

Schaeffler-Lösungen für Flüssigkeitspumpen

Auslegung, Instandhaltung und Service

Technische Produktinformation

Vorwort

Schaeffler ist ein weltweit führender Anbieter von Wälzlagern, Gleitlagern, lagerspezifischem Zubehör sowie umfangreichen Serviceprodukten und Serviceleistungen. Schaeffler bietet Lösungen mit rund 225000 Produkten für mehr als 40000 Kunden an und verfügt über ein extrem breites Portfolio, das Anwendungsfälle aus über 60 Industriebranchen sicher abdeckt.

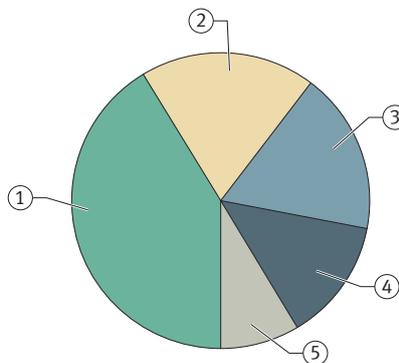
Wirtschaftliche Lösungen

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. Bei der Auslegung liegt der Fokus auf den Produktkosten und Aggregatskosten. Das Thema Total Cost of Ownership (TCO) ist speziell für die Anlagenbetreiber von großem Interesse. Genau abgestimmte Systemlösungen auf Basis von hochwertigen Standardlagern sind deshalb wichtig. Die kontinuierliche Weiterentwicklung des Produktportfolios durch Schaeffler ist auch während des Betriebs ein Vorteil.

Industriesektoren

Pumpen müssen jederzeit betriebssicher und effizient arbeiten – egal wo! Dabei übernimmt die entsprechende Lagerung eine tragende Rolle. Je nach Einsatzgebiet, Anwendung und konstruktivem Aufbau ergeben sich 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 Industriesektoren (Quelle: Oxford Economics, Global Pump Market Prognose 2019)



0018F97E

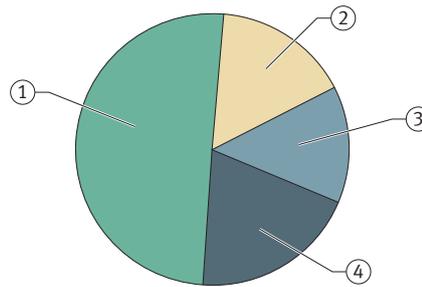
1	Wasser und Abwasser	2	Allgemeine Industrie
3	Öl und Gas	4	Chemische Industrie
5	Kraftwerke		

Pumpenbauformen

Prinzipiell unterscheiden sich Pumpen nach ihrem Funktionsprinzip. Die vom Elektromotor 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.

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



0018EFAF

1	Kreiselpumpen	2	Hubkolbenpumpen
3	Umlaufverdrängerpumpen	4	Sonstige

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 der Anwendungstechnik und des Außendienstes von Schaeffler stehen weltweit als Entwicklungspartner zur Seite, damit Elektromotoren 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 den Betriebsbedingungen gibt es viele weitere Faktoren mit besonderer Bedeutung für die optimale Auswahl der Wälzlager.

Instandhaltung und Service

Die Dienstleistungen und Instandhaltungsprodukte von Schaeffler sorgen für eine Rundumversorgung während des laufenden Betriebs:

- Premiumschmierstoffe, die optimal auf die Maschine abgestimmt sind
- intelligente Schmierstoffgeber, mit denen alle in den Maschinen verbauten Wälzlager bedarfsgerecht mit Schmierstoffen versorgt werden
- Geräte für das Condition Monitoring, die Störungen identifizieren, lange bevor sie sich akustisch oder durch einen Temperaturanstieg bemerkbar machen

Produktinformationen

In medias und 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 Umgebungs-konstruktion 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.

Weitere Informationen

HR 1 | Wälzlager |

<https://www.schaeffler.de/std/1D3D>

medias | Produktkatalog |

medias.schaeffler.com

medias | Stromisolierende Wälzlager

<https://www.schaeffler.de/std/2024>

medias | Flüssigkeitspumpen

<https://www.schaeffler.de/std/2025>

Inhaltsverzeichnis

1	Lagerauswahl und Lagerauslegung.....	9
1.1	Grundlagen und Anforderungen	9
1.1.1	Grundlagen	9
1.1.2	Wellendichtungen	10
1.1.3	Anforderungen	11
1.1.4	Weitere Informationen.....	14
1.2	Konformität mit Normen und Standards	14
1.3	Wahl der Lageranordnung	14
1.3.1	Übliche Lageranordnungen für Kreiselpumpen	14
1.3.2	Arten von Lagerungen.....	16
1.3.3	Angestellte Lagerung	16
1.3.4	X-Anordnung und O-Anordnung.....	16
1.3.5	Elastische Anstellung	17
1.3.6	Schwimmende Lagerung	17
1.3.7	Fest-/Loslagerung	18
1.3.8	Axiale Befestigung der Lager	20
1.3.9	Wellentoleranzen	21
1.3.10	Radiale und axiale Lagerluft	22
1.3.11	Betriebsspiel	22
1.4	Dynamische Tragfähigkeit und Lebensdauer	23
1.4.1	Dimensionierung von Wälzlagern.....	23
1.4.2	Berechnung der Lebensdauer	24
1.4.3	Gebrauchsdauer	24
1.5	medias – Produktinformationen einfach finden	25
1.5.1	Was ist medias?	25
1.5.2	medias Business.....	25
1.5.3	Engineering Tools	26
1.6	Bearinx-online Easy Pump.....	27
1.6.1	Bearinx-online Easy Pump	27
1.6.2	Berechnungsergebnisse	28
1.6.3	Radiale Verlagerung	28
1.7	Berechnungsbeispiel Bearinx-online Easy Pump.....	28
1.8	Wälzlagerschmierung und Schmierstoffe für Pumpen und Elektromotoren.....	30
1.8.1	Grundlagen	30
1.8.2	Wahl der Schmierungsart	31
2	Wälzlager für Flüssigkeitspumpen.....	35
2.1	Einreihige Rillenkugellager	35
2.1.1	Radial und axial belastbar	36
2.1.2	Betriebstemperatur	36
2.1.3	Schmierung.....	36
2.1.4	Lagerbezeichnung	37
2.1.5	Weitere Informationen.....	37
2.2	Einreihige Schrägkugellager	38
2.2.1	X-life	38
2.2.2	Belastbarkeit.....	38
2.2.3	Betriebstemperatur	39
2.2.4	Schmierung.....	39
2.2.5	Lagerbezeichnung	40
2.2.6	Weitere Informationen.....	40

2.3	Zweireihige Schrägkugellager	41
2.3.1	X-life	41
2.3.2	Belastbarkeit	42
2.3.3	Betriebstemperatur	42
2.3.4	Schmierung	42
2.3.5	Lagerbezeichnung	43
2.3.6	Weitere Informationen	43
2.4	Einreihige Zylinderrollenlager	44
2.4.1	X-life	44
2.4.2	Loslager	45
2.4.3	Betriebstemperatur	45
2.4.4	Abdichtung	45
2.4.5	Schmierung	45
2.4.6	Lagerbezeichnung	46
2.4.7	Weitere Informationen	46
2.5	Pendelrollenlager	47
2.5.1	X-life	47
2.5.2	Belastbarkeit	48
2.5.3	Ausgleich von Winkelfehlern	48
2.5.4	Betriebstemperatur	48
2.5.5	Abdichtung	48
2.5.6	Schmierung	48
2.5.7	Lagerbezeichnung	49
2.5.8	Weitere Informationen	50
2.6	Axial-Pendelrollenlager	50
2.6.1	X-life	51
2.6.2	Belastbarkeit	51
2.6.3	Ausgleich von Winkelfehlern	51
2.6.4	Betriebstemperatur	52
2.6.5	Abdichtung	52
2.6.6	Schmierung	52
2.6.7	Käfige	52
2.6.8	Lagerbezeichnung	53
2.6.9	Weitere Informationen	53
2.7	Kegelrollenlager	54
2.7.1	X-life	54
2.7.2	Belastbarkeit	55
2.7.3	Ausgleich von Winkelfehlern	55
2.7.4	Betriebstemperatur	56
2.7.5	Abdichtung	56
2.7.6	Schmierung	56
2.7.7	Käfige	56
2.7.8	Lagerbezeichnung	57
2.7.9	Weitere Informationen	57
2.8	Vierpunktlager	57
2.8.1	X-life	58
2.8.2	Belastbarkeit	58
2.8.3	Betriebstemperatur	59
2.8.4	Abdichtung	59
2.8.5	Schmierung	59
2.8.6	Lagerbezeichnung	59
2.8.7	Weitere Informationen	59
2.9	Nadellager	60

2.9.1	X-life	60
2.9.2	Belastbarkeit.....	61
2.9.3	Ausgleich von Winkelfehlern	61
2.9.4	Betriebstemperatur	61
2.9.5	Abdichtung.....	61
2.9.6	Lagerbezeichnung	62
2.9.7	Weitere Informationen.....	62
2.10	Beschichtungen für Wälzlager	63
2.10.1	Beschichtungen.....	63
2.10.2	Stromisolierende Lager als Prävention	64
2.10.3	Standard-Einsatzempfehlung	66
2.10.4	Weitere Informationen.....	66
3	Instandhaltung und Services	67
3.1	Condition Monitoring.....	67
3.1.1	Schaeffler OPTIME.....	67
3.1.2	Schaeffler SmartCheck	69
3.1.3	ProLink Condition Monitoring System (CMS)	70
3.2	Nachschmiersysteme.....	71
3.2.1	CONCEPT	71
3.2.2	Schaeffler OPTIME.....	74
3.2.3	OPTIME C1.....	75
3.3	Montage und Service von Wälzlagern	76
3.3.1	Montage einfach gemacht.....	76
3.3.2	Services.....	77
3.3.3	Trainings.....	78
3.4	Typische Schadensbilder und Abhilfemaßnahmen	78
3.4.1	Abdichtung.....	80
3.4.2	Stromdurchgang	81
3.4.3	Schmierung.....	81
3.4.4	Zu hohe Last	82
3.4.5	Zu geringe Last.....	82
3.4.6	Konstruktive Gegebenheiten.....	83
3.4.7	Montage	84
4	Anwendungsbeispiele.....	85
4.1	Chemienormpumpe.....	85
4.2	Prozesspumpe nach API 610.....	87
4.3	Tauchmotorpumpe	88
4.4	Doppelflutige Pumpe	90
4.5	Mehrstufige Kreiselpumpe.....	92
4.6	Inline-Pumpe.....	93
4.7	Wellentauchpumpe	94
4.8	Mehrstufige Bohrlochpumpe.....	95
4.9	Feststoffpumpe.....	96
4.10	Drehstrommotor	97

1 Lagerauswahl und Lagerauslegung

1.1 Grundlagen und Anforderungen

1.1.1 Grundlagen

Abhängig von der Konstruktion des Pumpenlaufrads wird zwischen Radialkreiselumpen, Axialkreiselumpen und Halbaxialkreiselumpen unterschieden. Die Bauform hat maßgeblichen Einfluss auf die Richtung und die Größe der wirkenden Kräfte. Grundlage für die rechnerische Auslegung der Lagerung sind die Betriebsdaten, z. B. die wirksamen Lagerkräfte, Drehzahlen und Schmierungsbedingungen. Zur Bestimmung der Lagerkräfte müssen im Rahmen der Pumpenauslegung die auf das Pumpenlaufrad wirkenden Kräfte aus Axialschub und Radialschub der Pumpe ermittelt werden. Axialschub und Radialschub setzen sich aus Hydraulikkräften, Antriebskräften sowie Gewichtskräften und Trägheitskräften zusammen.

Axialkraft

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

Der Druckunterschied zwischen Saugseite und Druckseite bewirkt eine Axialkraft auf den Rotor, die 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 bezogen auf 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 offenes, halboffenes oder geschlossenes Laufrad 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 Einlass 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 Laufrads mit dem Spiralgehäuse. Durch tangentielle Anordnung des Druckstutzens 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 2 um 180° versetzten Spiralkanälen, die in einem Druckstutzen zusammengeführt werden, können gleichmäßigere Strömungen mit niedrigerem hydraulischen Radialschub ausgebildet werden.

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

Weitere Antriebskräfte

Je nach Gestaltung des Antriebsstrangs sind verschiedene Antriebskräfte zu berücksichtigen, z. B. Kupplungskräfte, Riemenzug oder Magnetzug. Anhand der entsprechenden Lageranordnung können aus dem Axialschub und Radialschub die wirksamen Lagerkräfte errechnet werden, die für eine Dimensionierung der Lager benötigt werden. Darüber hinaus gibt es vielfältige weitere Anforderungen, die bei der Auswahl der Lagerungen entsprechend zu berücksichtigen sind.

1.1.2 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 durch separate Dichtungen im Lagergehäuse ausgeführt. Die zur Abdichtung gegen Druck verwendeten Stopfbuchsen, Radialdichtungen oder Gleitringdichtungen können technisch sehr aufwendig werden und sind ein maßgeblicher Kostenfaktor in der Konstruktion. Als Verschleißteile sind Dichtungen oftmals kritische Bauteile und sie 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. Mit dem Modul Easy Pump von Bearinx-online lässt sich die Wellenführung bereits in der Auslegungsphase überprüfen.

Aufwendigere Gleitringdichtungen benötigen zusätzlichen Bauraum und das bedeutet vergrößerte Lagerabstände von Pumpenrad und zusätzliche Momentenbelastung für die Lager.

1.1.3 Anforderungen

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

Anforderungen an Elektromotorenlagerungen:

- Betriebsbedingungen wie Belastung, Drehzahl, Temperatur
- Lebensdaueranforderungen
- Wellenanordnung und Einbauraum
- Schwingungsverhalten und Geräuschverhalten
- reibungsoptimiertes Design mit optimaler Abdichtung
- Schmierung (Temperatur, Geräusch, Fettgebrauchsdauer)
- Stromisolierung, insbesondere bei frequenzumrichter-gesteuerten Elektromotoren

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)

Anwendungsspezifische, weitergehende Anforderungen an die Wälzlager:

- längere Nachschmierintervalle bis hin zur Lebensdauerschmierung
- Korrosionsbeständigkeit
- energieeffiziente, reibungsoptimierte Wälzlager und Gesamtlösungen
- Eignung für höheren Temperaturbereich
- Mediensmierung
- Produkte und Services zur Wartung und Montage
- automatische Nachschmiersysteme z. B. mit Schaeffler CONCEPT
- kostengünstige Zustandsüberwachung, z. B. mit OPTIME beziehungsweise dem OPTIME Ecosystem

1 Anforderungen an die Wälzlager in Flüssigkeitspumpen

Anforderungen an die Wälzlager in Flüssigkeitspumpen	Rillenkugellager	Zylinderrollenlager	Schräggugellager	zweireihige Schräggugellager
	Generation C	X-life	X-life	X-life
geräuscharm	++	+	++	++
geringe Reibung	++	+	++	++
hohe Drehzahl ¹⁾	++	+	++	++
Stromisolierung durch Keramik-Wälzkörper HC	++ ²⁾	◇	◇	◇
Stromisolierung durch Beschichtung, z. B. J20GA	++	++	+	+
Radiallast	+	++	+	+
einseitige Axiallast	+	+ ³⁾	++	+
Axiallastaufnahme in beide Richtungen	+	+ ⁴⁾	-	++
hohe Temperaturen T ⁵⁾	◇	◇	◇	◇
hohe Dichtwirkung	++	◇	++	++
for-life-Schmierung	++	◇	++	++
lange Nachschmierintervalle, Fettgebrauchsdauer	++	+	++	++

- ++ gut geeignet
- + geeignet
- nicht geeignet
- ◇ nicht relevant

- 1) Drehzahlkennwert $n \cdot d_M > 500000$
- 2) speziell bei kleineren Außendurchmessern $D < 110$ mm
- 3) nur Bauform NJ, NUP
- 4) nur Bauform NUP
- 5) $T > +80$ °C

2 Anforderungen an die Wälzlager in Flüssigkeitspumpen

Anforderungen an die Wälzlager in Flüssigkeitspumpen	Pendelrollenlager	Kegelrollenlager	Vierpunktlager	Nadellager	Keramik-Wälzkörper
	X-life	X-life	X-life	X-life	X-life
geräuscharm	-	-	++	+	++
geringe Reibung	-	-	++	+	++
hohe Drehzahl ⁶⁾	-	+	+	+	++
Stromisolierung durch Keramik-Wälzkörper HC	◇	◇	◇	◇	++
Stromisolierung durch Beschichtung, z. B. J20GA	+	+	+	+	◇
Radiallast	++	++	-	++	◇
einseitige Axiallast	+	++	++	-	◇
Axiallastaufnahme in beide Richtungen	+	-	++	-	◇
hohe Temperaturen T ⁷⁾	◇	◇	◇	◇	++
hohe Dichtwirkung	◇	◇	◇	◇	◇
for-life-Schmierung	◇	◇	◇	◇	++
lange Nachschmierintervalle, Fettgebrauchsdauer	-	+	+	+	++

- ++ gut geeignet
- + geeignet
- nicht geeignet
- ◇ nicht relevant

- 6) Drehzahlkennwert $n \cdot d_M > 500000$
- 7) $T > +80$ °C

3 Anforderungen an die Wälzlager in Flüssigkeitspumpen

Anforderungen an die Wälzlager in Flüssigkeitspumpen	Dichtung		Käfig	
	nicht berührend, z. B. 2Z	berührend, z. B. 2HRS	Metall	Kunststoff
geräuscharm	+	◇	+	++
geringe Reibung	+	◇	+	++
hohe Drehzahl ⁸⁾	+	-	++	++
Stromisolierung durch Keramik-Wälzkörper HC	◇	◇	◇	◇
Stromisolierung durch Beschichtung, z. B. J20GA	◇	◇	◇	◇
Radiallast	◇	◇	◇	◇
einseitige Axiallast	◇	◇	◇	◇
Axiallastaufnahme in beide Richtungen	◇	◇	◇	◇
hohe Temperaturen T ⁹⁾	+ ¹⁰⁾	+ ¹⁰⁾	◇	◇
hohe Dichtwirkung	+	++	◇	◇
for-life-Schmierung	++	++	+	++
lange Nachschmierintervalle, Fettgebrauchsdauer	-	-	+	++

- ++ gut geeignet
 + geeignet
 - nicht geeignet
 ◇ nicht relevant

8) Drehzahlkennwert $n \cdot d_M > 500000$

9) $T > +80 \text{ °C}$

10) materialspezifische Temperaturgrenzen beachten

4 Anforderungen an die Wälzlager in Flüssigkeitspumpen

Anforderungen an die Wälzlager in Flüssigkeitspumpen	Fettschmierung			Lagerluft
	Standardfett	Sonderfett	Nachschmierung mit Arcanol	C3
geräuscharm	+	++	+	◇
geringe Reibung	+	++	+	◇
hohe Drehzahl ¹¹⁾	+	++	+	++
Stromisolierung durch Keramik-Wälzkörper HC	◇	◇	◇	◇
Stromisolierung durch Beschichtung, z. B. J20GA	◇	◇	◇	◇
Radiallast	+	+	+	◇
einseitige Axiallast	+	+	+	◇
Axiallastaufnahme in beide Richtungen	+	+	+	◇
hohe Temperaturen T ¹²⁾	-	++	+	++
hohe Dichtwirkung	◇	◇	◇	◇
for-life-Schmierung	+	++	◇	◇
lange Nachschmierintervalle, Fettgebrauchsdauer	+	++	++	◇

- ++ gut geeignet
 + geeignet
 - nicht geeignet
 ◇ nicht relevant

11) Drehzahlkennwert $n \cdot d_M > 500000$

12) $T > +80 \text{ °C}$

1.1.4 Weitere Informationen

OPTIME | Ecosystem |
<https://www.schaeffler.de/std/1FFF>

MH 1 | Montagehandbuch |
<https://www.schaeffler.de/std/1D53>

TPI 165 | Rillenkugellager Generation C |
<https://www.schaeffler.de/std/200C>

TPI 176 | Schmierung von Wälzlagern |
<https://www.schaeffler.de/std/1F83>

TPI 206 | Stromisolierende Lager |
<https://www.schaeffler.de/std/1FE8>

medias | Engineering Apps
<https://www.schaeffler.de/std/2032>

Bearinx | Berechnungsmodule |
<https://www.schaeffler.de/std/1FEB>

medias | Schaeffler Trainings
<https://www.schaeffler.de/std/2033>

1.2 Konformität mit Normen und Standards

Für verschiedene Lagerbauformen und Anwendungen sind Pumpennormen etabliert, z. B. die DIN 24255 für Wassernormpumpen oder die ISO 2858 für Chemienormpumpen. Das Ziel der Normung ist in erster Linie die Standardisierung von Anschlussmaßen, Bauteilen und Leistungsdaten, um die Planung, den Betrieb und die Instandhaltung von Anlagen zu vereinfachen. Dadurch ergeben sich Vorgaben für die Gestaltung der Pumpenlagerung, denn die standardisierten Wellendurchmesser bestimmen z. B. die Bohrungszahl der verwendeten Wälzlager.

