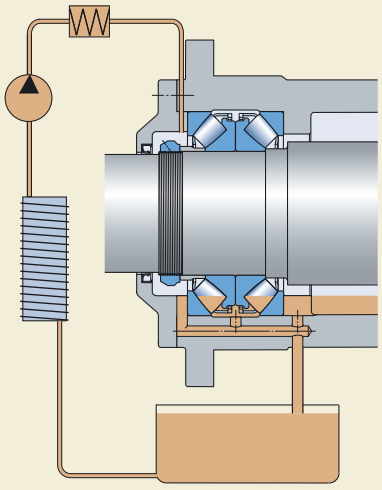
Empfohlener Ölstand in horizontal angeordneten Lagerungen

Bild 3



Ölumlaufanlage mit Ölkühler und Hauptstromfilter

Bild 4



Fettschmierung

Bei Fettschmierung ist vor allem darauf zu achten, dass die Berührungsstellen zwischen Rollen und Führungsbord stets ausreichend mit Fett versorgt sind. Je nach Lagerungsfall geschieht dies am besten dadurch, dass Lager und Lagerung vor der Inbetriebnahme komplett mit Fett gefüllt bzw. regelmäßig nachgeschmiert werden.

Es muss sichergestellt sein, dass überschüssiges Schmierfett aus dem Lager austreten kann (→ **Bilder 5** und **6**).

Vertikal angeordnete Lagerungen

Um das Schmierfett in Vertikallagerungen sicher zuführen und zurückhalten zu können, sind unterhalb der Lagerung zugfederbelastete Radial-Wellendichtringe vorzusehen. Die Fettzuführung erfolgt aufgrund des Pumpeffekts ebenfalls von unterhalb der Lagerung, (→ **Bild 5**).

Horizontal angeordnete Lagerungen

Bei diesen Lagerungen hat die Fettzufuhr in gleicher Richtung wie die Pumpwirkung des Lagers zu erfolgen, d.h. von der Seite der Gehäusescheibe her. Der Pumpeffekt drückt das Fett durch die Lagerung und lässt es gegebenenfalls über eine Labyrinthdichtung auf der anderen Seite aus der Lagerung austreten (→ **Bild 6**).

Geeignete Schmierfette

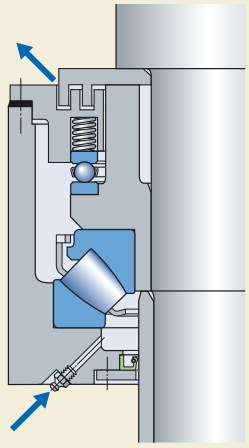
Die am besten zur Schmierung von Axial-Pendelrollenlagern geeigneten SKF Schmierfette sind zusammen mit ihren wesentlichen technischen Daten in **Tabelle 2** aufgeführt. Die Auswahltafel in **Tabelle 1** erlaubt einen schnellen Überblick über ihre Eignung bei verschiedenen Betriebsbedingungen.

Schmierfristen

Die Nachschmierung sollte vorgenommen werden, solange noch eine zuverlässige Schmierung durch das vorhandene Fett sichergestellt ist. Beim Nachschmieren ist darauf zu achten, dass die Lager nicht überschmiert werden, weil es sonst zu Fettstau kommt, der die Lagertemperatur auf Dauer erhöht.

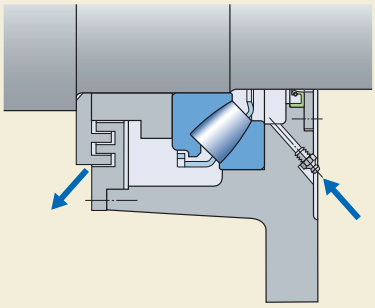
Die Schmierfrist t_f für normale und saubere Betriebsbedingungen ist in **Diagramm 2** dargestellt. Die Werte beziehen sich auf horizontal angeordnete Wellen mit umlaufender Wellenscheibe.

Bild 5



Fettschmierung von Vertikallagerungen: Die Fettzuführung erfolgt von unten und nutzt die Förderwirkung.

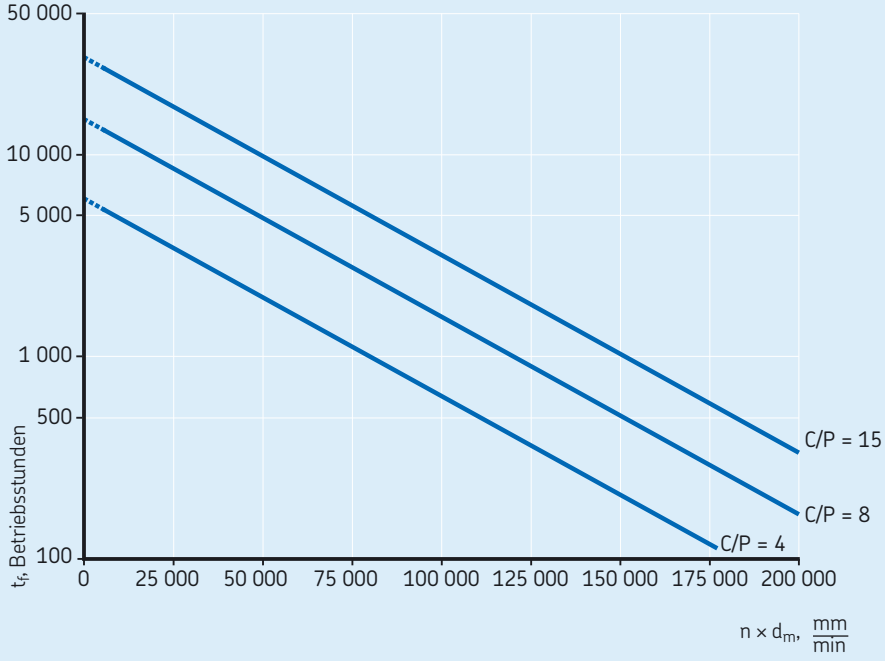
Bild 6



Fettschmierung von Horizontallagerungen: Die Fettzuführung erfolgt von der Seite der Gehäusescheibe her und nutzt die Förderwirkung

Diagramm 2

Schmierfristen für Axial-Pendelrollenlager auf horizontalen Wellen bei Betriebstemperaturen von 70 °C



Werden die Drehzahlkennwerte $n \times d_m$
- 200 000 bei Belastungsverhältnissen C/P ≈ 15
- 120 000 bei Belastungsverhältnissen C/P ≈ 8
- 60 000 bei Belastungsverhältnissen C/P ≈ 4,

überschritten, ist der Technische SKF Beratungsservice einzuschalten.

Tabelle 1

Geeignete SKF Wälzlagerschmierfette für Axial-Pendelrollenlager: Auswahltafel

SKF Schmier-fett Kurz-zeichen	**Betriebsbedingungen** Relative hohe Drehzahlen	Sehr langsame Dreh- und/oder Schwenk-bewegungen	Geringes Drehmoment und niedrige Reibung	Starke Schwin-gungen	Hohe Belas-tungen	Korrosions-schutz	Verhalten gegenüber Wasser
LGEP 2	o	o	–	+	+	+	+
LGHB 2	o	+	–	+	+	+	+
LGEM 2	–	+	–	+	+	+	+
LGEV 2	–	+	–	+	+	+	+
LGWM 1	o	o	o	–	+	+	+

+ = Empfohlen o = Geeignet – = Nicht geeignet

Weitere Auskünfte erhalten Sie vom Technischen SKF Beratungsservice.

Tabelle 2

Geeignete SKF Wälzlagerschmierfette für Axial-Pendelrollenlager: Technische Daten

SKF Schmier-fett	**Beschreibung**	**NLGI-Klasse**	**Dickungsmittel**	**Grundöl**	**Kinematische Viskosität des Grundöls** (mm^2/s) **40 °C**	**100 °C**	**Temperaturbereich**[1] (°C) **LTL**	**HTPL**
LGEP 2	Hochdruckfett	2	Lithium-Seife	Mineralöl	200	16	–20	+110
LGHB 2	Hochviskoses EP-Hochtemperaturfett	2	Kalzium-Sulfonat-Komplexseife	Mineralöl	400	26,5	–20	+150
LGEM 2	Hochviskoses EP-Fett mit Festschmierstoff-Zusätzen	2	Lithium-Seife	Mineralöl	500	32	–20	+120
LGEV 2	Extrem hochviskoses Fett mit Festschmierstoff-Zusätzen	2	Lithium-Kalzium-Seife	Mineralöl	1 020	58	–10	+120
LGWM 1	Hochdruck-Tieftemperaturfett	1	Lithium-Seife	Mineralöl	200	16	–30	+110

LTL Unterer Temperaturgrenzwert (Low Temperature Limit)
HTPL Empfohlener Grenzwert für die höchste zulässige Betriebstemperatur (High Temperature Performance Limit)

[1] Hinweise auf funktionssichere Temperaturbereiche für Schmierfette enthält der Abschnitt "Temperatur-Anwendungsbereich – das SKF Ampelkonzept" im SKF Hauptkatalog ab **Seite 232.**

Mit Rücksicht darauf, dass Schmierfette bei höheren Temperaturen rascher altern, muss die aus **Diagramm 2** ermittelte und für Betriebstemperaturen von 70 °C geltende Schmierfrist für jeweils 15 °C Temperaturüberschreitung um die Hälfte reduziert werden. In keinem Fall darf dabei jedoch der empfohlene obere Grenzwert für die zulässige Betriebstemperatur des Schmierfettes überschritten werden. Bei Lagertemperaturen unter 70 °C empfiehlt SKF, die Schmierfrist bei Axial-Pendelrollenlagern nicht zu verlängern.

- Bei Vertikallagerungen mit obenliegender Wellenscheibe sind die ermittelten Werte für die Schmierfrist um die Hälfte zu reduzieren.
- Bei Lagerungen mit umlaufender Gehäusescheibe ist Ölschmierung vorzusehen.
- Bei Vertikallagerungen mit untenliegender Wellenscheibe ist die Technische Beratung von SKF einzuschalten.

Wenn in einem konkreten Anwendungsfall festgestellt wird, dass die Schmierfristen zu kurz sind, empfiehlt es sich,

- die Lagertemperatur zu prüfen
- das Fett auf Verunreinigungen durch Feststoffe oder Flüssigkeiten hin zu untersuchen,
- ein geeigneteres Schmierfett auszuwählen
- die Betriebsbedingungen, z.B. hinsichtlich Belastung oder Schiefstellung, zu überprüfen.

Bei der Ermittlung geeigneter Schmierfristen für kritische Anwendungsfälle in der Prozessindustrie empfiehlt es sich, schrittweise vorzugehen. Dabei ist anfänglich häufiger nachzuschmieren und die Nachschmiermenge strikt einzuhalten (→ nachfolgenden Abschnitt "Schmierverfahren").

