KLÜBER LUBRICATION

your global specialist

Spezialwissen

Das Geheimnis des Rundlaufs.

Tipps und Tricks zur Schmierung von Wälzlagern

Spezialschmierstoffe von Klüber Lubrication – immer eine gute Wahl	3
Wälzlager-Schmierstoffe von Klüber Lubrication	4
Die Wahl des richtigen Schmierfetts	5
Schmierfettapplikation für Wälzlager	10
Spezialschmierfette	18
Reinigung von Wälzlagern	34
Konservierung von Wälzlagern	36
Austausch von Schmierfetten	38
Wälzlagermontage mit Pasten	40

© Foto S. 41: Schaeffler KG

Spezialschmierstoffe von Klüber Lubrication – immer eine gute Wahl

Qualität auf Herz und Nieren getestet

- In über 110 speziellen Prüfeinrichtungen – selbstentwickelten und genormten – wird die Qualität von Klüber Lubrication Produkten regelmäßig getestet
- Prüfergebnisse belegen die Qualitätsstandards und bieten Ihnen eine verlässliche Grundlage für die Wahl des optimalen Schmierstoffs
- Produkte von Klüber Lubrication erhalten Sie weltweit in einheitlicher Qualität aus eigener Produktion

Aus Erfahrung gut

- Intensive Zusammenarbeit mit OEMs und Betreibern seit 1929
- Serienlieferant vieler OEMs auf allen Kontinenten
- OEMs in allen Branchen empfehlen Spezialschmierstoffe von Klüber Lubrication für ihre Bauteile
- Allianzen mit Partnerunternehmen für hohen Anwendernutzen
- Das Sortiment von Ölen, Fetten, Pasten, Wachsen und Gleitlacken ermöglicht die Empfehlung der optimalen Schmierstoffe

Zeit ist Geld – wir helfen Ihnen, beides zu sparen durch

- optimierte Prozessabläufe
- höhere Produktivität
- Einhaltung von gesetzlichen Richtlinien und Qualitätsstandards
- Reduzieren von Wartungszeiten und Instandhaltungskosten
- Entwicklungspartnerschaften, die Ihnen die Differenzierung vom Wettbewerb und einen innovativen Vorsprung ermöglichen

Mensch und Umwelt – das Maß der Dinge

- Produkte zur Lebensdauer- und Minimalmengenschmierung schonen Ressourcen und vermindern die Entsorgungsmenge
- Spezialschmierstoffe für einen höheren Wirkungsgrad senken den Energiebedarf und damit die CO_2-Emission
- Saubere und unbedenkliche Produkte sowie ihre leichte Handhabung – das sind für unsere Experten wesentliche Aspekte bei der Entwicklung von Klüber Schmierstoffen

KlüberServiceSystem – Beratung, Schulung & Monitoring

- Umfassende Beratung und technische Unterstützung
- Erstellung von Betriebsschmierplänen
- Automatische Überwachung Ihrer Schmierstellen
- Analyse Ihrer gebrauchten Schmierstoffe und Bauteile
- KlüberAssetSupport direkt vor Ort
- Maßgeschneiderte Schulungen für Ihre Mitarbeiter

Wälzlager-Schmierstoffe von Klüber Lubrication

Das Wälzlager gehört zu den wichtigsten Maschinenelementen
Ob Kugel- oder Rollenlager, Radial- oder Axiallager: Immer erfolgt die Last- und Bewegungsübertragung über Wälzkörper, die zwischen Laufringen oder Laufscheiben angeordnet sind. Ein einfaches und erfolgreiches Prinzip – jedenfalls, solange die metallischen Oberflächen Abstand halten. Geraten sie aber aneinander, gibt's Ärger: Das Schadensbild reicht dann von kleinen, gerade noch erkennbaren Aufrauungen über deutliche Gleit- und Kratzspuren bis hin zu großflächigen Materialübertragungen, die zum Ausfall des Lagers führen können – mit beträchtlichen Folgekosten.
Eine wesentliche Voraussetzung für den verschleißarmen oder gar verschleißfreien Betrieb eines Wälzlagers ist daher die zuverlässige Trennung der beiden Reibpartner Wälzkörper- und Laufbahnoberfläche durch einen passenden Schmierstoff. Er sollte idealerweise alle im Lager vorhandenen Oberflächen benetzen.

Fit für neue Herausforderungen
Die Experten von Klüber Lubrication wissen, dass ein Wälzlager immer nur so gut ist wie sein Schmierstoff. Schließlich entwickelt Klüber Lubrication seit über 80 Jahren Spezialschmierstoffe. Schmierstoff wird hier als wesentliches Konstruktionselement betrachtet, das ständig verbessert werden muss. Denn die Ansprüche an das hochkomplizierte Maschinenelement Wälzlager steigen: Waren beispielsweise vor einigen Jahren noch 60 000 Betriebstunden für einen Lüftermotor ausreichend, werden heute schon 110 000 Betriebstunden und mehr angestrebt.

Weltweit im Einsatz
Solchen Anforderungen begegnet Klüber Lubrication mit neuen, weiterentwickelten Spezialschmierstoffen ebenso wie mit kundenorientiertem Service. Weltweit bekommen Klüber Lubrication Kunden technische Unterstützung für schnelle Problemlösungen, umfassende Information und zuverlässige Belieferung. Anruf oder E-Mail genügt – und Klüber Lubrication kommt.

Zusammen mit Ihnen entwickelt Klüber Lubrication Wälzlagerschmierstoffe – hauptsächlich Fette –, die exakt auf den jeweiligen Anwendungsfall abgestimmt sind. Sie entsprechen den neuesten Kenntnissen der Tribologie, sind aus hochwertigen Grundstoffen hergestellt, außerdem umfassend geprüft und erprobt.

Die Rolle ihres Lebens
Ganz gleich, ob Ihre Lager in Papier- und Druckmaschinen, Haushaltsgeräten, Anlagen der Lebensmittelindustrie oder sogar in der Luft- und Raumfahrt ihre Anwendung finden:
Mit Wälzlager-Schmierstoffen von Klüber Lubrication spielen sie die Rolle ihres Lebens.

Kleine Investition mit großer Wirkung
Spezialschmierstoffe leisten für Ihre Wälzlager einiges: Sie verlängern die Lagerlebensdauer, erhöhen die Betriebszuverlässigkeit, verringern Geräuschpegel, lassen Lager schneller laufen, lassen sie extremen Einflüssen standhalten. Den Kosten für den Spezialschmierstoff steht ein hoher Nutzen gegenüber. Also genau betrachtet eine kleine Investition mit großer Wirkung.

Beratung von Anfang an
Mit unserer Broschüre wollen wir Ihnen wertvolle Hinweise zur Schmierung von Wälzlagern geben. Wir wissen, wie komplex dieses Thema ist. Daher bieten wir Ihnen auch von Anfang an die fundierte Beratung durch unsere Experten an.

Die Wahl des richtigen Schmierfetts

Es gab Zeiten, da war für viele Anwendungsfälle ein herkömmliches lithiumeinfachverseiftes mineralisches Schmierfett ausreichend. Doch in Zukunft steht immer öfter der optimal auf die Anwendung abgestimmte Schmierstoff im Vordergrund. Heutzutage ist die Auswahl der zur Verfügung stehenden Schmierfette riesig und kaum mehr zu überblicken.

Darum erfahren Sie hier, wie Sie anhand der wichtigsten Auswahlkriterien in wenigen Schritten das richtige Schmierfett finden. Bei Fragen, aber auch bei besonders komplizierten Anwendungen, bei Sicherheitsbauteilen oder dort, wo eine hohe Lebensdauer erwartet wird bzw. spezielle Einflüsse herrschen, sollten Sie allerdings immer mit den Fachleuten von Klüber Lubrication sprechen – sie helfen Ihnen, mit dem idealen Schmierstoff das komplette Potenzial auszuschöpfen.

TIPP: Je mehr über Ihre Anwendung bekannt ist, desto besser können wir den für Sie optimalen Schmierstoff aussuchen.

Die im Anschluss dargestellte Vorgehensweise zur Auswahl des richtigen Schmierfetts gibt Ihnen dazu eine Orientierungshilfe.

Für die Auswahl des passenden Schmierstoffs gilt es grundsätzlich, die folgenden Parameter zu analysieren bzw. zu berechnen:

- Betriebstemperatur
- Grundölviskosität
- Drehzahlkennwert
- C/P-Verhältnis

Betriebstemperatur

Im Wälzlager gibt es nicht nur einen reinen Rollwiderstand zwischen den Wälzkörpern und den Laufbahnen. In der Praxis findet je nach Lagertyp entweder ein mehr oder weniger großes partielles Gleiten zwischen Wälzkörpern und Laufringen oder ein Gleiten des Käfigs an den Wälzkörpern statt, durch das der Schmierstoff gewalkt und verdrängt wird.

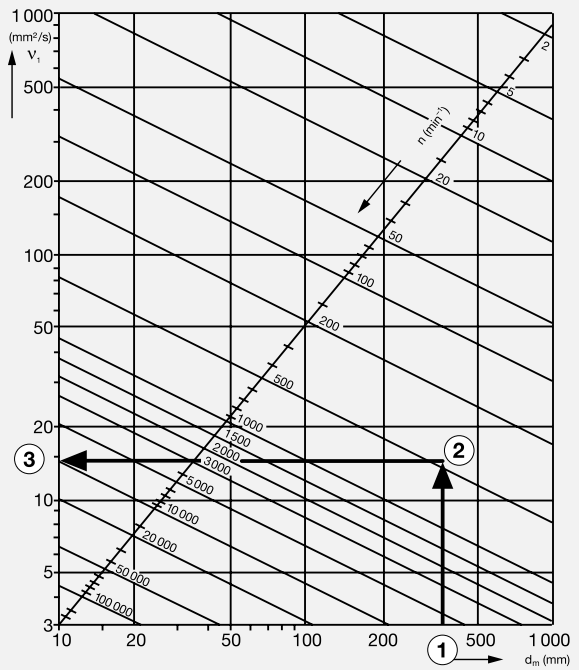
Aufgrund innerer Reibung beträgt die Betriebstemperatur eines Lagers durch Selbsterwärmung 35 bis 70 °C (95 bis 158 °F). Bedingt durch Temperatureinfluss von außen kann diese jedoch deutlich höhere oder tiefere Werte annehmen. Die Anforderungen an Schmierstoffe können sehr unterschiedlich sein. So muss sich ein Hersteller in der Automobilindustrie auf –40 °C (–40 °F) bis 160 °C (320 °F) einstellen. In der Luftfahrt ist eine untere Gebrauchstemperatur von –50 °C (–58 °F) Standard, da die Lager in luftiger Höhe häufig extremen Minustemperaturen ausgesetzt sind. Bei Einbrennvorgängen im Lackierbereich können leicht 200 °C (392 °F) entstehen. Und je nach Anwendung können sogar noch extremere Werte auftreten. Darum sollte die angegebene Gebrauchstemperatur des Schmierfetts in jedem Fall den geforderten Temperaturbereich großzügig abdecken.

TIPP: Um eine angemessene Fettgebrauchsdauer zu erreichen, sollten Sie darauf achten, dass der obere Gebrauchstemperaturbereich des Schmierfetts deutlich über der zu erwartenden maximalen Betriebstemperatur liegt.

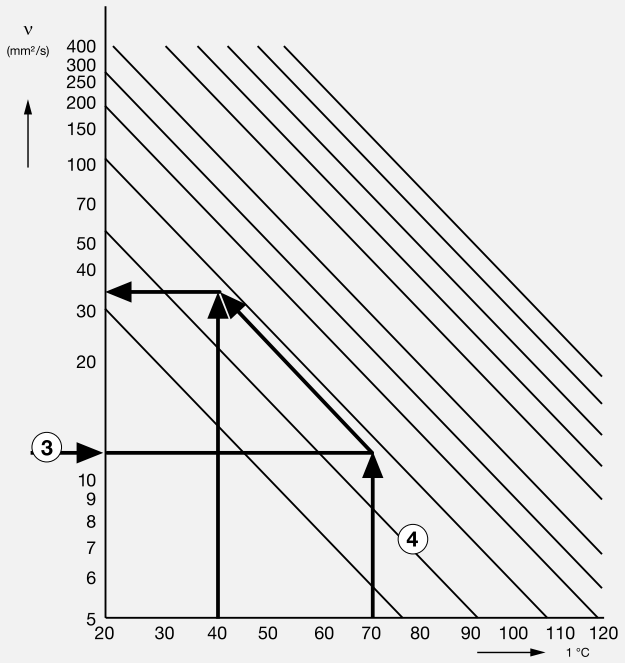
Bestimmung der mindestens erforderlichen Grundölviskosität

Für die Bestimmung der mindestens erforderlichen Grundölviskosität wird der mittlere Lagerdurchmesser d_m in mm benötigt. Dazu kommen die Werte für die Drehzahl und die Temperatur im Betriebspunkt. Entsprechend den in den Diagrammen eingezeichneten Beispielen können Sie die mindestens erforderliche Grundölviskosität bei 40 °C (104 °F) ablesen: 38 mm²/s.

Zur Berechnung des korrekten Viskositätsverhältnisses für ein bestimmtes Schmierfett nimmt man die angegebenen Grundölviskositätswerte für 40 und 100 °C und überträgt sie ins ν-T-Diagramm. Daraus kann man die Viskosität ν des Grundöls bei Betriebstemperatur ableiten.



ν_1



ν

(1) – (4) geben die Reihenfolge der Schritte zur Ermittlung der Grundölviskosität an

	Legende	
	Bohrung	340 mm
	Außendurchmesser	420 mm
(1)	Mittlerer Lagerdurchmesser	380 mm
(2)	Drehzahl	500 min⁻¹
(3)	Grundölviskosität bei der Betriebstemperatur	14 mm²/s
(4)	Betriebstemperatur	70 °C

HINWEIS: Angaben (gemäß GfT-Arbeitsblatt 3, Ausgabe Mai 1993) gelten für Mineralöl. Angaben zu synthetischen Ölen erhalten Sie auf Anfrage.

Die tatsächliche Grundölviskosität ν sollte $\nu_1 \cdot 1 \ldots 4$ betragen. Als Kenngröße für den zu erwartenden Schmierungszustand gilt allgemein:

- $\kappa^* = \nu / \nu_1$ = das Viskositätsverhältnis
- ν = die Viskosität im Betriebspunkt
- ν_1 = die erforderliche Mindestviskosität, abhängig von mittlerem Lagerdurchmesser und Drehzahl

Die folgende Tabelle „Schmierungszustand κ“ verschafft Ihnen einen Überblick über die zu erwartenden Schmierzustände und gibt gleichzeitig Hinweise auf die zu wählende Verschleißschutzform.

Schmierungszustand κ	
4	Vollschmierung
> 4	Im Bereich der Vollschmierung + Sauberkeit + mäßige Belastungen = keine Ermüdungsschäden
< 4	Mischreibung. Es sind Schmierfette mit entsprechenden Verschleißschutzadditiven erforderlich
1	Die nominelle Lebensdauer des Wälzlagers wird erreicht
< 0,4	Mischreibung mit erhöhtem Festkörperkontakt, im Schmierfett sind geeignete EP-Additive oder Festschmierstoffe vorzusehen

TIPP: Bei $\kappa > 4$ kann es zu erhöhten Betriebstemperaturen wegen erhöhter innerer Reibung im Schmierstoff kommen.

Drehzahlkennwert

Der Drehzahlkennwert $n \cdot d_m$ für Wälzlager
Der Drehzahlkennwert $n \cdot d_m$ setzt sich zusammen aus der Drehzahl im Betriebspunkt n (in min^{-1}) und dem mittleren Lagerdurchmesser d_m (in mm).