Andere Normen, wie z. B. die ISO 9905, die ANSI B73.1 oder die 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 detaillierte Vorgaben definiert, die sich auf die erforderlichen Mindestlebensdauern, Gestaltung der Lagersitze, Lagerunterstützung und Abdichtung, teils aber auch auf die Lageranordnungen und Lagerausführungen sowie die Käfigbauformen und die Nachschmierintervalle beziehen.

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

1.3 Wahl der Lageranordnung

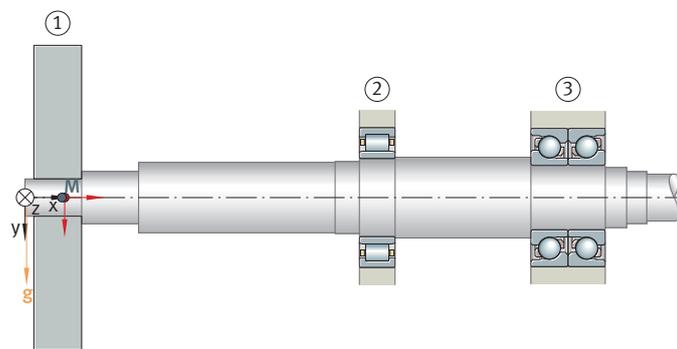
1.3.1 Übliche Lageranordnungen für Kreiselpumpen

Prinzipiell unterscheidet sich die Pumpenbauform einer Kreiselpumpe hinsichtlich der Anordnung der Lager zum Pumpenrad. Bei der fliegenden Lagerung, der „overhanging bearing pump“, sitzt das Pumpenrad seitlich der Festlagerung und der Loslagerung. Bei der Lagerung „in between bearing pump“ ist das Pumpenrad zwischen dem Festlager und dem Loslager angeordnet.

Fliegende Lagerung des Pumpenrads („overhanging bearing pump“)

Bis auf wenige Ausnahmen werden Kreiselpumpen mit fliegender Anordnung des Pumpenlaufrads ausgeführt. In dieser Anordnung sitzt das Pumpenlaufrad seitlich der Festlagerung und der Loslagerung. Bei dieser Ausführung ist nur eine der aufwendigen Wellendichtungen des Pumpengehäuses notwendig und spart Bauraum und Bauteile ein. 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 und beeinflusst die Lagerdimensionierung und die rechnerische Lebensdauer.

3 Fliegende Lagerung



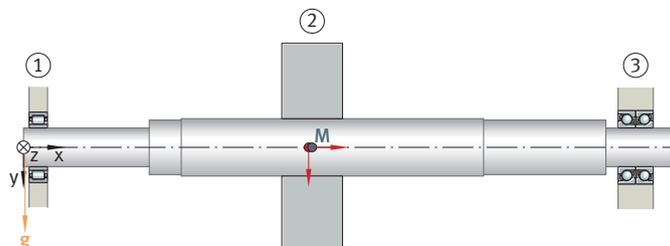
00193D05

1	Pumpenrad	2	Loslager
3	Festlager		

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

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

4 Lagerung



001901D7

1	Loslager	2	Pumpenrad
3	Festlager		

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

1.3.2 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
- X-Anordnung und O-Anordnung
- elastische Anstellung
- schwimmende Lagerung
- Fest-Loslagerung

1.3.3 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 Schrägkugellagern oder Kegelrollenlagern wird bevorzugt, um durch einen vergrößerten Stützabstand der Lagerung eine höhere Steifigkeit und damit eine 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 Schrägkugellagern oder Kegelrollenlagern. Bei der Montage wird der Lagering auf seinem Sitz so weit verschoben, bis die Lagerung das gewünschte Spiel oder die notwendige Vorspannung hat.

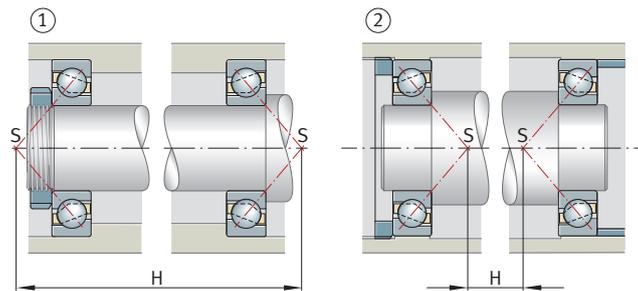
Durch diese Einstellmöglichkeit eignet sich die angestellte Lagerung besonders, wenn eine enge axiale Führung notwendig ist.

1.3.4 X-Anordnung und O-Anordnung

Grundsätzlich wird zwischen der O-Anordnung und der X-Anordnung 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 Wärmeausdehnung zu berücksichtigen.

☞ 5 Angestellte Lagerung Schrägkugellager



0007F000

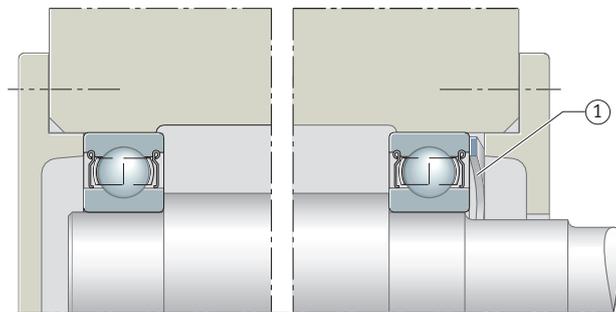
1	O-Anordnung	2	X-Anordnung
S	Spitzen der Druckkegel	H	Stützabstand

1.3.5 Elastische Anstellung

Angestellte Lagerungen erhält man auch durch Vorspannung mit Federn. 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.

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.

☞ 6 Angestellte Lagerung (Rillenkugellager, mit Federscheibe vorgespannt)



0000C148

1	Federscheibe
---	--------------

1.3.6 Schwimmende Lagerung

Die schwimmende Lagerung ist eine wirtschaftliche Lösung, wenn keine enge axiale Führung der Welle verlangt wird. 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 z. B. Rillenkugellager oder auch Pendelrollenlager.

Um den axialkraftfreien Längenausgleich sicherzustellen, ist jeweils ein Ring, in der Regel meist ein Außenring, verschiebbar zu passen.

Bei schwimmenden Lagerungen mit Zylinderrollenlagern, z. B. in der dargestellten Bauform NJ, findet der Längenausgleich in den Lagern statt. Innenring 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.

7 Schwimmende Lagerungen

1	2 Rillenkugellager	2	2 Zylinderrollenlager NJ
s	Axialspiel		

0001AB9E

1.3.7 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.

Loslager

Das Loslager nimmt nur radiale Last auf und ermöglicht eine axiale Wellenverschiebung zur Kompensation der Ausdehnung. Bei fliegender Lagerung wird die lafradseitige Lagerstelle bevorzugt als Loslager ausgeführt. Die Axiallastaufnahme wird so auf die radial niedriger belastete abtriebsseitige Lagerstelle verschoben. Die optimale Loslagerfunktion lässt sich durch Zylinderrollenlager, z. B. 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, die 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.

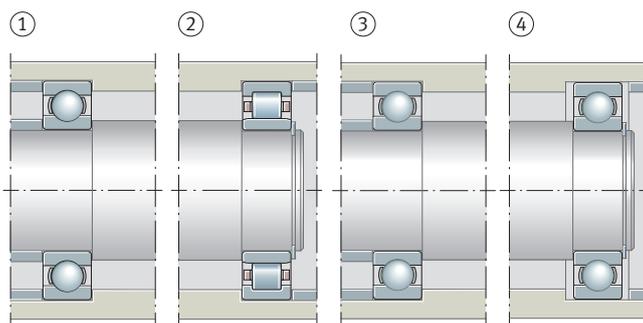
Gerade bei höheren Anforderungen bieten sich einreihige Schrägkugellager in O-Anordnung mit optimierter Stützbreite an. Im Vergleich zu zweireihigen Schrägkugellagern bietet ein Lagerpaar aufgrund des Kugelsatzes mit höherer Wälzkörperanzahl Vorteile bezüglich der Tragzahlen und besitzt aufgrund des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

Die Lager können ohne Passscheiben in O-Anordnung oder X-Anordnung beliebig gepaart werden. Schrägkugellager der Universalausführung sind so abgestimmt, dass sich beim Einbau in X-Anordnung 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 z. B. bei vertikalen Eintauchpumpen mit radialen Gleitbuchsen.

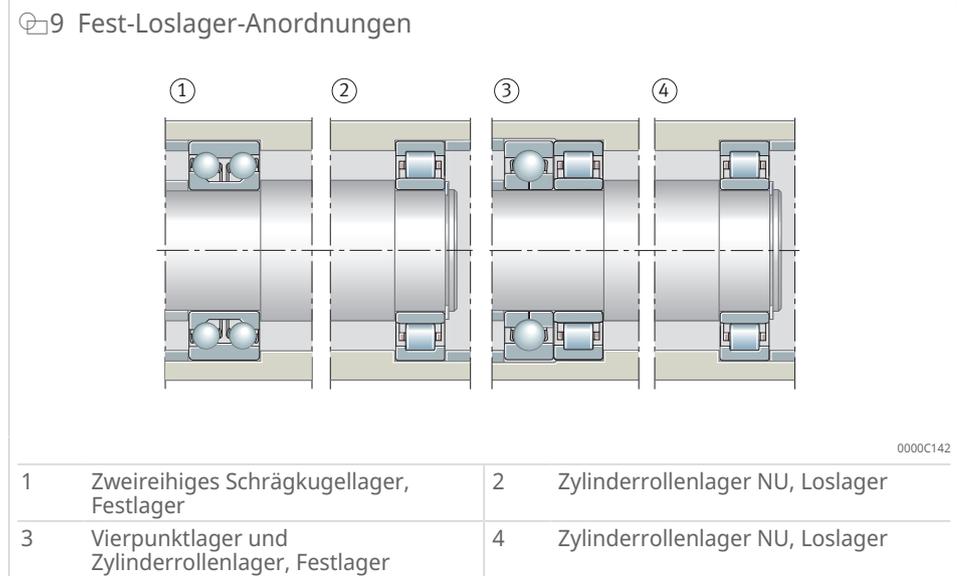
Beispiele für Fest-/Loslagerungen

8 Fest-Loslager-Anordnungen



0001AB9A

1	Rillenkugellager, Festlager	2	Zylinderrollenlager NU, Loslager
3	Rillenkugellager, Festlager	4	Rillenkugellager, Loslager



1.3.8 Axiale Befestigung der Lager

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

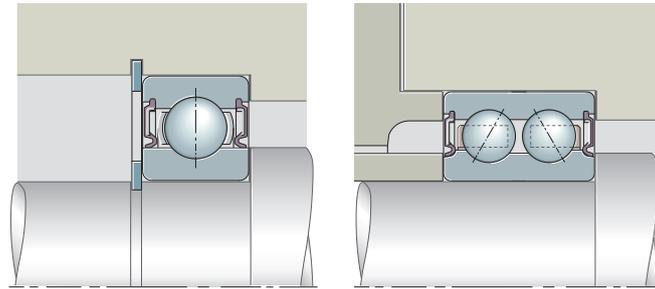
Konstruktionshinweise

Bei der Auslegung der Lagerung sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- 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 kraftschlüssig oder formschlüssig zu fixieren, um seitliches Abwandern zu verhindern. Sie dürfen nur an der Wellenschulter 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.
- 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 Anstellelemente sind Wellenmutter, Gewinderinge, Deckel oder Distanzscheiben geeignet.
- Bei schwimmenden Lagerungen begrenzt man die seitliche Bewegung der Ringe durch Wellenschultern oder Gehäuseschultern, Deckel und Sprengringe.

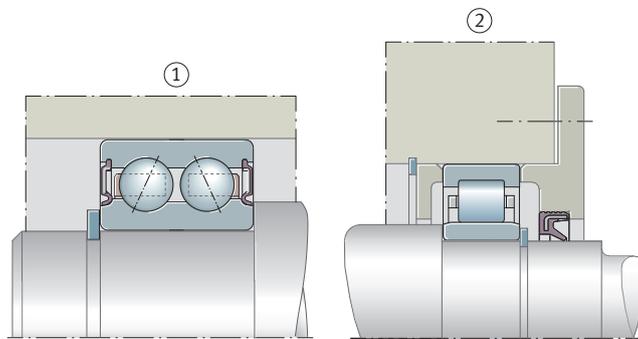
Beispiele für Halteelemente

10 Festlager (formschlüssige axiale Befestigung am Innenring und Außenring)



0000BA36

11 Loslager



00082303

1 formschlüssige axiale Befestigung am Innenring

2 formschlüssige axiale Befestigung am Innenring und Außenring

1.3.9 Wellentoleranzen

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

Der Ring mit Umfangslast, bei Pumpen meist der drehende Innenring, muss mit einer festen Passung montiert werden. Eine Übergangspassung im Gehäuse ermöglicht eine einfache Montage des Lagerschildes ohne Beschädigung des Lageraußenrings.

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, z. B. 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.

5 Wellentoleranzen Kugellager

Kugellager

Wellendurchmesser mm	Toleranz	
	Welle	Stahlgehäuse
≤ 17	j5	H6
18 ... 100	k5	H6
101 ... 140	m5	H6
141 ... 200	m6	H6

6 Wellentoleranzen Zylinderrollenlager

Zylinderrollenlager

Wellendurchmesser mm	Toleranz	
	Welle	Stahlgehäuse
≤ 30	k6	H6
31 ... 50	m5	H6
51 ... 65	n5	H6
66 ... 100	n6	H6
101 ... 200	p6	H6

7 Wellentoleranzen Kegelrollenlager

Kegelrollenlager

Wellendurchmesser mm	Toleranz	
	Welle	Stahlgehäuse
≤ 40	k6	H6
41 ... 65	m6	H6
66 ... 200	n6	H6

8 Wellentoleranzen Pendelrollenlager

Pendelrollenlager

Wellendurchmesser mm	Toleranz	
	Welle	Stahlgehäuse
≤ 40	m5	H6
41 ... 60	n5	H6
61 ... 100	n6	H6
101 ... 200	p6	H6

1.3.10 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.

1.3.11 Betriebsspiel

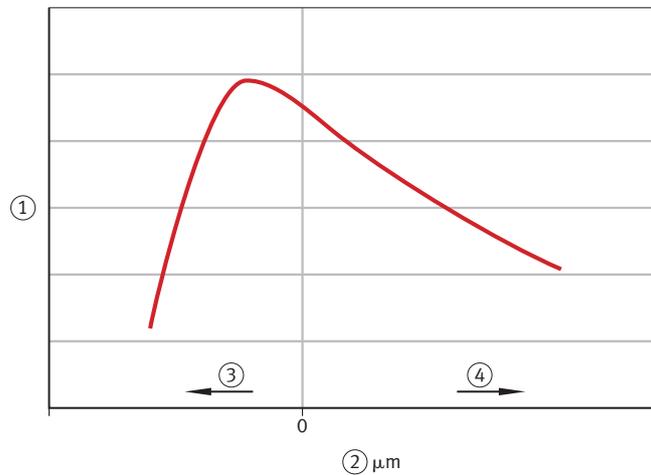
Im Gegensatz zu einer leichten Vorspannung kann zu viel Betriebsspiel zu Gleiteffekten, zu einer schlechteren Lastverteilung und zu einem ungenügenden Laufverhalten führen.

Das Betriebsspiel 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

Temperatureinflüsse im eingebauten Zustand. Somit wird dieses maßgeblich durch die Betriebsbedingungen und Einbaubedingungen des Lagers definiert, was in der Lagerwahl entsprechend zu berücksichtigen ist: für Radiallager z. B. mit Radialluftwerten C3 oder für Axiallager durch Federvorspannungen.

Eine geringe Vorspannung hat sich, bezogen auf die Lebensdauer der Kugellager, 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.

12 Betriebsspiel



000822E1

1	Lebensdauer	2	Betriebsspiel
3	Vorspannung	4	Spiel

Bei Rollenlagern ist eine Vorspannung im Betrieb zu vermeiden!

1.4 Dynamische Tragfähigkeit und Lebensdauer

1.4.1 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

1.4.2 Berechnung der Lebensdauer

Das Ermüdungsverhalten des Werkstoffs bestimmt die dynamische Tragfähigkeit des Wälzlagers. Die dynamische Tragfähigkeit wird beschrieben durch die dynamische Tragzahl, die auf der DIN ISO 281 basiert. Diese wiederum wurde weiter detailliert und in der ISO/TS 16281 beziehungsweise in der 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.

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

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

- nominelle Lebensdauer L_{10} und L_{10h} nach ISO 281
- erweiterte Lebensdauer L_{nm} und L_{nmh} nach ISO 281

Die nominelle Lebensdauer L_{10} und L_{10h} nach DIN ISO 281 berücksichtigt:

- Lagerbauart
- Belastung
- Drehzahl

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

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

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 Berechnungsprogramm Bearinx-online Easy Pump von Schaeffler.

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

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

1.4.3 Gebrauchsdauer

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

Mögliche Ursachen sind Verschleiß oder Ermüdung durch folgende Einflüsse:

- 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 Einbauverhältnisse und Betriebsverhältnisse kann die Gebrauchsdauer nicht exakt vorausberechnet werden. Sie lässt sich am sichersten durch den Vergleich mit ähnlichen Einbaufällen abschätzen.

1.5 medias – Produktinformationen einfach finden

1.5.1 Was ist medias?

medias verbindet auf einer Plattform den Produktkatalog, die Beratungswerkzeuge und eine implementierte eCommerce-Lösung von Schaeffler. medias stellt die wichtigsten Informationen zu den Industrieprodukten zur Verfügung und ermöglicht eine technische Beratung sowie die Auskunft zur Verfügbarkeit der Produkte und den dazugehörigen Preisen.

So erfolgt der Aufruf von medias:

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



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 Mengen.



Einen Vertriebspartner in Ihrer Nähe finden und ein Angebot anfragen.

1.5.2 medias Business

In medias Business haben registrierte Geschäftskunden Zugriff auf den erweiterten Produktkatalog und auf neue Funktionen, die speziell dafür entwickelt wurden, ihren Bestellprozess effizienter zu gestalten und die Interaktion mit Schaeffler zu optimieren.

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 können 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 z. B. eine Wissensdatenbank oder ein Lexikon, die das technische Grundlagenwissen zu Wälzlager beinhalten.

1.5.3 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.

Lagerauswahlassistant

Der Lagerauswahlassistant hilft bei der Auswahl des optimalen Lagers. Dabei können die bisher bekannten Informationen oder Anforderungen eingegeben werden, wie z. B., welche Belastungen auftreten, welche Abmessungen das Lager haben sollte oder welche Tragzahlen erforderlich sind. Der Lagerauswahlassistant zeigt Ihnen daraufhin die 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 Anwärmgerät aus der Baureihe HEATER ausgewählt werden.

Fettauswahlhilfe

In der Fettauswahlhilfe werden die Eigenschaften und Empfehlungen zu den Wälzlagerfetten Arcanol angezeigt.

medias interchange

medias interchange hilft bei der Umschlüsselung von Wälzlagerbezeichnungen der Wettbewerber in INA-Bezeichnungen oder FAG-Bezeichnungen.

Einzellagerberechnung

Bei einem potenziellen Lager, das die Anforderungen erfüllt, ist über das Taschenrechnersymbol direkt eine Online-Einzellagerberechnung ausführbar, um die Lebensdauernforderungen zu überprüfen.

Wellenberechnung Bearinx-online Easy Pump

Mit dem Modul Bearinx-online Easy Pump ist es möglich, Lagerungen von Flüssigkeitspumpen auf Systemebene zu berechnen. Für die Nutzung von Bearinx-online Easy Pump ist lediglich eine Registrierung notwendig. Anschließend kann das Programm kostenlos für die Berechnungen verwendet werden.

