

your global specialist

## Das Geheimnis des Rundlaufs.

Tipps und Tricks zur Schmierung von Wälzlagern



Wälzlager-Schmierstoffe von Klüber Lubrication	3
Kriterien für die Auswahl von Lagerfetten	4
Berechnung der theoretischen Fettgebrauchsdauer $F_{10_q}$ von Spezi­alschmierfetten	10
Schmierfettapplikation für Wälzlager	12
Hochtemperaturfette	14
Tief­temperaturfette	18
Hochreine und geräuschoptimierte Fette	20
Hochgeschwindigkeitsfette und -öle	22
Spezi­alschmierfette für Schwerlastanwendungen	24
Spezi­alschmierfette für weitere Anwendungsgebiete	26
Fette für den Lebensmittelbereich	28
Elektrische Leitfähigkeit	30
Reinigung, Konservierung und Montage von Wälzlagern	32
Vermeiden Sie Passungsrost mit den richtigen Montagepasten	34

# Wälzlagerschmierstoffe von Klüber Lubrication

## Wachsende Anforderungen an Wälzlager und Schmierstoff

Trotz seines einfachen Aufbaus ist das Wälzlager ein hoch kompliziertes Maschinenelement. Die ständig steigenden Ansprüche an die Leistungsfähigkeit moderner Wälzlager richten sich zum großen Teil auch an den jeweiligen Schmierstoff. Längere Standzeiten, gestiegene Drehzahlen, höhere Betriebstemperaturen und ein geringerer Bauraum – jede Änderung des Anforderungsprofils hat auch Auswirkungen auf die Auswahl des passenden Schmierstoffs.

## Der Schmierstoff – von Anfang an mit dabei

Konstrukteure profitieren erheblich davon, wenn sie bei der Auslegung neuer Wälzlager den Schmierstoff von Anfang an mit berücksichtigen. Es müssen nicht nur die Leistungsanforderungen des Lagers erfüllt werden. Je nach Anwendung muss der Schmierstoff auch den spezifischen Rahmenbedingungen gerecht werden. Verträglichkeiten mit Dichtungswerkstoffen, die möglichen Wechselwirkungen mit Umgebungsmedien müssen überdacht, aber auch die gesetzlichen Anforderungen, die sich aus dem Chemikalienrecht ergeben, müssen erfüllt werden. Die Spezialisten von Klüber Lubrication wissen, dass ein Wälzlager immer nur so gut ist wie sein Schmierstoff. Zusammen mit Ihnen entwickelt Klüber Lubrication Wälzlagerschmierstoffe, die exakt auf den jeweiligen Anwendungsfall abgestimmt sind.

### Tribologie



Tribologie, die Reibungslehre, befasst sich mit der wissenschaftlichen Beschreibung von Reibung, Verschleiß und Schmierung. Sie ist heute eine interdisziplinäre Wissenschaft. Maschinenbau, Materialwissenschaften und Werkstofftechnik, aber auch Physik und Chemie arbeiten an der Erforschung des sogenannten Tribosystems, des Zusammenwirkens von in der Regel zwei Reibpartnern und einem Schmierstoff unter definierten Rahmenbedingungen.

## Kleine Investition mit großer Wirkung

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

## Your global specialist!

Wir sind, wo Sie sind. Unsere Spezialisten beraten Sie dort, wo Sie Beratung benötigen. Unabhängig davon, ob es um die Auswahl des richtigen Produkts oder um die Entwicklung einer auf Ihre Anforderungen zugeschnittenen Lösung geht. Und: „Made by Klüber Lubrication“ steht für einen weltweit identischen hohen Qualitätsstandard. Wir bieten Ihnen die gleiche Qualität, egal, ob unser Schmierstoff in Asien, Europa oder Amerika hergestellt wird.

## Heute schon an morgen gedacht!

Die Wahl eines Hochleistungsschmierstoffs in Zeiten eines wachsenden Umweltbewusstseins hilft, Wirkungsgrade zu erhöhen, Energie einzusparen und somit CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren. Die erzielbaren längeren Ölgebrauchsdauern bedeuten insgesamt weniger Schmierstoffverbrauch und weniger Altölanfall. Ressourcen werden geschont, Instandhaltungs- und Entsorgungskosten gesenkt.

## 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.

# Kriterien für die Auswahl von Lagerfetten

Immer häufiger steht der optimal auf die Anwendung abgestimmte Schmierstoff im Vordergrund. Die Vielfalt der zur Verfügung stehenden Schmierfette ist daher kaum noch 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 oder spezielle Einflüsse herrschen, sollten Sie allerdings immer mit den Fachleuten von Klüber Lubrication sprechen. Sie helfen Ihnen, mit dem passgenauen Schmierstoff das komplette Potenzial auszuschöpfen.

Für die Vorauswahl des passenden Schmierstoffs gilt es grundsätzlich, die folgenden Parameter zu analysieren beziehungsweise zu berechnen. Im Anschluss sollte die Auswahl unter Berücksichtigung anwendungsspezifischer Parameter weiter eingegrenzt und in Praxistests bestätigt werden.

## Tipp:

Je mehr uns über Ihre Anwendung bekannt ist, desto besser können wir den für Sie optimalen Schmierstoff aussuchen. Um alle relevanten Daten Ihrer Anwendung zu erfassen, stellen wir Ihnen unser Beratungsblatt „Wälzlager“ zur Verfügung. Sprechen Sie uns an.



Anmerkung:

C = dynamische Tragzahl in N

P = äquivalente dynamische Belastung in N



## Betriebstemperatur

Bei der Schmierung von Wälzlagern ist höchste Sorgfalt geboten. Im Wälzlager gibt es nicht nur einen reinen Rollwiderstand zwischen den Wälzkörpern und den Laufbahnen. In der Praxis finden je nach Lagertyp ein mehr oder weniger großes partielles Gleiten zwischen Wälzkörpern und Laufbahnen und ein Gleiten des Käfigs an den Wälzkörpern statt, wodurch der Schmierstoff gewalzt und verdrängt wird.

Die dadurch entstehende innere Reibung erwärmt das Lager in der Regel auf eine Betriebstemperatur von 35 bis 70 °C. Bedingt durch Temperatureinfluss von außen kann sie 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 bis +160 °C und mehr einstellen. In der Luftfahrt liegen die Anforderungen deutlich unterhalb von -40 °C, da

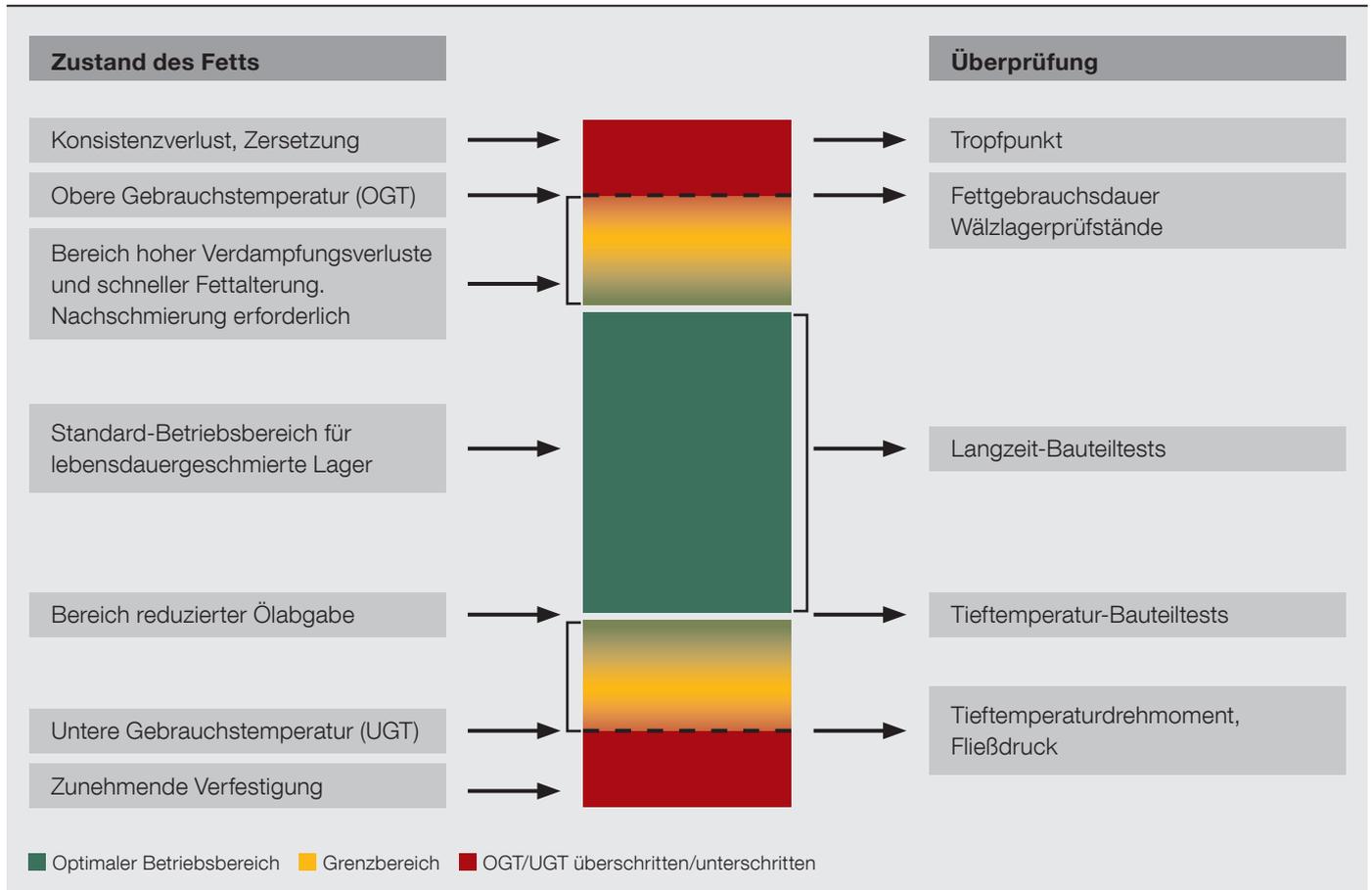
die Lager in großer Höhe häufig extremen Minustemperaturen ausgesetzt sind.

Bei Einbrennvorgängen im Lackierbereich können leicht 200 °C entstehen. Und je nach Anwendung können sogar noch extremere Werte auftreten. Darum sollte der angegebene Gebrauchstemperaturbereich des Schmierfetts in jedem Fall den geforderten Betriebstemperaturbereich des Lagers 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. Folgendes Diagramm zeigt die zu beachtenden Temperaturbereiche im Detail:

## Temperaturabhängige Fettzustände und zugehörige Prüfmethode



## Bestimmung der mindestens erforderlichen Grundölviskosität

Der Aufbau des Schmierfilms in einem sich drehenden Wälzlager erfolgt zum großen Teil durch das jeweilige Grundöl eines Fetts. Verdicker und Additive haben ebenfalls einen entsprechenden Anteil, der jedoch nicht berechenbar, sondern lediglich messbar ist und daher für die Standardberechnung der theoretischen Mindestviskosität des Grundöls nicht berücksichtigt werden kann.

Bestimmend für den Aufbau des Schmierfilms zwischen Wälzkörper und Laufbahn sind die Drehzahl und der mittlere Durchmesser  $d_m$  des Lagers sowie die Grundölviskosität des Schmierstoffs. Da die Viskosität eines Öls von der Temperatur abhängig ist, spielt diese für die Betrachtung ebenfalls eine Rolle.

Der optimale Betriebsbereich beginnt, wenn die Grundölviskosität gerade so groß ist, dass sich ein tragender Schmierfilm ausbildet, durch den sich die metallischen Oberflächen zu trennen beginnen. Dies ist der Bereich zwischen Misch- und Flüssigkeitsreibung und derjenige Betriebszustand, in dem die nominelle Lebensdauer des Lagers erreicht werden kann. Bei einer gegebenen Drehzahl  $n$  und einem mittleren Lagerdurchmesser  $d_m$  wird dieser Zustand bei der sogenannten Bezugsviskosität  $\nu_1$  erreicht.

### Sie kann gemäß DIN ISO 281 wie folgt errechnet werden:

$$\nu_1 = 45.000 \cdot n^{-0,83} \cdot d_m^{-0,5} \text{ für } n < 1.000 \text{ min}^{-1}$$

$$\nu_1 = 4.500 \cdot n^{-0,5} \cdot d_m^{-0,5} \text{ für } n > 1.000 \text{ min}^{-1}$$

wobei:

$n$  = Drehzahl [ $\text{min}^{-1}$ ]

$d_m$  = mittlerer Lagerdurchmesser [mm]

Die Betriebsviskosität, also die tatsächliche Viskosität des Grundöls bei Betriebstemperatur, kann entweder aus einschlägigen V/T-Diagrammen abgelesen oder durch geeignete Berechnungsmethoden ermittelt werden.

Für die Betrachtung der im Lager herrschenden Schmierfilmgüte setzt man die Betriebsviskosität bei Betriebstemperatur  $\nu$  zur Bezugsviskosität  $\nu_1$  ins Verhältnis und erhält so den dimensionslosen Wert  $\kappa$  (griechisch Kappa).

