

Schaeffler-Lösungen für Flüssigkeitspumpen
Auslegung, Instandhaltung und Service

Vorwort

Schaeffler ist ein weltweit führender Anbieter von Wälzlagern (Standard- und Sonderlager), Gleitlagern, lagerspezifischem Zubehör sowie umfangreichen Service-Produkten und -Leistungen. Schaeffler bietet Lösungen mit rund 225 000 Produkten für mehr als 40 000 Kunden an und verfügt über ein extrem breites Portfolio, das Anwendungsfälle aus über 60 Industriebranchen sicher abdeckt.

Wirtschaftliche Lösungen

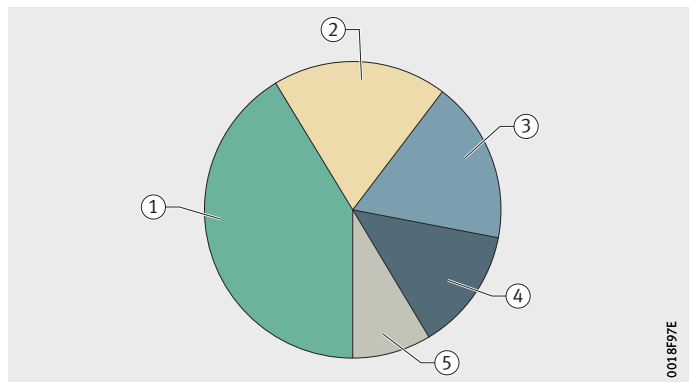
Die Produkte von Schaeffler stehen für Wirtschaftlichkeit, Energieeffizienz und lange Gebrauchsdauer. Sowohl den Herstellern als auch den Betreibern von Flüssigkeitspumpen bietet Schaeffler ein umfangreiches Programm mit hoher Verfügbarkeit. Schon bei der Auslegung werden dabei ideenreiche und wirtschaftliche Lösungen verlangt. Insbesondere geht es nicht ausschließlich um die Produkt- und Aggregatskosten, sondern vielmehr auch um das Thema Total Cost of Ownership (TCO), welches speziell für die Anlagenbetreiber von großem Interesse ist. Gerade deshalb wird es immer wichtiger, genau abgestimmte Systemlösungen auf Basis von hochwertigen Standardlagern zu finden. Auch im Betrieb zahlt sich die kontinuierliche Weiterentwicklung unseres Produktportfolios hinsichtlich reibungsoptimierter Wälzlager für Sie aus.

Industriesektoren

Pumpen müssen betriebssicher und effizient arbeiten – egal wo! Hier übernimmt die entsprechende Lagerung eine tragende Rolle. Je nach Einsatzgebiet, Anwendung und konstruktivem Aufbau ergeben sich, unter anderem aus mitgeltenden Normen, spezielle Anforderungen an die Wälzlager. So spielen deren Auswahl und Anordnung eine entscheidende Rolle, um die in der Pumpe wirkenden Kräfte zuverlässig, reibungsarm und dauerhaft aufzunehmen.

- ① Wasser und Abwasser
- ② Allgemeine Industrie
- ③ Öl und Gas
- ④ Chemische Industrie
- ⑤ Kraftwerke

Bild 1
Industriesektoren
(Quelle: Oxford Economics, Global Pump Market Prognose 2019)



Vorwort

Pumpenbauformen

Prinzipiell unterscheiden sich Pumpen nach Ihrem Funktionsprinzip, *Bild 2*. Die vom Pumpenmotor erzeugte Energie wird in Form von Druck und Volumenstrom auf die Flüssigkeiten übertragen.

Aus den anwendungsspezifischen Anforderungen leiten sich die entsprechenden Pumpenkonstruktionen ab. Den größten Anteil nehmen die **Kreiselpumpen** ein.

- ① Kreiselpumpen
- ② Hubkolbenpumpen
- ③ Umlaufverdrängerpumpen
- ④ Sonstige

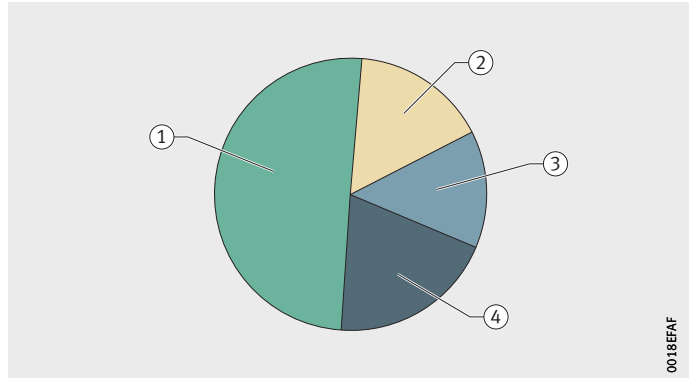


Bild 2

Pumpenbauformen

(Quelle: Oxford Economics, Global Pump Market Prognose 2019)

Lagerauswahl und Auslegung

Grundlage für die Auslegung der Lagerung sind die Betriebsdaten, in erster Linie die wirksamen Lagerkräfte, Drehzahlen und Schmierungsbedingungen. Hieraus leiten sich die erforderliche Lagerbauform, die Lageranordnung sowie die Tragzahl ab. Mit den kostenlosen Online-Berechnungsprogrammen können Sie selbst Lebensdauerberechnungen von Einzellagern oder von Wellenmodellen durchführen, um die optimale Ausführung auszuwählen. Schwerpunkt dieser Druckschrift sind die Wälzlager in **Kreiselpumpen** sowie die zum Teil in der Pumpe integrierten Elektromotoren. Detaillierte Informationen zu Wälzlagern in Elektromotoren finden sich in unserer separaten Publikation TPI 274, Wälzlager in Elektromotoren.

Entwicklungspartner

Die Ingenieure unserer Anwendungstechnik und unseres Außendienstes stehen weltweit als Entwicklungspartner zur Seite, damit Ihre Pumpen effektiver, zuverlässiger und gleichzeitig wirtschaftlicher arbeiten.

Diese Druckschrift gibt einen Überblick über verschiedene Wälzlager, die anwendungsorientiert in Kreiselpumpen eingebaut werden können. Die Flüssigkeitspumpen selbst sind in ihren vielfältigen Einsatzbereichen unterschiedlichsten Betriebsbedingungen ausgesetzt. Neben der Pumpenbauform und deren Betriebsbedingungen gibt es viele weitere Faktoren mit besonderer Bedeutung für die optimale Lagerauswahl.

Instandhaltung und Service

Die perfekte Anlage sollte maximal verfügbar und durchgängig wartungsfrei sein. Die Dienstleistungen und Instandhaltungsprodukte von Schaeffler sorgen für eine Rundumversorgung während des laufenden Betriebs. Das beginnt bei den Premiumschmierstoffen, die optimal auf die Maschine abgestimmt sind, geht weiter mit den intelligenten Schmierstoffgebern, die dafür sorgen, dass alle in den Maschinen verbauten Wälzlager bedarfsgerecht mit Schmierstoffen versorgt werden, und reicht bis hin zu Geräten für das Condition Monitoring, die Störungen identifizieren, lange bevor sie sich akustisch oder durch einen Temperaturanstieg bemerkbar machen.

Produktinformationen

Sowohl im *medias*-Produktkatalog als auch im Katalog HR 1, Wälzlager, werden sämtliche Wälzlager nach DIN ISO, das spezifische Wälzlagerzubehör sowie weitere Wälzlagerbauarten und Ausführungsvarianten beschrieben.

Sie zeigen, welche Produkte für eine Lagerung in Frage kommen, was bei ihrer Auslegung zu berücksichtigen ist, welche Toleranzen für die Umgebungskonstruktion notwendig sind und wie die Lagerung abgedichtet wird.

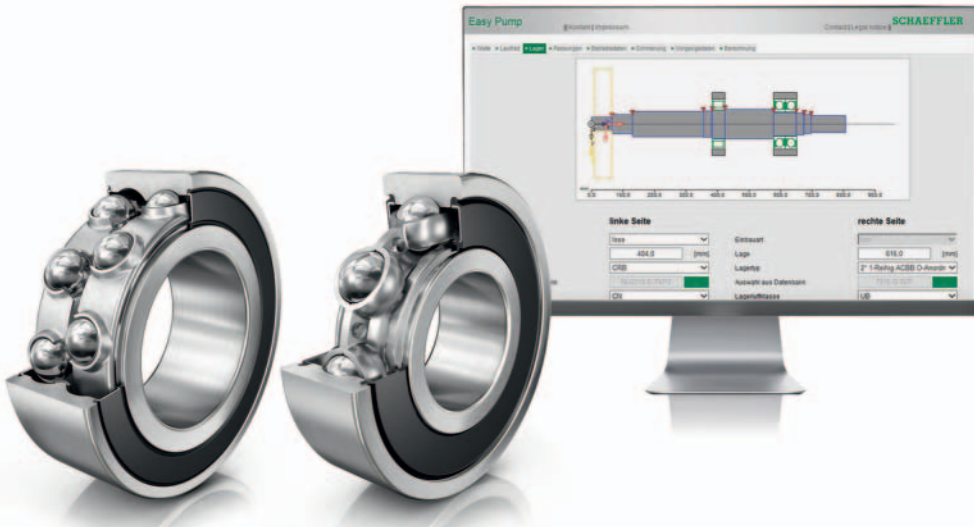
Darüber hinaus informieren sie ausführlich über die Berechnung der Lagerlebensdauer, über Temperaturen und Belastungen, über geeignete Schmierstoffe und nicht zuletzt darüber, wie die Produkte korrekt eingebaut und gewartet werden.

Sämtliche Informationen sind ebenfalls unter www.schaeffler.com unter der Rubrik Produkte und Lösungen im *medias*-Produktkatalog zu finden.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Lagerauswahl und -auslegung.....	7
Grundlagen und Anforderungen.....	8
Konformität mit Normen und Standards.....	14
Wahl der Lageranordnung	15
Dynamische Tragfähigkeit und Lebensdauer.....	24
medias -Produktinformationen einfach finden	26
BEARINX-online Easy Pump	28
Berechnungsbeispiel	29
Wälzlagerschmierung und Schmierstoffe für Pumpen und E-Motoren.....	31
Instandhaltung und Service	37
Condition Monitoring	38
Nachschmierung mit CONCEPT	44
Nachschmierung mit OPTIME C1	47
Montage und Service von Wälzlagern	49
Typische Schadensbilder und Abhilfemaßnahmen.....	51
Wälzlager für Flüssigkeitspumpen.....	65
Einreihige Rillenkugellager.....	66
Einreihige Schrägkugellager.....	69
Zweireihige Schrägkugellager.....	72
Einreihige Zylinderrollenlager.....	75
Pendelrollenlager.....	78
Axial-Pendelrollenlager	82
Kegelrollenlager.....	86
Vierpunktlager	90
Nadellager	92
Beschichtungen für Wälzlager	94

	Seite
Anwendungsbeispiele.....	99
Chemienormpumpe.....	100
Prozesspumpe nach API 610 für die Anwendung in der Petrochemie.....	102
Tauchmotorpumpe	103
Doppelflutige Pumpe.....	105
Mehrstufige Kreiselpumpe.....	107
Inline-Pumpe.....	108
Wellentauchpumpe	109
Mehrstufige Bohrlochpumpe	110
Feststoffpumpe	112
Elektromotor	113



Lagerauswahl und -auslegung

Grundlagen und Anforderungen

Konformität mit Normen und Standards

Wahl der Lageranordnung

Dynamische Tragfähigkeit und Lebensdauer

medias-Produktinformation einfach finden

BEARINX-online Easy Pump

Berechnungsbeispiel

Wälzlagerschmierung und Schmierstoffe für Pumpen und Elektromotoren

Grundlagen und Anforderungen

Grundlagen Abhängig von der Konstruktion des Pumpenlaufrads unterscheidet man zwischen Radial-, Axial- und Halbaxialkreiselumpen. Die Bauform hat somit maßgeblichen Einfluss auf Richtung und Größe der wirkenden Kräfte. Grundlage für die rechnerische Auslegung der Lagerung sind die Betriebsdaten, in erster Linie die wirksamen Lagerkräfte, Drehzahlen und Schmierungsbedingungen. Zur Bestimmung der Lagerkräfte müssen im Rahmen der Pumpenauslegung Axial- und Radialschub der Pumpe ermittelt werden. Axial- und Radialschub sind die auf den Pumpenrotor wirkenden Kräfte. Diese wiederum setzen sich aus Hydraulik-, Antriebs- sowie Gewichts- und Trägheitskräften zusammen.

Axialkraft Die Hydraulikkräfte, insbesondere bei Axial- und Halbaxialkreiselumpen, wirken vorwiegend als Axialkräfte auf das Pumpenlaufrad, wobei der Einfluss verschiedener Komponenten zu berücksichtigen ist.

Der Druckunterschied zwischen Saug- und Druckseite bewirkt eine Axialkraft auf den Rotor, welche sich folgendermaßen zusammensetzt:

- Der Druck auf der Saugseite des Pumpenrads wird bezogen auf die Fläche der saugseitigen Laufraddeckscheibe und ergibt eine Axialkraft in Richtung Druckseite.
- Der Druck auf der Druckseite der Pumpe wird auf bezogen die Fläche der druckseitigen Deckscheibe und ergibt eine entgegengerichtete Axialkraft.

Analog wird der Druckunterschied an der Wellendichtung auf die Fläche des Wellenquerschnitts bezogen. Summiert ergibt sich die axial wirkende hydrostatische Kraft. Die Ausführung des Laufrads als offener, halboffener oder geschlossener Impeller hat somit großen Einfluss auf Betrag und Richtung der wirkenden Axialkraft. Mittels Ausgleichsbohrungen im Laufrad und eines Drosselspalts an den Deckscheiben kann die hydrostatische Druckkraft gemindert werden. Mit nachteiligem Einfluss auf Effizienz und Herstellkosten der Pumpe kann die Lagerung entlastet werden.

Bei Radialkreiselumpen tritt das Fördermedium durch den axial angeordneten Ansaugstutzen in das Spiralgehäuse ein, aber in tangentialer Richtung durch den Druckstutzen aus. Auf den Rotor wirkt ein Impuls in axialer Richtung. Die Impulskraft wird aus den Unterschieden in den Axialkomponenten der Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ein- und Auslass sowie unter Berücksichtigung von Strom und Dichte des Fördermediums ermittelt. Die Impulskraft kann mittels konstruktiv vorgesehener Diffusoren gemindert werden.

Bei Anlauf können Verwirbelungen im Radseitenraum auftreten. Die resultierenden Axialkräfte können bei Anlauf zu axialen Lastwechseln führen.

Radialkraft

Die radiale Hydraulikkraft entsteht aus einer Wechselwirkung des Pumpenrads mit dem Spiralgehäuse. Durch tangentielle Anordnung des Druckstutzen bildet sich die Kreiselströmung nicht gleichmäßig aus. Es treten über den Umfang des Gehäuses Unterschiede in den Strömungsgeschwindigkeiten auf, die in Abhängigkeit vom Betriebspunkt der Pumpe fluktuieren. Als Ergebnis wirken radiale hydraulische Kräfte auf das Pumpenrad. Durch Vorsehen eines Doppelspiralgehäuses mit zwei um 180° versetzten Spiralkanälen, die in einem Druckstutzen zusammengeführt werden, können gleichmäßigere Strömungen mit niedrigerem hydraulischen Radial Schub ausgebildet werden.

Unwuchtkräfte des Rotors wirken im Massenschwerpunkt in radialer Richtung. Die Gewichtskräfte des Rotors je nach Aufstellung der Pumpe wirken axial bei vertikaler Achse, radial bei horizontaler Achse.

Weitere Antriebskräfte

Je nach Gestaltung des Antriebsstrangs sind verschiedene Antriebskräfte zu berücksichtigen, zum Beispiel Kupplungskräfte, Riemen- oder Magnetzug.

Anhand der entsprechenden Lageranordnung können aus dem Axial- und Radialschub die wirksamen Lagerkräfte errechnet werden, die für eine Dimensionierung der Lager benötigt werden.

Darüber hinaus gibt es vielfältige weitere Anforderungen, welche bei der Auswahl der Lagerungen entsprechend zu berücksichtigen sind.

Wellendichtungen

Neben den Wälzlagern und deren Anordnung haben auch die Wellendichtungen großen Einfluss auf die Auslegung von Pumpe und Lagerung, da sie ein zentrales Bauteil sind. Wellendichtungen gewährleisten die Abdichtung des Pumpengehäuses gegen Austritt des Fördermediums aus dem Pumpengehäuse und das Eindringen von Luft und Verschmutzung. Die Lagerabdichtung wird oft von separaten Dichtungen im Lagergehäuse umgesetzt. Die zur Abdichtung gegen Druck verwendeten Stopfbuchsen, Radial- oder Gleitringdichtungen können technisch sehr aufwendig werden und sind ein maßgeblicher Kostenfaktor in der Konstruktion. Als Verschleißteile sind Dichtungen oftmals kritische Bauteile und haben großen Einfluss auf die Instandhaltungsstrategie und die Lagerdimensionierung.

Für einen verschleißarmen Betrieb der Dichtung muss die Lagerung eine gute Wellenführung mit begrenzter Wellendurchbiegung gewährleisten. Diese lässt sich mit dem BEARINX-online Modul Easy Pump bereits in der Auslegungsphase überprüfen.

Aufwändigere Gleitringdichtungen benötigen zusätzlichen Bauraum und bedeuten vergrößerte Lagerabstände von Pumpenrad und zusätzliche Momentenbelastung für die Lager.

Grundlagen und Anforderungen

Anforderungen

Anforderungen, welche bei der Auswahl der Lagerungen zu berücksichtigen sind:

Anforderungen an Pumpenlagerungen

- Aufnahme von radialen und axialen Lasten sowie Vibrationen und Stößen
- Hohe Gebrauchsdauer bei geringem Wartungsaufwand
- Einsatz von kostengünstigen Standard-Wälzlager auch hinsichtlich Abdichtung und Befettung
- Typenreduzierung und Standardisierung
- Konformität mit Normen und Standards
- Niedrige Total Cost of Ownership (TCO)

Anforderungen an Elektromotorenlagerungen

Bei den Flüssigkeitspumpen werden vorzugsweise Elektromotoren als Antriebseinheiten eingesetzt, bei deren Lagerung folgende Einflussgrößen berücksichtigt werden müssen:

- Betriebsbedingungen wie Belastung, Drehzahl, Temperatur
- Lebensdaueranforderungen
- Wellenanordnung und Einbauraum
- Schwingungs- und Geräuschverhalten
- Reibungsoptimiertes Design mit optimaler Abdichtung
- Schmierung (Temperatur, Geräusch, Fettgebrauchsdauer)
- Stromisolierung

Anwendungsspezifische, weitergehende Anforderungen an die Wälzlager

- Längere Nachschmierintervalle bis hin zur Lebensdauer-schmierung
- Korrosionsbeständigkeit
- Energieeffiziente, reibungsoptimierte Wälzlager und Gesamtlösungen
- Eignung für höheren Temperaturbereich
- Medienschmierung
- Produkte und Services zur Wartung und Montage
- Automatische Nachschmiersysteme, zum Beispiel mit Schaeffler CONCEPT
- Kostengünstige Zustandsüberwachung, zum Beispiel mit Schaeffler OPTIME

Grundlagen und Anforderungen

Anforderungen an die Wälzlager in Flüssigkeitspumpen

Anforderungen an die Wälzlager in Flüssigkeitspumpen	Wälzlagerbauformen			
	Rillenkugellager Generation C	Zylinderrollenlager X-life	Schrägkugellager X-life	Zweireihige Schrägkugellager X-life
Geräuscharm	++	+	++	++
Geringe Reibung	++	+	++	++
Hohe Drehzahl ¹⁾	++	+	++	++
Stromisolation durch Keramikwälzkörper (HC)	++ ³⁾	■	■	■
Stromisolation durch Beschichtung, z. B. J20AB	++	++	+	+
Radiallast	+	++	+	+
Einseitige Axiallast	+	+ ⁵⁾	++	+
Axiallastaufnahme in beide Richtungen	+	+ ⁶⁾	–	++
Hohe Temperatur ²⁾	■	■	■	■
Hohe Dichtwirkung	++	■	++	++
for-life-Schmierung	++	■	++	++
Lange Nachschmierintervalle, Fettgebrauchsdauer	++	+	++	++

– nicht geeignet + geeignet ++ besonders geeignet ■ nicht relevant

1) Drehzahlkennwert $n \times D_m > 500\,000$.

2) Temperatur $> +80\text{ °C}$.

3) Speziell im kleineren Durchmesserbereich $AD < 110\text{ mm}$.

4) Materialspezifische Temperaturgrenzen sind zu beachten.

5) Nur NJ oder NUP Bauform.

6) Nur NUP Bauform.

					Dichtung		Käfig		Fettschmierung			Lagerluft
Pendelrollenlager X-life	Kegelellenlager X-life	Vierpunktlager X-life	Nadelager X-life	Keramikwälzkörper X-life	Nichtberührend z. B. ZZ	Berührend z. B. 2HRS	Metall	Kunststoff	Standardfett	Sonderfett	Nachschmierung mit Arcanol	C3
-	-	++	+	++	+	■	+	++	+	++	+	■
-	-	++	+	++	+	■	+	++	+	++	+	■
-	+	+	+	++	+	-	++	++	+	++	+	++
■	■	■	■	++	■	■	■	■	■	■	■	■
+	+	+	+	■	■	■	■	■	■	■	■	■
++	++	-	++	■	■	■	■	■	+	+	+	■
+	++	++	-	■	■	■	■	■	+	+	+	■
+	-	++	-	■	■	■	■	■	+	+	+	■
■	■	■	■	++	+ ⁴⁾	+ ⁴⁾	■	■	-	++	+	++
■	■	■	■	■	+	++	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	++	++	++	+	++	+	++	■	■
-	+	+	+	++	-	-	+	++	+	++	++	■

Weitere Informationen

- TPI 165, Rillenkugellager Generation C
- TPI 206, Stromisolierende Lager
- KXL, X-life Premiumqualität
- TPI 176, Schmierung von Wälzlagern
- MH 1, Montagehandbuch
- FOT General, Condition Monitoring mit Schaeffler OPTIME
- FEP, Onlineberechnung von Flüssigkeitspumpen
- PEE, Onlineberechnung von E-Motoren und Generatoren
- QWT, Produktschulung Wälz- und Gleitlager

Konformität mit Normen und Standards

Für verschiedene Lagerbauformen und Anwendungen sind Pumpennormen etabliert, zum Beispiel DIN 24255 für Wassernormpumpen oder ISO 2858 für Chemienormpumpen. Ziel der Normierung ist in erster Linie die Standardisierung von Anschlussmaßen, Bauteilen und Leistungsdaten, um Planung, Betrieb und Instandhaltung von Anlagen möglichst zu vereinfachen. Im Hinblick auf die Gestaltung der Pumpenlagerung ergeben sich auch Vorgaben für die Lagergestaltung, denn die standardisierten Wellendurchmesser bestimmen zum Beispiel die Bohrungszahl der verwendeten Wälzlager.

Andere Normen, wie zum Beispiel die ISO 9905, ANSI B73.1 oder API 610 haben darüber hinaus auch die Zielsetzung, einen einheitlich zuverlässigen Qualitätsstandard und eine gute Betriebssicherheit zu etablieren. Geregelt wird die Auslegung und Konstruktion der Pumpen auch hinsichtlich der Gestaltung der Pumpenlagerung. So sind zum Teil detaillierte Vorgaben definiert, welche sich zum Beispiel auf die erforderlichen Mindestlebensdauern, Gestaltung der Lagersitze, Lagerunterstützung und Abdichtung, teils aber auch auf die Lageranordnungen und -ausführungen sowie die Käfigbauformen und die Nachschmierintervalle beziehen.

Darüber hinaus gibt es zum Teil Vorgaben, welche sich durch die geeignete Auslegung der Lager beeinflussen lassen. Hier geht es zum Beispiel um zulässige Wellendurchbiegung, Rundlaufgenauigkeiten, Vibrationen oder Temperaturbereiche.

Wahl der Lageranordnung

Übliche Lageranordnungen für Kreiselpumpen

Prinzipiell unterscheidet sich die Pumpenbauform einer Kreiselpumpe hinsichtlich der Anordnung der Lager zum Pumpenrad. Sitzt das Pumpenrad seitlich der Fest- und Loslagerung, spricht man von einer fliegenden Lagerung, „overhanging bearing pump“. Im Gegensatz dazu ist das Pumpenrad bei der sogenannten „in between bearing pump“ zwischen dem Fest- und Loslager angeordnet.

Fliegende Lagerung des Pumpenrads („overhanging bearing pump“)

Bis auf wenige Ausnahmen werden Kreiselpumpen mit fliegender Anordnung des Pumpenrads ausgeführt. Hier sitzt das Pumpenlaufrad seitlich von Fest- und Loslagerung. In diesem Fall ist nur eine der aufwändigen Wellendichtungen des Pumpengehäuses notwendig. Darüber hinaus lassen sich Bauraum und Bauteile einsparen. Die auf das Pumpenrad wirkenden Radialkräfte bedeuten erhebliche Kippmomente für die fliegende Lagerung, wobei die vorliegenden Axialkräfte durch das Festlager aufgenommen werden müssen. Die resultierende Verteilung der Last auf die beiden Lagerstellen ist ungleichmäßig. Das abtriebsseitige innere Lager nimmt den Großteil der Radialkraft auf. Dies hat Einfluss auf die Lagerdimensionierung und rechnerische Lebensdauer.

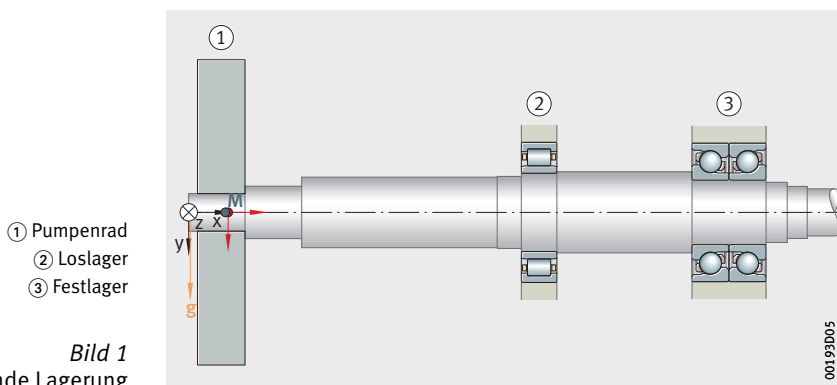


Bild 1
Fliegende Lagerung

Im Beispiel dargestellt ist ein Zylinderrollenlager (Loslager) für die ausschließliche Aufnahme der pumpenseitig wirkenden Radiallasten. Die Axiallasten werden durch ein abgepasstes Paar Schrägkugellager in UB-Ausführung und O-Anordnung aufgenommen.

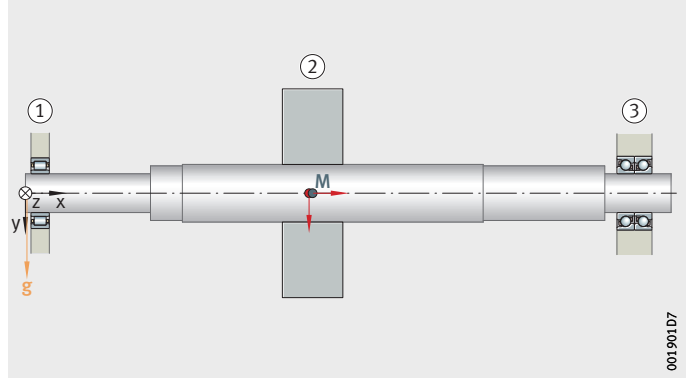
Wahl der Lageranordnung

Pumpenlaufrad zwischen den Lagern („in between bearing pump“)

Im Gegensatz zur fliegenden Lagerung ist das Pumpenrad bei der sogenannten „in between bearing pump“ zwischen dem Fest- und Loslager angeordnet.

- ① Loslager
- ② Pumpenrad
- ③ Festlager

Bild 2
Lagerung



Arten von Lagerungen

Zur Führung und Abstützung einer umlaufenden Welle sind mindestens zwei Lager erforderlich, die in einem bestimmten Abstand voneinander angeordnet sind. Je nach Anwendung wählt man zwischen einer angestellten Lagerung oder einer schwimmenden Lagerung, wobei auf eine geeignete Fest-Loslagerung zu achten ist.

Angestellte Lagerung

Die einfachste Lagerung ist eine angestellte Lagerung. Durch den Lagerabstand wird maßgeblich die Stützbreite, Steifigkeit und Durchbiegung der Pumpenwelle bestimmt. Eine O-Anordnung von Schrägkugel- oder Kegelrollenlagern wird bevorzugt, um durch einen vergrößerten Stützabstand der Lagerung eine höhere Steifigkeit und damit reduzierte Wellendurchbiegung zu erreichen.

Eine angestellte Lagerung mit Rillenkugellagern wird axial federangestellt, um das Wellenspiel zu verringern. Mittels einer Lagerluft C3 kann ein größerer Betriebsdruckwinkel für eine bessere Axiallastaufnahme eingestellt werden. Für höhere Anforderungen an die Tragfähigkeit kann die angestellte Lagerung mit einreihigen Schrägkugellagern ausgeführt werden. Schrägkugellager verfügen über einen Kugelsatz mit mehr Wälzkörpern als vergleichbare Rillenkugellager und zeichnen sich über den Druckwinkel von 40° durch eine hohe axiale Tragfähigkeit aus.

Diese Lagerungen bestehen meist aus zwei spiegelbildlich angeordneten Schrägkugel- oder Kegelrollenlagern. Bei der Montage wird der Lagerring auf seinem Sitz so weit verschoben, bis die Lagerung das gewünschte Spiel oder die notwendige Vorspannung hat.

Durch diese Einstellmöglichkeit eignet sich die angestellte Lagerung besonders, wenn eine enge axiale Führung notwendig ist.