Der Drehzahlkennwert $n \cdot d_m$ für Schmierfette
Der Drehzahlkennwert für Schmierfette hängt in hohem Maß von Grundöltyp, Grundölviskosität und Verdickersystem sowie vom Wälzlagertyp ab. Ein rasches Nachfließen des Öls in die Reibstelle, eine konstante definierte Ölabgabe aus dem Verdickersystem und die Haftung von Grundöl und Verdickersystem am Grundwerkstoff sind wichtige Faktoren für die erfolgreiche Schmierung bei hohen Drehzahlkennwerten.

Bei den Schmierfetten von Klüber Lubrication sind für die Wälzlagerschmierfette jeweils die maximalen Drehzahlkennwerte für Fettschmierung an Rillenkugellagern angegeben. Der Drehzahlkennwert der Anwendung sollte grundsätzlich unter dem maximal zulässigen Drehzahlkennwert liegen. Sollte dies nicht zutreffen, nehmen Sie bitte mit uns Kontakt auf.

Aus der folgenden Tabelle können Sie für einige Fettkonzepte die zu erwartenden Drehzahlkennwerte ablesen:

Schmierfetttypen/Grundölviskositäten und ihr Effekt auf den Drehzahlkennwert

Fetttypen	Grundölviskosität bei ca. 40 °C/104 °F (mm^2/s)	Drehzahlkennwert $n \cdot d_m$
Mineralöl/Lithium/MoS_2	1 000 bis 1 500	50 000
Mineralöl/Lithiumkomplex	400 bis 500	200 000
Mineralöl/Lithiumkomplex	150 bis 200	400 000
Esteröl/Polyurea	70 bis 100	700 000
Esteröl/Bariumkomplex	15 bis 30	1 000 000
Esteröl/Polyurea	15 bis 30	2 000 000

Das Belastungsverhältnis C/P

Aus dem Verhältnis zwischen dynamischer Tragzahl C (in N) eines Lagers und tatsächlicher äquivalenter dynamischer Belastung P (in N) im Betriebspunkt kann auf die zu erwartende Anforderung an das Schmierfett geschlossen werden. Die in der folgenden Tabelle enthaltenen Hinweise sollten Sie bei der Wahl des passenden Schmierfetts berücksichtigen:

Belastungsverhältnis C/P

C/P	Belastungszustand	Kriterien zur Fettauswahl
> 30	Sehr niedrige Belastungen	Maximal zulässiges Belastungsverhältnis für Silikonfette
20–30	Niedrige Belastungen	Dynamisch-leichte Fette
8–20	Mittlere Belastungen	Schmierfette mit Verschleißschutzadditiven (AW)
4–8	Hohe Belastungen	Es ist ein Fett mit geeigneten EP- und AW-Additiven zu wählen. Eine Verminderung der Fettgebrauchsdauer/Lagerlebensdauer aufgrund der Belastung ist zu erwarten
< 4	Extrem hohe Belastungen	Ein Schmierfett mit EP-Additiven und Festschmierstoffen ist vorzusehen. Es ist mit einer erheblichen Reduzierung der Fettgebrauchsdauer bzw. Lagerlebensdauer zu rechnen

Schmierfettapplikation für Wälzlager

Rund 90 % aller Wälzlager werden mit Fett geschmiert. Das ist im Vergleich zur Ölschmierung wegen der einfachen Konstruktion und Dichtung wesentlich günstiger. Ein weiterer Pluspunkt fürs Fett: Mit neuen Konzepten für Hochgeschwindigkeitsfette sind Drehzahlkennwerte $n \cdot d_m$ bis 2 Millionen oder mehr möglich – früher waren nicht einmal halb so hohe Werte möglich! Kein Wunder also, dass die Fett- die Ölschmierung mit ihren verschiedenen Schmierverfahren weiter verdrängt.

Bei der Fettschmierung der Wälzlager wird zwischen lebensdauergeschmierten Wälzlagern („for life“) und Wälzlagern, bei denen eine Nachschmierung erforderlich ist, unterschieden. Die Entscheidung für Lebensdauerschmierung oder Nachschmierung hängt nicht vom Wälzlager selbst, sondern vielmehr von der geplanten Anwendung ab.

a) Lebensdauergeschmierte Wälzlager
Je nach Lagertyp, Lagergröße und späterem Anwendungsbereich wird beim Wälzlager-OEM (Original Equipment Manufacturer) für die Erstbefettung ein erheblicher Kostenaufwand betrieben – für geräuscharme Wälzlager, hochpräzise Wälzlager oder schnelllaufende Spindellager. Hierfür haben die Wälzlager-OEMs ihre eigenen Erfahrungen gesammelt und Applikationstechniken entwickelt. Meist mit dem Ergebnis, dass über Zentralschmieranlagen das Fett vom Fettbehälter zur Abfüllstation gefördert und anschließend über Düsen (Nadeln) in das Lager appliziert wird.

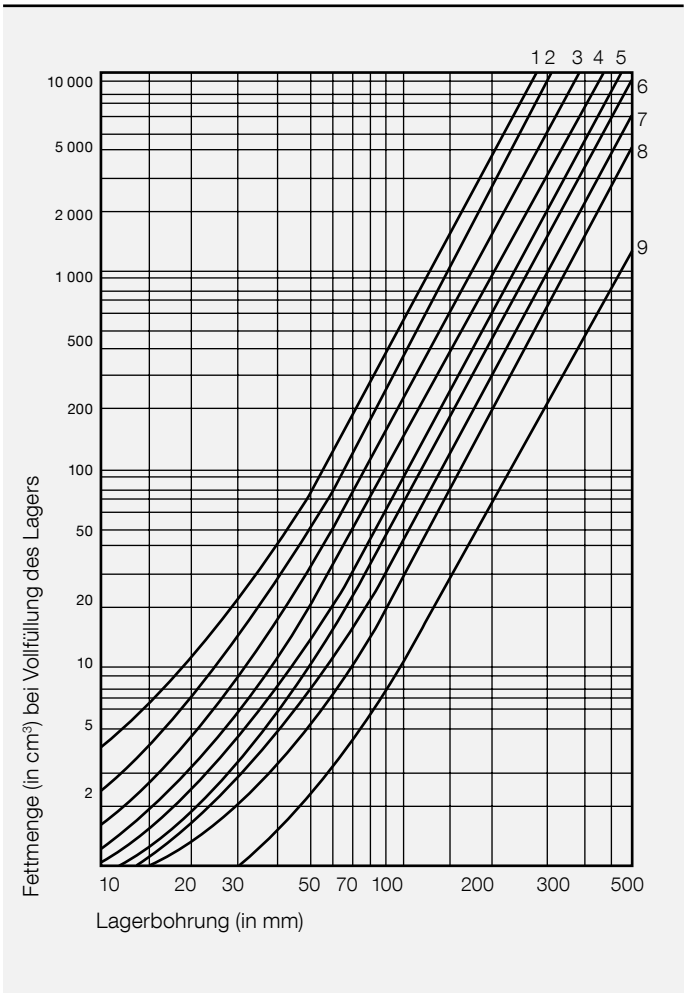
Mit Spezialschmierfetten von Klüber Lubrication ist Minimalmengenschmierung möglich, kann die Einlaufdauer reduziert und teilweise auf einen Fettverteilungslauf verzichtet werden.

b) Verlustschmierung
Bei der Verlustschmierung muss dem Wälzlager von Zeit zu Zeit eine optimierte Menge Schmierstoff zugeführt werden, damit die erwartete Wälzlagerlebensdauer erreicht wird. Die Schmierfristen können hierbei extrem unterschiedlich sein – von zwei Jahren bis hin zur kontinuierlichen Förderung.

Die Optimierung der Schmierfristen und Schmiermengen kann eine erhebliche Kosteneinsparung beim Maschinenbetreiber bewirken. Insbesondere dafür bietet Klüber Lubrication hochwertige, leistungsfähige Schmierfette, die mit wesentlich längeren Schmierintervallen das Budget entlasten. Als Applikationsmethoden stehen Handpresse, automatische Presse, Zentralschmieranlagen und Fettmengenregler zur Verfügung.

Wie viel Fett muss in das Lager?

Bei der Bestimmung der Fettmenge ist ebenfalls zu unterscheiden zwischen Vorratsschmierung/Lebensdauerschmierung und Verlustschmierung. Für die Erstausrüstung der Lager kann mit folgendem Diagramm der Lagerfreiraum für die verschiedenen Lagertypen ermittelt werden.



Anhaltswerte zur Füllmenge (Dichte ca. 0,95 g/cm³)

Lagerreihe	Kurve
Rillenkugellager	
618 T-Käfig	8–9
618 M-Käfig	9
160	7
60	6
62	4
63	2–3
64	1
Schrägkugellager	
70	6
72B	4
73B	2–3
Kegelrollenlager	
302	3–4
303	2
313	2
320	6
322	3–4
323	1–2
329	7–8
330	5
331	4
332	4
Zylinderrollenlager	
NU1O	7
NU2	5
NU22	4
NU23	2
NU3	3
NU4	2
NN30K	5
NNU49	7
Pendelrollenlager	
213	3
222	4
223	2
230	6
231	4
232	3–4
239	8
240	5
241	3

Lagerfreiraum nach Schaeffler:
Die im Diagramm angegebenen Lagerfreiräume gelten für Schaeffler-Lager und können für Lager anderer Hersteller nur als Zirkawert verwendet werden

Berechnung von Lagerfreiräumen

Gemäß GfT-Arbeitsblatt 3 kann der Lagerfreiraum auch mit nachstehender Formel berechnet werden.
Abweichend vom GfT-Arbeitsblatt werden in der Formel anstelle von Gewichtseinheiten Volumeneinheiten verwendet. Dadurch werden Berechnungsfehler vermieden, die sich aufgrund der unterschiedlichen Dichten von Fetten ergeben können.

$$V \approx [\pi/4 \cdot B \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-9} - G/7\,800]\ m^3$$

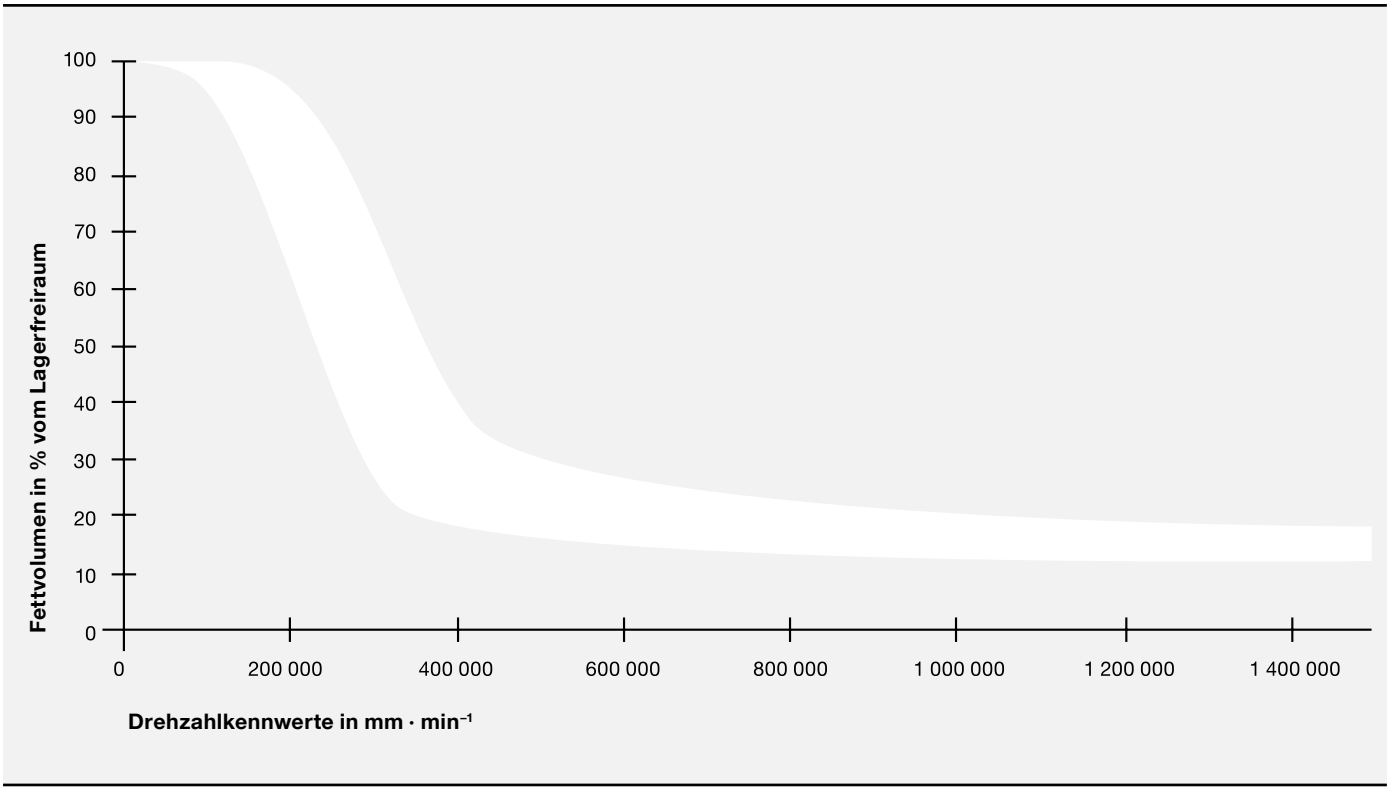
Dabei gilt:
d = Lagerbohrungsdurchmesser (in mm)
D = Lageraußendurchmesser (in mm)
B = Lagerbreite (in mm)
G = Lagergewicht (in kg)

Aufgrund der unterschiedlichen Lagerarten und Käfigbauweisen kann mit der o.g. Formel nur ein Richtwert ermittelt werden. Wir empfehlen Ihnen daher, sich an den Lagerhersteller zu wenden, um den exakten Lagerfreiraum zu bestimmen.

Nach Ermittlung des Lagerfreiraums wird die entsprechende Befettungsmenge in Prozent vom Lagerfreiraum ermittelt. Das ist wichtig, damit eine komplette Befettung aller Kontaktzonen erreicht wird. Denn eine Überschmierung kann ebenso nachteilig wie eine Unterschmierung sein: Überfettung zum Beispiel kann zu erhöhten Start- und Laufmomenten führen, bei schnellerdrehenden Lagern zur Überhitzung.

Grundsätzlich gilt:
Geringe Betriebstemperatur = lange Fett- und Wälzlagerlebensdauer! Die untenstehende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die erforderliche Fettmenge in Prozent vom Lagerfreiraum für unterschiedliche Drehzahlkennwerte in mm · min^{-1}.

Zusätzlich zum Drehzahlkennwert sollten Sie noch Lagertyp, Umwelteinflüsse, Einbausituation (Fettdepot), Dichtungen und Lage berücksichtigen.



Der weiße Bereich gibt das Füllvolumen in Abhängigkeit vom Drehzahlkennwert an

Verlustschmierung

Für manche Anwendungen ist es unabdingbar, die Lager nachzuschmieren. Hier eine systematische Anleitung zur Festlegung der Nachschmiermengen und Schmierfristen – dazu Wissenswertes über die Verlustschmierung ganz allgemein.

a) Schmierfristen
Schmierfristen können für ein und dieselbe Anwendung – bei unterschiedlichen Fettkonzepten – deutlich variieren. Der Entwickler oder Konstrukteur einer Maschine sollte sich daher schon im Vorfeld seiner Arbeit überlegen, ob er durch die Wahl eines passenden Fetts auf eine Zentralschmieranlage verzichten will oder nicht. Steht die Maschine bereits, kann durch die Wahl eines leistungsstärkeren Schmierfetts die Schmierfrist verlängert – und damit der Schmierfettverbrauch – reduziert und gleichzeitig die Betriebszuverlässigkeit erhöht werden.