### Berechnung des $\kappa$ -Werts unter Berücksichtigung der Dichte $[\rho]$ des Grundöls:

$$\kappa = \frac{\nu}{\nu_1} \left( \frac{\rho}{0,89 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} \right)^{0,83}$$

### Prognose des Schmierzustands $\kappa$

- $\kappa < 1$ : Mischreibung, EP-/AW-Additivierung bzw. Festschmierstoffe erforderlich
- $\kappa = 1$ : beginnende Trennung der metallischen Oberflächen, nominelle Lagerlebensdauer [Ermüdungslebensdauer gemäß DIN ISO 281] wird erreicht
- $\kappa = 2-4$ : abnehmende Mischreibung, angestrebter Bereich mit tragendem Schmierfilm und niedriger innerer Reibung
- $\kappa > 4$ : Vollschmierung, Dauerfestigkeit, keine Ermüdungsschäden mehr zu erwarten, bei weiterem Anstieg in der Folge steigende innere Schmierstoffreibung mit Tendenz zur Eigenerwärmung

Neben der Möglichkeit einer Berechnung kann die erforderliche Mindestviskosität zum Beispiel auch durch die nachfolgenden Diagramme bestimmt werden.

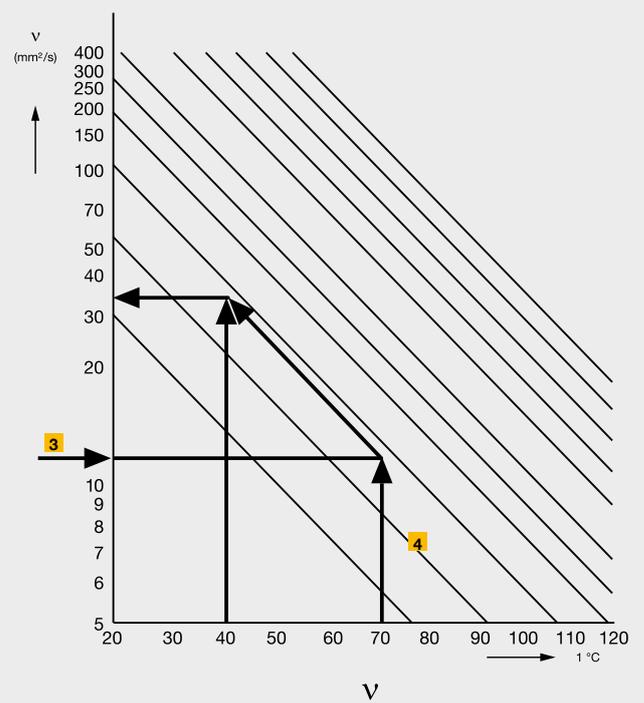
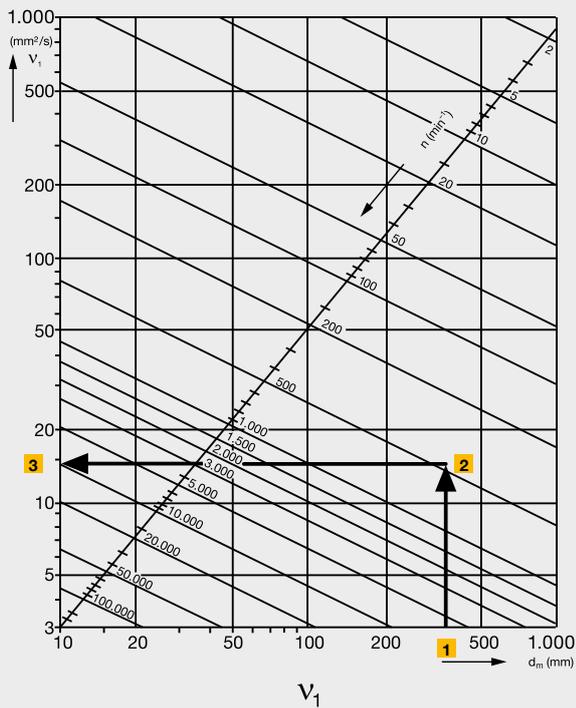
Über den mittleren Lagerdurchmesser  $d_m$  und die Drehzahl wird zunächst die Bezugsviskosität für  $\kappa = 1$  im linken Diagramm ermittelt. Dieser Wert wird anschließend im rechten Diagramm über der Betriebstemperatur eingetragen. Nun kann über das  $\nu$ -Diagramm die erforderliche Mindestgrundölviskosität des Schmierstoffs bei 40 °C und/oder bei 100 °C abgelesen werden. In der Regel ist es angebracht, ein Schmierfett mit einer höheren Grundölviskosität (Faktor 2 bis 4) auszuwählen, als für  $\kappa = 1$  notwendig wäre, um einen guten Schmierfilmaufbau zu erreichen.

#### Tipp:

Bei  $\kappa > 4$  kann es zu erhöhten Betriebstemperaturen wegen erhöhter innerer Reibung im Schmierstoff kommen. Dies kann zu einer vorzeitigen Alterung des Schmierstoffes führen.



### Bestimmung der Grundölviskosität für $\kappa = 1$



#### Legende

Bohrung: 340 mm

Außendurchmesser: 420 mm

**1** Mittlerer Lagerdurchmesser: 380 mm

**2** Drehzahl: 500 min<sup>-1</sup>

**3** Grundölviskosität bei der Betriebstemperatur: 14 mm<sup>2</sup>/s

**4** Betriebstemperatur: 70 °C

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

#### Hinweis:

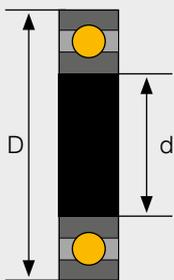
Angaben (gemäß GfT-Arbeitsblatt 3) gelten für Mineralöl.

## 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  $\text{min}^{-1}$ ) und dem mittleren Lagerdurchmesser  $d_m$  (in mm).

#### Bestimmung des Drehzahlkennwerts



$d$  = Innendurchmesser [mm]  
 $D$  = Außendurchmesser [mm]  
 $n$  = Drehzahl [ $\text{min}^{-1}$ ]

$$\frac{D + d}{2} \cdot n$$

= Drehzahlkennwert [ $n \cdot d_m$ ]

### 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. Für die Ermittlung von maximal zulässigen Drehzahlkennwerten existieren bis heute keine verbindlichen Prüfnormen. Neben der Erfahrung verwenden wir spezielle interne Prüfverfahren zur Einschätzung von Drehzahlkennwertbereichen von Schmierfetten.

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 Kontakt mit uns auf.

## 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:

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

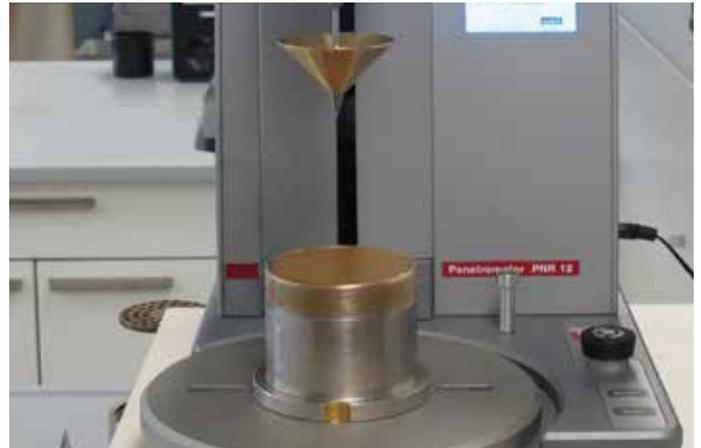
Quelle: in Anlehnung an GfT-Arbeitsblatt 3



## Konsistenz

Ein weiteres Auswahlkriterium stellt die Konsistenz eines Schmierfetts dar. Hierbei ist nicht nur die gewünschte Funktionalität des Fetts im Wälzkontakt ausschlaggebend. So spielt es zum Beispiel auch eine Rolle, ob es vorgesehen ist, das Fett mithilfe automatischer Dosier- oder Zentralschmieranlagen durch Leitungen zu pumpen. Ein zu festes Fett könnte hier zu Problemen führen.

Die Konsistenz eines Fetts wird durch eine genormte Messung bestimmt. Hierbei wird ein Fett in einem Walker mit 60 Doppelhüben geknetet. Anschließend lässt man einen genormten Konus durch sein Eigengewicht über eine definierte Zeit in die geglättete Oberfläche des Fetts eindringen. Die Eindringtiefe, die sogenannte Walkpenetration, wird in 0,1-mm-Einheiten angegeben. Um der Streuung dieser Methode gerecht zu werden, wurden die für Fette geltenden Konsistenzbereiche in Klassen unterteilt, die sogenannten NLGI\*-Klassen.



Messung der Walkpenetration nach DIN ISO 2137

NLGI-Klasse	0	1	2	3	4
Walkpenetration (1/10 mm)	385 ~ 355	340 ~ 310	295 ~ 265	250 ~ 220	205 ~ 175
Betriebsbedingungen	für Zentralschmierung, False-Brinell-Effekt, Schwingungsreibverschleiß	für Zentralschmierung bei Reibkorrosion, für niedrige Temperaturen	für allgemeine Anwendungen, für abgedichtete Lager	für hohe Temperaturen, für allgemeine Anwendungen, für abgedichtete Lager	für hohe Temperaturen, für Labyrinthdichtungen

## Weitere Auswahlkriterien

Die bisherigen Überlegungen berücksichtigen den Betriebstemperaturbereich, die benötigte Mindestgrundölviskosität, den Drehzahlkennwert, die Lasttragfähigkeit und die Konsistenz. Auf diese Weise versuchen wir, quasi ein erstes „Phantombild“ des benötigten Schmierstoffs zu skizzieren. Um ein möglichst genaues Bild des passenden Schmierstoffs zu zeichnen und die Vielfalt der zur Verfügung stehenden Konzepte so weit wie möglich zu reduzieren, müssen nun weitere anwendungsspezifische Einflüsse in Betracht gezogen werden. Neben dem Lagertyp selbst, der aufgrund seines Gleitreibungsanteils (Linien- oder Punktkontakt) mehr oder weniger Ölabscheidung benötigt, können zum Beispiel auch Umgebungsmedien, Kunststoff- und Elastomerverträglichkeiten, die Einbaulage, ein drehender Innen- oder Außenring, Schwingungen, Oszillation, vorgesehene Nachschmierintervalle und geforderte Fettlebensdauern —

kurz: eine unübersehbare Zahl weiterer Anforderungen — eine Rolle bei der Fettauswahl spielen.

Viel Erfahrung und eine genaue Kenntnis der Schmierstoffe und ihrer chemisch-physikalischen, aber auch der mechanisch-dynamischen Kennwerte sind nötig, um bei anspruchsvollen Anwendungen einen passgenauen Schmierstoff zu bestimmen.

Genau hier sehen wir bei Klüber Lubrication unsere Kernkompetenz. In intensiven Beratungsgesprächen erstellen wir gemeinsam mit Ihnen ein genaues Anforderungsprofil der Anwendung und übersetzen es in ein Schmierstoffkonzept. Nicht selten entstehen aus solchen Anfängen auch Produktneuentwicklungen. Mit unseren Kollegen der Chemischen Entwicklung und der Tribologie sind wir für Ihre zukünftigen Projekte bestens gerüstet. Bitte sprechen Sie uns an!

\* National Lubricating Grease Institute

# Berechnung der theoretischen Fettgebrauchsdauer $F_{10q}$ von Spezialschmierfetten

In der Regel wird die Lebensdauer eines Wälzlagers durch die Lebensdauer des Schmierfetts begrenzt. Es ist daher notwendig, die theoretische Fettgebrauchsdauer des Schmierstoffs unter den gegebenen Betriebsbedingungen zu kennen.

Schmierfette unterliegen in der Anwendung einem Alterungsprozess, dessen Geschwindigkeit und Verlauf von einer ganzen Reihe von Einflussgrößen abhängen. Die wichtigste ist die Temperatur, da sie sich massiv auf den Grad der Oxidation, die Aktivierung und den Abbau von Additiven sowie auf die Verdampfungsrates des Grundöls auswirkt. Weitere wichtige Faktoren sind unter anderen die Fettmenge und -verteilung, die Bauart des Lagers und die Betriebsbedingungen.

Im Folgenden stellen wir Ihnen die Methode der theoretischen Fettgebrauchsdauerberechnung vor. Das Grundprinzip ist relativ einfach: Ein Schmierfett wird auf einer genormten/spezifizierten Prüfmaschine (FE9 beziehungsweise RÖF) bei der oberen Gebrauchstemperatur des Fetts und ansonsten unter konstanten Bedingungen bis zum Ausfall des Lagers getestet. Die Prüfparameter sind dabei so gewählt, dass der primäre Ausfallmechanismus im Fettversagen liegt. Die Zeit bis zum Ausfall wird durch eine Weibullauswertung bestimmt und als  $F_{10}^{-1}$ -Wert dargestellt.

Auf dieser Basis kann mithilfe von geeigneten Minderungs- beziehungsweise Erweiterungsfaktoren der spezifische Betriebszustand der Anwendung berücksichtigt und die voraussichtliche  $F_{10}$ -Lebensdauer berechnet werden.