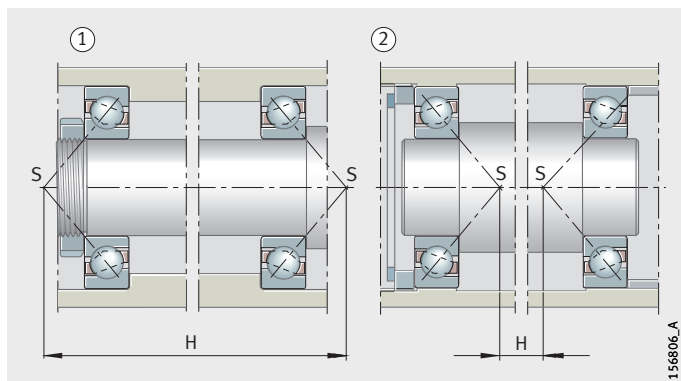
X- und O-Anordnung

Grundsätzlich wird zwischen der O-Anordnung, *Bild 3*, und der X-Anordnung, *Bild 3*, der Lager unterschieden. Bei der O-Anordnung zeigen die von den Drucklinien gebildeten Kegel mit ihren Spitzen S nach außen, bei der X-Anordnung nach innen. Die Stützbasis H, also der Abstand der Druckkegelspitzen zueinander, ist bei der O-Anordnung größer als bei der X-Anordnung. Die O-Anordnung ergibt daher das geringere Kippspiel. Bei der Einstellung der Axialluft ist die Wärmedehnung zu berücksichtigen.

S = Spitzen der Druckkegel
H = Stützabstand

Schräggugellager:
① O-Anordnung
② X-Anordnung

Bild 3
Angestellte Lagerung



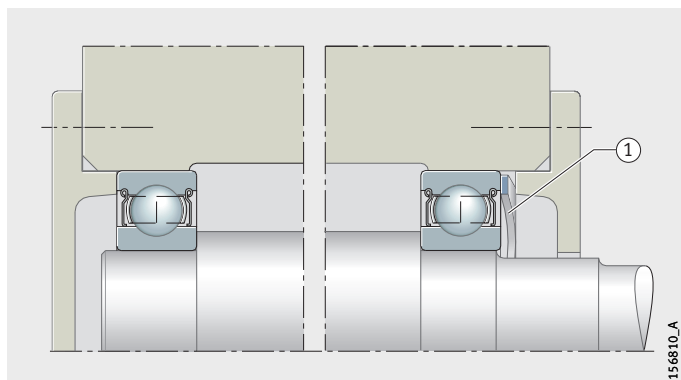
Elastische Anstellung

Angestellte Lagerungen erhält man auch durch Vorspannung mit Federn, *Bild 4*. Diese elastische Art der Anstellung gleicht die Wärmedehnungen aus, wofür ein loser Lagersitz am Außenring erforderlich ist. Man wendet sie auch an, wenn Lagerungen durch Erschütterungen im Stillstand oder im Betrieb gefährdet sind.

Rillenkugellager
mit Federscheibe vorgespannt

① Federscheibe

Bild 4
Angestellte Lagerung



Diese Lageranordnung ist unter anderem in Elektromotoren üblich. Durch die Federvorspannung kann zum einen, speziell bei sehr niedrig belasteten Rillenkugellagern, eine Mindestbelastung zur Vermeidung von Schlupf im Lager umgesetzt werden, zum anderen wirkt diese geräuschreduzierend.

Wahl der Lageranordnung

Schwimmende Lagerung

Die schwimmende Lagerung ist eine wirtschaftliche Lösung, wenn keine enge axiale Führung der Welle verlangt wird, *Bild 5*. Ihr Aufbau gleicht bis auf die Federvorspannung der angestellten Lagerung.

Die Welle kann sich bei schwimmender Lagerung um das Axialspiel s gegenüber dem Gehäuse verschieben. Der Wert s wird in Abhängigkeit von der geforderten Führungsgenauigkeit so festgelegt, dass die Lager auch bei ungünstigen thermischen Verhältnissen nicht axial verspannt werden.

Geeignete Lager

Geeignete Lagerbauarten für die schwimmende Anordnung sind zum Beispiel Rillenkugellager oder auch Pendelrollenlager.

Um den axialkraftfreien Längenausgleich sicherzustellen, ist je ein Ring, gewöhnlich ein Außenring, verschiebbar zu passen.

Bei schwimmenden Lagerungen mit Zylinderrollenlagern, zum Beispiel der dargestellten Bauform NJ, findet der Längenausgleich in den Lagern statt, *Bild 5*. Innen- und Außenring können fest gepasst werden.

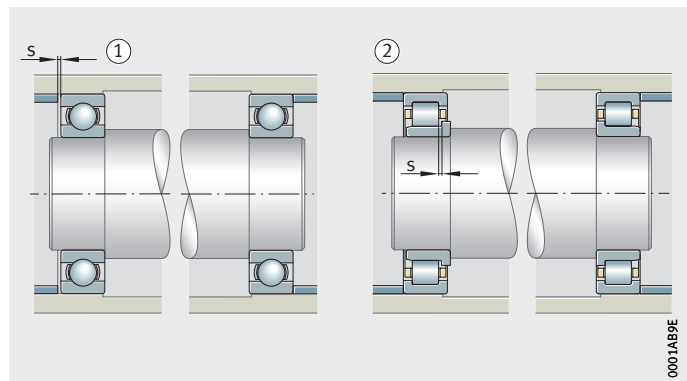
Kegelrollenlager und Schrägkugellager eignen sich nicht für eine schwimmende Anordnung, da sie angestellt werden müssen, um einwandfrei zu laufen.

s = Axialspiel

- ① Zwei Rillenkugellager
- ② Zwei Zylinderrollenlager NJ

Bild 5

Schwimmende Lagerungen



Fest-Loslagerung

Bei einer Welle, die in zwei Radiallagern abgestützt ist, stimmen die Abstände der Lagersitze auf der Welle und im Gehäuse durch Fertigungstoleranzen häufig nicht überein. Auch durch Erwärmung im Betrieb verändern sich die Abstände. Diese Abstandsunterschiede werden im Loslager ausgeglichen. Beispiele für Fest-Loslagerungen sind dargestellt in *Bild 6* und *Bild 7*, Seite 20.

Loslager Das Loslager nimmt nur radiale Last auf und ermöglicht eine axiale Wellenverschiebung zur Kompensation der Wärmeausdehnung. Bei fliegender Lagerung wird die lauftradseitige Lagerstelle bevorzugt als Loslager ausgeführt. Die Axiallastaufnahme wird so auf die radial niedriger belastete abtriebsseitige Lagerstelle verschoben. Die optimale Loslagerfunktion lässt sich durch Zylinderrollenlager, zum Beispiel der Bauformen N oder NU mit Käfig, realisieren. Hier verschiebt sich der Rollenkranz reibungsarm auf der Laufbahn des bordlosen Lagerrings. Zylinderrollenlager weisen höhere Tragzahlen im Vergleich zu Kugellagern auf und eignen sich damit für hohe Radiallasten.

Es ist zu beachten, dass diese Lagerbauform bei Unterschreitung der Mindestlast schlupfgefährdet ist. Schon nach kurzem lastfreiem Betrieb können Schlupfschäden der Laufbahnen in Form von Verschleiß auftreten, welche im ungünstigsten Fall in Kombination mit nicht optimaler Schmierung zu einer extremen Reduzierung der Gebrauchsdauer führen können. Die Mindestbelastung (C_0/P) > 60 ist für jeden Lastfall sicherzustellen.

Alle anderen Lagerbauarten, wie Rillenkugellager oder Pendelrollenlager, wirken nur dann als Loslager, wenn ein Lagerring verschiebbar gepasst ist. Der mit Punktlast beaufschlagte Lagerring wird deshalb lose gepasst; meist ist dies der Außenring.

Festlager Das Festlager führt die Welle axial und ist dementsprechend hauptsächlich axial belastet. Welche Lagerbauart als Festlager gewählt wird, hängt davon ab, wie hoch die Axialkräfte sind und wie genau die Welle axial und radial geführt werden muss. Für höhere Anforderungen an Tragzahl und Steifigkeit sind zweireihige Schrägkugellager oder ein Lagerpaar einreihiger Schrägkugellager in Universalausführung üblich.

Gerade bei höheren Anforderungen bieten sich einreihigen Schrägkugellager in O-Anordnung mit optimierter Stützbreite an. Im Vergleich zu zweireihigen Schrägkugellagern bietet ein Lagerpaar aufgrund des Kugelsatzes mit höherer Wälzkörperanzahl Vorteile bezüglich der Tragzahlen und besitzt aufgrund des größeren Druckwinkels von 40° eine bessere Eignung bezüglich Axiallastaufnahme.

Die Lager können ohne Passscheiben in O- oder X-Anordnung beliebig gepaart werden. Schrägkugellager der Universalausführung sind so abgestimmt, dass sich beim Einbau in X- oder O-Anordnung eine definierte Axialluft ergibt. Übliche Ausführungen sind UO (spielfrei), UB (geringe Axialluft) oder UA (leicht höhere Axialluft).

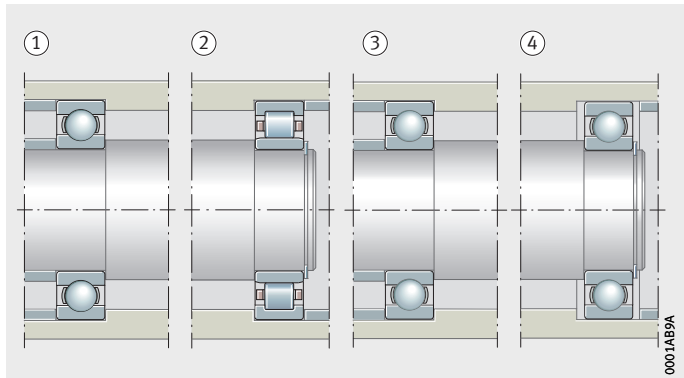
Eine Alternative bei geringeren Anforderungen stellen Vierpunktlager dar. Vierpunktlager QJ dürfen nicht radial oder kombiniert radial-axial belastet werden. Deshalb kommen sie üblicherweise dort als Festlager zum Einsatz, wo separate Radiallager bereits konstruktiv notwendig sind, wie zum Beispiel bei vertikalen Eintauchpumpen mit radialen Gleitbuchsen.

Wahl der Lageranordnung

Beispiele für Fest-Loslagerungen

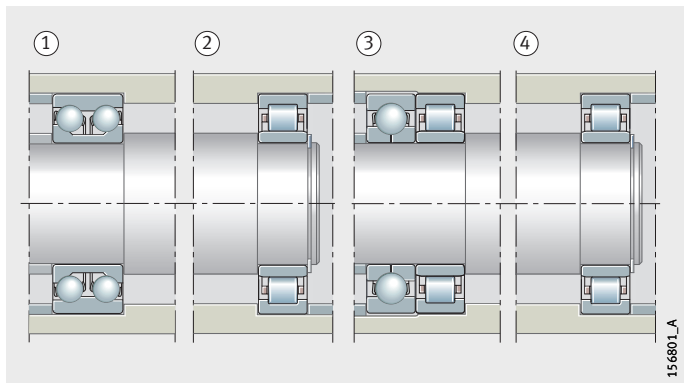
- Rillenkugellager:
 ① Festlager
 Zylinderrollenlager NU:
 ② Loslager
 Rillenkugellager:
 ③ Festlager
 ④ Loslager

Bild 6
Fest-Loslager-Anordnungen



- Zweireihiges Schrägkugellager:
 ① Festlager
 Zylinderrollenlager NU:
 ② Loslager
 Vierpunktlager und Zylinderrollenlager:
 ③ Festlager
 Zylinderrollenlager NU:
 ④ Loslager

Bild 7
Fest-Loslager-Anordnungen



Axiale Befestigung der Lager

Die axiale Befestigung der Lagerringe wird auf die jeweilige Lageranordnung abgestimmt (Festlager, Loslager, angestellte und schwimmend angeordnete Lager).

Konstruktionshinweise

Die Schulterhöhe der Gegenstücke muss so groß sein, dass auch bei größtem Kantenabstand des Lagers eine ausreichend breite Anlagefläche bleibt (DIN 5418).

Die Lagerringe sind kraft- oder formschlüssig zu fixieren, um seitliches Abwandern zu verhindern. Sie dürfen nur an der Wellen- oder Gehäuseschulter, jedoch nicht in der Hohlkehle anliegen.

Festlager nehmen Axialkräfte auf. Auf diese Axialkräfte muss das jeweilige Halteelement abgestimmt sein. Geeignet sind Schultern an der Welle und am Gehäuse, Sprengringe, Gehäusedeckel, Wellenkappen, Muttern und Distanzringe, *Bild 8* und *Bild 9*.

Bei nicht zerlegbaren Lagern muss ein Lagerring fest gepasst werden, der andere wird von den Rollkörpern gehalten.

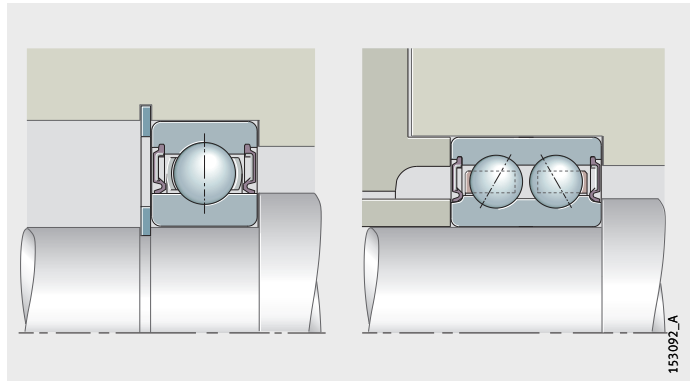
Da angestellte und schwimmend angeordnete Lager Axialkräfte nur in einer Richtung übertragen, müssen die Lagerringe auch nur auf einer Seite abgestützt werden. Die Gegenführung übernimmt ein zweites, spiegelbildlich angeordnetes Lager. Als Anstell-elemente sind Wellenmutter, Gewinderinge, Deckel oder Distanzscheiben geeignet.

Bei schwimmenden Lagerungen begrenzt man die seitliche Bewegung der Ringe durch Wellen- oder Gehäuseschultern, Deckel und Sprengringe.

Beispiele für Halteelemente

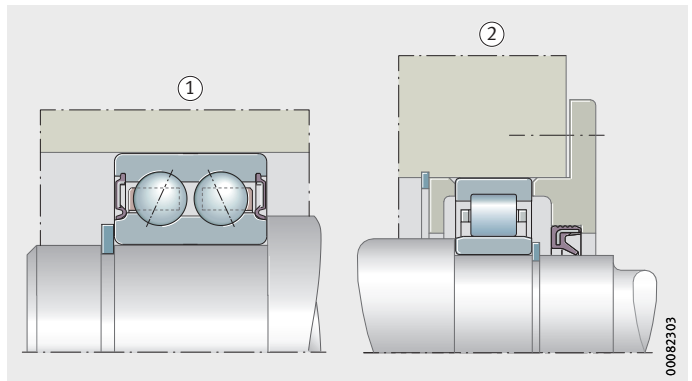
Formschlüssige axiale Befestigung am Innen- und Außenring

Bild 8
Festlager



- ① Formschlüssige axiale Befestigung am Innenring
- ② Formschlüssige axiale Befestigung am Innen- und Außenring

Bild 9
Loslager



Wahl der Lageranordnung

Wellentoleranzen Anhand der Umlaufverhältnisse können bei üblichen Einbau- und Betriebsbedingungen nachfolgende Empfehlungen für die Tolerierung der Welle gegeben werden.

Wellentoleranzen

Umlaufverhältnis	Lagerbauart	Wellendurchmesser mm	Verschiebbarkeit Belastung	Toleranzfeld
Umfangslast für den Innenring oder unbestimmte Lastrichtung	Kugellager	bis 50	normale Belastung ¹⁾	j6 (j5)
		50 bis 100	niedrige Belastung ²⁾	j6 (j5)
			normale und hohe Belastung ³⁾	k6 (k5)
		100 bis 200	niedrige Belastung ¹⁾	k6 (m6)
			normale und hohe Belastung ⁴⁾	m6 (m5)
		über 200	niedrige Belastung	m6 (m5)
	normale und hohe Belastung		n6 (n5)	
	Rollenlager	bis 60	niedrige Belastung	j6 (j5)
			normale und hohe Belastung	k6 (k5)
		60 bis 200	niedrige Belastung	k6 (k5)
			normale Belastung	m6 (m5)
			hohe Belastung	n6 (n5)
		200 bis 500	normale Belastung	m6 (n6)
			hohe Belastung, Stöße	p6
über 500		normale Belastung	n6 (p6)	
	hohe Belastung	p6		

1) $C/P > 10$.

2) $C/P > 12$.

3) $C/P < 12$.

4) $C/P < 10$.

Abweichungen sind möglich, wenn besondere Anforderungen, beispielsweise an die Laufgenauigkeit, Laufruhe und Betriebstemperatur gestellt werden. So sind für erhöhte Laufgenauigkeiten engere Toleranzen erforderlich, etwa die Toleranzqualität 5 anstatt 6. Wird der Innenring im Betrieb wärmer als die Welle, kann der Sitz unzulässig locker werden. Man wählt dann eine festere Passung, zum Beispiel m6 anstelle k6.

Bei manchen Einbaufällen ist die Frage nach der Passung nur durch einen Kompromiss zu lösen. Die einzelnen Anforderungen sind dabei gegeneinander abzuwägen und diejenigen zu erfüllen, welche die beste Gesamtlösung ergeben.

Radiale und axiale Lagerluft

Die radiale Lagerluft wird am ausgebauten Lager ermittelt. Es handelt sich um das Maß, um das sich der Innenring gegenüber dem Außenring in radialer Richtung von einer Grenzstellung zur gegenüberliegenden verschieben lässt. Die axiale Lagerluft s_a ist das Maß, um das sich ein Lagerring gegenüber dem anderen ohne Belastung längs der Lagerachse verschieben lässt.

Betriebsspiel

Das Betriebsspiel dagegen wird am eingebauten, betriebswarmen Lager ermittelt. Es handelt sich um das Maß, um das sich die Welle in radialer Richtung von einer Grenzstellung zur gegenüberliegenden verschieben lässt. Es ergibt sich aus der radialen Lagerluft und deren Veränderung durch Passungsübermaß und Temperatureinflüssen im eingebauten Zustand. Somit wird dieses maßgeblich durch die Betriebs- und Einbaubedingungen des Lagers definiert, was in der Lagerwahl entsprechend zu berücksichtigen ist: für Radiallager zum Beispiel mit C3 Radialluftwerten oder für Axiallager durch Federvorspannungen.

Eine geringe Vorspannung hat sich, bezogen auf die Lebensdauer der Kugel-, insbesondere Schrägkugellager, als vorteilhaft erwiesen, da hierdurch die Last auf mehrere Wälzkörper verteilt wird und die Steifigkeit der Lagerung gesteigert werden kann. Diese Vorspannung darf jedoch nicht über einen optimalen Wert erhöht werden, da durch die höheren Kontaktspannungen eine deutliche Reduktion der Lebensdauer zu erwarten ist, *Bild 10*.

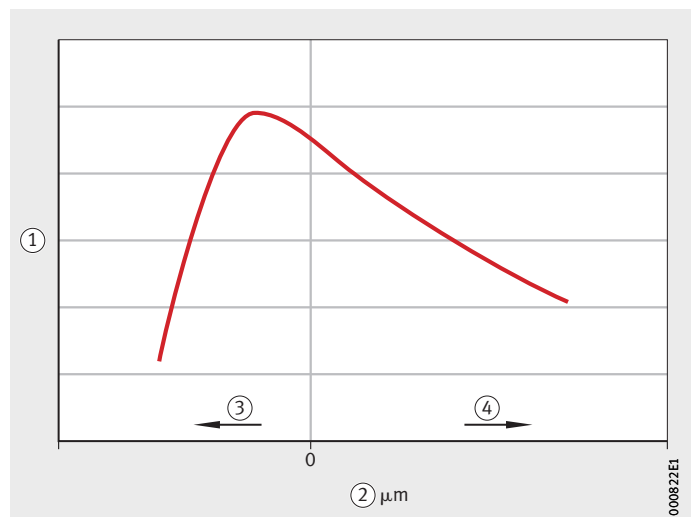


Bei Rollenlagern ist eine Vorspannung im Betrieb zu vermeiden!

Im Gegensatz zu einer leichten Vorspannung kann zu viel Betriebsspiel zu Gleiteffekten, zu einer schlechteren Lastverteilung und zu einem ungenügenden Laufverhalten führen.

- ① Lebensdauer
- ② Betriebsspiel
- ③ Vorspannung
- ④ Spiel

Bild 10
Betriebsspiel



Dynamische Tragfähigkeit und Lebensdauer

Dimensionierung von Wälzlagern

Die erforderliche Bauform und Größe eines Wälzlagers ist im wesentlichen von folgenden Anforderungen abhängig:

- Anwendung
- Umgebungskonstruktion und Anforderungen aus mitgeltenden Normen
- Erforderliche Lebensdauer der Wälzlager und des Systems
- Tragfähigkeit (Belastbarkeit)
- Betriebssicherheit

Berechnung der Lebensdauer

Das Ermüdungsverhalten des Werkstoffs bestimmt die dynamische Tragfähigkeit des Wälzlagers. Die dynamische Tragfähigkeit wird beschrieben durch die dynamische Tragzahl, welche auf der DIN ISO 281 basiert. Diese wiederum wurde weiter detailliert und in der ISO/TS 16281 beziehungsweise DIN 26281 (ehemals DIN ISO 281, Beiblatt 4) spezifiziert, um die entsprechenden Einflüsse aus dem Betrieb zu berücksichtigen und so die Berechnungsergebnisse weiter zu verbessern.

Berechnungsverfahren

Verfahren und Unterschiede, insbesondere bezüglich der relevanten Einflüsse aus dem Betrieb, zur Berechnung der Ermüdungslebensdauer sind unter anderem folgende:

- Nominelle Lebensdauer L_{10} und L_{10h} nach ISO 281
- Erweiterte Lebensdauer L_{nm} und L_{nmh} nach ISO 281

Nominelle Lebensdauer L_{10} und L_{10h}

Die Nominelle Lebensdauer L_{10} und L_{10h} nach ISO 281:2007 berücksichtigt folgendes:

- Lagerbauart
- Belastung
- Drehzahl

Die Lebensdauer wird über den Vergleich mit Referenzbedingungen, im Wesentlichen die Tragzahl und Bauform (Kugel- beziehungsweise Rollenlager), ermittelt.

Nominelle Referenz-Lebensdauer L_{hr}

Die nominelle Referenz-Lebensdauer L_{hr} nach ISO/TS 16281 beziehungsweise DIN 26281 (ehemals DIN ISO 281 Beiblatt 4) berücksichtigt zusätzlich folgende Einflüsse:

- Exakte innere Lastverteilung
- Ermüdungsgrenze des Werkstoffs
- Räumliche Belastung und Verkipfung des Lagers
- Betriebsspiel

Modifizierte
Referenz-Lebensdauer L_{hmr}

Die modifizierte Referenz-Lebensdauer L_{hmr} nach ISO/TS 16281 beziehungsweise DIN 26281 (ehemals DIN ISO 281 Beiblatt 4) berücksichtigt darüber hinaus auch Folgendes:

- Grad der Oberflächentrennung durch den Schmierstoff
- Sauberkeit im Schmierpalt
- Additivierung des Schmierstoffs

Für die Auslegung und Dimensionierung des Lagerkonzepts sind einige Einflussgrößen zu berücksichtigen. Für eine unkomplizierte und trotzdem detailreiche, erweiterte Lebensdauerberechnung optimal geeignet ist das kostenlose BEARINX-online Easy Pump von Schaeffler.

Weitere Informationen

- Detaillierte Informationen zur Lebensdauerberechnung von Wälzlagern finden Sie in unserem HR1 Hauptkatalog oder online unter: <https://medias.schaeffler.de/de/knowledge-center>
- <https://bearinx-online-easy-pump.schaeffler.com>

Gebrauchsdauer

Die Gebrauchsdauer ist die tatsächlich erreichte Lebensdauer des Lagers. Sie kann deutlich von der errechneten abweichen. In der Praxis ist die Gebrauchsdauer häufig deutlich höher als die errechnete Lebensdauer. Sie kann aber darunter liegen.

Mögliche Ursachen sind Verschleiß oder Ermüdung durch:

- Abweichende Betriebsdaten
- Fluchtungsfehler zwischen Welle und Gehäuse
- Zu kleines oder zu großes Betriebsspiel
- Verschmutzung
- Korrosion
- Schmierstoffversorgung
- Fettgebrauchsdauer, insbesondere bei lebensdauer-geschmierten, abgedichteten Lagern
- Nicht ausreichende Schmierung
- Zu hohe Betriebstemperatur
- Oszillierende Lagerbewegungen mit sehr kleinen Schwenkwinkeln (Riffelbildung)
- Vibrationsbeanspruchung und Riffelbildung
- Sehr hohe Stoßlasten (statische Überlastung)
- Vorschäden bei der Montage
- Stromdurchgang



Wegen der Vielfalt der möglichen Einbau- und Betriebsverhältnisse kann die Gebrauchsdauer nicht exakt vorausberechnet werden! Sie lässt sich am sichersten durch den Vergleich mit ähnlichen Einbaufällen abschätzen!

medias-Produktinformationen einfach finden

Was ist medias?

medias verbindet auf einer Plattform den Schaeffler Produktkatalog, Beratungswerkzeuge und eine implementierte eCommerce-Lösung. So finden Sie auf **medias** die wichtigsten Informationen zu den Industrieprodukten, erhalten eine technische Beratung sowie die Auskunft zu Verfügbarkeit unserer Produkte und den dazugehörigen Preisen.

Schaltflächen



Technische Beratung und Unterstützung, Engineering Tools sowie umfangreiche Produktinformationen wie CAD-Modelle und Berechnungswerkzeuge.



Aktuellen Produktpreis und die Verfügbarkeit prüfen. Ebenfalls dargestellt wird eine Übersicht über aktuelle oder vergangene Bestellungen und Mengenkontakte.



Einen Vertriebspartner in Ihrer Nähe finden und ein Angebot anfragen.

medias finden

So erfolgt der Aufruf von **medias**:

- <https://medias.schaeffler.de>
- Suchanfrage „Schaeffler medias“ mit einer beliebigen Internet-Suchmaschine

medias Business

medias Business besitzt im Vergleich zu **medias** einen erweiterten Funktionsumfang. Für die Benutzung von **medias** Business ist eine Registrierung erforderlich.

Navigation

Auf der Startseite von **medias** befinden sich in der Kopfzeile die Möglichkeit zur Anmeldung und Registrierung, eine Sprachauswahl und die Suchfunktion. Über die Suchfunktion kann direkt zu einem bekannten Produkt navigiert werden. Hier befindet sich in der oberen rechten Ecke der Merktzettel beziehungsweise der Warenkorb. Darunter befinden sich die drei Navigationsreiter „Produkte“, „Engineering Tools“ und „Wissen & Support“, wo mit wenigen Klicks entsprechende Informationen abrufbar sind.

Produkte

Die Suche nach einem Produkt erfolgt entweder über den Navigationsreiter Produkte oder direkt über die Suchfunktion. Beim jeweiligen Produkt befinden sich die Hauptabmessungen und Leistungsdaten und es kann auch ein Datenblatt heruntergeladen werden. Dieses Datenblatt beinhaltet Hauptabmessungen und Leistungsdaten, Anschlussmaße, Berechnungsfaktor, Temperaturbereich und die Materialnummer. Außerdem sind auf dieser Seite auch noch weitere technische Informationen zu der entsprechenden Lagerbauform zu finden, es kann eine Einzellagerberechnung gestartet werden und das CAD-Modell des Lagers oder Anleitungen zur Montage und Demontage heruntergeladen werden.

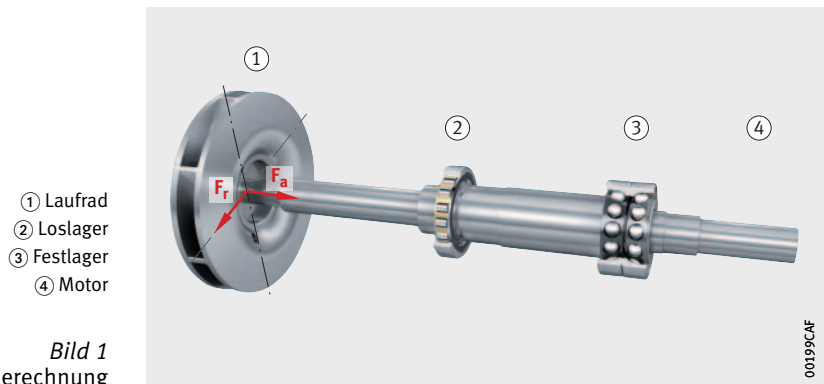
Wissen und Support	Der Navigationsreiter „Wissen & Support“ öffnet einen Bereich mit verschiedenen Funktionen, wie zum Beispiel eine Wissensdatenbank oder ein Lexikon, welche das technische Grundlagenwissen zu Wälzlagern beinhalten.
Engineering Tools	Neben Produktinformationen bietet medias auch eine Vielzahl an Engineering Tools an, die von der Auswahl des richtigen Lagers bis zur Berechnung der Wälzlagerlebensdauer auf Systemebene reichen. Über die Startseite von medias sind diese ganz einfach über den Navigationsreiter „Engineering Tools“ zu erreichen.
Lagerauswahlassistent	Der Lagerauswahlassistent hilft bei der Auswahl des optimalen Lagers. Dabei können die Informationen oder Anforderungen eingegeben werden, die bisher bekannt sind, wie zum Beispiel, welche Belastungen auftreten, welche Abmessungen das Lager haben sollte oder welche Tragzahlen erforderlich sind. Der Lagerauswahlassistent zeigt Ihnen daraufhin die dazu passenden Wälzlager an.
Lager-Frequenzrechner	Anhand der kinematischen Frequenzen lassen sich auffällige Frequenzmuster einem einzelnen Bauteil eines Lagers (Innenring, Außenring, Wälzkörper und Käfig) zuordnen. Mithilfe des Lager-Frequenzrechners können diese durch Eingabe der entsprechenden Geometriedaten bestimmt werden.
Heating Manager	Mit dem Heating Manager kann das für Ihre Produkte optimale HEATER Anwärmgerät ausgewählt werden.
Fettauswahlhilfe	Hier finden Sie Eigenschaften und Empfehlungen zu unseren Arcanol Wälzlagerfetten.
medias Interchange	medias Interchange hilft bei der Umschlüsselung von Wettbewerbs-Wälzlagerbezeichnungen in INA- oder FAG-Bezeichnungen.
Einzellagerberechnung	Bei einem potenziellen Lager, das die Anforderungen erfüllt, können Sie über das Taschenrechnersymbol direkt eine Online-Einzellagerberechnung ausführen, um die Lebensdaueranforderungen zu überprüfen.
Wellenberechnungen	Mit dem BEARINX-online Modul Easy Pump ist es möglich, Lagerungen von Flüssigkeitspumpen auf Systemebene zu berechnen. Um BEARINX-online Easy Pump nutzen zu können, ist lediglich eine erstmalige Registrierung notwendig. Anschließend kann das Programm kostenlos für ihre Berechnungen verwendet werden.
Weitere Informationen	<ul style="list-style-type: none"> ■ FEP, Onlineberechnung von Flüssigkeitspumpen ■ PEE, Onlineberechnung von E-Motoren und Generatoren

BEARINX-online Easy Pump

BEARINX-online Easy Pump

Bei der Berechnung werden Sie von selbsterklärenden Dialogseiten Schritt für Schritt durch das Programm geführt. Das ermöglicht eine schnelle und einfache Dateneingabe für den Modellaufbau von Pumpenwelle, Laufrad und Lageranordnung, *Bild 1*.