Die Schmierfristen sollten ca. 0,5 bis 0,7 x theoretische reduzierte Fettgebrauchsdauer F_{10q} betragen. Wie man die theoretische reduzierte Fettgebrauchsdauer F_{10q} berechnet, erfahren Sie im entsprechenden Abschnitt dieses Kapitels.

b) Schmiermengen
Zur Erstbefüllung eines jeden Lagers – egal, ob Lebensdauerschmierung oder Verlustschmierung – gelten die gleichen Richtwerte wie im vorherigen Kapitel „Wie viel Fett muss in das Lager?“. Für die Nachschmiermengen werden nach „GfT-Arbeitsblatt 3: Wälzlager“ drei verschiedene Fälle unterschieden:

1. Wöchentliche bis jährliche Nachschmierung
Die Nachschmiermenge M1 – bei wöchentlicher bis jährlicher Nachschmierung – berechnet sich nach der Formel

M1 = D · B · X, wobei der gewählte Faktor X bedeutet:

wöchentlich: X = 0,002
monatlich: X = 0,003
jährlich: X = 0,004

M1 in cm^3
D = Lagerdurchmesser in mm
B = Lagerbreite in mm
Die Nachschmiermenge M1 ist also abhängig von der berechneten Nachschmierfrist und der letztendlich gewählten Nachschmierfrist. Um einen besseren Spüleffekt im Lager speziell bei langen Nachschmierfristen zu erhalten, kann man die Nachschmiermenge M1 auf die bis zu dreifache Menge erhöhen.

2. Extrem kurze Nachschmierfrist
Die Nachschmiermenge M2 – bei extrem kurzer Nachschmierfrist – berechnet sich nach der Formel

M2 = (0,5 … 20) · V [cm³/h]

V = Lagerfreiraum [cm³]

Bei extrem kurzen Nachschmierfristen handelt es sich um Schmierung durch Zentralschmieranlagen. Bei der Fettauswahl ist zu beachten, dass große Leitungsdurchmesser und lange Leitungen sowie Progressivverteiler zu erheblichen Druckverlusten in den Leitungen führen. Weich eingestellte Schmierstoffe (z.B. NLGI-Klassen 1 oder 0) sind für solche Anwendungen die beste Wahl. Entsprechend der errechneten Nachschmierfrist und der tatsächlich gewählten Nachschmierfrist wird der Durchflussfaktor zwischen 0,5 und 20 gewählt. Meist handelt es sich um Anwendungen im Hochtemperaturbereich. Hier sollte zusätzlich berücksichtigt werden, dass das bereits in der Zentralschmieranlage befindliche Fett einer hohen Temperatur ausgesetzt wird – bevor es in das Lager kommt, ist es also bereits thermisch beansprucht.

Je nach Temperaturverlauf in der Zentralschmieranlage und der theoretischen Nachschmierfrist sollte das Fett in der Zentralschmieranlage, den Freiräumen und dem Lagerfreiraum halbjährlich oder jährlich komplett getauscht werden. Neben der festgelegten Nachschmierfrist gibt das dem Maschinenbetreiber eine erhöhte Prozesszuverlässigkeit.

3. Vor Wiederinbetriebnahme nach mehrjährigem Stillstand
Die Nachschmiermenge M3 – vor Wiederinbetriebnahme nach mehrjährigem Stillstand – errechnet sich nach der Formel

M3 = D · B · 0,01 [cm³]

Wichtig ist, diese Schmiermenge M3 vor der Inbetriebnahme der Maschine dem Lager zuzuführen. Wird über eine Zentralschmieranlage nachgefettet, so muss unbedingt auf die Förderbarkeit des Schmierfetts in der Zentralschmieranlage geachtet werden. Insbesondere bei langen Leitungen mit geringen Durchmessern und zusätzlichen Progressivverteilern wird die Auswahl der richtigen Schmierfette schwieriger.

Bei der Gestaltung des Fettdurchganges durch das Lager sollte darauf geachtet werden, dass der Schmierstoff gezwungen ist, durch das Lager zu wandern, und dass er bei zweireihigen Rollen- und Kugellagern das Altfett aus den Kontaktzonen schiebt. Die Zu- und Ableitungen für das Neu- bzw. Altfett sollten möglichst kurz gehalten werden. Wenn es nicht möglich ist, einen Austritt für das Altfett zu schaffen, sind entsprechende Freiräume vorzusehen, die von Zeit zu Zeit entleert werden müssen.

Fettverteilungslauf

Für die meisten Wälzlageranwendungen ist ein Fettverteilungslauf nicht notwendig. Der Grund: Die erforderlichen Drehzahlkennwerte werden auch so erfüllt. Fettverteilungsläufe sind daher insbesondere bei Hochgeschwindigkeits-Präzisionslagern erforderlich.

Durch den Fettverteilungslauf kann der Drehzahlkennwert wesentlich gesteigert werden. Beim Fettverteilungslauf wird die Struktur des Verdickers so ausgerichtet, dass die Ölseparation – also die Ölabgabe – ideal in die Richtung der Laufbahnen erfolgt. Dadurch befindet sich lediglich die nötige Schmiermenge (Öl) im Kontaktbereich; Schmierfett als solches wird nicht mehr von Wälzkörper oder Käfig mitgenommen.

Mit einem optimierten Fettverteilungslauf kann die Leistungsfähigkeit eines Lagers wesentlich erhöht werden. Die Wälzlagerhersteller haben natürlich ihre eigenen Erfahrungen mit Fettverteilungsläufen – und so gibt es auch die unterschiedlichsten Aussagen über den idealen Fettverteilungslauf.

Der Geschäftsbereich Spindellager der Schaeffler KG gibt für seine Spindellager B …, HS … und HC … beispielsweise folgende Empfehlung:

a) Drehzahl = 0,5 · n_{max}
In fünf Schritten 20 s Laufzeit und 2 min Stillstandszeit

b) Drehzahl = 0,75 · n_{max}
In fünf Schritten 20 s Laufzeit und 2 min Stillstandszeit

c) Drehzahl = n_{max}
In fünf Schritten 20 s Laufzeit und 2 min Stillstandszeit
In zehn Schritten 30 s Laufzeit und 2 min Stillstandszeit
In zehn Schritten 1 min Laufzeit und 1 min Stillstandszeit

Drehzahl in min^{-1}

Anschließend sollen – so die Empfehlung – die Zyklen mit verlängerter Laufzeit und kürzerer Stillstandszeit so durchgeführt werden, dass die Beharrungstemperatur bei n_{max} erreicht ist. Bei diesem Prozess lässt sich gut erkennen, wie zeitaufwändig und kostenintensiv ein Fettverteilungslauf ist.

Berechnung der theoretischen Fettgebrauchsdauer von Spezialschmierfetten von Klüber Lubrication

Passend zu den in den anschließenden Kapiteln vorgestellten Wälzlagerfetten finden Sie entsprechende Diagramme „Schmierfettgebrauchsdauer in Abhängigkeit von der Temperatur“. Daraus können Sie gemäß der bei Ihnen herrschenden Lagertemperatur die theoretische Schmierfettgebrauchsdauer F_{10} (in h) ableiten.

TIPP: Liegt die tatsächliche Lagertemperatur über der eingezeichneten Maximaltemperatur im Diagramm, so sollten Sie auf ein temperaturbeständigeres Produkt wechseln. Liegt die tatsächliche Lagertemperatur deutlich unter der angegebenen minimalen Temperatur, sollten Sie den im Diagramm eingezeichneten Wert für die angegebene minimale Temperatur wählen.

Nach Ermittlung der theoretischen Fettgebrauchsdauer F_{10} (in h) muss der Korrekturfaktor für den Drehzahlkennwert errechnet werden. Bestimmen Sie dazu den tatsächlichen Drehzahlkennwert $n \cdot d_m$ (in $min^{-1} \cdot mm$) und ermitteln Sie in dem jeweiligen „Diagramm zur Ermittlung des Faktors K_n“ den Faktor K_n.
Die jeweiligen Tabellen finden Sie in den nachfolgenden Themenbereichen zu den Spezialschmierfetten.

TIPP: Liegt Ihr tatsächlicher Drehzahlkennwert außerhalb des Diagramms, sollten Sie entsprechend K_n maximal 4 oder K_n minimal 0,5 wählen.

Wählen Sie aus der Tabelle „Lagerbauart“ für Ihr Lager den Faktor K_B.

Formel von Klüber Lubrication zur Berechnung der theoretischen reduzierten Schmierfettgebrauchsdauer:

$$F_{10q} = F_{10} \cdot K_n \cdot K_B \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 \cdot F_4 \cdot F_5 \cdot F_6 \text{ [h]}$$

Lagerbauart	K_B
Rillenkugellager	
einreihig	0,9 bis 1,1
zweireihig	0,7
Schrägkugellager	
einreihig	0,6
zweireihig	0,5
Vierpunktlager	0,6
Pendelkugellager	0,8 bis 0,6
Axial-Rillenkugellager	0,2 bis 0,15
Axial-Schrägkugellager	
zweireihig	0,7
Zylinderrollenlager	
einreihig	0,3 bis 0,35
zweireihig	0,3
vollrollig	0,04
Pendelrollenlager	
ohne Bord „E“	0,1 bis 0,15
mit Mittelborde	0,08 bis 0,15
Nadellager	0,3
Kegelrollenlager	0,25
Tonnenlager	0,10
Axial-Zylinderrollenlager	0,01

Weitere Einflussfaktoren sind:		
1.	Einfluss von Staub und Feuchtigkeit an den Funktionsflächen des Lagers	
	mäßig	F_1 = 0,7 bis 0,9
	stark	F_1 = 0,4 bis 0,7
	sehr stark	F_1 = 0,1 bis 0,4
2.	Einfluss von stoßartigen Belastungen, Vibrationen und Schwingungen	
	mäßig	F_2 = 0,7 bis 0,9
	stark	F_2 = 0,4 bis 0,7
	sehr stark	F_2 = 0,1 bis 0,4
3.	Einfluss hoher Belastungen	
	C/P = 10 bis 7	F_3 = 1,0 bis 0,7
	C/P = 7 bis 4	F_3 = 0,7 bis 0,4
	C/P = 4 bis 3	F_3 = 0,4 bis 0,1
4.	Einfluss von Luftströmungen durch das Lager	
	geringe Strömung	F_4 = 0,5 bis 0,7
	starke Strömung	F_4 = 0,1 bis 0,5
5.	Drehender Außenring	
		F_5 = 0,6
6.	Vertikale Welle	
	Je nach Abdichtung	F_6 = 0,5 bis 0,7

Spielen die Einflussfaktoren 1-6 keine Rolle, dann sind sie jeweils auf den Wert 1 zu setzen

Spezialschmierfette

Es gibt Wälzlagerschmierfette, die für besondere Anwendungsgebiete entwickelt worden sind. Die Stärke von Klüber Lubrication liegt darin, aus einem großen Sortiment von Grundölen und speziellen Verdickern für jede Anwendungsanforderung den passenden Schmierstoff zu entwickeln. In dieser Broschüre wird zwar nur ein kleiner Teil des Gesamtsortiments der zur Verfügung stehenden Wälzlagerschmierfette vorgestellt, jedoch lässt sich schon mit diesen eine Vielzahl von Anwendungen abdecken. Und wenn es damit einmal wirklich nicht geht, helfen Ihnen die Experten von Klüber Lubrication garantiert weiter!

Neben den wichtigsten Produktkenndaten erkennen Sie hier die theoretische Fettgebrauchsdauer für alle besprochenen Fette in grafischer Darstellung – gleichzeitig erfahren Sie, wie Sie die Fettgebrauchsdauer auf Ihren individuellen Anwendungsfall umrechnen können.

BARRIERTA KM 192
basiert ebenfalls auf Perfluorpolyether-Grundöl und PTFE-Verdicker. Es wird bevorzugt angewendet für eine hohe Lebensdauererwartung unter stark wechselnden Betriebstemperaturen. Eine gute Vorreinigung der Reibstelle sollte auch hier vorgenommen werden, damit eine optimale Haftung erzielt wird.

Klübersynth BHP 72-102
gehört zu einer neuen Generation von Schmierfetten. Auf Basis patentierter Hybridfett-Formulierung. Sie passen zu tiefen und hohen Temperaturen. Klübersynth BHP 72-102 basiert auf Esteröl und PFPE-Öl. Als Konsistenzgeber wird ein Polyharnstoff verwendet.

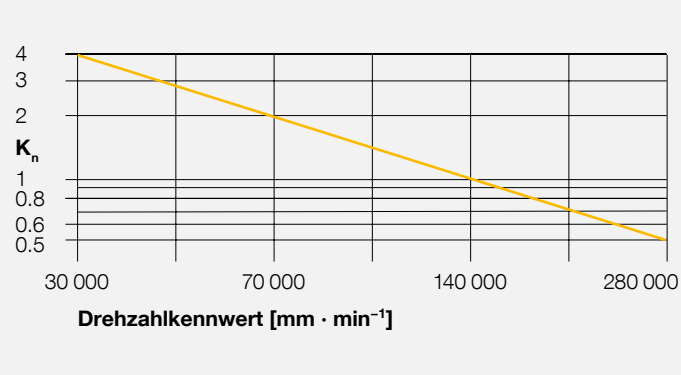
Klübersynth BEP 72-82
basiert auf synthetischem Esteröl und Polyharnstoffverdicker. Solche Fettkonzepte sind seit Jahren bewährt für Anwendungen im Automobilbereich – für hohe und tiefe Temperaturen. Sie bieten eine lange Fettgebrauchsdauer für Lebensdauerschmierung bei hohen Betriebstemperaturen.