Mit folgenden Schritten können Sie die Fettgebrauchsdauer abschätzen:

## 1. Schritt: Temperatur [ $F_{10}$ ]

Die Reaktionsgeschwindigkeit einer chemischen Reaktion wird bekanntlich von der Temperatur beeinflusst. Dieser Zusammenhang ist auch als „RGT-Regel“ (Reaktionsgeschwindigkeit-Temperatur-Regel) bekannt. Das bedeutet, dass man bei einer Temperaturerhöhung im Bereich zwischen circa 10 und 20 Kelvin (K) eine Verdoppelung der Reaktionsgeschwindigkeit und somit der thermischen Fettalterung beobachten kann.

Aus diesem Zusammenhang leitet sich die 15-K-Regel für die hier beschriebene Berechnungsmethodik ab.

Der bei der oberen Gebrauchstemperatur ermittelte Lebensdauerwert  $F_{10}$  wird auf die Betriebstemperatur der Anwendung heruntergerechnet, indem man die Lebensdauer pro Absenkung der Temperatur um 15 K verdoppelt. Die Untergrenze der 15-K-Regel liegt bei etwa 60 bis 70 °C.

Laufzeiten für Zwischentemperaturen können durch folgende Gleichung ermittelt werden:

$$t = t_0 \times 2^{\left(\frac{T_0 - T}{15}\right)}$$

wobei:

$t$  = gesuchte Laufzeit [h]

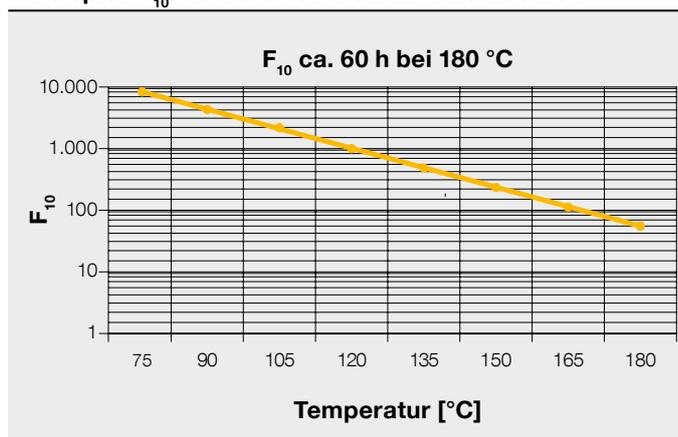
$t_0$  = Laufzeit des Prüflaufs bei oberer Gebrauchstemperatur des Fetts [h]

$T$  = Temperatur, für die die Laufzeit gesucht wird [°C]

$T_0$  = Temperatur des Prüflaufs [°C]

Folgendes Diagramm zeigt beispielhaft die Anwendung der 15-K-Regel. Pro 15-K-Reduktion der Temperatur verdoppelt sich die Fettgebrauchsdauer. Der bei 180 °C gemessene  $F_{10}$ -Wert von circa 60 h liegt bei 120 °C theoretisch schon bei circa 1.000 h.

### Beispiel: $F_{10}$ -Kurve für ein Fett mit FE9-Laufzeit



<sup>1</sup> Um Verwechslungen mit der üblicherweise mit „ $L_{10}$ “ bezeichneten Ermüdungslebensdauer von Wälzlager zu vermeiden, haben wir uns entschieden, die Fettgebrauchsdauer mit „ $F_{10}$ “ zu bezeichnen. Als  $F_{10q}$  wird der durch weitere Berechnung qualifizierte  $F_{10}$  Wert bezeichnet.



## 2. Schritt: Drehzahlkennwert [ $K_n$ ]

Der mittlere Durchmesser  $d_m$  eines Lagers multipliziert mit der Drehzahl  $n$  ergibt den Drehzahlkennwert [ $n \cdot d_m$ ] einer Anwendung. Der Drehzahlkennwert ermöglicht es, zwei unterschiedlich große Lager hinsichtlich der Geschwindigkeit zu vergleichen. Da sich ein relativ höherer Drehzahlkennwert negativ auf die Fettgebrauchsdauer auswirkt, kann dieser Einfluss durch einen geeigneten Faktor  $K_n$  mit in die Berechnung einfließen:

$$K_n = n \cdot d_m \text{ (Prüfmaschine)} / n \cdot d_m \text{ (Anwendung)}$$

wobei:

$n$  = Drehzahl [ $\text{min}^{-1}$ ]

$d_m = (d + D)/2$  [mm]

$d$  = innerer Lagerdurchmesser [mm]

$D$  = äußerer Lagerdurchmesser [mm]

Aufgrund unserer Felderfahrung empfehlen wir, den Faktor  $K_n$  minimal auf 0,5 und maximal auf 4 zu begrenzen, um den Einfluss dieses Faktors in einem realistischen Rahmen zu halten.

## 3. Schritt: Lagertype [ $K_B$ ]

Per Definition herrscht in einem Wälzlager überwiegend Rollreibung vor, allerdings stets begleitet durch einen gewissen Anteil an Gleitreibung, die durch die Lagergeometrie, Punkt- oder Linienkontakt, Reibung zwischen Wälzkörpern und Käfig beziehungsweise zwischen Wälzkörpern und Lagerringen unterschiedlich groß sein kann. Allgemein kann man davon ausgehen, dass steigende Gleitreibung sich wegen der erhöhten Scherung des Fetts negativ auf die Fettgebrauchsdauer auswirkt. Daher ist auch die Lagertype bei der Berechnung der theoretischen Fettgebrauchsdauer zu berücksichtigen. Die Gesellschaft für Tribologie (GfT) hat in ihrem Arbeitsblatt 3 die empirisch bestimmten Minderungsfaktoren  $K_f$  veröffentlicht.

Um den Berechnungsfaktor  $K_B$  für die theoretische Fettgebrauchsdauer zu ermitteln, setzt man den Faktor  $K_f$  des Prüflagers zum Faktor  $K_f$  des Lagers der Anwendung ins Verhältnis:

$$K_B = K_f \text{ (Prüflager)} / K_f \text{ (Anwendung)}$$

Lagerbauart	$K_f$
Rillenkugellager einreihig	0,9 bis 1,1
Rillenkugellager zweireihig	1,5
Schräggugellager einreihig	1,6
Schräggugellager zweireihig	2
Spindellager $\alpha = 15^\circ$	0,75
Spindellager $\alpha = 25^\circ$	0,9
Vierpunktlager	1,6
Pendelkugellager	1,3 bis 1,6
Axial-Rillenkugellager	5 bis 6
Axial-Schräggugellager zweireihig	1,4
Zylinderrollenlager einreihig	3 bis 3,5
Zylinderrollenlager zweireihig	3,5
Zylinderrollenlager vollrollig	25
Axial-Zylinderrollenlager	90
Nadellager	3,5
Kegelrollenlager	4
Tonnenlager	10
Pendelrollenlager ohne Bord „E“	7 bis 9
Pendelrollenlager mit Mittelbord	9 bis 12

Quelle: GfT-Arbeitsblatt 3

# Schmierfettapplikation für Wälzlager

## 4. Schritt: Korrekturfaktoren

Durch die Verwendung von Korrekturfaktoren lässt sich die Berechnung weiter präzisieren. Die Werte können der folgenden Übersicht entnommen werden.

Um nun die Berechnung durchzuführen und die theoretische Fettgebrauchsdauer  $F_{10q}$  zu bestimmen, werden die ermittelten Werte von Schritt 1 bis 4 in folgende Formel eingesetzt:

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

Gern führen wir die Berechnung mit unserer internen Berechnungssoftware auch für Ihre Anwendung durch. Bitte setzen Sie sich mit Ihrem Klüber Lubrication Beratungsingenieur in Verbindung!

Korrekturfaktoren	Klassifizierung	Wert
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 $0,4$
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 $0,4$
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 $0,1$
Einfluss von Luftströmungen durch das Lager	geringe Strömung	$F_4 = 0,5$ bis $0,7$
	starke Strömung	$F_4 = 0,1$ bis $0,5$
Drehender Außenring	stark	$F_5 = 0,5$
Vertikale Welle	je nach Abdichtung	$F_6 = 0,5$ bis $0,7$
Spielen die Einflussfaktoren 1 bis 6 keine Rolle, dann sind sie jeweils auf den Wert 1 zu setzen		

Quelle: GfT-Arbeitsblatt 3

## Thermische Alterung des Fetts in einem Wälzlager



Mit Anlauf des Lagers verteilt sich das Fett. Je nach Fetttyp und -menge füllen sich Depoträume, und das Fett wird teilweise im Lager weitertransportiert und gewalzt. Scherungskräfte und Temperaturanstieg sorgen dafür, dass Grundöl abgegeben wird und die Oberflächen benetzt: Es entsteht ein Zustand optimaler Schmierung. In der Folge werden durch die thermische und mechanische Beanspruchung Additive aktiviert und sukzessive verbraucht. Verdicker und Grundöl beginnen zu altern.

Die mechanische und chemische Zersetzung des Fetts reduzieren mit der Zeit sein Schmiervermögen, Mangelschmierung setzt ein. Im weiteren Verlauf steigt der Verschleiß, der Schmierstoff dickt ein und führt zu noch höherer Reibung und damit zum Anstieg der Temperatur im Lager. Die höhere Temperatur beschleunigt wiederum den Alterungsprozess. Dies führt letztlich zum Ausfall des Lagers.



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

Je nach Anwendung und Einbausituation wird bei der Fettschmierung zwischen lebensdauergeschmierten Wälzlagern und Wälzlagern, bei denen eine Nachschmierung erforderlich ist (Verlustschmierung), unterschieden.

### Lebensdauergeschmierte Wälzlager

Je nach Lagertyp, Lagergröße und späterem Anwendungsbereich wird beim Wälzlager-OEM (Original Equipment Manufacturer) für die Erstbefüllung ein erheblicher Kostenaufwand betrieben – für geräuscharme Wälzlager, hochpräzise Wälzlager oder schnellaufende Spindellager. Hierfür haben die Wälzlager-OEMs ihre eigenen Erfahrungen gesammelt und Applikationstechniken entwickelt – meist mit dem Ergebnis, dass das Fett über Zentralschmieranlagen 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.

### Ermittlung der Fettfüllmenge

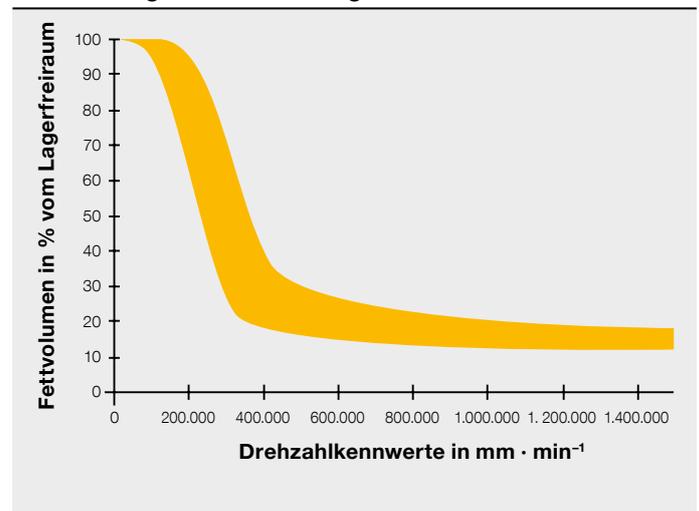
Bei gedeckelten oder gedichteten Lagern kann es bei einer Überschmierung leicht zu übermäßiger Eigenerwärmung kommen, was sich sehr ungünstig auf die Lebensdauer eines Wälzlagers auswirkt. Daher ist es wichtig, die optimale Schmiermenge möglichst genau zu bestimmen. Neben der Art des Lagers und seiner konstruktiven Auslegung sowie den herrschenden Umwelt- und Medieneinflüssen spielt in diesem Zusammenhang der zu erwartende Drehzahlkennwert eine wichtige Rolle.

Im mittleren Drehzahlbereich liegt der angestrebte Fettfüllgrad meist bei 25 bis 35 % des Lagerfreiraums.

Allgemein gilt, dass der Fettfüllgrad steigt, je geringer der Drehzahlkennwert ausfällt und umgekehrt.

Folgende Grafik veranschaulicht den Zusammenhang zwischen Füllgrad und Drehzahlkennwert:

### Ermittlung der Fettfüllmenge



Der gelbe Bereich gibt das Füllvolumen in Abhängigkeit vom Drehzahlkennwert an

Die Bestimmung von Nachschmiermengen und Schmierintervallen im Falle einer Verlustschmierung sowie die Auswahl des geeigneten Schmierverfahrens sind sehr komplexe Themen, denn hierbei können zusätzlich noch zahlreiche Einflussfaktoren, beispielsweise die Verträglichkeit und Mischbarkeit von unterschiedlichen Schmierstoffen zueinander, eine Rolle spielen. Gern unterstützen wir Sie mit passenden Informationen für Ihre spezifische Situation. Bitte sprechen Sie uns bei Bedarf an.