Alternativ können die Beispiele als Vorlagen für die eigene Auslegung genutzt und entsprechend angepasst werden. Hierfür steht jeweils ein Datensatz für eine Kreiselpumpe, für eine doppelflutige Pumpe und für eine Tauchmotor-Pumpe zum Download bereit. Anschließend folgen die Lagerauswahl und die Eingabe der Betriebs- und Lastfalldaten.



Berechnungsergebnisse

Unter Berücksichtigung des realen Wälzkörper- und Laufbahnprofils wird die innere Lastverteilung im Lager exakt berechnet. Für die Bewertung des Lagerungskonzepts wird die Ermüdungslebensdauer nach DIN ISO ausgegeben. Darüber hinaus stehen Berechnungsergebnisse zum Betriebsspiel, zur Schmierung, Verkippung oder auch zur maximalen Kontaktpressung der einzelnen Lager zur Verfügung. Des Weiteren gibt das Programm auch Richtwerte für die punktuelle Verlagerung der Welle im Betrieb sowie deren Vergleichsspannung aus.

Radiale Verlagerung

So kann zum Beispiel die radiale Durchbiegung beziehungsweise die Auslenkung an der Position der Wellendichtung oder des Laufrads angezeigt werden. Diese Information kann somit schnell und unkompliziert bezüglich der Gestaltung von Wellen- und Lagersteifigkeit berücksichtigt werden.

Sämtliche Eingabe-, Projektdaten und Berechnungsergebnisse stehen Ihnen nach Abschluss der Berechnung in einem ausführlichen PDF-Dokument zur Verfügung.

Weitere Informationen

- Informationen zu BEARINX-online Easy Pump siehe Berechnungsbeispiel im Kapitel „Dynamische Tragfähigkeit und Lebensdauer“
- FEP, Onlineberechnung von Flüssigkeitspumpen
- PEE, Onlineberechnung von E-Motoren und Generatoren

Berechnungsbeispiel

Berechnungsbeispiel BEARINX-online Easy Pump

<https://bearinx-online-easy-pump.schaeffler.com/files/beispiele.htm>

Auslegungsbeispiele

Im Programm sind drei Vorlagedateien hinterlegt:

- Kreiselpumpe
- Doppelflutige Pumpe
- Tauchmotorpumpe

Lagerung einer Kreiselpumpe

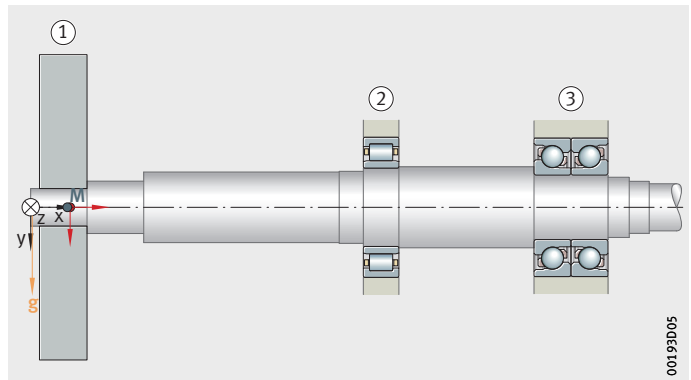
Das Laufrad ist fliegend gelagert. Das Gewicht wird entsprechend der Modellierung aus der Wellengeometrie berechnet. Die Lage des Auslenkungsmesspunkts wurde auf den Schwerpunkt des Laufrads gesetzt, kann aber alternativ frei ausgewählt werden, zum Beispiel auf die Position der Dichtung. Auf der Antriebsseite der Pumpenwelle sind zwei Schrägkugellager in O-Anordnung als Festlager eingesetzt. Das Nachsetzzeichen UB bedeutet, dass die Lager beliebig in Tandem-, O- oder X-Anordnung zusammengesetzt werden können. Das Lagerpaar nimmt den Axialschub und eine anteilige Radiallast auf. Nahe dem Pumpenrad ist ein Zylinderrollenlager als Loslager eingebaut, welches ausschließlich die radiale Last und Führung übernimmt.

- ① Pumpenrad
- ② Loslager
- ③ Festlager

Bild 1
Fliegende Lagerung

Betriebsbedingungen

Drehzahl: $3\,000\text{ min}^{-1}$
Lasten am Laufrad: $F_a = 9\,000\text{ N}$, $F_r = 7\,000\text{ N}$
Lastfälle: 100%. Durchschnittlicher Betrieb
Temperaturen: Laufrad: 70 °C
Loslager: 80 °C
Festlager: 80 °C
Ölbadschmierung: Viskosität: $32\text{ mm}^2/\text{s}$
Ölreinheitsklasse: 17 nach ISO 4406
14 nach ISO 16889



Berechnungsbeispiel

- Loslager
- Wälzlager: NU2218-E-XL-TVP2
 - Lagerluft: CN
 - Passung Welle: k6
 - Passung Gehäuse: H7
 - Gemittelte Rauhtiefe Rz: Welle: 6,3 μm, Gehäuse: 12 μm

- Festlager
- Wälzlager: 2 x 7315-B-XL-TVP-UB in O-Anordnung
 - Lagerluft: UB = 27 μm bis 39 μm
 - Passung Welle: k6
 - Passung Gehäuse: H7
 - Gemittelte Rautiefe Rz: Welle: 6,3 μm, Gehäuse: 12 μm

Berechnungsergebnisse

In einer übersichtlichen Ergebnisansicht werden sämtliche Projektdaten, Eingaben und Ergebnisse zur entsprechenden Dokumentation dargestellt.

Neben der Basis-Lebensdauer $L_{10h(xy)}$ werden auch die entsprechenden, sehr viel detaillierteren Ergebnisse der erweiterten Lebensdauer L_h (ohne Schmierungseinfluss) beziehungsweise L_{hmr} (mit Schmierungseinfluss) nach ISO TS 16281 dargestellt.

Bild 2
Darstellung
der Berechnungsergebnisse

Inhaltsverzeichnis			
1. Eingaben	2		
1.1. Wellensystemdaten	2		
1.1.1. Betriebsbedingungen	2		
1.1.1.1. Allgemeine Betriebsbedingungen	2		
1.2. Wellendaten	2		
1.2.1. Betriebsbedingun	2		
1.2.2. Materialdaten	2		
1.2.3. Wellengeometrie	2		
1.2.4. Kerben	2		
1.2.5. Äußere Belastun	2		
1.2.5.1. Lage der Be	2		
1.2.5.2. Punktlasten	2		
1.2.6. Übertragungsele	2		
1.2.6.1. Gegenmom	2		
1.3. Daten der Stützen	2		
1.3.1. Stützen	2		
1.3.2. Betriebsspiel - V	2		
1.3.2.1. Lagerluft, B	2		
1.3.2.2. Ringdurchm	2		
1.3.2.3. Temperatur	2		
1.3.3. Lagereinbau	2		
2. Ergebnisse	2		
2.1. Ergebnisse der Lager	2		
2.1.1. Gesamtverhalten der Wälzlager	2		
2.1.1.1. Wälzlagerverhalten (ISO/TS16281)	2		
2.1.1.2. Wälzlagerverhalten (Katalog)	2		
2.1.1.3. Leistungsdaten	2		
2.1.1.1. Wälzlagerverhalten (ISO/TS16281)	2		
Lager	Uhrm	Lhr	n
	n	B	U/min
NU2218-E-XL-TVP2 links	57921	67541	3000.0
7315-B-XL-TVP-UB (1)	40805	16861	3000.0
rechts			
7315-B-XL-TVP-UB (2)	1498784	181688	3000.0
rechts			
2.1.2. Wälzlagerverhalten pro Lastfall			
2.1.2.1. Schmierung			
2.1.3. Belastungen			
2.1.4. Verlagerungen			
2.1.5. Überrollfrequenzen			
2.1.6. Betriebsspiel			
2.1.6.1. Geometrisches Betriebsspiel (L			
2.1.7. Kontaktberechnung			
2.1.7.1. Kontaktberechnung - Zusammen			
2.2. Ergebnisse der Stützen			
2.2.1. Verlagerungen der Stützen			
2.3. Ergebnisse der Wellen			
2.3.1. Schnitt- und Verformungsgrößen			
2.3.1.1. Schnittgrößen, Welle 1, Nomin			
Lager	LH10 (xy)	50_xy_min	n
	n		1/min
NU2218-E-XL-TVP2 links	32193	14.873	3000.0
7315-B-XL-TVP-UB (1)	13555	10.636	3000.0
rechts			
7315-B-XL-TVP-UB (2)	291847	28.624	3000.0
rechts			
3. Warnungen			
4. Hinweise			
Tabellenklärungen:			
LH10 (xy): Kataloglebensdauer nach DIN ISO 281			
50_xy_min: Statische Tragfähigkeit (Katalog)			
n: Äquivalente Drehzahl			

00198708

Wälzlagerschmierung und Schmierstoffe für Pumpen und E-Motoren

Grundlagen

Die Hauptaufgabe der Schmierung von Wälzlagern liegt darin, eine Berührung der Roll- und Gleitflächen zu verhindern oder zu mindern. Dadurch werden Reibung und Verschleiß gering gehalten. Schmierstoff, der an den Oberflächen der aufeinander abrollenden Teile haftet, wird in die Kontaktbereiche der Wälzlager gefördert. Der Schmierstoff trennt somit die Berührungsflächen und verhindert metallischen Kontakt. Bildet sich kein voll tragender Schmierfilm aus, werden in Teilbereichen die Oberflächen nicht durch den Schmierfilm getrennt. Auch in solchen Fällen ist verschleißarmer Betrieb möglich, wenn zwischen den Additiven im Schmierstoff und dem Wälzkörper oder Lagerring tribochemische Reaktionsschichten entstehen.

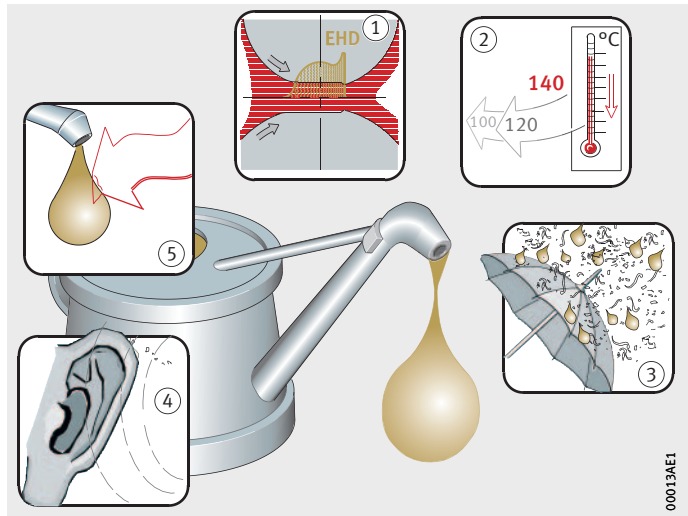


Bild 1
Aufgaben des Schmierstoffs

Legende zu Bild 1

Der Schmierstoff erfüllt im Wälzlager wichtige Funktionen:

- ① An den Kontaktflächen einen ausreichend tragfähigen Schmierfilm ausbilden und dort damit Verschleiß und vorzeitige Ermüdung vermeiden
- ② Bei Ölschmierung die Wärme ableiten
- ③ Bei Fettschmierung das Lager zusätzlich nach außen gegen feste und flüssige Verunreinigungen abdichten
- ④ Laufgeräusch dämpfen
- ⑤ Vor Korrosion schützen

Wälzlagerschmierung und Schmierstoffe für Pumpen und E-Motoren

Wahl der Schmierungsart

Grundsätzlich wird zwischen Öl- und Fettschmierung unterschieden, wobei zum größten Teil, vor allem bei kleineren Pumpen, auf eine Fettschmierung zurückgegriffen wird.

Ölschmierung

Die Ölschmierung bietet sich an, wenn benachbarte Maschinenelemente bereits mit Öl versorgt werden oder durch den Schmierstoff Wärme abgeführt werden soll. Eine Wärmeabfuhr kann bei hohen Drehzahlen oder Belastungen erforderlich sein oder wenn die Lagerung einer Fremderwärmung ausgesetzt ist.

Vorteile der Ölschmierung sind:

- Reinigung des Schmierstoffs bei Ölumlaufschmierung durch Filter beziehungsweise Ölwechsel bei Ölsumpfschmierung
- Reduzierung der Betriebstemperaturen

Fettschmierung

Bei üblichen Betriebs- und Umgebungsverhältnissen ist für Rillenkugellager oft eine Lebensdauerschmierung (for-life-Schmierung) möglich. Allerdings ist bei der Lagerauslegung und insbesondere bei der Fettauswahl auf die Fettgebrauchsdauer zu achten.

Übliche Ausführungen von mit Standard- und Hochtemperaturfett befetteten Lagern halten wir in einem speziellen Bevorratungsprogramm für Sie bereit.

Bei hohen Beanspruchungen, zum Beispiel Drehzahl, Temperatur und Belastung, ist eine Nachschmierung in angemessenen Zeitintervallen einzuplanen. Hierzu müssen Zu- und Abführungskanäle des Fettes sowie ein Auffangraum für das Altfett vorgesehen werden. Bei kurzen Nachschmierintervallen eignen sich die Schmierstoffgeber CONCEPT, welche vollautomatisch die korrekte Menge in einem definierten Zeitintervall abgeben. Detaillierte Informationen finden Sie im Kapitel Instandhaltung und Service.

Vorteile der Fettschmierung sind:

- Sehr geringer konstruktiver Aufwand
- Unterstützende Dichtwirkung durch das Fett
- Hohe Gebrauchsdauer bei wartungsfreier Schmierung

Fettgebrauchsdauer

Die Fettgebrauchsdauer beschreibt, über welchen Zeitraum das Schmierfett ohne Nachschmierung in der Lage ist, das Lager ausreichend zu schmieren. Nach dem Erreichen der Fettgebrauchsdauer ist die Funktion des Lagers nur noch bedingt gegeben, das Lager wird infolge Schmierstoffversagens relativ schnell ausfallen. Die Fettgebrauchsdauer wird daher zur bestimmenden Größe, wenn sie kürzer ist als die errechnete Lagerlebensdauer. Funktionsrelevant ist diese insbesondere, wenn die Wälzlager nicht nachgeschmiert werden können.

Einflussfaktoren

Einflussfaktoren für die Fettgebrauchsdauer sind:

- Fettmenge und -verteilung
- Fettart (Verdicker, Grundöl, Additive)
- Herstellungsprozess des Schmierfetts
- Lagerbauart und -größe
- Höhe und Art der Belastung
- Drehzahlkennwert
- Lagertemperatur
- Einbauverhältnisse

Fettauswahl

Die richtige Fettauswahl ist besonders bei Lagern mit höheren Gleitanteilen und bei großen sowie hoch beanspruchten Lagern wichtig. Bei hoher Belastung sind die Schmierfähigkeit des Verdickers und die Additivierung von besonderer Bedeutung. Bei der Fettschmierung nimmt nur sehr wenig Schmierstoff aktiv am Schmiervorgang teil. Fett üblicher Konsistenz wird zum größten Teil aus dem Wälzkontakt verdrängt und lagert sich seitlich ab oder verlässt die Lagerung über die Dichtung. Das Fett, das auf den Laufflächen und seitlich im oder am Lager bleibt, gibt kontinuierlich die erforderliche geringe Menge Öl und teilweise auch Verdicker zur Schmierung der Funktionsflächen ab. Die so zwischen den Rollkontaktflächen wirksame Schmierstoffmenge reicht bei mäßiger Beanspruchung über längere Zeit für die Schmierung aus.

Einflussfaktoren

Einflussfaktoren bei der Fettauswahl sind:

- Lagerbauart und -größe
- Betriebsbedingungen wie zum Beispiel Drehzahl, Temperatur
- Höhe und Art der Belastung

Wälzlagerschmierung und Schmierstoffe für Pumpen und E-Motoren

Schmierfette

Schmierfette für abgedichtete, for-life-befettete Rillenkugellager	
Fettbezeichnung	Eigenschaften
Standardfette entsprechend definierter Fettspezifikationen	Standardfett für $D \leq 62$ mm Kugellagerfett geräuscharm für $D \leq 62$ mm Standardfett für $D \geq 62$ mm Kugellagerfett geräuscharm für $D > 62$ mm
In Pumpen und E-Motoren Anwendungen miteinander austauschbare Vorzugs-Hochtemperaturfette	
L069	Hochtemperaturfett geräuscharm Hohe Drehzahlen
L207	Hochtemperaturfett geräuscharm Hohe Drehzahlen
Schmierfette für abgedichtete, for-life-befettete zweireihige Schrägkugellager	
z. B. L285	Geräuscharm
Schmierfette Arcanol zur Nachschmierung von Wälzlagern (alle Bauformen) über Schaeffler Schmierstoffgeber CONCEPT	
Arcanol MULTITOP	Universal Hochleistungsfett
Arcanol TEMP90	Hochtemperaturfett geräuscharm

¹⁾ Messwerte nach Schaeffler FE8-Tieftemperaturprüfung.

Verdicker	Grundöl	Gebrauchstemperturbereich		Drehzahlkennwert n×mm min ⁻¹ ·mm	Kinematische Viskosität bei +40 °C		NLGI-Klasse
		°C			mm ² /s		
		von	bis		von	bis	
Lithiumseife	Mineralöl	-20	120	500 000	68	150	2
Lithiumseife	Mineralöl	-20	120	500 000	68	150	3
Polyharnstoff	Esteröl	-40	180	1 000 000	80	–	2, 3
Polyharnstoff	Esteröl	-40	180	900 000	70	–	2, 3
Lithiumseife	Mineralöl	-20	120	500 000	68	150	3
Lithiumseife	Mineralöl PAO	-50 ¹⁾	140	800 000	82	–	2
Polyharnstoff	Mineralöl PAO	-40	160	700 000	148	–	3

- Weitere Informationen**
- TPI 168, Wälzlagerfette Arcanol
 - TPI 176, Schmierung von Wälzlagern
 - TPI 252, Automatische Schmierstoffgeber



Instandhaltung und Service

Condition Monitoring
Nachschmierung mit CONCEPT
Nachschmierung mit OPTIME C1
Montage und Service von Wälzlagern
Typische Schadensbilder und Abhilfemaßnahmen

Condition Monitoring

Merkmale Intelligente Service Solutions reduzieren nicht nur Kosten, Arbeitszeit und Risiken, sondern ermöglichen darüber hinaus auch nutzerfreundliche und sichere Arbeitsbedingungen. Von intelligenter Zustandsüberwachung über automatische Schmierstoffgeber bis hin zu den Expert Services bietet Schaeffler als kompetenter Partner ganzheitlichen Lösungen für den gesamten Lebenszyklus der Wälzlager von Flüssigkeitspumpen. Die Service Solutions sind essentielle Bausteine für eine wettbewerbsfähige Produktion von Morgen. Nutzen Sie die Lebensdauer Ihrer Lager optimal aus und vermeiden Sie ungeplante Stillstände mit Hilfe innovativer Lösungen, auch für Aggregate, bei denen vorbeugende oder vorhersehende Maßnahmen bislang zu kostenintensiv wirkten.

Um Ihre Wälzlager für Flüssigkeitspumpen kostenoptimal zu betreiben, bietet Schaeffler:

- Überwachungssysteme:
 - Schaeffler OPTIME
(die günstige und kabellose Lösung speziell für Nebenaggregate mit konstanten Betriebsbedingungen)
 - Schaeffler SmartCheck und ProLink CMS
(die Lösungen speziell für Aggregate mit anspruchsvolleren Anforderungen)
- Schmiersysteme:
 - CONCEPT1
(kontinuierlich schmierende SinglePoint-Schmierstoffgeber)
 - OPTIME C1
(günstige und kabellose Lösung zur Überwachung der SinglePoint-Schmierstoffgeber)
 - CONCEPT der Baureihen 2 bis 8
(kolbengetriebene MultiPoint-Schmierstoffgeber)
- Expert Services:
 - Temporäre Offline-Messungen
 - Ursachen- und Schadensanalysen inklusive Handlungsempfehlungen
 - Kundens Schulungen

Bild 1
Übersicht über
die Überwachungssysteme



Schaeffler OPTIME

- Flächendeckende und automatisierte Zustandsüberwachung
- Kabellose IoT-Lösung, jederzeit beliebig erweiterbar
- Problemlos mehrere hundert Aggregate an einem Tag integrierbar
- Bis zu 50% geringere Kosten gegenüber manueller Offline-Messung

Das Überwachungssystem Schaeffler OPTIME ist eine Komplettlösung für die einfache Zustandsüberwachung einer großen Anzahl von Maschinen. Mit dem Konzept wird die zustandsorientierte Instandhaltung auch für Nebenaggregate wirtschaftlich, da ungeplante Stillstände vermieden werden können. Das System erkennt Schäden an den jeweiligen Komponenten zum Beispiel von Pumpen, Elektromotoren und Lüftern, sowie Unwuchten, fehlerhafte Ausrichtung und Anschlägen mit einer Vorlaufzeit von mehreren Wochen.

Bei der Entwicklung des Systems wurde besonderes Augenmerk auf die sehr einfache Inbetriebnahme, die problemlose Erweiterung und die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten gelegt. Der Aufwand für den Nutzer wurde für jeden einzelnen Prozessschritt so gering wie möglich gehalten.

Bestandteile des Konzepts sind zum einen die speziellen kabellosen Sensoren, welche zusammen mit dem Gateway ein Mesh-Netzwerk bilden. Ein weiterer wichtiger Bestandteil sind die dazugehörigen Services in der Cloud, die mit speziellen, auf Schaeffler-Know-how basierenden Algorithmen die automatische Auswertung der Daten übernehmen.

Condition Monitoring

Bild 2
Konzept Schaeffler OPTIME



Bild 3
Schaeffler OPTIME



Die Ergebnisse können dann anwenderspezifisch in der OPTIME-App angezeigt werden und dabei den Nutzer durch die Priorisierung von Meldungen und Handlungsempfehlungen unterstützen.

Über das Web-basierte Dashboard sind die Ergebnisse ebenfalls verfügbar, mit dessen Hilfe zum Beispiel Zeitsignale oder Spektren bei Bedarf weiter analysiert werden können. Weiterhin kann die gesamte Installation im Dashboard verwaltet werden.

Weitere Informationen

- Service Info, Was ist OPTIME und wie funktioniert die Lösung?
- CSS 0145, Rund um die Uhr sicher überwacht – mit OPTIME von Schaeffler
- FOT General, Condition Monitoring mit Schaeffler OPTIME
- BA 68, Betriebsanleitung OPTIME
- FEP, Onlineberechnung von Flüssigkeitspumpen
- PEE, Onlineberechnung von E-Motoren und Generatoren

Schaeffler SmartCheck

Der Schaeffler SmartCheck ist ein kompaktes Online-Messsystem zur permanenten Maschinenüberwachung, *Bild 4*.



Bild 4
Schaeffler SmartCheck

Trotz der kompakten Größe ist der Schaeffler SmartCheck ein komplettes Überwachungsgerät und beinhaltet einen Beschleunigungssensor und die komplette Auswerteelektronik. Das Gerät lässt sich sehr einfach auf das zu überwachende Aggregat montieren. Durch die vorinstallierte Messaufgabe und den Lernmodus lassen sich einfache Aggregate wie Pumpen, Motoren oder Lüfter ohne weitere Konfiguration überwachen. Jederzeit kann diese Messaufgabe an sich ändernde Anforderungen angepasst und erweitert werden.

Der Schaeffler SmartCheck ermöglicht Folgendes:

- Korrelation von Maschinen- mit Prozessparametern
- Zustandsbasierte Instandhaltung
- Erhöhte Anlagenverfügbarkeit

Durch die optionale Schnittstelle nach dem Standard OPC UA (Open Platform Communication Unified Architecture) lassen sich alle Messdaten sowie Alarminformationen einfach in die Kundeninfrastruktur übertragen beziehungsweise integrieren. So können zum Beispiel der Alarmstatus in der Anlagensvisualisierung dargestellt oder Arbeitsaufträge in einem Instandhaltungsplanungssystem ausgelöst werden.

Des Weiteren kann optional eine Status-E-Mail an den Instandhalter gesendet werden. Dies kann zyklisch oder alarmgesteuert geschehen. Die E-Mail kann ebenfalls mit Messdaten versehen und direkt an den Schaeffler Monitoring Services GmbH zur genauen Analyse geschickt werden.

Der dann generierte Kennwertsatz erlaubt eine sehr präzise Überwachung der Pumpe.

Weitere Informationen

- TPI 214, SmartCheck
- Industrie 4.0 Service-Lösungen
- TPI 214, Schaeffler SmartCheck oder unter www.Schaeffler-SmartCheck.de

Condition Monitoring

ProLink Condition Monitoring System (CMS)

Das ProLink Condition Monitoring System (CMS) von Schaeffler ist ein Mehrkanalsystem für die Überwachung komplexer Maschinen oder ganzen Anlagen.

Das ProLink CMS ist modular aufgebaut und besteht aus einem Hauptprozessormodul für die Signalaufbereitung sowie bis zu vier Vibrationsmodulen zur Signalerfassung der Maschinenschwingungen.

Die Vibration der Maschine wird mit bis zu 16 Beschleunigungssensoren erfasst, in den Vibrationsmodulen digitalisiert und an das Prozessormodul zur Auswertung gesendet.



Bild 5
ProLink CMS

Durch die abgesetzte Sensorik kann das ProLink CMS überall dort eingesetzt werden, wo die OPTIME-Sensoren oder der Schaeffler SmartCheck umgebungsbedingt nicht genutzt werden können.

Wie auf dem Schaeffler SmartCheck, wird auch im ProLink CMS automatisch eine Messaufgabe für jeden Sensor vorinstalliert. Mit Hilfe des Lernmoduls ist ein einfacher Einstieg in die Zustandsüberwachung möglich.

Da die Integration in die Kundeninfrastruktur gerade für ein Mehrkanalsystem sinnvoll sind, stehen die optionalen Funktionalitäten wie OPC UA oder E-Mail ebenfalls im ProLink CMS zur Verfügung.

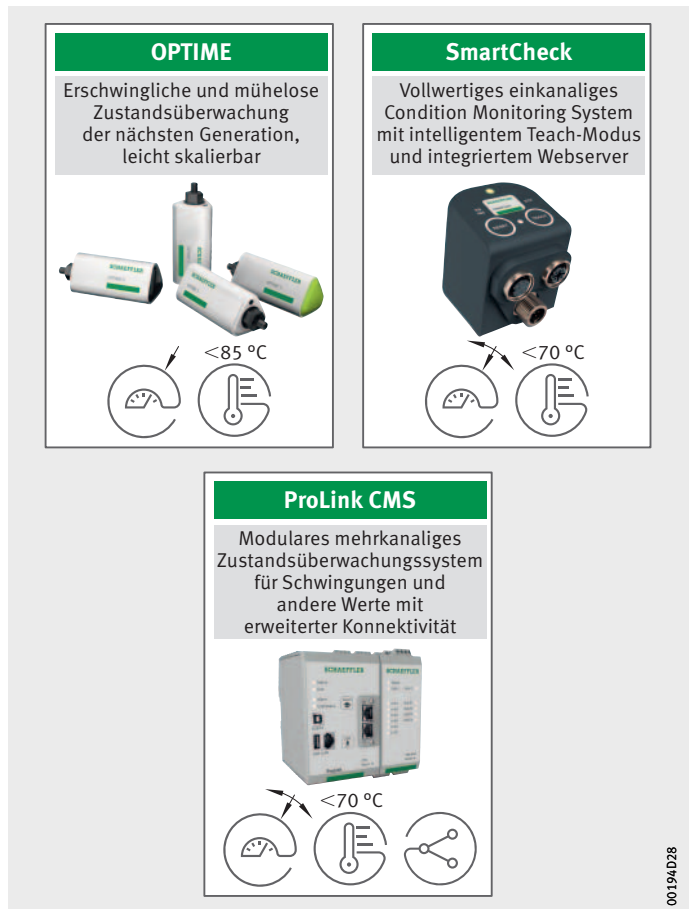


Bild 6
Übersicht über Schaeffler OPTIME,
Schaeffler SmartCheck und
Schaeffler ProLink CMS

Weitere Informationen

- OPL, ProLink CMS – Condition Monitoring mit System
- Benutzerhandbuch, Schaeffler ProLink CMS
- Fachvortrag, ProLink – Condition Monitoring System, Technische Präsentation
- GTS 0129, Integriertes Condition Monitoring System für eine Wasseraufbereitungsanlage

Nachschmierung mit CONCEPT

Merkmale Automatische Schmierstoffgeber

Fast 80% der auftretenden Lagerschäden sind auf Probleme bei der Schmierung zurückzuführen. Die Ursachen sind häufig Fettalterung, ungeeignete Fettmengen oder Fettsorten sowie eingetragene Verunreinigungen.

Mit Schmierstoffgebern oder Schmiersystemen können diese Ursachen meist vermieden werden und die Lager automatisch mit der richtigen Menge und in den richtigen Intervallen mit Schmierstoff versorgt werden. Hierdurch wird die Standzeit der Wälzlager deutlich verlängert. Mit den automatischen Schmierstoffgebern wird frischer Schmierstoff in abgestimmter Menge zum richtigen Zeitpunkt an die Kontaktstellen des Wälzlagers gefördert. Die Geräte halten die Schmierintervalle ein und vermeiden eine Unter- oder Überversorgung mit Fett. Die Stillstandszeiten der Anlage werden kürzer, die Instandhaltungskosten geringer.