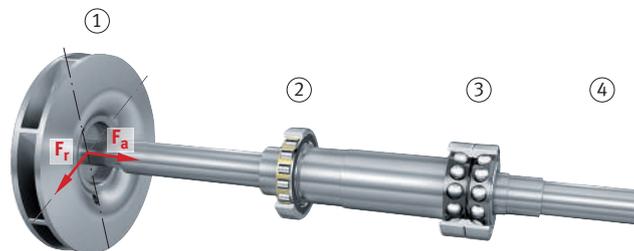
1.6 Bearinx-online Easy Pump

1.6.1 Bearinx-online Easy Pump

Bei der Berechnung wird durch selbsterklärende Dialogseiten Schritt für Schritt durch das Programm geführt. Das ermöglicht eine schnelle und einfache Dateneingabe für den Modellaufbau von Pumpenwelle, Laufrad und Lageranordnung ►27 | 13.

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 Tauchmotorpumpe zum Download bereit. Anschließend folgen die Lagerauswahl und die Eingabe der Betriebsdaten und Lastfalldaten.

13 Wellenberechnung



00199CAF

1	Laufrad	2	Loslager
3	Festlager	4	Motor

1.6.2 Berechnungsergebnisse

Unter Berücksichtigung des realen Wälzkörperprofils und des Laufbahnprofils wird die innere Lastverteilung im Lager exakt berechnet. Für die Bewertung des Lagerungskonzepts wird die Ermüdungslbensdauer 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.

1.6.3 Radiale Verlagerung

In Bearinx-online Easy Pump kann die radiale Durchbiegung beziehungsweise die Auslenkung an der Position der Wellendichtung oder des Laufrads angezeigt werden. Diese Information kann schnell und unkompliziert bezüglich der Gestaltung von Wellensteifigkeit und Lagersteifigkeit berücksichtigt werden.

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

1.7 Berechnungsbeispiel Bearinx-online Easy Pump

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

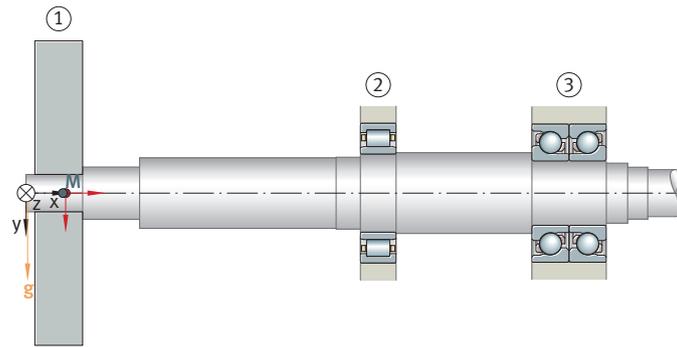
Im Programm sind drei Vorlagedateien hinterlegt:

- Kreiselpumpe
- doppelflutige Pumpe
- Tauchmotorpumpe

Lagerung einer Kreiselpumpe

Annahmen für die Berechnung der Lagerung:

- 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 gewählt werden, z. B. 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-Anordnung, O-Anordnung oder X-Anordnung zusammengesetzt werden können. Das Lagerpaar nimmt den Axial Schub und eine anteilige Radiallast auf.
- Nahe dem Pumpenrad ist ein Zylinderrollenlager als Loslager eingebaut, das ausschließlich die radiale Last und die Führung übernimmt.

 14 Fliegende Lagerung


00193D05

1	Pumpenrad	2	Loslager
3	Festlager		

Betriebsbedingungen:

- Drehzahl: 3000 min^{-1}
- Lasten am Laufrad:
 - $F_a = 9000 \text{ N}$
 - $F_r = 7000 \text{ N}$
- Lastfälle: 100 %, durchschnittlicher Betrieb
- Temperaturen
 - Laufrad: $+70 \text{ °C}$
 - Loslager: $+80 \text{ °C}$
 - Festlager: $+80 \text{ °C}$
- Ölbadschmierung: Viskosität: $32 \text{ mm}^2/\text{s}$
- Ölreinheitsklasse:
 - 17 nach ISO 4406
 - 14 nach ISO 16889

Loslager:

- Wälzlager: NU2218-E-XL-TVP2
- Lagerluft: CN
- Passung Welle: k6
- Passung Gehäuse: H7
- Gemittelte Rautiefe Rz:
 - Welle: $6,3 \mu\text{m}$
 - Gehäuse: $12 \mu\text{m}$

Festlager:

- 2 Wälzlager: 7315-B-XL-TVP-UB in O-Anordnung
- Lagerluft: UB = 27 bis 39
- Passung Welle: k6
- Passung Gehäuse: H7
- Gemittelte Rautiefe Rz:
 - Welle: $6,3 \mu\text{m}$
 - Gehäuse: $12 \mu\text{m}$

Berechnungsergebnisse:

- In einer übersichtlichen Ergebnisansicht werden sämtliche Projektdaten, Eingaben und Ergebnisse 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.

1.8 Wälzlagerschmierung und Schmierstoffe für Pumpen und Elektromotoren

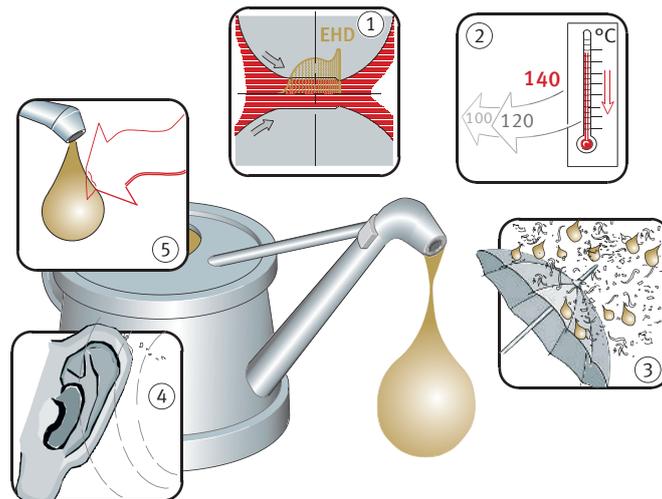
1.8.1 Grundlagen

Die Hauptaufgabe der Schmierung von Wälzlagern liegt darin, eine Berührung der Rollflächen 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.

Der Schmierstoff erfüllt im Wälzlager wichtige Funktionen:

- Bildung eines ausreichend tragfähigen Schmierfilms an den Kontaktflächen und damit Vermeidung von Verschleiß und vorzeitiger Ermüdung
- Ableitung der Wärme bei Ölschmierung
- Abdichtung des Lagers bei Fettschmierung nach außen gegen feste und flüssige Verunreinigungen
- Dämpfung des Laufgeräuschs
- Schutz vor Korrosion

15 Aufgaben des Schmierstoffs



00013AE1

1	tragfähigen Schmierfilm ausbilden	2	bei Ölschmierung Wärme ableiten
3	bei Fettschmierung das Lager nach außen gegen Verunreinigungen abdichten	4	Laufgeräusch dämpfen
5	vor Korrosion schützen		

1.8.2 Wahl der Schmierungsart

Grundsätzlich wird zwischen Ölschmierung 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:

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

Fettschmierung

Bei üblichen Betriebsverhältnissen 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 Standardfett und Hochtemperaturfett befetteten Lagern halten wir in einem speziellen Bevorratungsprogramm für Sie bereit.

Bei hohen Beanspruchungen, z. B. Drehzahl, Temperatur und Belastung, ist eine Nachschmierung in angemessenen Zeitintervallen einzuplanen. Hierzu müssen Zuführungskanäle und Abführungskanäle des Fetts sowie ein Auffangraum für das Altfett vorgesehen werden. Bei kurzen Nachschmierintervallen eignen sich die Schmierstoffgeber CONCEPT, die vollautomatisch die korrekte Menge in einem definierten Zeitintervall abgeben.

Vorteile der Fettschmierung:

- 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 für die Fettgebrauchsdauer:

- Fettmenge und Fettverteilung
- Fettart (Verdicker, Grundöl, Additive)
- Herstellungsprozess des Schmierfetts
- Lagerbauart und Lagergröße
- 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 bei der Fettauswahl:

- Lagerbauart und Lagergröße
- Betriebsbedingungen, wie z. B. Drehzahl, Temperatur
- Höhe und Art der Belastung

9 Arcanol Schmierfette zur Nachschmierung von Wälzlagern aller Bauformen über CONCEPT Schmierstoffgeber

Bezeichnung	Eigenschaften	T	$n \cdot d_M$	v_{40}	NLGI-Klasse
		°C	mm/min	mm ² /s	
Arcanol MULTITOP	Universal Hochleistungsfett	-50 ¹⁾ ... +140	800000	82	2
Arcanol TEMP90	Hochtemperaturfett, geräuscharm	-40 ... +160	700000	148	3

D mm Außendurchmesser
 $n \cdot d_M$ mm/min Drehzahlkennwert
 T °C Temperatur

v_{40} mm²/s Grundölviskosität des Schmierstoffs bei +40 °C

1) Messwerte nach Schaeffler FE8-Tieftemperaturprüfung.

1

10 Hochtemperaturfette zur Anwendung in Pumpen und E-Motoren

Bezeichnung	Eigenschaften	T	$n \cdot d_M$	v_{40}	NLGI-Klasse
		°C	mm/min	mm ² /s	
L069	Hochtemperaturfett, geräuscharm	-40 ... +180	1000000	80	2, 3
L207	Hohe Drehzahl	-40 ... +180	900000	70	2, 3

D	mm	Außendurchmesser
$n \cdot d_M$	mm/min	Drehzahlkennwert
T	°C	Temperatur
v_{40}	mm ² /s	Grundölviskosität des Schmierstoffs bei +40 °C

11 Schmierfette Eigenschaften

Bezeichnung	Eigenschaften	T	$n \cdot d_M$	v_{40}	NLGI-Klasse	
		°C	mm/min	mm ² /s		
Standardfette entsprechend definierter Fettspezifikationen ²⁾	Standardfett	D ≤ 62 mm	-20 ... +120	500000	68 ... 150	2
	Kugellagerfett, geräuscharm					
	Standardfett	D ≥ 62 mm	-20 ... +120	500000	68 ... 150	3
	Kugellagerfett, geräuscharm	D > 62 mm				
L069 ³⁾	Hochtemperaturfett, geräuscharm	-40 ... +180	1000000	80	2, 3	
L207 ³⁾	Hohe Drehzahl	-40 ... +180	900000	70	2, 3	
L285 ⁴⁾	Geräuscharm	-20 ... +120	500000	68 ... 150	3	
Arcanol MULTITOP ⁵⁾	Universal Hochleistungsfett	-50 ⁶⁾ ... +140	800000	82	2	
Arcanol TEMP90 ⁵⁾	Hochtemperaturfett, geräuscharm	-40 ... +160	700000	148	3	

D	mm	Außendurchmesser
$n \cdot d_M$	mm/min	Drehzahlkennwert
T	°C	Temperatur
v_{40}	mm ² /s	Grundölviskosität des Schmierstoffs bei +40 °C

2) für abgedichtete for-life Rillenkugellager

3) in Pumpen und E-Motoren Anwendungen miteinander austauschbare Vorzugs-Hochtemperaturfette

4) für abgedichtete zweireihige for-life Schrägkugellager

5) zur Nachschmierung von Wälzlagern aller Bauformen über CONCEPT Schmierstoffgeber

6) Messwerte nach Schaeffler FE8-Tieftemperaturprüfung.

12 Schmierfette für abgedichtete Rillenkugellager

Bezeichnung	Eigenschaften	Verdicker	Grundöl	T	$n \cdot d_M$	v_{40}	NLGI-Klasse
				°C	mm/min	mm ² /s	
Standardfette entsprechend definierter Fettspezifikationen	D ≤ 62 mm	Lithiumseife	Mineralöl	-20 ... +120	500000	68 ... 150	2
	D ≥ 62 mm: Standardfett	Lithiumseife	Mineralöl	-20 ... +120	500000	68 ... 150	3
	D > 62 mm: Kugellagerfett, geräuscharm						
L069	Hochtemperaturfett, geräuscharm Hohe Drehzahl	Polyharnstoff	Esteröl	-40 ... +180	1000000	80	2, 3
L207	Hochtemperaturfett, geräuscharm Hohe Drehzahl	Polyharnstoff	Esteröl	-40 ... +180	900000	70	2, 3

1

Bezeichnung	Eigenschaften	Verdicker	Grundöl	T	$n \cdot d_M$	v_{40}	NLGI-Klasse
				°C	mm/min	mm ² /s	
L285	Ggeräuscharm	Lithiumseife	Mineralöl	-20 ... +120	500000	68 ... 150	3
Arcanol MULTI-TOP	Universal Hochleistungsfett	Lithiumseife	Mineralöl PAO	-50 ... +140	800000	82	2
Arcanol TEMP90	Hochtemperaturfett, geräuscharm	Polyharnstoff	Mineralöl PAO	-40 ... +160	700000	148	3

D mm Außendurchmesser
 $n \cdot d_M$ mm/min Drehzahlkennwert
 T °C Temperatur
 v_{40} mm²/s Grundölviskosität des Schmierstoffs bei +40 °C

13 Schmierfette für abgedichtete Rillenkugellager

Bezeichnung	Eigenschaften		T	$n \cdot d_M$	v_{40}	NLGI-Klasse
			°C	mm/min	mm ² /s	
Standardfette entsprechend definierter Fettspezifikationen	Standardfett	D ≤ 62 mm	-20 ... +120	500000	68 ... 150	2
	Kugellagerfett, geräuscharm	D ≤ 62 mm				
	Standardfett	D ≥ 62 mm	-20 ... +120	500000	68 ... 150	3
	Kugellagerfett, geräuscharm	D > 62 mm				

D mm Außendurchmesser
 $n \cdot d_M$ mm/min Drehzahlkennwert
 T °C Temperatur
 v_{40} mm²/s Grundölviskosität des Schmierstoffs bei +40 °C

14 Schmierfette für abgedichtete zweireihige Schrägkugellager

Bezeichnung	Eigenschaften	T	$n \cdot d_M$	v_{40}	NLGI-Klasse
		°C	mm/min	mm ² /s	
L285	Geräuscharm	-20 ... +120	500000	68 ... 150	3

D mm Außendurchmesser
 $n \cdot d_M$ mm/min Drehzahlkennwert
 T °C Temperatur
 v_{40} mm²/s Grundölviskosität des Schmierstoffs bei +40 °C

15 Schmierfette Zusammensetzung

Bezeichnung	Eigenschaften		Verdicker	Grundöl
Standardfette entsprechend definierter Fettspezifikationen ⁷⁾	Standardfett	D ≤ 62 mm	Lithiumseife	Mineralöl
	Kugellagerfett, geräuscharm	D ≤ 62 mm		
	Standardfett	D ≥ 62 mm	Lithiumseife	Mineralöl
	Kugellagerfett, geräuscharm	D > 62 mm		
L069 ⁸⁾	Hochtemperaturfett, geräuscharm		Polyharnstoff	Esteröl
L207 ⁸⁾	Hohe Drehzahl		Polyharnstoff	Esteröl
L285 ⁹⁾	Geräuscharm		Lithiumseife	Mineralöl
Arcanol MULTITOP ¹⁰⁾	Universal Hochleistungsfett		Lithiumseife	Mineralöl PAO
Arcanol TEMP90 ¹⁰⁾	Hochtemperaturfett, geräuscharm		Polyharnstoff	Mineralöl PAO

- 7) für abgedichtete for-life Rillenkugellager
- 8) in Pumpen und E-Motoren Anwendungen miteinander austauschbare Vorzugs-Hochtemperaturfette
- 9) für abgedichtete zweireihige for-life Schrägkugellager
- 10) zur Nachschmierung von Wälzlagern aller Bauformen über CONCEPT Schmierstoffgeber

2 Wälzlager für Flüssigkeitspumpen

2.1 Einreihige Rillenkugellager

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 eine geringere Geräusentwicklung, bessere Abdichtung und höhere Wirtschaftlichkeit.

☞ 16 Einreihige Rillenkugellager Generation C, offen oder berührungsfreie Dichtungen



0018EFCF

1	offen	2	beidseitig Deckscheiben (Nachsetzzeichen 2Z)
3	beidseitig berührungsfreie Dichtungen (Nachsetzzeichen 2BRS)		

☞ 17 Einreihige Rillenkugellager, Generation C, berührende Dichtungen

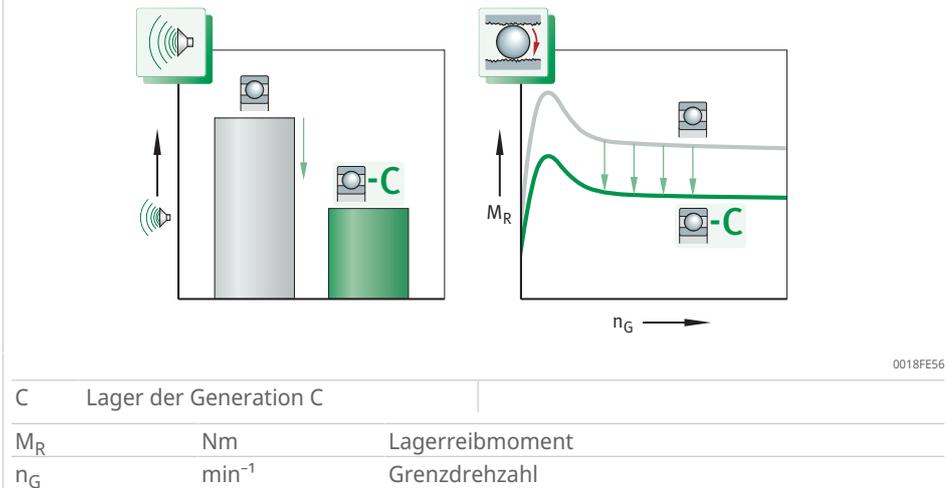


0018FE46

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

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

☞ 18 Vergleich von Standard-Rillenkugellagern mit Lagern der Generation C: Laufgeräusch, Reibmoment



2.1.1 Radial und axial belastbar

Durch die Laufbahngeometrie und die Kugeln nehmen Rillenkugellager neben Radialkräften auch Axialkräfte in beide Richtungen auf.

2.1.2 Betriebstemperatur

Offene Rillenkugellager bis Außendurchmesser 90 mm können bis zu einer Betriebstemperatur von +120 °C, mit Außendurchmesser größer 90 mm bis 240 mm bis +150 °C eingesetzt werden.

Rillenkugellager mit Elastomer-Dichtungen wie z. B. BRS oder HRS können, begrenzt durch das Schmierfett und den Dichtringwerkstoff, bei Betriebstemperaturen von -30 °C bis +110 °C eingesetzt werden.

Lager mit Deckscheibe Z sind von -30 °C bis +120 °C einsetzbar.

2.1.3 Schmierung

Beidseitig abgedichtete Lager sind mit einem Qualitätsfett auf Lebensdauer geschmiert. Darüber hinaus sind spezielle Befettungen für individuelle Anforderungen, z. B. höhere Temperaturen, möglich. Diese sind durch Nachsetzzeichen wie beispielsweise L069 oder L207 gekennzeichnet.

2.1.4 Lagerbezeichnung

19 Lagerbezeichnung

	HC	62	12	C	2Z	TVH	L069	J20GA	C3
Hybridlager	Keramikwälzkörper								
Lagerreihe	<ul style="list-style-type: none"> 60 extra leichte Reihe 62 leichte Reihe 63 mittlere Reihe 								
Bohrungskennzahl	<ul style="list-style-type: none"> 00 10 mm 01 12 mm 03 15 mm 04 17 mm ab 05 5 · 5 = 25 mm 								
Änderungskennzeichen	Generation C								
Dichtungen	<ul style="list-style-type: none"> 2Z beidseitig berührungsfreie Deckscheibe (Spaltdichtung aus Blech) 2BRS beidseitig berührungsfreie Dichtung (Labyrinthdichtung), Standardmaterial NBR 2HRS beidseitig berührende Dichtung (Lippendichtung), axial anliegend, Standardmaterial NBR 2RSR beidseitig berührende Dichtung (Lippendichtung), radial anliegend, Standardmaterial NBR weitere Dichtungsmaterialien HNBR, ACM und FKM auf Anfrage								
Käfig	<ul style="list-style-type: none"> JN genietetes Blechkäfig aus Stahl, Standardausführung (ohne Nachsetzzeichen) TVH Massivkäfig aus glasfaserverstärktem Polyamid PA66, kugelgeführt M Massivkäfig aus Messing, kugelgeführt 								
Wälzlagerfett	<ul style="list-style-type: none"> GA14 Standardfett für Wälzlager mit Außendurchmesser ≤ 62 mm GA13 Standardfett für Wälzlager mit Außendurchmesser > 62 mm L069 geräuscharmes Hochtemperaturfett 								
Beschichtungen	J20GA Oxidkeramik-Beschichtung am Außenring für Stromisolierung								
Radialluft	<ul style="list-style-type: none"> CN normale Radialluft – Standard (ohne Nachsetzzeichen) C2 Radialluft C2 (kleiner als normal) C3 Radialluft C3 (größer als normal) C4 Radialluft C4 (größer als C3) 								

001AB411

2.1.5 Weitere Informationen

HR 1 | Wälzlager |
<https://www.schaeffler.de/std/1D3D>

medias | Produktkatalog |
medias.schaeffler.com

TPI 165 | Rillenkugellager Generation C |
<https://www.schaeffler.de/std/200C>

2.2 Einreihige Schrägkugellager

Einreihige Schrägkugellager sind selbsthaltende Baueinheiten mit massiven Außenringen und Innenringen und Kugelkränzen mit Polyamidkäfigen, Blechkäfigen oder Messingkäfigen. Die Laufbahnen der Innenringe und der Außenringe sind in Richtung der Lagerachse gegeneinander versetzt. Die Lager gibt es offen und abgedichtet. Ihre Winkeleinstellbarkeit ist gering.

