

your global specialist

Spezialwissen

Zahn um Zahn die richtige Schmierung.

Wissenswertes zur Ölschmierung von Zahnradgetrieben



Die Wahl des richtigen Getriebeöles	4
Übersicht Klüber Getriebeöle	16
Viskositätsauswahl	18
Ölstand, Eintauchtiefe und Ölmengen	24
Ölwechsel: so wird's gemacht	26

Getriebeöle von Klüber Lubrication

Wachsende Anforderungen an Zahnrad und Schmierstoff

Der Getriebebau aller Leistungsklassen ist heute von Forderungen nach immer höheren übertragbaren Leistungen und Drehmomenten bei gleichzeitiger Reduzierung von Baugröße und Gewicht geprägt. Das verlangt neue Getriebekonstruktionen, neue Werkstoffe, bessere Oberflächenbearbeitung, modernste Produktionstechniken sowie die Anwendung von mineralölbasischen und synthetischen Hochleistungsschmierstoffen.

In gleichem Maße wie das Leistungsgewicht der Zahnradgetriebe verbessert wurde, ist die Beanspruchung der Getriebeschmierstoffe gestiegen. Das gilt besonders bezüglich ihrer verschleiß- und fressverhindernden Wirkung sowie ihrer Stabilität gegenüber hohen Getriebetemperaturen. Die Verlustwärme der Getriebe muss mit immer kleineren Gehäuseoberflächen abgeführt werden. Eine Folge sind steigende Betriebstemperaturen, die die Lebensdauer der Zahnradgetriebe und der Schmierstoffe beeinträchtigen.

Fit für neue Herausforderungen

Die Experten von Klüber Lubrication haben sich auf diese Herausforderung eingelassen und mit der Erfahrung von über 80 Jahren Getriebeöle entwickelt, die den neuesten Anforderungen an das Konstruktionselement Schmierstoff gerecht werden.

Klüber Hochleistungsgetriebeöle sind die Antwort auf zu hohe Verschleißraten und zu niedrige Wirkungsgrade, die sich erheblich auf Produktionskosten auswirken. Hochleistungsschmierstoffe, deren Leistungsfähigkeit über die normaler Schmierstoffe hinausgeht, helfen in der Anwendung, Verschleiß niedrig zu halten und die Effizienz zu erhöhen und somit die Betriebs- und Instandhaltungskosten zu senken. Mit KlüberComp Lube Technology hat Klüber Lösungen für die hohen Anforderungen der modernen Antriebstechnik in einem Konzept zusammengefasst. Wir sehen Bauteile, Schmierstoffzusammensetzung und Serviceleistungen nicht losgelöst voneinander, sondern unterziehen sie einer ganzheitlichen Betrachtung. Ob Sie nun Hersteller oder Betreiber von Getrieben sind, mit KlüberComp Lube Technology können Sie die Leistungsfähigkeit Ihrer Getriebe erheblich steigern.

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 zugeschnittene Lösung geht.

Und: „Made by Klüber Lubrication“ steht für einen weltweit identischen hohen Qualitätsstandard. Wir garantieren Ihnen die gleiche Qualität, egal ob unser Schmierstoff in Asien, Europa oder Amerika hergestellt wird.

Heute schon an morgen gedacht!

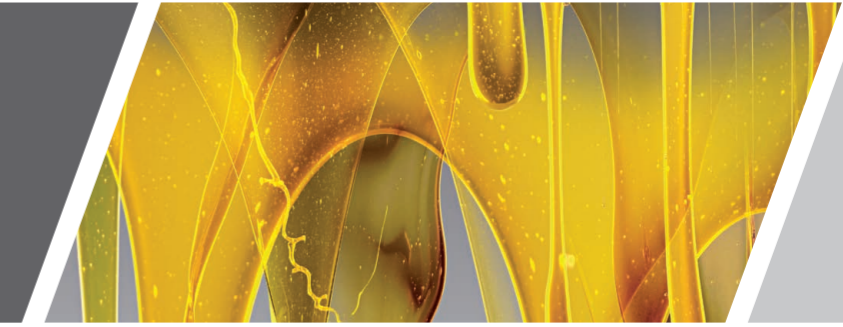
Die Wahl eines Hochleistungsschmierstoffes in Zeiten eines wachsenden Umweltbewusstseins hilft, Wirkungsgrade zu erhöhen, Energie einzusparen und somit CO₂ Emissionen zu reduzieren.

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 Getrieben geben. Wir wissen, wie komplex dieses Thema ist. Daher bieten wir Ihnen auch von Anfang an die fundierte Beratung durch unsere Experten an. Dafür stehen wir mit unserem Namen.

Die Wahl des richtigen Getriebeöles



Um eine optimale Betriebssicherheit von Getrieben während der konzipierten Lebensdauer zu erreichen, ist es nötig, die erforderlichen Schmierstoffe nicht nur als notwendige Betriebsmittel zu betrachten. Vielmehr müssen sie als gleichwertige Konstruktionselemente in die Getriebekonstruktion miteinbezogen werden. Idealerweise sollte die Auswahl und Festlegung des erforderlichen Getriebeöles deshalb bei der konstruktiven Planung eines Getriebes erfolgen.

Nachfolgend erfahren Sie in wenigen Schritten, wie man das richtige Getriebeöl auswählt. Bei besonderen Anwendungen, zum Beispiel in Fällen, bei denen lange Serviceintervalle erwartet werden oder besondere Betriebsbedingungen herrschen, sollten Sie allerdings mit Fachleuten von Klüber Lubrication sprechen. Sie helfen Ihnen, mit dem idealen Schmierstoff das komplette Potenzial Ihres Anwendungsfalles auszuschöpfen.

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

Zur Auswahl des richtigen Öls für Ihr Getriebe sind Getriebeparameter wie Leistung, Drehzahlen, Umgebungseinflüsse, aber auch besondere Betriebsgegebenheiten zu berücksichtigen. Auf Basis dieser Informationen können

- der Öltyp
- der Verschleißschutz
- und die Viskosität

bestimmt werden. Unter Berücksichtigung dieser Parameter sind Getriebeöle in der Lage, ihre Aufgaben optimal zu erfüllen, wie:

- Kraftaufnahme
- Reibungsminderung
- Verschleißminimierung
- Wärmeabfuhr
- Aufnahme von Verschleiß und Verunreinigungen

Eigenschaften von Getriebeölen

Die Eigenschaften von Getriebeölen werden durch die Formulierung von Grundöl und Additiven charakterisiert. Die wesentlichen Anforderungen an Getriebeöle, die von führenden Getriebeherstellern in internationalen Normen und Spezifikationen heute vorgegeben werden, sind:

- Betriebstemperaturbereich
- Viskosität
- Alterungsverhalten
- Tieftemperaturverhalten
- Korrosionsschutz Stahl/Buntmetall
- Schaumverhalten
- Elastomerverträglichkeit
- Verträglichkeit mit Innenlackierungen
- Verschleißschutz – Fressen, Graufleckigkeit

Betriebstemperatur

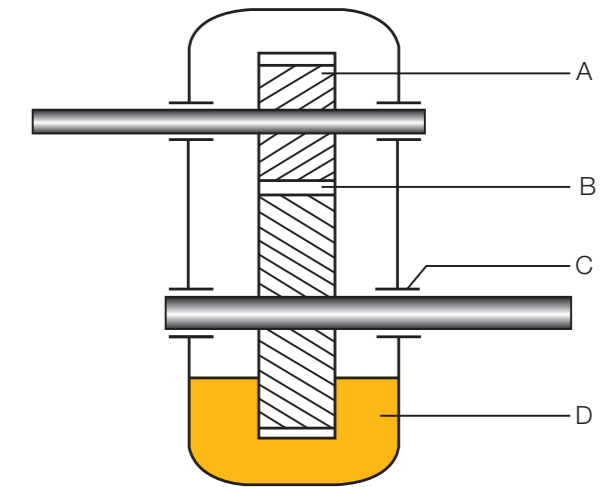
Je nach Getriebetyp und Anwendungsfall liegt die Öltemperatur bei Industriegetrieben im Bereich von 20 bis 150 °C. Die Erwärmung eines Zahnradgetriebes, insbesondere aber die der Zahnräder, der Lager und des Schmierstoffes, ist eines der wichtigsten Beurteilungsmerkmale für seine Funktion. Die auftretenden Temperaturen sind ein Maß für die Leistungsverluste.

Neben konstruktionsbedingten Einflüssen sind die Öltemperaturen in hohem Maße von den Betriebsbedingungen abhängig. Sie steigen zusätzlich sowohl mit zunehmender Umgebungstemperatur als auch bei Wärmeeinstrahlung. Im Vergleich zum Vollastbetrieb sind im Teillast- und im intermittierenden Betrieb die Temperaturen niedriger. Wichtig ist, dass bei der Erwärmung der einzelnen Getriebebauteile, des Schmierstoffes und der Zubehörteile (Filtereinsätze, Pumpen u. a.) die jeweils zulässigen Grenztemperaturen nicht überschritten werden. Für die Viskositätsauswahl ist die Ölsumpftemperatur bzw. die Temperatur des eingespritzten Öles ein wichtiger Faktor.

Treten während des Betriebes überdurchschnittlich hohe Temperaturen auf oder steigen diese zwischenzeitlich stark an, weist dies häufig auf Störungen oder sich anbahnende Schäden hin.

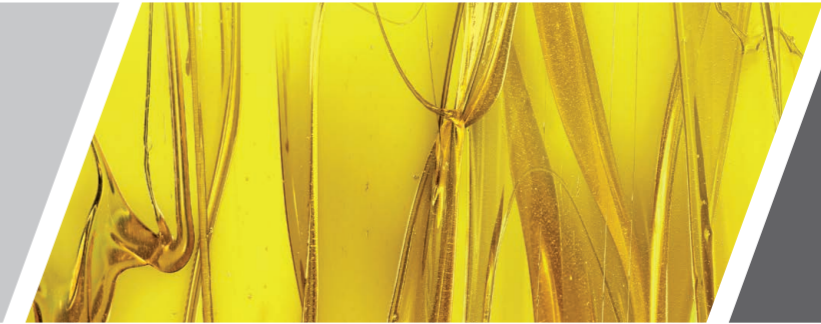
Tipp: Bei Anwendung von mineralölbasischen Getriebeölen sollte eine Öltemperatur von 75-80 °C nicht überschritten werden.

Charakteristische Temperaturen in einem Getriebe



- A Massentemperatur der Verzahnung
- B Temperaturen im Zahnkontakt
- C Lagertemperatur
- D Ölsumpftemperatur

Die Wahl des richtigen Getriebeöles



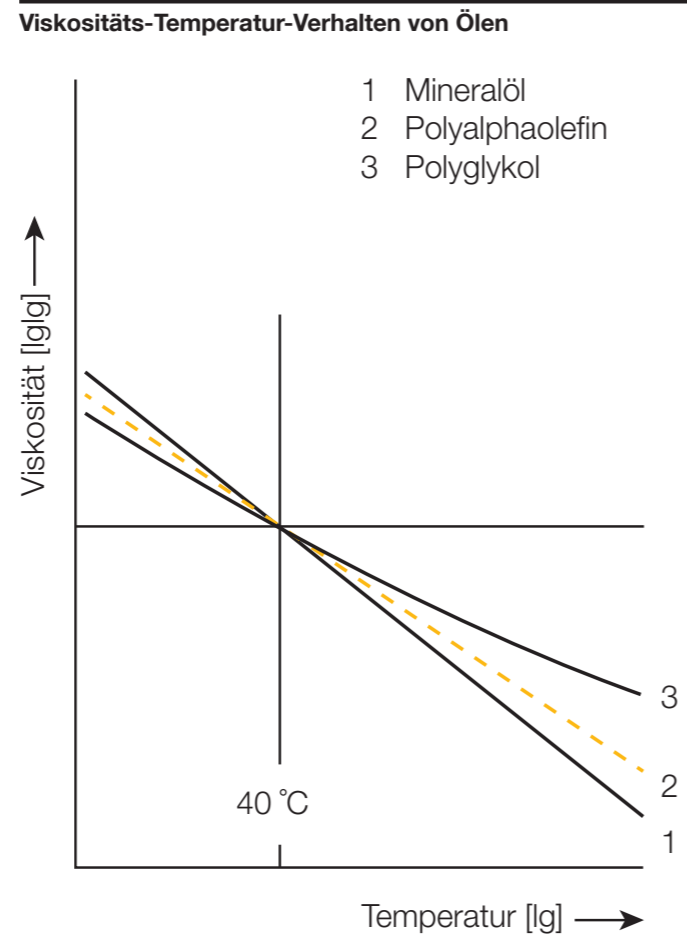
Viskosität

Bei der Auswahl von Getriebeölen für Zahnradgetriebe steht die Viskosität immer im Vordergrund, da sie entscheidend für den Schmierfilmaufbau ist. Zunehmende Viskosität des Schmieröles bewirkt eine größere Schmierfilmdicke, wodurch sich Verschleißschutz und Dämpfungsvermögen sowie die Fresstragfähigkeit verbessern.