Bei Schmierstellen, deren Zugänglichkeit erschwert ist, wird die Arbeit im Vergleich zur manuellen Schmierung erleichtert und die Arbeitssicherheit erhöht. Schmierstoffgeber werden auf die Lagerstellen abgestimmt ausgewählt. Sie sind vielseitig einsetzbar, zum Beispiel bei Elektromotoren, Getrieben, Verdichtern und Gebläsen, in Linearsystemen, Förderanlagen, Werkzeugmaschinen sowie auch bei Flüssigkeitspumpen.

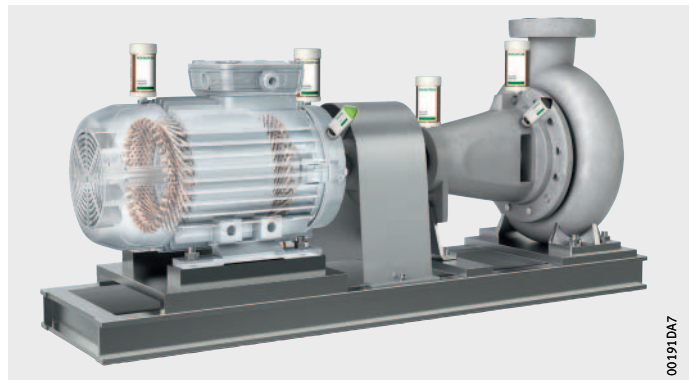


Bild 1
Schmierstoffgeber an Kreiselpumpe

Schmierstoffgeber sind:

- Ideal geeignet für schwer zugängliche Stellen oder Nebenaggregate
- Kostengünstig, da sie ein optimales Preis-Leistungsverhältnis bieten
- Sofort einsatzbereit durch einfache Installation
- Flexibel, denn sie sind vorbefüllt mit den Arcanol-Wälzlagerfetten erhältlich oder als leeres Gerät zum Selbstbefüllen

Das Portfolio reicht vom Schmierstoffgeber CONCEPT1 mit einem Schmieranschluss (SinglePoint) bis zum Schmierstoffgeber CONCEPT8 mit 8 Schmieranschlüssen (MulitPoint).

- ① CONCEPT1
- ② CONCEPT2
- ③ CONCEPT4
- ④ CONCEPT8

Bild 2
Portfolio Schmierstoffgeber



**Vorteile und Funktionen
der Schmierstoffgeber**

- Gerätevarianten mit bis zu 8 Schmierleitungsabgängen (erweiterbar durch Unterverteiler)
- Kontinuierliche oder kolbengetriebene Abgabemengen je nach Bedarf
- Erhöhte Lagerlebensdauer durch Vermeidung von Über- und Unterschmierung und dadurch verursachte Temperaturanstiege im Lager
- Erhöhte Anlagenverfügbarkeit und damit reduzierte Ausfallkosten
- Reduzierte Personalkosten im Vergleich zur manuellen Schmierung
- Batterie- oder netzbetriebene Varianten (DC 24 V) oder mit integrierter Gastriebeinheit
- Breiter Temperatureinsatzbereich
- Reduziertes Risiko des Eintrags von Verschmutzungen oder der Auswahl des falschen Schmierstoffs im Vergleich zur manuellen Schmierung

Weitere Informationen

- TPI 252, Schmierstoffgeber für Fett- und Ölschmierung
- FBS, Schmierer mit System
- ICA, ARCALUB CONCEPT1 – Schmierung auf den Punkt gebracht
- ICB, CONCEPT2 – Schmierung auf den Punkt gebracht
- ICC, CONCEPT4 – Schmierung auf den Punkt gebracht
- ICD, CONCEPT8 – Schmierung auf den Punkt gebracht

Nachschmierung mit CONCEPT

Arcanol Wälzlagerfette

Auch die Wahl des richtigen Schmierstoffs spielt eine entscheidende Rolle. Unser Arcanol-Programm enthält mit dem Wälzlagerfett MULTITOP einen hochwertigen Standard-Schmierstoff, der sich für eine Vielzahl von Pumpen bewährt hat. Für etwas höhere Temperaturanforderungen eignet sich unser Arcanol TEMP90 oder TEMP110, der verlängerte Nachschmierintervalle bei hohen Temperaturen garantiert.



Bild 3
Arcanol-Wälzlagerfette

Weitere Informationen

- TPI 168, Wälzlagerfette Arcanol
- TPI 176, Schmierung von Wälzlagern
- FAS, Arcanol-Datenblatt
- TPI 252, Schmierstoffgeber für Fett- und Ölschmierung

Nachschmierung mit OPTIME C1

Merkmale

OPTIME C1 ist eine einfach zu bedienende und kostengünstige Lösung für die automatische Einzelpunktschmierung. OPTIME C1 erweitert das für die Zustandsüberwachung von Wälzlagern entwickelte System Schaeffler OPTIME und integriert die Schmierstoffgeber der Baureihe CONCEPT1.

Bei der Entwicklung des Systems wurde besonderes Augenmerk auf die sehr einfache Inbetriebnahme, die problemlose Erweiterbarkeit und vielfältige Nutzungsmöglichkeiten gelegt. Der Aufwand für den Nutzer wurde für jeden einzelnen Prozessschritt so gering wie möglich gehalten. Mit diesen Eigenschaften eignet sich Schaeffler OPTIME besonders für die automatisierte und kostengünstige Überwachung und Schmierung einer großen Anzahl von Maschinen.

Vorteile

Vorteile von OPTIME C1:

- Kostengünstige und zuverlässige Nachschmierung
- Reduzierte Anzahl von Ausfällen und Stillstandszeiten durch zuverlässige Schmierung
- Vermeidung von versteckten Kosten, da regelmäßige Wartungs- und Kontrollgänge nicht mehr erforderlich sind
- Verlängerte Lagerlebensdauer durch optimierte und kontrollierte Schmierung
- Geführte und einfache Installation, Inbetriebnahme und Wartung



Bild 1

OPTIME C1 mit Kartusche, Gateway und digitalem Service

Nachschmierung mit OPTIME C1

Schaeffler OPTIME

Das OPTIME-System ist eine Komplettlösung für einfache Zustandsüberwachung und Schmierung einer großen Anzahl von Maschinen. Mit dem Konzept wird die automatische Schmierung in der Instandhaltung noch wirtschaftlicher, da ungeplante Stillstände durch Über- oder Mangelschmierung vermieden werden können und regelmäßige Routengänge zur Prüfung der Schmierstoffgeber unnötig werden. Das System warnt den Nutzer, sollte bei einem Schmierstoffgeber eine Störung vorliegen oder die Schmierstoffkartusche CONCEPT1 ausgetauscht werden müssen.

Bei der Entwicklung des Systems wurde besonderes Augenmerk auf die sehr einfache Inbetriebnahme, die problemlose Erweiterung und die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten gelegt. Der Aufwand für den Nutzer wurde für jeden einzelnen Prozessschritt so gering wie möglich gehalten.

Bestandteile des Systems sind zum einen die kabellosen Schmierstoffgeber OPTIME C1, die mit einer Kartusche CONCEPT1 verwendet werden und zusammen mit dem Gateway ein Mesh-Netzwerk bilden. In dieses können auch OPTIME-Sensoren problemlos eingebunden werden, durch die das Netzwerk erweitert wird. Ein weiterer wichtiger Bestandteil sind die dazugehörigen Services in der Cloud, durch die der Zustand der Schmierstoffgeber sowie der Maschinen mit einem geeigneten Endgerät überall via App oder Dashboard kontrolliert werden kann.

Eigenschaften von Schaeffler OPTIME:

- Flächendeckende und automatisierte Schmierung
- Kabellose IoT-Lösung, jederzeit erweiterbar
- Problemlos mehrere hundert Aggregate an einem Tag integrierbar
- Bis zu 50% geringere Kosten gegenüber manueller Schmierung

Bild 2
OPTIME-Konzept mit
OPTIME C1, OPTIME-Sensoren,
Gateway und digitalem Service



Weitere Informationen

- TPI 271, OPTIME C1
- Customer Success Stories CSS 0179, Keine Überraschung mit den Schmierstoffgebern
- OPTIME C1 – Website unter <https://www.schaeffler.de/optime-c1>

Montage und Service von Wälzlagern

Merkmale

Montage einfach gemacht

Mit den richtigen Montagewerkzeugen spart man nicht nur Zeit, sondern reduziert damit auch das Risiko eines Montagefehlers auf ein Minimum. Deshalb bieten wir eine große Auswahl an Montage- und Demontagewerkzeugen, induktive Anwärmgeräte, Geräte zum optimalen Ausrichten Ihrer Pumpen wie auch einen Montageservice für besonders herausfordernde Projekte an.



Bild 1
Montagewerkzeuge

Weitere Informationen

- MH 1, Montagehandbuch
- TPI 195, Hydraulische Pumpen
- TPI 196, Hydraulikmutter HYDNUT
- TPI 200, Induktive Anwärmgeräte HEATER
- TPI 216, Werkzeuge für den mechanischen Ein- und Ausbau von Wälzlagern
- PDB 31, Produkte für die Instandhaltung
- QWT, Produktschulung Wälz- und Gleitlager
- OOS, Schulung E-Learning auf *medias*-campus

Services

Neben innovativen Lösungen und Produkten rund um Wälz- und Gleitlager bietet Schaeffler ebenfalls ein breites Spektrum kundenspezifischer Services im Bereich der Anlageninstandhaltung und Qualitätssicherung an. Dieses reicht von der Durchführung von Routinemessungen und -inspektionen über die professionelle Installation diffiziler Messtechnik bis hin zur Störungssuche und Fehlerbehebung an komplexen industriellen Anlagen oder umfangreichen Full-Service-Paketen. Immer mit dem Ziel, den Kunden zu helfen, Instandhaltungskosten einzusparen, die Anlagenverfügbarkeit zu optimieren und unvorhergesehene Maschinenstillstände zu vermeiden, unterstützen unsere Service-Experten die Kunden weltweit mit modernster Technik, zum Beispiel durch die Ferndiagnose via Augmented Reality. Ist persönlicher Einsatz gefordert, helfen unsere hoch qualifizierten Techniker und Ingenieure. Weltweit profitieren bereits unzählige Kunden von dem schnellen, verlässlichen und professionellen Service in direkter Kundennähe.

Montage und Service von Wälzlagern

Die enge Zusammenarbeit mit der hauseigenen Wälzlager-Konstruktion sowie der direkte Zugriff auf das Experten-Know-how der applikationsspezifischen Anwendungstechnik ermöglichen außerdem die Durchführung von Zustands-Analysen und -Diagnosen auf einem am Markt einzigartigen Niveau. Dies bedeutet für unsere Kunden einen erheblichen Vorteil im Bereich der Ergebnisgenauigkeit. Dank langjähriger Erfahrung und qualifizierter Fachleute ist Schaeffler der kompetente Partner für kundenorientierte Lösungen rund um den Lebenszyklus von Wälzlagern.



Bild 2
Services

Trainings

Das Schulungsangebot von Schaeffler bietet außerdem eine große Auswahl an Produkt- sowie Analyseschulungen, die mit praktischer Erfahrung aus erster Hand gezielt Ihre internen Fähigkeiten stärken. Unsere Schulungen starten mit Basiswissen und einem Überblick über die einsetzbaren Produkte. Weitere Schulungen vertiefen das theoretische Know-how und werden durch praktische Übungen ergänzt. Diese bereiten Sie auch darauf vor, in unseren Zertifizierungslehrgängen nach DIN ISO 18426-2 Ihr Wissen zu Condition Monitoring auf verschiedenen Levels prüfen und zertifizieren zu lassen.

Weitere Informationen

- QWT, Produktschulung Wälz- und Gleitlager

Typische Schadensbilder und Abhilfemaßnahmen

Merkmale

Die Wälzlager gehören im Hinblick auf hohe Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer neben den Dichtungssystemen zu den wichtigsten Komponenten einer Pumpe. Das Ende der Gebrauchsdauer ist erreicht, wenn Materialermüdung, Verschleiß, Temperaturbelastung oder Veränderungen des Schmierstoffs mit der Zeit den Betrieb der Wälzlager zunehmend negativ beeinflussen und letztlich zum Funktionsverlust führen.

Fundamental ist eine korrekte Lagerwahl und Dimensionierung, die durch entsprechend zu berücksichtigende Betriebsparameter wie Umgebungskonstruktion, Passungen, Radial- und Axiallast, Drehzahl, Temperatur und Schmierstoff zu einer rechnerisch ermittelten Lebensdauer führt. Da nicht alle im Betrieb der Wälzlager vorliegenden Faktoren vollumfänglich in diese Berechnung einfließen, kann die tatsächlich erreichte Gebrauchsdauer im Einzelfall von der errechneten Lebensdauer abweichen. Eine extreme Abweichung bedeutet einen vorzeitigen Lagerschaden, bei dem es gilt, die Ursache zu finden und eine passende Abhilfemaßnahme dafür umzusetzen.

Ursachen für Lagerschäden

Die folgenden Ursachen können zu entsprechenden Schäden an den Wälzlagern führen:

- Schmierstoffmangel, beziehungsweise ungeeigneter oder gealterter Schmierstoff
- Unzureichende Sauberkeit, bedingt durch Partikel oder unerwünschte Medien
- Zu hohe Betriebstemperatur hat negativen Einfluss auf den Schmierstoff und das Material, insbesondere zum Beispiel auf Kunststoffkäfig oder Dichtungsmaterial
- Temperaturdifferenzen der Lagerringe haben Einfluss auf das Betriebsspiel
- Unsachgemäße Montage
- Stoßbelastungen und Vibrationen
- Materialermüdung
- Elektrischer Stromdurchgang
- Defekte Lageraufnahme an Gehäuse oder Welle
- Überlast
- Unterschreitung der Mindestlast

Typische Schadensbilder und Abhilfemaßnahmen

Arten von Lagerschäden

Auftretende Lagerschäden bei Flüssigkeitspumpen können unter anderem sein:

- Ermüdung unter und an der Oberfläche
- Verschleiß (abrasiv, adhäsiv)
- Korrosion durch Feuchtigkeit oder Reibkorrosion (Passungsrost, Riffelbildung)
- Elektroerosion durch Kriechströme oder Stromdurchgang
- Plastische Deformation durch Überlastung oder Eindrückungen (Eindrückungen durch Partikel oder Handhabungsfehler)
- Bruch (Gewaltbruch, Dauerbruch) oder Wärmeriss

Um die Gebrauchsdauer der Pumpe ganzheitlich zu verbessern, sollte ein vorzeitiger Lagerschaden nicht ausschließlich als Totalausfall des Wälzlagers, sondern vielmehr als eine Minderung der Leistungsfähigkeit des Systems betrachtet werden. Eine Lagerung kann nur dann einwandfrei laufen, wenn sämtliche Betriebsinflüsse sowie konstruktiven Einflüsse entsprechend aufeinander abgestimmt sind. Für die Ursachenfindung, insbesondere um geeignete Abstellmaßnahmen umzusetzen, sind alle Kriterien wie zum Beispiel Schmierung, Temperaturen, Abdichtung, Umgebungs-konstruktion und Materialien zu betrachten.

Die nachfolgende Tabelle soll einen Überblick über mögliche Einflüsse und Zusammenhänge geben, um anhand von Schadensbildern ausgefallener Lager mögliche Ursachen abzuleiten und beispielsweise näher betrachten zu können. Da üblicherweise anhand des ausgebauten, nicht demontierten Lagers eine eindeutige Zuordnung der tatsächlich zutreffenden Schadenshypothese schwierig ist, sollte systematisch vorgegangen werden, um die tatsächliche Ausfallursache herauszufinden.

Weitere Informationen

- Detaillierte Informationen zu typischen Ursachen aus Betriebs- oder Montagebedingungen, Umgebungseinflüssen, Abdichtung oder Schmierung finden Sie in unserer Publikation WL 82 102/2, Wälzlagerschäden. Hieraus sind für einen störungsfreien Betrieb entsprechende Abstellmaßnahmen abzuleiten.

Abdichtung

Verunreinigungen	Korrosion
	
Merkmale	
<p>Partikeleindrücke an Wälzkörpern und Laufbahnen. Im weiteren Betrieb machen sich diese durch erhöhte Geräusche, Vibrationen oder oberflächeninduzierte Schäden bemerkbar.</p>	<p>Rote oder braune Flecken oder Ablagerungen auf den Wälzkörpern, Laufbahnen oder Ringen. Verstärkte Schwingungen gefolgt von Abnutzung und Verschleiß.</p>
Ursache	
<p>In der Luft befindlicher Staub, Schmutz oder abrasive Stoffe aus verschmutzten Arbeitsbereichen, schmutzige Hände beziehungsweise Werkzeuge, Fremdkörper in Schmiermitteln oder Reinigungslösungen.</p>	<p>Schädigung der Lager durch aggressive Medien oder Umgebungseinflüsse, Entstehung von Kondensat durch Temperaturänderung.</p>
Abhilfe	
<p>Filtern des Schmiermittels, Reinigung der Arbeitsbereiche sowie das Verbleiben der Lager in ihrer Originalverpackung bis zum Einbau. Bei verschmutzten Betriebsumgebungen sollten Abdichtungsmöglichkeiten in Erwägung gezogen werden.</p>	<p>Schutz des Lagers vor aggressiven Medien; Verwendung von Lagern mit integrierter Dichtung und eventuell externe Dichtungen in besonders rauer Umgebung.</p>

Typische Schadensbilder und Abhilfemaßnahmen

Stromdurchgang

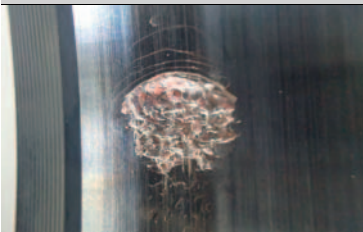

Mattierung der Laufbahn	Riffelbildung
	
Merkmale	
Mikroskopisch kleine Schmelzkrater auf der Laufbahn erzeugen gräulich matte Laufbahn.	Achsparallele Vertiefungen im einstelligen μm -Bereich mit scheinbar regelmäßigen Abständen. In der Anwendung führen diese Riffeln zu einem erhöhtem Geräusch und einem Temperaturanstieg.
Ursache	
Abhängig von Motor, Frequenzumrichter und Betriebsbedingungen können verschiedene Arten von ungewollten, parasitären elektrischen Strömen im Elektromotor auftreten. Fließen diese über das Wälzlager, können ab einer gewissen Stromstärke Fett, Wälzkörper und Laufbahnen geschädigt werden.	Abhängig von Motor, Frequenzumrichter und Betriebsbedingungen können verschiedene Arten von ungewollten, parasitären elektrischen Strömen im Elektromotor auftreten. Fließen diese über das Wälzlager, können ab einer gewissen Stromstärke Fett, Wälzkörper und Laufbahnen geschädigt werden. Riffel bilden sich erst ab einer gewissen Stromstärke.
Abhilfe	
Abhängig von der Art des elektrischen Stroms (System Antriebsstrang) sollten Ableitung, Erdung oder Isolation genutzt werden, um den Stromdurchgang durch das Lager zu reduzieren bzw. zu vermeiden. Stromisolierende Lager wie Hybridlager mit Keramikugeln (Vorsetzzeichen HC) oder Insutect-beschichtete Lager mit Keramikbeschichtung an den Ringmantelflächen (z.B. Nachsetzzeichen J20AB) stellen eine einfach umzusetzende Möglichkeit der Isolierung dar.	Abhängig von der Art des elektrischen Stroms (System Antriebsstrang) sollten Ableitung, Erdung oder Isolation genutzt werden um den Stromdurchgang durch das Lager zu reduzieren bzw. zu vermeiden. Stromisolierende Lager wie Hybridlager mit Keramikugeln (Vorsetzzeichen HC) oder Insutect-beschichtete Lager mit Keramikbeschichtung an den Ringmantelflächen (z.B. Nachsetzzeichen J20AB oder J20AA mit doppelter Schichtdicke) stellen eine einfach umzusetzende Möglichkeit der Isolierung dar.

Schmierung

Ausfall des Schmiermittels	Mikropittings
	
Merkmale	
Trockenlauf durch zu wenig, ungeeigneten oder gealterten Schmierstoff.	Die Laufbahnoberfläche zeigt bereichsweise eine Vielzahl kleinster, sehr flacher Materialausbrüche, die die Laufbahn teilweise fleckig erscheinen lassen. Man spricht auch von Graufleckigkeit.
Ursache	
Eingeschränkter Schmiermittelfluss oder übermäßige Temperaturen, die zur Verschlechterung des Schmiermittels führen.	Unzureichender Schmierzustand (Art, Menge, Verschmutzung, insbesondere Wasser) bei moderaten bis niedrigen Lasten und gleichzeitigem Auftreten von Gleitungen.
Abhilfe	
Verwendung eines geeigneten Schmiermittels in der richtigen Menge, Vermeidung von Fettverlust und Einhaltung geeigneter Nachschmierungsintervalle, zum Beispiel durch CONCEPT-Schmierstoffgeber und Arcanol Wälzlagerfette. Gewährleistung des korrekten Lagersitzes und Kontrolle der Vorspannung zur Reduzierung der Lagertemperatur.	Trennenden Schmierfilm sicherstellen; Kontamination verhindern; geeignete Oberflächenbeschichtungen, zum Beispiel Nachsetzzeichen J30PE (Durotect B).

Typische Schadensbilder und Abhilfemaßnahmen

Zu hohe Last

Überlast	Materialermüdung
	
Merkmale	
<p>Häufig startend mit druckpolierten Laufspuren. An höchstbelasteten Stellen Entstehung von ersten muschelförmigen Schälungen, die sich im weiteren Betrieb über die gesamte Lauffläche ausbreiten können.</p>	<p>Wird oft als Schälung bezeichnet, ausgehend von Rissen auf bzw. unter den Laufflächen; Abtrag von Materialpartikeln (üblicherweise beginnend vom Innenring); im weiteren Betrieb schnell fortschreitender Schaden, deutlich ansteigende Vibrationen und Laufgeräusch.</p>
Ursache	
<p>Überlastung des Lagers; zum Teil in Kombination mit unzureichender Sauberkeit oder Schmierung.</p>	<p>Überlastung, übermäßige Vorspannung, zu feste Passungen; Ermüdungslbensdauer des Lagers ist erreicht.</p>
Abhilfe	
<p>Lager mit höherer Tragzahl; konstruktive Änderung; Reduzierung der Belastung; Wälzlager in X-life-Qualität.</p>	<p>Wälzlager in X-life-Qualität; Optimierung der Schmierung und Abdichtung sowie Überprüfung oder Anpassung der Belastungssituation.</p>



Zu geringe Last

Schlupfspuren

Merkmale
Fleckige Ansmierung oder Materialaufreißungen in Verbindung mit Mikropittings der Wälzkörper oder Laufbahnen.
Ursache
Durch zu geringe Belastung rollen die Wälzkörper nicht auf den Laufbahnen, sondern gleiten darüber, kritisch insbesondere in Kombination mit schlechter Schmierung. Starke Beschleunigung der Wälzkörper beim Eintritt in die Lastzone. Auch schnelle Geschwindigkeitsänderungen können zu Schlupf und damit zu oberflächeninduzierten Schäden führen.
Abhilfe
Auswahl von Lagern mit geringerer Tragfähigkeit; Reduzierung des Lagerspiels; Verbesserung der Schmierung; Lager mit Keramikwälzkörper (Vorsetzzeichen HC); Beschichtung der Wälzkörper, zum Beispiel Triondur C (Nachsetzzeichen J48BB).

Typische Schadensbilder und Abhilfemaßnahmen

Konstruktiv

Heißlauf	Zu hohe Vorspannung
	
Merkmale	
<p>Verfärbung der Ringe, Wälzkörper und Käfige von gold zu blau. Temperaturen über +150 °C können das Ring- und Wälzkörpermaterial verändern, wodurch die Lagertragfähigkeit verringert wird und vorzeitige Ausfälle möglich sind. Ein Anstieg der Temperatur wirkt sich ebenfalls negativ auf die Schmierung aus.</p>	<p>Deutliche Laufspur aufgrund von Zwangsführung am Laufbahnboden. Dies kann zu Überhitzung und in der Folge zu einem Blockieren des Lagers führen.</p>
Ursache	
<p>Enge Passungen, zu kleine Radialluft bzw. Betriebsspiel, zu hohe Drehzahlen bzw. Belastung; ungenügende Wärmeabfuhr (Schmierungsproblem).</p>	<p>Vorspannung im Lager, zu enge Passung; zu geringe Radialluft; Gehäuseprobleme (Rundheit/Steifigkeit).</p>
Abhilfe	
<p>Ausreichende Radialluft; geeignete Lagerauswahl hinsichtlich Drehzahlen und Belastung, geeignete Wärmeabfuhr.</p>	<p>Änderung der Passungen; höhere Radialluft.</p>

Passungsrost	Mitdrehende Ringe
	
Merkmale	
<p>Rötliche oder schwarze Flecken auf Mantelfläche, Bohrung oder Seitenflächen des Lagers. Es handelt sich um oxidierte Verschleißpartikel.</p> <p>Führt zu ungleichmäßigen Sitzverhältnissen, möglicherweise zu Ermüdungsbrüchen und Störung der Loslagerfunktion.</p>	<p>Beginnender bis starker Verschleiß an der Innen- bzw. Außenring-sitzfläche.</p>
Ursache	
<p>Mikrobewegungen zwischen den gepassten Teilen, bei im Verhältnis zu den wirkenden Kräften zu losen Passungen und Feuchtigkeit.</p>	<p>Zu lose Passung bzw. ungenügende Berücksichtigung der Betriebsbedingungen.</p>
Abhilfe	
<p>Beachtung der Montagevorschriften und Passungsempfehlungen (ggf. festere Passung).</p>	<p>Änderung der Passungen an der Welle bzw. am Gehäuse (ggf. festere Passung). Unter Umständen kann eine Anpassung der Radialluft erforderlich werden.</p>

Typische Schadensbilder und Abhilfemaßnahmen

Montage

Wälzkörpereindrückungen Kugellager	Montageschürfmacken Zylinderrollenlager
	
Merkmale	
<p>Montagemarkierungen treten als plastische Verformungen im Wälzkörperabstand in den Laufbahnen auf; dadurch verstärkte Lagerschwingungen (Geräusche). Starke Eindrückungen können zum vorzeitigen Ausfall durch Ermüdung oder zu Brüchen führen.</p>	<p>Achsparallele Schürfmackierungen meist am Innenring; Vorschädigung vor Inbetriebnahme.</p>
Ursache	
<p>Statische Überlastung des Lagers oder starke Gewalteinwirkung auf das Lager, etwa durch die Verwendung eines Hammers beim Einbau, Herunterfallen oder Aufschlag der montierten Teile oder das Aufpressen eines Lagers auf die Welle durch Kraftanwendung auf den Außenring.</p>	<p>Unsachgemäße Montage des losen Rings in das Zylinderrollenlager.</p>
Abhilfe	
<p>Einbau der Lager mittels geeigneter Geräte und Kraftanwendung nur auf den jeweils einzupressenden Ring.</p>	<p>Montage des losen Rings unter Rotation; gegebenenfalls Erwärmung der Lagerkomponenten.</p>

Typische Schadensbilder und Abhilfemaßnahmen

Wälzlagerschäden

Merkmale	Geschädigte Bereiche des Lagers				
	Sitzflächen	Laufbahnen	Bord- und Rollenstirn	Käfig	Dichtung
Auffälligkeiten im Betriebsverhalten					
Unruhiger Lauf	–	–	–	–	–
Ungewöhnliches Geräusch	–	–	–	–	–
Gestörtes Temperaturverhalten	–	–	–	–	–
Aussehen demontierter Lagerteile					
Fremdkörpereindrücke	–	■	–	–	–
Ermüdungsschäden	–	■	–	–	–
Stillstandsmarkierungen	–	■	–	–	–
Schmelzkrater und Riffeln	–	■	–	–	–
Schlupfschäden	–	■	–	–	–
Wälzkörpereindrücke, Schürfmacken	–	■	■	–	–
Fressspuren	–	■	■	■	–
Verschleißschäden	–	■	■	■	■
Korrosionsschäden	–	■	■	■	■
Heißluftschäden	■	■	■	■	■
Brüche	■	■	■	■	–
Reibkorrosionsschäden (Passungsrost)	■	–	–	–	–

– nicht relevant ■ kann einen Einfluss auf das Schadensmerkmal haben

Typische Ursachen für Wälzlerschäden

Einbau										Betriebsbeanspruchungen			Umgebungseinflüsse			Schmierung		
Falsche Montageverfahren oder Werkzeuge	Verunreinigung	Zu feste Passung, zu hohe Verspannung	Zu lose Passung, zu geringe Verspannung	Ungenügende Unterstützung der Ringe	Fluchtungsfehler oder Wellenbiegung	Über- oder Unterbelastung	Schwingungen	Hohe Drehzahlen	Staub, Schmutz	Aggressive Medien, Wasser	Fremdwärme	Stromdurchgang	Ungeeigneter Schmierstoff	Schmierstoffmangel	Überschmierung			
■	■	-	■	-	-	-	■	-	■	■	-	■	■	-	-			
■	■	■	■	■	■	■	■	-	■	■	-	■	■	■	-			
-	-	■	-	-	■	■	-	■	-	-	■	-	■	■	■			
-	■	-	-	-	-	-	-	-	■	-	-	-	-	-	-			
■	■	■	-	■	■	■	-	-	■	-	■	-	■	■	-			
-	-	-	-	-	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-			
-	-	-	■	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	■	-			
■	-	-	-	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
-	-	-	-	-	-	-	-	■	-	-	-	-	■	■	-			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	■	-	-	-	■	-	-			
-	-	■	-	-	-	-	-	■	-	-	-	-	■	■	■			
■	-	■	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
-	-	-	■	■	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-			



Wälzlager für Flüssigkeitspumpen

Einreihige Rillenkugellager
Einreihige Schrägkugellager
Zweireihige Schrägkugellager
Einreihige Zylinderrollenlager
Pendelrollenlager
Axial-Pendelrollenlager
Kegelrollenlager
Vierpunktlager
Nadellager
Beschichtungen für Wälzlager

Einreihige Rillenkugellager

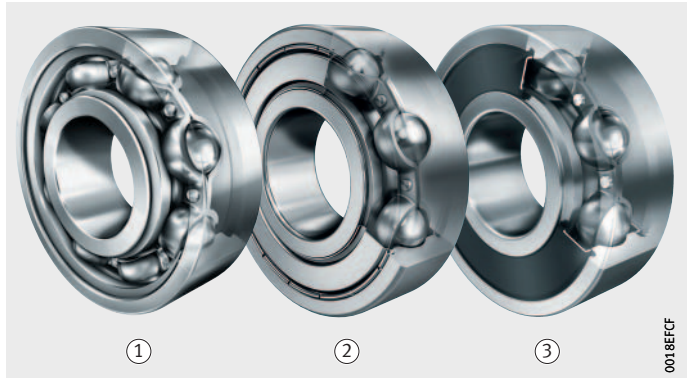
Merkmale

Einreihige Rillenkugellager sind vielseitige, selbsthaltende Lager mit massiven Außenringen, Innenringen und Kugelkränzen. Sie sind einfach aufgebaut und im Betrieb unempfindlich und wartungsfreundlich. Es gibt sie abgedichtet und offen.