# Hochtemperaturfette

Hochtemperaturfette von Klüber Lubrication sind aus thermisch stabilen, leistungsstarken Grundölen hergestellt, bevorzugt aus Syntheseölen mit synthetischen Konsistenzgebern oder anorganischen Verdickern. Die maximal erreichbaren oberen Gebrauchstemperaturen der Hochtemperaturfette von Klüber Lubrication liegen heute bei circa 300 °C. Für eine Lebensdauerschmierung empfehlen wir allerdings, den oberen Gebrauchstemperaturbereich deutlich zu unterschreiten, damit die gewünschten Laufzeiten erreicht werden können.

**BARRIERTA KM 192** ist ein auf Perfluorpolyether-Grundöl und PTFE-Verdicker basierendes Schmierfett. Dieses Fettkonzept ist seit Jahren bewährt für Hochtemperaturanwendungen bis 260 °C. Bei diesem Fettkonzept ist zu beachten, dass die Lager vor Befettung frei von jeglichen Verschmutzungen sind, da diese die Haftung des Schmierfetts deutlich beeinträchtigen würden.

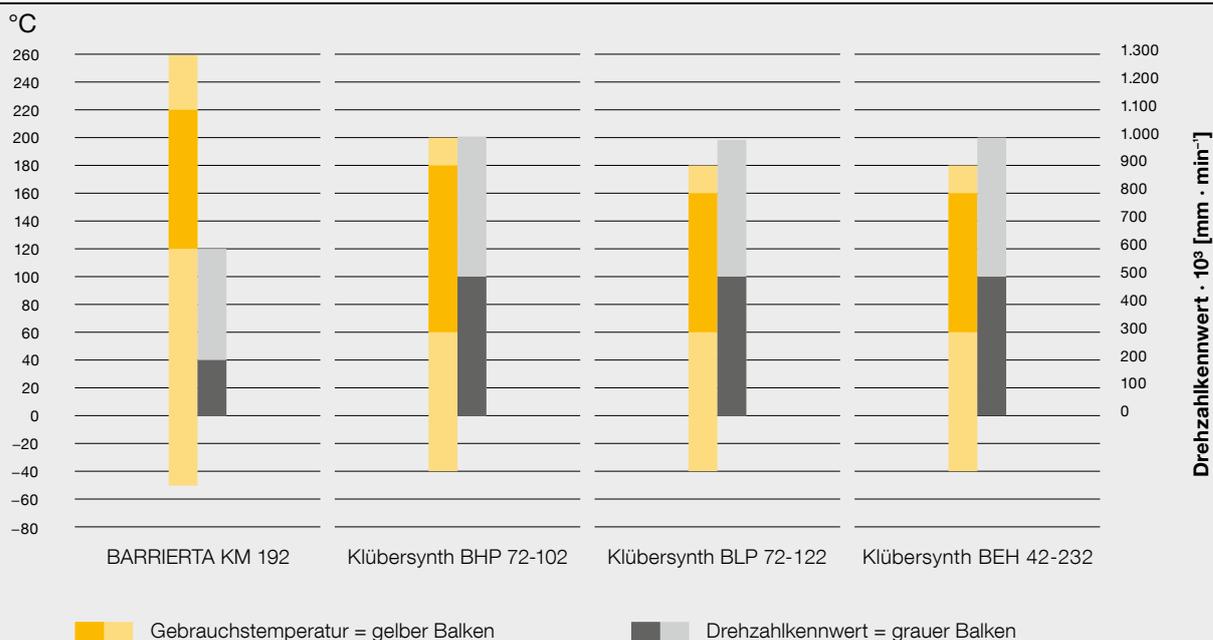
**Klübersynth BHP 72-102** gehört zu einer neuen Generation von Hybrid-Schmierstoffen. Diese Fette decken einen weiten Gebrauchstemperaturbereich ab. Klübersynth BHP 72-102 basiert auf Esteröl und PFPE-Öl. Als Konsistenzgeber wird ein Polyharnstoff und PTFE verwendet.

**Klübersynth BLP 72-122** basiert auf synthetischem Esteröl und einem speziellen 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 und drehendem Außenring. Bei diesem Konzept wurde speziell auf eine gute Elastomerverträglichkeit mit ACM-Dichtungsmaterial geachtet.

**Klübersynth BEH 42-232** ist ein neuartiges lithiumverdicktes Hochtemperaturfett, das Temperaturen von bis zu 180 °C standhält. Mit Klübersynth BEH 42-232 Fett hat Klüber Lubrication die bisherige Temperaturgrenze für Rollenlagerfette wesentlich nach oben verschoben. Es ist eine gute Wahl für alle Anwendungen, in denen Rollenlager bei extremen Temperaturen und hohen Lasten eine lange Lebensdauer zeigen müssen.

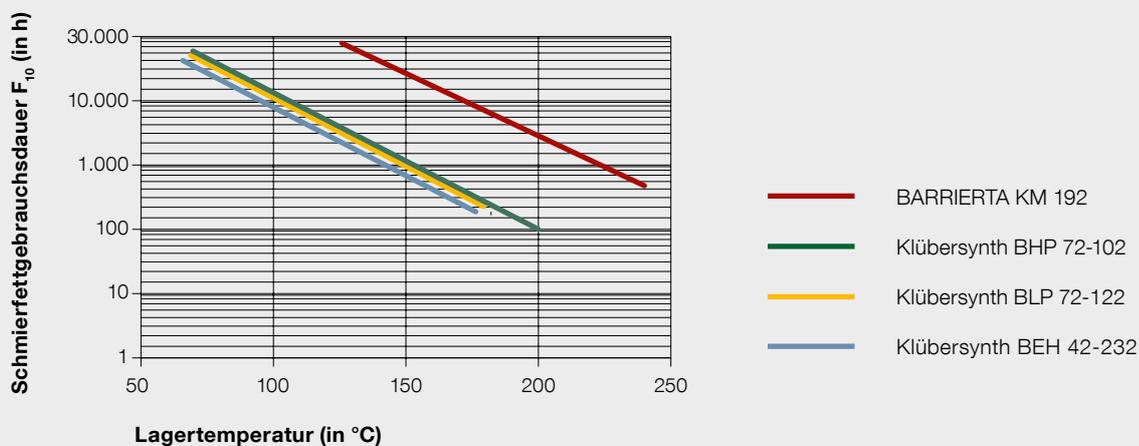


### Gebrauchstemperatur und Drehzahlkennwert



Die dunklere Schattierung stellt den optimalen Anwendungsbereich dar

### Schmierfettgebrauchsdauer in Abhängigkeit von der Temperatur



Ergebnisse von Fettgebrauchsdauerberechnungen > 30.000 h gelten allgemein als nicht mehr hinreichend aussagekräftig; Werte basieren auf FE9-Testergebnissen nach DIN 51821

# Hochtemperaturfette

Obere Gebrauchstemperatur [°C]	Untere Gebrauchstemperatur [°C]	Drehzahlkennwert $n \cdot d_m$ [mm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ] ca.	Grundöl-Viskosität DIN 51562 [mm <sup>2</sup> /s] bei 40 °C ca.	Grundöl-Viskosität DIN 51562 [mm <sup>2</sup> /s] bei 100 °C ca.	Walkpenetration DIN ISO 2137 [0,1 mm]	Grundöl	Verdicker
260	-50	600.000	190	34	265 bis 295	PFPE	PTFE
260	-40	300.000	420	40	265 bis 295	PFPE	PTFE
200	-50	1.000.000	110	27	265 bis 295	PFPE	PTFE
200	-40	1.000.000	130 <sup>1)</sup>	20 <sup>1)</sup>	240 bis 270	PFPE, Esteröl	PTFE, Polyharnstoff
200	-40	500.000	400	40	280 bis 310	Synthetischer Kohlenwasserstoff	Polyharnstoff
180	-30	1.000.000	55	8,8	280 bis 310	Esteröl	Polyharnstoff
180	-40	1.000.000	80	11	250 bis 280	Esteröl	Polyharnstoff
180	-40	1.000.000	80	11	280 bis 310	Esteröl	Polyharnstoff
180	-40	1.000.000	130	17	280 bis 310	Esteröl, synthetischer Kohlenwasserstoff	Polyharnstoff
180	-40	600.000	100	22,5	265 bis 295	Esteröl, Etheröl	Lithiumspezielseife
180	-40	700.000	95	14	265 bis 295	Esteröl	Polyharnstoff

<sup>1)</sup> Grundölviskosität rechnerisch ermittelt, da Grundöle nicht mischbar sind



Produkt	Beschreibung/Anwendungsbeispiele
BARRIERTA KM 192	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weiter Gebrauchstemperaturbereich</li> <li>- Sehr guter Korrosionsschutz</li> <li>- Hohe Lebensdauererwartung unter stark wechselnden Betriebstemperaturen</li> </ul>
BARRIERTA L 55/2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Das Langzeitfett für temperaturbelastete Wälzlager</li> <li>- Sehr gute Laufzeitstabilität und Korrosionsschutzmerkmale</li> <li>- Von einer Vielzahl von Herstellern freigegeben und empfohlen</li> <li>- Für die Verwendung in der Lebensmittelindustrie nach NSF H1 geprüft und gelistet</li> </ul>
Klüberalfa BF 83-102	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Für hohe Dauertemperaturen und Drehzahlen</li> <li>- In Prüfstandsversuchen wurden Drehzahlkennwerte von über 1 Mio. mm · min<sup>-1</sup> realisiert</li> </ul>
Klübersynth BHP 72-102	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hybridfett-Formulierung zur Langzeitschmierung</li> <li>- Auch in wässrig-korrosiver Umgebung oder bei Vibrationen</li> </ul>
Klübersynth HB 74-401	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zur Langzeitschmierung über einen weiten Temperaturbereich</li> <li>- Guter Verschleiß- und Korrosionsschutz</li> <li>- Bevorzugt für Wälz- und Gleitlager unter hoher Last, z. B. in der Stahl-, Zement- und Papierindustrie</li> </ul>
Klübersynth HB 72-52	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zu Langzeitschmierung von EPDM-Materialien</li> <li>- Für Anwendungen wie Kfz-ABS-Elektromotorenlager</li> </ul>
Klübersynth BEP 72-82	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Überdurchschnittlicher Korrosionsschutz und ausgewählter Verschleißschutz</li> <li>- Für Anwendungen im Kfz, z. B. Pulley, Generator, Kupplungsausrücklager, Lüfterlager, Scheibenwischermotor, Drive-by-Wire-Systeme</li> </ul>
Klübersynth BQP 72-82	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Überdurchschnittlicher Korrosionsschutz und ausgewählter Verschleißschutz</li> <li>- Für geräuschsensible Anwendungen sowohl im Automotive- als auch im E-Motoren-Bereich</li> </ul>
Klübersynth BLP 72-122	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lebensdauer geschmierte Wälzlager im Automotive-Bereich</li> <li>- Motoranbau-Anwendungen wie Bandspannrollenlager</li> <li>- Sehr gute ACM-Verträglichkeit</li> </ul>
Klübersynth BEH 42-232	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zur Schmierung von hoch belasteten Rollenlagern</li> <li>- Für hohe Dauertemperaturen in einem weiten Drehzahlbereich</li> <li>- Deckt einen weiten Temperaturbereich ab</li> </ul>
Klübersynth HB 72-102	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zur Langzeitschmierung mit weitem Gebrauchstemperaturbereich</li> <li>- Sehr guter Korrosionsschutz</li> <li>- Anwendungen sind z. B. Pkw-Kupplungsausrücklager</li> </ul>

# Tieftemperaturfette

Schmierfette mit relativ geringer Konsistenzzunahme bei Minustemperaturen haben ein gutes Tieftemperaturverhalten. Grundöle der Wahl sind etwa synthetische Ester, PFPE und Polyalphaolefine – 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 verlangt, wobei der Betriebspunkt eines Aggregats bei zum Beispiel +100 °C liegt.

Fette, deren unterer Gebrauchstemperaturbereich deutlich unter –40 °C liegt, sind beispielsweise ISOFLEX PDL 300 A, BARRIERTA KL 092 sowie Klübersynth BR 46-32 und Klübersynth BR 46-32 F.