Vor jedem Nachschmiervorgang sind der Zustand des Schmierfetts und der Grad der Verschmutzung mit festen und flüssigen Verunreinigungen zu überprüfen. Als begleitende Maßnahme empfiehlt es sich, die Dichtungen der Lagerung ständig auf Verschleiß, Beschädigung und nachlassende Dichtwirkung hin zu überprüfen. Bei ordnungsgemäßem Zustand des Schmierfetts kann dann die Schmierfrist schrittweise bis zu ihrem Idealwert verlängert werden.

Nachschmierverfahren

Für die Nachschmierung von Axial-Pendelrollenlagern werden in Abhängigkeit von der ermittelten Schmierfrist t_f und den Betriebsbedingungen hauptsächlich die beiden nachstehend genannten Verfahren eingesetzt. Die Auswahl hängt von den Betriebsbedingungen ab.

- Ergänzung der Fettfüllung. Dies ist bei Schmierfristen bis zu einem halben Jahr das passende und bevorzugte Verfahren. Es erlaubt einen ununterbrochenen Betrieb und ermöglicht niedrigere Betriebstemperaturen im Vergleich mit kontinuierlicher Schmierfettzufuhr.
- Kontinuierliche Fettzufuhr: Dieses Verfahren ist anzuwenden, wenn die Schmierfristen sehr kurz sind, z.B. um nachteiligen Auswirkungen von Verunreinigungen vorzubeugen oder wenn andere Nachschmierverfahren unpraktisch sind, weil die Schmierstelle nur schwer zugänglich ist.

Bei Lagerungen mit mehreren Lagern auf einer Welle ist es allgemeine Praxis, die kürzeste der ermittelten Schmierfristen für alle Lager anzuwenden. Hinweise und Fettmengen für die beiden alternativen Nachschmierverfahren werden im Folgenden angegeben.

Ergänzen der Fettfüllung

Richtwerte für die zur Ergänzung erforderlichen Fettmengen können ermittelt werden aus:

$G_p = 0{,}005\ D\ H$

Hierin sind
G_p = die erforderliche Fettmenge, g
D = der Lageraußendurchmesser, mm
H = die Lagerbauhöhe, mm

Um die Fettzufuhr mit Hilfe einer Schmierpresse möglich zu machen, sollte am Lagergehäuse ein Schmiernippel vorhanden sein (→ **Bilder 5** und **6**, **Seite 26**).

Um das verbrauchte Fett wirksam verdrängen zu können, muss die Maschine während des Ergänzens der Fettfüllung in Betrieb sein. Bei stillstehender Maschine muss während der Fettergänzung, wenn möglich, die Welle z.B. von Hand gedreht werden.

Bei zentralen Schmiersystemen ist darauf zu achten, dass die Fettzufuhr in den Zeiträumen erfolgt, bei denen die Betriebstemperaturen niedrig sind.

SKF empfiehlt, das Schmierfett etwa nach jeder fünften Ergänzung komplett auszutauschen.

Kontinuierliche Fettzufuhr

Weil bei kontinuierlicher Fettzufuhr erhöhte Betriebstemperaturen auftreten können, wird dieses Verfahren nur für Lagerungen im unteren Drehzahlbereich empfohlen, d.h. wenn die Drehzahlen den Drehzahlkennwert $A = n\ d_m = 75\ 000$ nicht überschreiten. Die erforderliche Nachschmiermenge ergibt sich aus der Formel für die periodisch zuzuführende Fettmenge G_p, wie unter "Ergänzen der Fettfüllung" angegeben. Sie muss über die Dauer der Schmierfrist kontinuierlich zugeführt werden.

Wartung

Die ordnungsgemäße Wartung ist die Vorraussetzung für den störungsfreien Betrieb von Maschinen und Anlagen. Vorausschauende Planung sowie der Einsatz von professionellen Verfahren und Werkzeugen für Wartung und Schmierung sind dabei unverzichtbare Hilfsmittel.

Weitergehende Informationen zur Montage und Instandhaltung von Axial-Pendelrollenlagern finden Sie im SKF Service-Handbuch oder unter www.aptitudexchange.com.

Überprüfung der Lager im Betrieb

Das Überprüfen und Überwachen des Maschinenzustands im Betrieb ist besonders wichtig. Da Wälzlager entscheidende Bestandteile aller Maschinen mit umlaufenden Bauteilen sind, kommt ihrer vorbeugenden Instandhaltung und Zustandsüberwachung im Betrieb eine immer größere Bedeutung zu. Hierfür steht heute eine Vielzahl von Geräten und Systemen zur Verfügung.

In der Praxis werden aber nicht alle Maschinen oder Maschinenfunktionen mit modernen Geräten oder Systemen überwacht. In solchen Fällen muss dann auf „Alarmzeichen" der Lager geachtet werden, z.B. auf Geräusche, Erwärmung oder Schwingungen.

Geräuschprüfung

Einwandfreie Lager verursachen ein leises gleichmäßig surrendes Geräusch. Mahlende, pfeifende oder sonstige auffällige Laufgeräusche weisen im Allgemeinen auf einen schlechten Lagerzustand hin.

Beschädigte Lager machen sich durch unregelmäßige und laute Geräusche wie auch übermäßige Schwingungen bemerkbar. Mit dem elektronischen Stethoskop von SKF z.B. können anhand des Laufgeräuschs Schäden bereits im Frühstadium erkannt werden.

Temperaturprüfung

Regelmäßige Temperaturüberwachung sowohl am Lager als auch an anderen wichtigen Bauteilen sollte ebenfalls zum Überwachungsprogramm gehören. Jede Temperaturänderung bei unveränderten Betriebsbedingungen kann auf eine Störung hinweisen. Die routinemäßige Überwachung der Lagertemperaturen kann schnell und präzise mit einem der SKF Digital-Thermometer durchgeführt werden.

Zu beachten ist jedoch, dass unmittelbar nach dem Nachschmieren eine gewisse Temperaturerhöhung normal ist, die etwa ein bis zwei Tage anhalten kann.

Sichtprüfung

Der Zustand der Dichtungen nahe den Lagern ist regelmäßig zu kontrollieren. Er ist ausschlaggebend dafür, dass keine Verunreinigungen in die Lagerstelle gelangen können. Austretendes Öl ist meist ein Anzeichen für verschlissene oder beschädigte Dichtungen bzw. gelockerte Verschlussstopfen. Verschlissene oder beschädigte Dichtungen sind baldmöglichst auszutauschen.

Dunkel verfärbter Schmierstoff weist im Allgemeinen auf Verunreinigungen in der Lagerung hin.

Überwachung des Schmierzustands

Fettgeschmierte Lagerungen sollten bei laufendem Betrieb mit nur geringen Mengen nachgeschmiert werden.

In regelmäßigen Abständen ist das verbrauchte Schmierfett zu entfernen oder über die Fettaustrittsöffnungen aus dem Gehäuse zu verdrängen. Beim Nachschmieren ist darauf zu achten, dass keine Verunreinigungen in das Schmierfett gelangen können.

Bei ölgeschmierten Lagerungen ist regelmäßig der Ölstand zu prüfen und gegebenenfalls Öl der gleichen Sorte nachzufüllen. Anhand einer Ölprobe wird der Zustand des Schmieröls bestimmt. Wenn die Probe trüb erscheint, ist wahrscheinlich Wasser in die Lagerung eingedrungen und hat das Schmieröl verunreinigt. Die Ölfüllung ist zu erneuern.

Dunkle Verfärbung weist auf starke Verunreinigung des Öls oder beginnende Verkokung hin. Das Lager ist gründlich zu reinigen und neues Schmieröl derselben Sorte einzufüllen.

Elektronische Zustandsüberwachung der Lager im Betrieb

Durch die elektronische Zustandüberwachung von Lagerungen lassen sich Lagerschäden bereits im Frühstadium erkennen. Dadurch verbleibt genügend Zeit um die erforderlichen Wartungsmaßnahmen einzuplanen.

Das umfangreiche SKF Serviceangebot auf dem Gebiet der elektronischen Zustandsüberwachung umfasst neben Geräten und Systemen (→ **Bild 9**) unter anderem noch die Mithilfe bei der Auswahl und der Installation der Überwachungssysteme sowie die Mitarbeiterschulung. Weitergehende Hinweise sind zu finden auf den **Seiten 32** und **33**.

Schwingungsanalysen

Lagerschäden können bei der Schwingungsüberwachung anhand der typischen Schadensfrequenzen, im Abgleich mit den Frequenzen unbeschädigter Lager, festgestellt werden. Auf der Verpackung aller SKF Axial-Pendelrollenlager sind daher zur einfacheren Schadensanalyse die Überrollfrequenzen des jeweiligen Lagers angegeben (→ **Bild 10**).

Bild 9

Zum SKF Lieferprogramm gehören viele Messgeräte und Systeme zur Zustandsüberwachung, unter anderem auch die im Bild gezeigten tragbaren Maschineninspektionssysteme der Reihe MARLIN, die eine schnelle und zuverlässige Schwingungsanalyse ermöglichen

Auf dem Aufkleber der Verpackung von SKF Axial-Pendelrollenlagern sind auch die Überrollfrequenzen angegeben

Bild 10

Einbau und Ausbau

Einbau

Einbau mit fester Passung

SKF Axial-Pendelrollenlager sind nicht selbsthaltend, der Einbau der Wellenscheibe mit Rollensatz und der Gehäusescheibe kann daher getrennt erfolgen (→ **Bild 1**).

Sowohl eine wie auch beide Lagerscheiben können mit fester Passung eingebaut werden.

Aufgrund der massiven Ausführung der Lagerscheiben empfiehlt SKF, bei ihrem Einbau Anwärmgeräte einzusetzen.

Je nachdem, ob die Wellen- oder Gehäusescheibe feste Passung aufweisen, ist entweder die Wellenscheibe oder das Gehäuse um ca. 80 °C bis 90 °C zu erwärmen. Hierzu sind, je nach Einbaufall, ein Induktions-Anwärmgerät (→ **Bild 2**), ein Wärmeschrank oder flexible Heizelemente geeignet.

Zweiseitig wirkende Axiallagerungen – zwei in O- oder X-Anordnung kombinierte Axial-Pendelrollenlager

Zwei in O- oder X-Anordnung kombinierte Axial-Pendelrollenlager werden stets mit einem bestimmten axialen Betriebsspiel bzw. mit Vorspannung eingebaut. In diesen Fällen sind die Angaben im Abschnitt „Axiales Betriebsspiel und Vorspannung" ab **Seite 16** zu beachten.