Rillenkugellager der Generation C wurden speziell weiterentwickelt und bieten durch das optimierte Design, geringere Geräuschentwicklung, bessere Abdichtung und höhere Wirtschaftlichkeit, *Bild 1*.

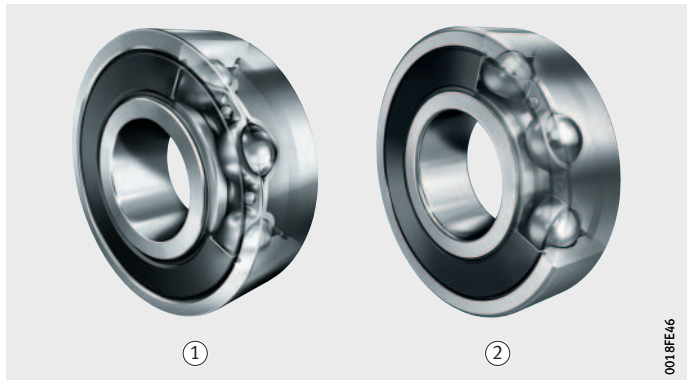
- ① Offen
- ② Beidseitig Deckscheiben (Nachsetzzeichen 2Z)
- ③ Beidseitig berührungsfreie Dichtungen (Nachsetzzeichen 2BRS)

Bild 1
Einreihige Rillenkugellager Generation C, offen oder berührungsfreie Dichtungen



- ① Beidseitig berührende Dichtungen (Nachsetzzeichen 2HRS)
- ② Beidseitig berührende Dichtungen (Nachsetzzeichen 2ELS)

Bild 2
Einreihige Rillenkugellager, Generation C, berührende Dichtungen



Das Lager ist durch die verbesserte Laufbahnoberfläche, die höhere Kugelqualität, die optimierte Lagerinnenkonstruktion, den stabileren Käfig und höhere Fertigungsgenauigkeit im Betrieb erheblich leiser. Das schon sehr niedrige Reibmoment wird weiter reduziert, welches zu weniger Energieverbrauch führt. In Summe führen diese Optimierungen zu einem bis zu 50% reduzierten Geräusch und 35% weniger Reibung mit Generation C.

Einreihige Rillenkugellager

Lagerbezeichnung Den Aufbau für einreihige Rillenkugellager zeigt *Bild 4*.

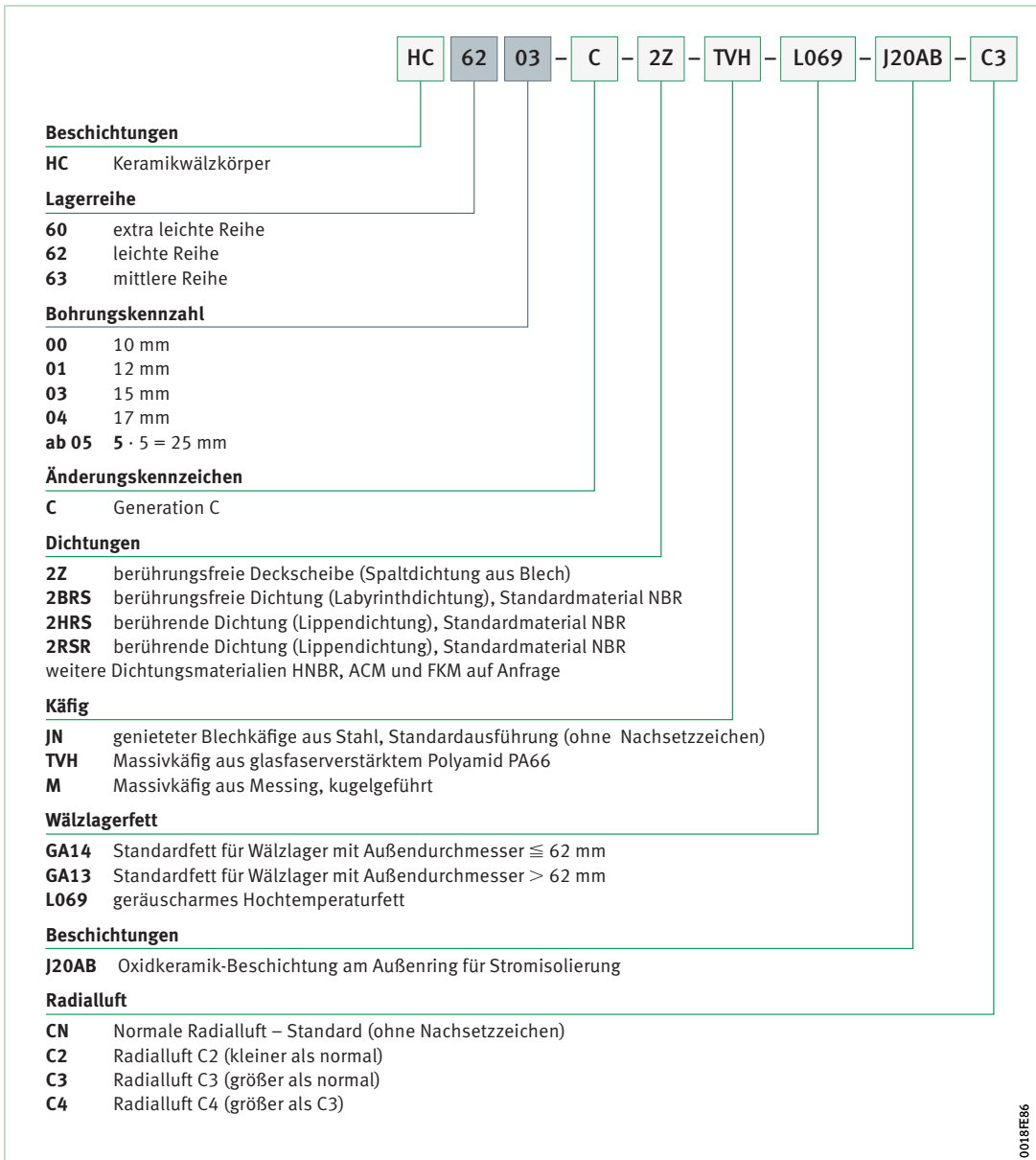


Bild 4
Lagerbezeichnung

Weitere Informationen

- TPI 165, Rillenkugellager Generation C
- www.FAG-GenerationC.de
- Produktkatalog *medias*
- Katalog HR 1, Wälzlager, siehe Kapitel Technische Grundlagen und Maßtabellen

Einreihige Schrägkugellager

Merkmale

Einreihige Schrägkugellager sind selbsthaltende Baueinheiten mit massiven Außen- und Innenringen und Kugelkränzen mit Polyamid-, Blech- oder Messingkäfigen, *Bild 1*. Die Laufbahnen der Innen- und Außenringe sind in Richtung der Lagerachse gegeneinander versetzt. Die Lager gibt es offen und abgedichtet. Ihre Winkeleinstellbarkeit ist gering.



Bild 1
Einreihiges Schrägkugellager

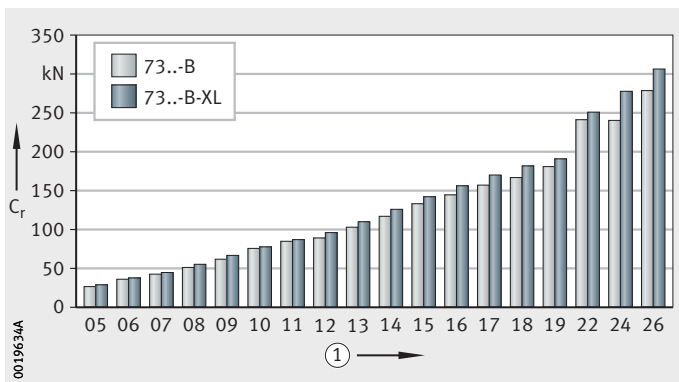
X-life

X-life steht für optimierte Rauheiten sowie Formgenauigkeit der Laufbahnen. Durch die daraus resultierende höhere Tragfähigkeit lassen sich längeren Lebensdauern und Wartungsintervalle erreichen. Zahlreiche Größen der einreihigen Schrägkugellager gibt es in X-life-Ausführung. Weitere Varianten können auf Anfrage geliefert werden.

C_r = Dynamische Tragzahl

① Bohrungskennzahl

Bild 2
Vergleich der dynamischen Tragzahl C_r – Lagerreihe 73..-B-XL, Bohrungskennzahl 05 bis 26, mit einem Lager ohne X-life-Qualitäten (73..-B)



Einreihige Schrägkugellager

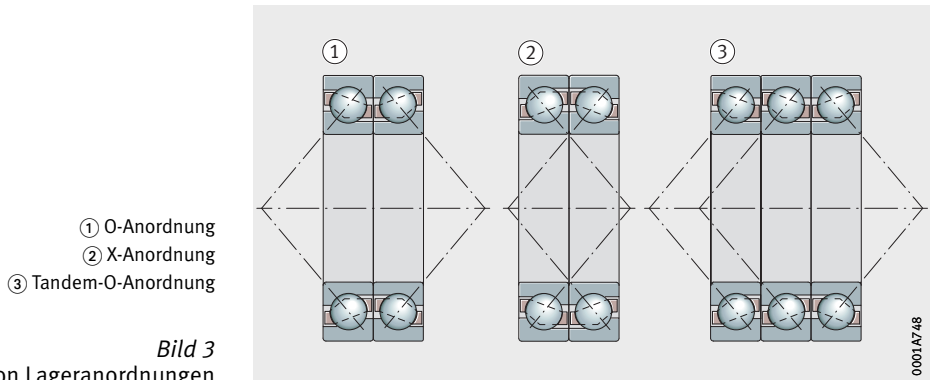
Radial und axial belastbar

Einreihige Schrägkugellager nehmen hohe radiale und einseitig axiale Kräfte auf. Zur axialen Gegenführung ist ein zweites Lager notwendig, das spiegelbildlich angeordnet wird.

Durch den Druckwinkel von 40° sind diese Lager axial hoch belastbar.

Universalausführung

Einreihige Schrägkugellager der Universalausführung sind für den paarweisen Einbau in X-, O- oder Tandem-Anordnung oder gruppenweisen Einbau bestimmt. Diese Lager können in jeder beliebigen Anordnung eingebaut werden, *Bild 3*.



Das montierte Lagerpaar hat dann entsprechend der gewählten Ausführung ein genau definiertes axiales Spiel, zum Beispiel UO – Spielfrei, UB – geringe Axialluft, UA – leicht höhere Axialluft.

Einbau in Tandemanordnung



Werden einreihige Schrägkugellager in Tandemanordnung eingebaut, dann ist auf die ausreichende Überdeckung der sich berührenden Außenringstimflächen zu achten!

Im Zweifel bitte beim Schaeffler Ingenieurdienst rückfragen!

Betriebstemperatur

Offene Schrägkugellager können bei Betriebstemperaturen von -30°C bis $+150^\circ\text{C}$ eingesetzt werden.

Schrägkugellager mit Käfigen aus glasfaserverstärktem Polyamid sind für Betriebstemperaturen bis $+120^\circ\text{C}$ geeignet.

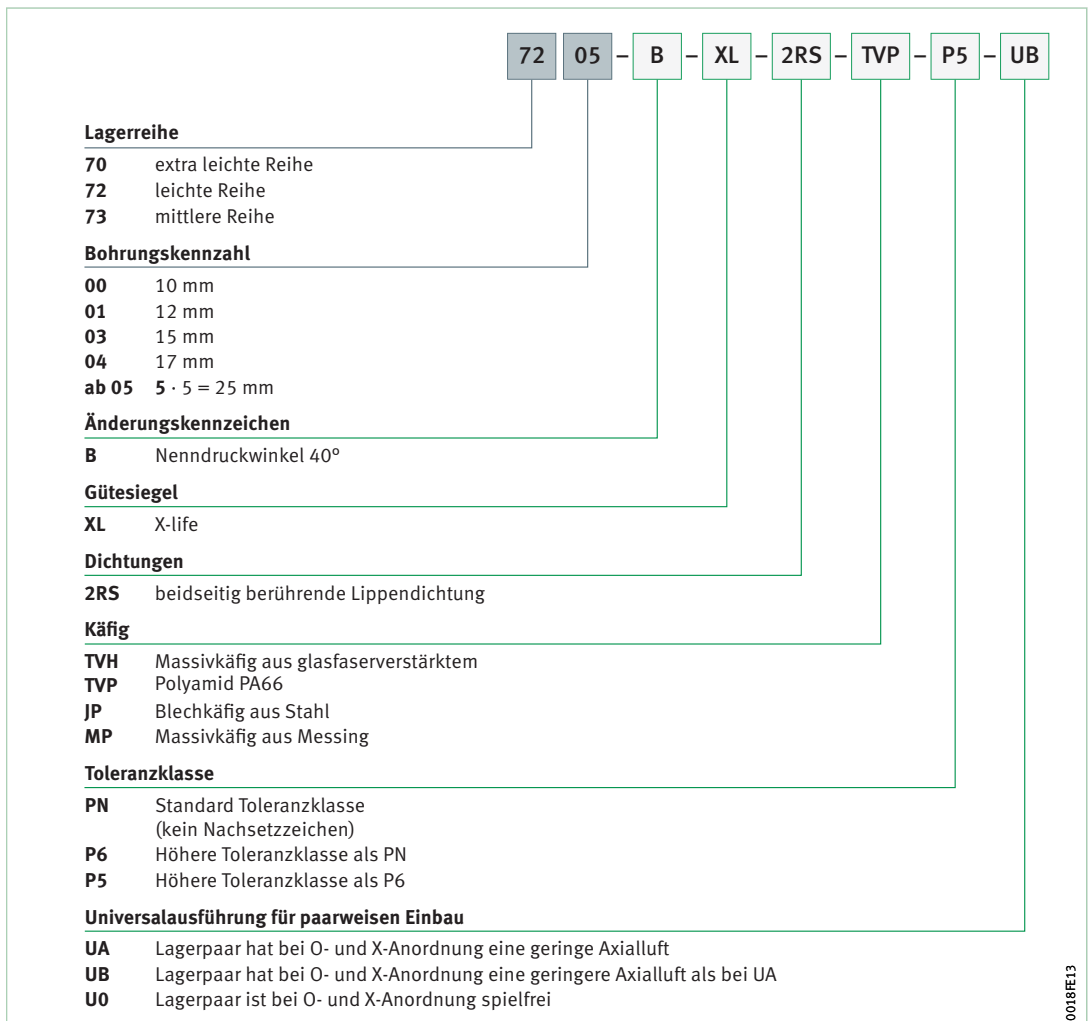
Lager mit Dichtungen sind geeignet von -30°C bis $+110^\circ\text{C}$.

Schmierung

Lager mit beidseitigen Lippendichtungen sind mit einem Qualitätsfett befüllt und auf Lebensdauer geschmiert.

Offene und einseitig abgedichtete Lager sind nicht befüllt. Sie können mit Fett oder Öl geschmiert werden. Im Falle einer Fett-Nachschmierung empfehlen wir den Einsatz unserer automatischen Schmierstoffgeber.

Lagerbezeichnung Den Aufbau für einreihige Schrägkugellager zeigt *Bild 4*.



0018RE13

Bild 4
Lagerbezeichnung

Weitere Informationen

- Produktkatalog *medias*
- Katalog HR 1, Wälzlager,
siehe Kapitel Technische Grundlagen und Maßtabellen

Zweireihige Schrägkugellager

Merkmale

Zweireihige Schrägkugellager sind Baueinheiten mit massiven Außen- und Innenringen und Kugelkränzen mit Polyamid-, Messing- oder Stahlblechkäfigen, *Bild 1*. In ihrem Aufbau gleichen sie paarweise angeordneten, einreihigen Schrägkugellagern in O-Anordnung, sind jedoch etwas schmäler als diese. Sie unterscheiden sich in der Größe ihres Druckwinkels und in der Ausführung der Lagerringe.

Durch die Laufbahngeometrie und die zwei Reihen an Kugeln nehmen die Lager Kräfte sowohl in radialer als auch in axialer Richtung auf. Besonders geeignet sind sie daher für den Einsatz in Pumpen.

Die Winkeleinstellbarkeit der zweireihigen Schrägkugellager ist gering.

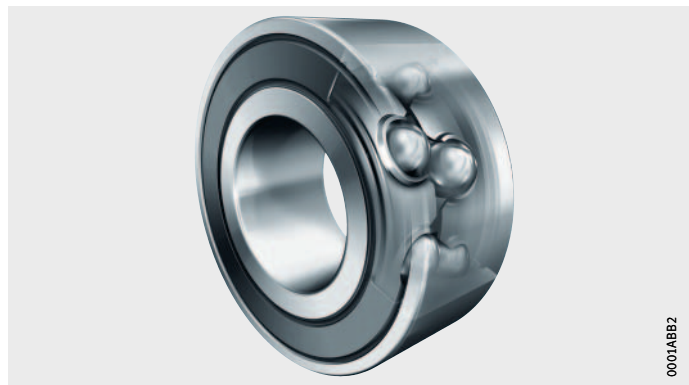


Bild 1
Zweireihiges Schrägkugellager

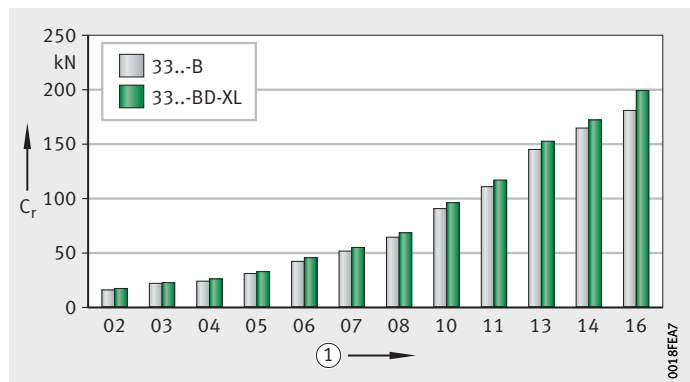
X-life

X-life steht für leisere Lager mit höheren Tragzahlen. Die reduzierte Reibung führt zu geringeren Temperaturen und bei lebensdauer-geschmierten Lagern zu längerer Fettgebrauchsdauer. Zahlreiche Größen der zweireihigen Schrägkugellager gibt es in X-life-Ausführung. Weitere Varianten können auf Anfrage geliefert werden.

C_r = Dynamische Tragzahl

① Bohrungskennzahl

Bild 2
Vergleich der dynamischen Tragzahl C_r – Lagerreihe 33..-BD-XL, Bohrungskennzahl 02 bis 16, mit einem Lager ohne X-life-Qualitäten (33..-B)



Radial und axial belastbar

Zweireihige Schrägkugellager nehmen hohe radiale und beidseitig axiale Belastungen auf. Sie eignen sich besonders für Lagerungen, bei denen eine starre axiale Führung gefordert ist.

Die axiale Belastbarkeit hängt vom Druckwinkel ab; das heißt, je größer der Winkel ist, desto höher kann das Lager axial belastet werden.

Zweireihige Schrägkugellager gibt es mit Druckwinkeln von 25°, 35° und 45°, zweireihige Schrägkugellager in X-life-Qualität haben einen Druckwinkel von 30°.

Lager mit einem Druckwinkel von 45° besitzen einen geteilten Innenring. Darüber hinaus werden mit der höheren Anzahl von Kugeln die Tragzahlen signifikant gesteigert. Mit dem verbauten Messingkäfig verbessern sich zusätzlich die Notlaufeigenschaften des Lagers.

Betriebstemperatur

Zweireihige Schrägkugellager mit berührenden RSR- oder HRS-Elastomer-Dichtungen können bis 110 °C eingesetzt werden. Die berührungslose Deckscheibe Z ist, wie auch der glasfaserverstärkte Polyamid-Käfig TVP, bis 120 °C geeignet. Liegen die Temperaturen darüber, empfehlen wir offene Lager mit geeigneter Schmierung.

Schmierung

Offene zweireihige Schrägkugellager sind nicht befettet. Sie können mit Fett oder Öl geschmiert werden. Im Falle einer Fett-Nachschmierung empfehlen wir den Einsatz unserer automatischen Schmierstoffgeber.

Abgedichtete Lager sind mit einem Standard-Qualitätsfett befettet und auf Lebensdauer geschmiert. Darüber hinaus ist bei anwendungsspezifischen Anforderungen eine Premiumbefettung möglich, welche durch Nachsetzzeichen wie L140 oder L285 gekennzeichnet wird.

Zweireihige Schrägkugellager

Lagerbezeichnung Den Aufbau für zweireihige Schrägkugellager zeigt *Bild 3*.

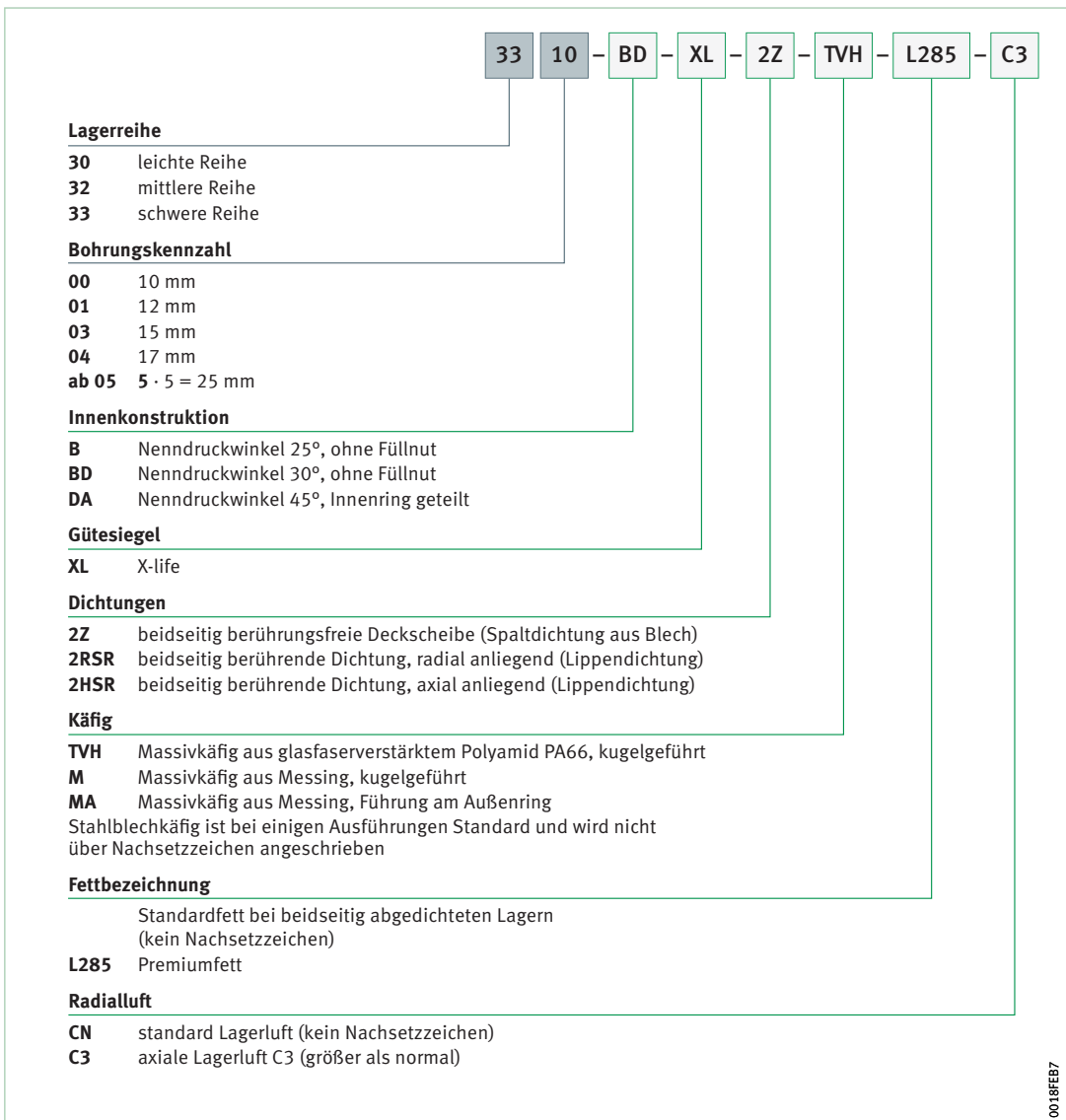


Bild 3
Lagerbezeichnung

- Weitere Informationen**
- TPI 213, Zweireihige Schrägkugellager in X-life-Qualität
 - Produktkatalog **medias**
 - Katalog HR 1, Wälzlager, siehe Kapitel Technische Grundlagen und Maßstabellen

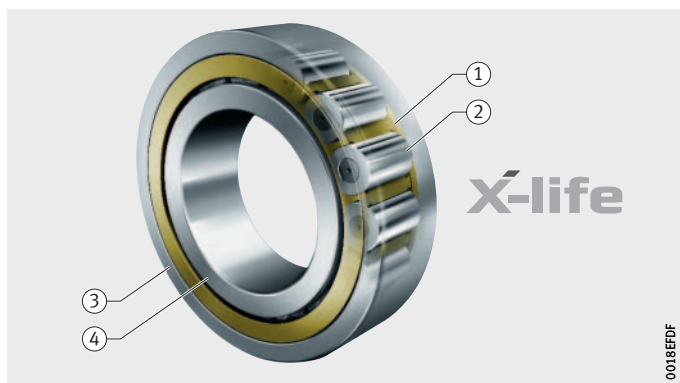
Einreihige Zylinderrollenlager

Merkmale

Einreihige Zylinderrollenlager mit Käfig sind Einheiten, die aus massiven Außen- und Innenringen und Zylinderrollenkränzen bestehen, *Bild 1*. Die Außenringe haben beidseitig feste Borde oder sind bordlos, die Innenringe haben einen oder zwei feste Borde oder sind ohne Borde ausgeführt. Die Käfiglager sind sehr steif, radial hoch belastbar und für höhere Drehzahlen geeignet als vollrollige Ausführungen. Die Lager sind zerlegbar und damit einfacher ein- und auszubauen. Beide Lagerringe können dadurch eine feste Passung erhalten. Je nach Anforderung und entsprechender Bauform werden einreihige Zylinderrollenlager mit Käfig als Loslager, Stützlager und Festlager eingesetzt.

- ① Messingkäfig
- ② Zylinderrolle, gehont
- ③ Außenring, gehont
- ④ Innenring, gehont

Bild 1
Einreihige Zylinderrollenlager
in X-life-Ausführung



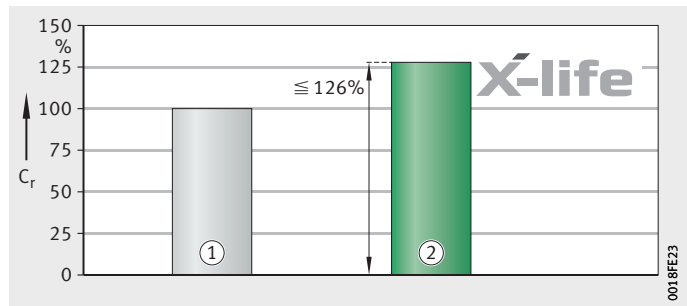
Gerade da, wo aufgrund höherer Pumpenlasten Kugellager nicht ausreichen, kommen die Vorteile von Zylinderrollenlager mit Käfig zum Tragen. Diese verfügen über deutlich höhere Tragzahlen zur Aufnahme von radialen Lasten und stellen ideale Loslager dar. Durch die bauformbedingte radiale Steifigkeit lassen sich geringe Spaltmaße der Pumpengeometrie sicher einhalten.

Da die Wellen in Pumpen oftmals großzügig dimensioniert werden, um den Anforderungen an Durchbiegung und hohe Festigkeit gerecht zu werden, sind üblicherweise schmalere Baureihen ausreichend. Bei Konflikten mit Mindestlast und möglichen Schlupfproblemen kann auf die Reihe NU10 zurückgegriffen werden. NU10 ist nicht als verstärkte Ausführung mit dem Nachsetzeichen E ausgelegt, die kleinen Rollen sind so weniger schlupfgefährdet.

Einreihige Zylinderrollenlager

X-life Die einreihigen Zylinderrollenlager in X-life-Qualität sind wesentlich leistungsstärker als vergleichbare Standard-Zylinderrollenlager. Erreicht wird das unter anderem durch die geänderte Innenkonstruktion, die optimierte Kontaktgeometrie zwischen den Rollen und Laufbahnen, die bessere Oberflächenqualität und die optimierte Rollenführung und Schmierfilmbildung. Die Optimierungen führen zu deutlich reduzierter Wärmerwicklung und messbarer Erhöhung der Lebensdauer der Wälzlager.

Bild 2
Zylinderrollenlager mit Käfig:
Vergleich der dynamischen
Tragzahl C_r mit Lagern
ohne X-life-Qualität



Loslager

Zylinderrollenlager NU und N sind Loslager und nehmen nur radiale Kräfte auf. Bei der Reihe NU hat der Außenring zwei Borde, der Innenring ist bordlos. Lager N haben zwei Borde am Innenring und einen bordlosen Außenring.

Axialer Verschiebeweg

Außen- und Innenring sind um den Wert „s“ aus der Mittellage axial gegeneinander verschiebbar.

Betriebstemperatur

Einreihige Zylinderrollenlager mit Käfig können bei Betriebstemperaturen von -30 °C bis $+120\text{ °C}$ (Kunststoffkäfig) oder bis $+150\text{ °C}$ (Metallkäfig) eingesetzt werden.

Bei Dauerbetriebstemperaturen über $+120\text{ °C}$ bitte rückfragen.

Abdichtung

Die Lager werden ohne Abdichtung geliefert.

Schmierung

Sie sind von den Stirnseiten her mit Fett oder Öl schmierbar.