②0 Einreihiges Schrägkugellager

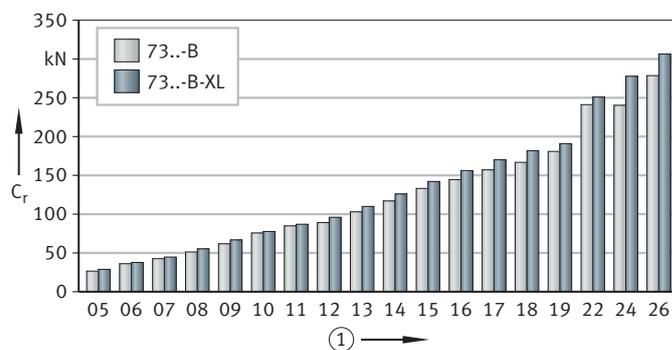


0001ABAE

2.2.1 X-life

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

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



0019634A

1 Bohrungskennzahl

C_r kN dynamische Tragzahl, radial

2.2.2 Belastbarkeit

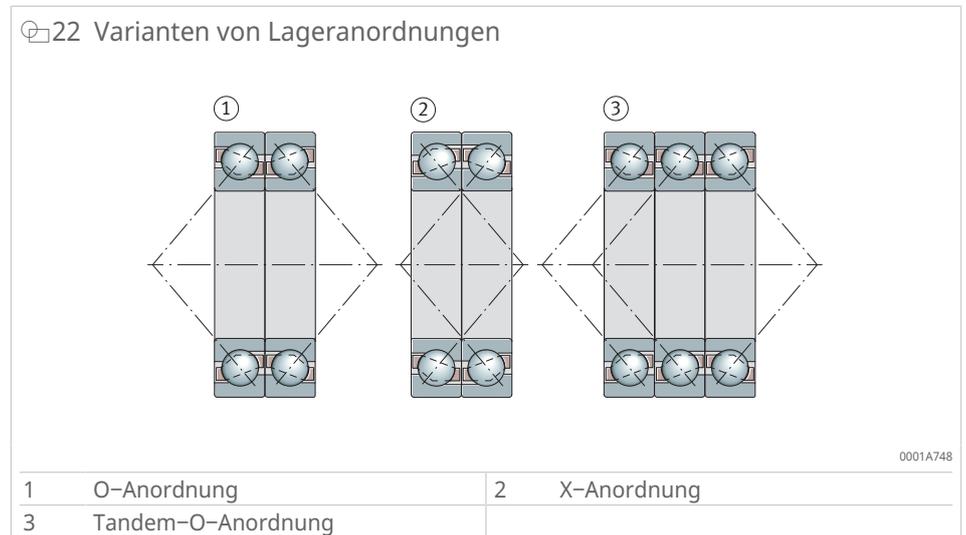
Einreihige Schrägkugellager nehmen hohe radiale und einseitig axiale Kräfte auf. Zur axialen Gegenführung ist ein zweites Lager notwendig, das spiegelbildlich angeordnet wird.

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

Universalausführung

Universalausführungen sind für folgende Einbaulagen bestimmt:

- X-Anordnung
- O-Anordnung
- Tandem-O-Anordnung
- gruppenweiser Einbau



Das montierte Lagerpaar hat entsprechend der gewählten Ausführung ein genau definiertes axiales Spiel, z. B.:

- UO: spielfrei
- UB: geringe Axialluft
- UA: leicht höhere Axialluft

Einbau in Tandem-Anordnung

! Beim Einbau in Tandem-Anordnung ist eine ausreichende Überdeckung der sich berührenden Außenringstirflächen nötig.

Weitere Informationen dazu erhalten Sie beim Ingenieurdienst von Schaeffler.

2.2.3 Betriebstemperatur

16 Zulässige Betriebstemperaturen für Schrägkugellager

Lager	Betriebstemperatur	
	min.	max.
	°C	
offene Schrägkugellager	-30	+150
offene Schrägkugellager mit Käfigen aus glasfaserverstärktem Polyamid	-	+120
Lager mit Dichtungen	-30	+110

2.2.4 Schmierung

Beidseitig abgedichtete Lager haben eine Lebensdauerschmierung.

Offene und einseitig abgedichtete Lager sind nicht befettet und können mit Fett oder Öl geschmiert werden.

Im Falle einer Nachschmierung mit Fett empfiehlt Schaeffler den Einsatz der automatischen Schmierstoffgeber CONCEPT.

2.2.5 Lagerbezeichnung

23 Lagerbezeichnung

72 05 - B - XL - 2RS - TVP - P5 - UB

Lagerreihe

70	extra leichte Reihe
72	leichte Reihe
73	mittlere Reihe

Bohrungskennzahl

00	10 mm
01	12 mm
03	15 mm
04	17 mm
ab 05	5 · 5 = 25 mm

Innenkonstruktion

B	Nenndruckwinkel 40°
---	---------------------

Gütesiegel

XL	X-live
----	--------

Dichtunen

2RS	beidseitig berührende Lippendichtung
-----	--------------------------------------

Käfig

TVH	Massivkäfig aus glasfaserverstärktem Polyamid PA66
TVP	Massivkäfig aus glasfaserverstärktem Polyamid PA66
JP	Stahlblechkäfig
MA	Massivkäfig aus Messing

Toleranzklasse

PN	Standard-Toleranzklasse (kein Nachsetzzeichen)
P6	höhere Toleranzklasse als PN
P5	höhere Toleranzklasse als P6

Universalausführung für paarweisen Einbau

UA	Lagerpaar hat bei O-Anordnung und X-Anordnung eine geringe Axialluft
UB	Lagerpaar hat bei O-Anordnung und X-Anordnung eine geringere Axialluft als bei UA
U0	Lagerpaar ist bei O-Anordnung und X-Anordnung spielfrei

001AB431

2.2.6 Weitere Informationen

HR 1 | Wälzlager |
<https://www.schaeffler.de/std/1D3D>
 medias | Produktkatalog |
medias.schaeffler.com

2.3 Zweireihige Schrägkugellager

Zweireihige Schrägkugellager sind Baueinheiten mit massiven Außenringen und Innenringen und Kugelkränzen mit Polyamidkäfigen, Messingkäfigen oder Stahlblechkäfigen. In ihrem Aufbau gleichen sie paarweise angeordneten, einreihigen Schrägkugellagern in O-Anordnung, sind jedoch etwas schmaler 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.

24 Zweireihiges Schrägkugellager

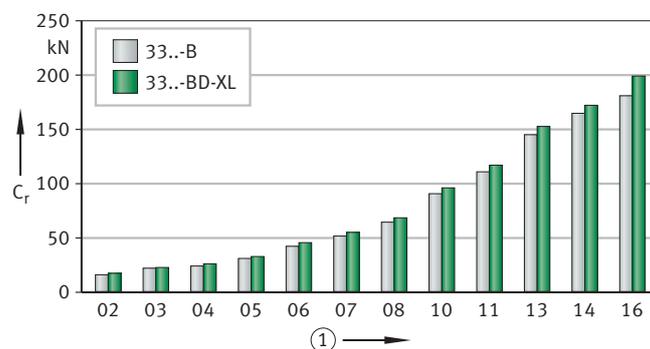


0001ABB2

2.3.1 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.

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



0018FEA7

1	Bohrungskennzahl	
C_r	kN	dynamische Tragzahl, radial

2.3.2 Belastbarkeit

Zweireihige Schrägkugellager nehmen hohe radiale und beidseitig axiale Belastungen auf und eignen sich dadurch für Lagerungen, bei denen eine starre axiale Führung erforderlich ist. Die axiale Belastbarkeit hängt vom Druckwinkel ab: Je größer der Druckwinkel ist, desto höher kann das Lager axial belastet werden.

Zweireihige Schrägkugellager gibt es mit diesen Druckwinkeln:

- 25°
- 30°, nur in X-life-Qualität
- 35°
- 45°, nur mit geteiltem Innenring

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.

2.3.3 Betriebstemperatur

17 Zulässige Betriebstemperaturen für zweireihige Schrägkugellager

Lager	Betriebstemperatur
	max.
	°C
zweireihige Schrägkugellager mit berührenden RSR- oder HRS-Elastomer-Dichtungen	+110
berührungslose Deckscheibe Z und glasfaserverstärkter Polyamid-Käfig TVP	+120

Liegen die Temperaturen darüber, sind offene Lager mit geeigneter Schmierung empfehlenswert.

2.3.4 Schmierung

Offene zweireihige Schrägkugellager sind nicht befettet. Sie können mit Fett oder Öl geschmiert werden. Bei einer Fett-Nachschmierung ist der Einsatz automatischer Schmierstoffgeber empfehlenswert.

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

2.3.5 Lagerbezeichnung

26 Lagerbezeichnung

33 - 10 - BD - XL - 2Z - TVH - L285 - C3

Lagerreihe

30	leichte Reihe
32	mittlere Reihe
33	schwere Reihe

Bohrungskennzahl

00	10 mm
01	12 mm
03	15 mm
04	17 mm
ab 05	$5 \cdot 5 = 25$ mm

Innenkonstruktion

B	Nenndruckwinkel 25°, ohne Füllnut
BD	Nenndruckwinkel 30°, ohne Füllnut
DA	Nenndruckwinkel 45°, Innenring geteilt

Gütesiegel

XL	X-live
----	--------

Dichtungen

2Z	beidseitig berührungsfreie Deckscheibe (Spaltdichtung aus Blech)
2RRS	beidseitig berührende Dichtung (Lippendichtung), radial anliegend, Standardmaterial NBR
2HRS	beidseitig berührende Dichtung (Lippendichtung), axial anliegend, Standardmaterial NBR

Käfig

TVH	Massivkäfig aus glasfaserverstärktem Polyamid PA66, kugelgeführt
M	Massivkäfig aus Messing, kugelgeführt
MA	Massivkäfig aus Messing, Führung am Außenring

Stahlblechkäfig ist bei einigen Ausführungen Standard und wird nicht über Nachsetzzeichen angeschrieben.

Wälzlagerfett

	Standardfett bei beidseitig abgedichteten Lagern (kein Nachsetzzeichen)
L140	Premiumfett
L285	Premiumfett

Radialluft

CN	normale Radialluft – Standard (ohne Nachsetzzeichen)
C3	Radialluft C3 (größer als Normal)

001AB421

2.3.6 Weitere Informationen

HR 1 | Wälzlager |
<https://www.schaeffler.de/std/1D3D>
 medias | Produktkatalog |
medias.schaeffler.com

2.4 Einreihige Zylinderrollenlager

Einreihige Zylinderrollenlager mit Käfig sind Einheiten, die aus massiven Außenringen und Innenringen und Zylinderrollenkränzen bestehen. Die Außenringe haben beidseitig feste Borde oder sind bordlos, die Innenringe haben einen oder zwei feste Borde oder sind bordlos ausgeführt. Die Käfiglager sind sehr steif, radial hoch belastbar und für höhere Drehzahlen geeignet als vollrollige Ausführungen. Die Lager sind zerlegbar und damit einfacher einzubauen 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.



Gerade da, wo aufgrund höherer Pumpenlasten Kugellager nicht ausreichen, kommen die Vorteile von Zylinderrollenlagern 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. Sie ist nicht als verstärkte Ausführung mit dem Nachsetzzeichen E ausgelegt, die kleinen Rollen sind so weniger schlupfgefährdet.

2.4.1 X-life

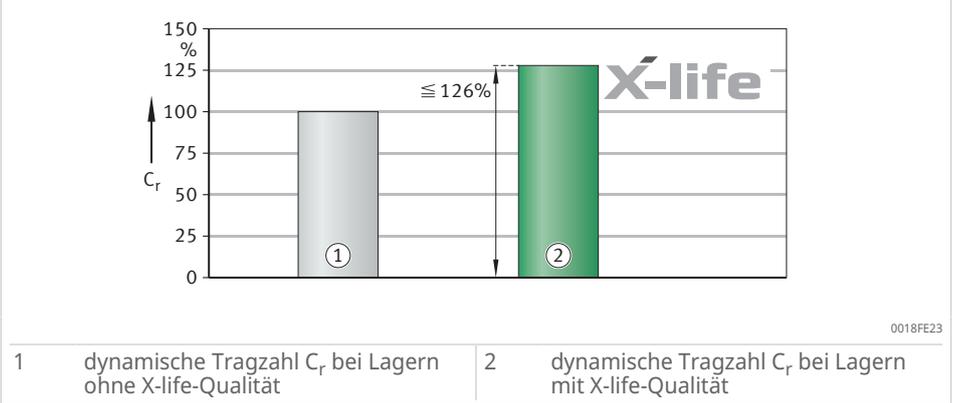
Die einreihigen Zylinderrollenlager in X-life-Qualität sind wesentlich leistungstärker als vergleichbare Standard-Zylinderrollenlager.

Diese Leistungsverbesserung wird erreicht durch:

- bessere Innenkonstruktion
- optimierte Kontaktgeometrie zwischen Rollen und Laufbahnen
- bessere Oberflächenqualität
- optimierte Rollenführung und Schmierfilmbildung

Die Optimierungen führen zu deutlich reduzierter Wärmerwicklung und messbarer Erhöhung der Lebensdauer der Wälzlager.

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



2.4.2 Loslager

Zylinderrollenlager NU und N sind Loslager und nehmen nur radiale Kräfte auf. Bei der Reihe NU hat der Außenring 2 Borde, der Innenring ist bordlos. Lager N haben 2 Borde am Innenring und einen bordlosen Außenring.

Axialer Verschiebeweg

Außenring und Innenring sind um den Wert s aus der Mittellage axial gegeneinander verschiebbar.

2.4.3 Betriebstemperatur

18 Zulässige Betriebstemperaturen für einreihige Zylinderrollenlager

Lager	Betriebstemperatur	
	min. °C	max. °C
einreihige Zylinderrollenlager mit Kunststoffkäfig	-30	+120
einreihige Zylinderrollenlager mit Metallkäfig	-	+150

Bei Dauerbetriebstemperaturen über +120 °C rückfragen.

2.4.4 Abdichtung

Einreihige Zylinderrollenlager werden ohne Abdichtung geliefert.

2.4.5 Schmierung

Die Lager sind über die Stirnseiten mit Fett oder Öl schmierbar.

2.4.6 Lagerbezeichnung

29 Lagerbezeichnung

NU2 20 E XL M1 J20GA C3

Lagerreihe

NU10	leichte Reihe
NU2	mittlere Reihe
NU3	schwere Reihe

Bohrungskennzahl

00	10 mm
01	12 mm
03	15 mm
04	17 mm
ab 05	5 · 5 = 25 mm

Änderungskennzeichen

E	verstärkte Lagerausführung
---	----------------------------

Gütesiegel

XL	X-life
----	--------

Käfig

JP3	einteiliger Stahlblechfensterkäfig, rollengeführt
TVP2	Massiv-Fensterkäfig aus glasfaserverstärktem Polyamid PA66
M1	zweiteiliger Massivkäfig aus Messing, rollengeführt
M1A	zweiteiliger Massivkäfig aus Messing, bordgeführt am Außenring
MPAX	einteiliger Massivkäfig aus Messing, bordgeführt am Außenring

Beschichtungen

J20GA	Inductect-Beschichtung am Außenring für Stromisolierung
J30PE	Durotec-B-beschichtete Wälzkörper für besseres Einlaufverhalten

Radialluft

CN	normale Radialluft – Standard (ohne Nachsetzzeichen)
C3	Radialluft C3 (größer als normal)
C4	Radialluft C4 (größer als C3)

001AB441

2.4.7 Weitere Informationen

HR 1 | Wälzlager |
<https://www.schaeffler.de/std/1D3D>
 medias | Produktkatalog |
medias.schaeffler.com

2.5 Pendelrollenlager

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

Die symmetrischen Tonnenrollen stellen sich auf der hohlkugeligen Außenringlaufbahn 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 Radialkräften und Axialkräften interessant.

30 Pendelrollenlager

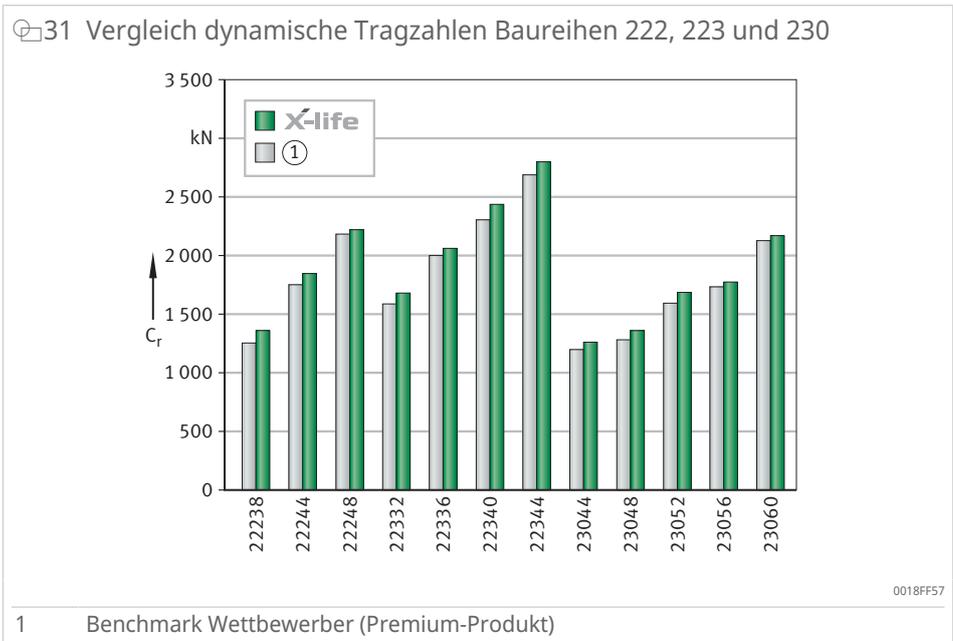


0001ABB8

2.5.1 X-life

Zahlreiche Größen der Pendelrollenlager gibt es in X-life-Ausführung. Diese Lager zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus:

- optimierte Innenkonstruktion
- höhere Tragfähigkeit
- reduzierte Reibung
- reduzierte Lagertemperatur
- verbesserte Oberflächenqualität und Kontaktgeometrie



2.5.2 Belastbarkeit

Pendelrollenlager nehmen hohe radiale und beidseitig axiale Belastungen auf. Pendelrollenlager sind für höchste Tragfähigkeit ausgelegt und durch die maximale Anzahl der großen und besonders langen Tonnenrollen auch für höchste Beanspruchungen geeignet.

2.5.3 Ausgleich von Winkelfehlern

Pendelrollenlager gleichen Winkelfehler aus. Der zulässige Einstellwinkel ist für Belastungen angegeben:

$$P < 0,1 \cdot C_r$$

Diese Einstellwinkel sind in folgenden Fällen zulässig:

- konstante Winkelabweichung (statischer Winkelfehler)
- umlaufender Innenring

2.5.4 Betriebstemperatur

19 Zulässige Betriebstemperaturen für Pendelrollenlager

Lager	Betriebstemperatur	
	min.	max.
	°C	
Pendelrollenlager mit Metallkäfigen	-30	+200
Pendelrollenlager mit Käfigen aus glasfaserverstärktem Polyamid	-	+120

Darüber hinaus ist die Wahl eines geeigneten Schmierstoffs maßgeblich.

2.5.5 Abdichtung

Abgedichtete und befettete Lager sind auf Anfrage verfügbar.

2.5.6 Schmierung

Offene Pendelrollenlager können mit Öl oder Fett geschmiert werden.

2.5.7 Lagerbezeichnung

32 Lagerbezeichnung

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 · 5 = 110 mm

Ab 500 mm Bohrungsdurchmesser wird dieser offen geschrieben.