Die Viskosität verringert sich mit steigender Temperatur und erhöht sich mit zunehmender Druckbelastung. Eine zu hohe Viskosität kann jedoch eine übermäßige Erwärmung in Folge erhöhter Plansch- und Quetschverluste verursachen, besonders bei hohen Umfangsgeschwindigkeiten. Hingegen kann eine zu niedrige Viskosität zu einer Zunahme der Mischreibungsanteile und einem Verschleißanstieg führen.

Da sich die Viskosität stark mit der Temperatur ändert, wird die temperaturabhängige Viskositätsänderung eines Öles allgemein mit dem Viskositätsindex (VI) beschrieben. Je höher der VI eines Getriebeöles ist, desto weniger ändert sich seine Viskosität in Abhängigkeit von der Temperatur und desto flacher verläuft die VT (Viskositäts-Temperatur)-Linie.

Der Grad der Viskositätsänderung durch Temperatureinfluss hängt sowohl von der Grundölart wie Mineralöl, Polyalphaolefin, Ester und Polyglykol ab als auch von den hinzugefügten Additiven, den sogenannten VI Improvern.



Viskositätsindizes zum Vergleich:

Mineralöl	VI	ca. 85 bis 100
Polyalphaolefin	VI	ca. 130 bis 160
Polyglykol	VI	ca. 150 bis 260

Tipp: Ein hoher Viskositätsindex erleichtert das Anfahren bei tiefen Außentemperaturen, bietet minimale Leistungsverluste und ermöglicht auch bei hohen Temperaturen den Aufbau eines tragfähigen Schmierfilms.

Alterungsverhalten

Unter dem Einfluss von hohen Temperaturen, Verwirbelungen mit Luft und Kontakt mit metallischen Katalysatoren wie Kupfer, Eisen und anderen unterliegen Getriebeöle einer ständigen Veränderung ihrer chemischen Struktur, das heißt sie altern. Die Alterungsgeschwindigkeit hängt wesentlich vom Aufbau des Getriebeöles, sowie von der Höhe und Dauer der auf das Öl einwirkenden Temperaturen ab. Negativ auf die Ölalterung wirken sich auch Ölverunreinigungen wie Wasser, Rost, Verschleiß und Staub aus. Durch Zugabe von entsprechenden Additiven kann der Schmierstoffhersteller den Alterungsprozess effektiv verlangsamen.

Die Folgen der Ölalterung zeigen sich in Viskositätsveränderung, Bildung korrosiver Säuren und in der Bildung von Rückständen. Alterungsbedingte Ablagerungen sind lack-, gummi- oder schlammartig und können Ölleitungen, Einspritzdüsen oder Filter verstopfen.

Durch die Alterung werden das Demulgier- und Schaumverhalten, der Korrosions- und Verschleißschutz und zum Teil auch das Luftabscheidevermögen des Getriebeöles negativ beeinflusst.

Die Bestimmung des Alterungsverhaltens von Ölen erfolgt nach ASTM D 2893.

Tipp: Synthetische Öle sind unter vergleichbaren Betriebsbedingungen wesentlich alterungsbeständiger als Mineralöle und erreichen so längere Ölwechselintervalle.

Tieftemperaturverhalten

Abhängig von der Grundölart erstarren Getriebeöle bei tiefen Temperaturen als Folge immer höher werdender Viskosität oder aufgrund der Waskristallisation der enthaltenen Paraffinanteile.

Als Anhaltspunkt für das Kältefließverhalten dient der Pourpoint, der nach ISO 3016 bestimmt wird. Damit wird die niedrigste Temperatur bezeichnet, bei der das Öl eben noch fließt, wenn es unter festgelegten Prüfbedingungen abgekühlt wird. Um eine schnelle und ausreichende Schmierstoffversorgung bei Kaltstart sicherzustellen, sollte die tiefste, in einem Getriebe auftretende Temperatur, die oft auch Starttemperatur ist, immer einige Grad oberhalb des Pourpoints liegen.

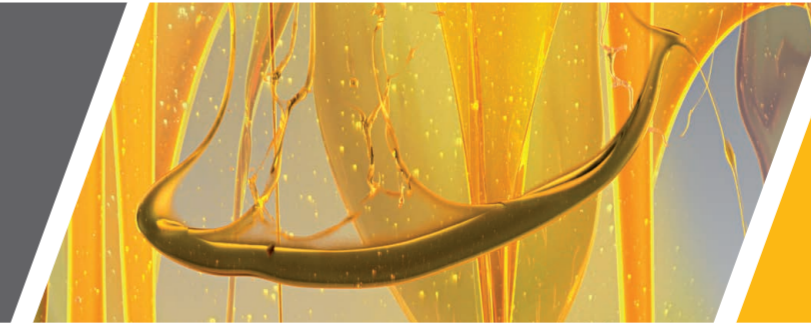
Im Vergleich zu Mineralölen zeigen synthetische Getriebeöle ein wesentlich günstigeres Kältefließverhalten. Aufgrund ihres hohen Viskositätsindex (VI) sind synthetische Getriebeöle bei tiefen Temperaturen dünnflüssiger als Mineralöle mit gleicher Nennviskosität. Ihr Pourpoint liegt deutlich niedriger, zum Teil unter -50 °C .

Tipp: Synthetische Getriebeöle sind aufgrund des guten Kaltstartverhalten besonders gut für Anwendungen mit sehr niedrigen Temperaturen geeignet.

Vergleich des Tieftemperaturverhaltens eines Mineralöls mit synthetischen Getriebeölen

Produkt	Öltyp	ISO VG ISO 3448	Viskositätsindex ISO 2909	Pourpoint ISO 3016 [°C]
Klüberoil GEM 1-220 N	Mineralöl	220	≥ 90	≤ -10
Klübersynth GEM 4-220 N	Polyalphaolefin	220	≥ 150	≤ -40
Klübersynth GH 6-220 Klübersynth UH1 6-220	Polyglykol	220	≥ 220	≥ -35

Die Wahl des richtigen Getriebeöles



Korrosionsschutzverhalten

Bei der Beurteilung des Korrosionsschutzverhaltens von Getriebeölen wird unterschieden zwischen:

- Korrosionsschutzverhalten gegenüber Stahl
- Korrosionsschutzverhalten gegenüber Kupfer (Buntmetallverträglichkeit)

Stahl-Korrosionsschutz

Von außen ins Getriebe eingedrungenes oder infolge von Luftfeuchtigkeit kondensiertes Wasser führt in Verbindung mit dem Sauerstoff aus der Luft zur Rostbildung an unzureichend geschützten Stahloberflächen.

Die Korrosion an den verwendeten Bauteilen sowie die vom Öl mitgeführten Rostpartikel, die wieder in den Zahneingriff oder in die Lager gelangen und dort abrasiv wirken, fördern den Verschleiß. Darüber hinaus wirkt sich Rostbildung negativ auf die Alterungsstabilität und das Demulgiervermögen von Getriebeölen aus und kann die Schlammabildung fördern.

Um das Rostschutzvermögen zu erhöhen, werden Getriebeölen Korrosionsinhibitoren in Form von polaren Zusätzen beigemischt, die durch dichte Oberflächenbelegung einen wasserabweisenden, gegen Rostbildung schützenden Film bilden. Die Prüfung des Stahl-Korrosionsschutzes von Getriebeölen wird nach ISO 7120 durchgeführt.

Kupfer-Korrosionsschutz (Buntmetallverträglichkeit)

Auch bei Verwendung von EP (extreme pressure)- Additiven dürfen Getriebeöle nicht korrosiv auf Bauteile aus nichteisenmetallischen Werkstoffen, insbesondere solchen aus Kupfer oder Kupferlegierungen, wie Bronze und Messing, wirken. Das Korrosionsverhalten von Getriebeölen wird mittels Kupferstreifen nach ISO 2160 getestet.

Tip: Bei Verwendung von Kupfer oder kupferhaltigen Bauteilen wie Messing oder Bronze sollte ein Getriebeöl im Kupferkorrosionstest nach ISO 2160 mit der Bewertung 1a oder 1b abschneiden.

Alle Getriebeöle von Klüber Lubrication, die den Anforderungen nach DIN 51517-3, für Schmieröle CLP entsprechen, sind nicht kupferkorrosiv und verhindern Korrosion an Stahl.

Verträglichkeit mit Innenlackierungen

Getriebegehäuse aus Grauguss oder Stahl werden meistens mit einem Innenanstrich versehen, um sie bei Lagerung, Transport oder bei längeren Stillstandszeiten vor Korrosion zu schützen.

Die üblicherweise verwendeten Grundierungen sind gegenüber Getriebeölen auf Mineralölbasis bis 100 °C beständig. Bei höheren Öltemperaturen (> 100 °C) und synthetischen Getriebeölen – insbesondere solchen auf Basis von Polyglykolen – sind sie jedoch nicht immer beständig. Die Anstriche können weich werden und sich auflösen oder Blasen bilden und sich stückweise ablösen. Dadurch können Betriebsstörungen und Getriebeschäden hervorgerufen werden, zum Beispiel durch Verstopfen von Ölleitungen, Filtern und Entlüftungsbohrungen. Zweikomponentenlacke auf Epoxidharzbasis hingegen sind in der Regel gegenüber allen Ölarten, auch bei hohen Betriebstemperaturen, beständig. Es empfiehlt sich jedoch, vor einer Serienanwendung Verträglichkeitsprüfungen durch den Lackhersteller durchführen zu lassen.