Lagerbezeichnung Den Aufbau von einreihigen Zylinderrollenlagern zeigt *Bild 3*.

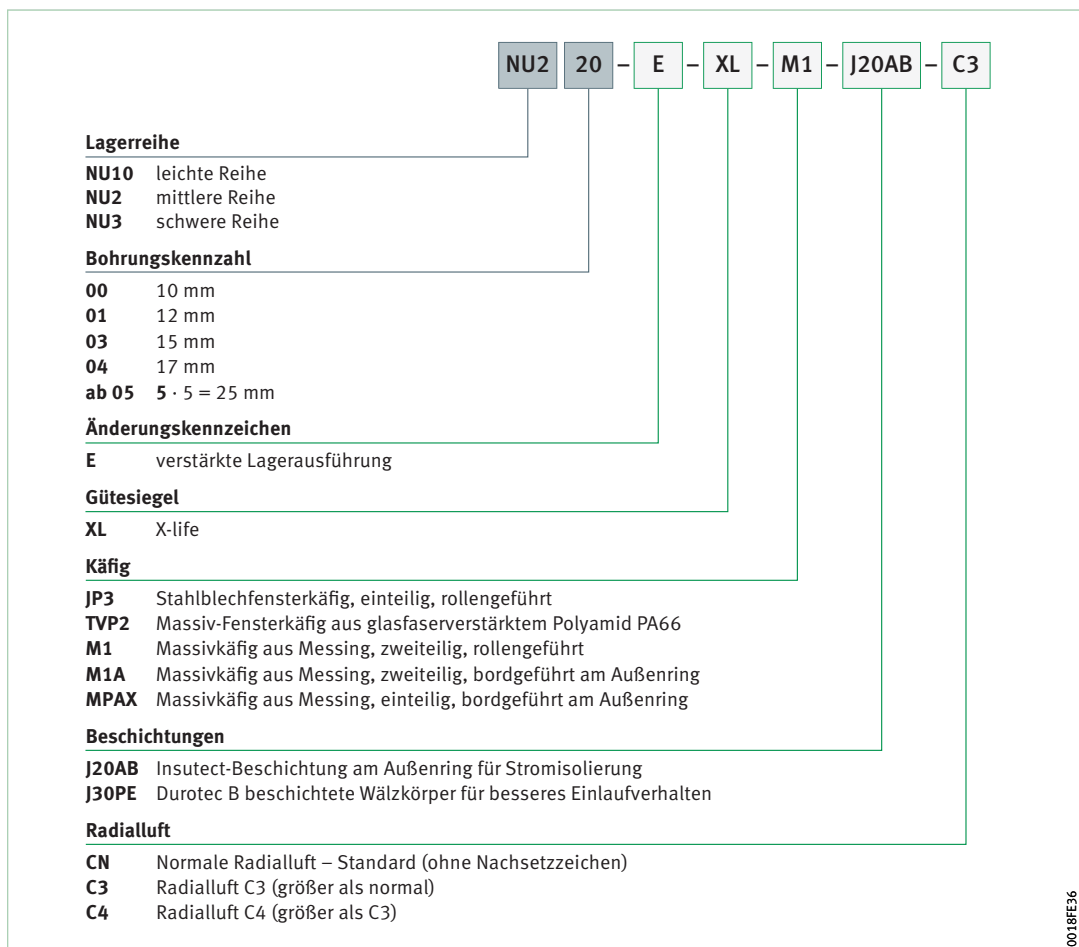


Bild 3
Lagerbezeichnung

Weitere Informationen

- Produktkatalog *medias*
- Katalog HR 1, Wälzlager, siehe Kapitel Technische Grundlagen und Maßtabellen

Pendelrollenlager

Merkmale

Pendelrollenlager sind zweireihige, selbsthaltende Baueinheiten, bestehend aus massiven Außenringen mit hohlkugeligter Laufbahn, massiven Innenringen sowie Tonnenrollen mit Käfigen. Die Innenringe haben zylindrische oder kegelige Bohrungen, *Bild 1*.

Die symmetrischen Tonnenrollen stellen sich auf der hohlkugeligem Außenring-Laufbahn zwanglos ein. Dadurch werden Wellendurchbiegungen und Fluchtungsfehler der Lagersitzstellen ausgeglichen.

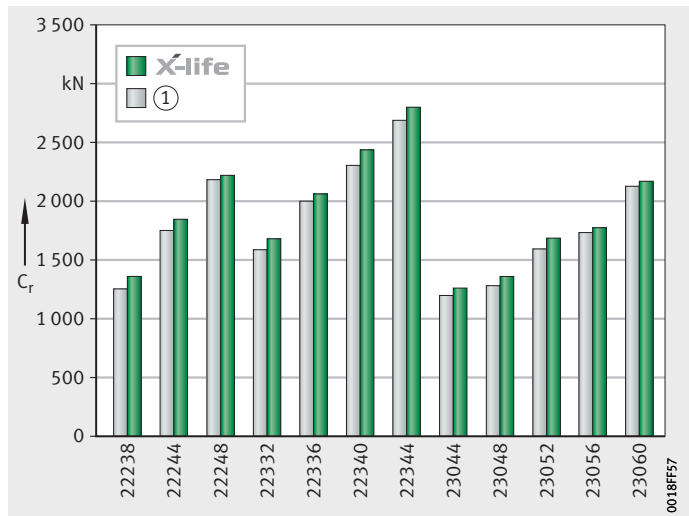
Bezüglich der Verwendung in großen, hoch belasteten Kreiselpumpen ist die Kombination aus hoher Tragzahl, Winkeleinstellbarkeit und die Aufnahme von Radial- und Axialkräften interessant.



Bild 1
Pendelrollenlager

X-life

Zahlreiche Größen der Pendelrollenlager gibt es in X-life-Ausführung, mit optimierter Innenkonstruktion mit höherer Tragfähigkeit, reduzierter Reibung und Lagertemperatur durch verbesserte Oberflächenqualität und Kontaktgeometrie. Weitere Varianten können auf Anfrage geliefert werden.



① Benchmark-Wettbewerber (Premium-Produkt)

Bild 2
Vergleich dynamische Tragzahlen
Baureihe 222, 223 und 230

Radial und axial belastbar	Pendelrollenlager nehmen hohe radiale und beidseitig axiale Belastungen auf. Sie sind für höchste Tragfähigkeit ausgelegt und durch die maximale Anzahl der großen und besonders langen Tonnenrollen auch für höchste Beanspruchungen geeignet.
Ausgleich von Winkelfehlern	<p>Pendelrollenlager gleichen Winkelfehler aus. Der zulässige Einstellwinkel ist für Belastungen $P < 0,1 \cdot C_r$ angegeben.</p> <p>Diese Einstellwinkel sind in folgenden Fällen zulässig:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Konstante Winkelabweichung (statischer Winkelfehler) ■ Umlaufender Innenring
Betriebstemperatur	<p>Lager mit Metallkäfigen können bei Betriebstemperaturen von -30 °C bis $+200\text{ °C}$ eingesetzt werden.</p> <p>Lager mit Käfigen aus glasfaserverstärktem Polyamid sind bis $+120\text{ °C}$ geeignet. Darüber hinaus ist die Wahl eines geeigneten Schmierstoffs maßgeblich.</p>
Abdichtung	Abgedichtete und befettete Lager liefern wir auf Anfrage.
Schmierung	Offene Pendelrollenlager können mit Öl oder Fett geschmiert werden.

Pendelrollenlager

Lagerbezeichnung Den Aufbau von Pendelrollenlagern zeigt *Bild 3*.

231 22 - E1A - XL - K - M - C3 + H3122

Lagerreihe	
213	leichte Reihe
222	leichte Reihe
223	leichte Reihe
230	mittlere Reihe
231	mittlere Reihe
232	mittlere Reihe
240	schwere Reihe
241	schwere Reihe
Bohrungskennzahl	
22	$22 \cdot 5 = 110 \text{ mm}$ Ab 500 mm Bohrungsdurchmesser wird dieser offen geschrieben
Innenkonstruktion	
A, AS	Innenring mit Halteborden + Mittelbord
B, BE,	Fester Mittelbord am Innenring
BEA	
E1	Ausführung ohne Mittelbord am Innenring
E1A	Innenring mit zwei seitlichen Borden
Gütesiegel	
XL	X-life
Kegelige Bohrung	
K	Kegel 1:12, Standard
K30	Lager der schweren Baureihen 240 und 241 haben einen Kegel 1:30
	Bei Lagern der Standardausführung (ohne K) ist die Bohrung zylindrisch
Käfig	
JPA	zwei Stahlblechkäfige, Führung am Außenring
TVB	zwei Fensterkäfige aus glasfaserverstärktem Polyamid PA66, Führung am Innenring
M	einteiliger Doppelkammkäfig aus Messing, rollengeführt
MA	zweiteiliger Messing-Massivkäfig, Führung am Außenring
MB	zweiteiliger Messing-Massivkäfig, Führung am Innenring
MB1	einteiliger Doppelkammkäfig aus Messing, Führung am Innenring
MA1	zweiteiliger Messingkäfig, Führung am Außenring
	Bei Lagern der Ausführung E1 ist in zweiteiliger, außenringgeführter Stahlblechkäfig; bei BE ist ein zweigeteilter, innenringgeführter Stahlblechkäfig der Standard (kein Nachsetzzeichen)
Radialluft	
CN	Normale Radialluft – Standard (ohne Nachsetzzeichen)
C3	Radialluft C3 (größer als normal)
C4	Radialluft C4 (größer als C3)
Zubehör	
H	Spannhülse
AH	Abziehhülse
KM	Nutmutter
MB	Sicherungsblech
HMZ	Wellenmutter

0018FF67

Bild 3
Lagerbezeichnung

Weitere Informationen

- TPI 218, Abgedichtete Pendelrollenlager
- Produktkatalog *medias*
- Katalog HR 1, Wälzlager, siehe Kapitel Technische Grundlagen und Maßtabellen
- ORP, X-life messbar besser
- Film, Hydraulischer Einbau eines Pendelrollenlagers mit kegeliger Bohrung
- TPI 250, Geteilte Pendelrollenlager
- WL 80384, Geteilte Lager – geteilte Kosten
- MON 90, Montageanweisung für fettgeschmierte geteilte Pendelrollenlager

Axial-Pendelrollenlager

Merkmale

Axial-Pendelrollenlager sind einreihige, nicht selbsthaltende Baueinheiten. Die Innen- und Außenringe bestehen aus massiven Wellen- und Gehäusescheiben mit entsprechenden Laufbahnen für die Wälzkörper. Die große Anzahl asymmetrischer Tonnenrollen wird über Käfige geführt. Die Laufbahnen sind schräg zur Lagerachse angeordnet, wobei die Laufbahn in der Gehäusescheibe hohlkugelig ausgeführt ist.

Axial-Pendelrollenlager eignen sich unter anderem für große, vertikale angeordnete Lagerungen mit hohen axialen Lasten. Zudem können dynamische oder statische Fluchtungsfehler der Welle zum Gehäuse beziehungsweise Durchbiegungen der Welle vom Lager ausgeglichen werden. Neben großen axialen Kräften können aber auch radiale Belastungen aufgenommen werden, maximal 55% von F_a . Darüber hinaus stellen relativ hohe Drehzahlen oder stoßartige Belastungen kein Problem für die Lager dar.

- ① Käfig
- ② Tonnenrolle
- ③ Gehäusescheibe
- ④ Wellenscheibe

Bild 1
Axial-Pendelrollenlager
in X-life-Ausführung



X-life

Gegenüber konventionellen Axial-Pendelrollenlagern sind X-life-Lager wesentlich leistungsstärker. Erreicht wird das unter anderem durch die geänderte Innenkonstruktion, die optimierte Kontaktgeometrie zwischen den Rollen und Laufbahnen, das neue Käfigdesign, eine höhere Qualität des Stahls, die bessere Oberflächenqualität und die optimale Rollenführung und Schmierfilmbildung.

- Optimierte Lastverteilung und höhere Tragzahl
- Reduzierte Reibung und Lagertemperatur durch verbesserte Oberflächenqualität und Kontaktgeometrie
- Besser für höhere Drehzahlen geeignet

- ① Benchmark Wettbewerber (Premiumprodukt) – 100%
- ② X-life – bis zu 138%

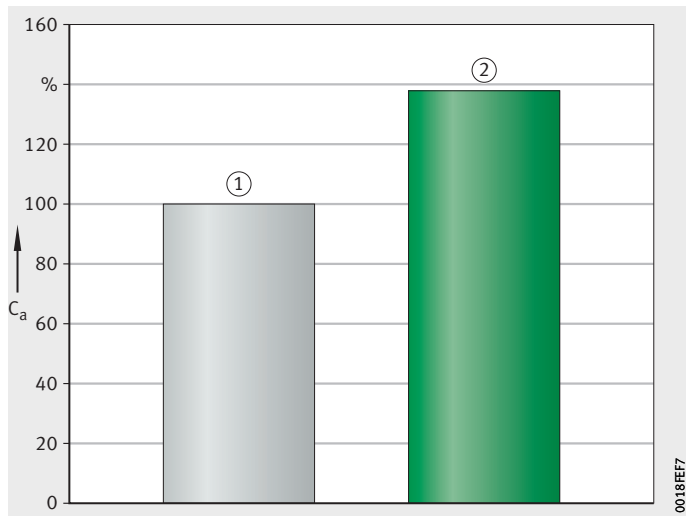


Bild 2
Vergleich dynamische Tragzahl C_a

Radial und axial belastbar

Axial-Pendelrollenlager nehmen, aufgrund der zur Lagerachse geneigten Laufbahnen, sehr hohe einseitig wirkende axiale und gleichzeitig wirkende radial Belastungen auf. Die radiale Belastung (F_r, F_{0r}) darf allerdings maximal 55% der axialen Belastung betragen. Sie sind für höchste axiale Tragfähigkeit ausgelegt und aufgrund der maximalen Anzahl großer und langer Tonnenrollen auch für stärkste Beanspruchungen geeignet.

Ausgleich von Winkelfehlern

Aufgrund der hohlkugeligem Wälzkörperlaufbahn in der Gehäuse-scheibe sind Axial-Pendelrollenlager winkelbeweglich.

Zulässige Schiefstellung bei statischen Winkelfehlern

Lagerreihe	Zulässige Schiefstellung	
	D < 320 mm	D > 320 mm
292..-E1	1,5°	1°
293..-E1	2,5°	1,5°
294..-E1	3°	2°

Betriebstemperatur

Lager mit Metallkäfigen können bei Betriebstemperaturen von -30 °C bis +200 °C eingesetzt werden.

Abdichtung

Axial-Pendelrollenlager werden ohne Abdichtung geliefert. Die erforderliche Abdichtung der Lagerstelle muss in der Anschluss-konstruktion erfolgen.

Schmierung

Die Lager sind nicht befettet. Sie werden im Allgemeinen mit Öl geschmiert. Bei Lagern mit asymmetrischem Querschnitt tritt aufgrund ihrer inneren Konstruktion eine Pumpwirkung auf, welche entsprechend zu berücksichtigen ist.

Axial-Pendelrollenlager

- ① Lagerung mit horizontaler Welle
- ② Lagerung mit vertikaler Welle

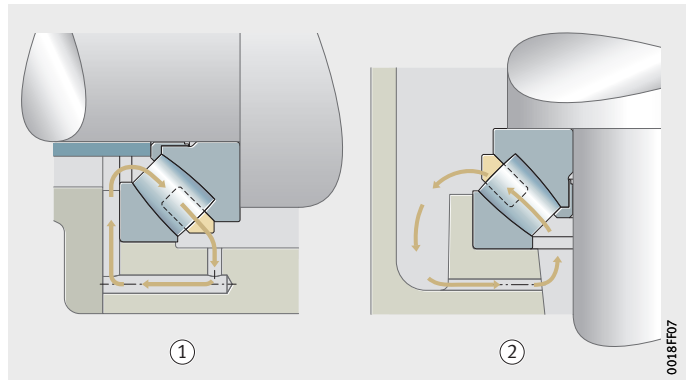


Bild 3
Ölumlau durch Pumpeffekt,
Kanäle zur Ölrückführung

In einigen Fällen ist auch eine Schmierung mit Fett möglich, das EP-Zusätze enthält. Hier muss dann jedoch sichergestellt sein, dass die Kontakte zwischen den Rollen und dem Führungsbord immer ausreichend mit Fett versorgt sind. Das lässt sich am besten mit unseren automatischen Schmierstoffgebern der CONCEPT-Reihe realisieren.

Käfige

Axial-Pendelrollenlager werden abhängig von Breitenreihe und Bohrungskennzahl mit Stahlblech- oder Messingmassivkäfigen geliefert.

Käfig, Käfignachsetzzeichen, Bohrungskennzahl

Lagerreihe	Stahlblechkäfig	Massivkäfig aus Messing MB
	Bohrungskennzahl	
292...E1	–	30 bis /1180
293...E1-XL	17 bis 64	68 bis /800
293...E1	–	/850 bis /1600
294...E1-XL	12 bis 68	72 bis /710
294...E1	–	/750 bis /1060

Lagerbezeichnung

Den Aufbau von Axial-Pendelrollenlagern zeigt *Bild 4*.

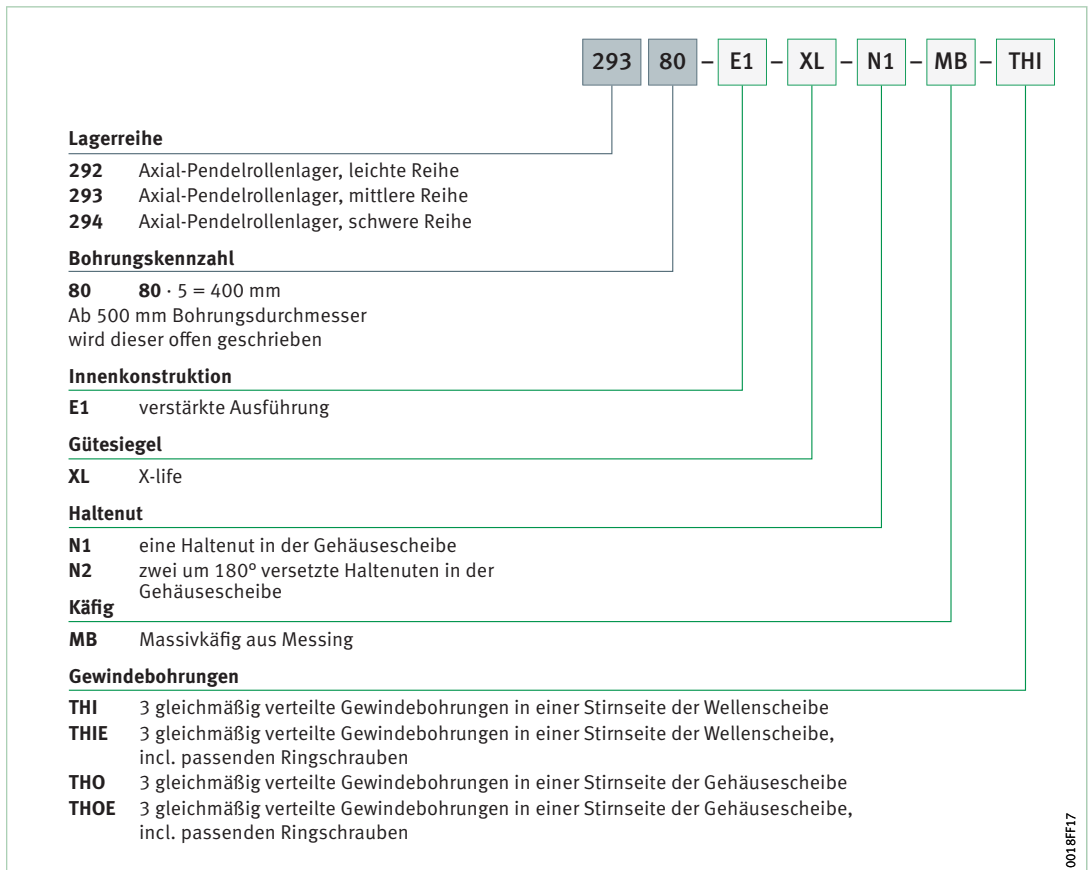


Bild 4
Lagerbezeichnung

Weitere Informationen

- Produktkatalog *medias*
- OAP, X-life messbar besser
- PAX, Die leistungsstärksten Lager am Markt
- MH1, Montagehandbuch

Kegelrollenlager

Merkmale

Kegelrollenlager bestehen aus massiven Außen- und Innenringen mit kegeligen Laufbahnen sowie Kegelrollen in einem Fensterkäfig, *Bild 1*.

Die Lager gibt es als Standard-Ausführung, paarweise zusammengepasste offene Variante und als einseitig abgedichtete Integral-Ausführung JKOS.

Offene Lager sind nicht selbsthaltend. Dadurch kann der Innenring mit den Rollen und dem Käfig getrennt vom Außenring eingebaut werden.

Die Vorteile der Bauform liegen in der höheren Tragzahl im Vergleich zu Schrägkugellagern. Deshalb sind diese gerade für größere Pumpen mit höheren Kräften interessant. Es können hohe Radialbeziehungsweise Axiallasten aufgenommen werden. Mit einer angestellten Lagerung (Festlager) lässt sich axial eine sehr steife und gut geführte Lagerung mit hoher Laufgenauigkeit umsetzen.



Bild 1
Kegelrollenlager

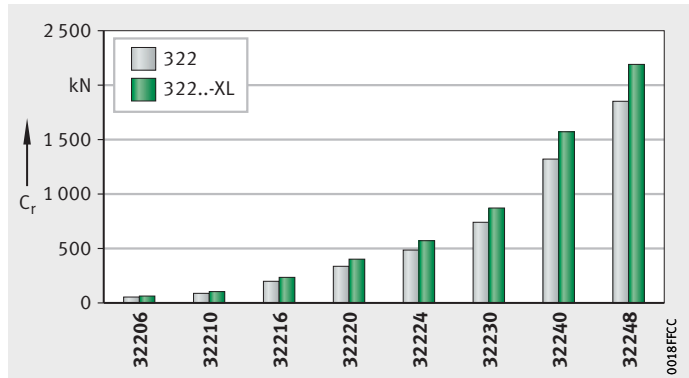
X-life

Zahlreiche Größen der Kegelrollenlager gibt es in X-life-Ausführung. Weitere Varianten können auf Anfrage geliefert werden.

Die optimierte Innenkonstruktion mit bis zu 20% höheren dynamischen Tragzahlen zeigt sich in einer deutlichen Steigerung der rechnerischen Lebensdauer. Die um bis zu 50% reduzierte Reibung durch verbesserte Oberflächenqualität und Kontaktgeometrie führt unter anderem zu einer reduzierten Lagertemperatur, was sich wiederum positiv auf die Schmierung auswirkt. Durch die verbesserte Laufgenauigkeit sind höhere Drehzahlen möglich.

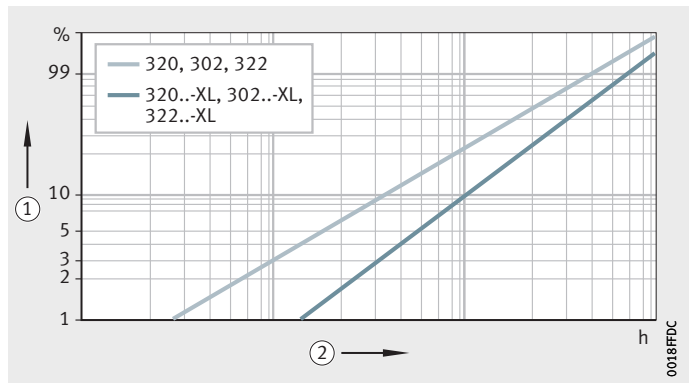
C_r = Dynamische Tragzahl

Bild 2
Vergleich
der dynamischen Tragzahl C_r
von X-life-Kegelrollenlagern und
Lagern ohne X-life-Performance



- ① Ausfallwahrscheinlichkeit
- ② Laufzeit in Stunden

Bild 3
Vergleich
der Ermüdungslaufzeit
im Weibull-Netz
von X-life-Kegelrollenlagern und
Lagern ohne X-life-Performance



Radial und axial belastbar

Kegelrollenlager nehmen hohe radiale und einseitig axiale Belastungen auf.

Zur axialen Gegenführung ist jedoch immer ein zweites, spiegelbildlich angeordnetes Lager notwendig. Diese Lagerkombination wird dann in O- oder X-Anordnung montiert.

Kegelrollenlager

- Ausgleich von Winkelfehlern** Die modifizierte Linienberührung zwischen den Kegelrollen und Laufbahnen sorgt für eine optimale Spannungsverteilung an den Kontaktstellen, verhindert Kantenspannungen und ermöglicht die Winkeleinstellbarkeit der Lager.
Ist das Belastungsverhältnis $P/C_{0r} < 0,2$, darf die Verkippung der Lagerringe zueinander maximal 4 Winkelminuten betragen. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass die Lage der Wellen- und Gehäuseachse gleich bleibt (keine dynamischen Bewegungen).
- Betriebstemperatur** Offene Kegelrollenlager können bei Betriebstemperaturen von -30 °C bis $+120\text{ °C}$ eingesetzt werden.
Lager mit berührender Lippendichtung sind, begrenzt durch den Dichtungswerkstoff und das Schmierfett, bei Betriebstemperaturen von -30 °C bis $+110\text{ °C}$ einsetzbar.
- Abdichtung** Standard- und paarweise zusammengepasste Kegelrollenlager sind nicht abgedichtet. Integral-Kegelrollenlager JKOS haben einseitig eine Lippendichtung.
- Schmierung** Standard- und paarweise zusammengepasste Kegelrollenlager können mit Öl oder Fett geschmiert werden.
Integral-Kegelrollenlager JKOS sind mit hochwertigem Standardfett gefüllt.
- Käfige** Kegelrollenlager sind mit folgenden Käfigausführungen verfügbar:
- Käfigen aus Stahlblech (offene Kegelrollenlager)
 - Käfigen aus glasfaserverstärktem Polyamid (Integrallager JKOS)

Nachsetzzeichen Den Aufbau von Kegelrollenlagern zeigt *Bild 4*.

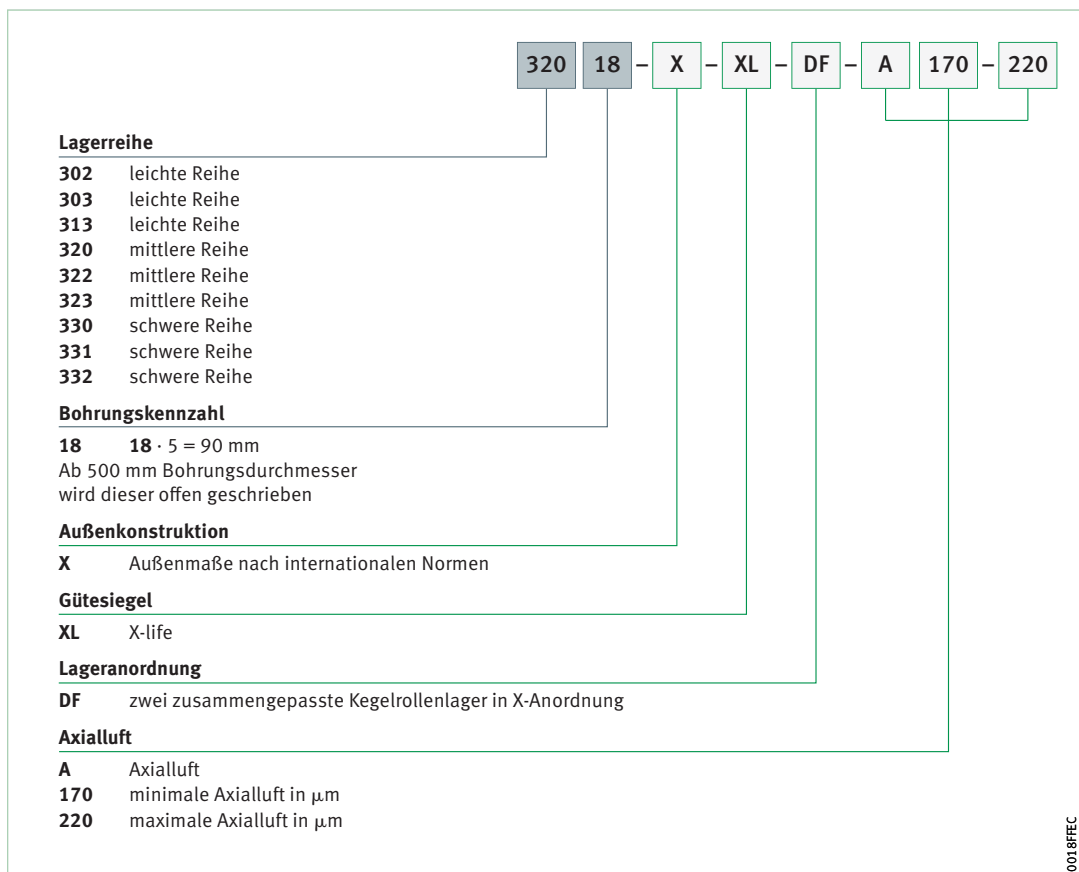


Bild 4
Lagerbezeichnung

Weitere Informationen

- Produktkatalog *medias*
- Katalog HR 1, Wälzlager, siehe Kapitel Technische Grundlagen und Maßtabellen
- TPI 241, Kegelrollenlager in X-life-Ausführung
- TPI 245, Kegelrollenlager paarweise zusammengepasst
- PKE, Kegelrollenlager
- OKL, X-life messbar besser

Vierpunktlager

Merkmale

Vierpunktlager gehören zu den einreihigen Schrägkugellagern und benötigen dadurch in axialer Richtung deutlich weniger Bauraum als zweireihige Ausführungen, *Bild 1*.

Die Lager bestehen aus massiven Außenringen, geteilten Innenringen und Kugelkränzen mit Messing- oder Polyamidkäfigen. Durch die zweiteiligen Innenringe kann eine große Anzahl von Kugeln untergebracht werden. Die Innenringhälften sind auf das jeweilige Lager abgestimmt und dürfen nicht mit den Innenringhälften gleich großer Lager vertauscht werden. Der Außenring mit dem Kugelkranz und die beiden Innenringhälften lassen sich getrennt voneinander einbauen.