Änderungskennzeichen

A, AS	Innenring mit Halteborden und 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 Massivkäfig aus Messing, Führung am Außenring
MB	zweiteiliger Massivkäfig aus Messing, Führung am Innenring
MB1	einteiliger Doppelkammkäfig aus Messing, Führung am Innenring
MA1	zweiteiliger Messingkäfig, Führung am Außenring

Bei Lagern der Ausführung E1 ist ein zweiteiliger außenringgeführter Stahlblechkäfig, bei Lagern der Ausführung BE 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

001ABB51

2.5.8 Weitere Informationen

HR 1 | Wälzlager |
<https://www.schaeffler.de/std/1D3D>

medias | Produktkatalog |
medias.schaeffler.com

MON 90 | Fettgeschmierte, geteilte FAG-Pendelrollenlager und Gehäuse |
<https://www.schaeffler.de/std/1F91>

ORP | X-life messbar besser |
<https://www.schaeffler.de/std/1FF9>

TPI 218 | Abgedichtete Pendelrollenlager |
<https://www.schaeffler.de/std/1FCF>

TPI 250 | Geteilte Pendelrollenlager |
<https://www.schaeffler.de/std/1F81>

WL80384 | Geteilte Lager - geteilte Kosten |
<https://www.schaeffler.de/std/1FFA>

2.6 Axial-Pendelrollenlager

Axial-Pendelrollenlager sind einreihige, nicht selbsthaltende Baueinheiten. Die Innenringe und die Außenringe bestehen aus massiven Wellenscheiben 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, vertikal 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.



2.6.1 X-life

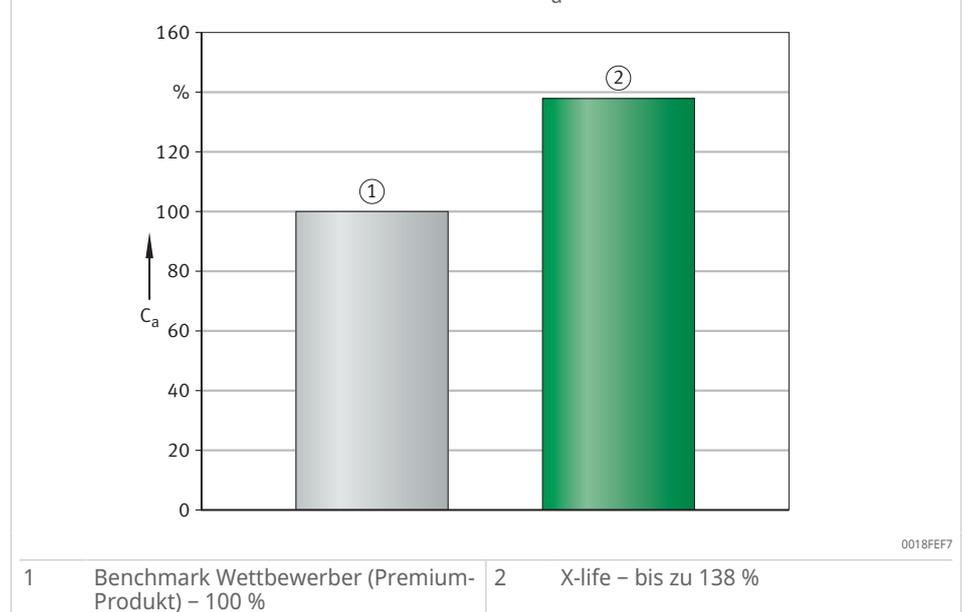
Gegenüber konventionellen Axial-Pendelrollenlagern sind X-life-Lager wesentlich leistungstärker. Diese Lager zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus:

- bessere Innenkonstruktion
- optimierte Kontaktgeometrie zwischen den Rollen und Laufbahnen
- verbessertes Käfigdesign
- höhere Qualität des Stahls
- bessere Oberflächenqualität
- optimierte Rollenführung und Schmierfilmbildung

Diese Eigenschaften führen zu folgenden Vorteilen:

- optimierte Lastverteilung und höhere Tragzahl
- reduzierte Reibung und Lagertemperatur
- bessere Eignung für höhere Drehzahlen

34 Vergleich der dynamischen Tragzahl C_a



2.6.2 Belastbarkeit

Wegen den zur Lagerachse geeigneten Laufbahnen nehmen Axial-Pendelrollenlager sehr hohe einseitig wirkende axiale und gleichzeitig wirkende radiale Belastungen auf. Die radiale Belastung F_r und F_{Or} darf max. 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.

2.6.3 Ausgleich von Winkelfehlern

Aufgrund der hohlkugeligen Wälzkörperlaufbahn in der Gehäusescheibe sind Axial-Pendelrollenlager winkelbeweglich.

20 Zulässige Schiefstellung bei statischen Winkelfehlern

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

2.6.4 Betriebstemperatur

21 Zulässige Betriebstemperaturen für Axial-Pendelrollenlager

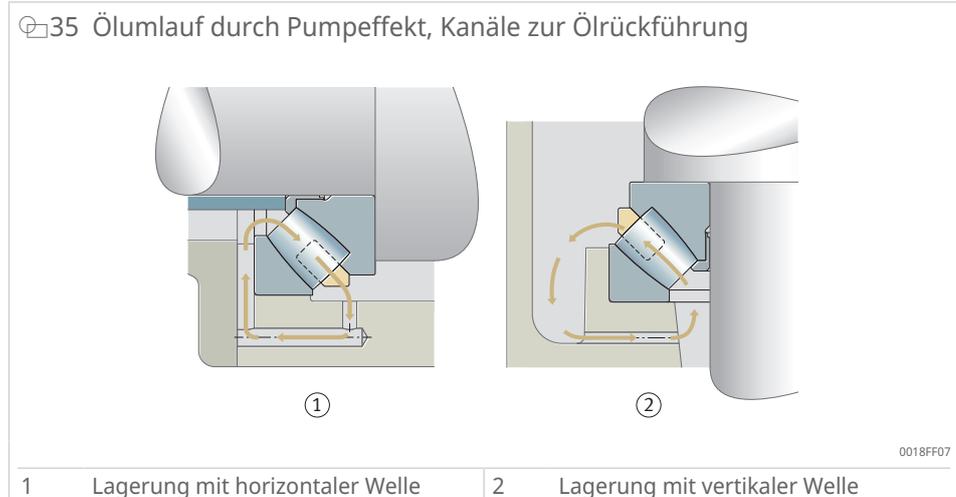
Lager	Betriebstemperatur	
	min.	max.
	°C	°C
Axial-Pendelrollenlager mit Metallkäfigen	-30	+200

2.6.5 Abdichtung

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

2.6.6 Schmierung

Die Lager sind nicht befettet. Sie werden mit Öl geschmiert. Bei Lagern mit asymmetrischem Querschnitt tritt aufgrund der inneren Konstruktion eine Pumpwirkung auf, die berücksichtigt werden muss.



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

2.6.7 Käfige

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

22 Käfig, Käfignachsetzzeichen, Bohrungskennzahl

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

2.6.8 Lagerbezeichnung

36 Lagerbezeichnung

293 - **80** - **E1** - **XL** - **N1** - **MB** - **THI**

Lagerreihe
 292 Axial-Pendelrollenlager, leichte Reihe
 293 Axial-Pendelrollenlager, mittlere Reihe
 294 Axial-Pendelrollenlager, schwere Reihe

Bohrungskennzahl
 80 $80 \cdot 5 = 400$ mm
 Ab 500 mm Bohrungsdurchmesser wird dieser offen geschrieben.

Änderungskennzeichen
 E1 verstärkte Ausführung

Gütesiegel
 XL X-life

Haltenut
 N1 eine Haltenut in der Gehäusescheibe
 N2 zwei um 180° versetzte Haltenuten in der Gehäusescheibe

Käfig
 MB Massivkäfig aus Messing

Gewindebohrungen
 THI 3 gleichmäßig verteilte Gewindebohrungen in einer Stirnseite der Wellenscheibe
 THIE 3 gleichmäßig verteilte Gewindebohrungen in einer Stirnseite der Wellenscheibe, mit den passenden Ringschrauben
 THO 3 gleichmäßig verteilte Gewindebohrungen in einer Stirnseite der Gehäusescheibe
 THOE 3 gleichmäßig verteilte Gewindebohrungen in einer Stirnseite der Gehäusescheibe, mit den passenden Ringschrauben

001ABB61

2.6.9 Weitere Informationen

- HR 1 | Wälzlager | <https://www.schaeffler.de/std/1D3D>
- medias | Produktkatalog | medias.schaeffler.com
- MH 1 | Montagehandbuch | <https://www.schaeffler.de/std/1D53>
- PAX | Die leistungsstärksten Lager am Markt | <https://www.schaeffler.de/std/1FFC>

2.7 Kegelrollenlager

Kegelrollenlager bestehen aus massiven Außenringen und Innenringen mit kegeligen Laufbahnen sowie Kegelrollen in einem Fensterkäfig.

Die Lager gibt es als Standardausführung, als paarweise zusammengepasste offene Variante und als einseitig abgedichtete Integralausführung 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 Radiallasten beziehungsweise Axiallasten aufgenommen werden. Mit einer angestellten Lagerung (Festlager) lässt sich axial eine sehr steife und gut geführte Lagerung mit hoher Laufgenauigkeit umsetzen.

37 Kegelrollenlager



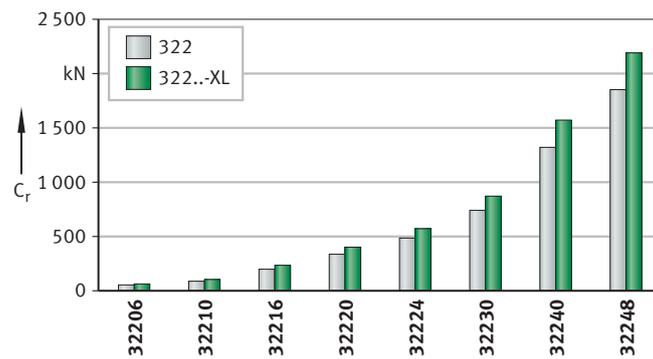
0001AC3B

2.7.1 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.

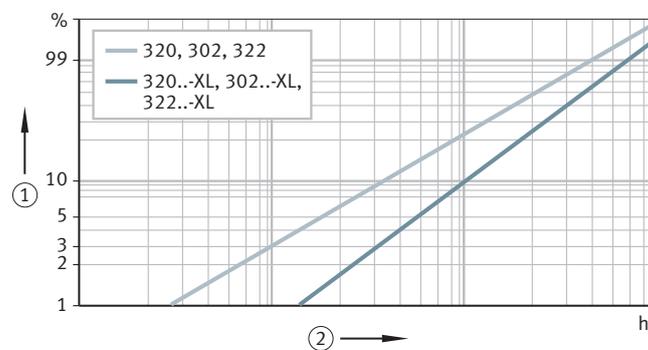
38 Vergleich der dynamischen Tragzahl C_r von X-life-Kegelrollenlagern und Lagern ohne X-life-Performance



0018FFCC

C_r Dynamische Tragzahl

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



0018FFDC

1 Ausfallwahrscheinlichkeit

2 Laufzeit in Stunden

2.7.2 Belastbarkeit

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-Anordnung oder X-Anordnung montiert.

2.7.3 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 Wellenachse und der Gehäuseachse gleich bleibt (keine dynamischen Bewegungen).

2.7.4 Betriebstemperatur

23 Zulässige Betriebstemperaturen für Kegelrollenlager

Lager	Betriebstemperatur	
	min.	max.
	°C	°C
Offene Kegelrollenlager	-30	+120
Offene Kegelrollenlager mit berührender Lippendichtung	-30	+110

2.7.5 Abdichtung

Standard-Kegelrollenlager und paarweise zusammengepasste Kegelrollenlager sind nicht abgedichtet. Integral-Kegelrollenlager JKOS haben einseitig eine Lippendichtung.

2.7.6 Schmierung

Standard-Kegelrollenlager und paarweise zusammengepasste Kegelrollenlager können mit Öl oder Fett geschmiert werden.

Integral-Kegelrollenlager JKOS sind mit hochwertigem Standardfett gefüllt.

2.7.7 Käfige

Kegelrollenlager sind mit folgenden Käfigausführungen verfügbar:

- Käfigen aus Stahlblech (offene Kegelrollenlager)
- Käfigen aus glasfaserverstärktem Polyamid (Integrallager JKOS)

2.7.8 Lagerbezeichnung

40 Lagerbezeichnung

Lagerreihe	
302	leichte Reihe
303	leichte Reihe
313	leichte Reihe
320	mittlere Reihe
322	mittlere Reihe
333	mittlere Reihe
330	schwere Reihe
331	schwere Reihe
332	schwere Reihe

Bohrungskennzahl	
18	18 · 5 = 90 mm

Ab 500 mm Bohrungsdurchmesser wird dieser offen geschrieben.

Außenkonstruktion	
X	Außenmaße nach internationalen Normen

Gütesiegel	
XL	X-life

Lageranordnung	
DF	zwei zusammengepasste Kegelrollenlager in X-Anordnung

Axialluft	
A	Axialluft
170	minimale Axialluft in μm
220	maximale Axialluft in μm

001B9829

2.7.9 Weitere Informationen

HR 1 | Wälzlager |
<https://www.schaeffler.de/std/1D3D>
 medias | Produktkatalog |
medias.schaeffler.com

2.8 Vierpunktlager

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

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.

41 Vierpunktlager



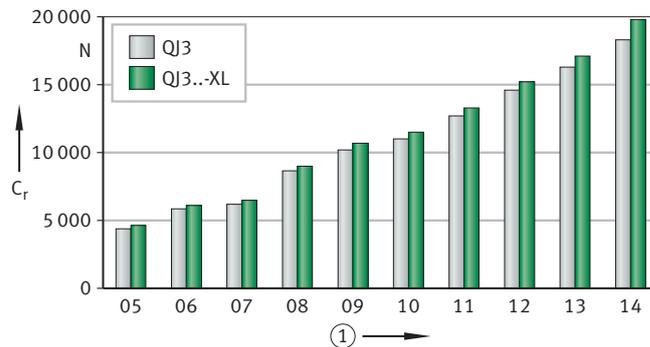
0001ABB4

2.8.1 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.

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



0019001D

C_r	Dynamische Tragzahl
1	Bohrungskennzahl

2.8.2 Belastbarkeit

Durch die Ausbildung der Wälzkörperlaufbahnen 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.

2.8.3 Betriebstemperatur

24 Zulässige Betriebstemperaturen für Vierpunktlager

Lager	Betriebstemperatur	
	min. °C	max. °C
Vierpunktlager mit Massivkäfigen aus Messing	-30	+150
Vierpunktlager mit Käfigen aus glasfaserverstärktem Polyamid	-	+110

2.8.4 Abdichtung

Vierpunktlager sind nicht abgedichtet.

2.8.5 Schmierung

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

2.8.6 Lagerbezeichnung

43 Lagerbezeichnung

Lagerreihe

QJ2 leichte Reihe
 QJ3 mittlere Reihe
 QJ10 schwere Reihe

Bohrungskennzahl

03 17 mm
 04 4 · 5 = 20 mm
 ab 04 und größer wird mit 5 multipliziert,
 um den Bohrungsdurchmesser in mm zu erhalten

Gütesiegel

XL X-life

Haltenut

N2 zwei Haltenuten im Außenring

Käfig

TVP Massivkäfig aus glasfaserverstärktem Polyamid PA66, kugelgeführt
 MPA Massivkäfig aus Messing, Führung am Außenring

Radialluft

CN normale Radialluft – Standard (ohne Nachsetzzeichen)
 C3 Radialluft C3 (größer als normal)
 C4 Radialluft C4 (größer als C3)

QJ3 15 - XL - N2 - MPA - C3

001B9839

2.8.7 Weitere Informationen

HR 1 | Wälzlager |
<https://www.schaeffler.de/std/1D3D>
 medias | Produktkatalog |
medias.schaeffler.com

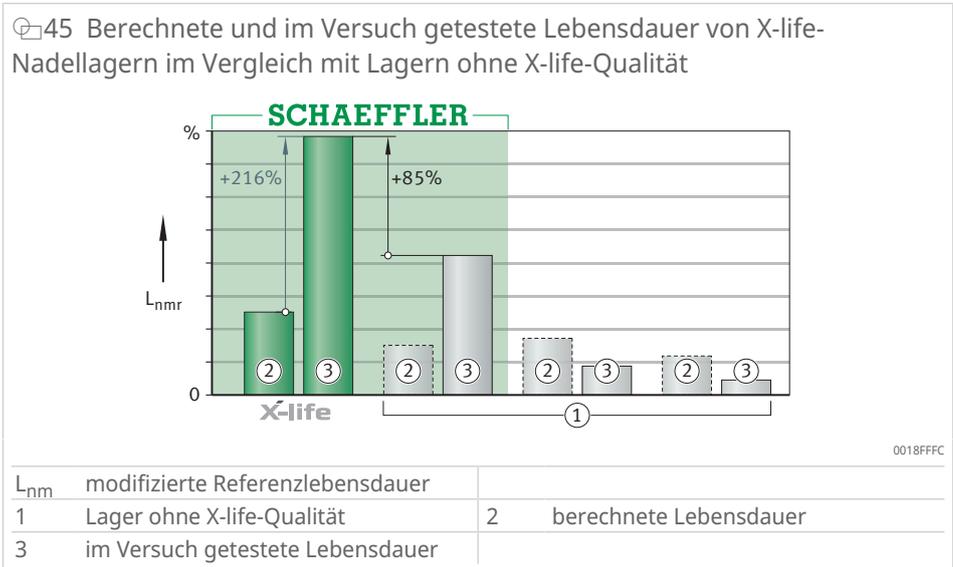
2.9 Nadellager

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, dass sie entsprechend der Anwendung mit oder ohne Innenring geliefert werden können. 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.



2.9.1 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.



2.9.2 Belastbarkeit

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 Radial-Nadellager beispielsweise mit Axial-Nadellagern AXW kombiniert werden. Außerdem steht für kombinierte Lasten ein umfangreiches Sortiment an kombinierten Nadellagern zur Verfügung.

2.9.3 Ausgleich von Winkelfehlern

Nadellager eignen sich nicht zum Ausgleich von Winkelfehlern.

2.9.4 Betriebstemperatur

25 Zulässige Betriebstemperaturen für Nadellager

Lager	Betriebstemperatur	
	min.	max.
	°C	°C
offene Lager	-30	+120
abgedichtete Lager, wie auch Ausführungen mit Kunststoffkäfig	-20	+120

2.9.5 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.