Schaumverhalten

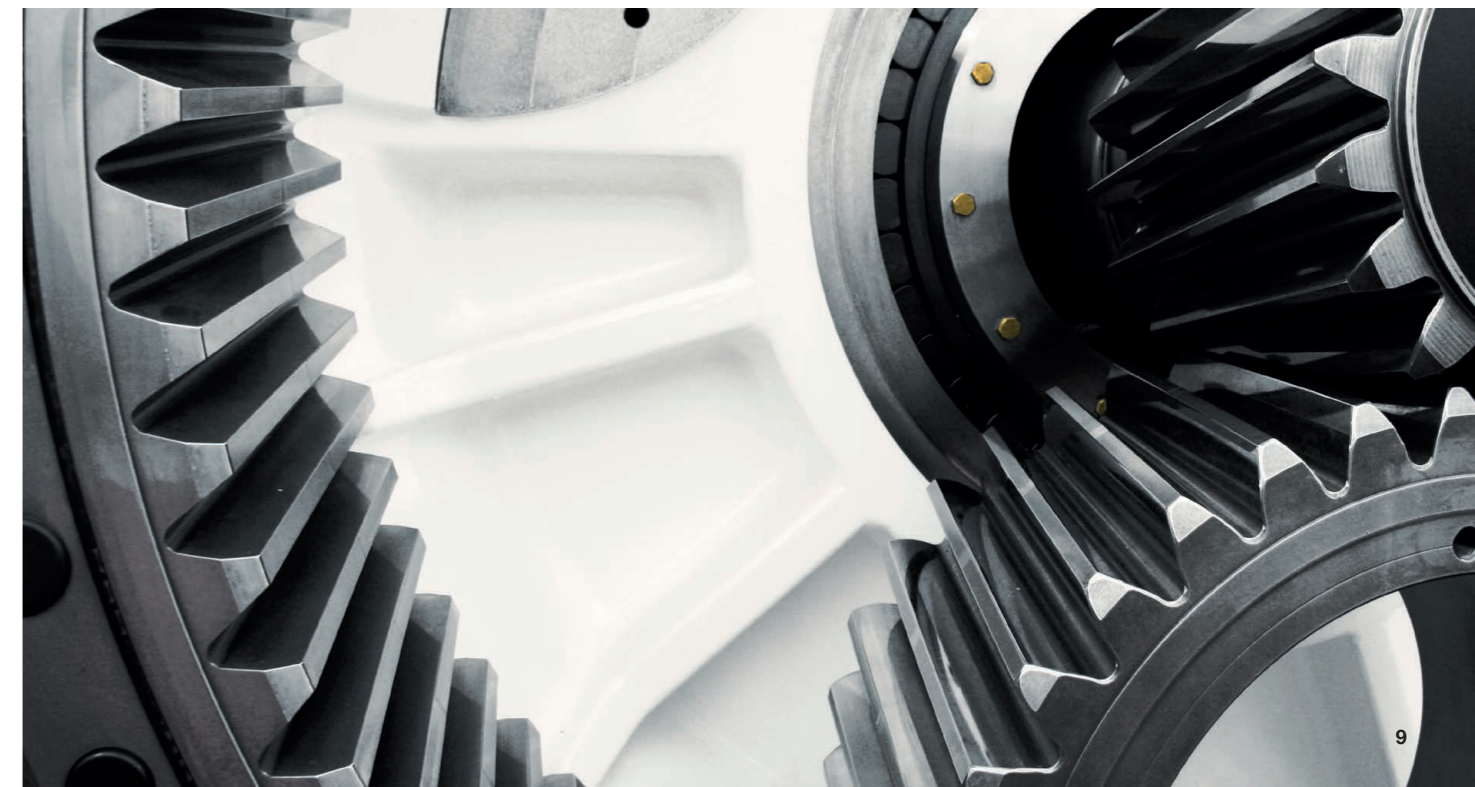
Getriebeöle sollen sich sowohl möglichst schnell von dispergierter Luft trennen können als auch in der Lage sein, die Bildung von stabilem Oberflächenschaum zu verhindern. Schaum wird durch aus dem Öl an die Oberfläche aufsteigenden Luftbläschen gebildet. Diese sollen dort möglichst schnell zerfallen, um die Schaumbildung in minimalen Grenzen zu halten.

Besonders in tauchgeschmierten Getrieben besteht bei mittleren bis hohen Umfangsgeschwindigkeiten durch den ständigen Eintrag von Luft in das Öl eine verstärkte Neigung zur Schaumbildung. In das Öl gelangte Verunreinigungen wie Wasser, Staub, Rostpartikel sowie Alterungsprodukte können die Schaumneigung noch erhöhen. Die Schaumbildung beeinträchtigt die Schmierstoffeigenschaften, wie Alterungsstabilität, Wärmeabfuhr und weitere, erheblich. Übermäßige Schaumbildung kann zu Schaumaustritt an der Entlüftung führen; bei Druckumlaufschmierung besteht die Gefahr, dass Schaum durch die Ölpumpe angesaugt wird und zu Pumpengeräuschen oder -schäden führt.

Die Schaumbildung kann der Hersteller durch Beigabe von Antischaumadditiven reduzieren, die jedoch bei zu hoher Konzentration das Luftabscheidungsvermögen beeinträchtigen können. Die Bestimmung des Schaumverhaltens von Ölen erfolgt nach ISO 6247 oder ASTM D 892.

Als praxisnäheres Verfahren gewinnt heutzutage der Flender-Schaumtest nach ISO 12152 mehr und mehr an Bedeutung. In diesem Test läuft ein Zahnradpaar im Öl um und mischt Luft ins Öl. Damit wird das Öl hinsichtlich Luftaufnahme, Bildung von Öl-Luft-Dispersion, Oberflächenschaum sowie deren Rückbildungen unter Getriebebedingungen geprüft.

Die Getriebeöle von Klüber Lubrication erfüllen auch die strengen Anforderungen des Flender-Schaumtestes.



Die Wahl des richtigen Getriebeöles

Elastomerverträglichkeit

Die Materialien der Radialwellendichtringe (RWDR) sowie statischer Dichtungen, wie beispielsweise O-Ringen dürfen durch das Getriebeöl oder seine Additive bei den in Getrieben auftretenden Temperaturen weder verspröden noch erweichen, um ihre Abdichtwirkung nicht zu beeinträchtigen. Ansonsten führt frühzeitiger RWDR Verschleiß zu Leckagen mit entsprechendem Reinigungsaufwand und möglicherweise aufwendigen Getriebereparaturen.

Insbesondere bei Steigerung der übertragbaren Leistung, die zu einer höheren Betriebstemperatur führt oder der Umstellung der Getriebebeschmierung von Mineralöl auf synthetische Öle, muss auf die Dichtungsverträglichkeit geachtet werden.

Für Getriebe wird die statische Elastomerverträglichkeit in Anlehnung an ISO 1817 untersucht, die dynamische in Anlehnung an DIN 3761.

Im Rahmen von Lube & Seal ist es uns in Zusammenarbeit mit Freudenberg Sealing and Vibration Control Technology gelungen, die Getriebeöle von Klüber Lubrication optimal auf die RWDR von Freudenberg abzustimmen. Ausgewählte Klüber Getriebeöle sorgen so für einen störungsfreien Betrieb. Laufzeiten von mehr als 20 000 Stunden bei der gezielten Auswahl der zu verwendenen Materialien sind erreichbar.

Allgemeine Übersicht zur Verträglichkeit von Getriebeölen mit Dichtungsmaterialien

	Abkürzung	NBR	ACM	VQM	FKM	PTFE
	Typ	Acrylnitril-Butadien-Kautschuk	Acrylatkautschuk	Silikonkautschuk	Fluorkautschuk, z.B. Viton	Polytetrafluorethylen
	Thermische Beständigkeit	bis 100 °C	bis 125 °C	bis 125 °C	bis 150 °C	bis 150 °C
Klüberoil GEM 1 N	Mineralöl	•	•	□	■	■
Klübersynth GEM 4 N	Polyalphaolefin	•	•	□	•	•
Klübersynth GH 6 Klübersynth UH1 6	Polyglykol	•	x	□	■	•

• verträglich ■ bedingt verträglich ■ Mineralöle sind nur bis 125 °C für Dichtstellen geeignet □ Verträglich mit allen Getriebeölen, jedoch Auswirkung auf Luftabscheidevermögen x nicht verträglich

Verschleißschutz

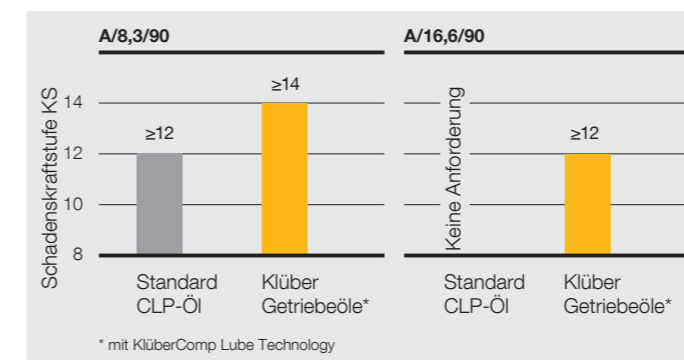
Zu den wesentlichen Herausforderungen im Getriebebau zählen heute der Schutz von Verzahnungen vor Fressen und Graufleckenbildung, Verringerung von Verschleiß bei hoher Gleitbeanspruchung sowie der Verschleiß- und Ermüdungsschutz von Wälzlagern.

Schutz der Verzahnung

Hochbelastete Getriebe sind fress- und graufleckengefährdet. Das heißt, die durch die Belastung im Zahneingriff entstehenden hohen Pressungen und Temperaturen können Schäden an der Verzahnung verursachen, die zu einem frühzeitigen Ausfall eines Getriebes führen. Insbesondere bei nicht optimierten Verzahnungsgeometrien und -oberflächen, Stoßbelastungen, Schwingungen, hohen Gleitanteilen sowie hohen Flächenpressungen ist die Gefahr von Fress- oder Graufleckenschäden besonders hoch.

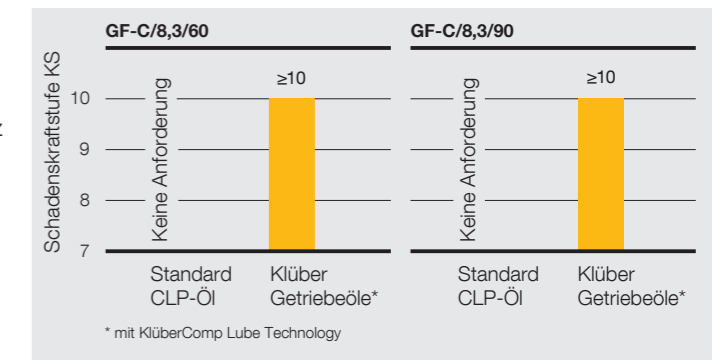
Fressen: Mittels des FZG-Fresstests nach ISO 14635-1 wird die Fähigkeit eines Öls, vor Fressschäden zu schützen, überprüft. Schadenskraftstufe KS 12 des FZG-Fresstests ist die Mindestanforderung für Schmieröle CLP nach DIN 51517-3 und EP-Öle nach AGMA 9005/E02. Die Getriebeöle von Klüber Lubrication mit KlüberComp Lube Technology übertreffen diese Anforderungen mit deutlich höheren Fresskraftstufen und Geschwindigkeiten. Sie bieten damit hervorragenden Schutz, auch unter extremen Stoßbelastungen.

FZG-Fresstest (Ergebnisse)



Grauflecken: Der Graufleckentest nach FVA 54/7 ist der Standardtest zur Bestimmung der Graufleckentragfähigkeit eines Getriebeöls. Diese wird je nach Erreichen der Schadenskraftstufe als gering, mittel oder hoch klassifiziert. Die Graufleckentragfähigkeit der Getriebeöle von Klüber Lubrication mit KlüberComp Lube Technology wird als hoch – Schadenskraftstufe \ge KS 10 – eingestuft.