In einigen Fällen kann es erforderlich sein, die korrekte Einbaustellung der Lager durch Korrekturmaßnahmen an den Umbauteilen sicher zu stellen, z.B. durch entsprechende Bemaßung von Abstandshülsen oder Beilegscheiben.

Ausführliche und auf die jeweilige Lagergröße abgestimmte Ein- und Ausbau-Anweisungen stehen für Axial-Pendelrollenlager online unter skf.com/mount zur Verfügung.

Austausch von Lagern unterschiedlicher Ausführung

Wenn ein SKF Axial-Pendelrollenlager mit einem Messingkäfig, das über die Käfigführungshülse axial abgestützt ist, durch ein modernes Lager mit Stahlblechkäfig, Ausführung E, ersetzt werden muss, ist eine Distanzhülse zwischen Wellenschulter und Wellenscheibe einzusetzen (→ **Bild 3**).

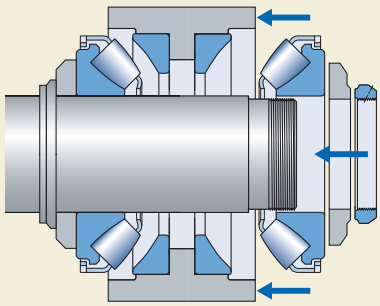
Bei den SKF Axial-Pendelrollenlager mit Stahlblechkäfig der Ausführung B, die durch ein modernes Lager der Ausführung E ersetzt werden müssen, kann eine Nacharbeit der Abstandshülse erforderlich werden (→ **Bild 4**).

Die entsprechenden Abmessungen für die Durchmesser der Abstandshülsen sind in der Produkttabelle ab **Seite 36** aufgeführt.

skf.com/mount

Axial-Pendelrollenlager sind nicht selbsthaltend, d.h., Wellenscheibe mit Rollensatz und Gehäusescheibe können getrennt eingebaut werden

Bild 1



Zum SKF Lieferprogramm gehören Induktions-Anwärmgeräte, die den Einbau der Wellenscheibe mit Rollensatz auf der Welle wesentlich vereinfachen

Bild 2

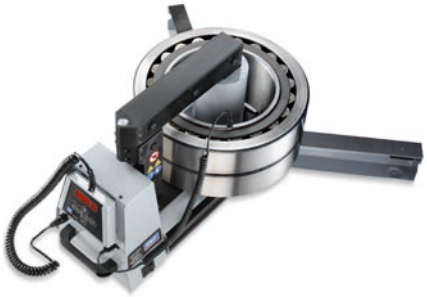
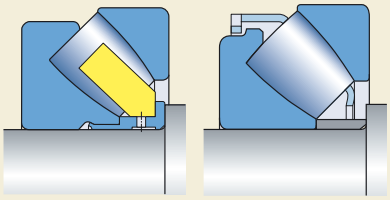


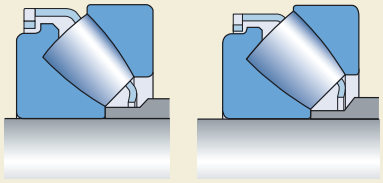
Bild 3



Lagern mit Messingkäfig

Lager der Ausführung E

Bild 4



Lagern der Ausführung B

Lager der Ausführung E

Ausbau

Zum Ausbau von Lagerscheiben mit fester Passung sind sehr hohe Kräfte erforderlich. Deshalb sind mechanischen Abziehvorrichtungen nur für die kleineren Axial-Pendelrollenlager geeignet. Für den Ausbau mittelgroßer Lager sollten hydraulisch unterstützte Schwerlastabzieher eingesetzt werden. Der Ausbau von großen Lagerscheiben wird durch das SKF Druckölverfahren wesentlich erleichtert.

Ausbau von Lagerscheiben mit Hilfe des SKF Druckölverfahrens

Das SKF Druckölverfahren (→ **Bild 5**) vereinfacht in Verbindung mit einem geeigneten Abziehwerkzeug den Ausbau von Wellenscheiben und gegebenenfalls auch von Gehäusescheiben.

Beim Druckölverfahren wird durch Einpressen von Drucköl zwischen die Passfläche, z. B. von Wellenscheibe und Welle die Reibung zwischen ihnen praktisch aufgehoben. Dadurch kann die Lagerscheibe mit geringem Kraftaufwand zügig von der Welle abgezogen, bzw. aus der Gehäusebohrung herausgezogen werden.

Die Anwendung des Druckölverfahrens setzt jedoch voraus, dass die Welle bzw. das Gehäuse bereits bei der Konstruktion mit der erforderlichen Ölzuführbohrung und Ölverteilungsnut versehen wird. Empfohlenen Abmessungen für die Ölzuführbohrung, das Anschlussgewinde und die Ölverteilungsnut können der **Tabelle 1** entnommen werden.

Aufgrund des unsymmetrischen Querschnitts der Wellenscheibe muss die Ölverteilungsnut unterhalb der Stelle der größten Scheibendicke eingebracht werden, d. h. etwa 1/3 der Scheibenhöhe von der Auflagefläche entfernt (→ **Tabelle 1**).

Muss die Wellenscheibe über lange Wellensitze abgezogen werden, können eventuell mehrere Ölzuführbohrungen und Ölverteilungsnuten notwendig werden. Um ein Festsetzen der Wellenscheibe beim Abziehen von langen Wellensitzen vorzubeugen, sollten diese möglichst entweder Spielpassung aufweisen oder abgesetzt sein.

B

Ausbau einer Wellenscheibe mit Rollensatz und fester Passung mit Hilfe des SKF Druckölverfahrens

Bild 5

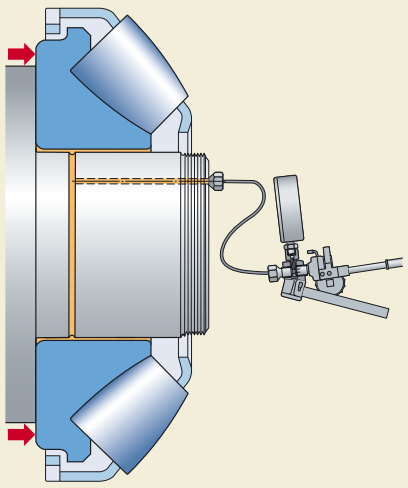
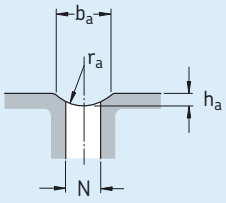


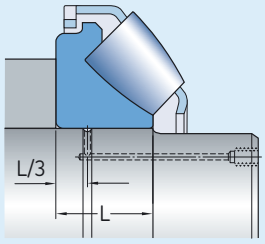
Tabelle 1

Empfohlenen Abmessungen für die Ölzuführbohrung, die Ölverteilungsnut und das Anschlussgewinde

Ölverteilungsnuten und Ölzuführbohrungen

Durchmesser der Sitzfläche über	bis	Abmessungen 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

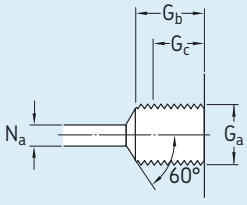




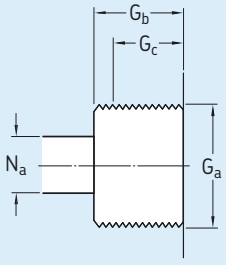
L = Breite des Lagersitzes

Anschlussgewinde und -bohrungen

Gewinde G_a	Ausführung	Abmessungen G_b	G_c[1] max	N_a
–	–	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



Ausführung A

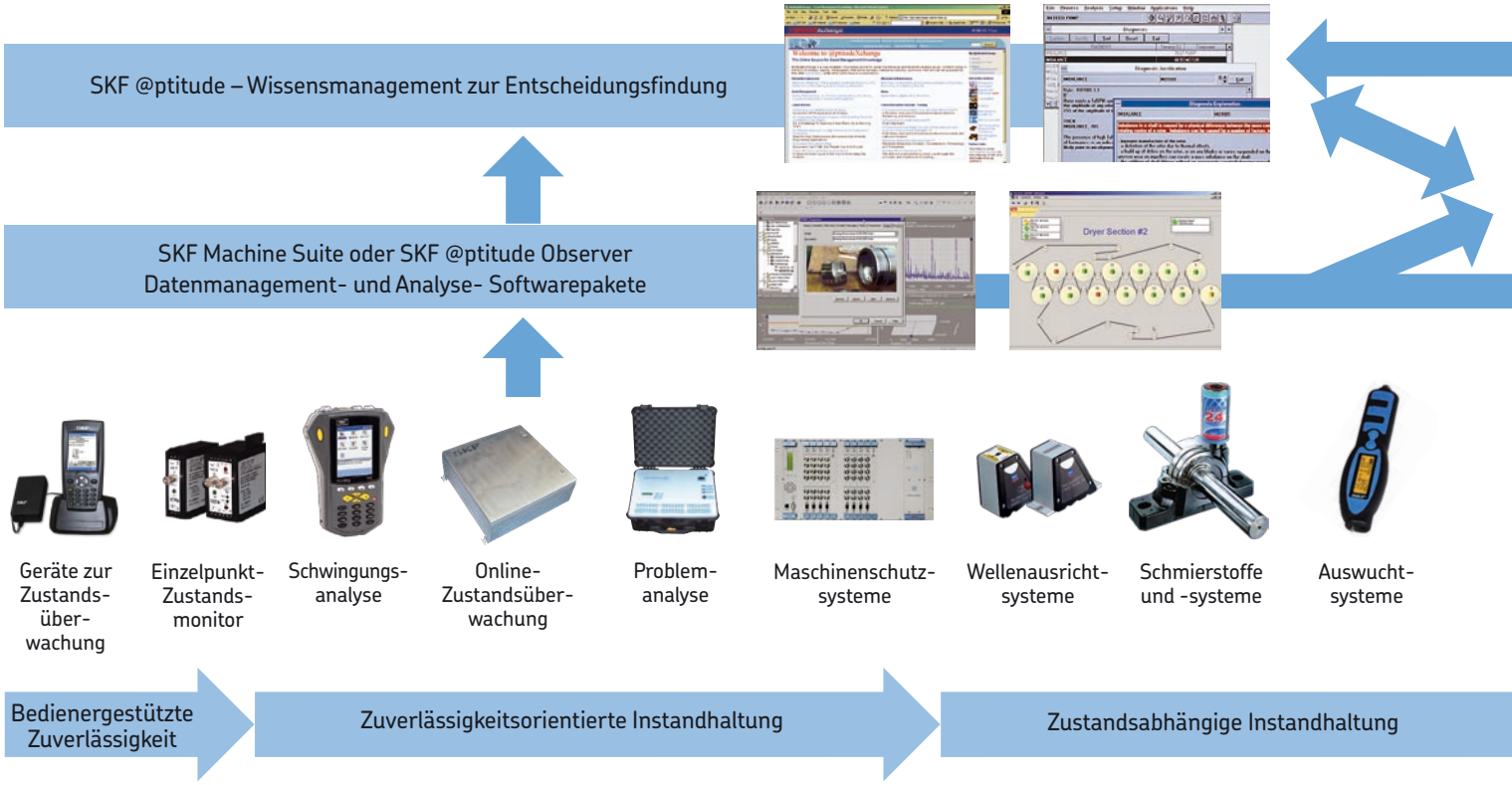


Ausführung B

[1] Effektive Gewindelänge

Serviceleistungen für mehr Zuverlässigkeit

Integrierte Plattformen zur Steigerung der Anlageneffizienz



*Das Angebot der **SKF Reliability Systems** umfasst Geräte zur Datenerfassung, Zustandsüberwachungs-Software, Entscheidungshilfesysteme, Instandhaltungsmanagement und Logistikunterstützung.*

Einhundert Jahre Erfahrung mit der Entwicklung und Anwendung von Wälzlagern, machen SKF zum kompetenten Partner auf dem Gebiet der Bewegungstechnik. Hier sind nicht nur die Fachkenntnisse hinsichtlich der eigenen Produkte, sondern auch das Wissen zu Hause, das zur ständigen Verbesserung von Maschinen und Fertigungsabläufe erforderlich ist.