2.9.6 Lagerbezeichnung

46 Lagerbezeichnung

NA49 01 - 2RSR - XL - TV - C3

Lagerreihe

NA48	leichte Reihe
NA49	mittlere Reihe
NA69	schwere Reihe

Bohrungskennzahl

00	10 mm
01	12 mm
02	15 mm
03	17 mm
04	4 · 5 = 20 mm

ab 04 und größer wird mit 5 multipliziert,
um den Bohrungsdurchmesser in mm zu erhalten

Dichtung

2RSR beidseitig berührende Lippendichtung

Gütesiegel

XL X-life

Käfig

TV Lager mit Käfig aus glasfaserverstärktem Polyamid PA66

Radialluft

CN	normale Radialluft – Standard (ohne Nachsetzzeichen)
C3	Radialluft C3 (größer als normal)
C4	Radialluft C4 (größer als C3)

001B9849

2.9.7 Weitere Informationen

HR 1 | Wälzlager |
<https://www.schaeffler.de/std/1D3D>
 medias | Produktkatalog |
medias.schaeffler.com

2.10 Beschichtungen für Wälzlager

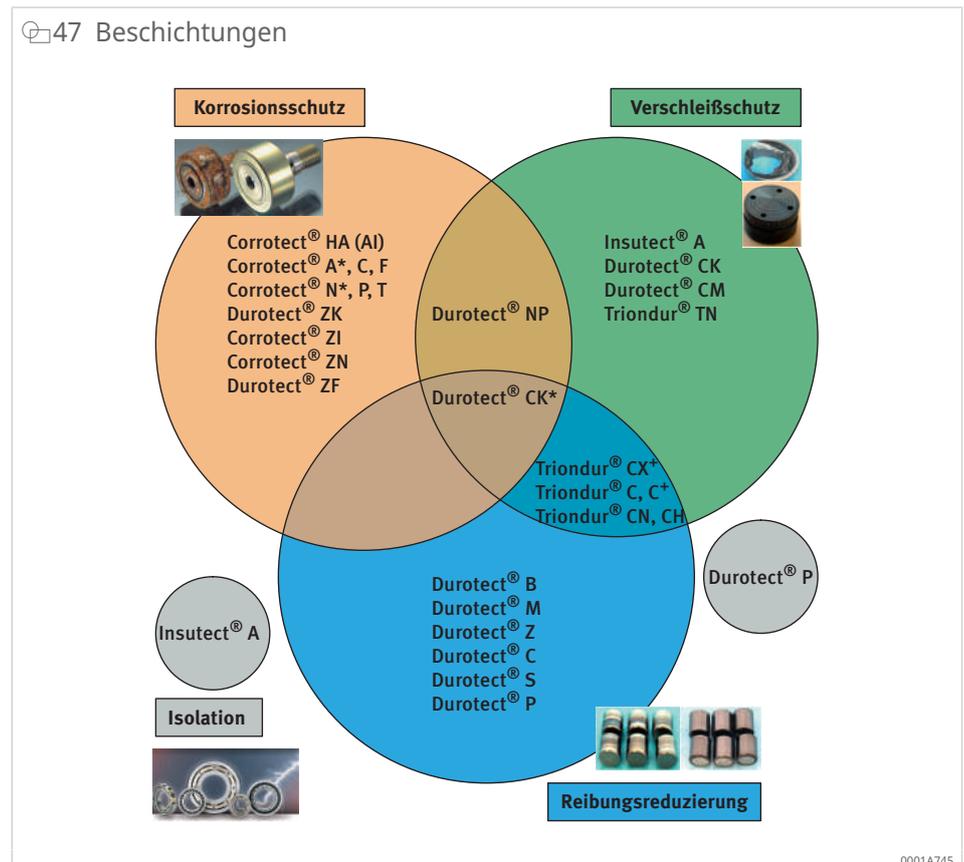
Lager und Präzisionsbauteile von Schaeffler bieten ein hohes Leistungsvermögen und eine hohe Gebrauchsdauer. So lassen sich für den größten Teil der Anforderungen ausgereifte und wirtschaftliche Standardlösungen realisieren. Trotzdem können Betriebsbedingungen auftreten, unter denen die Standardausführungen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

2.10.1 Beschichtungen

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 Wälzlagern oder Gleitlagern deutlich steigern. Besonders unter extremen Bedingungen oder in speziellen Umgebungen wird der Einsatz von Wälzlagern durch Beschichtungen erst möglich.

47 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. Z. B. können Triondur-beschichtete Wälzlager die Reibung und den Verschleiß signifikant senken. Um den steigenden Anforderungen gerecht zu werden, werden in unserem Oberflächenzentrum ständig neue Beschichtungen und die zugehörigen Abscheideverfahren entwickelt. Aktuell sind über 40 verschiedene Oberflächenbeschichtungen verfügbar.

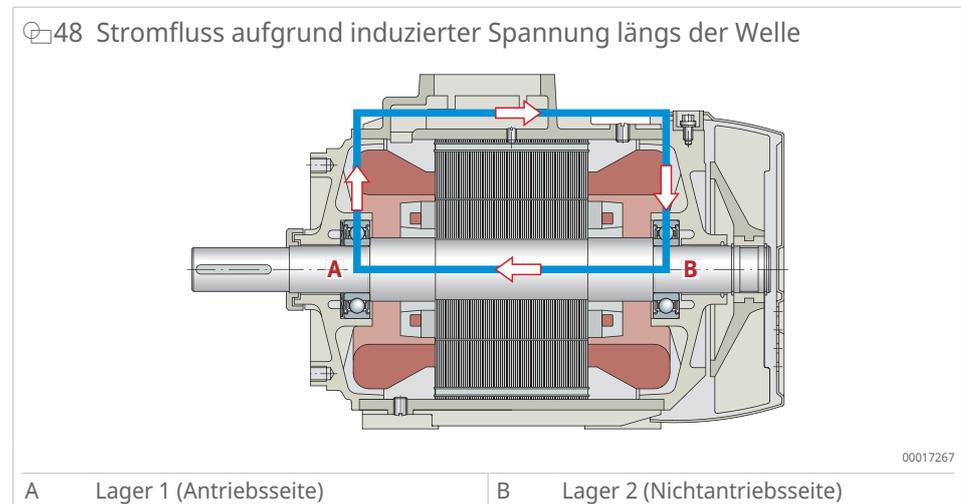
2.10.2 Stromisolierende Lager als Prävention

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 Lagern, die eine isolierende Keramik-Oxidbeschichtung am Innenring 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 kann.

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.

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.

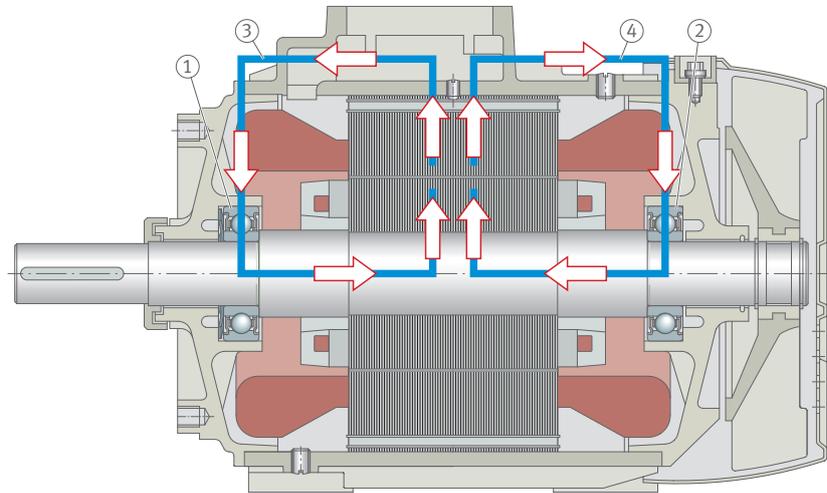


Stromfluss zwischen Welle und Gehäuse

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 bis Achshöhe 280 mm zu den sogenannten EDM-Strömen führen, die separat durch jedes der beiden Lager fließen können.

Als Abhilfemaßnahmen gegen EDM-Ströme haben sich 2 Hybridlager mit Wälzkörpern aus Keramik und/oder Ableitlösungen bewährt. Alternativ kann auch eine Beschichtung mit Insutect A eine Lösung sein. Dabei muss eine geeignete Schichtstärke ausgewählt werden. Welche Lösung die bessere ist, hängt vom Motor sowie von den Umbauteilen ab.

49 Entladeströme



001A9CC8

1	Lager Antriebsseite	2	Lager Belüftungsseite
3	möglicher Strompfad 1	4	möglicher Strompfad 2

Insutect-beschichtete Lager

Die sehr harte, gut wärmeleitende Oxidkeramik-Beschichtung wird häufig am Lageraußenring aufgebracht. Die Außenabmessungen der stromisolierten Wälzlager entsprechen den nach DIN 616:2022 (ISO 15:2017) genormten Abmessungen und sind somit mit Standardlagern austauschbar. Für den Einsatz in Pumpen hat sich die Beschichtung mit Insutect A mit einer Schichtdicke von 120 µm, Nachsetzzeichen J20GA, bewährt. Durch eine spezielle Versiegelung wirkt diese selbst bei hoher Luftfeuchtigkeit isolierend. Durch die ebenfalls am Außenring aufgebrachte J20GB-Schicht mit einer Schichtstärke von 200 µm lässt sich eine noch höhere Sicherheit auch bei hochfrequenten Strömen erreichen.

Vorteile:

- hoher Isolationsschutz durch Oxidkeramik-Beschichtung
- J20GA-Schichtdicke 120 µm bis DC 3000 V
- Insutect-Beschichtungen sind für offene und abgedichtete Rillenkugellager wie auch für Zylinderrollenlager etabliert.

Bestellbezeichnung:

- 6316-J20GA-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:

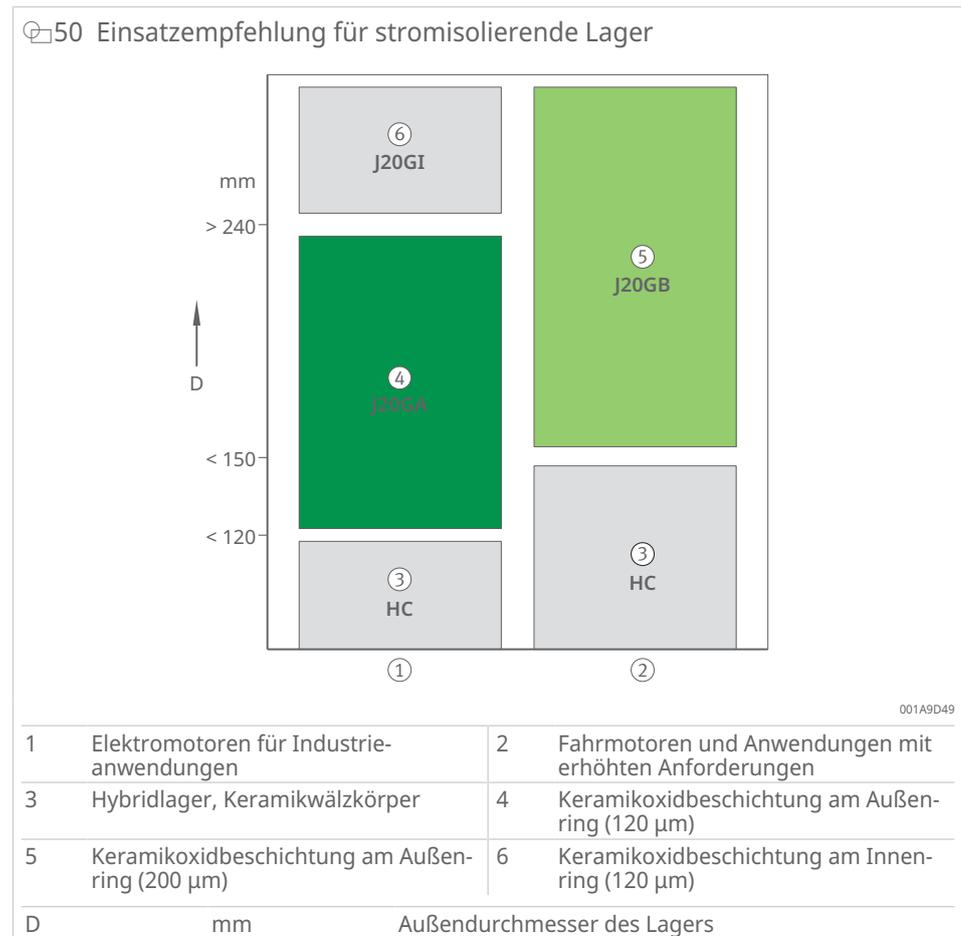
- optimale Isolierung durch höchsten Widerstand gegen Stromdurchgang
- höhere Drehzahlen bei geringerer Reibung und Temperaturen im Betrieb
- bessere Notlaufeigenschaften als Standardlager
- Keramikwälzkörper mit extremer Verschleißfestigkeit

Hybridlager sind durch das Vorsetzzeichen HC gekennzeichnet.

Bestellbezeichnung:

- HC6309-2Z-L207-C3

2.10.3 Standard-Einsatzempfehlung



2.10.4 Weitere Informationen

TPI 67 | Corroprotect-Korrosionsschutzsysteme |
<https://www.schaeffler.de/std/1FDD>

TPI 186 | Oberflächentechnologie |
<https://www.schaeffler.de/std/1F39>

TPI 206 | Stromisolierende Lager |
<https://www.schaeffler.de/std/1FE8>

medias | Stromisolierende Wälzlager
<https://www.schaeffler.de/std/2024>

3 Instandhaltung und Services

3.1 Condition Monitoring

Von der intelligenten Zustandsüberwachung über automatische Schmierstoffgeber bis hin zu den Expert Services bietet Schaeffler mit Service Solutions ganzheitliche Lösungen für den gesamten Lebenszyklus der Wälzlager. Für den kostenoptimalen Betrieb der Wälzlager für elektrische Maschinen gibt es folgende Möglichkeiten:

- Überwachungssysteme:
 - OPTIME: die günstige und kabellose Lösung speziell für Nebenaggregate mit konstanten Betriebsbedingungen
 - 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
 - Ursachenanalysen und Schadensanalysen mit Handlungsempfehlungen
 - Kundenschulungen

Vorteile:

- geringere Kosten
- reduzierte Arbeitszeit
- minimales Risiko
- nutzerfreundliche und sichere Arbeitsbedingungen
- optimale Nutzung der Lebensdauer
- weniger ungeplante Stillstände
- innovative Lösungen, auch für Aggregate, bei denen vorbeugende oder vorhersehende Maßnahmen bislang zu kostenintensiv wirkten

3.1.1 Schaeffler OPTIME

Das System OPTIME ist eine Komplettlösung für die Zustandsüberwachung und die Schmierung einer großen Anzahl von Maschinen. Mit OPTIME wird die zustands-orientierte Instandhaltung auch für Nebenaggregate wirtschaftlich, da ungeplante Stillstände vermieden werden. Das System erkennt Schäden an den jeweiligen Komponenten z. B. von Pumpen, Elektromotoren und Lüftern, sowie Unwuchten, fehlerhafte Ausrichtung und Anschlägen mit einer Vorlaufzeit von mehreren Wochen.

Um den Aufwand für den Nutzer für jeden einzelnen Prozessschritt so gering wie möglich zu halten, wurden bei der Entwicklung des OPTIME Systems die folgenden Punkte besonders berücksichtigt:

- einfache Inbetriebnahme
- problemlose Erweiterung
- vielfältige Nutzungsmöglichkeiten

Vorteile

- flächendeckende und automatisierte Schmierung
- kabellose IoT-Lösung, die jederzeit erweiterbar ist
- problemlos mehrere 100 Aggregate an einem Tag integrierbar
- bis zu 50 % geringere Kosten gegenüber manueller Schmierung

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

51 Konzept OPTIME



00191E08

52 OPTIME



00190854

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 z. B. Zeitsignale oder Spektren bei Bedarf weiter analysiert werden können. Weiterhin kann die gesamte Installation im Dashboard verwaltet werden.

Weitere Informationen

BA 68 | OPTIME Ecosystem: Zustandsüberwachung |
<https://www.schaeffler.de/std/1F40>

Service Info | Was ist OPTIME und wie funktioniert es? |
<https://www.schaeffler.de/std/1FF0>

OPTIME | Ecosystem |
<https://www.schaeffler.de/std/1FFF>

FOT General | Condition Monitoring mit Schaeffler OPTIME |
<https://www.schaeffler.de/std/1FEF>

3.1.2 Schaeffler SmartCheck

Der SmartCheck ist ein kompaktes Online-Messsystem zur permanenten Maschinenüberwachung.

53 SmartCheck



Trotz der kompakten Größe ist der 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. Diese Messaufgabe kann jederzeit an sich ändernde Anforderungen angepasst und erweitert werden.

Der SmartCheck ermöglicht Folgendes:

- Korrelation von Maschinenparametern 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 in diese integrieren. So können z. B. der Alarmstatus in der Anlagenvisualisierung dargestellt oder Arbeitsaufträge in einem Instandhaltungssystem ausgelöst werden.

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

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

Weitere Informationen

TPI 214 | Schaeffler SmartCheck |
<https://www.schaeffler.de/std/1B6C>

medias | Lifetime solutions
<https://www.schaeffler.de/std/2037>

3.1.3 ProLink Condition Monitoring System (CMS)

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



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

Wie auf dem SmartCheck, ist auch im ProLink CMS automatisch eine Messaufgabe für jeden Sensor vorinstalliert. Durch das Lernmodul ist ein einfacher Einstieg in die Zustandsüberwachung möglich.

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

55 Übersicht über OPTIME, SmartCheck und ProLink CMS



00194D28

Weitere Informationen

OPL | ProLink CMS - Condition Monitoring mit System |
<https://www.schaeffler.de/std/1FF4>

Benutzerhandbuch | Schaeffler ProLink CMS |
<https://www.schaeffler.de/std/1FF1>

GTS 0129 | Integriertes Condition Monitoring System für eine Wasser-
 aufbereitungsanlage |
<https://www.schaeffler.de/std/1FF3>

3.2 Nachschmiersysteme

3.2.1 CONCEPT

Automatische Schmierstoffgeber

Fast 80 % der auftretenden Lagerschäden sind auf Probleme bei der Schmierung zurückzuführen. Die Ursachen dieser Probleme sind häufig die folgenden:

- Fettalterung
- ungeeignete Fettmengen oder Fettsorten
- eingetragene Verunreinigungen

Mit Schmierstoffgebern oder Schmiersystemen können diese Ursachen oft vermieden und die Lager automatisch mit der richtigen Menge und in den richtigen Intervallen mit Schmierstoff versorgt werden. Durch automatische Schmierstoffgeber 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 Schmierstoffgeber halten die Schmierintervalle ein und vermeiden eine Unterversorgung oder Überversorgung mit Schmierfett. Die Stillstandszeiten der Anlage werden kürzer, die Instandhaltungskosten geringer.

Bei schwer zugänglichen Schmierstellen wird die Arbeit im Vergleich zur manuellen Schmierung erleichtert und die Arbeitssicherheit erhöht. Schmierstoffgeber werden auf die Lagerstellen abgestimmt ausgewählt und sind vielseitig einsetzbar, z. B. bei:

- Elektromotoren
- Getrieben
- Verdichtern und Gebläsen
- Linearsystemen
- Förderanlagen
- Werkzeugmaschinen
- Flüssigkeitspumpen

☞ 56 Automatische Schmierstoffgeber an Kreiselpumpen



Das Portfolio reicht vom Schmierstoffgeber CONCEPT1 mit einem SinglePoint-Schmieranschluss bis zum Schmierstoffgeber CONCEPT8 mit 8 MultiPoint-Schmieranschlüssen.

 57 Automatische Schmierstoffgeber


0018F28E

1	CONCEPT1	2	CONCEPT2
3	CONCEPT4	4	CONCEPT8

Vorteile der Schmierstoffgeber:

- geeignet für schwer zugängliche Stellen oder Nebenaggregate
- kostengünstig
- sofort einsatzbereit durch einfache Installation
- flexibel, denn Schmierstoffgeber sind vorbefüllt mit den Arcanol Wälzlagerfetten oder als leere Geräte zum Selbstbefüllen erhältlich
- Gerätevarianten mit bis zu 8 Schmierleitungsabgängen, erweiterbar durch Unterverteiler
- kontinuierliche oder kolbengetriebene Abgabemengen
- erhöhte Lagerlebensdauer durch Vermeidung von Übersmierung und Unterschmierung und dadurch verursachte Temperaturanstiege im Lager
- erhöhte Anlagenverfügbarkeit und reduzierte Ausfallkosten
- reduzierte Personalkosten
- Varianten mit Batteriebetrieb
- Varianten mit Netzbetrieb DC 24 V
- Varianten mit integrierter Gastriebeinheit
- breiter Temperatureinsatzbereich
- reduziertes Risiko des Eintrags von Verschmutzungen oder der Auswahl des falschen Schmierstoffs

Weitere Informationen

FBS | Schmierer mit System |
<https://www.schaeffler.de/std/1F5C>

ICA | ARCALUB CONCEPT1 |
<https://www.schaeffler.de/std/1F5D>

ICB | ARCALUB CONCEPT2 |
<https://www.schaeffler.de/std/1F7A>

ICC | ARCALUB CONCEPT4 |
<https://www.schaeffler.de/std/1F7B>

ICD | ARCALUB CONCEPT8 |
<https://www.schaeffler.de/std/1FF5>

TPI 252 | Schmierstoffgeber |
<https://www.schaeffler.de/std/1D4E>

Wälzlagerfette Arcanol

Die Wahl des richtigen Schmierstoffs spielt eine entscheidende Rolle für elektrische Maschinen. Das Arcanol Programm von Schaeffler enthält mit dem Wälzlagerfett MULTITOP einen hochwertigen Standard-Schmierstoff, der sich für eine Vielzahl von elektrischen Maschinen bewährt hat. Für etwas höhere Temperaturanforderungen eignet sich Arcanol TEMP90 oder TEMP110, der verlängerte Nachschmierintervalle bei hohen Temperaturen garantiert.

58 Wälzlagerfette Arcanol



0018DA32

Weitere Informationen

FAS | Wälzlagerfette Arcanol |
<https://www.schaeffler.de/std/1F67>

TPI 168 | Wälzlagerfette Arcanol |
<https://www.schaeffler.de/std/1F66>

TPI 176 | Schmierung von Wälzlagern |
<https://www.schaeffler.de/std/1F83>

3.2.2 Schaeffler OPTIME

Das System OPTIME ist eine Komplettlösung für die Zustandsüberwachung und die Schmierung einer großen Anzahl von Maschinen. Mit OPTIME ist die automatische Schmierung in der Instandhaltung noch wirtschaftlicher, da ungeplante Stillstände durch Überschmierung oder Mangelschmierung vermieden werden. Zudem macht OPTIME regelmäßige Routengänge zur Prüfung der Schmierstoffgeber unnötig. Das OPTIME System warnt den Nutzer bei Störungen eines Schmierstoffgebers oder bei erforderlichem Austausch der Schmierstoffkartusche CONCEPT1.