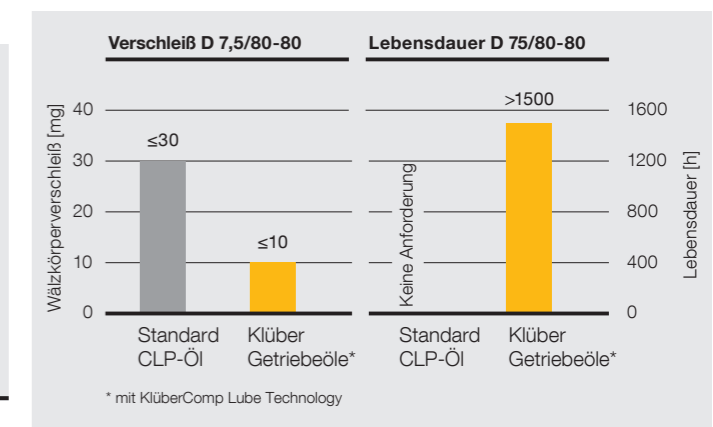
FZG-Graufleckentest (Ergebnisse)



Schutz der Wälzlager

Neben der Verzahnung müssen auch die verwendeten Wälzlager vor hohem Verschleiß und frühzeitiger Ermüdung geschützt werden, da Wälzlagerausfälle eine häufige Ursache von Getriebeausfällen sind. Der Einfluss von Getriebeölen auf das Verschleißverhalten von Wälzlagern wird im FAG FE8-Verschleißtest nach DIN 51819-3 untersucht. Die Getriebeöle von Klüber Lubrication übertreffen die Mindestanforderungen dieser Prüfung für Schmieröle CLP. Darüber hinaus erreichen sie in der FE8-Lebensdaueruntersuchung die doppelte rechnerische Lagerlebensdauer. Somit können die Wälzlager die vom Konstrukteur vorgesehene Lebensdauer sicher erreichen.

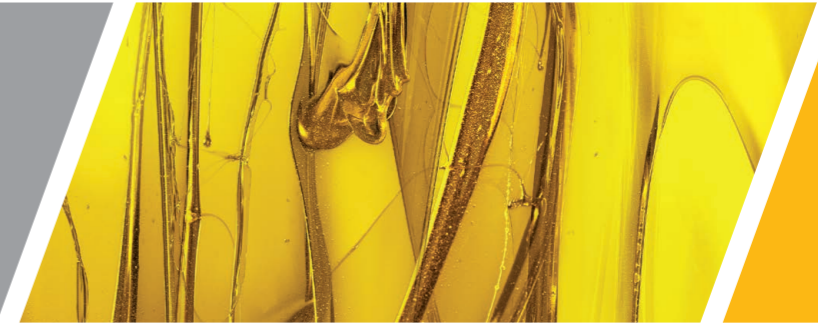
FE8 Wälzlagertest (Ergebnisse)



Fazit:

Die in den Getriebeölnormen wie DIN 51517-3 oder der ähnlichen AGMA 9005 geforderten Leistungsnachweise reichen oft nicht aus, einen sicheren Betrieb zu gewährleisten. Hochleistungsgetriebeöle von Klüber Lubrication übertreffen diese Normen und bieten daher auch in kritischen Anwendungssituationen eines Getriebes einen ausreichenden Schutz vor Schäden an Verzahnungen und Wälzlagern.

Die Wahl des richtigen Getriebeöles



Mineralöle oder synthetische Getriebeöle

Zur Schmierung geschlossener Industriegetriebe werden auch heute noch zu einem großen Teil mineralölbasische Getriebeöle verwendet. Die Anwendung synthetischer Getriebeöle bietet sich allerdings immer dann an, wenn mineralölbasische Öle die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit erreicht haben, zum Beispiel Temperatureinsatzgrenzen. Für die Anwendung in Zahnradgetrieben haben sich insbesondere synthetische Getriebeöle auf der Basis

- Polyalphaolefin (PAO)
- Polyglykol (PG)
- Ester (E)

durchgesetzt.

Polyalphaolefin (PAO)

In ihrem chemischen Aufbau ähneln Polyalphaolefine Mineralölen. Sie sind deshalb auch unter der Bezeichnung synthetische Kohlenwasserstoffe (SHC) allgemein bekannt. Ihre Verträglichkeit mit Dichtungsmaterialien und Lacken entspricht der von Mineralölen, sie sind wie diese zu entsorgen oder wiederaufzuarbeiten, sowie mit Mineralölresten mischbar. Mit ausgewählten Grundölen und entsprechend abgestimmter Additivierung können auch lebensmittelrechtlich unbedenkliche Getriebeöle (H1 Öle*) zur Anwendung in der Lebensmittel- und Pharmaindustrie hergestellt werden. Getriebeöle auf PAO-Basis zeichnen sich durch ein gutes Alterungsverhalten aus, das Ölwechselintervalle stark verlängert. Darüber hinaus weisen sie ein besonders gutes Tieftemperaturverhalten auf.

Polyglykole (PG)

Mit Polyglykolen ist es möglich, sehr niedrige Reibungszahlen zu erreichen. Deshalb sind sie besonders gut zur Schmierung von Getrieben mit hohem Gleitanteil, wie Schnecken- und Hypoidgetrieben geeignet. Sie weisen mit entsprechender Additivierung ein hervorragendes Verschleißschutzverhalten, insbesondere auch bei Schneckengetrieben mit der Materialpaarung Stahl/Bronze auf.

Wie Getriebeöle auf PAO-Basis eignen sich auch bestimmte PG-basierte Öle mitentsprechend abgestimmter Additivierung zur Herstellung lebensmittelrechtlich unbedenklicher Schmierstoffe (H1 Öle*) zur Anwendung in der Lebensmittel- und Pharmaindustrie.

Polyglykole sind im Allgemeinen nicht mit Mineralöl mischbar, so dass eine Mischung vermieden werden sollte. Aufgrund der hohen Alterungsstabilität werden Polyglykole auch bei extrem hohen Getriebetemperaturen verwendet.

*) Diese Schmierstoffe sind NSF H1 registriert und damit konform mit FDA 21 CFR § 178.3570. Die Schmierstoffe wurden für den unvorhersehbaren Kontakt mit Produkten und Verpackungen in der Lebensmittel-, Kosmetik-, Arzneimittel- oder Tierfutterindustrie entwickelt. Die Verwendung dieser Schmierstoffe leistet dabei einen Beitrag zur Erhöhung der Zuverlässigkeit Ihrer Produktionsprozesse. Wir empfehlen jedoch zusätzlich eine Risikoanalyse, z.B. HACCP, durchzuführen.

Ester (E)

Synthetische Esteröle sind Verbindungen zwischen Säuren und Alkoholen. Es sind daher unzählige Strukturen möglich, die die chemisch-physikalische Charakteristik und damit die Schmierstoffeigenschaften beeinflussen. Je nach Art zeichnen sich Esteröle durch hohe thermische Beständigkeit oder besonders gutes Tieftemperaturverhalten aus.

In der industriellen Getriebeanwendung werden vorwiegend biologisch schnell abbaubare Esteröle verwendet, die in ihrer Leistungsfähigkeit an Polyalphaolefine und Polyglykole heranreichen.

Ester sind mit Mineralölen und Polyalphaolefinen mischbar. Mit Polyglykolen lassen sie sich nur bedingt mischen.

Vorteile synthetischer Getriebeöle

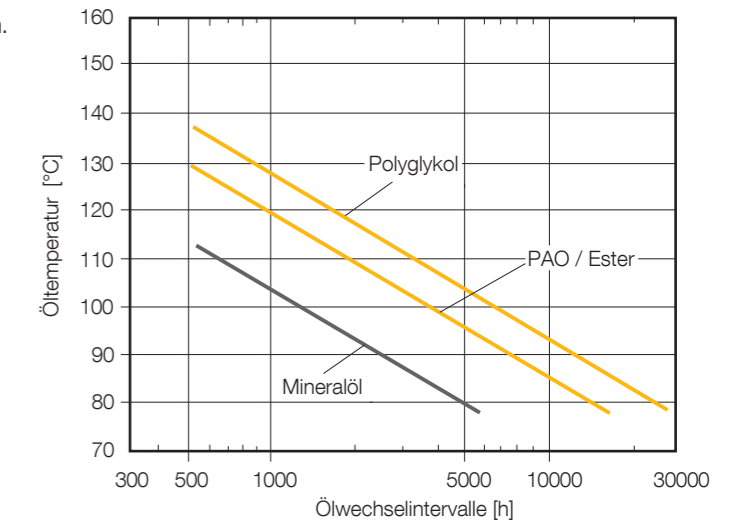
Neben dem weiten Gebrauchstemperaturbereich bieten synthetische Getriebeöle aus konstruktiver Sicht gegenüber Mineralölen eine Vielzahl von Vorteilen:

- Verlängerung der Ölwechselintervalle um das 3- bis 5-fache bei gleicher Betriebsöltemperatur
- Erhöhter Verschleißschutz
- Besserer Kaltstart bei gleicher Nennviskosität (ISO VG)
- Mögliche Einsparung von Kühlvorrichtungen aufgrund der Verringerung der Betriebstemperaturen im Vollastbetrieb
- Energiekosteneinsparung durch Verringerung der Verzahnungsverluste aufgrund von Reibungsminderung

Öllebensdauer

Die längere Lebensdauer synthetischer Getriebeöle und die damit verbundenen längeren Ölwechselintervalle tragen zur Reduzierung von Produktionsausfallzeiten bei und schonen wertvolle Ressourcen. Darüber hinaus kann in bestimmten Fällen eine Lebensdauerschmierung erreicht werden.

Typische Ölwechselintervalle



Vergleich der oberen Gebrauchstemperatur eines Mineralöls mit synthetischen Getriebeölen

Produkt	Öltyp	ISO VG ISO 3448	Viskositätsindex ISO 2909	Obere Gebrauchstemperatur (ca.)
Klüberoil GEM 1 N	Mineralöl	220	≥ 90	100 °C
Klübersynth GEM 4 N	Polyalphaolefin	220	≥ 150	140 °C
Klübersynth GH 6 Klübersynth UH1 6	Polyglykol	220	≥ 220	160 °C

Die Wahl des richtigen Getriebeöles

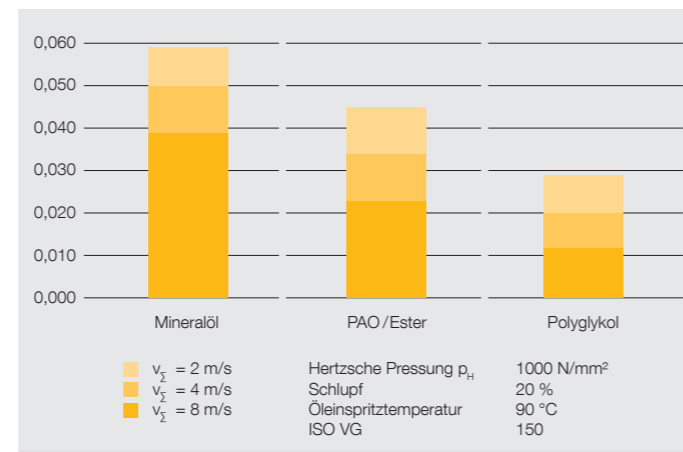
Verbesserung des Wirkungsgrades durch Senkung der Getriebeverluste

Synthetische Getriebeöle auf Basis von Polyalphaolefin, Ester und Polyglykol weisen aufgrund ihrer besonderen Molekülstruktur eine deutlich niedrigere Verzahnungsreibungszahl als Mineralöle auf.

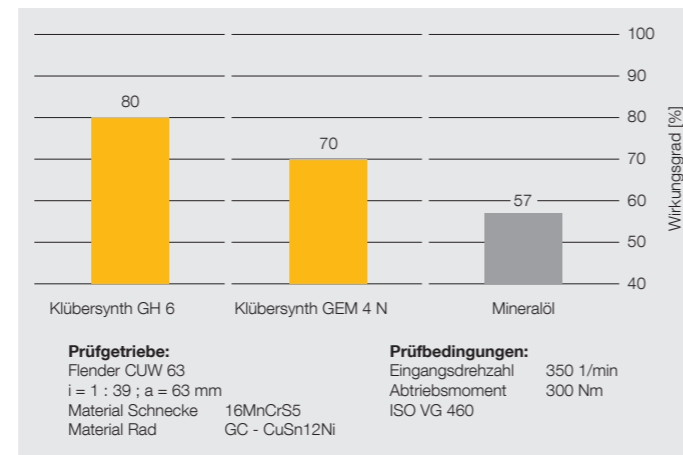
Das Reibungsverhalten von synthetischen Getriebeölen kann um mehr als 30 % niedriger sein als bei einem gebräuchlichen EP-Getriebeöl auf Mineralölbasis. Durch die niedrigeren Reibungszahlen der synthetischen Getriebeöle kann die Verzahnungsverlustleistung erheblich reduziert und dadurch der Getriebewirkungsgrad gesteigert werden.