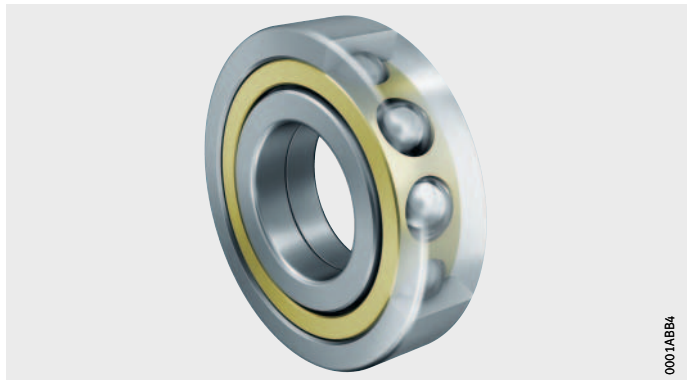


Bild 1
Vierpunktlager

X-life

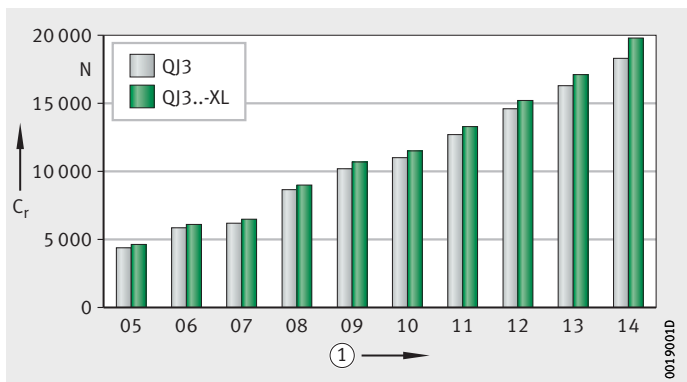
Zahlreiche Größen der Vierpunktlager gibt es in X-life-Ausführung. Weitere Varianten können auf Anfrage geliefert werden.

Die optimierte Lastverteilung im Lager führt zusammen mit den höheren Tragzahlen zu einer höheren Betriebssicherheit und längeren Gebrauchsdauer. X-life-Lager sind reibungsoptimiert und ermöglichen so höhere Drehzahlen bei niedrigeren Lagertemperaturen.

① Bohrungskennzahl

C_r = Dynamische Tragzahl

Bild 2
Vergleich
der dynamischen Tragzahl C_r
von Lagerreihe QJ3...-XL,
Bohrungskennzahl 5 bis 14, und
einem Lager ohne X-life-Qualitäten



Beidseitig axial belastbar

Durch die Ausbildung der Wälzkörper-Laufbahnen mit ihren hohen Laufbahnschultern, den Druckwinkel von 35° und die große Anzahl der Wälzkörper sind Vierpunktlager in der Lage, hohe Axiallasten bei wechselnder Belastungsrichtung aufzunehmen.

Betriebstemperatur

Lager mit Massivkäfigen aus Messing können bei Betriebstemperaturen von -30 °C bis +150 °C eingesetzt werden.

Lager mit Käfigen aus glasfaserverstärktem Polyamid sind für Betriebstemperaturen bis +120 °C geeignet.

Abdichtung

Vierpunktlager sind nicht abgedichtet.

Schmierung

Sie sind nicht befettet und können mit Fett oder Öl geschmiert werden.

Lagerbezeichnung

Den Aufbau von Vierpunktlagern zeigt *Bild 3*.

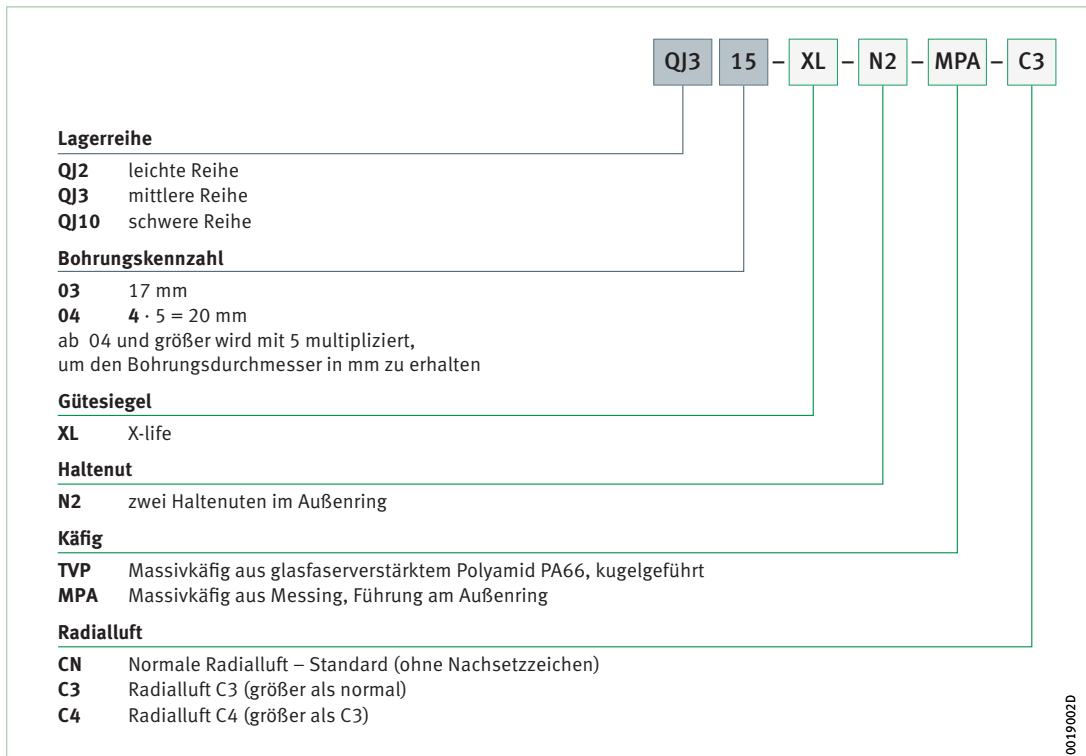


Bild 3
Lagerbezeichnung

Weitere Informationen

- Produktkatalog *medias*
- Katalog HR 1, Wälzlager, siehe Kapitel Technische Grundlagen und Maßtabellen
- XXL, X-life – Premiumqualität
- OVL, X-life messbar besser

Nadellager

Merkmale

Nadellager sind radial niedrig bauende, sehr tragfähige Wälzlager, die als Loslager verwendet werden und zur Gruppe der Radial-Nadellager gehören. Diese Lager bestehen aus massiven Außenringen, Nadelkränzen und herausnehmbaren Innenringen. Das bedeutet, sie können entsprechend der Anwendung mit oder ohne Innenring geliefert werden. Die Lagerringe sind im Vergleich zu den Außenhülsen der Nadelhülsen und Nadelbüchsen nicht spanlos gezogen, sondern spanend gefertigt. Durch ihre Loslagerfunktion können die Lager die Welle in keiner Richtung axial führen.



Bild 1
Nadellager

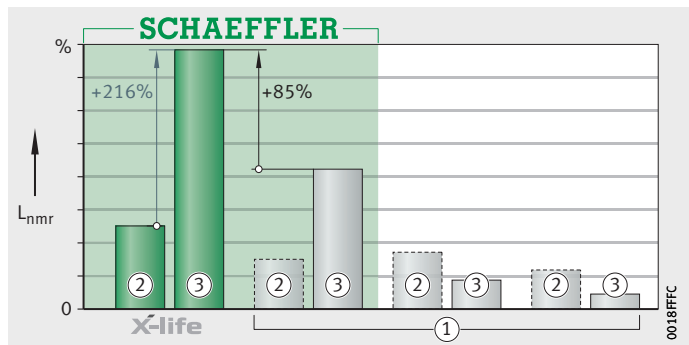
X-life

Zahlreichen Größen an Nadellagern gibt es in X-life-Ausführung. Diese steht für optimierte Innenkonstruktion mit bis zu 25% höherer Tragzahl, reduzierte Reibung und Lagertemperatur durch verbesserte Oberflächenqualität und Kontaktgeometrie.

L_{nm} = Modifizierte Referenzlebensdauer

- ① Lager ohne X-life-Qualität
- ② Berechnete Lebensdauer
- ③ Im Versuch getestete Lebensdauer

Bild 2
Berechnete und im Versuch getestete Lebensdauer von X-life-Nadellagern im Vergleich mit Lagern ohne X-life-Qualität



Radial belastbar

Radial-Nadellager nehmen durch den Linienkontakt sehr hohe radiale Kräfte auf, sie dürfen jedoch nur rein radial belastet werden. Muss die Lagerstelle auch axiale Kräfte aufnehmen, können die Nadellager beispielsweise mit Axial-Nadellagern AXW kombiniert werden. Außerdem steht für kombinierte Lasten ein umfangreiches Sortiment an kombinierten Nadellagern zur Verfügung.

Ausgleich von Winkelfehlern

Nadellager eignen sich nicht zum Ausgleich von Winkelfehlern.

Betriebstemperatur

Offene Lager können bei Betriebstemperaturen von -30 °C bis $+120\text{ °C}$ eingesetzt werden.

Abgedichtete Lager, wie auch Ausführungen mit Kunststoffkäfig, können bei Betriebstemperaturen von -20 °C bis $+120\text{ °C}$ eingesetzt werden.

Abdichtung

Nadellager sind offen oder abgedichtet lieferbar. Die berührenden Dichtungen schützen bei normalen Betriebsbedingungen vor Schmutz, Spritzwasser und dem Verlust von Schmierstoff.

Als Dichtungswerkstoff wird der ölbeständige und verschleißfeste Elastomer-Werkstoff NBR eingesetzt.

Lagerbezeichnung

Den Aufbau von Nadellagern zeigt *Bild 3*.

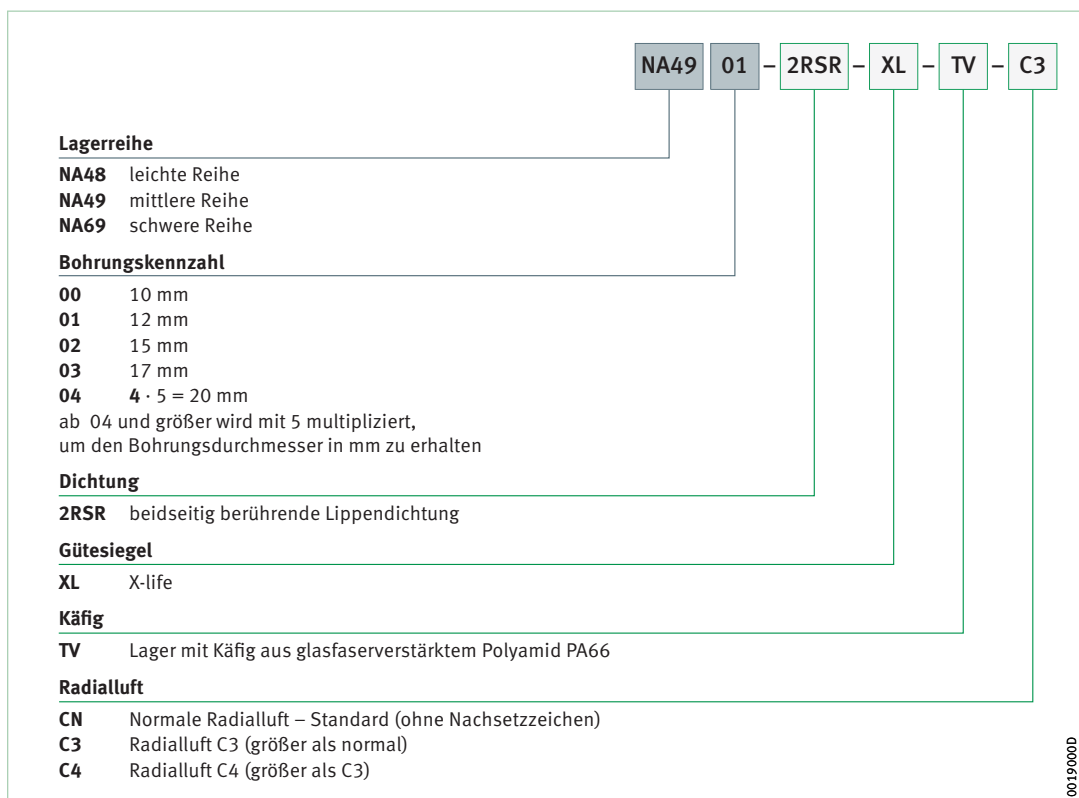


Bild 3

Lagerbezeichnung

Weitere Informationen

- Produktkatalog *medias*
- Katalog HR 1, Wälzlager, siehe Kapitel Technische Grundlagen und Maßtabellen
- OMN, Massiv-Nadellager – X-life messbar besser

Beschichtungen für Wälzlager

Merkmale

Lager und Präzisionsbauteile von Schaeffler bieten ein hohes Leistungsvermögen und eine hohe Gebrauchsdauer. So lassen sich für den größten Teil der Anforderungen ausgereifte und wirtschaftliche Standardlösungen realisieren. Trotzdem können Betriebsbedingungen auftreten, unter denen die Standardausführungen an die Grenzen stoßen. In solchen Fällen können Beschichtungen in unterschiedlichster Ausführung eine Lösung darstellen, um die Gebrauchsdauer eines Bauteils zu erhöhen.

Beschichtungen werden auf Oberflächen von Bauteilen aufgebracht, ohne dass zwischen Schicht und Grundmaterial eine thermochemische Diffusion eingegangen wird. Bei Schaeffler kommt eine Vielzahl von Beschichtungen zur Anwendung. Sie werden auf unterschiedlichste Weise aufgebracht und haben verschiedenste Vorteile für das Bauteil. Sie sind immer individuell der Einbausituation anzupassen. In vielen Fällen genügt es, nur einen Teil beziehungsweise einen der Wälzpartner zu beschichten. Beschichtungen können das Leistungsvermögen von Wälz- oder Gleitlagern deutlich steigern. Besonders unter extremen Bedingungen oder in speziellen Umgebungen wird der Einsatz von Wälzlagern durch Beschichtungen erst möglich, *Bild 1*.

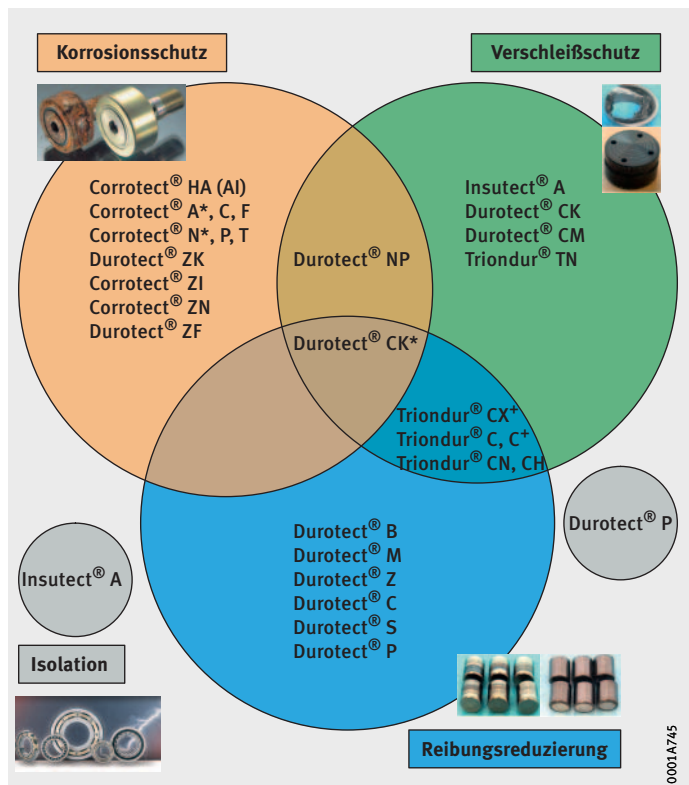


Bild 1
Beschichtungen

Beschichtungen können für folgende Zwecke verwendet werden:

- Gewährleistung elektrischer Isolation bei Gefahr von Stromdurchgang
- Minimierung von Reibung (Energieeffizienz)
- Erhöhung des Korrosionsschutzes
- Reduktion des Verschleißes bei Trockenlauf

Je nach Einsatzzweck liefert Schaeffler fertig beschichtete Produkte. Zum Beispiel können Triondur-beschichtete Wälzlager die Reibung signifikant senken. Um den steigenden Anforderungen gerecht zu werden, werden in unserem Oberflächenzentrum ständig neue Beschichtungen und die zugehörigen Abscheidungsverfahren entwickelt. Aktuell sind über 40 verschiedene Oberflächenbeschichtungen verfügbar.

Stromisolierende Lager als Prävention

Abhängig von Motor, Frequenzumrichter und Betriebsbedingungen können verschiedene Arten von ungewollten elektrischen Strömen im Elektromotor auftreten. Je nach Ursache sind auch die Abhilfemaßnahmen zu wählen. Bewährt haben sich Ableitelemente, verbesserte Erdung und isolierende Wälzlager. Generell unterscheidet man zwischen beschichteten Lager, die eine isolierende Keramik-Oxidbeschichtung am Innen- oder Außenring besitzen und Hybridlagern mit Wälzkörpern aus Keramik. Im Folgenden wird kurz erläutert, welche Wälzlagerausführung am besten zur Reduktion von parasitären Lagerströmen eingesetzt werden sollte.

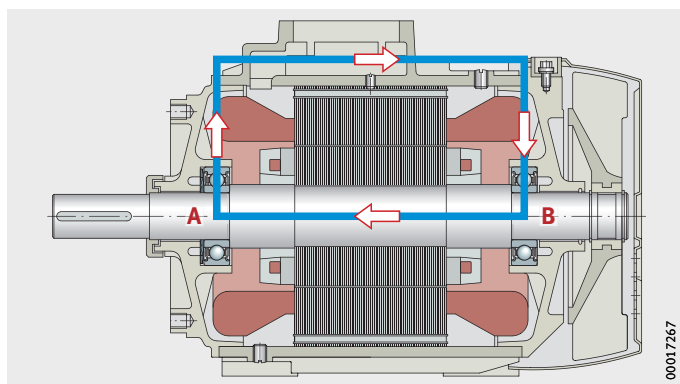
Induzierte Spannung längs der Welle

Eine induzierte Spannung längs der Welle führt zu einem Kreisstrom, der sich über Lager 1, Gehäuse und Lager 2 schließt, *Bild 2*.

Die Ursache für eine solche Wellenspannung sind bei sehr großen Motoren oder Generatoren mit geringer Polzahl die magnetischen Asymmetrien und bei mit Frequenzumrichtern betriebenen Motoren (ab Achshöhe 100) der Gehäuseerdstrom. Bei diesen Kreisströmen stellen die Insutect-Wälzlager von Schaeffler mit ihrer Keramikoxidschicht eine effektive und einfach zu realisierende Lösung dar. Häufig wird das Lager der Nichtantriebsseite isoliert.

A = Lager 1 (Antriebsseite)
B = Lager 2 (Nichtantriebsseite)

Bild 2
Stromfluss aufgrund induzierter Spannung längs der Welle



Beschichtungen für Wälzlager

Stromfluss zwischen Welle und Gehäuse

Bei Elektromotoren, die mit Frequenzumrichtern betrieben werden, tritt ungewollt die sogenannte Gleichtaktspannung auf. Diese Spannung, die zwischen Welle und Gehäuse anliegt, kann insbesondere bei kleinen Elektromotoren (Achshöhe < 280) zu elektrischen Strömen in gleicher Richtung durch jedes der beiden Lager führen, Bild 3. Die sicherste Möglichkeit, um diese Ströme dauerhaft zu eliminieren, stellen Hybridlager dar, die auf beiden Seiten eingesetzt werden müssen.

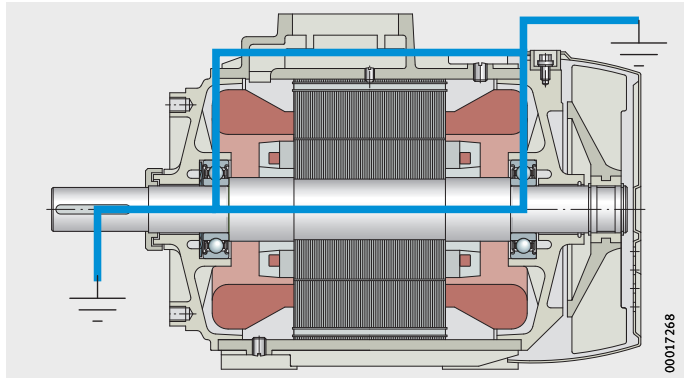


Bild 3
Stromfluss zwischen Welle und Gehäuse

Insutect-beschichtete Lager

Die sehr harte, gut wärmeleitende Oxidkeramik-Beschichtung wird Lager üblicherweise am Außenring aufgebracht. Unterschieden wird bezüglich der erforderlichen Durchschlagsbeständigkeit anhand des definierten Isolationsschutzes entsprechender Schichtdicken. Die Außenabmessungen der stromisolierten Wälzlager entsprechen den nach DIN 616 (ISO 15) genormten Abmessungen und sind somit mit Standardlagern austauschbar. Für den Einsatz in Pumpen hat sich die Insutect A-Beschichtung mit 100 µm Schichtdicke, Nachsetzzeichen J20AB, bewährt. Durch eine spezielle Versiegelung wirkt diese selbst in feuchter Umgebung isolierend. Die ebenfalls am Außenring aufgebrachte Isolierung mit der Bezeichnung J20AA ist doppelt so dick wie die J20AB-Schicht, wodurch eine höhere Sicherheit auch bei hochfrequenten Strömen erreicht werden kann.

- Vorteile
- Hoher Isolationsschutz durch Oxidkeramik-Beschichtung
 - Insutect A J20AB-Schichtdicke 100 µm bis DC 1 000 V
 - Insutect A J20AA-Schichtdicke 200 µm bis DC 3 000 V
 - Insutect-Beschichtungen sind für offene und abgedichtete Rillenkugellager wie auch für Zylinderrollenlager etabliert.
- Beispiel
- Bestellbezeichnung 6316-J20AB-C3

Hybridlager Im kleineren Durchmesserbereich stellen Hybridlager die beste Abhilfemaßnahme gegen Stromdurchgangsschäden dar. Die Ringe der Hybridlager sind aus Wälzlagerstahl, wohingegen die Wälzkörper aus Keramik bestehen. Hier übernehmen die Keramikwälzkörper die Funktion der Stromisolierung. Darüber hinaus bringen Hybridlager weitere Vorteile gegenüber Lagern mit Wälzkörpern aus Stahl mit.

Vorteile

- Optimale Isolierung durch höchsten Widerstand gegen Stromdurchgang
- Höhere Drehzahlen bei geringerer Reibung und Temperaturen im Betrieb
- Bessere Notlaufeigenschaften als Standardlager
- Keramikwälzkörper mit extremer Verschleißfestigkeit

Hybridlager sind durch das Vorsetzzeichen HC gekennzeichnet.

Beispiel ■ Bestellbezeichnung HC6305-C-2Z-C3

Weitere Informationen

- TPI 67, Spezialbeschichtung Corrotect
- TPI 133, Spezial-Beschichtungen
- TPI 186, Höheres Leistungsvermögen durch Beschichtungen
- TPI 206, Stromisolierende Lager
- PEC, Mehr Effizienz für Elektromotoren



Anwendungsbeispiele

- Chemienormpumpe
- Prozesspumpe nach API 610
- Tauchmotorpumpe
- Doppelflutige Pumpe
- Mehrstufige Kreiselpumpe
- Inline-Pumpe
- Wellentauchpumpe
- Mehrstufige Bohrlochpumpe
- Feststoffpumpe
- Elektromotor

Chemienormpumpe

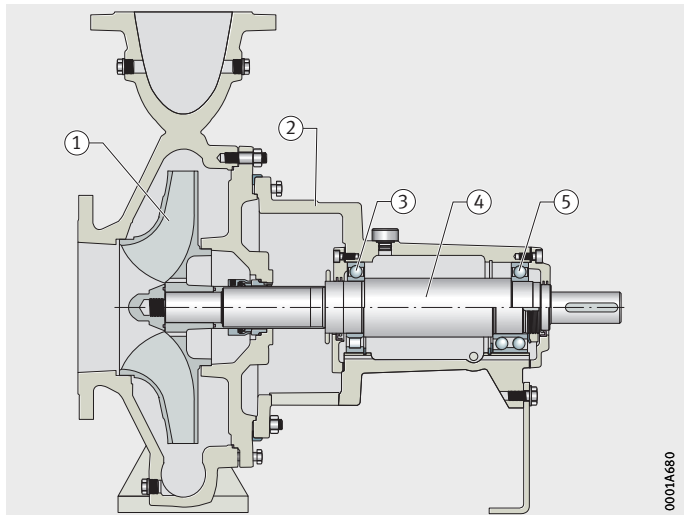
Merkmale

Die Bezeichnung „Chemienormpumpe“ bezieht sich in erster Linie nicht auf das geförderte Fluid, sondern darauf, dass die Pumpen den Anforderungen bezüglich Abmessungen und Nennleistungen der Norm ISO 2858 entsprechen. Häufig müssen Chemienormpumpen jedoch auch weiteren Normen, wie zum Beispiel der ISO 5199 (EN 25199) genügen. Durch diese Vorgaben können die Pumpen unterschiedlicher Hersteller innerhalb eines bestehenden Rohrleitungssystems problemlos eingebaut und gegeneinander ausgetauscht werden.

Zu den vielfältigen Anwendungsgebieten gehören neben der chemischen und petrochemischen Industrie unter anderem auch die Lebensmittelindustrie. Die geförderten Fluide sind somit sehr vielfältig und unterscheiden sich teilweise deutlich in ihren Eigenschaften. Der Aufbau der Pumpe entspricht der einstufigen, einflutigen Kreiselpumpe, *Bild 1*.

- ① Flügelrad
- ② Gehäuse
- ③ Loslager
- ④ Welle
- ⑤ Festlager

Bild 1
Chemienormpumpe



Durch die Normung von Chemienormpumpen ergeben sich gewisse Anforderungen und Einschränkungen, die sich abhängig von der Leistung und Baugröße der Pumpen unterscheiden. Die Vorgaben der Normen wirken sich dabei ebenfalls auf die Lagerstellen aus, so wird zum Beispiel nach ISO 2858 der Durchmesser des Wellenendes und dadurch auch der minimale Lagerdurchmesser in Abhängigkeit von der Nennleistung vorgegeben.

Normalerweise treten neben den Betriebskräften keine zusätzlichen Stöße oder Ähnliches auf. Die Chemienormpumpen werden mit Drehzahlen bis zu $3\,600\text{ min}^{-1}$ betrieben. Die Drehzahl kann jedoch auch über einen optionalen Frequenzumrichter an die aktuellen Anforderungen angepasst werden.

In Normen, wie zum Beispiel EN 22858, liegt der Fokus auf Anschlussmaßen, Austauschbarkeit und Ersatzteilverfügbarkeit. Andere Normen machen darüber hinaus detaillierte Vorgaben zur Gestaltung der Pumpenlagerung. Die ISO 5199, Technical specifications for centrifugal pumps – Class II, und die amerikanische ASME/ANSI B73.1, Specification for Horizontal End Suction Centrifugal Pumps for Chemical Process, sind sich hinsichtlich konstruktiver Vorgaben zu Anschlusskonstruktion und Abdichtung der Lagerung ähnlich.

Vorgaben, die bezüglich der Wälzlagerauslegung und der Gestaltung der Anschlusskonstruktion entsprechend zu berücksichtigen sind:

- Nominelle Lebensdauer $L_{10h} > 17\,500\text{ h}$
- Einhaltung der Grenzwerte für Wellendurchbiegung und Wellenrundlauf durch geeignete Lageranordnung
- Die Lager sind im entsprechenden Gehäuse beziehungsweise der Anschlusskonstruktion mit Wellennutmutter, -schultern und Lagerdeckeln axial definiert zu sichern.

Die Lagerstelle wird mit Labyrinthdichtungen gegen das Eindringen von Verschmutzung geschützt.

Bei der Chemienormpumpe wird üblicherweise eine Fest-Loslagerung verwendet.

Die Aufnahme der radialen Lasten am Loslager kann durch ein in axialer Richtung freigestelltes Rillenkugellager erfolgen. Häufig wird auch ein Zylinderrollenlager in NU-Ausführung eingesetzt, das keinen Bord am Innenring besitzt und somit eine axiale Verschiebbarkeit gewährleistet. Die restlichen radialen und zusätzlich die axialen Kräfte werden durch das Festlager an der Antriebsseite aufgenommen.

Hierzu können zweireihige oder auch paarweise eingebaute einreihige Schrägkugellager verwendet werden. Neben diesem Lagerungskonzept sind auch Sonderlösungen wie eine schwimmende Lagerung mit zwei Rillenkugellagern denkbar. Der Einsatz dieser Anordnung ist im Allgemeinen zwar kostengünstiger, sorgt jedoch auch für eine ungenauere axiale Führung der Welle.

Für die Schmierung der Lagerstellen eignet sich sowohl eine Öl- als auch eine Fettschmierung.

Bei Chemienormpumpen werden eingesetzt:

- Einreihige Rillenkugellager
- Ein- und zweireihige Schrägkugellager
- Zylinderrollenlager

Prozesspumpe nach API 610 für die Anwendung in der Petrochemie

Merkmale

Vor dem Hintergrund von Hochleistungsbetrieb (Heavy-Duty) und Hochtemperaturanwendung stellt die API 610 umfangreiche, enge und hohe Anforderungen an die Gestaltung der Wälzlager.