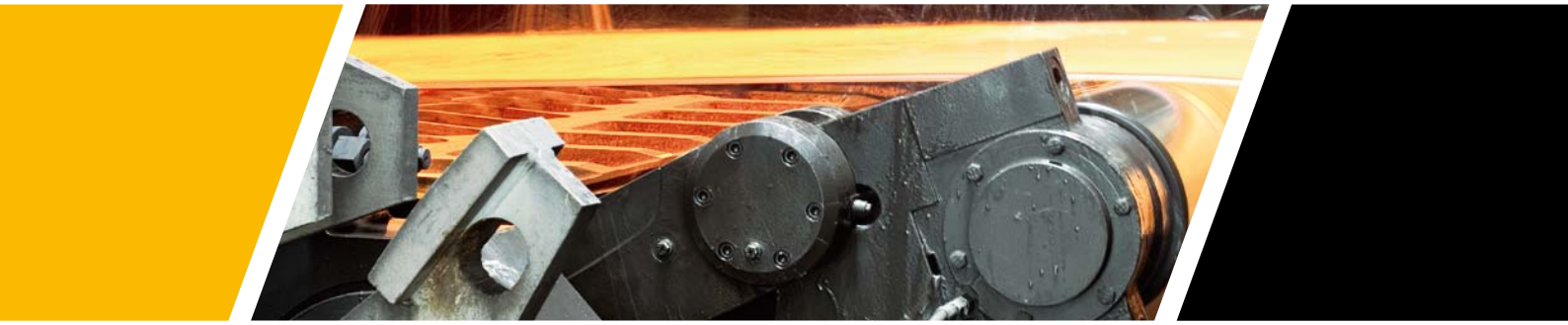
Hochtemperaturfette

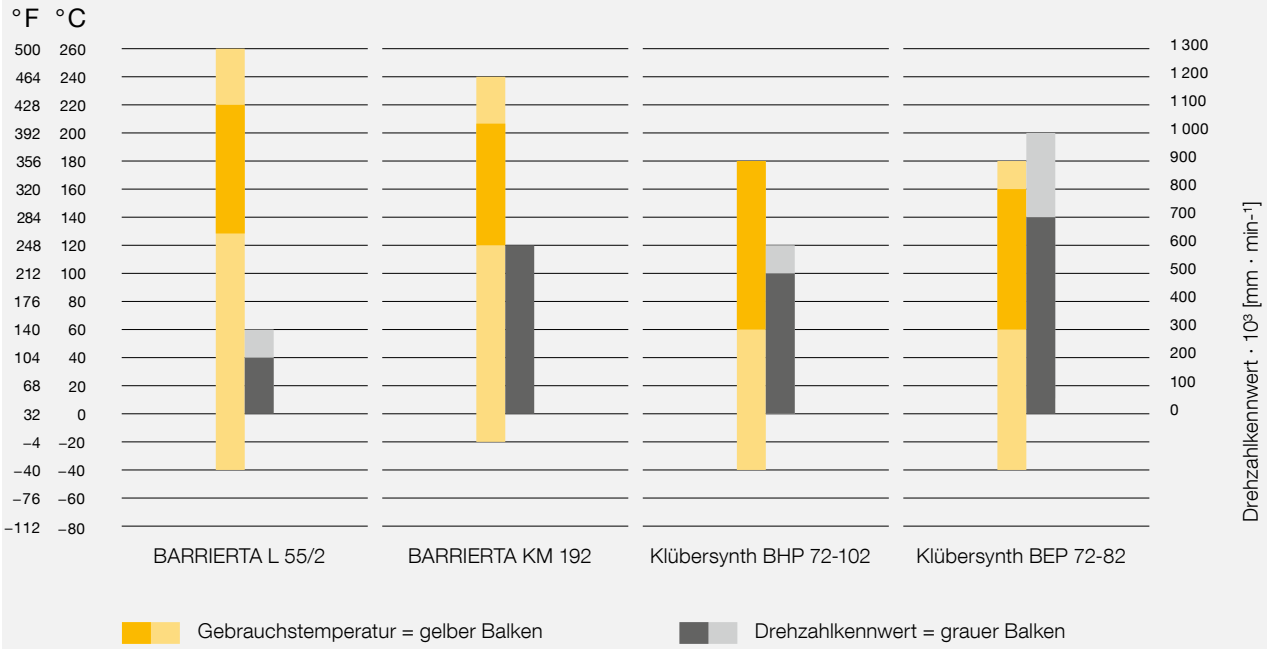
Hochtemperaturfette von Klüber Lubrication sind aus thermisch stabilen, leistungsstarken Grundölen hergestellt, bevorzugt aus Syntheseölen mit organisch-synthetischen Konsistenzgebern oder anorganischen Verdickern. Die maximal erreichbaren oberen Gebrauchstemperaturen der Hochtemperaturfette von Klüber Lubrication liegen heute bei ca. 300 °C (572 °F). Für eine Lebensdauerschmierung empfiehlt Klüber Lubrication allerdings, den oberen Gebrauchstemperaturbereich deutlich zu unterschreiten, damit akzeptable Laufzeiten erreicht werden.

BARRIERTA L 55/2
ist ein auf Perfluorpolyether-Grundöl und PTFE-Verdicker basierendes Schmierfett. Dieses Fettkonzept ist seit Jahren bewährt für Hochtemperaturanwendungen bis 260 °C (500 °F).Bei diesem Fettkonzept ist zu beachten, dass die Lager vor Befettung frei von jeglichen Verschmutzungen sind, da solche die Haftung des Schmierfetts deutlich beeinträchtigen würden.

Diagramm zur Ermittlung des Faktors K_n

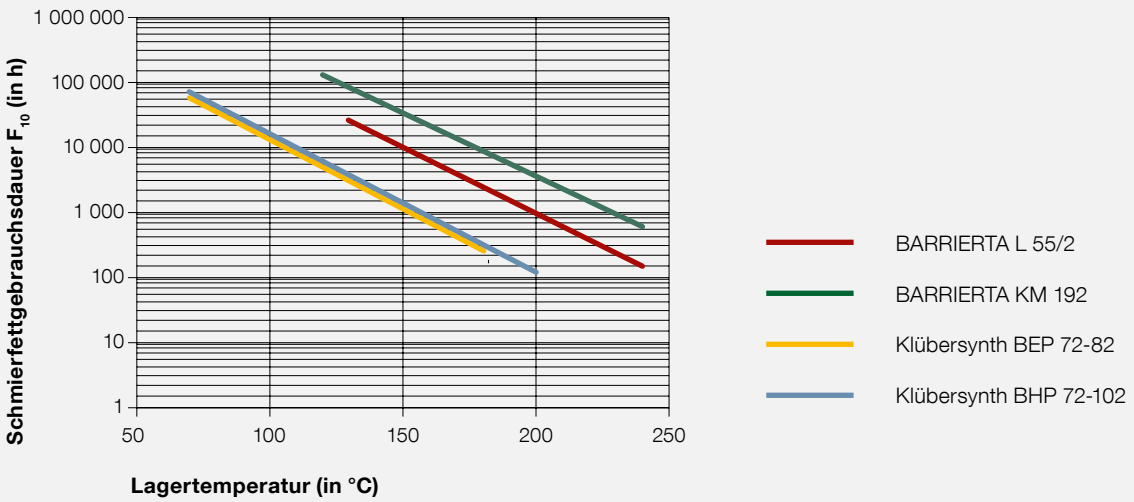






Die dunkel eingefärbten Bereiche für Gebrauchstemperatur und Drehzahlkennwert sollten für lebensdauergeschmierte Wälzlager angestrebt werden.

Schmierfettgebrauchsdauer in Abhängigkeit von der Temperatur



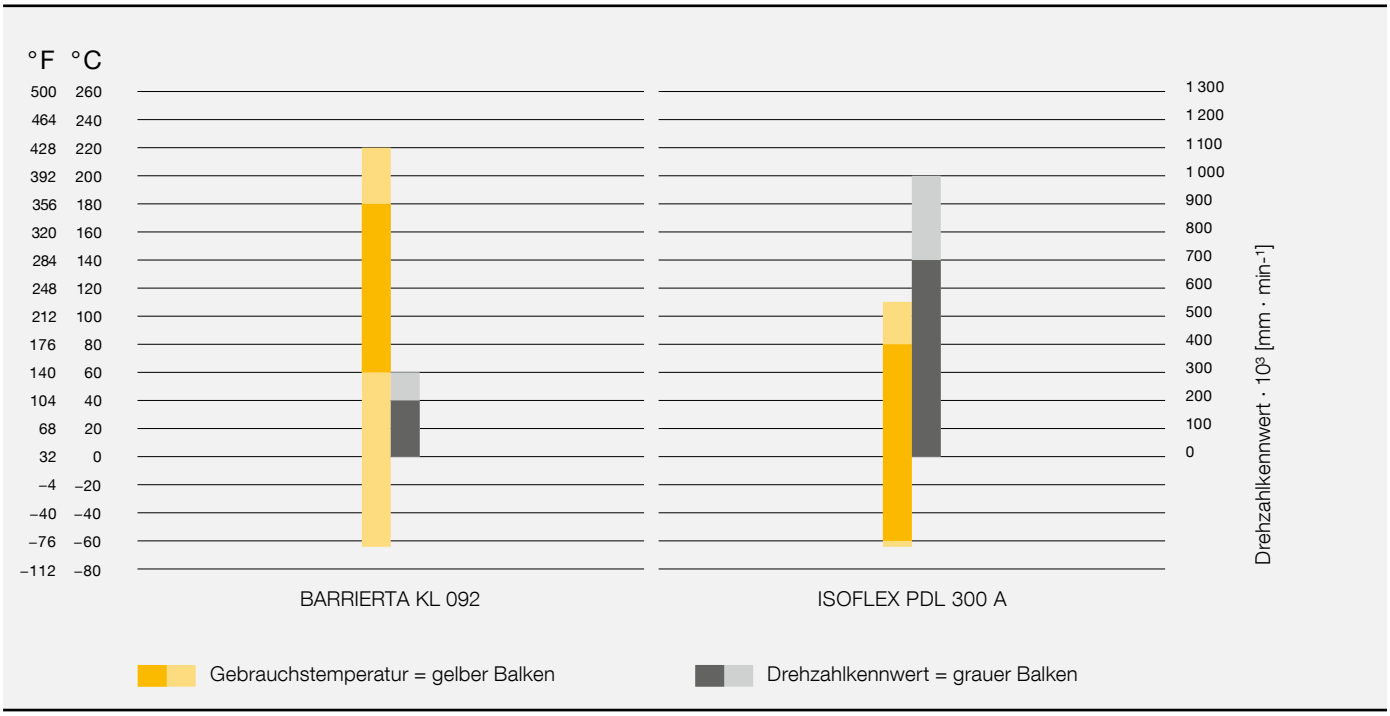
Tieftemperaturfette

Schmierfette mit relativ geringer Konsistenzzunahme bei Minustemperaturen haben ein gutes Tieftemperaturverhalten. Grundöle der Wahl sind z.B. synthetische Ester, PFPE und Polyalfaolefine – sie zeigen eine sehr gute Kältebeständigkeit. Als Kriterien für das Tieftemperaturverhalten gelten allgemein der Fließdruck nach DIN 51805 oder die Tieftemperatur-Drehmomentmessung nach IP 186. Die Temperatur, bei der ein Fließdruck von 1.400 mbar erreicht wird, gilt als untere Gebrauchstemperaturgrenze für Wälzlagerschmierfette.

Ein Fettkonzept, das ein gutes Tieftemperaturverhalten aufweist, führt im oberen Gebrauchstemperaturbereich häufig zu Einschränkungen. Insbesondere in der Automobilindustrie werden Temperaturen von –40 °C (–40 °F) verlangt, wobei der Betriebspunkt eines Aggregats bei z.B. 100 °C (212 °F) liegt.

Es sind zwei mögliche Fetttypen dargestellt, deren unterer Gebrauchstemperaturbereich deutlich unter –40 °C (–40°F) liegt:

- BARRIERTA KL 092
- ISOFLEX PDL 300 A



Bei BARRIERTA KL 092 und ISOFLEX PDL 300 A handelt es sich um Schmierfette mit einem Schwerpunkt auf Tieftemperaturanwendungen. Für die Abschätzung der Schmierfettgebrauchsdauer sprechen Sie bitte unsere technischen Berater an.

Der Gebrauchstemperaturbereich und die maximalen Drehzahlkennwerte $n \cdot d_m$ können aus dem Diagramm entnommen werden. Hierbei sind bei Temperatur und Drehzahlkennwert für Lebensdauerschmierung die dunkel eingefärbten Bereiche anzustreben.

Hochreine und geräuscharme Fette

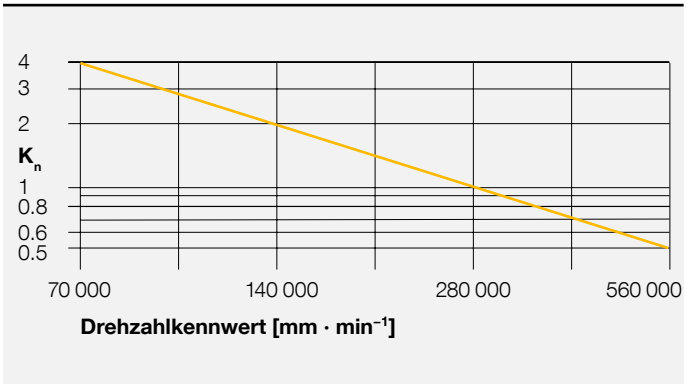
Solche Schmierfette werden verwendet, wenn das Laufgeräusch des Lagers reduziert werden soll, z.B. in Audio-/Videogeräten, in Präzisionslagern für Plattenspeicherlaufwerke oder bei Linear- und Schwenkantrieben für Leseköpfe und Drucker in der Computerindustrie. Sie sind außerdem wichtig bei der Produktion feinwerktechnischer Geräte und – dank ihrer Reinheit – für die Verlängerung der Lebensdauer von Wälzlagern.

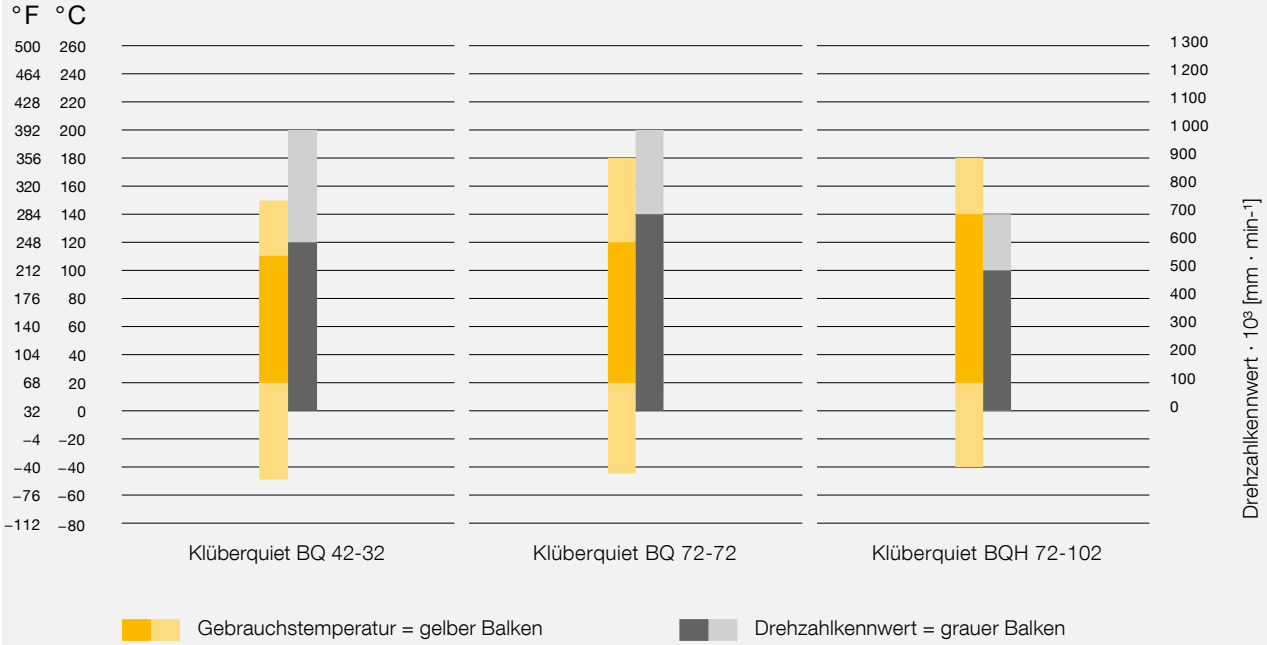
Lagerspezifisch				Schmierstoffspezifisch
Oberflächen des Lagers (Rauheit, Welligkeit)	—	Einflussfkatoren für die Geräuschbildung im Wälzlager	—	Additive
Verunreinigung im Lager	—		—	Fettmenge
Dichtungsmaterial	—		—	Verdicker
Lagergeometrie	—		—	Konsistenz
Käfigmaterial	—		—	Fettstruktur
Dichtungsart	—		—	Fettverteilung
Vibration	—		—	Fettapplikation
Schmiegung	—		—	Grundölviskosität
Lagergröße	—		—	Fertigungstechnologie
Temperatur	—		—	Verunreinigung im Fett (Reinheit)
Werkstoffe	—			
Belastung	—			
Lagerluft	—			
Präzision	—			
Drehzahl	—			
Käfigart	—			

Lager- bzw. schmierstoffspezifische Geräuscheinflussfaktoren für das Tribosystem Wälzlager

Das Geräuschverhalten des Wälzlagers und auch des Schmierstoffs wird am kompletten System gemessen. Daher ist es oft schwierig festzustellen, welcher Einflussfaktor für die Erzeugung von Körperschall und letztendlich Luftschall verantwortlich ist.