Besonders bei Getriebearten mit hohen Anteilen an Gleitreibung, wie Schnecken- und Hypoidgetrieben, lassen sich durch Umstellung von Mineralöl auf synthetische Getriebeöle Wirkungsgradsteigerungen über 20% erzielen.

Reibwerte verschiedener Getriebeöle am Zweiseibenprüfstand



Wirkungsgrad auf dem Klüber Schneckengetriebeprüfstand



Auch bei Stirnrad- und Kegelradgetrieben, mit bereits sehr hohen Wirkungsgraden, sind durch die Umstellung auf synthetische Getriebeöle noch Steigerungen bis 1% möglich. Das mag im ersten Moment als nicht viel erscheinen, kann aber je nach Nennleistung eines Getriebes oder in Hinblick auf die Anzahl der verwendeten Getriebe zu erheblichen Energiekosteneinsparungen führen.

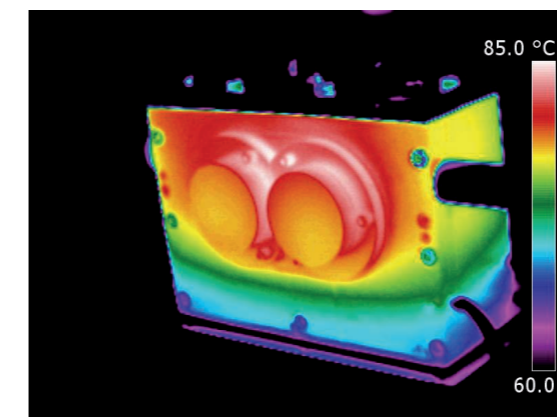
Die mit synthetischen Getriebeölen erzielbare Verbesserung des Wirkungsgrades, speziell bei Zahnradgetrieben mit einem hohen Anteil an lastabhängigen Verzahnungsverlusten bei Nennleistung, ist aus folgender Tabelle ersichtlich.

Getriebetyp ▶	Schneckengetriebe, Hypoidgetriebe	Stirn- und Kegelradgetriebe ohne Achsversatz
Effekt ▼		
Reduzierter Gesamtverlust	30% und mehr	20% und mehr
Verbesserter Wirkungsgrad	20% und mehr	bis zu 1%
Gesenkte Betriebstemperatur (Beharrungstemperatur)	20 °C und mehr	5 °C und mehr

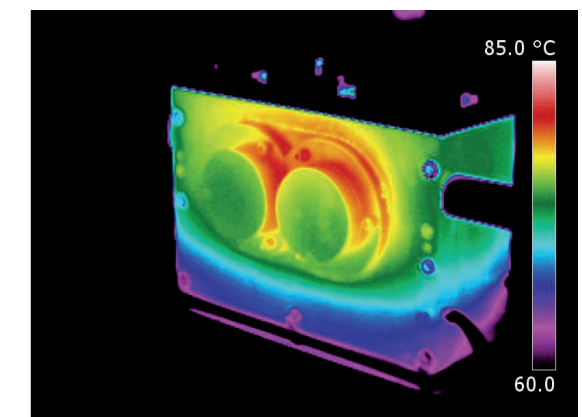
Potenzielle Reduzierung der Getriebeverluste und Verbesserung des Wirkungsgrades bei Verwendung eines synthetischen Öls statt Mineralöl

Die synthetischen Getriebeöle von Klüber bieten einen deutlich höheren Wirkungsgrad als Standardgetriebeöle auf Mineralölbasis. Dadurch wird, wie in den Wärmebildern dargestellt, eine niedrigere Öltemperatur erreicht.

Standardgetriebeöl (Mineralöl, ISO VG 220)

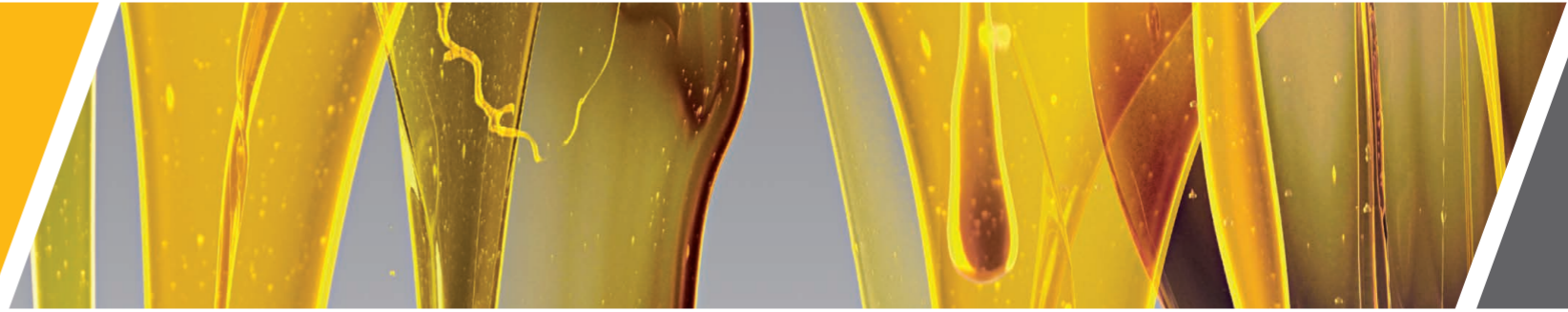


Klübersynth GEM 4-220 N Klüberoil 4 UH1-220 N



Auch in Stirnradgetrieben kann eine Senkung der Öltemperatur von 85 °C mit Mineralöl auf 80 °C mit synthetischen PAO-Getriebeölen von Klüber erzielt werden. Damit werden ein niedrigerer Energieverbrauch, längere Getriebelaufzeiten sowie geringerer Wartungsaufwand erreicht.

Übersicht Klüber Getriebeöle



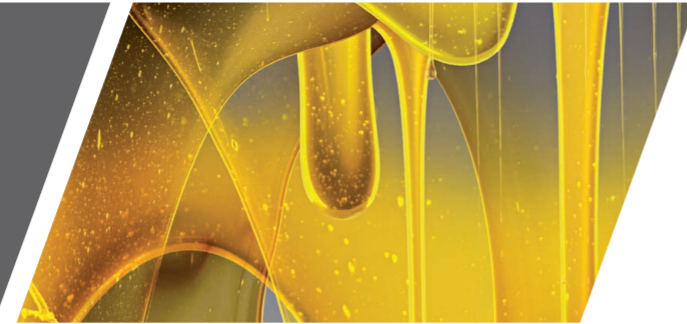
Klüber Getriebeöle	Grundöl	Verfügbare ISO VG	Getriebetyp			Gebrauchstemperaturbereich			Leistungsparameter				DIN 51517-3, AGMA 9005 Bezeichnung	Mögliche Energieeinsparungen
			Stirnrad-, Kegelrad-, Planetengetriebe	Hypoidgetriebe	Schneckengetriebe	Untere Gebrauchstemperatur (ca.)	Obere Gebrauchstemperatur (ca.)		Öllebensdauer	Verzahnenschutz (Fressen, Grauflecken, Grübchen)	Wälzlagerschutz (Verschleiß, Grübchen)	Elastomerverträglichkeit Radialwellendichtringe		
Klüberoil GEM 1 N*	MIN	46...1000	+++	++	+	-15 °C	100 °C		+	+++	+++	+++	CLP, EP Öl	+
Klübersynth GEM 4 N*	PAO	32...680	+++	+	++	-50 °C	140 °C		++	+++	+++	+++	CLP, EP Öl	++
Klübersynth GH 6*	PG	22...1500	++	+++	+++	-55 °C	160 °C		+++	+++	+++	+++	CLP, EP Öl	+++
Klübersynth UH1 6**/**	PG	100...1000	++	+	+++	-35 °C	160 °C		+++	+++	+++	+++	CLP, EP Öl	+++
Klüberoil 4 UH1 N**	PAO	32...1500	++	+	+	-35 °C	120 °C		++	++	+++	++	CLP, EP Öl	++
Klübersynth GEM 2	Ester	220, 320	++	+	+	-30 °C	130 °C		++	+++	+++	+	-	++
Klübersynth G 4	PAO	68...220	++	+	+	-40 °C	140 °C		++	+	+	+	-	++
Klübersynth EG 4	PAO	150...1000	++	++	+	-35 °C	140 °C		++	+	+	+	EP Öl	++
Klübersynth GHE 6	PG	100, 460	+++	++	+	-35 °C	160 °C		+++	++	++	++	CLP, EP Öl	+++
Klübersynth GE 4 75 W 90	PAO	-***	++	+++	+	-40 °C	150 °C		++	++	++	+	-	++
Klüberbio CA 2	Ester	100, 460	++	+	+	-30 °C	110 °C		++	+	++	+	CLP, EP Öl	++
Klüberbio EG 2	Ester	150	++	+	+	-25 °C	100 °C		++	++	++	+(+)	CLP, EP Öl	++

Standard CLP-Öl - - - - - Keine Anforderung Keine Anforderung - Mindestanforderung Mindestanforderung Mindestanforderung CLP, EP Öl Keine Anforderung

+++ Optimale Leistung/Nutzen ++ Erhöhte Leistung/Nutzen + Standard

* mit KlüberComp Lube Technology ** mit H1-Zertifizierung *** SAE-Viskositätsklasse 75 W 90

Viskositätsauswahl



Die für ein Getriebe erforderliche Viskosität hängt von der Geometrie sowie der Beanspruchung des Getriebes ab und kann in Anlehnung an DIN 51509-1 bestimmt werden. Hierzu wird der Kraft-Geschwindigkeits-Faktor k_s/v je Getriebestufe gebildet, welcher neben geometrischen Größen auch den Geschwindigkeits- und Belastungseinfluss auf die Viskositätsauswahl berücksichtigt. Die Berechnung des Kraft-Geschwindigkeits-Faktors unterscheidet zwischen folgenden Getriebeararten.

Stirnradgetriebe, Kegelradgetriebe

$$\frac{k_s}{v} = \left[\frac{F_t}{b \cdot d_1} \cdot \frac{u+1}{u} \cdot Z_H^2 \cdot Z_e^2 \cdot K_A \right] / v$$

v	Umfangsgeschwindigkeit	[m/s]
F_t	Umfangskraft	[N]
b	Zahnbreite	[mm]
d_1	Teilkreisdurchmesser	[mm]
u	Übersetzung (= z_2/z_1 ; $z_2 > z_1$)	[-]
K_A	Anwendungsfaktor	[-]
Z_H	Zonenfaktor	[-]
Z_e	Überdeckungsfaktor	[-]

Schneckengetriebe

$$\frac{k_s}{v} = \frac{T_2}{a^3 \cdot n_s} \cdot K_A$$

T_2	Abtriebsdrehmoment	[Nm]
a	Achsabstand	[m]
n_s	Schneckendrehzahl	[min ⁻¹]
K_A	Anwendungsfaktor	[-]

Ergänzende Formeln:

$$F_t = 2000 \cdot T_1 / d_1$$

(mit: Antriebsmoment T_1 in [Nm],
Teilkreisdurchmesser d_1 in [mm])

$$v = \pi \cdot d_1 \cdot n_1 / 60000$$

(mit: Teilkreisdurchmesser d_1 in [mm],
Antriebsdrehzahl n_1 in [min⁻¹])

Näherung: $Z_H^2 \cdot Z_e^2 = 3$
Hinweis: Anhaltswerte für K_A können
DIN 3990-6 entnommen werden.