Dies versetzt SKF in die Lage, in partnerschaftlicher Zusammenarbeit mit Ihnen, die Leistung Ihrer Maschinen zu verbessern und Instandhaltungsstrategien zu erarbeiten, um später im Betrieb höchste Produktivität dieser Maschinen sicher zu stellen.

1) ERP: Unternehmens-Resourcenplannung
CMMS: Computergestützte Wartungs-Managementsysteme

Die SKF Konzepte für noch mehr Kundennutzen

Das Angebot der SKF Reliability Systems für mehr Zuverlässigkeit und höhere Effizienz umfasst Dienstleistungen und Produkte für praktisch jeden Industriezweig, die weit über eine einfache Instandhaltung hinausgehen. Mit dem "Total Shaft Solutions" Konzept z.B. eröffnet sich dem Kunden die Möglichkeit, das SKF Know-how und die SKF Ressourcen zur Effizienzsteigerung zu nutzen Zum Leistungsangebot gehören unter anderem:

- Fehlerursachenanalyse
- Instandhaltungsstrategien
- Instandhaltungs-Managementsysteme, z.B. für Gebläse, Pumpen, Getriebe, Spindeln
- Vorbeugende und zustandsabhängige Instandhaltung
- Schmierstoff- und Schmiersystemuntersuchungen
- Auswuchten
- Ausrichten
- Maßgeschneiderte Schulungen
- Überprüfen der Konstruktion – Aufrüsten, Erneuern, Umbau
- Lagermontage und Reparaturservice.

Ein weiteres SKF Konzept zur Steigerung der Anlagenzuverlässigkeit ist die sogenannte "Anlagen-Effizienz Optimierung", kurz AEO. Es stellt den Wert der Anlagen in den Mittelpunkt und damit auch die dazu nötige Wartung und Instandhaltung. Ein AEO Programm kann aus einem oder mehreren Modulen bestehen und ist auf den jeweiligen Einzelfall abgestimmt. Zu den Modulen können unter anderem gehören:

- die zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung
- die bedienergestützte Zuverlässigkeit, z.B. ein computergestütztes Anlagenmanagement mit Online-Zustandsüberwachung
- die "Integrated Maintenance Solutions", d.h. Komplettlösungen für Wartung und Instandhaltung.

Weitergehende Informationen hinsichtlich der SKF Kompetenzen und Serviceleistungen für mehr Zuverlässigkeit bitten wir Sie bei Ihrem SKF Ansprechpartner vor Ort anzufragen.

Bei der Erstellung anwendungsspezifischer Partnerschaftsverträge werden vornehmlich SKF Produkte, Serviceleistungen und Wissensmanagementsysteme herangezogen, um die vereinbarten Ziele auch sicher zu erreichen. Wenn erforderlich, wird jedoch auch auf Ressourcen anderer Dienstleister zurückgegriffen.

Allgemeine Lagerdaten

Abmessungen

Die Hauptabmessungen der Axial-Pendelrollenlager stimmen mit den Angaben in DIN 728:1991 bzw. mit DIN 616:2000 und ISO 104:2002 überein.

Toleranzen

SKF Axial-Pendelrollenlager werden mit den Normaltoleranzen entsprechend DIN 620-3:1982 bzw. ISO 199:2005 gefertigt.

Die Toleranz der Bauhöhe ist jedoch gegenüber den Normwerten eingeengt. Bei den

- SKF Standardlagern um 20 bis 50 % und
- SKF Explorer-Lagern um bis zu 70 %.

Die Toleranzwerte für die Bauhöhe H sind in **Tabelle 1** aufgeführt.

Käfige

SKF Axial-Pendelrollenlager werden in zwei von Größe und Reihe abhängigen Ausführungen gefertigt. Die Lager bis einschließlich Bohrungskennzahl 68 mit dem Nachsetzzeichen E haben einen gepressten Fensterkäfig aus Stahlblech, der zusammen mit den Rollen und der Wellenscheibe eine Einheit bildet. Alle übrigen Lager haben einen Massivkäfig aus Messing oder Stahl, der durch eine in der Bohrung der Wellenscheibe befestigte Hülse geführt und gehalten wird. Wellenscheibe, Käfig und Rollen bilden auch hier eine Einheit.

Tabelle 1

Bohrungsdurchmesser (d) über	bis	**Toleranz der Bauhöhe (H)** ob.	unt.
mm		µm	
50	**80**	0	–125/–100[1]
80	**120**	0	–150/–100[1]
120	**180**	0	–175/–125[1]
180	**250**	0	–200/–125[1]
250	**315**	0	–225/–150[1]
315	**400**	0	–300/–200[1]
400	**500**	0	–400
500	**630**	0	–500
630	**800**	0	–630
800	**1 000**	0	–800
1 000	**1 250**	0	–1 000
1 250	**1 600**	0	–1 200

[1] Gilt für SKF Explorer Lager

Schiefstellung

Axial-Pendelrollenlager sind auf Grund ihrer Konstruktion winkelbeweglich und lassen Fluchtungsfehler der Welle gegenüber dem Gehäuse ohne nachteilige Folgen für das Lager zu.

Die zulässige Schiefstellung nimmt mit zunehmender Belastung ab. Die in **Tabelle 2** angegebenen Richtwerte gelten bei umlaufender Wellenscheibe und gleich bleibender Schiefstellung.

Die Lager sind somit für praktisch alle in Frage kommenden Lagerungen geeignet.

Inwieweit die angegebenen Richtwerte ausgenutzt werden können, hängt letztendlich jedoch von der Gestaltung der Lagerstelle, der Art der Dichtung usw. ab.

Bei umlaufender Wellendurchbiegung oder umlaufender Gehäusescheibe empfiehlt es sich, den Technischen SKF Beratungsservice einzuschalten.

Tabelle 2

Zulässige Schiefstellungen

Lagerreihe	**Zulässige Schiefstellung** bei Belastungen P_0[1] < 0,05 C_0	> 0,15 C_0	> 0,3 C_0
–	Grad		
292 (E)	2	1,5	1
293 (E)	2,5	1,5	0,3
294 (E)	3	1,5	0,3

1) $P_0 = F_a + 2{,}7\ F_r$

Drehzahlen

Axial-Pendelrollenlager können nicht mit beliebig hohen Drehzahlen umlaufen. Im Allgemeinen ist die Drehzahl durch die Betriebstemperatur des Lagers begrenzt, die mit Rücksicht auf den verwendeten Schmierstoff oder den Werkstoff der Lagerteile zulässig ist. Bei guter Kühlung und Verwendung von Hochleistungs-Schmierölen wird die maximal zulässige Drehzahl nur durch die Käfigeigenschaften bestimmt.

Referenzdrehzahlen

Die Referenzdrehzahl ist diejenige Drehzahl, bei der sich unter festgelegten Betriebsbedingungen ein Wärmegleichgewicht zwischen der im Lager erzeugten Wärme und der über die Welle, das Gehäuse und den Schmierstoff abgeführten Wärmemenge einstellt. Die Betriebsbedingungen für dieses Wärmegleichgewicht entsprechen den in ISO 15312:2003 genormten Festlegungen.

Axial-Pendelrollenlager können, wie oben bereits erwähnt, unter bestimmten Umständen auch oberhalb der Referenzdrehzahlen betrieben werden.

Grenzdrehzahlen

Die Grenzdrehzahlen hängen hauptsächlich ab von den Kriterien Formstabilität und Festigkeit des Käfigs, Schmierung der Rolle/Bord-Berührungsstellen und der Käfigführungsflächen, Lagergenauigkeit und den von den Rollen verursachten Zentrifugal- und Massenkräften.

SKF Axial-Pendelrollenlager können auch bei höheren Drehzahlen als den in der Lagertabelle angegebenen Grenzdrehzahlen betrieben werden. Dies macht jedoch Lager besonderer Ausführung und z.B. mit erhöhter Laufgenauigkeit erforderlich. Weitergehende Informationen sind beim Technischen SKF Beratungsservice anzufragen.

Einfluss der Betriebstemperatur auf den Lagerwerkstoff

Alle Lagerscheiben und Rollen von SKF Axial-Pendelrollenlagern werden einer besonderen Wärmebehandlung unterzogen. Sie können dadurch über längere Zeitabschnitte bei relativ hohen Betriebstemperaturen eingesetzt werden, ohne dass unzulässige Maßänderungen eintreten. So sind z.B. Temperaturen von +200 °C bis zu 2 500 Stunden zulässig oder kurzzeitig sogar noch höhere Temperaturen.

Mindestbelastung

Für einen störungsfreien Betrieb muss auf Axial-Pendelrollenlager, ebenso wie auf die übrigen Wälzlager, stets eine bestimmte Mindestbelastung wirken. Dies gilt insbesondere für schnell laufende Lager und für Lagerungen, die hohen Beschleunigungen oder schnellen Lastrichtungswechseln ausgesetzt sind. Dabei beeinflussen die Massenkräfte der Rollen und des Käfigs sowie die Reibung im Schmierstoff die Abrollverhältnisse im Lager. Unter solchen Bedingungen können Gleitbewegungen zwischen den Rollen und den Laufbahnen auftreten, die dann Oberflächenschäden hervorrufen.