Bei der Entwicklung des OPTIME Systems wurden die folgenden Punkte besonders berücksichtigt:

- einfache Inbetriebnahme
- problemlose Erweiterung
- vielfältige Nutzungsmöglichkeiten

Vorteile:

- flächendeckende und automatisierte Schmierung
- kabellose IoT-Lösung, die jederzeit erweiterbar ist
- problemlos mehrere 100 Aggregate an einem Tag integrierbar
- bis zu 50 % geringere Kosten gegenüber manueller Schmierung

Der Aufwand für den Nutzer ist bei jedem Prozessschritt so gering wie möglich. Ein Bestandteil des OPTIME Systems sind die kabellosen Schmierstoffgeber OPTIME C1, die mit einer Kartusche CONCEPT1 verwendet werden und zusammen mit dem Gateway ein Mesh-Netzwerk bilden. Zur Erweiterung des Mesh-Netzwerks können OPTIME Sensoren eingebunden werden. Ein weiterer Bestandteil des OPTIME Systems sind die zugehörigen Services in der Cloud, durch die der Zustand der Schmierstoffgeber und der Zustand der Maschinen mit einem geeigneten Endgerät via App oder Dashboard kontrolliert werden kann.

59 OPTIME-Konzept mit OPTIME C1, OPTIME-Sensoren, Gateway und digitalem Service



001AB2CE

Weitere Informationen

CSS 0179 | Keine Überraschung mit den Schmierstoffgebern |
<https://www.schaeffler.de/std/1FF6>

TPI 271 | Schmierstoffgeber | OPTIME C1 |
<https://www.schaeffler.de/std/1FC2>

medias | Lifetime solutions
<https://www.schaeffler.de/std/2037>

3.2.3 OPTIME C1

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 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 OPTIME besonders für die automatisierte und kostengünstige Überwachung und Schmierung einer großen Anzahl von Maschinen.

Vorteile von OPTIME C1:

- kostengünstige und zuverlässige Nachschmierung
- reduzierte Anzahl von Ausfällen und Stillstandszeiten durch zuverlässige Schmierung
- Vermeidung von versteckten Kosten, da regelmäßige Wartungsgänge und Kontrollgänge nicht mehr erforderlich sind
- verlängerte Lagerlebensdauer durch optimierte und kontrollierte Schmierung
- geführte und einfache Installation, Inbetriebnahme und Wartung

60 OPTIME C1 mit Kartusche, Gateway und digitalem Service



00198465

3.3 Montage und Service von Wälzlagern

3.3.1 Montage einfach gemacht

Die richtigen Montagewerkzeuge sparen Zeit und reduzieren das Risiko eines Montagefehlers auf ein Minimum.

Schaeffler unterstützt seinen Kunden bei der Montage unter anderem durch folgende Produkte und Services:

- große Auswahl von Montagewerkzeugen und Demontagewerkzeugen
- induktive Anwärmgeräte
- Geräte zur optimalen Ausrichtung von elektrischen Maschinen
- Montageservice für besonders herausfordernde Projekte

61 Montagewerkzeuge



00191ED5

Weitere Informationen

MH 1 | Montagehandbuch |

<https://www.schaeffler.de/std/1D53>

OOS | Schulung E-Learning auf medias-campus |

<https://www.schaeffler.de/std/1FDC>

PDB 31 | Produkte für die Instandhaltung |

<https://www.schaeffler.de/std/1FD5>

OWT | Produktschulung Wälz- und Gleitlager |

<https://www.schaeffler.de/std/1FF7>

TPI 195 | Hydraulische Pumpen |

<https://www.schaeffler.de/std/1F8D>

TPI 196 | Hydraulikmutter HYDNUT |

<https://www.schaeffler.de/std/1FBE>

TPI 216 | Werkzeuge für den mechanischen Einbau und Ausbau von Wälzlagern |

<https://www.schaeffler.de/std/1FDE>

medias | Montage

<https://www.schaeffler.de/std/2043>

3.3.2 Services

Neben innovativen Lösungen und Produkten rund um Wälzlager und Gleitlager bietet Schaeffler ein breites Spektrum kundenspezifischer Services im Bereich der Anlageninstandhaltung und Qualitätssicherung an. Dieses Serviceangebot beinhaltet folgende Leistungen:

- Durchführung von Routinemessungen und Routineinspektionen
- professionelle Installation diffiziler Messtechnik
- Störungssuche und Fehlerbehebung an komplexen industriellen Anlagen
- umfangreiche Full-Service-Pakete

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, z. B. 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.

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 Zustandsanalysen und Zustandsdiagnosen auf einem am Markt einzigartigen Niveau. Dies bedeutet für unsere Kunden einen erheblichen Vorteil im Bereich der Ergebnissenauigkeit. Dank langjähriger Erfahrung und qualifizierter Fachleute ist Schaeffler der kompetente Partner für kundenorientierte Lösungen rund um den Lebenszyklus von Wälzlagern.

62 Services



00191EB5

3.3.3 Trainings

Das Schulungsangebot von Schaeffler bietet eine große Auswahl an Produktschulungen sowie Analyseschulungen. Die Schulungen werden durch praktische Erfahrung aus erster Hand gezielt die internen Fähigkeiten stärken. Die Schulungen starten mit Basiswissen und einem Überblick über die einsetzbaren Produkte. Weiterführende Schulungen vertiefen das theoretische Wissen und ergänzen es durch praktische Übungen. Die Übungen bereiten darauf vor, in Zertifizierungslehrgängen nach DIN ISO 18426-2 das Wissen zum Condition Monitoring auf verschiedenen Ebenen prüfen und zertifizieren zu lassen.

Weitere Informationen

medias | Schaeffler Trainings
<https://www.schaeffler.de/std/2033>

3.4 Typische Schadensbilder und Abhilfemaßnahmen

Die Wälzlager gehören im Hinblick auf hohe Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer neben den Dichtungssystemen zu den wichtigsten Komponenten einer Pumpe. Das Ende der Gebrauchsdauer der Lager ist erreicht, wenn folgende negative Veränderungen im Betrieb auftauchen und zum Funktionsverlust führen:

- Materialermüdung
- Verschleiß
- Temperaturbelastung
- Veränderungen des Schmierstoffs

Eine korrekte Lagerwahl und Dimensionierung muss zu einer rechnerisch ermittelten Lebensdauer führen.

Beispiele für Betriebsparameter bei der Lebensdauer-Berechnung:

- Umgebungskonstruktion
- Passungen
- Radiallast und Axiallast
- Drehzahl
- Temperatur
- Schmierstoff

Nicht alle im Betrieb der Wälzlager vorliegenden Faktoren fließen vollumfänglich in die Berechnung der Lebensdauer ein. Daher kann die tatsächlich erreichte Gebrauchsdauer im Einzelfall von der errechneten Lebensdauer abweichen. Eine extreme Abweichung der Gebrauchsdauer von der Lebensdauer bedeutet einen vorzeitigen Lagerschaden. Die Ursache des Lagerschadens muss gefunden und eine passende Abhilfemaßnahme dafür umgesetzt werden.

Ursachen von Lagerschäden

- Schmierstoffmangel
- ungeeigneter oder gealterter Schmierstoff
- unzureichende Sauberkeit durch Partikel oder unerwünschte Medien
- zu hohe Betriebstemperatur hat negativen Einfluss auf den Schmierstoff und das Material, insbesondere z. B. auf den Kunststoffkäfig oder auf das Dichtungsmaterial
- Temperaturdifferenzen der Lagerringe haben Einfluss auf das Betriebsspiel
- unsachgemäße Montage
- Stoßbelastung und Vibration
- Materialermüdung
- elektrischer Stromdurchgang
- defekte Lageraufnahme an Gehäuse oder Welle
- Überlast
- Unterschreitung der Mindestlast

Arten von Lagerschäden

- Ermüdung unter der Oberfläche und auf der Oberfläche
- abrasiver und adhäsiver Verschleiß
- Korrosion durch Feuchtigkeit oder Reibkorrosion, beispielsweise Passungsrost oder Riffelbildung
- Elektroerosion durch Kriechströme oder Stromdurchgang
- plastische Deformation durch Überlastung oder Eindrückungen durch Partikel oder Handhabungsfehler
- Gewaltbruch, Dauerbruch oder Wärmeriss

Um die Gebrauchsdauer der elektrischen Maschine zu verbessern, muss ein vorzeitiger Lagerschaden nicht als Totalausfall des Lagers gewertet werden. Ein Lagerschaden muss als eine Minderung der Leistungsfähigkeit des Systems betrachtet werden. Ein Lager kann nur dann einwandfrei laufen, wenn sämt-

liche Betriebseinflüsse sowie konstruktiven Einflüsse entsprechend aufeinander abgestimmt sind. Für die Ursachenfindung von Lagerschäden und um geeignete Abstellmaßnahmen umzusetzen, sind alle Kriterien zu betrachten, z. B.:

- Schmierung
- Temperaturen
- Abdichtung
- Umgebungskonstruktion
- Materialien

Die nachfolgenden Tabellen geben einen Überblick über mögliche Einflüsse und Zusammenhänge für das Entstehen von Lagerschäden. Anhand von Schadensbildern ausgefallener Lager können mögliche Ursachen abgeleitet und näher betrachtet werden. Oft ist eine Zuordnung der tatsächlich zutreffenden Schadenshypothese anhand des ausgebauten, nicht demontierten Lagers uneindeutig. Daher muss systematisch bei der Ableitung der Schadensbilder vorgegangen werden, um die tatsächliche Ausfallursache zu identifizieren.

Weitere Informationen

WL82102/2 | Wälzlagerschäden | <https://www.schaeffler.de/std/1FF8>

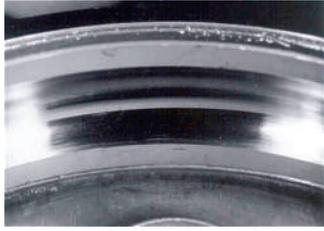
3.4.1 Abdichtung

26 Schadensbilder durch falsche Abdichtung

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

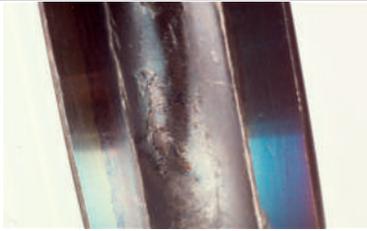
3.4.2 Stromdurchgang

27 Schadensbilder bei 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 die 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) müssen Ableitung, Erdung oder Isolation genutzt werden, um den Stromdurchgang durch das Lager zu reduzieren oder zu vermeiden. Stromisolierende Lager wie Hybridlager mit Keramik-kugeln mit Vorsetzzeichen HC oder Insutect-beschichtete Lager mit Keramikbeschichtung an den Ringmantelflächen z. B. mit Nachsetzzeichen J20GA sind eine einfach umzusetzende Möglichkeit der Isolierung.	Abhängig von der Art des elektrischen Stroms (System Antriebsstrang) müssen Ableitung, Erdung oder Isolation genutzt werden, um den Stromdurchgang durch das Lager zu reduzieren oder zu vermeiden. Stromisolierende Lager wie Hybridlager mit Keramik-kugeln mit Vorsetzzeichen HC oder Insutect-beschichtete Lager mit Keramikbeschichtung an den Ringmantelflächen z. B. mit Nachsetzzeichen J20GA oder J20GB mit doppelter Schichtdicke sind eine einfach umzusetzende Möglichkeit der Isolierung.

3.4.3 Schmierung

28 Schadensbilder durch falsche 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. Wird auch als Graufleckigkeit bezeichnet.
Ursache	Eingeschränkter Schmiermittelfluss oder übermäßige Temperaturen, die zur Verschlechterung des Schmiermittels führen.	Unzureichender Schmierungszustand (Art, Menge, Verschmutzung, insbesondere Wasser) bei moderaten bis niedrigen Lasten. Gleichzeitiges Auftreten von Gleitungen.
Abhilfe	Verwendung eines geeigneten Schmiermittels in der richtigen Menge, Vermeidung von Fettverlust und Einhaltung geeigneter Nachschmierungsintervalle, z. B. durch den Schmierstoffgeber CONCEPT und Arcanol Wälzlagerfette. Korrekten Lagersitz gewährleisten und Vorspannung zur Reduzierung der Lagertemperatur kontrollieren.	Trennenden Schmierfilm sicherstellen. Kontamination verhindern. Verwendung von geeigneten Oberflächenbeschichtungen, z. B. mit Nachsetzzeichen J30PE wie Durotect B.

3.4.4 Zu hohe Last

3 29 Schadensbilder bei zu hoher Last

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

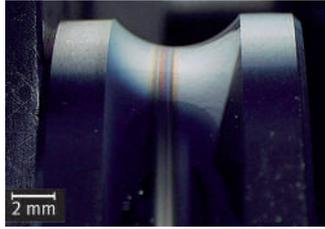
3.4.5 Zu geringe Last

30 Schadensbilder bei zu geringer Last

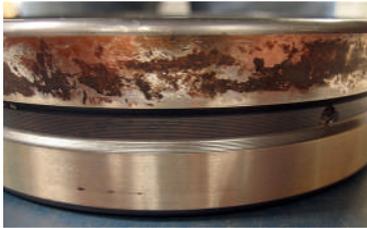
	Schlupfspuren
	
Merkmale	Fleckige Ansmierung oder Materialaufreißungen in Verbindung mit Mikropittings der Wälzkörper oder Laufbahnen.
Ursache	Durch zu geringe Last rollen die Wälzkörper nicht auf den Laufbahnen, sondern gleiten darüber. Kritisch insbesondere in Kombination mit schlechter Schmierung. Starke Beschleunigung der Wälzkörper beim Eintritt in die Lastzone. Schnelle Geschwindigkeitsänderungen können auch zu Schlupf und damit zu oberflächeninduzierten Schäden führen.
Abhilfe	Lager mit geringerer Tragfähigkeit wählen. Lagerpiel reduzieren. Schmierung verbessern. Lager mit Keramik-Wälzkörper mit Vorsetzzeichen HC wählen. Beschichtung der Wälzkörper, z. B. Triondur C mit Nachsetzzeichen J48BB, wählen.

3.4.6 Konstruktive Gegebenheiten

31 Schadensbilder durch konstruktive Gegebenheiten

	Heißlauf	Zu hohe Vorspannung
		
Merkmale	Verfärbung der Ringe, Wälzkörper und Käfige von gold zu blau. Temperaturen über +150 °C können Ringmaterial und Wälzkörpermaterial verändern. Durch die Veränderung kann die Lagertragfähigkeit verringert werden und vorzeitige Ausfälle sind möglich. Temperaturanstieg verschlechtert die Schmierung.	Deutliche Laufspur aufgrund von Zwangsführung am Laufbahnboden. Kann zu Überhitzung und in der Folge zu einem Blockieren des Lagers führen.
Ursache	Enge Passungen. Zu kleine Radialluft oder Betriebspiel. Zu hohe Drehzahlen oder Belastung. Ungenügende Wärmeabfuhr und Schmierungsproblem.	Vorspannung im Lager. Zu enge Passung. Zu geringe Radialluft. Gehäuseprobleme, z. B. Rundheit oder Steifigkeit.
Abhilfe	Höhere Radialluft. Geeignete Lagerauswahl hinsichtlich Drehzahlen und Belastung. Geeignete Wärmeabfuhr.	Änderung der Passungen. Höhere Radialluft.

32 Schadensbilder durch konstruktive Gegebenheiten

	Passungsrost	Mitdrehende Ringe
		
Merkmale	Rötliche oder schwarze Flecken auf Mantelfläche, Bohrung oder Seitenflächen des Lagers. Die Flecken sind oxidierte Verschleißpartikel. Führen zu ungleichmäßigen Sitzverhältnissen, möglicherweise zu Ermüdungsbrüchen und zu einer Störung der Loslagerfunktion.	Beginnender bis starker Verschleiß an der Innenringsitzfläche oder Außenringsitzfläche.
Ursache	Mikrobewegungen zwischen den gepassten Teilen, bei im Verhältnis zu den wirkenden Kräften zu losen Passungen und Feuchtigkeit.	Zu lose Passung oder ungenügende Berücksichtigung der Betriebsbedingungen.
Abhilfe	Montagevorschriften und Passungsempfehlungen beachten, gegebenenfalls festere Passung verwenden.	Passungen an der Welle oder am Gehäuse ändern, gegebenenfalls festere Passung verwenden. Anpassung der Radialluft, wenn erforderlich.

3.4.7 Montage

33 Schadensbilder bei der Montage

	Wälzkörperindrückungen Kugellager	Montageschürfmacken Zylinderrollenlager
		
Merkmale	Montagemarkierungen treten als plastische Verformungen im Wälzkörperabstand in den Laufbahnen auf. Dadurch verstärkte Lagerschwingungen und Geräusche. Starke Eindrückungen können zum vorzeitigen Ausfall durch Ermüdung oder zu Brüchen führen.	Achsparallele Schürfmackierungen meist am Innenring. Vorschädigung vor Inbetriebnahme.
Ursache	Statische Überlastung des Lagers oder starke Gewaltwirkung 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.	Unsachgemäße Montage des losen Rings in das Zylinderrollenlager.
Abhilfe	Einbau des Lagers mit geeigneten Geräten. Kraftanwendung nur auf den jeweils einzupressenden Ring.	Montage des losen Rings unter Rotation. Gegebenenfalls Erwärmung der Lagerkomponenten.

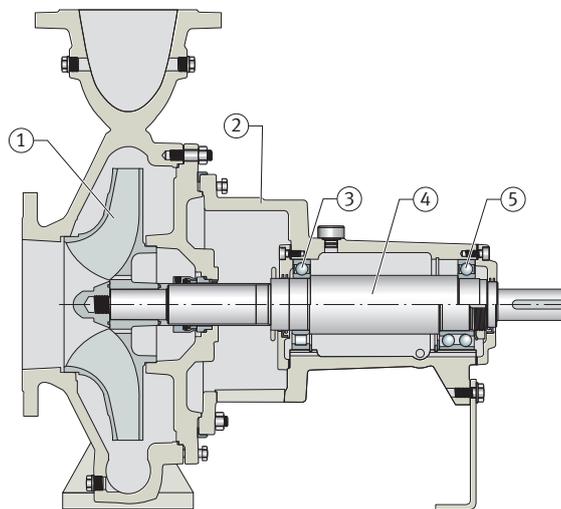
4 Anwendungsbeispiele

4.1 Chemienormpumpe

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 z. B. 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.

63 Lagerung einer Chemienormpumpe



0001A680

1	Flügelrad	2	Gehäuse
3	Loslager	4	Welle
5	Festlager		

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 z. B. nach ISO 2858 der Durchmesser des Wellenendes und dadurch auch der minimale Lagerdurchmesser in Abhängigkeit von der Nennleistung vorgegeben.

Im Normalfall treten neben den Betriebskräften keine zusätzlichen Stöße oder Ähnliches auf. Die Chemienormpumpen werden mit Drehzahlen bis zu 3600 min^{-1} betrieben. Die Drehzahl kann jedoch auch über einen optionalen Frequenzumrichter an die aktuellen Anforderungen angepasst werden.

In Normen, wie z. B. in der 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 $L_{10h} > 17500$ h
- Einhaltung der Grenzwerte für Wellendurchbiegung und Wellenrundlauf durch geeignete Lageranordnung
- Die Lager sind im entsprechenden Gehäuse beziehungsweise in der Anschlusskonstruktion mit Wellennutmutter, Wellenschultern 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 Ölschmierung als auch eine Fettschmierung.