Bestimmung des Anwendungsfaktors K_A

Arbeitsweise der Antriebsmaschine	Arbeitsweise der getriebenen Maschine			
	gleichmäßig (uniform)	mäßige Stöße (moderate)	mittlere Stöße	starke Stöße (heavy)
gleichmäßig (uniform)	1	1,25	1,5	1,75
leichte Stöße	1,1	1,35	1,6	1,85
mäßige Stöße (moderate)	1,25	1,5	1,75	2
starke Stöße (heavy)	1,5	1,75	2	2,25 oder höher

Die Werte gelten für das Nennmoment der Arbeitsmaschine, ersatzweise das Nennmoment des Antriebsmotors, sofern dieses dem Momentbedarf der Arbeitsmaschine entspricht. Die Werte gelten nur für Maschinen, die nicht im Resonanzbereich arbeiten und nur bei gleichmäßigem Leistungsbedarf. Bei Anwendungen mit ungewöhnlichen Belastungen, Motoren mit hohen Anlaufmomenten, Aussetzbetrieb, bei Betrieb mit extremen, wiederholten Stoßbelastungen muss man die Getriebe auf Sicherheit gegenüber statischer Festigkeit und Zeitfestigkeit überprüfen. Beispiele siehe DIN 3990 Teil 6, Seite 9.

Beispiele für Antriebsmaschinen mit unterschiedlicher Arbeitsweise

Antriebsweise	Antriebsmaschine
gleichmäßig (uniform)	Elektromotor (z. B. Gleichstrommotor), Dampf-, Gasturbine bei gleichmäßigem Betrieb*) (geringe, selten auftretende Anfahrmente)**)
leichte Stöße	Dampfturbine, Gasturbine, Hydraulik-, Elektromotor (größere, häufig auftretende Anfahrmente)**)
mäßige Stöße (moderate)	Mehrzylinder Verbrennungsmotor
starke Stöße (heavy)	Einzyylinder Verbrennungsmotor

*) Durch Schwingungsuntersuchungen bzw. durch Erfahrungen mit ähnlichen Anlagen belegt

***) Vergleiche Lebensdauerkurven ZNT; YNT des Werkstoffs in DIN 3990 Teil 2 und Teil 3. Berücksichtigung von kurzzeitig wirkenden Überlastmomenten

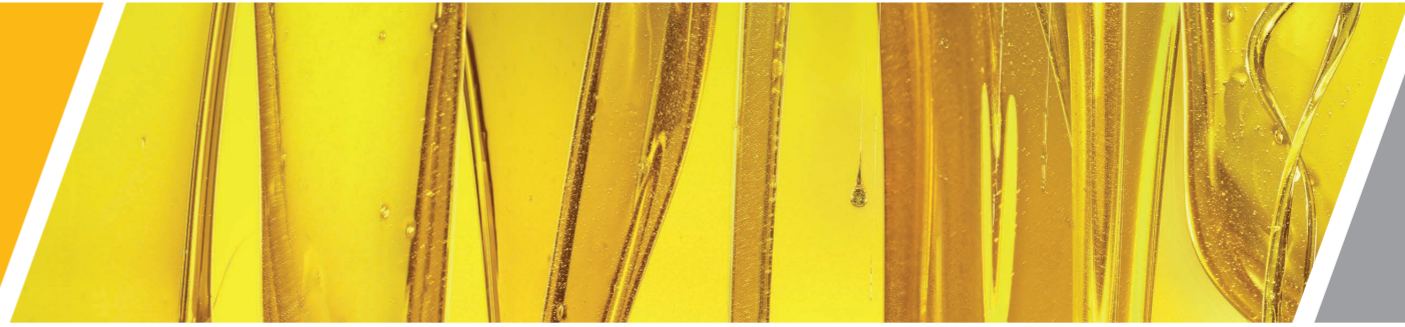
Beispiele für die Arbeitsweise der getriebenen Maschine

Arbeitsweise	Getriebene Maschine
gleichmäßig (uniform)	Stromerzeuger; gleichmäßig beschickte Gurtförderer oder Plattenbänder; Förderschnecken; leichte Aufzüge; Verpackungsmaschinen; Vorschubantriebe von Werkzeugmaschinen; Lüfter; leichte Zentrifugen; Kreiselpumpen; Rührer und Mischer für leichte Flüssigkeiten oder Stoffe mit gleichmäßiger Dichte; Scheren; Pressen; Stanzen ¹⁾ ; Drehwerke; Fahrwerke ²⁾
mäßige Stöße (moderate)	Ungleichmäßig (z. B. mit Stückgut) beschickte Gurtbänder oder Plattenbänder; Hauptantrieb von Werkzeugmaschinen; schwere Aufzüge; Drehwerke von Kranen; Industrie- und Grubenlüfter; schwere Zentrifugen; Kreiselpumpen; Rührer und Mischer für zähe Flüssigkeiten oder Stoffe mit unregelmäßiger Dichte; Kolbenpumpen mit mehreren Zylindern; Zuteilpumpen; Extruder (allgemein); Kalande; Drehöfen; Walzwerke ³⁾ (kontinuierliche Zinkband-, Aluminiumband- sowie Draht- und Stabwalzwerke)
mittlere Stöße	Extruder für Gummi; Mischer mit unterbrochenem Betrieb für Gummi und Kunststoffe; Kugelmühlen (leicht); Holzbearbeitung (Sägegatter, Drehmaschinen); Blockwalzwerke ^{3), 4)} ; Hubwerke; Einzylinder-Kolbenpumpen
starke Stöße (heavy)	Bagger; (Schaufelradantriebe); Eimerkettenantriebe; Siebantriebe; Löffelbagger; Kugelmühlen (schwer); Gummikneiter; Brecher (Stein, Erz); Hüttenmaschinen; schwere Zuteilpumpen; Rotary-Bohranlagen; Ziegelpressen; Entrindungstrommeln; Schälmaschinen; Kaltbandwalzwerke ^{3), 5)} ; Brikettpressen; Koliergänge

1) Nennmoment = maximales Schnitt-, Press-, Stanzmoment 2) Nennmoment = maximales Anfahrmoment 3) Nennmoment = maximales Walzmoment

4) Drehmoment aus Strombegrenzung 5) K_A bis 2,0 wegen häufiger Bandrisse

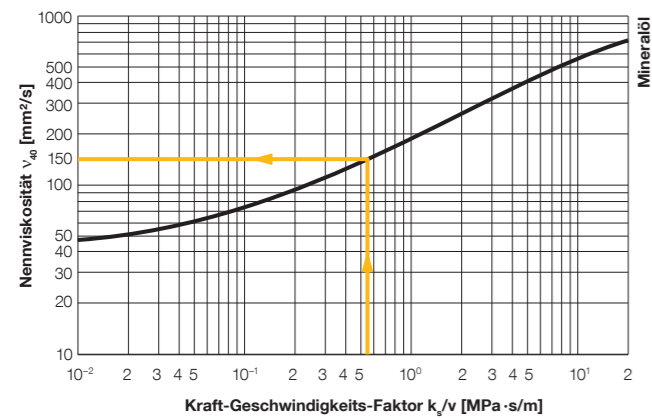
Viskositätsauswahl



Mineralöle

Nach Bestimmung des für ein Getriebe kritischen Kraft-Geschwindigkeits-Faktors k_s/v kann für Mineralöle die erforderliche Nennviskosität graphisch nach DIN 51509-1 bestimmt werden. Es wird zwischen den verschiedenen Getriebearten unterschieden.

Viskositätsauswahl für Stirnradgetriebe, Kegelradgetriebe



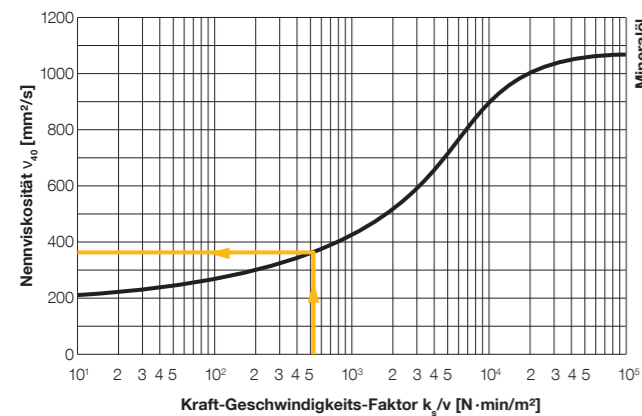
Hinweis:

Die dargestellten Kurven zur Viskositätsauswahl von Mineralölen gelten für eine Umgebungstemperatur von 20 °C sowie eine Betriebsöltemperatur von 70 °C.

Beträgt die Umgebungstemperatur ständig über 25 °C, so beträgt die erforderliche Viskositätserhöhung etwa 10 % je 10 °C Temperaturerhöhung gegenüber der Umgebungstemperatur von 20 °C.

Beträgt die Umgebungstemperatur ständig unter 10 °C, so beträgt die erforderliche Viskositätssenkung etwa 10 % je 3 °C Temperaturrückgang gegenüber der Umgebungstemperatur von 20 °C.

Viskositätsauswahl für Schneckengetriebe



Bei zweistufigen Getrieben ist die hinsichtlich der Getriebebeanspruchung kritischere Getriebebestufe maßgebend, also die Getriebebestufe mit dem höheren Kraft-Geschwindigkeits-Faktor k_s/v . Bei dreistufigen Getrieben ist zwischen den beiden hinsichtlich der Getriebebeanspruchung am meisten kritischen Getriebestufen zu interpolieren.

Synthetische Getriebeöle

Für synthetische Getriebeöle von Klüber Lubrication kann die zur Schmierung eines Getriebes erforderliche Nennviskosität anhand der Klüber-Viskositätszahl KVZ und der zu erwartenden Betriebsöltemperatur ermittelt werden. Hierzu wird ebenfalls der Kraft-Geschwindigkeits-Faktor k_s/v je Getriebebestufe berechnet und damit die Klüber-Viskositätszahl KVZ bestimmt, wobei auch hier zwischen den Getriebearten unterschieden wird.

Nach Bestimmung der Klüber-Viskositätszahl KVZ kann für die synthetischen Getriebeöle von Klüber Lubrication, die in vielen ISO VG-Klassen erhältlich sind, die erforderliche Nennviskosität graphisch in Abhängigkeit der zu erwartenden Betriebsöltemperatur aus den Diagrammen ab S. 22 bestimmt werden.

Hinweis: Unter Betriebsöltemperatur wird die Ölsumpftemperatur bzw. die Temperatur des eingespritzten Öles verstanden.