Die in solchen Fällen erforderliche Mindest-Axialbelastung kann für die Axial-Pendelrollenlager angenähert ermittelt werden aus:

$$F_{am} = 1{,}8\ F_r + A\left(\frac{n}{1\,000}\right)^2$$

Wenn $1{,}8\ F_r < 0{,}0005\ C_0$ ist mit $0{,}0005\ C_0$ anstelle von $1{,}8\ F_r$ zu rechnen

Hierin sind

F_{am} die Mindest-Axialbelastung, kN
F_r die Radialkomponente der Belastung bei kombiniert belasteten Lagern, kN
C_0 die statische Tragzahl, kN (→ **Produkttabelle**)
A Minimallast-Faktor (→ **Produkttabelle**)
n Drehzahl, min^{-1}

Bei Drehzahlen über der Referenzdrehzahl, bei hochviskosen Schmierstoffen und bei Kaltstart können unter Umständen auch höhere Mindestbelastungen erforderlich werden. In vielen Fällen ist das Eigengewicht der gelagerten Teile bereits höher als die erforderliche Mindestbelastung. Wenn jedoch der ermittelte Grenzwert unterschritten wird, müssen die Axial-Pendelrollenlager z.B. durch Federn vorgespannt werden.

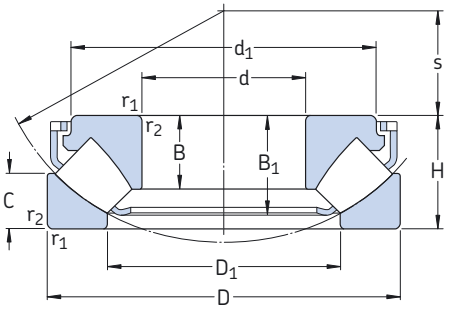
Unter bestimmten Bedingungen, z.B. wenn das Axial-Pendelrollenlager radial geführt und mit axialem Betriebsspiel eingebaut ist, kann die Mindestbelastung auch unterschritten werden. In solchen Fällen empfiehlt es sich jedoch, die Technische SKF Beratungsservice einzuschalten.

Nachsetzzeichen

Nachsetzzeichen, die häufiger bei Axial-Pendelrollenlagern vorkommen, sind nachstehend aufgeführt und in ihrer Bedeutung erklärt.

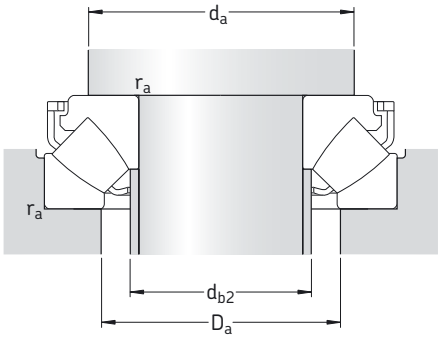
E Optimierte innere Konstruktion und Fensterkäfig aus Stahlblech
EF Optimierte innere Konstruktion und Massivkäfig aus Stahl
EM Optimierte innere Konstruktion und Massivkäfig aus Messing
N1 Eine Haltenut in der Gehäusescheibe
N2 Zwei um 180° versetzte Haltenuten in der Gehäusescheibe
VE447 Wellenscheibe mit drei gleichmäßig am Umfang verteilten Traggewinden
VE447E Wellenscheibe mit drei gleichmäßig am Umfang verteilten Traggewinden; die passenden Ringschrauben liegen bei
VE632 Gehäusescheibe mit drei gleichmäßig am Umfang verteilten Traggewinden
VU029 Lager mit optimierter innerer Konstruktion für zweiseitig wirkende Lagerungen mit einem bestimmten axialen Betriebsspiel

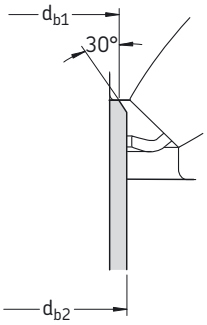
Axial-Pendelrollenlager
d **60 – 190** mm

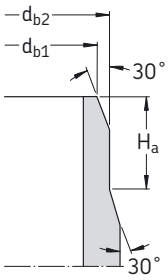


Hauptabmessungen			Tragzahlen		Ermüdungs-grenz-belastung	Minimal-last-faktor	Drehzahlen		Gewicht	Kurzzeichen
			dyn.	stat.			Referenz-drehzahl	Grenz-drehzahl		
d	D	H	C	C_0	P_u	A				
mm			kN		kN	–	min^{-1}		kg	–
60	130	42	390	915	114	0,080	2 800	5 000	2,20	**29412 E**
65	140	45	455	1 080	137	0,11	2 600	4 800	3,20	**29413 E**
70	150	48	520	1 250	153	0,15	2 400	4 300	3,90	**29414 E**
75	160	51	600	1 430	173	0,19	2 400	4 000	4,70	**29415 E**
80	170	54	670	1 630	193	0,25	2 200	3 800	5,60	**29416 E**
85	150	39	380	1 060	129	0,11	2 400	4 000	2,75	**29317 E**
	180	58	735	1 800	212	0,31	2 000	3 600	6,75	**29417 E**
90	155	39	400	1 080	132	0,11	2 400	4 000	2,85	**29318 E**
	190	60	815	2 000	232	0,38	1 900	3 400	7,75	**29418 E**
100	170	42	465	1 290	156	0,16	2 200	3 600	3,65	**29320 E**
	210	67	980	2 500	275	0,59	1 700	3 000	10,5	**29420 E**
110	190	48	610	1 730	204	0,28	1 900	3 200	5,30	**29322 E**
	230	73	1 180	3 000	325	0,86	1 600	2 800	13,5	**29422 E**
120	210	54	765	2 120	245	0,43	1 700	2 800	7,35	**29324 E**
	250	78	1 370	3 450	375	1,1	1 500	2 600	17,5	**29424 E**
130	225	58	865	2 500	280	0,59	1 600	2 600	9,00	**29326 E**
	270	85	1 560	4 050	430	1,6	1 300	2 400	22,0	**29426 E**
140	240	60	980	2 850	315	0,77	1 500	2 600	10,5	**29328 E**
	280	85	1 630	4 300	455	1,8	1 300	2 400	23,0	**29428 E**
150	215	39	408	1 600	180	0,24	1 800	2 800	4,30	**29230 E**
	250	60	1 000	2 850	315	0,77	1 500	2 400	11,0	**29330 E**
	300	90	1 860	5 100	520	2,5	1 200	2 200	28,0	**29430 E**
160	270	67	1 180	3 450	375	1,1	1 300	2 200	14,5	**29332 E**
	320	95	2 080	5 600	570	3	1 100	2 000	33,5	**29432 E**
170	280	67	1 200	3 550	365	1,2	1 300	2 200	15,0	**29334 E**
	340	103	2 360	6 550	640	4,1	1 100	1 900	44,5	**29434 E**
180	250	42	495	2 040	212	0,40	1 600	2 600	5,80	**29236 E**
	300	73	1 430	4 300	440	1,8	1 200	2 000	19,5	**29336 E**
	360	109	2 600	7 350	710	5,1	1 000	1 800	52,5	**29436 E**
190	320	78	1 630	4 750	490	2,1	1 100	1 900	23,5	**29338 E**
	380	115	2 850	8 000	765	6,1	950	1 700	60,5	**29438 E**

SKF Explorer Lager sind durch blau gedruckte Kurzzeichen gekennzeichnet.

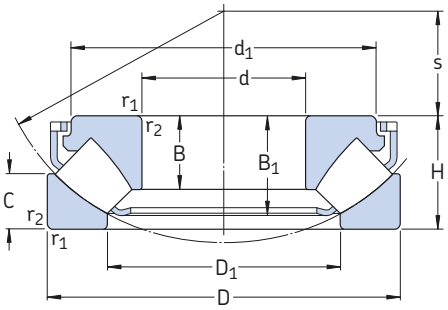


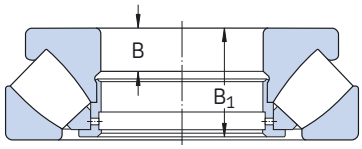




C

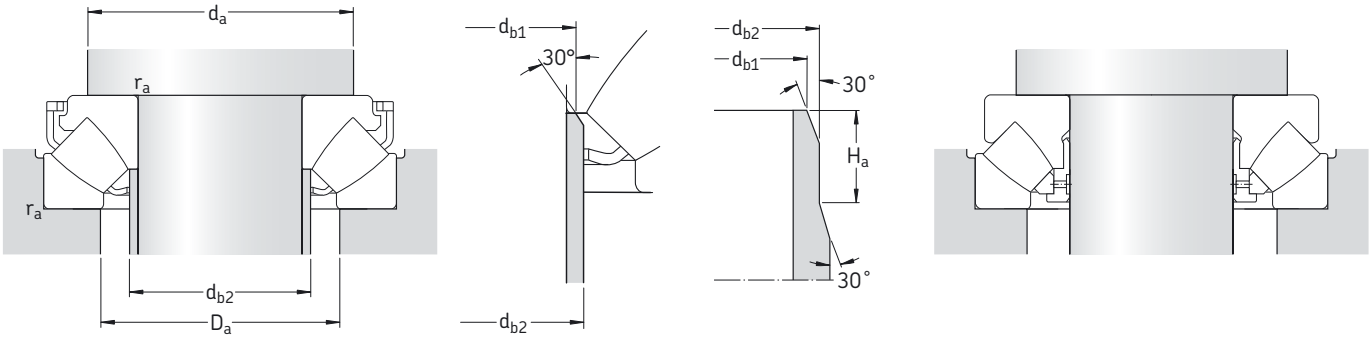
Abmessungen								Anschlussmaße					
d	d_1 ~	D_1 ~	B	B_1	C	$r_{1,2}$ min	s	d_a min	d_{b1} max	d_{b2} max	H_a min	D_a max	r_a max
mm								mm					
60	112,2	85,5	27	36,7	21	1,5	38	90	67	67	–	107	1,5
65	120,6	91,5	29,5	39,8	22	2	42	100	72	72	–	117	2
70	129,7	99	31	41	23,8	2	44,8	105	77,5	77,5	–	125	2
75	138,3	105,5	33,5	45,7	24,5	2	47	115	82,5	82,5	–	133	2
80	147,2	112,5	35	48,1	26,5	2,1	50	120	88	88	–	141	2
85	134,8	109,5	24,5	33,8	20	1,5	50	115	90	90	–	129	1,5
	155,8	121	37	51,1	28	2,1	54	130	94	94	–	151	2
90	138,6	115	24,5	34,5	19,5	1,5	53	120	95	95	–	134	1,5
	164,6	127,5	39	54	28,5	2,1	56	135	99	99	–	158	2
100	152,3	127,5	26,2	36,3	20,5	1,5	58	130	107	107	–	147	1,5
	182,2	141,5	43	57,3	32	3	62	150	110	110	–	175	2,5
110	171,1	140	30,3	41,7	24,8	2	63,8	145	117	117	–	164	2
	199,4	155,5	47	64,7	34,7	3	69	165	120,5	129	–	193	2,5
120	188,1	154	34	48,2	27	2,1	70	160	128	128	–	181	2
	216,8	171	50,5	70,3	36,5	4	74	180	132	142	–	209	3
130	203,4	165,5	36,7	50,6	30,1	2,1	75,6	175	138	143	–	194	2
	234,4	184,5	54	76	40,9	4	81	195	142,5	153	–	227	3
140	216,1	177	38,5	54	30	2,1	82	185	148	154	–	208	2
	245,4	194,5	54	75,6	41	4	86	205	153	162	–	236	3
150	200,4	176	24	34,3	20,5	1,5	82	180	154	154	14	193	1,5
	223,9	190	38	54,9	28	2,1	87	195	158	163	–	219	2
	262,9	207,5	58	80,8	43,4	4	92	220	163	175	–	253	3
160	243,5	203	42	60	33	3	92	210	169	176	–	235	2,5
	279,3	223,5	60,5	84,3	45,5	5	99	235	175	189	–	270	4
170	251,2	215	42,2	61	30,5	3	96	220	178	188	–	245	2,5
	297,7	236	65,5	91,2	50	5	104	250	185	199	–	286	4
180	234,4	208	26	36,9	22	1,5	97	210	187	187	14	226	1,5
	270	227	46	66,2	35,5	3	103	235	189	195	–	262	2,5
	315,9	250	69,5	96,4	53	5	110	265	196	210	–	304	4
190	285,6	243,5	49	71,3	36	4	110	250	200	211	–	280	3
	332,9	264,5	73	101	55,5	5	117	280	207	223	–	321	4