Bei Chemienormpumpen werden folgende Lager eingesetzt:

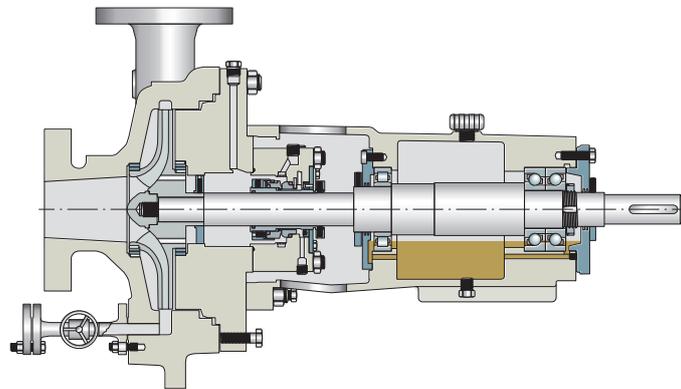
- einreihige Rillenkugellager
- einreihige und zweireihige Schrägkugellager
- Zylinderrollenlager

4.2 Prozesspumpe nach API 610

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 > 25000 h für Nennlast (rated)
- Systemlebensdauer > 16000 h für Maximallast

64 Lagerung einer Chemienormpumpe nach API 610



0001A368

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 sind und massive Ausführungen empfohlen werden, kommen Messingmassivkäfige zum Einsatz. Das normkonforme Festlager ist auf der Antriebsseite dargestellt. Hier wird ein abgepasstes Paar Schrägkugellager in O-Anordnung (in Norm vorgeschrieben!) in der Luftklasse UA oder UB verwendet, das durch den Druckwinkel von 40° bestens für die Aufnahme der Axialkräfte geeignet ist.

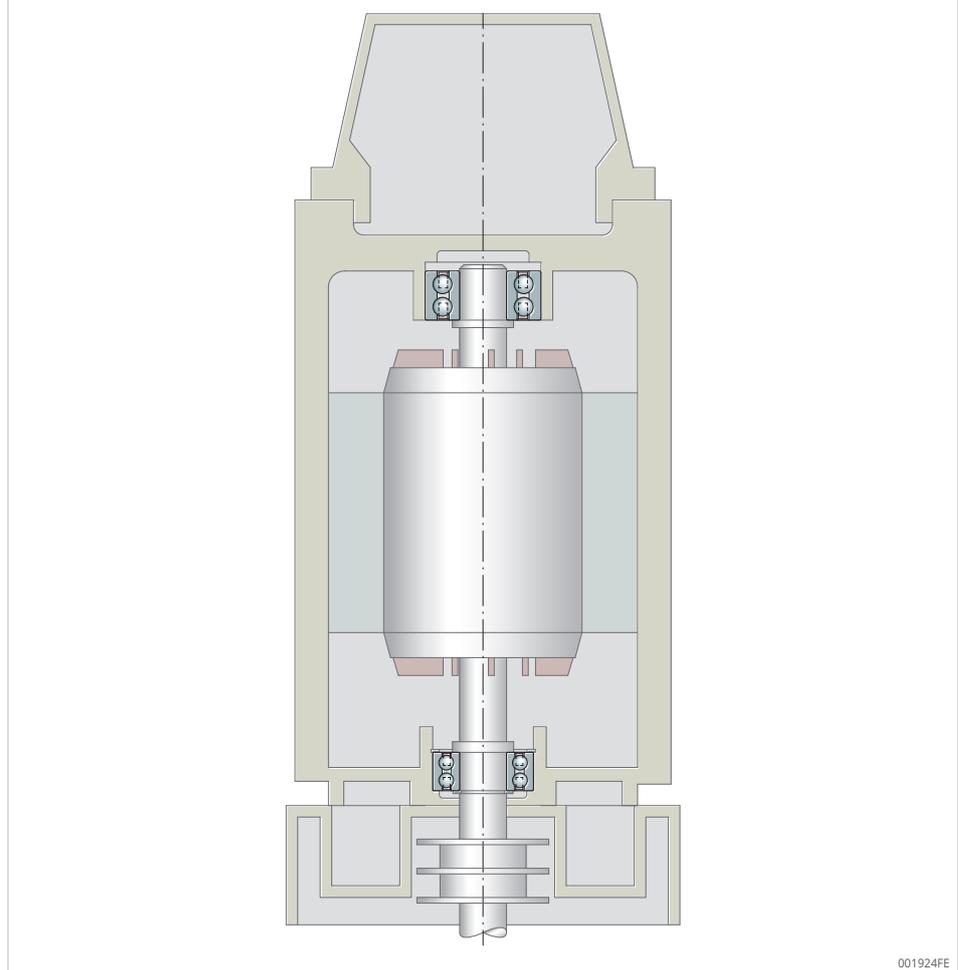
4.3 Tauchmotorpumpe

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, z. B. 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). Der Elektromotor ist konstruktiv gekapselt. Der Antriebsstrang ist ohne Kupplung ausgeführt und der Rotor des Elektromotors läuft auf der Pumpenwelle.

☞65 Lagerung einer Tauchmotorpumpe



001924FE

Anforderungen an die Wälzlagerauslegung beziehungsweise Ausführung der Lagerung:

- Aufgrund des Motorspalts bestehen höhere Anforderungen an die Steifigkeit von Welle und Lagerung.
- Um eine optimale Abstützung des Rotors 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 der Konstruktion der Pumpe. 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 3600 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. Eine Alternative für eine perfekte Loslagerfunktion wäre ein Zylinderrollenlager. Zu beachten ist hier allerdings die niedrige Radiallast. Um Schlupfgefahr zu vermeiden, muss 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 nicht möglich.

Übliche Wälzlagerbauformen für Tauchmotorpumpen:

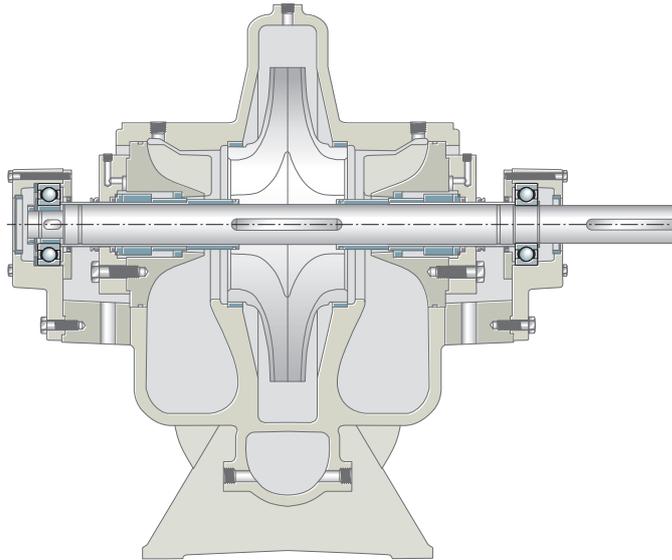
- einreihige Rillenkugellager
- einreihige und zweireihige Schrägkugellager
- Zylinderrollenlager

4.4 Doppelflutige Pumpe

Bei der doppelflutigen (zweiflutigen) Pumpe sind zwei einflutige Laufräder Rücken an Rücken angeordnet und verbessern durch diese Symmetrie das Saugverhalten der Pumpe. 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. Diese Bauart wird eingesetzt in Pipelines für die Trinkwasserversorgung, in der Kühlwasserversorgung, aber auch in Fernwärmenetzen oder im Brandschutz.

66 Lagerung einer doppelflutigen Pumpe



00192C60

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

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 Tauchmotorpumpe und der 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 Festlager und Loslager.

Das Festlager kann aufgrund der geringen axialen Belastung sowohl an der Antriebsseite 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 einreihige 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 Schmierstoffgeber CONCEPT.

Übliche Lagerbauformen für zweiflutige Pumpen:

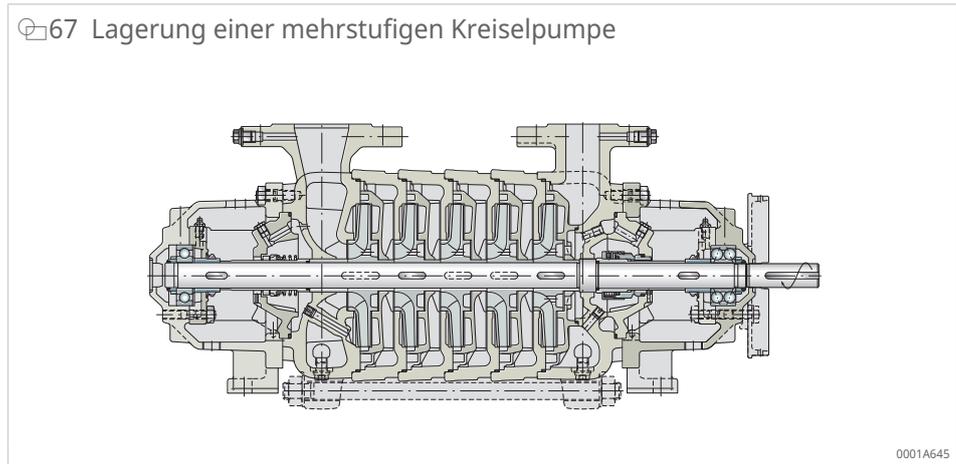
- einreihige Rillenkugellager
- einreihige und zweireihige Schrägkugellager

Neben diesen Wälzlagern sind auch weitere Lagerlösungen, z. B. 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.

4.5 Mehrstufige Kreiselpumpe

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 Ausgleichsmechanismus vorgesehen werden, um die Axialkräfte auf die Lager zu relativieren.

☞ 67 Lagerung einer mehrstufigen Kreiselpumpe



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

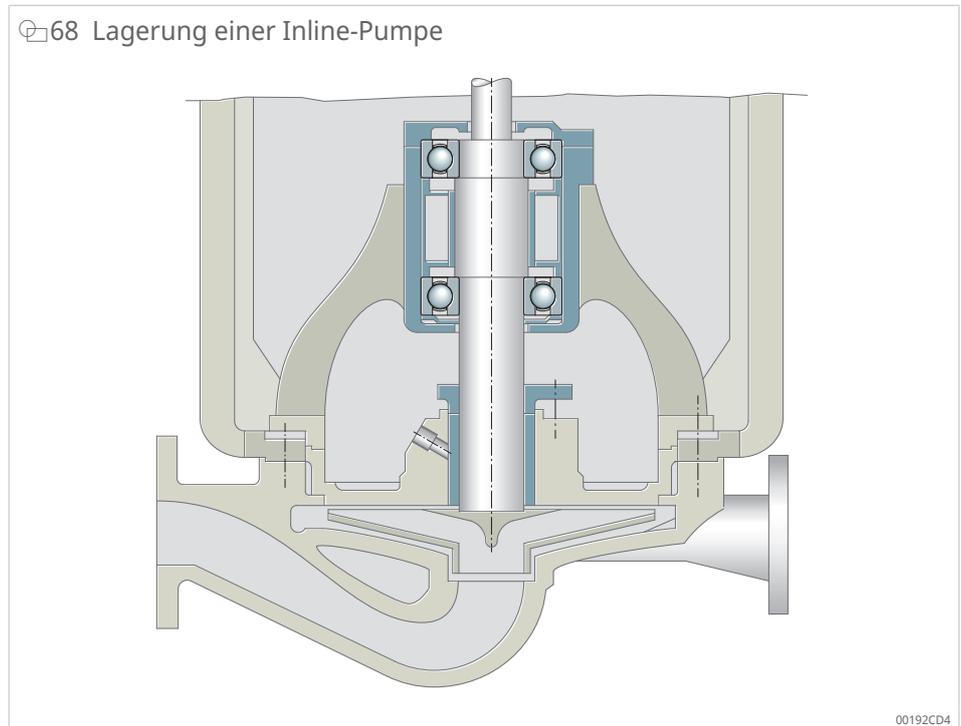
Beim Loslager, im Beispiel links, Rillenkugellager der Reihe 63 oder 62 mit im Gehäuse schiebendem Außenring, ist auf eine geeignete Passungswahl zu achten.

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.

4.6 Inline-Pumpe

Bei Inline-Pumpen liegen Saugrohr und Druckrohr mit Stutzen in einer Linie, eingesetzt werden sie als Rohrleitungspumpen in der Gebäudetechnik oder in der Industrie.

68 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 z. B. 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

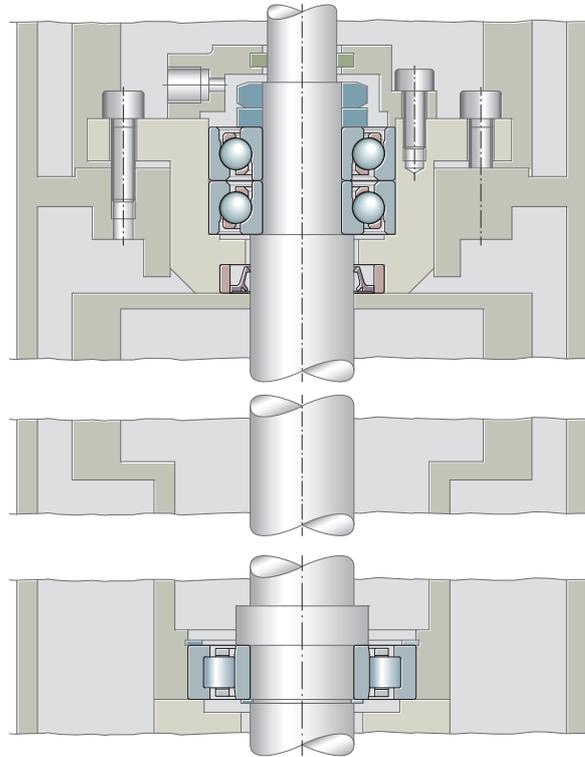
Das Beispiel zeigt eine Lagerung mit zwei Rillenkugellagern der Baureihe 63. Sowohl das Loslager mit im Gehäuse schiebendem Außenring als auch das Festlager zur Aufnahme der Axialkräfte sind for-life-gefettet und mit ZZ-Dichtungen abgedichtet. Diese Ausführung ist bei üblichen Anforderungen meist ausreichend. 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.

4.7 Wellentauchpumpe

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

4

☞ 69 Lagerung einer Wellentauchpumpe



00192E06

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 Baureihe 73 in Universalausführung 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 Schmierstoffgeber CONCEPT.

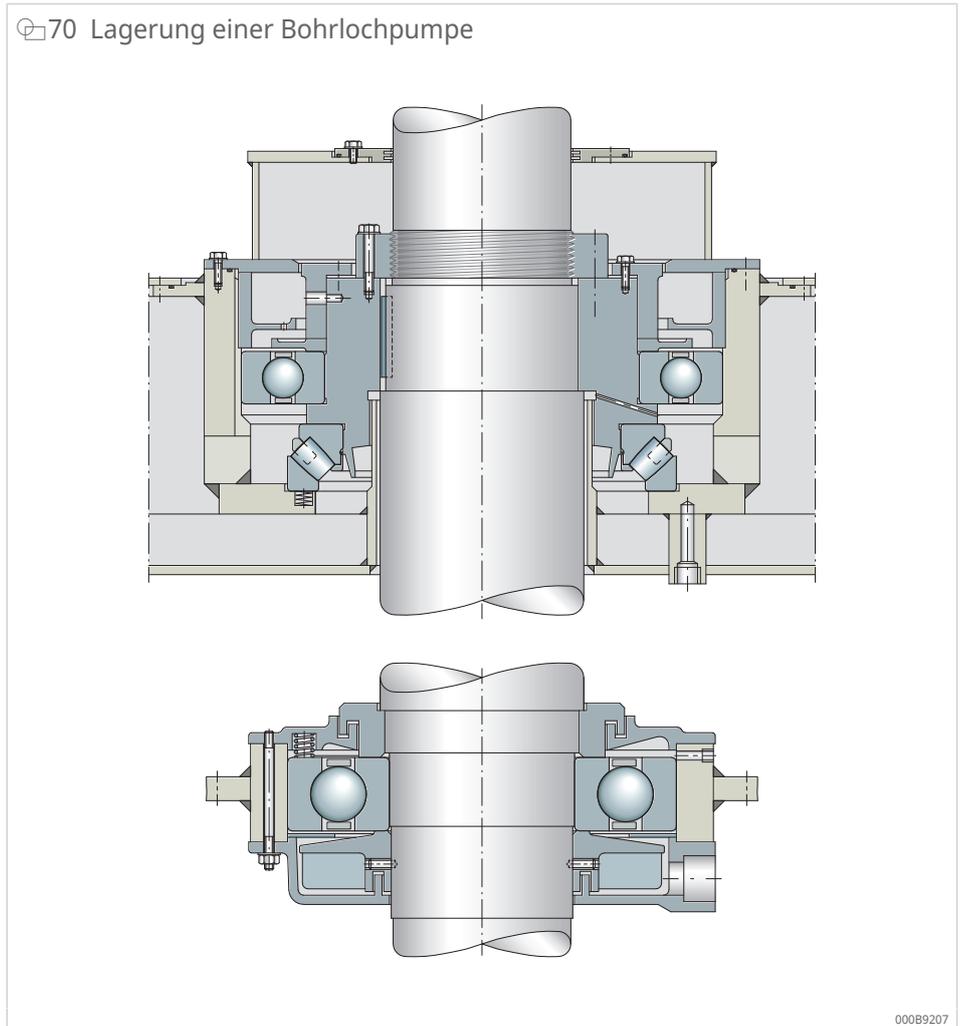
4.8 Mehrstufige Bohrlochpumpe

Bohrlochpumpen sind mehrstufig ausgeführte Wellentauchpumpen für einen tief unter Flur gelegenen Pumpensumpf. Ihre Einsatzbereiche 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 werden meist in der Motorlagerung aufgenommen.

70 Lagerung einer Bohrlochpumpe



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 aufwendige Gehäusekonstruktion zur Abdichtung und Ölförderung beider Lager dieser Lagerstelle erforderlich macht.

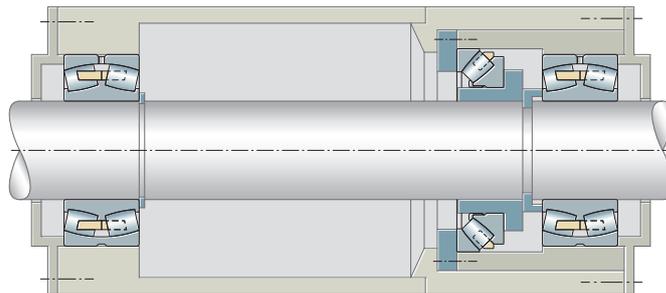
In der unteren Position sind für die axiale Gegenführung sowie die radiale Führung der Motorkräfte federangestellte Rillenkugellager eingesetzt. Die Federanstellung ist hier für einen spielfreien Betrieb erforderlich.

Schaeffler liefert Herstellern von Elektromaschinen 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.

4.9 Feststoffpumpe

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

71 Lagerung einer Feststoffpumpe



Anforderungen an Pumpe und Wälzlager:

- hohe gewichtsbedingte und verschleißbedingte Unwuchtkräfte sowie Stoßbelastung
- robuste Lagerung in eigenem Lagergehäuse

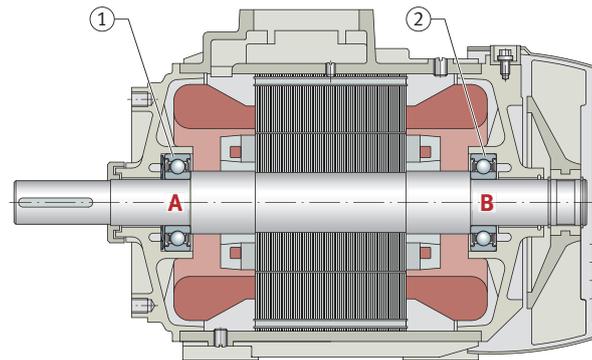
Aufgrund der hohen radialen Belastungen und fliegenden Lageranordnung wird die Fest-/Loslagerung mit zwei Radialpendelrollenlagern ausgeführt, wobei das Loslager radial frei im Gehäuse montiert wird. Die Festlagerstelle mit separater, federvorgespannter Axiallagerung erfolgt mittels Axialpendelrollenlagern 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.

4.10 Drehstrommotor

Auf der Lüfterseite eines über einen Frequenzumrichter gesteuerten Drehstrommotors sind ein stromisoliertes Rillenkugellager FAG 6316-J20GA-C3 und auf der Antriebsseite ein Rillenkugellager FAG 6320-C3 eingebaut. 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 Nachschmier-einrichtung vorgesehen, wofür unsere Schmierstoffgeber CONCEPT besonders geeignet sind.

4

72 Lagerung eines Drehstrommotors



0001726C

A	Antriebsseite	B	Lüfterseite
1	Rillenkugellager FAG 6320-C3	2	Rillenkugellager FAG 6316-J20GA-C3

In diesem Beispiel wird das Thema "stromisolierte Lager" betrachtet. Ein Großteil der Lagerungen in Elektromotoren wird mit abgedichteten, for-life-gefetteten Rillenkugellagern der Baureihen 60 und 62 in Kombination mit einer Radialluft C3 und spezieller Befettung realisiert. Um die Verfügbarkeit, insbesondere auch bei kleineren Bedarfen im Aftermarket sicherzustellen, sind die stromisolierten Ausführungen mit dem Nachsetzzeichen J20GA Bestandteil unsers Vorzugsprogramms.

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
TPI270 / 02 / de-DE / DE / 2025-03