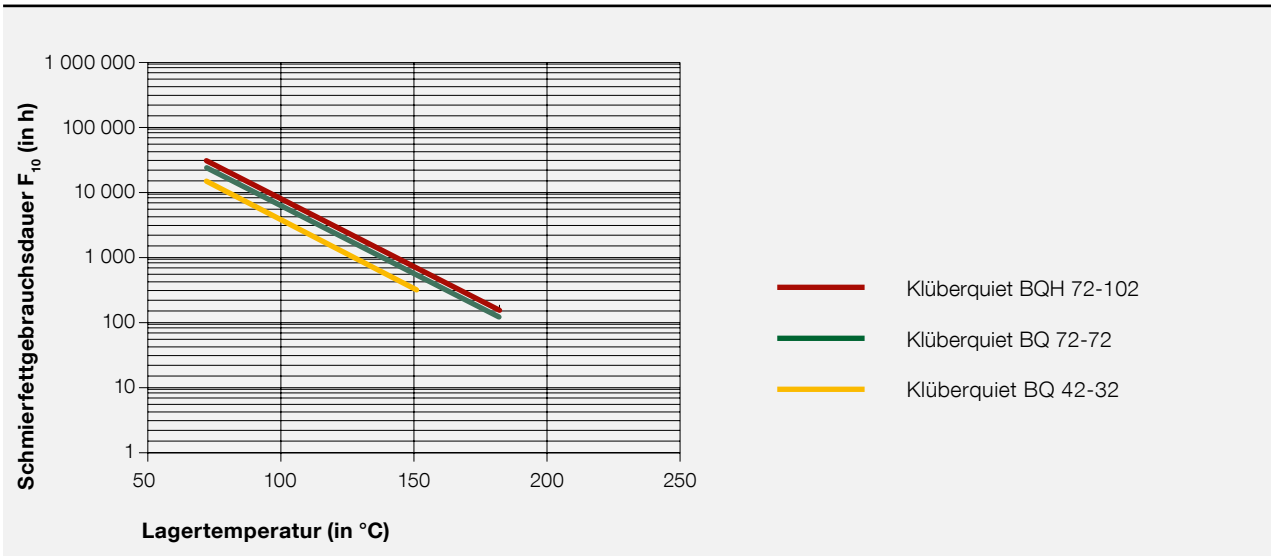
Diagramm zur Ermittlung des Faktors K_n





Der Gebrauchstemperaturbereich und die maximalen Drehzahlkennwerte $n \cdot d_m$ können aus dem Diagramm entnommen werden. Hierbei sind bei Temperatur und Drehzahlkennwert für Lebensdauerschmierung die dunkel eingefärbten Bereiche anzustreben.

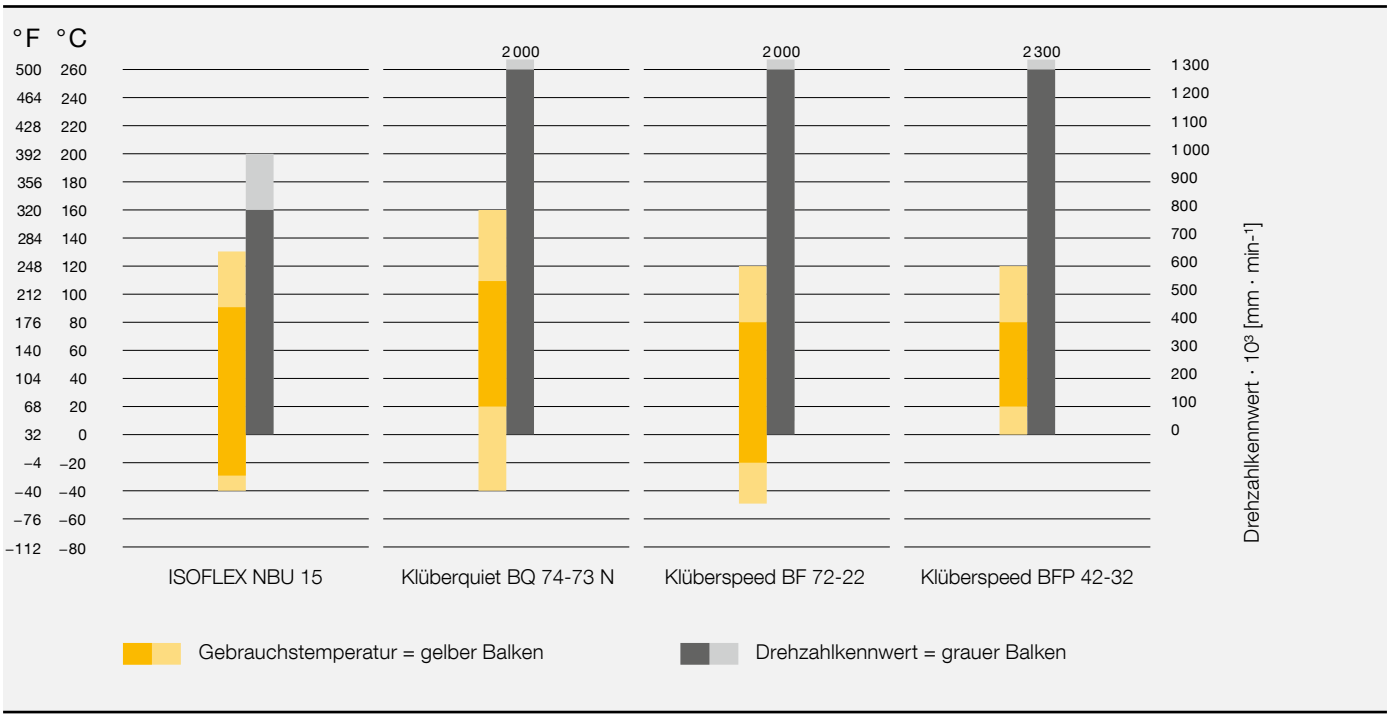
Schmierfettgebrauchsdauer in Abhängigkeit von der Temperatur



Hochgeschwindigkeitsfette

Hochgeschwindigkeitsfette beherrschen Drehzahlen, die üblicherweise nur mit Schmierölen möglich sind. Die Konsistenz entspricht der von üblichen Wälzlagerfetten (z.B. NLGI 2 oder 1). Hochgeschwindigkeits-Wälzlagerfette beherrschen seit Jahren Drehzahlkennwerte unter 1 Million mm · min^{-1} hervorragend. Seit einiger Zeit werden durch Fettschmierung Drehzahlkennwerte bis über 2 Millionen mm · min^{-1} erreicht. Bei geringer Lagertemperatur ist eine Lebensdauerschmierung – z.B. von Werkzeugspindeln – möglich.

ISOFLEX LDS 18 SPECIAL A wird seit Jahren erfolgreich verwendet. Eine neue Generation von Hochgeschwindigkeitsfetten hat Klüber Lubrication mit Klüberspeed BF 72-22 und Klüberspeed BFP 42-32 entwickelt. Die realisierten Drehzahlkennwerte liegen bei Klüberspeed BF 72-22 bei 2 Millionen mm · min^{-1} und bei Klüberspeed BFP 42-32 bei bis zu 2,3 Millionen mm · min^{-1} .



Die dunkel eingefärbten Bereiche für Gebrauchstemperatur und Drehzahlkennwert sollten für lebensdauergeschmierte Wälzlager angestrebt werden.

Bei Anwendungen, bei denen hohe Drehzahlen bzw. Drehzahlkennwerte $n \cdot d_m$ von 1 Million und mehr entstehen, wird die Schmierfettlebensdauer hauptsächlich durch die hohen Umfangsgeschwindigkeiten und daraus resultierenden Kräfte bestimmt. Die entstehende Temperatur bei solchen hochdrehenden Anwendungen muss genau beobachtet werden und sollte für oben aufgeführte Fette nicht mehr als 80 °C (176 °F) betragen. Eine Lagertemperatur von 40–50 °C (104–122 °F) ist anzustreben. Höhere Temperaturen müssen durch zusätzliche Kühlung gesenkt werden.

Bei den Hochgeschwindigkeitsfetten liegt der Fokus eindeutig auf der zu erreichenden maximalen Drehzahl. Aus diesem Grund ist es nicht möglich, die „Schmierfettgebrauchsdauer in Abhängigkeit von der Temperatur“ darzustellen. Zur Abschätzung der Fettgebrauchsdauer für Ihre Anwendung wenden Sie sich bitte an unsere technischen Berater.

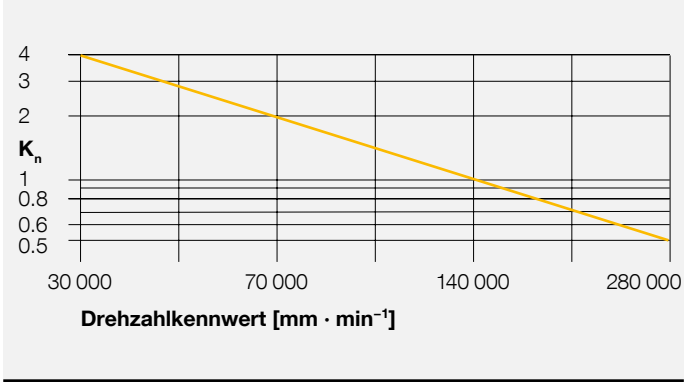
Spezialschmierfette für die Schwerindustrie

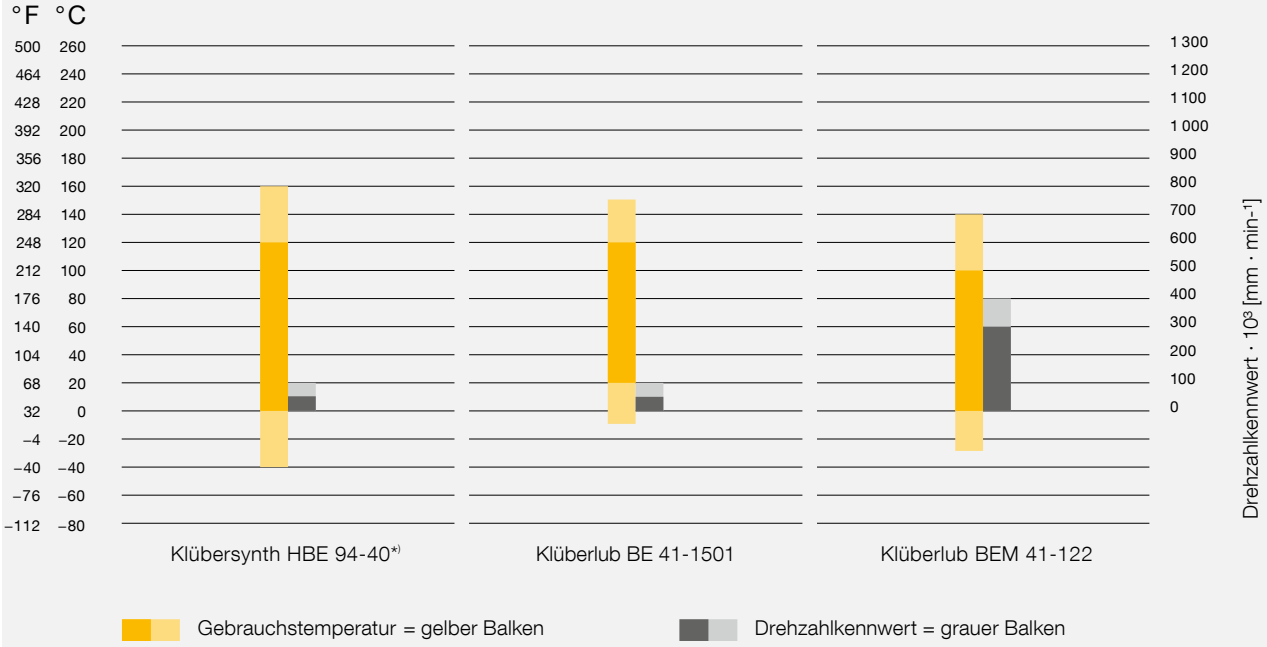
Fette wie diese unterliegen besonderen EP-Anforderung (EP = extreme pressure). Entsprechende Merkmale werden durch Hochdruckadditive erzielt.
Daneben wirken sich auch bestimmte Konsistenzgeber und das anteilige Grundöl – je nach Viskosität – günstig auf die Belastbarkeit aus. Solche Fette zeigen eine hohe Tragfähigkeit und meist auch ein günstiges Verhalten bei Grenz- und Mischreibung.

Für Wälzlager mit einem C/P-Verhältnis < 10 sind Hochdruckfette sinnvoll.

Sie sind speziell additiviert, um bei hohen Lasten Verschleiß zu minimieren. Hierbei ist Klüberlub BE 41-1501 zusätzlich ausgerüstet mit Molybdändisulfid und Graphit als Festschmierstoff. Dies spiegelt sich wider im möglichen C/P- Verhältnis > 2.

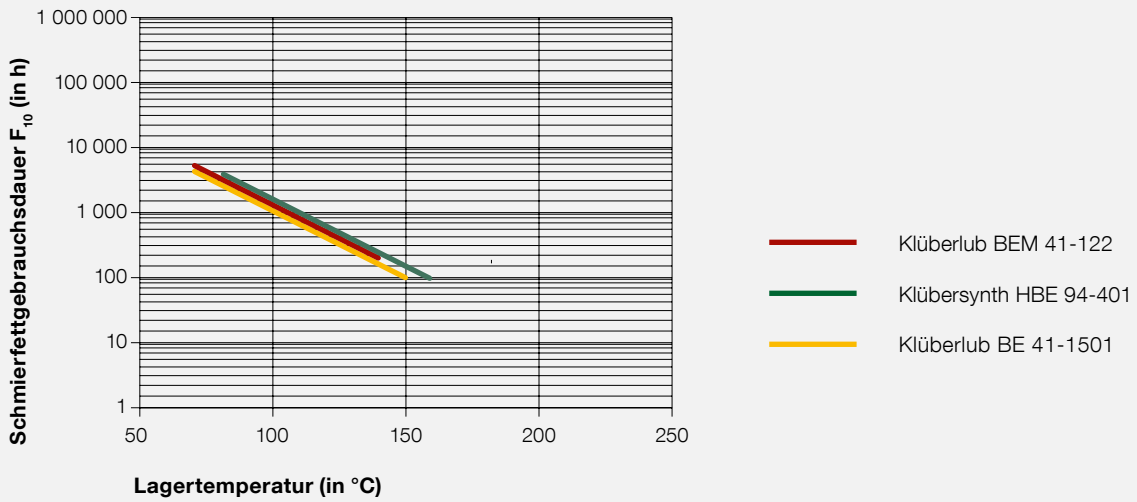
Diagramm zur Ermittlung des Faktors K_n

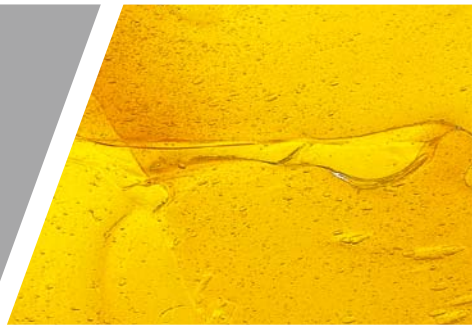




Die dunkel eingefärbten Bereiche für Gebrauchstemperatur und Drehzahlkennwert sollten für lebensdauergeschmierte Wälzlager angestrebt werden.
*) Die obere Gebrauchstemperatur für dieses spezielle Schwerlastfett wurde in der FAG FE-8 Wälzlagerfettprüfmaschine bestimmt.