Hauptabmessungen			Tragzahlen dyn.	stat.	Ermüdungs-grenz-belastung	Minimal-last-faktor	Drehzahlen Referenz-drehzahl	Grenz-drehzahl	Gewicht	Kurzzeichen
d	D	H	C	C_0	P_u	A				
mm			kN		kN	–	min^{-1}		kg	–
200	280	48	656	2 650	285	0,67	1 400	2 200	9,30	**29240 E**
	340	85	1 860	5 500	550	2,9	1 000	1 700	29,5	**29340 E**
	400	122	3 200	9 000	850	7,7	850	1 600	72,0	**29440 E**
220	300	48	690	3 000	310	0,86	1 300	2 200	10,0	**29244 E**
	360	85	2 000	6 300	610	3,8	1 000	1 700	33,5	**29344 E**
	420	122	3 350	9 650	900	8,8	850	1 500	75,0	**29444 E**
240	340	60	799	3 450	335	1,1	1 100	1 800	16,5	**29248**
	380	85	2 040	6 550	630	4,1	1 000	1 600	35,5	**29348 E**
	440	122	3 400	10 200	930	9,9	850	1 500	80,0	**29448 E**
260	360	60	817	3 650	345	1,3	1 100	1 700	18,5	**29252**
	420	95	2 550	8 300	780	6,5	850	1 400	49,0	**29352 E**
	480	132	4 050	12 900	1 080	16	750	1 300	105	**29452 E**
280	380	60	863	4 000	375	1,5	1 000	1 700	19,5	**29256**
	440	95	2 550	8 650	800	7,1	850	1 400	53,0	**29356 E**
	520	145	4 900	15 300	1 320	22	670	1 200	135	**29456 E**
300	420	73	1 070	4 800	465	2,2	900	1 400	30,5	**29260**
	480	109	3 100	10 600	930	11	750	1 200	75,0	**29360 E**
	540	145	4 310	16 600	1 340	26	600	1 200	140	**29460 E**
320	440	73	1 110	5 100	465	2,5	850	1 400	33,0	**29264**
	500	109	3 350	11 200	1 000	12	750	1 200	78,0	**29364 E**
	580	155	4 950	19 000	1 530	34	560	1 100	175	**29464 E**
340	460	73	1 130	5 400	480	2,8	850	1 300	33,5	**29268**
	540	122	2 710	11 000	950	11	600	1 100	105	**29368**
	620	170	5 750	22 400	1 760	48	500	1 000	220	**29468 E**
360	500	85	1 460	6 800	585	4,4	750	1 200	52,0	**29272**
	560	122	2 760	11 600	980	13	600	1 100	110	**29372**
	640	170	5 350	21 200	1 630	43	500	950	230	**29472 EM**
380	520	85	1 580	7 650	655	5,6	700	1 100	53,0	**29276**
	600	132	3 340	14 000	1 160	19	530	1 000	140	**29376**
	670	175	5 870	24 000	1 860	55	480	900	260	**29476 EM**
400	540	85	1 610	8 000	695	6,1	700	1 100	55,5	**29280**
	620	132	3 450	14 600	1 200	20	530	950	150	**29380**
	710	185	6 560	26 500	1 960	67	450	850	310	**29480 EM**
420	580	95	1 990	9 800	815	9,1	630	1 000	75,5	**29284**
	650	140	3 740	16 000	1 290	24	500	900	170	**29384**
	730	185	6 730	27 500	2 080	72	430	850	325	**29484 EM**

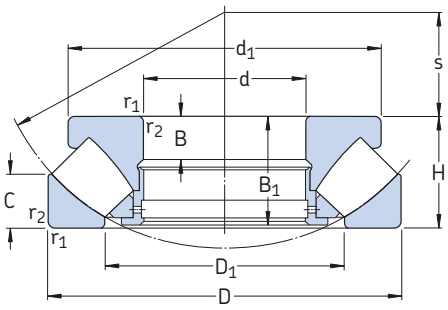
SKF Explorer Lager sind durch blau gedruckte Kurzzeichen gekennzeichnet.



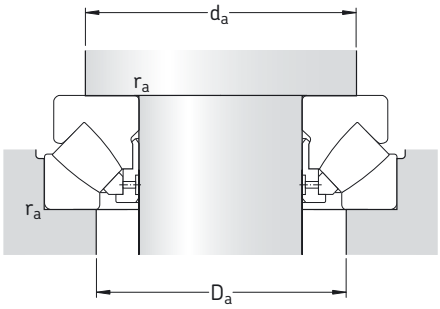
C

Abmessungen								Anschlussmaße					
d	d_1 ~	D_1 ~	B	B_1	C	$r_{1,2}$ min	s	d_a min	d_{b1} max	d_{b2} max	H_a min	D_a max	r_a max
mm								mm					
200	260,5	232,5	30	43,4	24	2	108	235	206	207	17	253	2
	304,3	257	53,5	76,7	40	4	116	265	211	224	–	297	3
	350,7	277,5	77	107,1	59,4	5	122	295	217,5	234	–	337	4
220	280,5	251,5	30	43,4	24,5	2	117	255	224,5	227	17	271	2
	326,3	273,5	55	77,7	41	4	125	285	229	240	–	316	3
	371,6	300	77	107,4	58,5	6	132	315	238	254	–	358	5
240	330	283	19	57	30	2,1	130	290	–	–	–	308	2
	345,1	295,5	54	77,8	40,5	4	135	305	249	259	–	336	3
	391,6	322	76	107,1	59	6	142	335	258	276	–	378	5
260	350	302	19	57	30	2,1	139	310	–	–	–	326	2
	382,2	324	61	86,6	46	5	148	335	273	286	–	370	4
	427,9	346	86	119	63	6	154	365	278	296	–	412	5
280	370	323	19	57	30,5	2,1	150	325	–	–	–	347	2
	401	343	62	86,7	45,5	5	158	355	293	305	–	390	4
	464,3	372	95	129,9	70	6	166	395	300	320	–	446	5
300	405	353	21	69	38	3	162	360	–	–	–	380	2,5
	434,1	372	70	98,9	51	5	168	385	313	329	–	423	4
	485	392	95	130,3	70,5	6	175	415	319	340	–	465	5
320	430	372	21	69	38	3	172	380	–	–	–	400	2,5
	454,5	391	68	97,8	53	5	180	405	332	347	–	442	4
	520,3	422	102	139,4	74,5	7,5	191	450	344	367	–	500	6
340	445	395	21	69	37,5	3	183	400	–	–	–	422	2,5
	520	428	40,6	117	59,5	5	192	440	–	–	–	479	4
	557,9	445	112	151,4	84	7,5	201	475	363	386	–	530	6
360	485	423	25	81	44	4	194,5	430	–	–	–	453	3
	540	448	40,5	117	59,5	5	202	460	–	–	–	500	4
	580	474	63	164	83,5	7,5	210	495	–	–	–	550	6
380	505	441	27	81	42	4	202	450	–	–	–	473	3
	580	477	45	127	63,5	6	216	495	–	–	–	535	5
	610	494	67	168	87,5	7,5	222	525	–	–	–	580	6
400	526	460	27	81	42,2	4	212	470	–	–	–	493	3
	596	494	43	127	64	6	225	510	–	–	–	550	5
	645	525	69	178	89,5	7,5	234	550	–	–	–	615	6
420	564	489	30	91	46	5	225	500	–	–	–	525	4
	626	520	49	135	67,5	6	235	535	–	–	–	580	5
	665	545	70	178	90,5	7,5	244	575	–	–	–	635	6

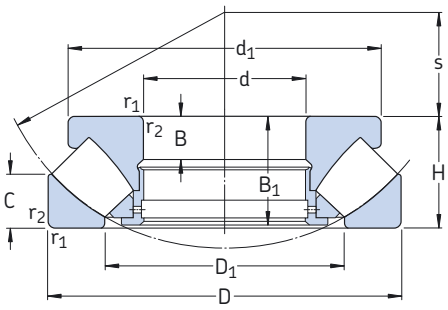
Axial-Pendelrollenlager
d **440 – 900** mm