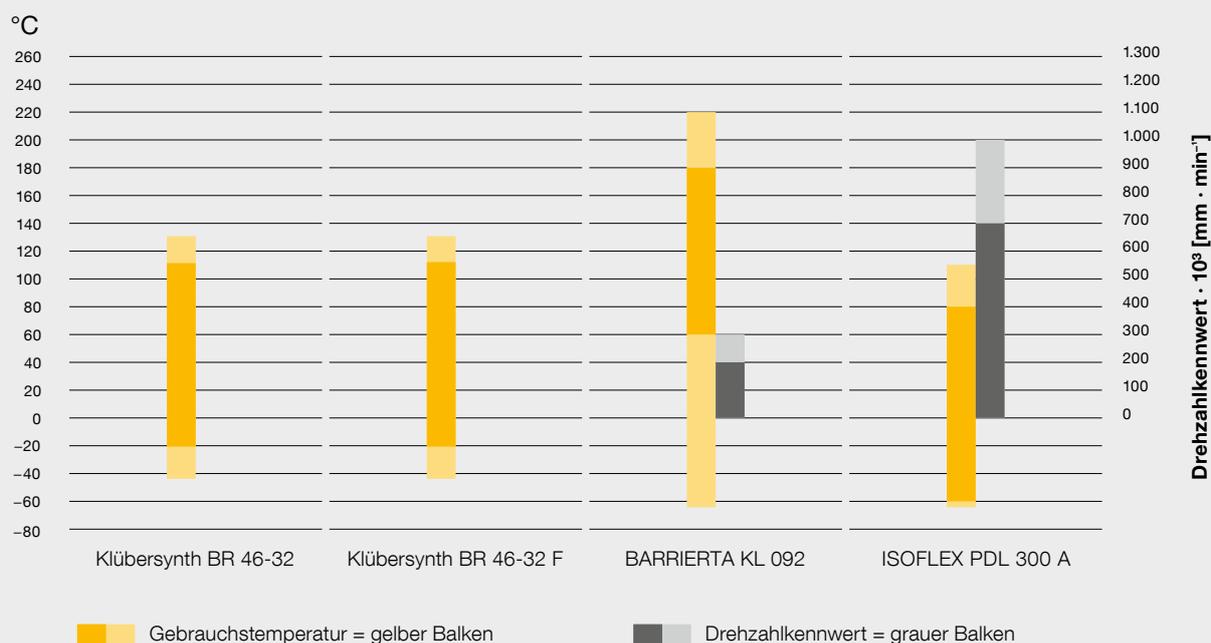
Bei BARRIERTA KL 092 und ISOFLEX PDL 300 A handelt es sich um Schmierfette mit einem Schwerpunkt auf Tieftemperaturanwendungen. Bei der Abschätzung der Schmierfettgebrauchsdauer beraten unsere technischen Experten Sie gern.

Klübersynth BR 46-32 und Klübersynth BR 46-32 F sind speziell für Kugelgewindespindeln und Wälzlager entwickelte Fette, wobei der Unterschied in der Verwendung eines speziellen Festschmierstoffs bei Klübersynth BR 46-32 F liegt. Der Festschmierstoff erhöht die Lasttragfähigkeit des Fetts und reduziert gleichzeitig den Verschleiß. Aufgrund der EPDM-Verträglichkeit beider Fette werden diese beiden Konzepte in verschiedenen Bremsenanwendungen in der Automobilindustrie verwendet. Für die Anwendung in Wälzlagern empfehlen wir, zunächst die Variante ohne Festschmierstoffe zu testen. Die Angabe des Drehzahlkennwerts ist für diese Fettkonzepte nicht vorgesehen. Die Eignung muss vorab für die jeweilige Anwendung geprüft werden.

Obere Gebrauchstemperatur [°C]	Untere Gebrauchstemperatur [°C]	Drehzahlkennwert $n \cdot d_m$ [mm · min <sup>-1</sup> ] ca.	Grundöl-Viskosität DIN 51562 [mm <sup>2</sup> /s] bei 40 °C ca.	Grundöl-Viskosität DIN 51562 [mm <sup>2</sup> /s] bei 100 °C ca.	Walkpenetration DIN ISO 2137 [0,1 mm] ca.	Grundöl	Verdicker
180	–80	k.A.	40	11	310 bis 330	PFPE	PTFE
110	–70	1.000.000	9	2,6	280 bis 320	Esteröl	Lithiumseife
220	–65	300.000	90	25	265 bis 295	PFPE	PTFE
130	–45	k.A.	29	6	265 bis 295	Esteröl, PAG	Lithiumseife
130	–45	k.A.	29	6	265 bis 295	Esteröl, PAG	Lithiumseife, Festschmierstoff



## Gebrauchstemperatur und Drehzahlkennwert

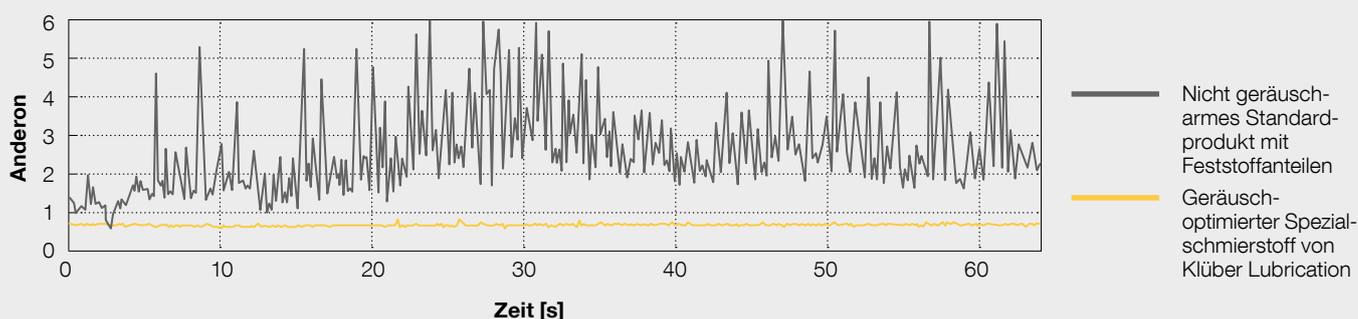


Die dunklere Schattierung stellt den optimalen Anwendungsbereich dar

Produkt	Beschreibung/Anwendungsbeispiele
Klübertemp LB 83-41	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Für Wälzlager im Automobilbereich mit besonders niedrigem Reibmoment</li> <li>– Für Anwendungen mit einem weiten Betriebstemperaturbereich</li> </ul>
ISOFLEX PDL 300 A	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hochleistungsfett für Wälzlager bei tiefen Temperaturen und/oder niedrigen Reibmomenten</li> </ul>
BARRIERTA KL 092	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tief- und Hochtemperaturfett für geringe Laufmomente bei tiefen Temperaturen mit überzeugender Langzeitstabilität unter hohen Medien- und Temperaturbelastungen</li> </ul>
Klübersynth BR 46-32	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Spezierschmierfett für Anwendungen in lebensdauer geschmierten Wälzlagern sowie für Wälzlager und Kugelgewindespindeln vornehmlich im Automobilbereich mit Fokus auf Kupplungs- und Bremsaktuatoren und ähnliche Anforderungsprofile</li> <li>– Abgestimmt auf geringe Anlaufdrehmomente bei tiefen Temperaturen sowie gleichzeitig guter EPDM-Verträglichkeit</li> </ul>
Klübersynth BR 46-32 F	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Spezierschmierfett für Anwendungen in lebensdauer geschmierten Wälzlagern und Kugelgewindespindeln vornehmlich im Automobilbereich mit Fokus auf Kupplungs- und Bremsaktuatoren und ähnliche Anforderungsprofile</li> <li>– Aufgrund der speziellen Festschmierstoffkomponente ist dieses Fett im Vergleich zu Klübersynth BR 46-32 verschleißschutzoptimiert und mit einer höheren Lasttragfähigkeit ausgestattet</li> <li>– Abgestimmt auf geringe Anlaufdrehmomente bei tiefen Temperaturen sowie gleichzeitig guter EPDM-Verträglichkeit</li> </ul>

# Hochreine und geräuschoptimierte Fette

## Anschauungsbeispiel: Körperschallmessung mittels Anderonmeter



Geräuschspezifikation von Schmierfetten wird mittels Körperschallmessung in Wälzlagern ermittelt

Diese Schmierfette werden verwendet, wenn das Laufgeräusch des Lagers reduziert werden soll. Besonders hohe Anforderungen stellen hier Anwendungen in der Unterhaltungselektronik und der Computertechnik. Auch in der Automobilindustrie steigen die Anforderungen hinsichtlich des Geräuschverhaltens zahlreicher Komponenten. Geräuscharme Schmierfette zeichnen sich darüber hinaus durch einen hohen Reinheitsgrad aus, was sich wiederum sehr positiv auf die Lebensdauer von Wälzlagern auswirkt.

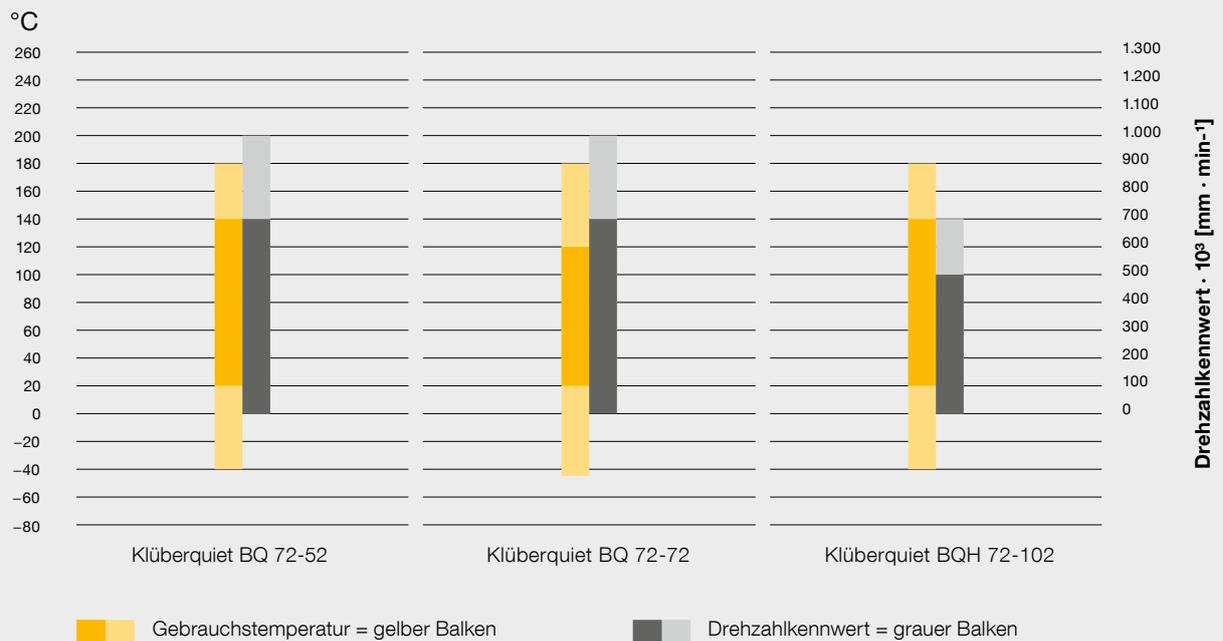
### Einflussfaktoren für die Geräuschbildung im Wälzlager

Das Geräuschverhalten eines Wälzlagers wird sowohl von dem eingesetzten Schmierstoff als auch von den spezifischen Besonderheiten der Anwendung und des Lagerdesigns beeinflusst. Typische schmierstoffspezifische Einflussgrößen sind beispielsweise Verdicker, Additive, Fettmenge und Fettverteilung. Aufseiten des Wälzlagers spielen unter anderem Oberflächenrauheiten, Käfigart und -material, Lagergeometrie und andere Faktoren eine Rolle.

Obere Gebrauchstemperatur [°C]	Untere Gebrauchstemperatur [°C]	Drehzahlkennwert $n \cdot d_m$ [mm · min <sup>-1</sup> ] ca.	Grundöl-Viskosität [mm <sup>2</sup> /s] bei 40 °C ca.	Grundöl-Viskosität [mm <sup>2</sup> /s] bei 100 °C ca.	Walkpenetration [0,1 mm] ca.	Grundöl	Verdicker
180	-40	700.000	100	11	250 bis 280	Esteröl	Polyharnstoff
180	-45	1.000.000	72	9,5	250 bis 280	Esteröl	Polyharnstoff
180	-40	1.000.000	55	9	240 bis 270	Synthetischer Kohlenwasserstoff, Esteröl	Polyharnstoff
160	-40	2.000.000	70	10	220 bis 250	Synthetischer Kohlenwasserstoff, Esteröl	Polyharnstoff
140	-50	1.000.000	25	5	265 bis 295	Synthetischer Kohlenwasserstoff, Esteröl	Lithiumseife



## Gebrauchstemperatur und Drehzahlkennwert



Die dunklere Schattierung stellt den optimalen Anwendungsbereich dar

Produkt	Beschreibung/Anwendungsbeispiele
Klüberquiet BQH 72-102	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zur Langzeit- und Lebensdauerschmierung bei hohen Temperaturen</li> <li>– Für beidseitig abgedichtete und gedeckelte Wälzlager</li> <li>– Anwendungen sind Elektromotoren, Kfz-Radiatorgebläse und viele andere mehr</li> </ul>
Klüberquiet BQ 72-72	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zur Langzeit- und Lebensdauerschmierung bei tiefen und hohen Temperaturen</li> <li>– Für beidseitig abgedichtete und gedeckelte Wälzlager mit niedrigem Reibmoment</li> <li>– Anwendungen sind z. B. Elektromotoren, Lüfter, Klimaanlage, Festplatten</li> </ul>
Klüberquiet BQ 72-52	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zur Langzeit- und Lebensdauerschmierung bei hohen Temperaturen</li> <li>– Energieeinsparung aufgrund niedriger Start- und Laufdrehmomente</li> <li>– Für geräuscharme Elektromotoren, Lüfterlager im Automobil- und Industriebereich sowie für Anwendungen mit hohen Drehzahlenforderungen</li> </ul>
Klüberquiet BQ 74-73 N	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zur Lebensdauerschmierung</li> <li>– Bei hohen Drehzahlen und vertikaler Einbaulage und/oder drehendem Außenring</li> </ul>
ASONIC GLY 32	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zur Lebensdauerschmierung</li> <li>– Niedriges Start- und Laufdrehmoment</li> <li>– Für tiefe Temperaturen</li> </ul>

# Hochgeschwindigkeitsfette und -öle

Hochgeschwindigkeitsfette beherrschen Drehzahlen, die üblicherweise nur mit Schmierölen möglich sind. Ihre Konsistenz entspricht der von üblichen Wälzlagerfetten wie NLGI 2 oder 3. Hochgeschwindigkeits-Wälzlagerfette decken seit Jahren den Drehzahlkennwertbereich bis zu 1 Million  $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$  hervorragend ab. Mittlerweile werden durch Fettschmierung Drehzahlkennwerte bis über 2 Millionen  $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$  erreicht.