Stirnradgetriebe, Kegelradgetriebe

k_s/v $\left[\frac{\text{MPa} \cdot \text{s}}{\text{m}} \right]$	KVZ
$\leq 0,02$	1
$> 0,02$ bis 0,08	2
$> 0,08$ bis 0,3	3
$> 0,3$ bis 0,8	4
$> 0,8$ bis 1,8	5
$> 1,8$ bis 3,5	6
$> 3,5$ bis 7,0	7
$> 7,0$	8

Beispiel 1

Schneckengetriebe

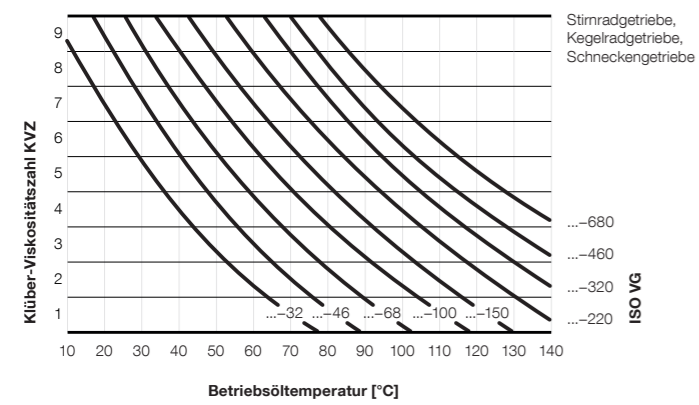
k_s/v $\left[\frac{\text{MPa} \cdot \text{s}}{\text{m}} \right]$	KVZ
≤ 60	5
≤ 60	6
> 400 bis 1800	7
> 1800 bis 6000	8
> 6000	9

Beispiel 2

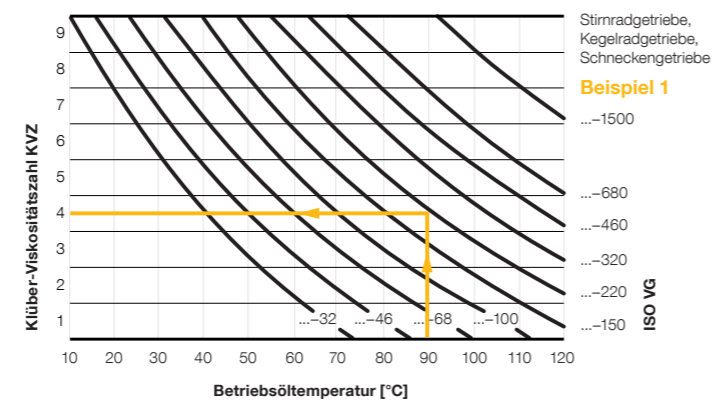
Viskositätsauswahl



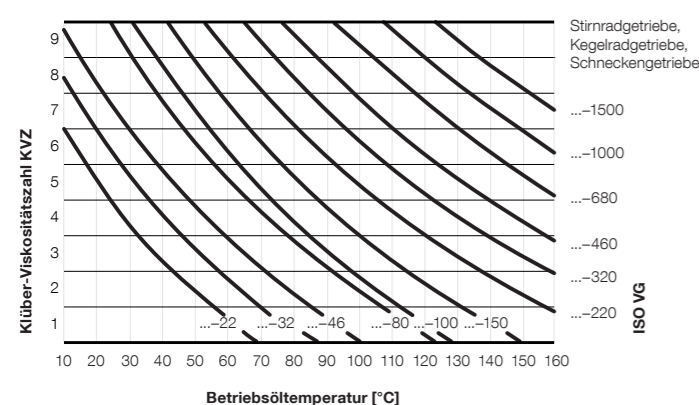
Viskositätsauswahl (ISO VG) für Klübersynth GEM 4 N



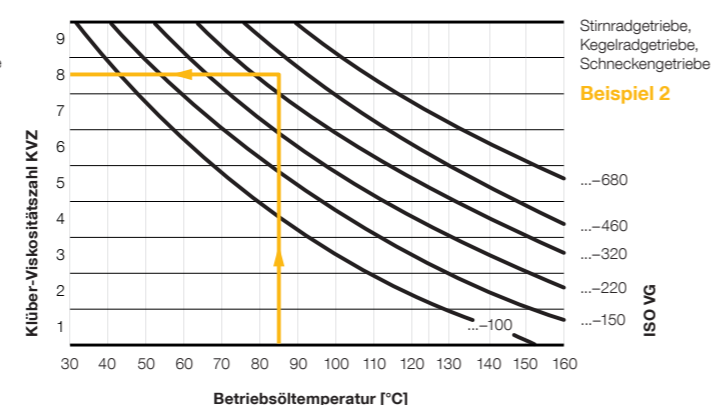
Viskositätsauswahl für Klüberoil 4 UH1 N



Viskositätsauswahl für Klübersynth GH 6



Viskositätsauswahl für Klübersynth UH1 6



Tipp: Bei Grenzfällen ist immer die nächst höhere Viskositätsklasse zu wählen. Bei tiefen Temperaturen ist die Fließfähigkeitsgrenze des Getriebeöls zu beachten!

Tipp: Nach Bestimmung der erforderlichen Viskositätslage sollte auch immer die Fresssicherheit für die Verzahnung betrachtet werden. Darüber hinaus ist eine Abstimmung mit den Viskositätsanforderungen der zusätzlich im Getriebe enthaltenen Schmierstellen z. B. Wälzlager, Gleitlager, Kupplungen, Ölpumpen, erforderlich.

Beispiel 1:

Einstufiges Stirnradgetriebe zum Antrieb eines Lüfters in der Getränkeindustrie

Antriebsmaschine: Elektromotor
 Nennumfangskraft: $F_t = 3000 \text{ N}$
 Zahnbreite: $b = 25 \text{ mm}$
 Teilkreisdurchmesser: $d_1 = 230 \text{ mm}$
 Zahnzahlverhältnis: $u = 2,5$
 $Z_H^2 \cdot Z_\epsilon^2 \approx 3$
 Anwendungsfaktor: $K_A = 1$
 Umfangsgeschwindigkeit: $v = 4 \text{ m/s}$
 Stribecksche Wälzpressung: $k_S = 2,2 \text{ MPa}$

Kraft-Geschwindigkeits-Faktor: $k_S/v = 0,55 \frac{\text{MPa} \cdot \text{s}}{\text{m}}$

Aus der Tabelle auf Seite 21 folgt die Klüber-Viskositätszahl: $\text{KVZ} = 4$
 Zu erwartende Ölsumpftemperatur: $\approx 90 \text{ °C}$

Ausgewähltes Getriebeöl mit H1-Zertifizierung: Klüberoil 4 UH1-220 N in ISO VG 220

Beispiel 2:

Schneckengetriebebestufe eines Getriebemotors zum Antrieb eines Kreisförderers in der Getränkeindustrie

Antriebsmaschine: Elektromotor
 Abtriebsmoment: $T_2 = 300 \text{ Nm}$
 Schneckendrehzahl: $n_1 = 350 \text{ min}^{-1}$
 Achsabstand: $a = 0,063 \text{ m}$
 Anwendungsfaktor: $K_A = 1$
 Kraft-Geschwindigkeits-Faktor: $k_S/v = 3428 \frac{\text{N} \cdot \text{min}}{\text{m}^2}$

Aus der Tabelle auf Seite 21 folgt die Klüber-Viskositätszahl: $\text{KVZ} = 8$
 Zu erwartende Ölsumpftemperatur: $\approx 85 \text{ °C}$

Ausgewähltes Getriebeöl mit H1-Zertifizierung: Klübersynth UH1 6-460 in ISO VG 460

Ölstand, Eintauchtiefe und Ölmengen

Die meisten geschlossenen Industriegetriebe werden mit Öl geschmiert. Die einfachste Methode, die zu schmierenden Komponenten im Getriebe mit Schmierstoff zu versorgen, ist die Tauchschmierung. Sie verbindet die Vorteile besonderer Wirtschaftlichkeit und einfacher Handhabung mit denen zuverlässiger, kontinuierlicher Schmierung und in weiten Bereichen ausreichender Kühlwirkung. Durch abspritzendes Öl werden teilweise auch nicht eintauchende Zahnräder und Wälzlager geschmiert.

Zur Verstärkung der Spritzwirkung werden gegebenenfalls zusätzliche Spritzscheiben auf den Wellen angebracht. Die Tauchschmierung mit Öl ist ohne besondere konstruktive Maßnahmen bis zu Umfangsgeschwindigkeiten von ca. 20 m/s anwendbar. Durch den Einbau von Ölführungen, Leitblechen und Öltaschen sind durchaus auch höhere Umfangsgeschwindigkeiten möglich.

Für eine sichere Schmierung und einen schadensfreien Betrieb ist bei der Tauchschmierung die Einhaltung des vorgegebenen Ölstandes zu beachten. Liegt der Ölstand zu niedrig, kann das zu Mangelschmierung, nicht ausreichender Wärmeabfuhr und zu erhöhtem Verschleiß führen. Ist der Ölstand zu hoch, steigen die Planschverluste und in der Folge die Öltemperatur sowie die Getriebeverluste. Um die Planschverluste möglichst gering zu halten, wird allgemein die Eintauchtiefe mit zunehmender Umfangsgeschwindigkeit herabgesetzt.



Empfohlene Eintauchtiefen bei Tauchschmierung

Getriebeart	Betriebsbedingungen	Eintauchtiefe
Stirradgetriebe	Umfangsgeschwindigkeit bis zu 5 m/s	3- bis 5-fache Modulgröße
	Umfangsgeschwindigkeit > 5...20 m/s	1- bis 3-fache Modulgröße
Kegelradgetriebe	–	Eintauchen der Zähne über die gesamte Radbreite
Schneckengetriebe	Schnecke oben	Rad bis ca. 1/3 seines Durchmessers eingetaucht
	Schnecke unten	Rad etwa bis zur Mitte des Eingriffs eingetaucht
	Schnecke seitlich	Rad mindestens bis zur Hälfte der Schneckenhöhe eingetaucht

Weitere Schmierungsverfahren bei Ölschmierung sind die Tauch-Umlaufschmierung sowie die Druckumlaufschmierung. Bei Umfangsgeschwindigkeiten, die sich mit Tauchschmierung nicht

mehr beherrschen lassen, und bei den meisten Getrieben mit Gleitlagern wird die Druckumlaufschmierung mit Öleinspritzung in den Zahneingriff angewendet.

Empfohlene Schmierverfahren

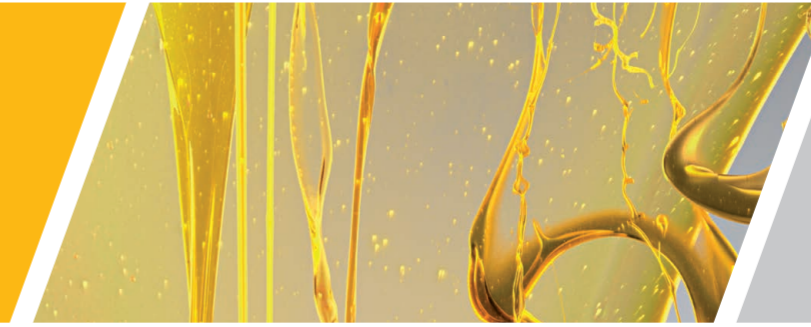
Getriebe	Umfangsgeschwindigkeit	Schmierverfahren
Stirn- und Kegelradgetriebe	bis 20 m/s	Tauchschmierung
	von 20 bis 250 m/s	Öleinspritzschmierung
Schneckengetriebe (Schnecke taucht ein)	bis 12 m/s	Tauchschmierung
	ab 12 m/s	Öleinspritzschmierung
Schneckengetriebe (Rad taucht ein)	bis 8 m/s	Tauchschmierung
	ab 8 m/s	Öleinspritzschmierung

Die Druckumlaufschmierung ist bis zu den höchsten Umfangsgeschwindigkeiten anwendbar. Die Versorgung der Zahnflanken mit Öl erfolgt über Schlitzdüsen oder Ölbrausen. Die Einspritzmenge richtet sich an der aus der Verzahnung abzuführenden Wärmemenge aus. Als Erfahrungswert gilt:

0,5 bis 1,0 l/min pro cm Zahnbreite

Tipp: Bei der erforderlichen Ölumlaufrmenge muss neben der für die Verzahnung erforderlichen Ölmenge auch die für die Lager berücksichtigt werden.