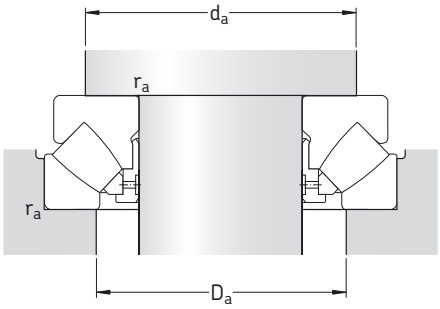
Hauptabmessungen			Tragzahlen		Ermüdungs-grenz-belastung	Minimal-last-faktor	Drehzahlen		Gewicht	Kurzzeichen
			dyn.	stat.			Referenz-drehzahl	Grenz-drehzahl		
d	D	H	C	C_0	P_u	A				
mm			kN		kN	–	min^{-1}		kg	–
440	600	95	2 070	10 400	850	10	630	1 000	78,0	**29288**
	680	145	4 490	19 300	1 560	35	480	850	180	**29388 EM**
	780	206	7 820	32 000	2 320	87	380	750	410	**29488 EM**
460	620	95	2 070	10 600	865	11	600	950	81,0	**29292**
	710	150	4 310	19 000	1 500	34	450	800	215	**29392**
	800	206	7 990	33 500	2 450	110	380	750	425	**29492 EM**
480	650	103	2 350	11 800	950	13	560	900	98,0	**29296**
	730	150	4 370	19 600	1 530	36	450	800	220	**29396**
	850	224	9 550	39 000	2 800	140	340	670	550	**29496 EM**
500	670	103	2 390	12 500	1 000	15	560	900	100	**292/500**
	750	150	4 490	20 400	1 560	40	430	800	235	**293/500**
	870	224	9 370	40 000	2 850	150	340	670	560	**294/500 EM**
530	710	109	3 110	15 300	1 220	22	530	850	115	**292/530 EM**
	800	160	5 230	23 600	1 800	53	400	750	270	**293/530**
	920	236	10 500	44 000	3 100	180	320	630	650	**294/530 EM**
560	750	115	2 990	16 000	1 220	24	480	800	140	**292/560**
	980	250	12 000	51 000	3 550	250	300	560	810	**294/560 EM**
600	800	122	3 740	18 600	1 460	33	450	700	170	**292/600 EM**
	900	180	7 530	34 500	2 600	110	340	630	405	**293/600**
	1 030	258	13 100	56 000	4 000	300	280	530	845	**294/600 EM**
630	850	132	4 770	23 600	1 800	53	400	670	210	**292/630 EM**
	950	190	8 450	38 000	2 900	140	320	600	485	**293/630 EM**
	1 090	280	14 400	62 000	4 150	370	260	500	1 040	**294/630 EM**
670	900	140	4 200	22 800	1 660	49	380	630	255	**292/670**
	1 150	290	15 400	68 000	4 500	440	240	450	1 210	**294/670 EM**
710	1 060	212	9 950	45 500	3 400	200	280	500	660	**293/710 EM**
	1 220	308	17 600	76 500	5 000	560	220	430	1 500	**294/710 EF**
750	1 000	150	6 100	31 000	2 320	91	340	560	325	**292/750 EM**
	1 120	224	9 370	45 000	3 050	190	260	480	770	**293/750**
	1 280	315	18 700	85 000	5 500	690	200	400	1 650	**294/750 EF**
800	1 060	155	6 560	34 500	2 550	110	320	530	380	**292/800 EM**
	1 180	230	9 950	49 000	3 250	230	240	450	865	**293/800**
	1 360	335	20 200	93 000	5 850	820	190	360	2 025	**294/800 EF**
850	1 120	160	6 730	36 000	2 550	120	300	500	425	**292/850 EM**
	1 440	354	23 900	108 000	7 100	1 100	170	340	2 390	**294/850 EF**
900	1 520	372	26 700	122 000	7 200	1 400	160	300	2 650	**294/900 EF**



Abmessungen								Anschlussmaße		
d	d_1 ~	D_1 ~	B	B_1	C	$r_{1,2}$ min	s	d_a min	D_a max	r_a max
mm								mm		
440	585	508	30	91	46,5	5	235	520	545	4
	626	540	49	140	70,5	6	249	560	605	5
	710	577	77	199	101	9,5	257	605	675	8
460	605	530	30	91	46	5	245	540	565	4
	685	567	50	144	72,5	6	257	585	630	5
	730	596	77	199	101,5	9,5	268	630	695	8
480	635	556	33	99	53,5	5	259	570	595	4
	705	591	50	144	73,5	6	270	610	655	5
	770	625	88	216	108	9,5	280	660	735	8
500	654	574	33	99	53,5	5	268	585	615	4
	725	611	50	144	74	6	280	630	675	5
	795	648	86	216	110	9,5	290	685	755	8
530	675	608	32	105	56	5	285	620	655	4
	772	648	53	154	76	7,5	295	670	715	6
	840	686	89	228	116	9,5	308	725	800	8
560	732	644	37	111	61	5	302	655	685	4
	890	727	99	241	122	12	328	770	850	10
600	760	688	39	117	60	5	321	700	735	4
	840	720	65	174	89	7,5	340	755	810	6
	940	769	99	249	128	12	349	815	900	10
630	810	723	50	127	62	6	338	740	780	5
	880	761	68	183	92	9,5	359	795	860	8
	995	815	107	270	137	12	365	860	950	10
670	880	773	45	135	73	6	361	790	825	5
	1 045	864	110	280	141	15	387	905	1 000	12
710	985	855	74	205	103	9,5	404	890	960	8
	1 110	917	117	298	149	15	415	965	1 070	12
750	950	858	50	144	74	6	409	880	925	5
	1 086	910	76	216	109	9,5	415	935	1 000	8
	1 170	964	121	305	153	15	436	1 015	1 120	12
800	1 010	911	52	149	77	7,5	434	935	980	6
	1 146	965	77	222	111	9,5	440	995	1 060	8
	1 250	1 034	123	324	165	15	462	1 080	1 185	12
850	1 060	967	47	154	82	7,5	455	980	1 030	6
	1 315	1 077	142	342	172	15	507	1 160	1 270	12
900	1 394	1 137	147	360	186	15	518	1 215	1 320	12



Hauptabmessungen			Tragzahlen dyn.	stat.	Ermüdungs-grenz-belastung	Minimal-last-faktor	Drehzahlen Referenz-drehzahl	Grenz-drehzahl	Gewicht	Kurzzeichen
d	D	H	C	C_0	P_u	A				
mm			kN		kN	–	min^{-1}		kg	–
950	1 250	180	8 280	45 500	3 100	200	260	430	600	**292/950 EM**
	1 600	390	28 200	132 000	7 800	1 700	140	280	3 065	**294/950 EF**
1 000	1 670	402	31 100	140 000	8 650	1 900	130	260	3 380	**294/1000 EF**
1 060	1 400	206	10 500	58 500	3 750	330	220	360	860	**292/1060 EF**
	1 770	426	33 400	156 000	8 500	2 300	120	240	4 280	**294/1060 EF**
1 180	1 520	206	10 900	64 000	3 750	390	220	340	950	**292/1180 EF**
1 250	1 800	330	24 800	129 000	7 500	1 600	130	240	2 770	**293/1250 EF**
1 600	2 280	408	36 800	200 000	11 800	3 800	90	160	5 375	**293/1600 EF**



C

Abmessungen								Anschlussmaße		
d	d_1 ~	D_1 ~	B	B_1	C	$r_{1,2}$ min	s	d_a min	D_a max	r_a max
mm								mm		
950	1 185	1 081	58	174	88	7,5	507	1 095	1 155	6
	1 470	1 209	153	377	191	15	546	1 275	1 400	12
1 000	1 531	1 270	155	389	190	15	599	1 350	1 490	12
1 060	1 325	1 211	66	199	100	9,5	566	1 225	1 290	8
	1 615	1 349	192	412	207	15	610	1 410	1 555	12
1 180	1 450	1 331	83	199	101	9,5	625	1 345	1 410	8
1 250	1 685	1 474	148	319	161	12	698	1 540	1 640	10
1 600	2 130	1 885	166	395	195	19	894	1 955	2 090	15

Weitere SKF Produkte

Produkte für den Ein- und Ausbau

Ordnungsgemäßer Einbau der Axial-Pendelrollenlager ist eine der Voraussetzungen dafür, dass der Nutzer ihre Gebrauchsdauer und Leistungsfähigkeit voll ausschöpfen kann.

Das umfangreiche SKF Sortiment an praxisgerechten Werkzeugen umfasst neben mechanischen Werkzeugen und Induktions-Anwärmgeräten eine Vielzahl von Ölpumpen und hydraulisch betätigten Werkzeugen.

Produkte für die Schmierung

Die Wahl des richtigen Schmierstoffs ist eine weitere wesentliche Voraussetzung dafür, dass die Leistungsfähigkeit der Axial-Pendelrollenlager voll ausgenutzt werden kann. Sie brauchen daher hochwertige Schmierfette wie die Fette von SKF. SKF Schmierfette sind speziell für Wälzlager entwickelt und genau auf die verschiedenen Anwendungsbereiche abgestimmt.

Die optimalen Schmierfette für Axial-Pendelrollenlager sind in den **Tabellen 1** und **2** auf **Seite 27** aufgeführt.

Spezialgehäuse für Schiffswellen

Zum SKF Fertigungsprogramm gehören auch Schiffsdrucklager zur Lagerung der Antriebswelle von Schiffen. Die Gehäuse sind jeweils für die Aufnahme eines Pendelrollenlagers und eines Axial-Pendelrollenlagers ausgelegt.

Produkte für die Zustandsüberwachung

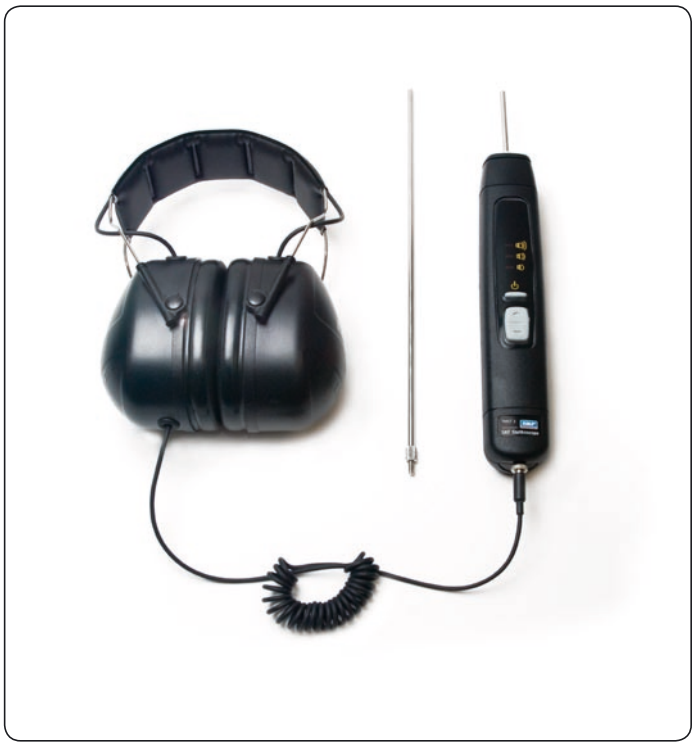
Ausreichend bemessene und ordnungsgemäß montierte Lager funktionieren zuverlässig über lange Zeiträume. In bestimmten Anwendungsfällen hat es sich jedoch als vorteilhaft erwiesen, Lagerungen kontinuierlich zu überwachen, um plötzlichen Maschinenausfällen vorzubeugen, die beispielsweise beim Betrieb unter ungünstigen Bedingungen auftreten können.