Klassiker wie ISOFLEX LDS 18 SPECIAL A sowie die modernen Produkte der Klüberspeed-Reihe setzen seit Jahren Maßstäbe in puncto Lebensdauer und Zuverlässigkeit in Hochgeschwindigkeitsanwendungen. Die realisierten Drehzahlkennwerte liegen für Klüberspeed BF 72-22 bei 2 Millionen  $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$  und für Klüberspeed BFP 42-32 bei bis zu 2,3 Millionen  $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ .

In jüngster Zeit hat Klüber Lubrication die Produktauswahl durch eine neue Generation von vollsynthetischen Hochgeschwindigkeits-Spindellagerölen ergänzt. Die Öle Klübersynth FB 4-32, 4-46 und 4-68 sind feinstfiltriert und entsprechen der Reinheitsklasse 15/13/10 nach ISO 4406. Umfangreiche Prüfungen bestätigen die hohe Leistungsfähigkeit dieser Produktreihe und definieren den Verwendungsbereich bis zu dem hohen Drehzahlkennwert von 2,5 Millionen  $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ .

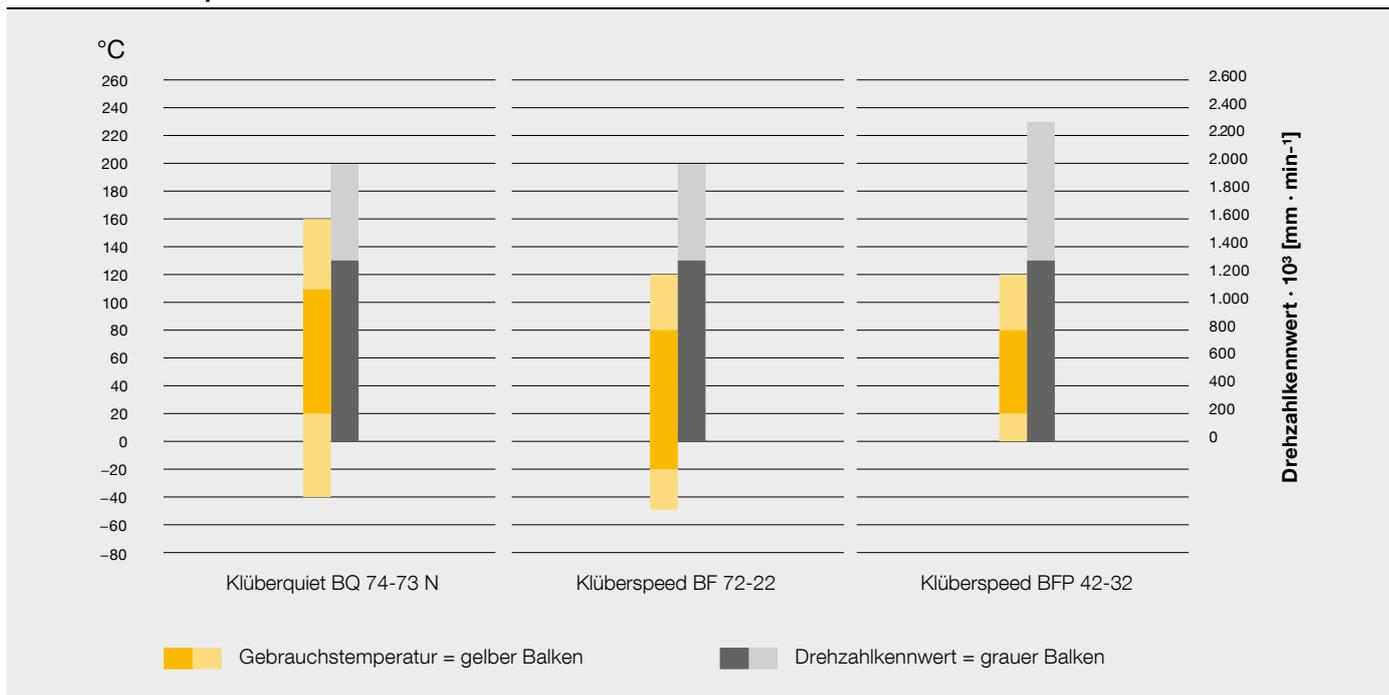
In Anwendungen, in denen hohe Drehzahlen beziehungsweise Drehzahlkennwerte  $n \cdot \text{dm}$  von 1 Million und mehr entstehen, wird die Schmierfettlebensdauer hauptsächlich durch die hohen Umfangsgeschwindigkeiten und die daraus resultierenden Kräfte bestimmt.

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.

Obere Gebrauchstemperatur [°C]	Untere Gebrauchstemperatur [°C]	Drehzahlkennwert $n \cdot d_m$ [ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ] ca.	Grundöl-Viskosität DIN 51562 [ $\text{mm}^2/\text{s}$ ] bei 40 °C ca.	Grundöl-Viskosität DIN 51562 [ $\text{mm}^2/\text{s}$ ] bei 100 °C ca.	Walkpenetration DIN ISO 2137 [0,1 mm] ca.	Grundöl	Verdicker
140	-30	2.500.000	68	9,6	k.A.	Synthetischer Kohlenwasserstoff	Keiner (dies ist ein Öl)
120	0	2.300.000	30	6	250 bis 280	Esteröl	Lithiumseife
120	-50	2.100.000	22	5	220 bis 250	Synthetischer Kohlenwasserstoff, Esteröl	Polyharnstoff
120	-50	2.000.000	22	5	250 bis 280	Esteröl, synthetischer Kohlenwasserstoff	Polyharnstoff
160	-40	2.000.000	60	9,5	220 bis 250	Synthetischer Kohlenwasserstoff, Esteröl	Polyharnstoff
130	-40	1.600.000	21	4,5	265 bis 295	Esteröl, synthetischer Kohlenwasserstoff	Bariumkomplexseife



## Gebrauchstemperatur und Drehzahlkennwert



Die dunklere Schattierung stellt den optimalen Anwendungsbereich dar

Produkt	Beschreibung/Anwendungsbeispiele
Klübersynth FB 4-68	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Feinstfiltriertes synthetisches Werkzeugspindelöl für Hochgeschwindigkeitslager</li> <li>– Reinheitsklasse 15/13/10 nach ISO 4406</li> <li>– Vorzugsweise zur Öl-Luft-Schmierung der Wälzlager von Hochgeschwindigkeits-Werkzeugspindeln bei sehr hohen Drehzahlen</li> <li>– Auch in weiteren Grundölviskositäten erhältlich: 32 mm<sup>2</sup>/s und 46 mm<sup>2</sup>/s (40 °C)</li> </ul>
Klüberspeed BFP 42-32	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Für Hybrid-, Schrägkugel- und Zylinderrollenlager</li> <li>– Für horizontale, schräge oder vertikale Einbaulage</li> <li>– Bei sehr hohen Drehzahlkennwerten</li> </ul>
Klüberspeed BF 72-23	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Für hoctourige Spindellager</li> <li>– Besonders bei schrägen und vertikalen, aber auch bei horizontalen Wellen in Werkzeugmaschinen</li> <li>– Guter Korrosionsschutz und Wasserbeständigkeit</li> </ul>
Klüberspeed BF 72-22	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Für hoctourige Spindellager in Werkzeugmaschinen</li> <li>– Bevorzugt bei horizontaler Welle</li> <li>– Guter Korrosionsschutz und gute Wasserbeständigkeit</li> </ul>
Klüberquiet BQ 74-73 N	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bei hohen Drehzahlen und vertikaler Einbaulage und/oder drehendem Außenring</li> <li>– Zur Lebensdauerschmierung bei höheren Temperaturen</li> </ul>
ISOFLEX NBU 15	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Das Spindellagerfett für Werkzeugmaschinen</li> <li>– Bewährt aufgrund langjähriger und vielfältiger Erfahrungen</li> </ul>

# Spezialschmierfette für Schwerlastanwendungen

Diese Fette unterliegen besonderen Anforderungen an die Lasttragfähigkeit. Sie ist insbesondere im Bereich der Grenz- und Mischreibung wichtig, um Schäden durch Ermüdung und Verschleiß vorzubeugen. Um die entsprechende Leistungsfähigkeit zu erreichen, kommen spezielle EP- und AW-Additive (EP = extreme pressure, AW = anti-wear) zum Einsatz.

Daneben wirken sich auch bestimmte Konsistenzgeber und das anteilige Grundöl – je nach Viskosität – günstig auf das Lasttragevermögen aus.

Für Wälzlager mit einem Belastungsverhältnis  $C/P < 10$  sind Hochdruckfette sinnvoll.

## Schwerlastschmierfette

Obere Gebrauchstemperatur [°C]	Untere Gebrauchstemperatur [°C]	Grundöl-Viskosität DIN 51562 [mm <sup>2</sup> /s] bei 40 °C ca.	Grundöl-Viskosität DIN 51562 [mm <sup>2</sup> /s] bei 100 °C ca.	Walkpenetration DIN ISO 2137 [0,1 mm] ca.	Grundöl	Verdicker
160	-35	2.400	145	310 bis 340	Synthetischer Kohlenwasserstoff	Lithiumspezialseife
140	-20	540	32	265 bis 295	Mineralöl	Lithiumseife
140	-30	130	15	265 bis 295	Synthetischer Kohlenwasserstoff, Mineralöl	Lithiumspezialseife, Festschmierstoff

## Schmierfette für hoch belastete Wälzlager im Nassbereich

Obere Gebrauchstemperatur [°C]	Untere Gebrauchstemperatur [°C]	Grundöl-Viskosität DIN 51562 [mm <sup>2</sup> /s] bei 40 °C ca.	Grundöl-Viskosität DIN 51562 [mm <sup>2</sup> /s] bei 100 °C ca.	Walkpenetration DIN ISO 2137 [0,1 mm] ca.	Grundöl	Verdicker
140	-10	500	31	245 bis 275	Mineralöl	Calciumspezialseife
160	-40	400	40	290 bis 320	Synthetischer Kohlenwasserstoff	Calciumspezialseife
140	-15	220	19	245 bis 275	Mineralöl	Calciumspezialseife
130	-20	220	19	285 bis 315	Mineralöl	Bariumkomplekseife



Die Leistungsfähigkeit von Schwerlastfetten, die beispielsweise in der Zementindustrie verwendet werden, kann mittels entsprechender Prüfstände wie dem FAG FE 8 überprüft werden

Produkt	Beschreibung/Anwendungsbeispiele
Klübersynth BE 44-2001	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Halbsynthetisches Schwerlastfett ohne schwarze Festschmierstoffe für extreme Betriebsbedingungen</li> <li>- Für Wälzlager mit Linienkontakt in einem weiten Temperaturbereich bei niedrigen und mittleren Drehzahlen</li> <li>- Gute Förderbarkeit und Kaltanlaufmerkmale auch bei äußerst niedrigen Temperaturen</li> </ul>
Klüberlub BE 41-542	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Für niedrige bis mittlere Drehzahlen</li> </ul>
Klüberlub BEM 41-122	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Für Gelenklager, Gleitlager und Wälzlager mit hohen Flächenpressungen und/oder Schwenkbewegungen</li> <li>- Vermindert Verschleiß durch Bildung von Triboschichten</li> </ul>

Produkt	Beschreibung/Anwendungsbeispiele
Klüberplex BE 31-502	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Für hoch belastete Kugellager im Nassbereich</li> <li>- Bei niedriger Drehgeschwindigkeit</li> </ul>
Klübersynth HBE 94-401	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Synthetisches Spezialschmierfett zur Langzeit- oder Lebensdauerschmierung für Anwendungen unter hoher Last und erhöhten Temperaturen</li> <li>- Hervorragender Verschleiß- und Korrosionsschutz sowie sehr gute Wasserbeständigkeit</li> </ul>
Klüberplex BE 31-222	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Für hoch belastete Kugellager im Nassbereich</li> <li>- Bei mittlerer Drehgeschwindigkeit</li> </ul>
STABURAGS NBU 12/300 KP	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Langzeit-, Wälz- und Gleitlagerfett</li> <li>- Heißwasserbeständig</li> <li>- Mit gutem Druckaufnahmevermögen</li> </ul>

# Spezialschmierfette für weitere Anwendungsgebiete

## Schmierfette für oszillierende Bewegungen

Oszillierende Bewegungen stellen für Wälzlager eine extreme Belastung dar. Ständiger Start-Stopp-Betrieb bedeutet, dass sich keine stabile Trennschicht zwischen den Reibpartnern ausbilden kann und sogenannte Grenzreibung entsteht. Somit besteht die Gefahr von erhöhtem Verschleiß und einer verringerten Lebensdauer des Wälzlagers.