Ölwechsel: so wird's gemacht



Normaler Ölwechsel ohne Ölumstellung

Bei ölgeschmierten Getrieben werden nach bestimmten Intervallen Ölwechsel notwendig, da Einsatz- und Umgebungsbedingungen den Schmierstoff durch Alterung, Abrieb und Fremdeintrag unzulässig verändert haben. Ziel des Ölwechsels ist es, eine betriebssichere Schmierung wieder herzustellen. Das gleiche Ziel will man erreichen, wenn ein ansonsten noch verwendbares Getriebeöl für die Betriebsbedingungen nicht geeignet ist und ausgewechselt werden muss.

Bei einem solchen Ölwechsel bleiben technisch unvermeidbare Restmengen im Getriebe. Häufig kann man diese Restmengen nicht tolerieren und muss geeignete Maßnahmen zur Entfernung ergreifen. Einfachste Methode ist die Spülung des Getriebes. Das alte Getriebeöl wird möglichst im betriebswarmen Zustand unmittelbar nach dem Stillsetzen abgelassen. Ein nachfolgender Spülvorgang soll noch weitere Rückstände austragen. Mittels nicht fasernden Tüchern – keine Putzwolle – und Gummischiebern können Ölbehälter und Getriebeinnenwandungen zusätzlich gereinigt werden.

Ein größeres Problem stellen stärkere Verschmutzungen im System dar. Dies können Ablagerungen durch übermäßig gealtertes Öl sein. In diesen Fällen hilft nur die Anwendung von Reinigungsölen und manuelle Reinigung der zugänglichen Bereiche. Zur Reinigung mit Öl bietet sich die Verwendung von KlüberSummit Varnasolv als Hinzugabe zu Mineralöl und PAO an, das bei einer Zugabe von 10% zu einem schnellen Lösen der Rückstände führt. Zunächst werden ca. 10% der bestehenden Ölfüllung abgelassen, danach füllt man entsprechend mit KlüberSummit Varnasolv auf. Nach einer Laufzeit von 24 bis 48 Stunden kann das Öl abgelassen werden. Verbliebene Schmutzreste können mechanisch entfernt werden.

Ölwechsel Checkliste – Getriebeinspektion

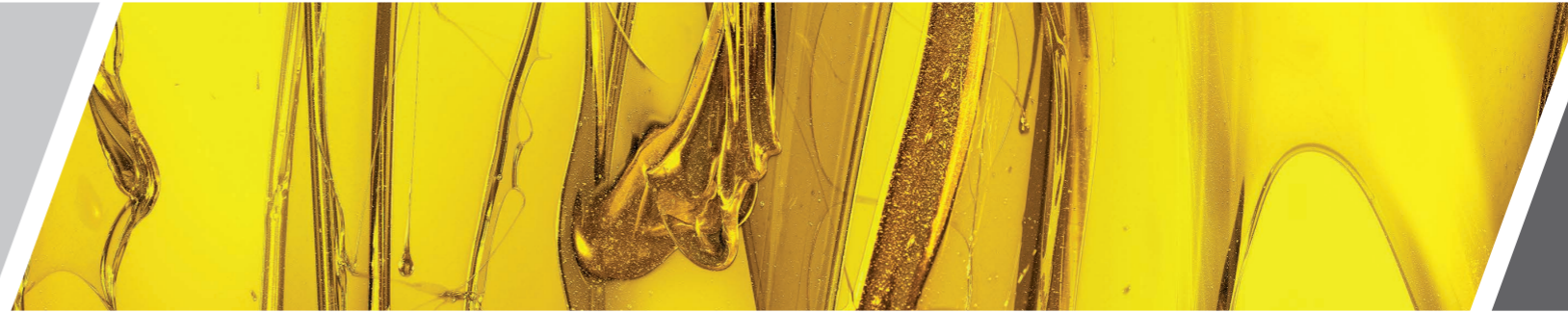
Getriebe sauber
Öl warm ablassen
Inspektion der Verzahnung
Vorhandene Filter wechseln
Neues Öl einfüllen
Getriebe in Betrieb nehmen und wieder abstellen
Ölstand überprüfen
Ggf. Referenzölmuster nehmen

Getriebe verschmutzt
Öl warm ablassen
Spülöl einfüllen
Getriebe ohne Last bzw. nur Einspritzsystem ca. 30 - 60 Min. betreiben
Spülöl ablassen
Inspektion der Verzahnung
Vorhandene Filter wechseln
Neues Öl einfüllen
Getriebe in Betrieb nehmen und wieder abstellen
Ölstand überprüfen
Ggf. Referenzölmuster nehmen

Getriebe stark verschmutzt
Ca. 10% der Ölfüllung warm ablassen
Mit Varnasolv nachfüllen
24 - 48 Std. betreiben
Öl warm ablassen
Spülöl einfüllen*
Getriebe ohne Last bzw. nur Einspritzsystem ca. 30 - 60 Min. betreiben*
Spülöl ablassen*
Inspektion der Verzahnung
Vorhandene Filter wechseln
Neues Öl einfüllen
Getriebe in Betrieb nehmen und wieder abstellen
Ölstand überprüfen
Ggf. Referenzölmuster nehmen

* Bei Bedarf

Ölwechsel: so wird's gemacht



Umstellung von Mineralöl auf synthetisches Getriebeöl

Welches synthetische Getriebeöl am besten für eine Umstellung geeignet ist, sollte nicht vom Betreiber allein entschieden werden, sondern grundsätzlich immer mit dem Getriebe- und eventuell dem Anlagenhersteller abgestimmt werden.

Die Umstellung von Mineralöl auf synthetisches Getriebeöl sollte sehr sorgfältig durchgeführt werden. Es genügt unter Umständen nicht, nur das gebrauchte Mineralöl abzulassen und neues synthetisches Getriebeöl einzufüllen. Besonders bei älteren Getrieben kann davon ausgegangen werden, dass sich Ölrückstände im Getriebegehäuse, in Ölleitungen und weiteren Bauteilen angelagert haben, die von allen synthetischen Ölen an- und abgelöst werden. Sofern die Rückstände nicht entfernt werden, können diese im späteren Betrieb zu Getriebeschäden führen. Ölleitungen und Filter werden zugesezt, Dichtungen, Pumpen und Verzahnungen beschädigt. Indem man ca. 10% der vorhandenen Mineralölfüllung durch Klüber Summit Varnasolv ersetzt, kann man die Ölrückstände lösen und damit die Reinigung des Getriebes erleichtern. Um Schäden zu vermeiden, sind nach dem Ölablassen, das möglichst im betriebswarmen Zustand geschehen sollte, Getriebe oder geschlossene Schmier-systeme mit dem später zu verwendenden synthetischen Getriebeöl zu spülen.

Bei Umstellung auf H1-zertifizierte Schmierstoffe oder Bio-Schmieröle, wie Klüberoil 4 UH1 N oder Klüberbio-Öle sollte der Spülvorgang noch ein- bis zweimal wiederholt werden. Nur so kann sichergestellt werden, dass alle Mineralölreste entfernt sind, die die speziellen Eigenschaften dieser Schmierstoffe wie lebensmittelrechtliche Unbedenklichkeit oder biologisch schnelle Abbaubarkeit, negativ beeinflussen können.

Das zur Spülung verwendete synthetische Getriebeöl darf anschließend nicht zur Schmierung verwendet werden, kann aber aufbewahrt werden und für weitere Spülungen dienen. Vor dem Einfüllen des frischen synthetischen Öls sind Ölfilter oder Filtereinsätze zu wechseln.

Umstellung von Mineralöl auf Polyalphaolefin (PAO)

- Klübersynth GEM 4 N
- Klüberoil 4 UH1 N
- Klübersynth GE 4 75 W 90
- Klübersynth G 4

Polyalphaolefine ähneln in ihrem chemischen Aufbau Mineralölen. Sie können daher ohne Bedenken mit Resten von Mineralölen, die durch normales Ölablassen nicht entfernt werden können, gemischt werden. Um die volle Leistungsfähigkeit zu erhalten, sollten die Restmengen, inklusive Umlaufsystem und Ölbehälter, jedoch 5% nicht überschreiten.

Mischungen mit Getriebeölen anderer synthetischer Basis sind nicht zulässig. Getriebeöle auf Basis von PAO verschiedener Hersteller können miteinander gemischt werden. Um die Merkmale des ursprünglichen Getriebeöls nicht zu verändern, sind die Mengen der anderen Ölsorte klein zu halten.

Bei Betriebs-Öltemperaturen über 80 °C sollten nur Dichtungen aus Fluorkautschuk oder Polytetrafluorethylen (PTFE) verwendet werden. Unter 80 °C sind auch Dichtungen aus NBR gegenüber PAO-Ölen beständig.

Für Gehäuseinnenanstriche empfehlen sich Epoxid- und Polyurea-Lacke.

Umstellung von Mineralöl auf Polyglykol (PG)

- Klübersynth GH 6
- Klübersynth UH1 6
- Klübersynth GHE 6

Polyglykole lassen sich weder mit Mineralölen noch mit anderen synthetischen Getriebeölen mischen. Eine Vermischung ist deshalb zu vermeiden. Polyglykole verschiedener Hersteller können miteinander gemischt werden. Um die Merkmale des ursprünglichen Getriebeöls nicht zu verändern, sind die Mengen der anderen Ölsorte klein zu halten.

Bei Anwendung von Polyglykolölen ist zu beachten, dass verwendete Materialien der Dichtungen, Farbanstriche und Schaugläser bekannt sein sollten, um Wechselwirkungen mit dem Schmierstoff sicher ausschließen zu können. Bei Betriebs-Öltemperaturen über 80 °C sind nur Dichtungen aus Fluorkautschuk oder Polytetrafluorethylen (PTFE) zu verwenden. Unter 80 °C sind auch Dichtungen aus NBR gegenüber PG-Ölen beständig.

Für Gehäuseinnenanstriche empfehlen sich Epoxid- und Polyurea-Lacke. Polyglykole verhalten sich neutral zu eisenmetallischen Werkstoffen und praktisch allen Buntmetallen. Bei Reibpaarungen, bei denen einer oder beide Reibpartner aus Aluminiumlegierungen bestehen, wie aluminiumhaltigen Wälzlagerkäfigen oder Schneckenrädern, kann es jedoch in seltenen Fällen bei dynamischer Beanspruchung mit hohen Gleitgeschwindigkeiten und hoher Belastung zu erhöhtem Verschleiß kommen. In diesen Fällen werden deshalb Verträglichkeitsprüfungen empfohlen.

Zur Funktionsprüfung, Einlauf und Langzeitkonservierung von Getrieben, die zur Schmierung mit Polyglykol Getriebeölen vorgesehen sind, kann Klübersynth GEZ 6-220 verwendet werden.

Umstellung von Mineralöl auf Ester (E)

- Klübersynth GEM 2
- Klüberbio EG 2
- Klüberbio CA 2

Bei der Umstellung auf Getriebeöle auf Basis von Ester sollten grundsätzlich die für Dichtungen, Farbanstriche und Schaugläser verwendeten Materialien bekannt sein, um Wechselwirkungen zwischen diesen und dem Schmierstoff sicher ausschließen zu können.

Ester sind mit Mineralölen und Polyalphaolefinen mischbar. Mit Polyglykolen lassen sie sich nur bedingt mischen. Vermischungen mit Estern anderer Hersteller sind zulässig, sofern es sich um den gleichen Estertyp handelt. Um die Merkmale des ursprünglichen Getriebeöls nicht zu verändern, sind die Mengen der anderen Ölsorte klein zu halten.





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 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 Pro-
dukts 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 weiterent-
wickelt. Deshalb behält sich Klüber Lubrication München
SE & Co. KG das Recht vor, alle technischen Daten in dieser
Druckschrift jederzeit und ohne Vorankündigung zu ändern.

Klüber Lubrication München SE & Co. 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.

a brand of
 **FREUDENBERG**