Durch die Zustandsüberwachung kann ein sich anbahnender Lagerschaden frühzeitig entdeckt und der Austausch des betroffenen Lagers während dem nächsten Maschinenstillstand eingeplant werden

Zum SKF Lieferprogramm gehören Geräte und Systeme, die sowohl die periodische als auch die kontinuierliche Zustandsüberwachung ermöglichen.

SKF Schmierfette: Immer die beste Wahl für Wälzlagerungen aller Art

Temperaturmessung mit dem handlichen SKF Digital-Thermometer TMTP 200



Für die Geräuschmessung steht bei SKF das benutzerfreundliche elektronische Stethoskop TMST 3 zur Verfügung. Video-Erläuterungen gehören zum Lieferumfang

Das SKF Komplettprogramm an Ölpumpen zur Betätigung von hydraulisch unterstützten Werkzeugen aller Art und zur Anwendung des SKF Druckölverfahrens macht kraft- und zeitsparendes Arbeiten möglich

SKF – Kompetenz für Bewegungstechnik

Mit der Erfindung des Pendelkugellagers begann vor über 100 Jahren die Erfolgsgeschichte der SKF. Inzwischen hat sich die SKF Gruppe zu einem Kompetenzunternehmen für Bewegungstechnik mit fünf Plattformen weiterentwickelt. Die Verknüpfung dieser fünf Kompetenzplattformen ermöglicht besondere Lösungen für unsere Kunden. Zu diesen Plattformen gehören selbstverständlich Lager und Lagereinheiten sowie Dichtungen. Die weiteren Plattformen sind Schmiersysteme – in vielen Fällen die Grundvoraussetzung für eine lange Lagergebrauchsdauer –, außerdem Mechatronik-Bauteile – für integrierte Lösungen zur Erfassung und Steuerung von Bewegungsabläufen –, sowie umfassende Dienstleistungen, von der Beratung bis hin zu Komplettlösungen für Wartung und Instandhaltung oder Logistikunterstützung.

Obwohl das Betätigungsfeld größer geworden ist, ist die SKF Gruppe fest entschlossen, ihre führende Stellung bei Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von Wälzlagern und verwandten Produkten wie z.B. Dichtungen weiter auszubauen. Darüber hinaus nimmt SKF eine zunehmend wichtigere Stellung ein bei Produkten für die Lineartechnik, für die Luftfahrt oder für Werkzeugmaschinen sowie bei Instandhaltungsdienstleistungen.

Die SKF Gruppe ist weltweit nach ISO 14001 und OHSAS 18001 zertifiziert, den internationalen Standards für Umwelt- bzw. Arbeitsmanagementsysteme. Das Qualitätsmanagement der einzelnen Geschäftsbereiche ist zertifiziert und entspricht der Norm DIN EN ISO 9001 und anderen kundenspezifischen Anforderungen.

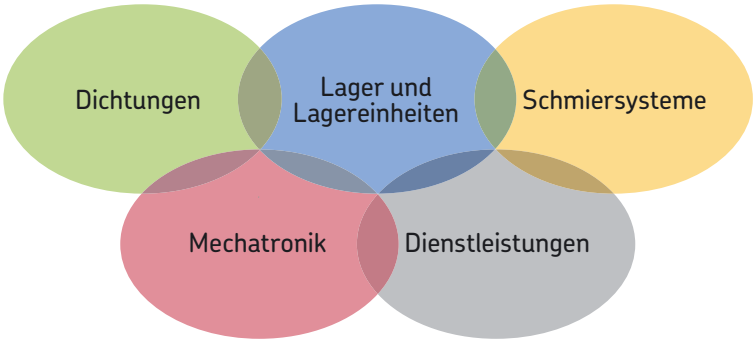
Mit über 100 Produktionsstätten weltweit und eigenen Verkaufsgesellschaften in über 70 Ländern ist SKF ein global tätiges Unternehmen. Rund 15 000 Vertragshändler und Wiederverkäufer, ein Internet-Markplatz und ein weltweites Logistiksystem sind die Basis dafür, dass SKF mit Produkten und Dienstleistungen immer nah beim Kunden ist. Das bedeutet, Lösungen von SKF sind verfügbar, wann und wo auch immer sie gebraucht werden.

Die Marke SKF und die SKF Gruppe sind global stärker als je zuvor. Als Kompetenzunternehmen für Bewegungstechnik sind wir bereit, Ihnen mit Weltklasse-Produkten und dem zugrunde liegenden Fachwissen zu nachhaltigem Erfolg zu verhelfen.

© Airbus – photo: e*m company, H. Goussé

By-wire-Technik forcieren
SKF verfügt über umfangreiches Wissen und vielfältige Erfahrungen auf dem schnell wachsenden Gebiet der By-wire-Technik, insbesondere zur Steuerung von Flugbewegungen, zur Bedienung von Fahrzeugen und zur Steuerung von Arbeitsabläufen. SKF gehört zu den Ersten, die die By-wire-Technik im Flugzeugbau praktisch zum Einsatz gebracht haben und arbeitet seitdem eng mit allen führenden Herstellern in der Luft- und Raumfahrtindustrie zusammen. So sind z.B. praktisch alle Airbus-Flugzeuge mit By-wire-Systemen von SKF ausgerüstet.

SKF ist auch führend bei der Umsetzung der By-wire-Technik im Automobilbau. Zusammen mit Partnern aus der Automobilindustrie entstanden zwei Konzeptfahrzeuge, bei denen SKF Mechatronik-Bauteile zum Lenken und Bremsen im Einsatz sind. Weiterentwicklungen der By-wire-Technik haben SKF außerdem veranlasst, einen vollelektrischen Gabelstapler zu bauen, in dem ausschließlich Mechatronik-Bauteile zum Steuern der Bewegungsabläufe eingesetzt werden – anstelle der Hydraulik.



Die Kraft des Windes nutzen
Windenergieanlagen liefern saubere, umweltfreundliche elektrische Energie. SKF arbeitet eng mit weltweit führenden Herstellern an der Entwicklung leistungsfähiger und vor allem störungsresistenter Anlagen zusammen. Ein breites Sortiment auf den Einsatzfall abgestimmter Lager und Zustandsüberwachungssysteme hilft, die Verfügbarkeit der Anlagen zu verbessern und ihre Instandhaltung zu optimieren – auch in einem extremen und oft unzugänglichen Umfeld.

Extremen Temperaturen trotzen
In sehr kalten Wintern, vor allem in nördlichen Ländern, mit Temperaturen weit unter null Grad, können Radsatzlagerungen von Schienenfahrzeugen aufgrund von Mangelschmierung ausfallen. Deshalb entwickelte SKF eine neue Familie von Schmierfetten mit synthetischem Grundöl, die auch bei extrem tiefen Temperaturen ihre Schmierfähigkeit behalten. Die Kompetenz von SKF hilft Herstellern und Anwendern Probleme mit extremen Temperaturen zu lösen – egal, ob heiß oder kalt. SKF Produkte arbeiten in sehr unterschiedlichen Umgebungen, wie zum Beispiel in Backöfen oder Gefrieranlagen der Lebensmittelindustrie.

Alltägliches verbessern
Der Elektromotor und seine Lagerung sind das Herz vieler Haushaltsmaschinen. SKF arbeitet deshalb eng mit den Herstellern dieser Maschinen zusammen, um deren Leistungsfähigkeit zu erhöhen, Kosten zu senken, Gewicht einzusparen und den Energieverbrauch zu senken. Eine der letzten Entwicklungen, bei denen SKF beteiligt war, betrifft eine neue Generation von Staubsaugern mit höherer Saugleistung. Aber auch die Hersteller von motorgetriebenen Handwerkzeugen und Büromaschinen profitieren von den einschlägigen Erfahrungen von SKF auf diesen Gebieten.

Mit 350 km/h forschen
Zusätzlich zu den namhaften SKF Forschungs- und Entwicklungszentren in Europa und den USA, bieten die Formel 1 Rennen hervorragende Möglichkeiten, die Grenzen in der Lagerungstechnik zu erweitern. Seit über 50 Jahren haben Produkte, Ingenieurleistungen und das Wissen von SKF mit dazu beigetragen, dass die Scuderia Ferrari eine dominierende Stellung in der Formel 1 einnehmen konnte. In jedem Ferrari Rennwagen leisten mehr als 150 SKF Bauteile Schwerstarbeit. Die hier gewonnenen Erkenntnisse werden wenig später in verbesserte Produkte umgesetzt – insbesondere für die Automobilindustrie, aber auch für den Ersatzteilmarkt.

Die Anlageneffizienz optimieren
Über SKF Reliability Systems bietet SKF ein umfangreiches Sortiment an Produkten und Dienstleistungen für mehr Anlageneffizienz an. Es beinhaltet unter anderem Hard- und Softwarelösungen für die Zustandsüberwachung, technische Unterstützung, Beratung hinsichtlich Instandhaltungsstrategien oder auch komplette Programme für mehr Anlagenverfügbarkeit. Um die Anlageneffizienz zu optimieren und die Produktivität zu steigern, lassen einige Unternehmen alle anfallenden Instandhaltungsarbeiten durch SKF ausführen – vertraglich – mit festen Preis- und Leistungsvereinbarungen.

Für Nachhaltigkeit sorgen
Von ihren Eigenschaften her sind Wälzlager von großem Nutzen für unsere Umwelt: verringerte Reibung erhöht die Effektivität von Maschinen, senkt den Energieverbrauch und reduziert den Bedarf an Schmierstoffen. SKF legt die Messlatte immer höher und schafft durch stetige Verbesserungen immer neue Generationen von noch leistungsfähigeren Produkten und Geräten. Der Zukunft verpflichtet, legt SKF besonderen Wert darauf, nur Fertigungsverfahren einzusetzen, die die Umwelt nicht belasten und sorgsam mit den begrenzten Ressourcen dieser Welt umgehen. Dieser Verpflichtung ist sich SKF bewusst und handelt danach.

® SKF, @ptitude, MARLIN und WAVE sind eingetragene Marken der SKF Gruppe.
™ SKF Explorer und Total Shaft Solutions sind Marken der SKF Gruppe.

© SKF Gruppe 2009
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.

Druckschrift **6104 DE** · Mai 2009

Gedruckt in Schweden auf umweltfreundlichem Papier.

skf.com