Schmierfettgebrauchsdauer in Abhängigkeit von der Temperatur





Spezialschmierfette für weitere Industrien

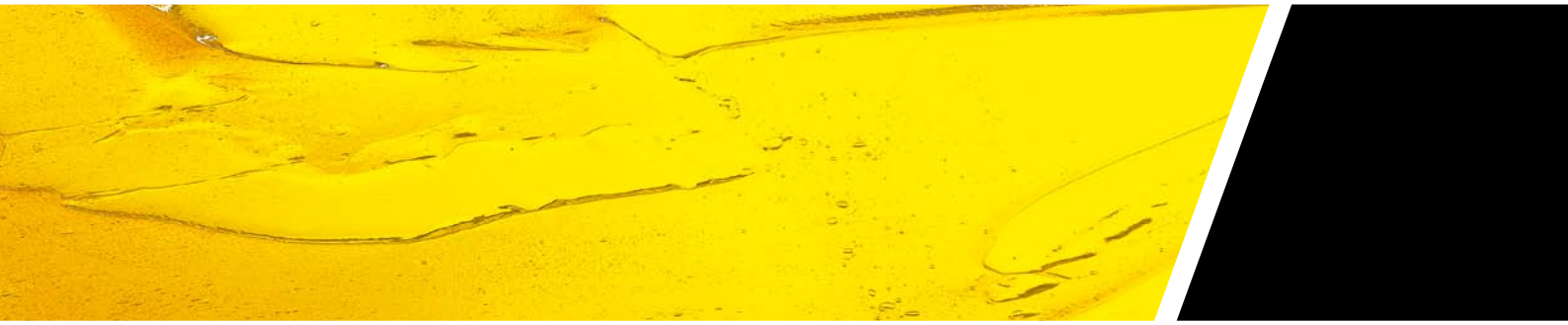
Schmierfette für oszillierende Bewegungen
Wälzlager können unter extremen Bedingungen, wie zum Beispiel oszillierende Bewegungen, im Einsatz sein. Bei ständigem Start/ Stopp-Betrieb bedeutet das, dass sich keine stabile Trennschicht zwischen den Reibpartnern ausbilden kann und sogenannte Grenzreibung entsteht. Somit ist die Gefahr von erhöhtem Verschleiß und einer verringerten Lebensdauer des Wälzlagers gegeben.
Bei oszillierenden Wälzlagern mit waagerechter Wellenanordnung sackt der Schmierstoff infolge der Schwerkraftwirkung nach unten. Bei kleinen Schwenkwinkeln führt das dazu, daß für die oberen Wälzkörper nur noch geringe Schmierstoffmengen zur Verfügung stehen. Außerdem wird sehr wenig frischer Schmierstoff in den Kontakt zwischen den Wälzpartnern eingebracht. Das führt zu schwierigen Schmierungsverhältnissen, die mit speziellen Schmierstoffen gelöst werden können. Versuchsergebnisse, erzielt unter rotatorischen Bedingungen, können nicht auf Anwendungen mit oszillierenden Bewegungen übertragen werden.[1)]

Bei dauerhaft sehr kleinen Schwenkwinkeln, wo der Wälzkörper nicht umlaufen kann, entstehen Verschleißmulden auf der belasteten Stelle der Lagerringe, die den Wälzkörper, also die Kugel oder Rolle abbilden. Deshalb wird hier auch vom False Brinelling Effekt gesprochen als typisches Verschleißbild für Tribokorrosion.

Der gleiche Effekt entsteht auch bei linearen Bewegungen zum Beispiel bei Linearführungen mit Kugel- oder Rollenumlaufsystemen, Kugelbuchsen oder Kugelgewindetrieben.

Durch die gezielte Auswahl eines Schmierstoffes für oszillierende Bewegungen zum Beispiel mit speziellen Festschmierstoffkombinationen, kann die tribologische Reaktionsschicht schon zu Beginn der Beanspruchung ausgebildet werden und dadurch dauerhaft vor Verschleiß und Bauteilversagen schützen. Störungen der Trennschicht führen schnell zum Ausfall. Intermittierender Betrieb (Unterbrechungen der Antriebsbewegung), kleine Schwenkwinkel und tiefe Temperaturen wirken sich ungünstig auf die Trennschicht aus, was eine geringere Lebensdauer verursacht.[1)] Deshalb ist es unumgänglich die Betriebsbedingungen möglichst genau zu erfassen um für jeden Anwendungsfall den passenden Schmierstoff mit der optimalen Schmierungsmethode in Abhängigkeit des Lagerdesigns zu bestimmen.

1) FVA Arbeitsblatt zum Forschungsvorhaben Nr. 315/1 „Wirkung von Schmierstoffen bei langsamen oszillierenden Gleit- und Wälzbewegungen, Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V., Stand Juli 99.



Schmierfette für Rollenlager
Rollenlager stellen bezüglich ihrer tribologischen Eigenschaften eine große Herausforderung an Schmierfette dar, da sie meist unter extremen Bedingungen wie hohen Drücken und gleichzeitigen niedrigen Drehzahlen betrieben werden.

Da durch den Linienkontakt zwischen Rolle und Laufbahn Rollreibung und bei Zylinder- und Kegelrollenlagern durch die Führung am Bord gleichzeitig auch Gleitreibung auftritt, müssen die entsprechenden Schmierstoffe besondere Merkmale aufweisen. Zum einen ist dies eine hohe Druckbelastbarkeit, welche durch zum Beispiel höhere Grundölviskositäten und/oder spezielle Additivierung erreicht werden kann. Zum anderen ist es ein höheres Ölabgabeverhalten, welches für den Gleitkontakt zwischen der Stirnseite der Rolle und dem Bord benötigt wird.
In der Praxis haben sich daher synthetische Grundöle in Kombination mit speziellen Verdickern wie Lithium bzw. Lithiumkomplex sowie Calciumkomplex und Bariumkomplex sehr bewährt. Letztere zeichnen sich insbesondere durch eine sehr hohe Resistenz gegen unterschiedlichste Medien aus.

Das Verschleißverhalten solcher Spezialschmierfette wird üblicherweise mit der DIN genormten Prüfmaschine FAG FE8 abgeprüft, bei der das Verschleißverhalten des jeweiligen Schmierstoffes in den Laufbahnen, den Rollkörpern und dem Käfig bestimmt wird.

Klüber Lubrication hat für diese Herausforderungen Spezialschmierstoffe entwickelt, die durch die geprüften Kombinationen Lösungen für Anwendungsgebiete von Rollenlagern bieten.

Fette für den Lebensmittelbereich

Alle Spezialschmierstoffe von Klüber Lubrication für die Lebensmittel- und Pharmaindustrie wurden im Rahmen unserer weltweiten Erfahrung und Forschung entwickelt und erprobt und sind nach NSF H1/H2 registriert.

Früher wurden Schmierstoffe für die Lebensmittelindustrie bei der USDA (United States Department of Agriculture = amerikanische Landwirtschaftsbehörde) registriert. Heute übernimmt diese Aufgabe die NSF (National Sanitation Foundation).

Auf der Grundlage gesetzlich festgelegter Rohstofflisten erfolgt die Zulassung durch die NSF jeweils in zwei Kategorien: NSF H1 für Schmierstoffe mit nicht vorhersehbarem Kontakt mit Produkten und Verpackungen in der Lebensmittel-, Kosmetik-, Arzneimittel- oder Tierfutterindustrie und NSF H2 zur allgemeinen Anwendung in der Lebensmittel- und Pharmaindustrie, vorausgesetzt, ein Kontakt mit dem Produkt ist völlig ausgeschlossen.

Für die H1-Registrierung eines Schmierstoffs muss der Schmierstoffhersteller den Nachweis erbringen, dass nur ausgewählte Stoffe enthalten sind, die den hohen Anforderungen der FDA (Food and Drug Administration = Nahrungsmittel- und Arzneimittelbehörde) 21 CFR § 178.3570 genügen.

Diese FDA-Konformität der Klüber H1-Schmierstoffe ist auch für ein GMP-gerechtes Qualitätsmanagementsystem in der pharmazeutischen Industrie erforderlich. Die Herstellprozesse der Klüber H1 Schmierstoffe unterliegen strengen Hygieneregeln zur Vermeidung unerwünschter Kontaminationen. Die meisten H1-Herstellwerke von Klüber Lubrication sind bereits jetzt nach NSF ISO 21469 zertifiziert.

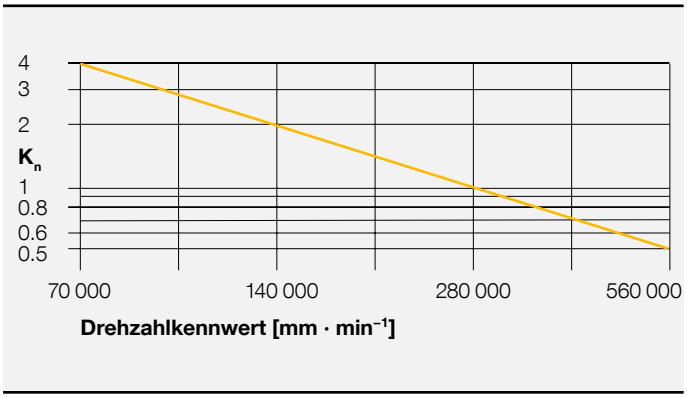
Zur Verbesserung der Prozesszuverlässigkeit bei der Herstellung pharmazeutischer Produkte sollten im Betrieb ausschließlich NSF H1-Schmierstoffe verwendet werden. Dadurch wird eine Verunreinigung pharmazeutischer Produkte durch nicht NSF H1-registrierte Schmierstoffe sicher vermieden (da keine Verwechselungsgefahr gegeben ist).

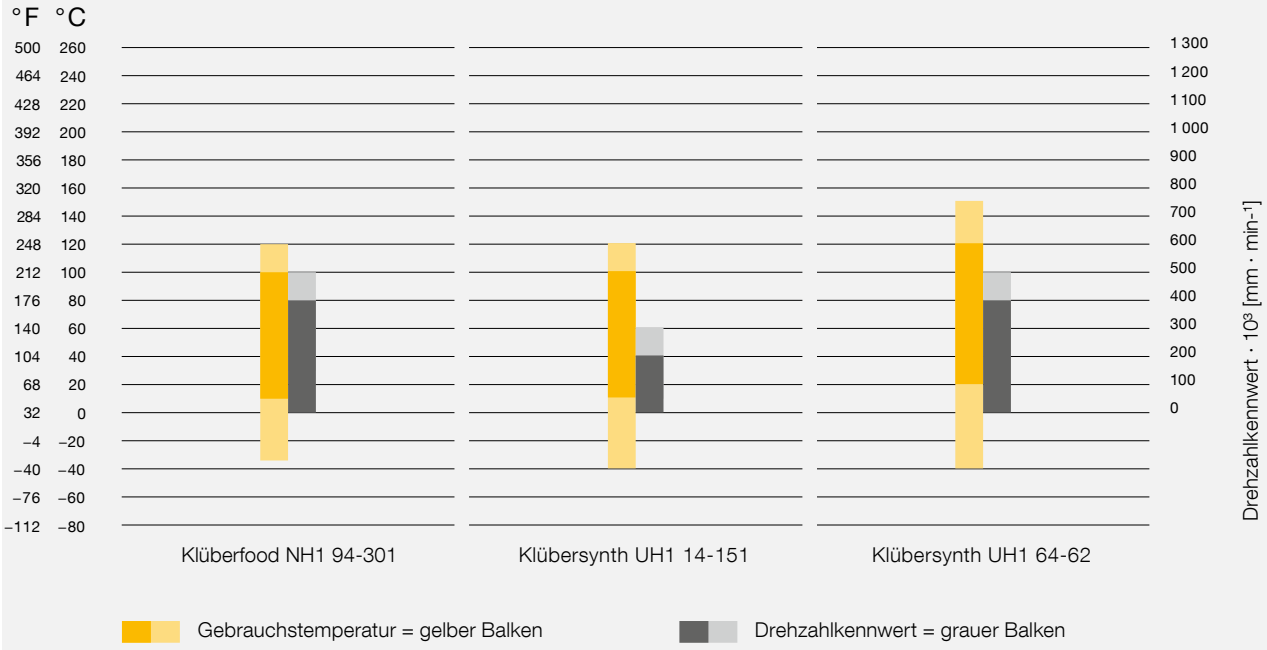
Die Verwendung von NSF H1 registrierten Schmierstoffen leistet somit einen Beitrag zur Erhöhung der Zuverlässigkeit der Produktionsprozesse. Wir empfehlen jedoch zusätzlich eine Rezikonanalyse, z.B. HACCP, durchzuführen.

Unternehmen der Lebensmittel- und Pharmaindustrie verwenden viel Zeit und Geld darauf, mit steigender Effizienz eine höhere Betriebssicherheit und Maschinenleistung zu erreichen. Zusätzlich dazu gilt es, die besonderen Anforderungen einer hohen Prozessstabilität zu erfüllen. KlüberAssetSupport wurde ins Leben gerufen, damit Sie mit dieser Hilfe Ihre Werte schützen und die Effizienz Ihrer Produktionslinie steigern können. Doch dazu bedarf es einer engen Zusammenarbeit beider Seiten. Einen ersten Schritt dahin stellt das Vor-Audit dar. Dabei werden Gebiete identifiziert und quantifiziert, in denen sich Verbesserungsmaßnahmen besonders anbieten.

Wenn Sie weiterführende Informationen wünschen oder ein Vor-Audit vereinbaren möchten, wenden Sie sich bitte an den Vertreter von Klüber Lubrication in Ihrer Region und fragen Sie nach dem KlüberAssetSupport-Projektmanager.

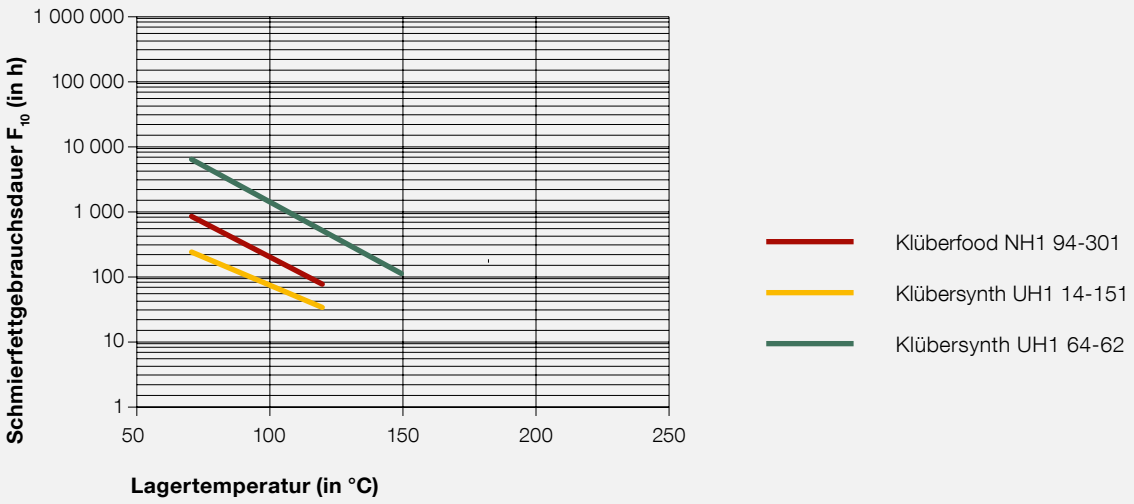
Diagramm zur Ermittlung des Faktors K_n





Die dunkel eingefärbten Bereiche für Gebrauchstemperatur und Drehzahlkennwert sollten für lebensdauergeschmierte Wälzlager angestrebt werden.

Schmierfettgebrauchsdauer in Abhängigkeit von der Temperatur



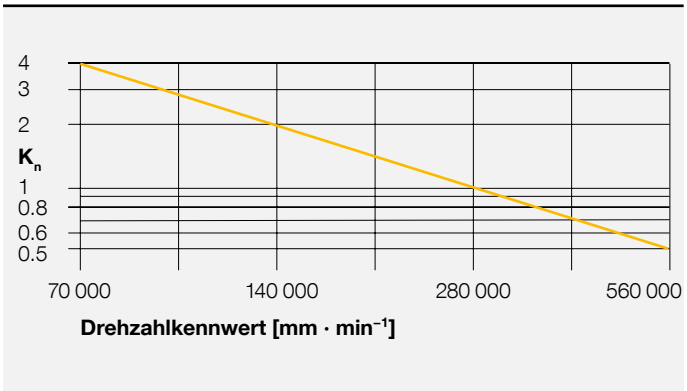
Elektrische Leitfähigkeit

Im Bruchteil einer Sekunde kann sich im Wälzlager elektrische Spannung aufbauen, die zu einer Entladung über die Wälzkörper und die Wälzlagerlaufbahn führt. Durch dieses Phänomen können schwerwiegende Lagerschäden auftreten. Ihre Neigung zum Aufbau statischer elektrischer Auf- und Entladung gefährdet diesbezüglich besonders Maschinen und Anlagen, die Kunststofffolien oder Papier transportieren. Auch Lager in Elektromotoren und Generatoren (Windenergieanlagen, ...) können von solchen Schäden durch elektrische Entladung betroffen sein.