- Da im Hinblick auf die Förderung von zum Teil gefährlichen Medien keine Leckagen zugelassen werden können, werden spezielle Dichtungslösungen eingesetzt.
- Bezüglich der Abdichtung sind Labyrinthdichtungen für die Lagergehäuse und Gleitringdichtungen für die Pumpengehäuse vorgeschrieben.
- Durch die anspruchsvollen, zum Teil sehr großen Gleitringdichtungen resultiert ein größerer Lagerabstand zum Pumpenrad und damit eine steigende Momentenbelastung.
- Systemlebensdauer > 25 000 h für Nennlast (rated)
- Systemlebensdauer > 16 000 h für Maximallast

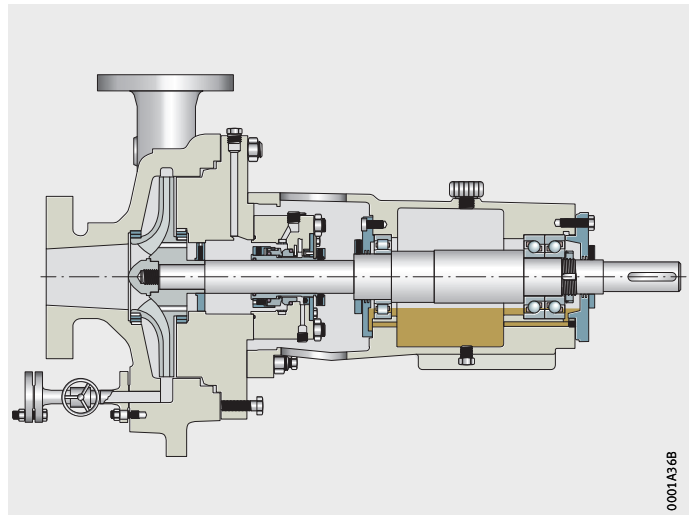


Bild 1
Chemienormpumpe nach API 610

Im dargestellten Beispiel ist das pumpenseitige Loslager dargestellt. Aufgrund der hohen Tragfähigkeit und steifen Lagerausführung wird auf Zylinderrollenlager der Breitenreihe NU2 oder NU3 zurückgegriffen. Da Metallkäfige vorgeschrieben und massive Ausführungen empfohlen werden, kommen Messingmassivkäfige zum Einsatz. Das normkonforme Festlager ist auf der Antriebsseite dargestellt. Hier ein abgepasstes Paar Schrägkugellager in O-Anordnung (in Norm vorgeschrieben!) in der Luftklasse UA oder UB, welches durch den Druckwinkel von 40° bestens für die Aufnahme der Axialkräfte geeignet ist.

Tauchmotorpumpe

Merkmale

Tauchmotorpumpen sind transportable oder stationär eingebaute Kreiselpumpen. Sie fördern möglichst viel Flüssigkeit, bauen aber lediglich einen geringen Druck auf.

Das Einsatzgebiet liegt daher vor allem in der Entnahme und dem Transport von Wasser und Schmutzwasser, zum Beispiel bei der Entwässerung von Gebäuden oder der Wasserentnahme aus Flüssen und Behältern. Hierzu wird die komplette Baueinheit in der Flüssigkeit versenkt, wodurch die Ansaugleitung entfällt.

Tauchmotorpumpen unterscheiden sich vom Grundaufbau einer Kreiselpumpe dadurch, dass sie meist mit einer vertikalen Welle ausgestattet sind, wobei der Antriebsmotor direkt auf dieser angebracht ist (Blockbauweise), *Bild 1*. Der Elektromotor ist konstruktiv gekapselt. Der Antriebsstrang ist ohne Kupplung ausgeführt und der Rotor des Elektromotors läuft auf der Pumpenwelle.

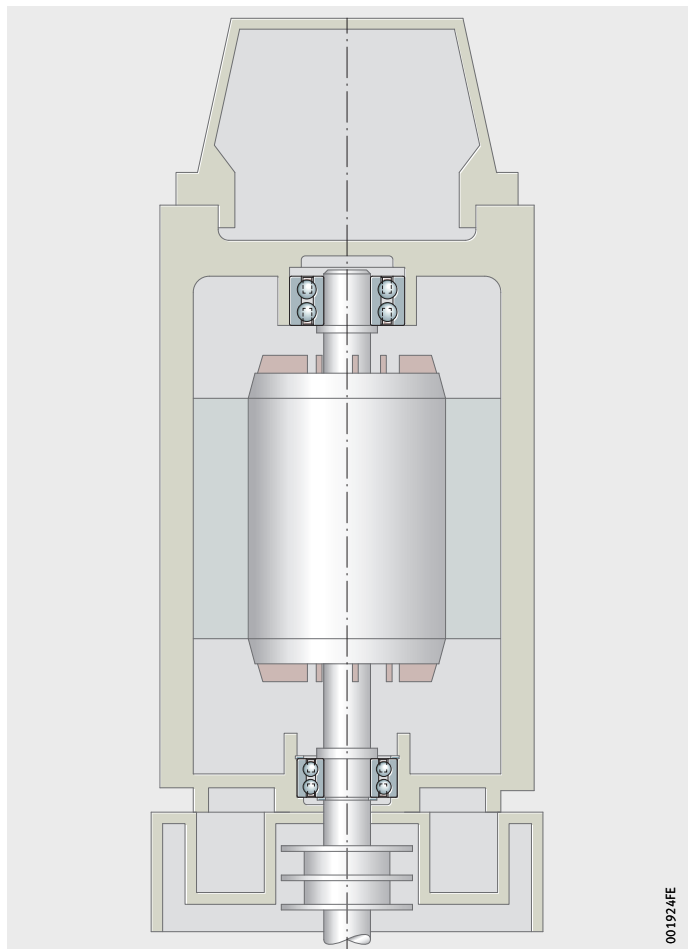


Bild 1
Querschnitt einer
Tauchmotorpumpe

001924FE

Tauchmotorpumpe

Anforderungen an die Wälzlagerauslegung beziehungsweise Ausföhrung:

- Aufgrund des Motorspalts bestehen höhere Anforderungen an die Steifigkeit von Welle und Lagerung.
- Um eine optimale Abstötzung des Rotor zu erreichen, wird dieser zwischen den beiden Lagerstellen angeordnet.

Die relevanten Kräfte für die Lagerung einer Tauchmotorpumpe resultieren einerseits aus dem Betrieb der Pumpe, andererseits aus deren Konstruktion. Während des Betriebs können zusätzlich zu den Belastungen aus der Druckerzeugung auch leichte Stöße durch feststoffbelastetes Abwasser auftreten.

Aus dem konstruktiven Aufbau ergeben sich Axiallasten durch die Gewichtskräfte der vertikalen Welle und den darauf angebrachten Rotor. Der Drehzahlbereich solcher Aggregate reicht üblicherweise bis $3\,600\text{ min}^{-1}$.

Für eine effiziente, zuverlässige und wartungsfreie Lagerung der Welle werden üblicherweise robuste, gebrauchsdauergeschmierte und abgedichtete Lager in einer Fest-Loslageranordnung verwendet.

Im gezeigten Beispiel wird das Festlager an der unteren Lagerstelle mit einem zweireihigen Schrägkugellager ausgeführt. Die geringen Fertigungstoleranzen der Lager sorgen dabei für eine besonders genaue Führung des Laufrads und führen zu geringen Spaltmaßen und somit auch zu reduzierten Verlusten. Durch den Druckwinkel des Schrägkugellagers eignet es sich sehr gut für die Aufnahme der axialen Lasten.

Die Aufgabe des Loslagers übernimmt hier ebenfalls ein zweireihiges Schrägkugellager, jedoch axial freigestellt. Durch diese Freistellung wird eine Verschiebbarkeit des Lagers bei einer thermischen Dehnung der Welle ermöglicht.

Durch die identische Lagerausführung ergeben sich Vorteile in Bezug auf das Thema Standardisierung. Ein Alternative für eine perfekte Loslagerfunktion wäre ein Zylinderrollenlager. Zu beachten ist hier allerdings die niedrige Radiallast. Um Schlupfgefahr zu vermeiden, sollte eine schmale Baureihe gewählt werden. Hier ist die Reihe NU10 durch die nicht verstärkte Ausführung entsprechend dem Nachsetzzeichen -E gut geeignet.

Bei kleineren Pumpen sind die Lager in diesen Anwendungen abgedichtet und gebrauchsdauergeschmiert, bei größeren Aggregaten sind Nachschmiermöglichkeiten für die Lagerstellen nötig. Eine Ölschmierung ist aufgrund der vertikalen Welle normalerweise nicht möglich.

Übliche Wälzlagerbauformen für Tauchmotorpumpen sind:

- Einreihige Rillenkugellager
- Ein- und zweireihige Schrägkugellager
- Zylinderrollenlager

Doppelflutige Pumpe

Merkmale

Bei der doppelflutigen (zweiflutigen) Pumpe sind zwei einflutige Laufräder Rücken an Rücken angeordnet und verbessern durch diese Symmetrie das Saugverhalten der Pumpe, *Bild 1*. Die Förderhöhe bleibt durch die Parallelschaltung konstant, der Volumenstrom verdoppelt sich jedoch.

Eine doppelflutige Pumpe kann im Vergleich zu einer einflutigen Pumpe bei wesentlich geringeren Zulaufdrücken betrieben werden. Einsatz findet diese Bauart zum Beispiel in Pipelines für die Trinkwasserversorgung, in der Kühlwasserversorgung, aber auch in Fernwärmenetzen oder im Brandschutz.

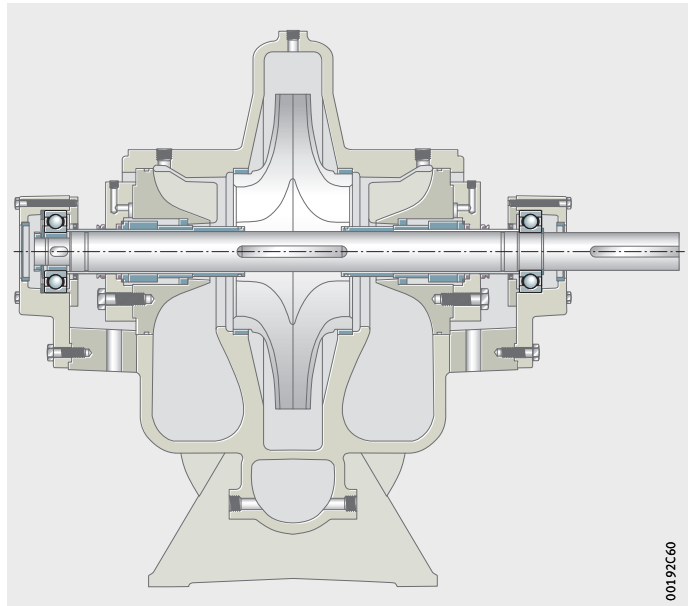


Bild 1
Querschnitt einer
doppelflutigen Pumpe

Anforderungen an Pumpendesign und Wälzlagerauslegung:

- Höchste Ansprüche an Betriebssicherheit
- Minimaler Wartungsaufwand
- Doppelspiralgehäuse zur Minimierung der radialen Hydraulikkräfte
- Längsgeteiltes Gehäuse für eine effiziente Instandhaltung. Es ermöglicht die Öffnung ohne Demontage von Antriebsstrang, Lagerung und Verrohrung.
- Beidseitig abgestützter Impeller für niedrigste Wellendurchbiegung
- Minimaler Dichtungsverschleiß
- Hohe Lebensdauer der Wälzlager

Doppelflutige Pumpe

Durch den symmetrischen Aufbau des Laufrads gleichen sich die axialen Kräfte nahezu vollständig aus. Die höhere Laufradmasse kann, speziell bei größeren Pumpen, zu einer verstärkten Wellendurchbiegung führen.

Der Einsatz eines Doppelspiralgehäuses im gezeigten Beispiel sorgt für eine reduzierte Durchbiegung der Welle und verringert die auftretenden Radiallasten. Bei sachgerechter Installation der Anlagen ist mit einem gleichmäßigen, stoßfreien Betrieb der Pumpen zu rechnen.

Im Gegensatz zur fliegenden Lagerung der Tauchmotor- und Chemienormpumpe befindet sich das Laufrad der zweiflutigen Pumpe üblicherweise zwischen beiden Lagerstellen.

Die auftretenden Radiallasten verteilen sich daher gleichmäßiger auf die jeweiligen Lager. Durch die oben beschriebene Symmetrie des Laufrads betragen die Axiallasten nahezu Null. Als Lagerungskonzept eignet sich für zweiflutige Pumpen eine Kombination aus Fest- und Loslager.

Das Festlager kann aufgrund der geringen axialen Belastung sowohl an der Antriebs- als auch an der Pumpenseite angebracht werden.

Für geringere Belastungen können einreihige Rillenkugellager an beiden Lagerstellen eingesetzt werden, da diese durch die großzügig dimensionierten Wellendurchmesser über den vorgegebenen Bohrungsdurchmesser ausreichende Tragzahlen aufweisen.

Um eine Verschiebbarkeit an der Loslagerseite zu gewährleisten, muss das entsprechende Lager dort in axialer Richtung freigestellt werden. Treten größere Kräfte auf, werden ein- oder zweireihige Schrägkugellager als Festlager verwendet.

Bezüglich der Schmierung sind Ölsumpf mit Ringölschmierung oder auch Fettschmierung üblich, wobei hier eine Nachschmierung vorgesehen wird. Besonders eignet sich hier der Einsatz der Schaeffler Schmierstoffgeber CONCEPT.

Übliche Lagerbauformen für zweiflutige Pumpen sind:

- Einreihige Rillenkugellager
- Ein- und zweireihige Schrägkugellager

Neben diesen Wälzlagern sind auch weitere Lagerlösungen, zum Beispiel mit geteilten Lagerringen für eine einfachere Montage bei großen Pumpen, möglich. Diese werden auf die jeweiligen Anforderungen abgestimmt und speziell dafür ausgelegt. Kontaktieren Sie hierfür den Schaeffler Außendienst.

Mehrstufige Kreiselpumpe

Merkmale

Mehrstufige Kreiselpumpen kommen in der Prozesstechnik zum Einsatz um höchste Drücke zu realisieren. Hierzu werden mehrere Stufen einstromig in Reihe geschaltet, modular auf einer Pumpenwelle angeordnet und durch Zuganker verbunden. Da sich die Hydraulikkräfte der einzelnen Stufen summieren, können diese ab einem gewissen Verhältnis nicht mehr von einer Axiallagerung getragen werden. Dies wird deshalb konstruktiv umgangen, indem die Pumpenräder aufeinanderfolgender Stufen gegenläufig (back-to-back) angeordnet werden, was allerdings eine aufwendigere Führung des Stroms erforderlich macht. Alternativ dazu kann ein Ausgleichmechanismus vorgesehen werden, um die Axialkräfte auf die Lager zu relativieren.

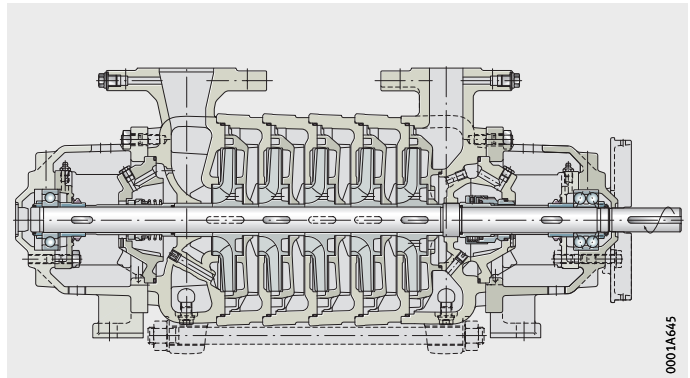


Bild 1
Querschnitt einer
mehrstufigen Kreiselpumpe

Im Beispiel ist das konstruktiv mit einem druckseitigen Dichtungsspalt im Radseitenraum und Ausgleichsbohrungen im Impeller gelöst, *Bild 1*. Durch einen guten Schubausgleich sind die Anforderungen an die Lager überschaubar. Allerdings erfordert die lange Pumpenwelle eine beidseitige Lagerung, welche als Fest-Loslagerung mit einem Rillenkugellager und zwei Schrägkugellagern ausgeführt ist.

Beim Loslager, im Beispiel links, Rillenkugellager der Reihe 63 oder 62 mit im Gehäuse schiebendem Außenring, ist auf eine geeignete Passungswahl zu achten.

Beim Festlager kommen, abhängig von den Anforderungen, zweireihige Schrägkugellager oder einreihige Schrägkugellager in angepasster Ausführung in Frage. Die dargestellten, zweireihigen Schrägkugellager können mit CN-Luft bei fester Passung mit geringem Lagerspiel bis leichter Vorspannung betrieben werden und ermöglichen so eine enge axiale Führung der Pumpenlaufräder im Gehäuse.

Inline-Pumpe

Merkmale Bei Inline-Pumpen liegen Saug- und Druckrohr mit Stutzen in einer Linie. Verwendet werden Sie als Rohrleitungspumpen in der Gebäudetechnik oder der Industrie.

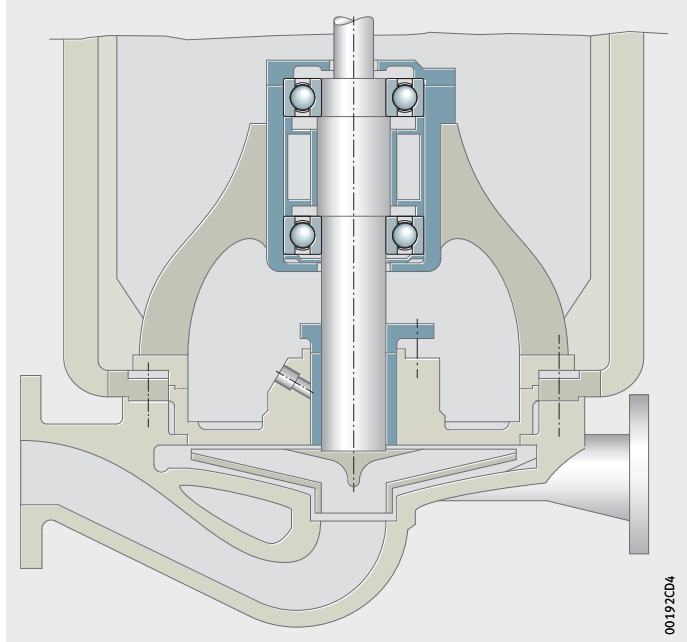


Bild 1
Lagerung einer Inline-Pumpe

Anforderungen an die Wälzlagerauslegung:

- Pumpen mit starrer Kupplung nutzen die Lagerung des E-Motors gegebenenfalls in verstärkter Ausführung für eine bessere Aufnahme von Axiallast oder Querkräften.
- Bei Verwendung einer flexiblen Kupplung, wie zum Beispiel API-Klasse OH3 vertical Inline-Pumpe, wird eine eigene Pumpenlagerung erforderlich.
- Eignung für flexible Montage der Pumpe, sowohl in horizontaler wie auch in vertikaler Anordnung.

Das Beispiel zeigt eine Lagerung mit zwei Rillenkugellagern der 63er-Baureihe. Sowohl das Loslager mit im Gehäuse schiebendem Außenring als auch das Festlager zur Aufnahme der Axialkräfte sind for-life-gefettet und mit 2Z-Dichtungen abgedichtet. Diese Ausführung ist bei üblichen Anforderungen meist ausreichend. Zudem bietet die Fettschmierung, im Gegensatz zur Ölschmierung, den Vorteil, dass die Montage ohne konstruktive Änderungen horizontal oder vertikal erfolgen kann. Für das Lager zum Pumpenrad ist eine Federanstellung vorgesehen, um dieses bei Montage spielfrei einzustellen.

Wellentauchpumpe

Merkmale Die bei vertikalen Eintauchpumpen verlängerte Pumpenwelle ermöglicht das Eintauchen des Pumpenrads in die Flüssigkeit, wobei die Pumpe selbst weit oberhalb, zum Beispiel auf einem Schacht montiert wird. Da die Pumpe nicht komplett versenkt wird, entfallen aufwändige Wellendichtungen gegen Eindringen des Mediums.

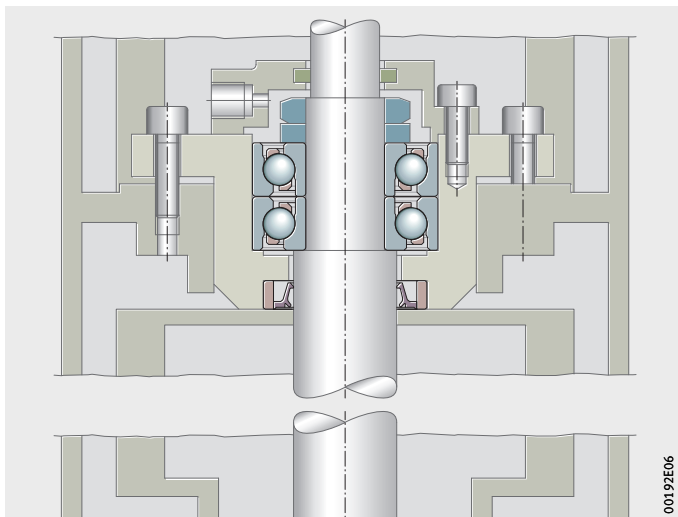


Bild 1
Lagerung einer Wellentauchpumpe

Anforderungen an Pumpe und Wälzlager:

- Förderung aggressiver Medien
- Aufgrund hoher Kippmomente verstärkte, üppig dimensionierte Pumpenwelle

Das Beispiel zeigt das Festlager auf der Antriebsseite (obere Position). Die Schrägkugellager der 73er-Baureihe in Universal- ausführung und O-Anordnung der Luftklasse UA oder UB sind durch den Druckwinkel von 40° gut für die Aufnahme der Axialkräfte geeignet. Das Loslager, ein Zylinderrollenlager NU10 in der unteren Position, bietet neben der bauformbedingten, radialen Steifigkeit eine axialkraftfreie Loslagerfunktion.

Aufgrund der vertikalen Anordnung sind die Lager fettgeschmiert, wobei eine entsprechende Nachschmiermöglichkeit vorzusehen ist. Besonders eignet sich hier der Einsatz der Schaeffler Schmierstoff- geber CONCEPT.

Mehrstufige Bohrlochpumpe

Merkmale Bohrlochpumpen sind mehrstufig ausgeführte Wellentauchpumpen für einen tief unter Flur gelegenen Pumpensumpf. Ihr Einsatzbereich sind Bewässerung, Wasserentnahme, Kühltürme und dergleichen.

Anforderungen an Pumpe und Wälzlager:

- Die lange Pumpenwelle erfordert eine Zwischenabstützung der Radialkraft. Konstruktiv wird dies mit wassergeschmierten Gleitbuchsen gelöst.
- Üblich ist eine starre Kupplung am Antrieb.
- Die hohe axiale Gewichtskraft des Rotors, wie auch die axiale Hydraulikkraft, wird meist in der Motorlagerung aufgenommen.

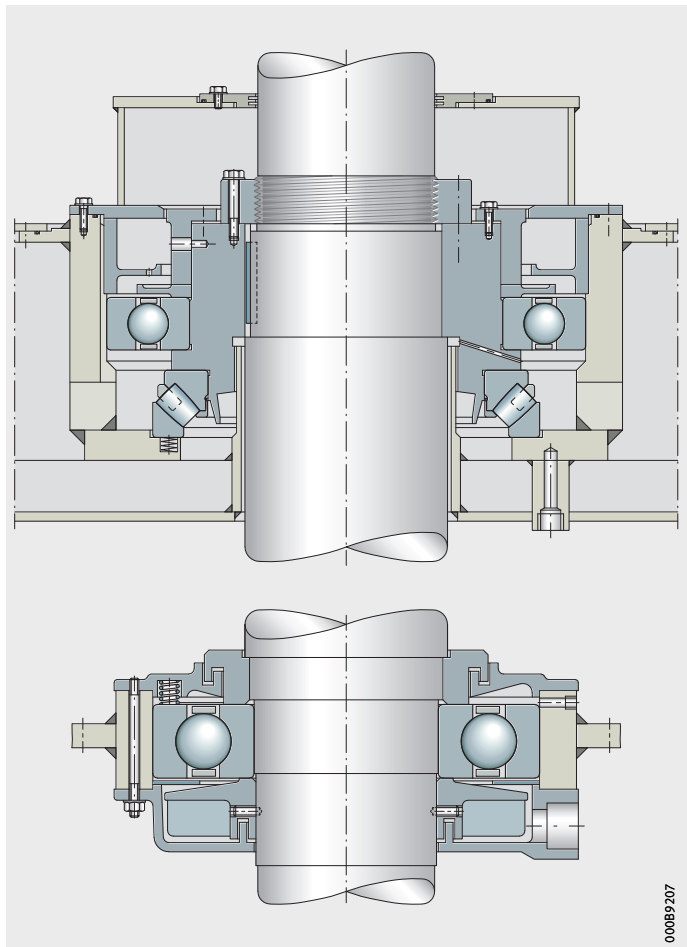


Bild 1
Lagerung einer Bohrlochpumpe

000B9207

Die dargestellte Motorlagerung wird in Flanschlagereinheiten am Motorgehäuse ausgeführt. Um die hohen Axialkräfte in Hauptlastrichtung sicher aufnehmen zu können, werden Axialpendelrollenlager mit sehr hoher axialer Tragfähigkeit in der oberen Position montiert. Um die radiale Führungsgenauigkeit zu erreichen, ist zusätzlich ein Rillenkugellager erforderlich. Axialpendelrollenlager bieten viele Vorteile, allerdings ist aufgrund ihrer Kinematik eine Ölschmierung erforderlich, was eine aufwändige Gehäusekonstruktion zur Abdichtung und Ölförderung beider Lager dieser Lagerstelle erforderlich macht. In der unteren Position sind für die axiale Gegenführung sowie die radiale Führung der Motorkräfte federangestellte Rillenkugellager eingesetzt. Die Federanstellung ist hier für einen spielfreien Betrieb erforderlich.

Schaeffler liefert Herstellern von E-Maschinen projektspezifisch konstruierte, ölgeschmierte Flanschlagereinheiten. Diese bieten den Vorteil eines ganzheitlichen Konzepts, da neben dem Gehäuse auch die Wälzlager, die Schmierung und die Dichtungslösung betrachtet werden.

Weitere Informationen

- TPI 152, Flanschlager-Gehäuseeinheiten für große elektrische Maschinen

Feststoffpumpe

Merkmale Feststoffpumpen sind zum Teil sehr große Aggregate, um hohe Fördervolumen für Fluide mit Feststoffanteilen zu realisieren. Eingesetzt werden diese unter anderem in der Nassbaggerei, der Fördertechnik oder im Bergbau.

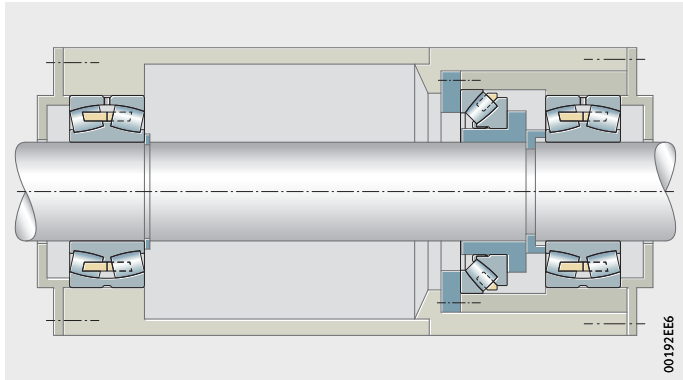


Bild 1
Lagerung einer Feststoffpumpe

Anforderungen an Pumpe und Wälzlager:

- Hohe gewichts- und verschleißbedingte Unwuchtkräfte sowie Stoßbelastung
- Robuste Lagerung in eigenem Lagergehäuse

Aufgrund der hohen radialen Belastungen und fliegenden Lageranordnung wird die Fest-Loslagerung mit zwei Radialpendelrollenlagern ausgeführt, wobei das Loslager radial frei im Gehäuse montiert wird. Die Festlagerstelle mit separater, federvorgespannter Axiallagerung erfolgt mittels Axialpendelrollenlagern in Hauptlastrichtung. Die Vorspannung ist zur Sicherstellung der Mindestlast im lastfreien Betrieb erforderlich. Die axiale Gegenführung bei Lastwechseln übernimmt das Radialpendelrollenlager. Eine Alternative sind kombiniert axial-radial belastete zweireihige Kegelrollenlager.

Elektromotor

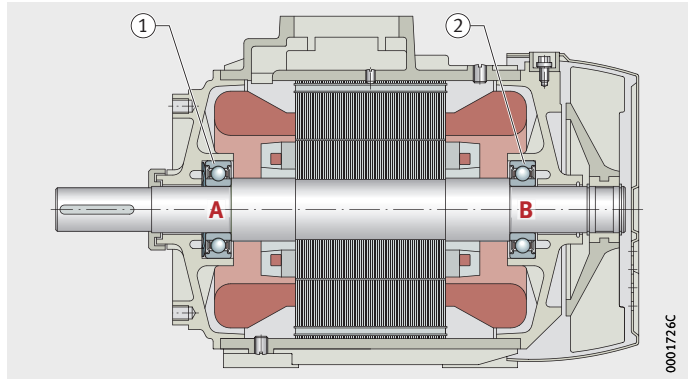
Merkmale

Auf der Belüftungsseite eines stromrichter gespeisten Drehstrommotors sind ein stromisoliertes Rillenkugellager FAG 6316-J20AB-C3 und auf der Antriebsseite ein Rillenkugellager FAG 6320-C3 eingebaut, *Bild 1*. Durch das stromisolierte Rillenkugellager erfolgt die Unterbrechung des Stromflusses, der durch die induzierte Spannung längs der Welle erzeugt wird. Beide Lager werden mit Fett geschmiert. Im dargestellten Beispiel ist eine Nachschmiereinrichtung vorgesehen, wofür unsere Schmierstoffgeber CONCEPT besonders geeignet sind.

A = Antriebsseite
B = Lüfterseite

- ① Rillenkugellager FAG 6320-C3
- ② Rillenkugellager FAG 6316-J20AB-C3

Bild 1
Drehstrommotor



In diesem Beispiel wird das Thema stromisoliertes Lager betrachtet. Ein Großteil der Lagerungen in Elektromotoren wird mit abgedichteten, for-life-gefetteten Kugellagern der 60er- und 62er-Baureihe in Kombination mit einer Radialluft C3 und spezieller Befettung realisiert. Da auch die stromisolierten Ausführungen mit Nachsetzzeichen J20AB beziehungsweise auch J20AA Bestandteil des Portfolios im Schaeffler Store sind, muss die Verfügbarkeit auch bei kleineren Bedarfen, insbesondere auch im Aftermarket, sichergestellt werden.

**Schaeffler Technologies
AG & Co. KG**

Georg-Schäfer-Straße 30
97421 Schweinfurt
Deutschland
www.schaeffler.de
info.de@schaeffler.com

In Deutschland:
Telefon 0180 5003872
Aus anderen Ländern:
Telefon +49 9721 91-0

Alle Angaben wurden von uns sorgfältig erstellt und geprüft, jedoch können wir keine vollständige Fehlerfreiheit garantieren. Korrekturen bleiben vorbehalten. Bitte prüfen Sie daher stets, ob aktuellere Informationen oder Änderungshinweise verfügbar sind. Diese Publikation ersetzt alle abweichenden Angaben aus älteren Publikationen. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.
© Schaeffler Technologies AG & Co. KG
TPI 270 / de-DE / DE / 2022-03