Bei oszillierenden Wälzlagern mit waagerechter Wellenanordnung sackt der Schmierstoff infolge der Schwerkraftwirkung nach unten. Bei kleinen Schwenkwinkeln kann das dazu führen, dass für die oberen Wälzkörper nur noch geringe Schmierstoffmengen zur Verfügung stehen. Außerdem wird sehr wenig frischer Schmierstoff in den Kontakt zwischen den Wälzpartnern

eingbracht. Das kann zu Mangelschmierung im Wälzkontakt führen. In so einem Fall sollten Schmierstoffe mit besonders gutem Nachfließverhalten und spezieller Additivierung verwendet werden.

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.

Der gleiche Effekt entsteht auch bei linearen Bewegungen (Kurzhub), zum Beispiel bei Linearführungen mit Kugel- oder Rollen-umlaufsystemen, Kugelbuchsen oder Kugelgewindtrieben.

## Schmierfette für oszillierende Bewegungen

Obere Gebrauchstemperatur [°C]	Untere Gebrauchstemperatur [°C]	Grundöl-Viskosität DIN 51562 [mm <sup>2</sup> /s] bei 40 °C ca.	Grundöl-Viskosität DIN 51562 [mm <sup>2</sup> /s] bei 100 °C ca.	Walkpenetration DIN ISO 2137 [0,1 mm] ca.	Grundöl	Verdicker
150	-40	130	14	310 bis 340	Synthetischer Kohlenwasserstoff, Mineralöl	Lithiumspezialseife
150	-35	134	16	310 bis 340	Synthetischer Kohlenwasserstoff, Mineralöl	Calciumspezialseife
140	-40	300	31	310 bis 340	Synthetischer Kohlenwasserstoff	Calciumkomplexseife

## Schmierfette für Rollenlager

Obere Gebrauchstemperatur [°C]	Untere Gebrauchstemperatur [°C]	Grundöl-Viskosität DIN 51562 [mm <sup>2</sup> /s] bei 40 °C ca.	Grundöl-Viskosität DIN 51562 [mm <sup>2</sup> /s] bei 100 °C ca.	Walkpenetration DIN ISO 2137 [0,1 mm] ca.	Grundöl	Verdicker
180	-40	380	k.A.	230 bis 260	Synthetischer Kohlenwasserstoff	Lithiumspezialseife
150	-40	120	14	265 bis 295	Synthetischer Kohlenwasserstoff, Mineralöl	Lithiumspezialseife
140	-40	47	8	275 bis 305	Synthetischer Kohlenwasserstoff	Lithiumspezialseife



Ein spezieller Schmierstoff für oszillierende Bewegungen kann vor Verschleiß und Bauteilversagen schützen. Dies kann mechanisch durch Festschmierstoffkombinationen erreicht werden. Darüber hinaus können spezielle Additive schützende Reaktionsschichten an den metallischen Oberflächen ausbilden. Störungen der Trennschicht führen schnell zum Ausfall. Deshalb ist es unumgänglich, die Betriebsbedingungen möglichst genau zu erfassen, um für jeden Anwendungsfall den passenden Schmierstoff mit der optimalen Schmierungsmethode in Abhängigkeit vom Lagerdesign zu bestimmen.

## 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 gleichzeitig 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, die durch zum Beispiel höhere Grundölviskositäten und/oder spezielle Additivierung erreicht werden kann. Zum anderen ist es ein höheres Ölabgabeverhalten, das 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 Seifenverdickern wie Lithium oder Lithiumkomplex sowie Calciumkomplex und Bariumkomplex sehr bewährt. Letztere zeichnen sich insbesondere durch eine sehr hohe Beständigkeit gegen unterschiedlichste Medien aus.

Produkt	Beschreibung/Anwendungsbeispiele
Klüberplex BEM 41-141	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Für hoch belastete Wälz- und Gleitlager</li> <li>– Bei Vibrationen und Schwingungen</li> <li>– Anwendungen sind z. B. Hauptlager in Windkraftanlagen</li> </ul>
Klüberplex BEM 34-131 N	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zur Langzeit- und Lebensdauerschmierung von Wälzlagern und Linearführungen</li> <li>– Sehr gute Schmierwirkung bei Mikrobewegungen</li> <li>– Für Anwendungen wie Kfz-Hub-Units und andere Wälzlagerungen, bei denen mit Schäden durch False Brinelling gerechnet werden muss</li> </ul>
Klüberfood NH1 94-301	<ul style="list-style-type: none"> <li>– NSF-H1-Registrierung Nr.: 140682</li> <li>– Für Wälz- und Gleitlagerungen unter hohen Lasten und Mikrobewegungen</li> <li>– Guter Verschleiß- und Korrosionsschutz</li> </ul>

Produkt	Beschreibung/Anwendungsbeispiele
Klübersynth BHE 46-403	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zur Schmierung von hochbelasteten Rollenlagern</li> <li>– Für hohe Dauertemperaturen</li> <li>– Reibungsoptimiert z. B. für Nutzfahrzeugradlager</li> </ul>
Klüberplex BEM 41-132	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zur Langzeitschmierung von Kegelrollen-, Zylinderrollen- und Pendelrollenlagern in einem breiten Anwendungsspektrum</li> <li>– Bewährter Spezialschmierstoff für Anwendungen sowohl in der Automobilindustrie als auch in vielen industriellen Rollen- und Kugellageranwendungen</li> </ul>
Klübersynth BM 44-42	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zur Langzeit- und Lebensdauerschmierung von hoch beanspruchten Wälzlagern und Kugelgewindespindeln, auch bei Linienkontakt und kleinen oszillierenden Bewegungen</li> <li>– Hat sich bewährt im Automobilbereich, z. B. bei Lenkungssystemen</li> </ul>

# Fette für den Lebensmittelbereich

Unsere Spezialschmierstoffe für die Lebensmittel- und Pharma-industrie wurden im Rahmen unserer weltweiten Erfahrung und Forschung entwickelt und erprobt und sind nach NSF H1/H2 registriert.

Die Herstellprozesse der H1-Schmierstoffe von Klüber Lubrication unterliegen strengen Hygieneregeln zur Vermeidung unerwünschter Kontaminationen und erfolgen fast ausschließlich nach NSF-ISO-21469-Standard. Diese Zertifizierung unterstützt zusätzlich die Einhaltung der Hygieneanforderungen in Ihrem Herstellbetrieb.

Klüber Lubrication war eines der ersten Unternehmen, das in der Lage war, den hohen Anforderungen dieser Norm gerecht zu werden, und besitzt heute mehr zertifizierte Produktionswerke als irgendein anderes Unternehmen.

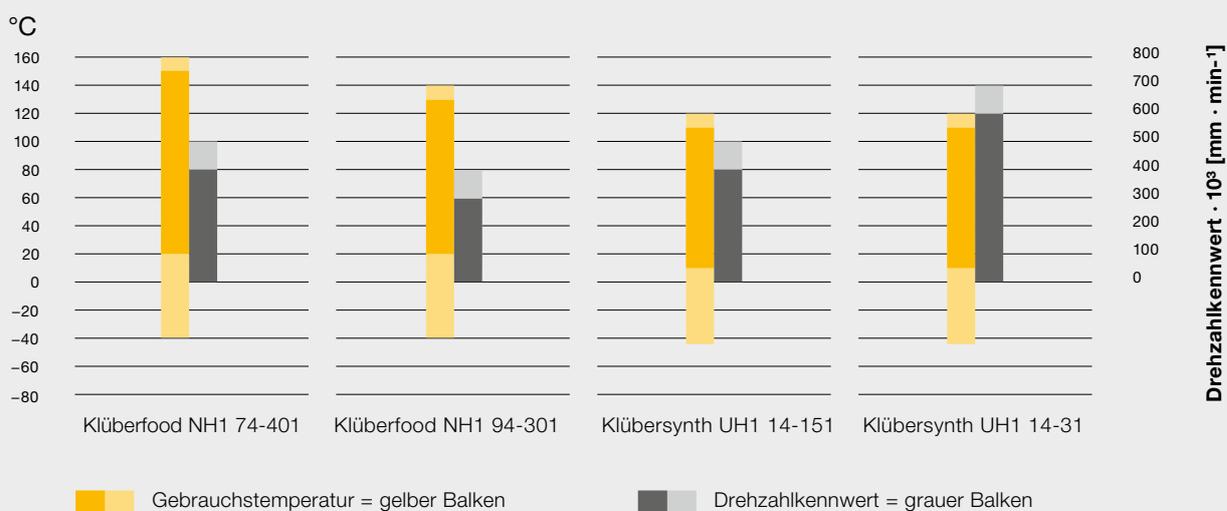
Zur Verbesserung der Prozesszuverlässigkeit bei der Herstellung pharmazeutischer Produkte sollten im Betrieb ausschließlich NSF-H1-Schmierstoffe verwendet werden. Dadurch wird eine Verunreinigung pharmazeutischer Produkte durch nicht NSF-H1-registrierte Schmierstoffe sicher vermieden, da keine Verwechslungsgefahr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

Die Verwendung von NSF-H1-registrierten Schmierstoffen leistet somit einen Beitrag zur Erhöhung der Zuverlässigkeit der Produktionsprozesse. Wir empfehlen jedoch, zusätzlich eine Risikoanalyse, zum Beispiel HACCP, durchzuführen.

Obere Gebrauchstemperatur [°C]	Untere Gebrauchstemperatur [°C]	Drehzahlkennwert $n \cdot d_m$ [mm <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> ] ca.	Grundöl-Viskosität DIN 51562 [mm <sup>2</sup> /s] bei 40 °C ca.	Grundöl-Viskosität DIN 51562 [mm <sup>2</sup> /s] bei 100 °C ca.	Walkpenetration DIN ISO 2137 [0,1 mm] ca.	Grundöl	Verdicker
120	-45	700.000	30	6	310 bis 340	Synthetischer Kohlenwasserstoff, Esteröl	Aluminiumkomplexseife
120	-45	500.000	150	22	310 bis 340	Synthetischer Kohlenwasserstoff	Aluminiumkomplexseife
140	-40	400.000	300	31	310 bis 340	Synthetischer Kohlenwasserstoff	Calciumkomplexseife
160	-40	500.000	400	40	280 bis 310	Synthetischer Kohlenwasserstoff	Polyharnstoff
260	-40	300.000	420	40	265 bis 295	PFPE	PTFE



## Gebrauchstemperatur und Drehzahlkennwert



Die dunklere Schattierung stellt den optimalen Anwendungsbereich dar

Produkt	Beschreibung/Anwendungsbeispiele
Klübersynth UH1 14-31	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leichtlauf fett</li> <li>- Sehr gutes Tieftemperaturverhalten</li> <li>- Gute Wasserbeständigkeit und guter Korrosionsschutz</li> <li>- Sehr gute Förderbarkeit in Zentralschmieranlagen</li> </ul>
Klübersynth UH1 14-151	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sehr gutes Tieftemperaturverhalten</li> <li>- Guter Verschleißschutz</li> <li>- Gute Wasserbeständigkeit reduziert das Risiko von Korrosion und vorzeitigem Lagerausfall</li> <li>- Für mittlere Drehgeschwindigkeiten</li> </ul>
Klüberfood NH1 94-301	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guter Verschleißschutz und gutes Lasttragevermögen</li> <li>- Gute Wasserbeständigkeit und guter Korrosionsschutz</li> <li>- Zur Langzeitschmierung von Wälzlagern und Linearführungen, auch bei Mikrobewegungen</li> <li>- Gute Förderbarkeit in Zentralschmieranlagen</li> </ul>
Klüberfood NH1 74-401	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zur Langzeitschmierung über einen weiten Temperaturbereich</li> <li>- Guter Verschleiß- und Korrosionsschutz</li> <li>- Für Wälz- und Gleitlagerungen unter hohen Lasten</li> </ul>
BARRIERTA L 55/2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Das Langzeitfett für temperaturbelastete Wälzlager</li> <li>- Sehr gute Laufzeitstabilität und Korrosionsschutzmerkmale</li> <li>- Von einer Vielzahl von Herstellern freigegeben und empfohlen</li> </ul>

# Elektrische Leitfähigkeit

## Wälzlager wirkungsvoll vor Elektroerosion schützen

Unerwünschter Stromdurchgang und spontane elektrische Entladung können gravierende Schäden an den Wälzlagern in elektrischen Antriebsmotoren verursachen. Speziell für die Schmierung dieser Anwendungen haben wir neue, elektrisch leitfähige Wälzlagerfette entwickelt.