Schäden durch elektrischen Überschlag, der durch den Stromdurchfluss im Wälzlager verursacht wird, können an den Wälzkörpern und der Wälzlagerlaufbahn in Form von (oft symmetrischen) Kratern und Riefen auftreten. Krater entstehen durch lokales Aufschmelzen der Laufbahn- oder Wälzkörperoberflächen. Teile des geschmolzenen Metalls werden mitgerissen und setzen sich an anderen Stellen der Laufbahn ab, wo sie anschließend überrollt werden. Die typischen Riefen entstehen aufgrund der gleichzeitigen Belastung der Wälzkörper und der Lagerlaufbahn in der Lastzone, in der der stärkste Stromdurchfluss auftritt. Da keine Reparatur möglich ist, müssen durch elektrische Korrosion beschädigte Lager ausgetauscht werden.

Außer dass er diverse bauliche Maßnahmen durchführen kann, hat der Anwender gerade bei kleinen Stromstärken die Möglichkeit, elektrisch leitfähige Wälzlagerfette zu verwenden. Diese leiten Ströme kontinuierlich durch das Wälzlager, so dass sich punktuelle Spannungsüberschläge erst gar nicht ausbilden können. Bei diesen speziellen Wälzlagerfetten sollte man auf einen niedrigen spezifischen elektrischen Widerstand im Bereich von 10^5 Ohm · cm achten.

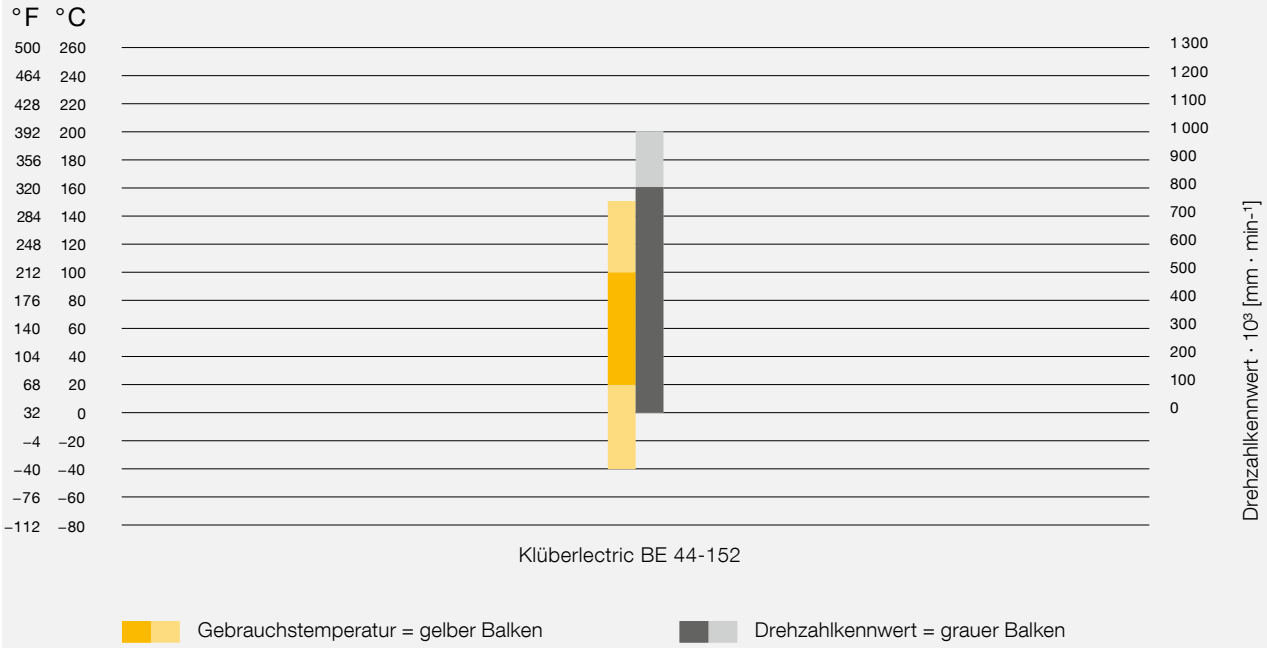
Diagramm zur Ermittlung des Faktors K_n



Klüber Lubrication stellt Ihnen mit Klüberlectric BE 44-152 ein Wälzlagerfett zur Verfügung, das mit seinem spezifischen elektrischen Widerstand von etwa 10^5 Ohm · cm im Vergleich zu einem Fett mit 10^8 Ohm · cm bei gleichbleibender Spannung eine 1000-fach höhere Stromstärke leiten kann. Und gegenüber einem Fett mit einem spezifischen elektrischen Widerstand von 10^{11} Ohm · cm, durchaus üblich bei Standardfetten, erhöht sich die mögliche Stromstärke bereits um den Faktor 10^6.

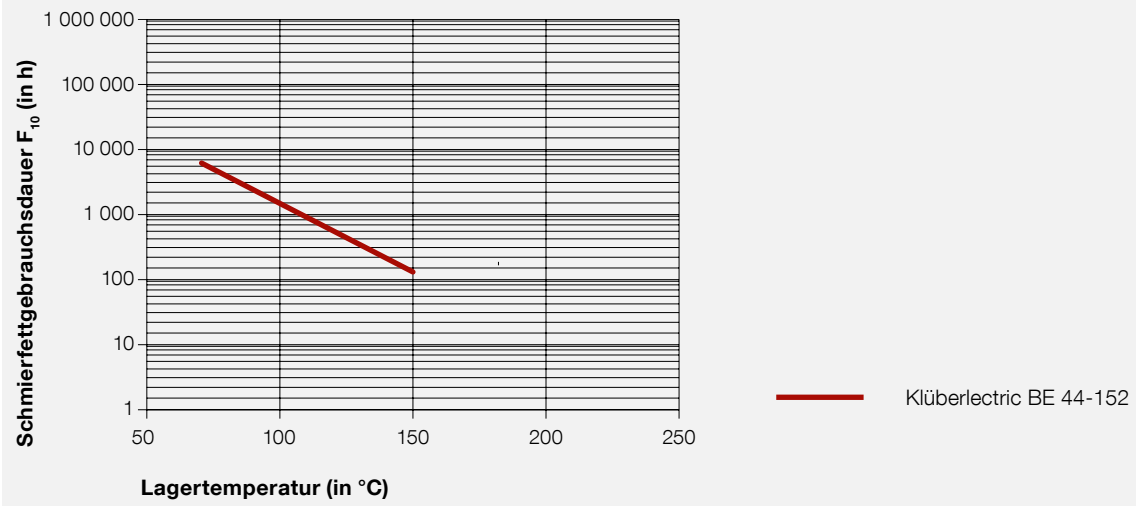
Um diesen Unterschied zu herkömmlichen Schmierfetten zu verdeutlichen, hat Klüber Lubrication in Anlehnung an die ehemalige DIN 53482 den elektrischen Widerstand von Fetten bestimmt. Über diese statische Prüfung hinaus hat Klüber Lubrication einen dynamischen Prüfstand entwickelt, der zur Entwicklung und Optimierung des Spezialfetts genutzt wurde.

Ein Wälzlagerfett muss sich nicht nur hinsichtlich seiner „elektrischen Möglichkeiten“, sondern natürlich auch hinsichtlich Laufzeit und Zuverlässigkeit bewähren. Hier bietet Klüberlectric BE 44-152 neben einem weiten Gebrauchstemperaturbereich, der von –40 bis +150 °C (–40 bis 302 °F) reicht, ein umfassendes Leistungsspektrum.



Die dunkel eingefärbten Bereiche für Gebrauchstemperatur und Drehzahlkennwert sollten für lebensdauergeschmierte Wälzlager angestrebt werden.

Schmierfettgebrauchsdauer in Abhängigkeit von der Temperatur



Reinigung von Wälzlagern

Warum Wälzlager reinigen?

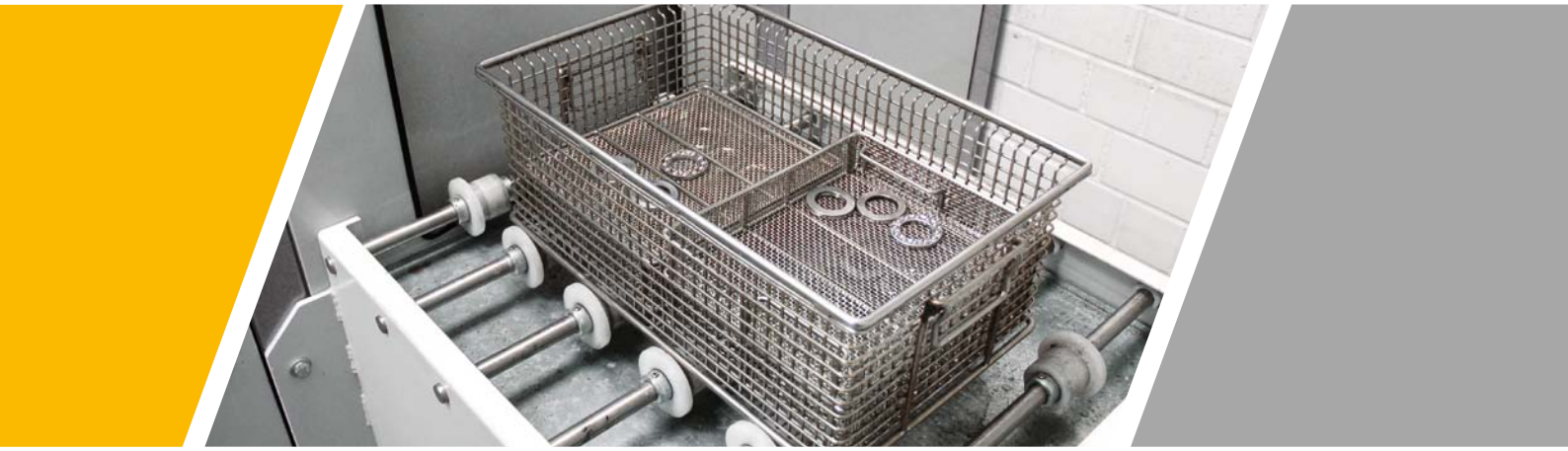
Bei der Schmierung von Wälzlagern ist höchste Sorgfalt bei den vorbereitenden Maßnahmen geboten – dies gilt sowohl für die Erst- als auch für die Nachschmierung. Die Reibstelle sollte vor der Befettung metallisch blank sein, das heißt frei von allen Rückständen und Schmutzpartikeln, denn Verschmutzungen in Lagern können zu Lagerschäden und zu frühzeitigen Ausfällen der Lager führen. Ferner vermeiden Sie durch die Reinigung Unverträglichkeiten zwischen dem Korrosionsschutzmittel und der nachfolgenden Befettung. Und schließlich kann der Schmierstoff nur optimal auf der Lageroberfläche haften, wenn die zu schmierenden Flächen frei von Verunreinigungen sind. Die gründliche Reinigung der Lager vor der Befettung ist also eine unabdingbare Voraussetzung, damit Sie die bestmöglichen Ergebnisse mit Ihrem Schmierstoff erreichen können.

Das Metallreiniger SMR-Spray von Klüber Lubrication reinigt das Lager nicht nur, es verdampft auch rückstandsfrei. Der Reiniger hinterlässt keine Substanzen, die später mit dem Schmierstoff unverträglich sind oder die Haftung des Schmierstoffs an den Oberflächen beeinträchtigen.

Auch das Reinigungsfluid Klüberalfa XZ 3-1 verdampft schnell und rückstandsfrei. Damit schaffen Sie beste Voraussetzungen für die Befettung mit PFPE-/PTFE-basierten Schmierstoffen.

Zusätzlich kann dieses Lösungsmittel auf PFPE-Basis auch als Dispergiermittel verwendet werden. Dadurch können Sie sehr dünne Schichten des Schmierstoffs auftragen.

Bitte vermeiden Sie Verdampfungsverluste, indem Sie die Gebinde dieses Löse- und Reinigungsmittels stets gut verschließen.



Reinigungs- und Dispergiermittel

	Klüber Metallreiniger SMR-Spray	**Klüberalfa XZ 3-1**
Lösemittel	Kohlenwasserstoff	PFPE
Farbe	farblos	farblos
Struktur	flüssig (Spray)	flüssig
Anwendungshinweise	Löse- und Reinigungsmittel zur Reinigung von metallischen Oberflächen	Löse- und Reinigungsmittel zur Vorreinigung, damit bei nachfolgenden Befettungen auf Basis von PFPE/PTFE eine optimale Haftung erzielt wird

Konservierung von Wälzlagern

Warum müssen Wälzlager konserviert werden?

Die meisten Komponenten eines Wälzlagers bestehen aus Stahl. Der am häufigsten verwendete Typ 100Cr6 ist ungeschützt und somit nicht dauerhaft gegen Luftfeuchtigkeit korrosionsbeständig. Die Betriebssicherheit ist dadurch gefährdet. Wird das Lager nicht geschützt, können die im Laufe der Zeit entstehenden Korrosionspartikel ins Lager eindringen und zu erhöhten Laufgeräuschen bzw. zu frühzeitigem Funktionsausfall des Lagers führen.

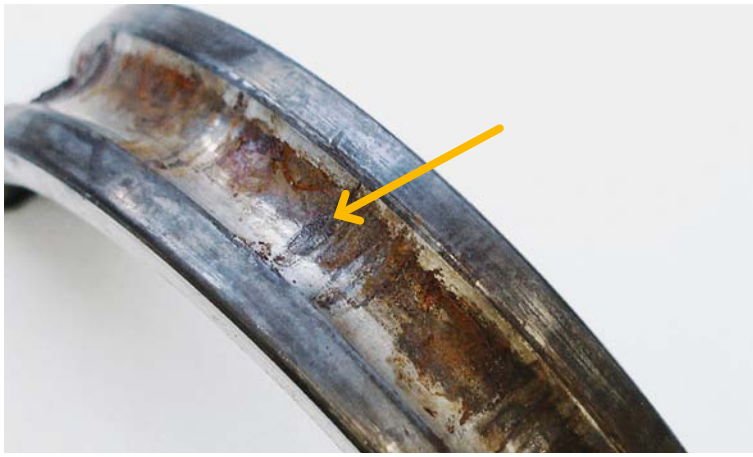
Warum muss ein Korrosionsschutz mehr können, als nur vor Korrosion zu schützen?

Verträglichkeit mit dem verwendeten Schmierstoff
Bei Unverträglichkeit kann es zu Schmierfettverlust aufgrund von unzureichender Haftung des Schmierfetts kommen. Der Grund dafür kann das Korrosionsschutzöl sein. Das Schmierfett schwimmt sozusagen auf dem Film und kann keine Bindung zum metallischen Werkstoff aufbauen.

Unterstützung des Schmierstoffs während der Fettverteilung
Üblicherweise werden aus Kostengründen keine Fettverteilungsläufe durchgeführt. Insbesondere während der ersten Betriebsmomente kann es durch Mangelschmierung zu Initialschäden kommen, die dann zur Reduzierung der erwarteten Lebensdauer führen können. Durch ein leistungsfähiges Korrosionsschutzöl wie z.B. Klübersynth MZ 4-17 kann dies verhindert werden.

False Brinelling und Korrosionsschutzöl
Eine unerwünschte Erscheinung ist das so genannte False Brinelling. Hierbei handelt es sich um Verschleißmarken, die durch kleine oszillierende Bewegungen im belasteten Kontakt in den Laufbahnen entstehen. Man kann auch von Stillstandsmarkierungen sprechen, da dieses Phänomen tatsächlich bei quasi stehenden Lagern auftritt, z.B. bei KFZ-Radlagern während des Transports oder stillstehenden Ersatzkompressoren.
Abhilfe kann hier ein Korrosionsschutzöl verschaffen, das speziell mit Additiven zur Vermeidung dieses Verschleißes ausgerüstet ist. Klübersynth BZ 44-4000 ist ein solches Korrosionsschutzfluid, das anstelle des konventionellen Korrosionsschutzöls verwendet wird.

Verschleißmarken, verursacht durch Vibration im Stillstand – False Brinelling genannt



Geräusch- und Korrosionsschutz
Ein geräuscharmes Wälzlager, geschmiert mit einem geräuscharmen Schmierfett wie Klüberquiet BQ 72-72, kann durch ein unzureichend reines oder vom Aufbau her grundsätzlich falsches Korrosionsschutzöl so stark kontaminiert werden, dass das Lager letztendlich nicht mehr den gewünschten Ansprüchen genügt. Klübersynth MZ 4-17 wurde speziell in Abstimmung mit unseren geräuscharmen Produkten der Klüberquiet-Reihe entwickelt. Klübersynth MZ 4-17 kann natürlich auch mit vielen anderen Produkten angewendet werden.

Verträglichkeit mit Kunststoffen und Elastomeren
Ebenso wie das Schmierfett muss auch das Korrosionsschutzöl mit den im Lager verwendeten Kunststoffen (Käfig) und Elastomeren (Dichtungen) verträglich sein. Hierzu beraten wir Sie gerne.

Ein leistungsfähiger Korrosionsschutz führt zu besserer und längerer Funktionstüchtigkeit des Lagers und letztendlich zu einer Kosteneinsparung für den Anwender. Die zusätzliche Investition in den Korrosionsschutz rechnet sich immer.

Korrosionsschutz für Wälzlager

	Klübersynth BZ 44-4000	**Klübersynth MZ 4-17**	**Klüberalfa XZ 3-3**
Anwendung	Synthetisches Schmier- und Korrosionsschutzfluid mit Verschleißschutz gegen False Brinelling	Synthetisches Schmier- und Korrosionsschutzöl zur Konservierung von Wälzlagern	Korrosionsschutzfluid auf Basis von PFPE zur Konservierung bei nachfolgender Befettung auf Basis von PFPE/PTFE ohne erneute Vorreinigung
Grundöl	Synthetischer Kohlenwasserstoff	Esteröl/synthetischer Kohlenwasserstoff	PFPE
Konsistenzgeber	Lithiumseife	ohne	ohne
Viskosität nach DIN 51562 [mm^2/s] bei ca. 40 °C (entspricht ca. 104 °F)	40	22	–
Farbe	beige	braun	farblos
Aussehen/Struktur	milchig/flüssig	flüssig	flüssig

Austausch von Schmierfetten

Altfettentfernung und Nachschmierung von Lagern mit einem neuen Fett

Die Entscheidung für ein neues Fett wurde getroffen - nun geht es darum, das alte Fett aus den Wälzlagern zu entfernen und mit dem neuen Fett nachzuschmieren. Alternativ kann in einigen Fällen das Lager auch mit dem neuen Fett gespült werden, wodurch das alte Fett aus dem Lager gedrängt wird.
Der Austausch empfiehlt sich nur in Wälzlagern, die einen Ausgang für Altfett haben aus dem dieses vollständig austreten kann. In Systemen mit Lebensdauer-Abdichtungen oder in öldichten kann der Versuch nachzuschmieren gravierende Betriebsstörungen oder sogar Lagerschäden verursachen.

Bevor der Austauschprozess angestoßen wird, sollten die Wälzlager auf ihre Funktionstüchtigkeit überprüft werden. Für ein Lager mit Mängeln bezüglich Sitz, Spiel oder Bauform oder bestehenden Lagerschäden lohnt sich der Aufwand einer Schmierstoffumstellung nicht mehr.

Notwendige Überprüfungen vor der Umstellung

Verträglichkeit von Fetten
Ist das neue mit dem alten Fett wirklich kompatibel? Diese Frage muss in jedem Fall sorgfältig überprüft werden. Denn sollten die beiden Fette nicht miteinander harmonieren, kann es zum Beispiel zur Verflüssigung kommen, Überhitzungen und Ausfälle des Lagers wären die Folge.
Eine Liste einiger kompatibler Schmierstoffe mit verschiedenen möglichen Zusammensetzungen befindet sich auf der nebenstehenden Seite. Sollten Sie Fragen hierzu haben, wenden Sie sich gerne an unsere Spezialisten.

Die richtige Fettmenge im Lager
Verschiedene Wälzlagertypen oder Drehzahlen erfordern unterschiedliche Mengen Fett in ihrem Inneren. Daher ist es wichtig, vor dem Austausch von Schmierfetten die Mengenvorgaben für die Lager genau zu kennen. Bei der Umstellung auf ein neues Fett wird so viel Schmierstoff in das Lager gepresst, dass das Altfett auch wirklich vollständig austritt. Bei hohen Drehzahlen kann sich dieses Verfahren als ungeeignet erweisen, da hier extrem geringe Fettfüllmengen nötig sind.

Umstellung von Industrie-Schmierfetten auf Lebensmittel-Schmierfette mit NSF H1-Registrierung
Wie im Kapitel „Fette für den Lebensmittel-Bereich“ beschrieben, unterliegen gerade die Anwendungen unter hygienisch sensiblen Bedingungen einem besonderen Augenmerk. Um den „H1 Zustand“ möglichst schnell zu erreichen, müssen vor allem in der ersten Zeit nach der Umstellung die Nachschmierintervalle verkürzt werden. Je häufiger NSF H1 registriertes Fett nachgefüllt wird, desto eher kann das nicht-registrierte Fett vollständig aus dem Wälzlager entweichen.

So wird´s gemacht:
Um das Altfett aus dem Lager zu entfernen, wird das Frischfett ganz langsam bei manueller Rotation oder geringer Leerlaufdrehzahl in das laufende Lager gepumpt, bis sich Farbe und Konsistenz des austretenden Fettes praktisch an das neue Fett angeglichen haben. Diese Veränderung zeigt, dass im Lager fast kein altes Fett mehr enthalten ist und dass die Zuleitungen ebenfalls von Altfett befreit sind. Bei Stehlagergehäusen entfernen Sie die Abdeckung und entfernen das Fett in den Gehäusefreiräumen manuell.
Dieser Vorgang sollte nach ca. 1-2 Stunden Betriebsdauer oder nach Erreichen des Dauerbetriebszustandes noch einmal wiederholt werden.
Die ersten beiden Nachschmierintervalle sollten verkürzt werden: Die erste Schmierung sollte nach einer Woche erfolgen, die zweite wieder im Abstand von einer Woche. Danach kann auf die gewohnten Intervalle zurück gestellt werden.
Ist der Austausch des Schmierfetts erledigt, sind auf jeden Fall der Stromverbrauch, die Stromaufnahme, die Nachschmierintervalle etc. genauestens zu überprüfen. Läuft hier alles nach Plan oder sogar besser, dann ist der Umstieg erfolgreich umgesetzt.

Allgemeine Hinweise (Tipps)
Um sicherzustellen, dass keine Verschmutzungen in die Kontaktzonen des Lagers eindringen, sind unbedingt die Schmiernippel vor dem Einfüllen des neuen Fetts zu reinigen. Es sollten nur laufende Lager geschmiert werden. Damit es nicht zu Überhitzung des Lagers kommt, muss das Fett langsam und mit Sorgfalt eingepumpt werden.

Sie haben Fragen zum Austausch von Schmierfetten? Dann kontaktieren Sie unser Expertenteam.

Mischbarkeit von Grundölen

	Mineralöl	Synth. KW	Esteröl	Polyglykol	Silikonöl (Methyl)	Perfluor-alkyl-ether	Silikonöl (Phenyl)	Poly-phenyl-etheröl
Mineralöl	+	+	+	–	–	–	+/–	+
Synth. KW	+	+	+	–	–	–	–	+
Esteröl	+	+	+	+	–	–	+	+
Polyglykol	–	–	+	+	–	–	–	–
Silikonöl (Methyl)	–	–	–	–	+	–	+/–	–
Perfluoralkylether	–	–	–	–	–	+	–	–
Silikonöl (Phenyl)	+/–	–	+	–	+/–	–	+	+
Polyphenyletheröl	+	+	+	–	–	–	+	+

+ mischbar **+/– bedingt mischbar** **– nicht mischbar**

Mischbarkeit von Verdickersystemen*)

		Metall-Seifen-Schmierfette				Komplex-Seifen-Schmierfette					Schmierfette		
		Al	Ca	Li	Na	Al	Ba	Ca	Li	Na	Bentonite	Polyurea	PTFE
Metall-Seifen-Schmierfette	Al	+	+/–	+	+/–	+	+/–	+	+	+/–	+	+	+
	Ca	+/–	+	+	+	+	+	+	+/–	+	+	+	+
	Li	+	+	+	–	+	+	+	+	–	+/–	+/–	+
	Na	+/–	+	–	+	+	+	+/–	+/–	+	–	+	+
Komplex-Seifen-Schmierfette	Al	+	+	+	+	+	+	+/–	+	+/–	+/–	+/–	+
	Ba	+/–	+	+	+	+	+	+/–	+/–	+	+	+/–	+
	Ca	+	+	+	+/–	+/–	+/–	+	+	+	+/–	+	+
	Li	+	+/–	+	+/–	+	+/–	+	+	+/–	+	+/–	+
	Na	+/–	+	–	+	+/–	+	+	+/–	+	–	+	+
Schmierfette	Bentonite	+	+	+/–	–	+/–	+	+/–	+	–	+	+	+
	Polyurea	+	+	+/–	+	+/–	+/–	+	+/–	+	+	+	+
	PTFE	+ +	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

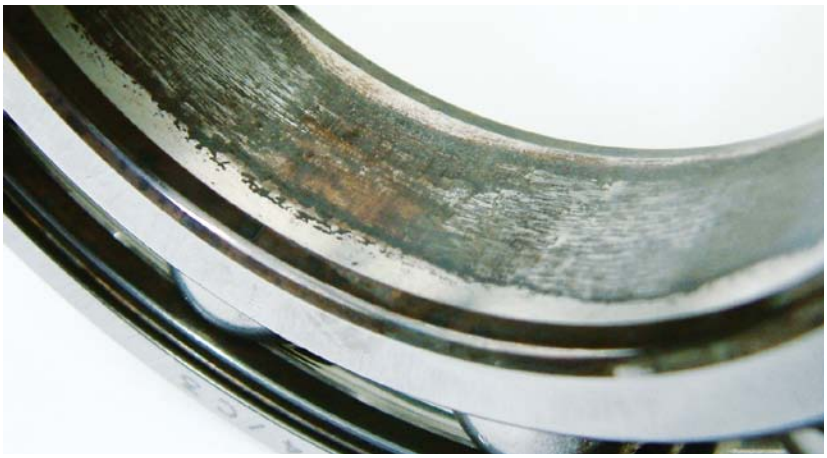
+ mischbar **+/– bedingt mischbar** **– nicht mischbar**
***) Die Mischbarkeit der Grundöle muss gewährleistet sein.**

Wälzlagermontage mit Pasten

Was ist Passungsrost oder Fretting Corrosion?

Passungsrost ist Eisenoxid, das entsteht, wenn zwei metallische Oberflächen unter hohem Druck gegeneinanderreiben. Er wird durch die Kombination von Korrosion und dem abrasiven Effekt von Korrosionsrückständen verstärkt. Solche Erscheinungen können besonders häufig bei sich gegeneinanderbewegenden oder vibrierenden Teilen beobachtet werden (z.B. Lagersitze). Die anschließende Verschleppung der abrasiven Partikel in das Lager und insbesondere in die Kontaktzonen des Lagers führt zu erhöhten Laufgeräuschen und häufig zu frühzeitigem Lagerausfall.

Passungsrost am Außenring



Passungsrost am Innenring

Vermeiden von Passungsrost

Montagepasten
Die einfachste Methode, Passungsrost langanhaltend zu verhindern, ist die Verwendung von Montagepasten. Hierbei werden die Oberflächen durch den Schmierstoff, der häufig Festschmierstoffe enthält, dauerhaft voneinander getrennt und so der Abrieb vermieden. Das Ergebnis ist ein lange funktionierendes Lager.

Weitere Maßnahmen gegen Passungsrostbildung im Überblick
- Durch Erhöhung der Oberflächenhärte wird der abrasive Verschleiß minimiert.
- Mit geeigneten Barrieren muss verhindert werden, dass der Passungsrost in das Lager wandert. Dies kann nur durch konstruktive Änderungen realisiert werden (Lagerdichtungen, Lagerdeckel, Sonderkonstruktionen).

	Klüberpaste ME 31-52	**Klüberpaste HEL 46-450**	**Klüberpaste UH1 84-201**
Anwendung	Klassische, bewährte Paste gegen Passungsrost für die Anwendung zur Ein- und Aufpressmontage von Wälzlagern	Hochtemperaturschmierpaste für Wälzlagermontage und formschlüssige Verbindungen. Oberhalb 200 °C (392 °F) geht der Schmierfilm in Trockenschmierung über	Zur Anwendung in der lebensmittelverarbeitenden und pharmazeutischen Industrie, bevorzugt in Kombination mit den vorgestellten Schmierfetten für den Lebensmittelbereich
Grundöl	Mineralöl	Esteröl/PAG	Synthetischer Kohlenwasserstoff
Verdicker/ Festschmierstoff	Kalziumkomplexseife/ anorganische Festschmierstoffe	Festschmierstoff	PTFE/Festschmierstoff
Farbe	weiß bis beige	schwarz	weiß
Struktur	homogen/kurzzügig	homogen/kurzzügig	homogen/langzügig
Gebrauchs-temperatur-bereich ca.	–15 bis 150 °C 5 bis 302 °F	–40 bis 1 000 °C –40 bis 1 832 °F	–45 bis 120 °C –49 bis 248 °F

Notizen

Herausgeber und Copyright:
Klüber Lubrication München KG

Nachdruck, auch auszugsweise, nur bei Quellenangabe und Zusendung eines Belegexemplars und nur nach Absprache mit Klüber Lubrication München KG gestattet.

Die Angaben in dieser Technischen Schrift basieren auf unseren allgemeinen Erfahrungen und Kenntnissen bei Drucklegung und sollen dem technisch erfahrenen Leser Hinweise für mögliche Anwendungen geben. Die Produktinformationen beinhalten jedoch keine Zusicherung von Eigenschaften und keine Garantie der Eignung des Produkts für den Einzelfall. Sie entbinden den Anwender nicht davon, die Anwendung des ausgewählten Produkts vorher im Versuch zu testen. Wir empfehlen ein individuelles Beratungsgespräch und stellen auf Wunsch und nach Möglichkeit auch gerne Proben für Tests zur Verfügung.

Produkte von Klüber Lubrication werden kontinuierlich weiterentwickelt. Deshalb behält sich Klüber Lubrication München KG das Recht vor, alle technischen Daten in dieser Druckschrift jederzeit und ohne Vorankündigung zu ändern.

Klüber Lubrication München KG
Geisenhausenerstraße 7
81379 München
Deutschland

Amtsgericht München
HRA 46624

www.klueber.com

Klüber Lubrication – your global specialist

Unsere Leidenschaft sind innovative tribologische Lösungen. Durch persönliche Betreuung und Beratung helfen wir unseren Kunden, erfolgreich zu sein – weltweit, in allen Industrien, in allen Märkten. Mit anspruchsvollen ingenieurtechnischen Konzepten und erfahrenen, kompetenten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern meistern wir seit über 80 Jahren die wachsenden Anforderungen an leistungsfähige und wirtschaftliche Spezialschmierstoffe.

Freudenberg

Ein Unternehmen der Freudenberg Gruppe