Wälzlager, die in elektrischen Komponenten wie Generatoren und Elektromotoren zum Einsatz kommen, müssen nicht nur den für Lager üblichen Anforderungen wie Leistungsfähigkeit bei langen Nachschmierintervallen bis hin zur Lebensdauer-schmierung bei hohen Temperaturen oder Drehzahlen, gerecht werden. Sie müssen zusätzlich ein spezifisches Problem lösen: Elektroerosion. Sie entsteht durch unerwünschten Stromfluss, der deutliche Beschädigungen an Wälzlagern erzeugt sowie die Merkmale der verwendeten Schmierstoffe verändert. 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.

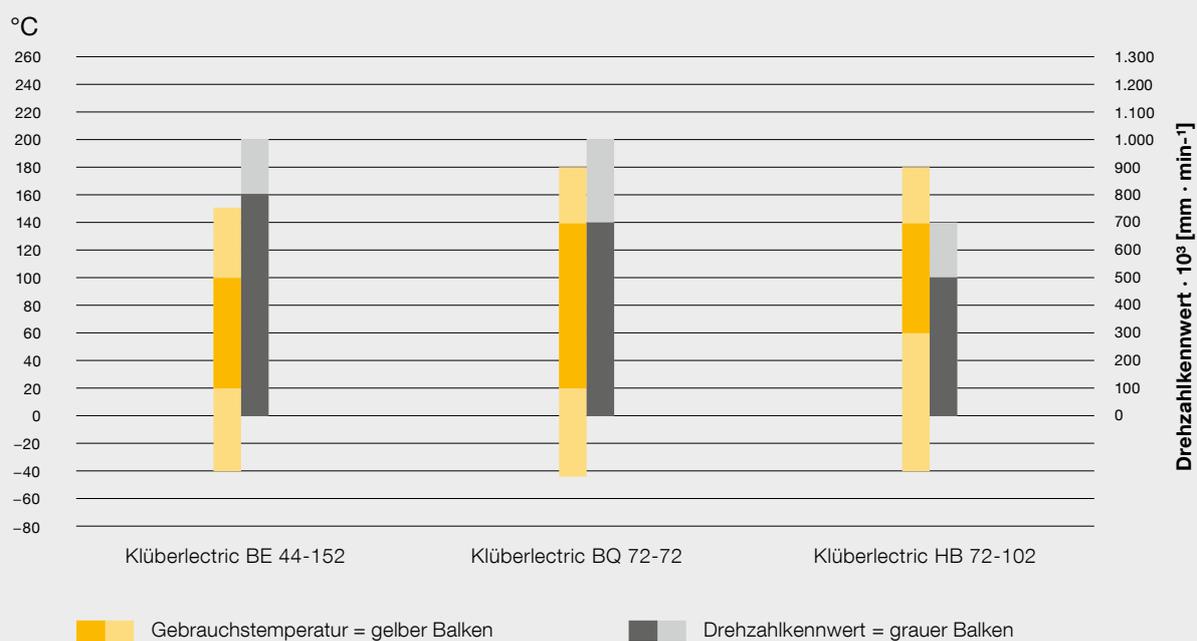
## Innovatives Schmierstoffkonzept sorgt für deutlich höhere Leitfähigkeit

Speziell entwickelte Schmierstoffe, beispielsweise Klüberlectric BQ 72-72 oder Klüberlectric HB 72-102, verringern die Stromflüsse in schädlicher Höhe deutlich. Da der Energieeintrag durch unerwünschten Stromdurchgang nicht nur Schäden in den Lagern bewirken kann, sondern auch den Schmierstoff in seiner Leistungsfähigkeit beeinträchtigt, ist ein weiterer positiver Effekt von Schmierstoffen mit IL-Zusätzen die Verlängerung der Fettgebrauchsdauer. Durch ausführliche Triboanalysen nach Prüfstandsversuchen lässt sich sowohl der Zustand des gebrauchten Schmierstoffs als auch der Lagerzustand ermitteln. Die Prüfstandsergebnisse zeigten eine deutliche Verringerung der durch Lagerströme verursachten Schäden an Lager und Schmierstoff bei Verwendung von Klüberlectric BQ 72-72 oder Klüberlectric HB 72-102 gegenüber herkömmlichen Schmierstoffkonzepten.

Obere Gebrauchstemperatur [°C]	Untere Gebrauchstemperatur [°C]	Grundöl-Viskosität DIN 51562 [mm <sup>2</sup> /s] bei 40 °C ca.	Grundöl-Viskosität DIN 51562 [mm <sup>2</sup> /s] bei 100 °C ca.	Walkpenetration DIN ISO 2137 [0,1 mm] ca.	Grundöl	Verdicker
180	-45	72	9,5	265 bis 295	Esteröl	Polyharnstoff
180	-40	95	14	265 bis 295	Esteröl	Polyharnstoff
150	-40	150	19	265 bis 295	Synthetischer Kohlenwasserstoff	Lithiumseife, Festschmierstoff



## Gebrauchstemperatur und Drehzahlkennwert



Die dunklere Schattierung stellt den optimalen Anwendungsbereich dar

Produkt	Beschreibung/Anwendungsbeispiele
Klüberelectric BQ 72-72	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Elektrisch leitfähiges Wälzlagerfett für die Lebensdauerschmierung</li> <li>– Spezifischer Widerstand in Anlehnung an DIN EN 62631-3-1: <math>&lt; 1 \cdot 10^7 \Omega \cdot \text{cm}</math></li> <li>– Geräuscharm</li> </ul>
Klüberelectric HB 72-102	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Elektrisch leitfähiges Wälzlagerfett für die Lebensdauerschmierung</li> <li>– Spezifischer Widerstand in Anlehnung an DIN EN 62631-3-1: <math>&lt; 1 \cdot 10^8 \Omega \cdot \text{cm}</math></li> <li>– Gute Dichtungs- und Elastomerverträglichkeit</li> </ul>
Klüberelectric BE 44-152	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zur Langzeitschmierung von Wälzlagern, in denen es zu elektrischen Aufladungen kommen kann, z. B. in Elektromotoren, Papiermaschinen, Kopiermaschinen, Lüftern</li> <li>– Elektrischer Widerstand in Anlehnung an (die ehemalige) DIN 53482 liegt bei <math>&lt; 10.000 \Omega \cdot \text{cm}</math> (Elektrodenabstand = 1 cm, Elektrodenfläche = 1 cm<sup>2</sup>)</li> <li>– Schwarzes Fett</li> </ul>

# Reinigung, Konservierung und Montage 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. Reinigung

der Lager vor der Befettung ist also eine unabdingbare Voraussetzung, damit Sie die bestmöglichen Ergebnisse mit Ihrem Schmierstoff erreichen können.

Dies gilt besonders für Fette auf PFPE-Basis, da dieses Grundöl nicht mit anderen Grundölypen mischbar ist. 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.

## Reinigung

Lösemittel	Verdicker	Produkt	Beschreibung/Anwendungsbeispiele
Organisch	Keiner	Klüberfood NK1 Z 8-001 Spray	<ul style="list-style-type: none"><li>– Zur Entfernung von Öl-, Fett-, Wachs- und Harzrückständen auf Kunststoff- und Metalloberflächen</li><li>– Kann auch zum Entfernen von Klebstoffresten verwendet werden, wie sie z. B. häufig an Etikettiermaschinen vorhanden sind</li></ul>
PFPE	Keiner	Klüberalfa XZ 3-1	<ul style="list-style-type: none"><li>– Zur Entfernung von Öl- und Fettrückständen, um für nachfolgende PTFE/PFPE-Schmierstoffe eine optimale Haftung erzielen zu können.</li></ul>



## 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 oder 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.

### False Brinelling und Korrosionsschutzöl

Eine unerwünschte Erscheinung ist das sogenannte 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 stehenden Lagern auftritt, zum Beispiel bei Kfz-Radlagern während des Transports oder stillstehenden Ersatzkompressoren.



Verschleißmarken, verursacht durch Vibration im Stillstand – False Brinelling genannt

Abhilfe kann hier ein Korrosionsschutzöl schaffen, das speziell mit Additiven zur Vermeidung dieses Verschleißes ausgerüstet ist, beispielsweise Klübersynth BZ 44-4000. Zudem wirkt das Korrosionsschutzöl als Initialschmierung in der Einlaufphase, bevor sich das Fett optimal im Lager verteilt hat.

### 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 gern. Ein leistungsfähiger Korrosionsschutz führt zu besserer und längerer Funktionstüchtigkeit des Lagers und letztlich zu einer Kosteneinsparung für den Anwender.

## Konservierung

Grundöl	Verdicker	Produkt	Beschreibung/Anwendungsbeispiele
Synthetischer Kohlenwasserstoff	Lithiumseife	Klübersynth BZ 44-4000	– Schmier- und Korrosionsschutzfluid für Wälzlager mit gutem Verschleißschutz bei Mikrobewegungen
Esteröl, synth. Kohlenwasserstoff	Keiner	Klübersynth MZ 4-17	– Synthetisches Schmier- und Korrosionsschutzöl zur Konservierung von Wälzlagern
PFPE	Keiner	Klüberalfa YM 3-30 N	– PFPE-Öl mit guter Benetzbarkeit zur Konservierung von Wälzlagern

# Vermeiden Sie Passungsrost mit den richtigen Montagepasten

Passungsrost 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 vibrierenden Teilen beobachtet werden (zum Beispiel Lagersitzen). 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 Innenring

## Montagepasten

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

	<b>Klüberpaste ME 31-52</b>	<b>Klüberpaste HEL 46-450</b>	<b>Klüberpaste UH1 84-201</b>
Anwendung	Klassische, bewährte Paste gegen Passungsrost für die Anwendung zur Ein- und Aufpressmontage von Wälzlagern	Hochtemperaturschmierpaste für Wälzlagermontage und formschlüssige Verbindungen. Oberhalb 200 °C geht der Schmierfilm in Trockenschmierung über	Zur Anwendung in der Lebensmittel verarbeitenden und pharmazeutischen Industrie, bevorzugt in Kombination mit den vorgestellten Schmierfetten für den Lebensmittelbereich
Grundöl	Mineralöl	Esteröl/PAG	synthetischer Kohlenwasserstoff
Verdicker Festschmierstoff	Calciumkomplekseife/ anorganische Festschmierstoffe	Festschmierstoff	PTFE/Festschmierstoff
Farbe	weiß bis beige	schwarz	weiß
Struktur	homogen/kurzzügig	homogen/kurzzügig	homogen/langzügig
Gebrauchstemperaturbereich ca.	-15 bis +150 °C	-40 bis +1.000 °C	-45 bis +120 °C



Herausgeber und Copyright:  
Klüber Lubrication München SE & Co. KG

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

Die Angaben in diesem Dokument basieren auf unseren allgemeinen Erfahrungen und Kenntnissen zum Zeitpunkt der Veröffentlichung. Sie sollen dem technisch erfahrenen Leser Hinweise für mögliche Anwendungen geben. Die Angaben beinhalten jedoch keine Zusicherung von Eigenschaften und keine Garantie der Eignung des Produkts für den Einzelfall. Sie entbinden den Anwender nicht davon, das ausgewählte Produkt vorher in der Anwendung zu testen. Alle Angaben sind Richtwerte, die sich am Schmierstoffaufbau, am vorgegebenen Einsatzzweck und an der Anwendungstechnik orientieren. Schmierstoffe ändern je nach Art der mechanischen, dynamischen, chemischen und thermischen Beanspruchung druck- und zeitabhängig ihre technischen Werte. Diese Veränderungen können Einfluss auf die Funktion von Bauteilen nehmen. Wir empfehlen grundsätzlich ein individuelles Beratungsgespräch und stellen auf Wunsch und nach Möglichkeit gerne Proben für Tests zur Verfügung. Produkte von Klüber Lubrication werden kontinuierlich weiterentwickelt. Deshalb behält sich Klüber Lubrication das Recht vor, alle technischen Daten in diesem Dokument jederzeit und ohne Vorankündigung zu ändern.

Klüber Lubrication München SE & Co. KG  
Geisenhausenerstraße 7  
81379 München  
Deutschland

Amtsgericht München  
HRA 46624

#### **Bildquellen:**

Seite 1: Jan Schmiedel  
Seite 5, 7, 9 : Jan Schmiedel  
Seite 9: Klüber Lubrication  
Seite 11: Fotostudio Riess  
Seite 12: Klüber Lubrication  
Seite 13: Klüber Lubrication  
Seite 15, 17: © Photographer Engineer, Shutterstock.com  
Seite 19: Baader Planetarium  
Seite 21: © Mohd Syis Zulkipli, Shutterstock.com  
Seite 23: © Vladimir Shevelev, www.fotolia.com  
Seite 25: © Phils, www.fotolia.com;  
© Sylvain COLLET, www.fotolia.com  
Seite 27: © Sergey Ryzhov, Shutterstock.com  
Seite 29: © Heorshe, www.fotolia.com  
Seite 31: Klüber Lubrication  
Seite 33: Klüber Lubrication  
Seite 34: Klüber Lubrication  
Seite 35: © Schaeffler KG

## 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 90 Jahren die wachsenden Anforderungen an leistungsfähige und wirtschaftliche Spezi­alschmierstoffe.

[www.klueber.com](http://www.klueber.com)

a brand of  
 **FREUDENBERG**