

your global specialist

Die richtige Wahl für ein
langes Getriebeleben.

Fette für Getriebeanwendungen



Getriebeanwendungen für Fette	3
Der Aufbau von Getriebefetten	4
Fließfette für Stahlverzahnungen	6
Feste Fette für Stahlverzahnungen	7
Fette für die Lebensmittelindustrie	8
Biologisch abbaubare Fette	9
Robotikfette	10
Fette für Werkzeugmaschinen	11
Fette für Kunststoffverzahnungen	12
Fette für Kunststoffverzahnungen und Aktuatoren	13
Tipps zur Fettauswahl	14

Getriebeanwendungen für Fette

Getriebefette sind so vielfältig wie ihre Anwendungen

Fettgeschmierte Getriebe sind die vielfältigste Getriebeart. Es gibt sie in jeder Baugröße und in den verschiedensten Materialpaarungen aus Kunststoffen und Metallen. Ihre Vielfalt reicht von offen laufenden, metergroßen Zahnkränzen, die üblicherweise im Bergbau und der Zementindustrie vorkommen, bis zu Miniaturkunststoffgetrieben in der Medizintechnik. Weitere Anwendungsbeispiele für fettgeschmierte Getriebe sind:

- E-Bike-Antriebsstränge
- Handgeführte Elektrowerkzeuge
- Offene Winden in der Marineindustrie
- Hochpräzise Roboterarme
- Hochdrehzahl-Werkzeugmaschinen
- Scheibenwischermotoren und Fensterheber in Autos
- Elektromechanische Fahrzeuglenkungen
- Aktuatoren in jeglicher Bauform

Diese vielseitigen Anwendungen erfordern unterschiedliche Getriebebauformen, die wiederum ihre spezifischen Anforderungen an das Schmierfett stellen. Folgende Herausforderungen haben die Getriebefette in unterschiedlicher Gewichtung zu meistern:

- Reibungsreduzierung und Wirkungsgradsteigerung
- Temperaturabsenkung und Wärmetransport
- Lebensdauerverlängerung durch Verschleißreduktion
- Korrosionsschutz der Bauteile
- Geräuschminimierung und -dämpfung
- Haftfähigkeit an Verzahnungen und in Wälzlagern
- Definiertes Nachfließverhalten in die Schmierstelle
- Leckagefreier Betrieb und Abdichtung gegenüber Umgebung
- Verträglichkeit mit Dichtungen und Kunststoffen

Das Fett als Konstruktionselement

Konstrukteure wählen bevorzugt Getriebefette als Schmierstoff, wenn Lasten im Aussetzbetrieb übertragen werden. Somit besteht ausreichend Zeit für das Nachfließen des Fetts und zur Abkühlung des Getriebes. Im Gegensatz dazu laufen ölgeschmierte Getriebe häufig im Dauerbetrieb, weshalb die

bessere Schmierstoffversorgung in die Schmierstelle und die schnellere Wärmeabfuhr der Ölschmierung benötigt werden. Bei der Fettschmierung sind zwei Schmierungsarten oder eine Kombination aus beiden gebräuchlich: Fettsumpfschmierung und Zahnflankenbefettung.

Merkmale von Fetten und ihre Vor- und Nachteile

Merkmal	Auswirkung	
Fettkragenbildung	- Geringerer konstruktiver Aufwand der Abdichtung - Abdichtwirkung gegenüber Umgebungseinflüssen	✓
	- Schlechtere Schmierung und Wärmeabfuhr der Radialwellendichtringe (RWDR)	✗
Definiertes Nachfließen	- Geringe Gefahr von Undichtigkeiten - Fettkonsistenz und Füllmenge als Stellhebel	✓
	- Mögliches Freigraben der Verzahnungen - Limitierte Wärmeabfuhr	✗
Häufig Lebensdauer-schmierung	- Konstruktiver Aufwand für Schmierstoffwechsel entfällt	✓
Haftfähigkeit an Schmierstelle	- Flexible Getriebeorientierung - Fett sofort in der Schmierstelle - Reduktion von Zahnradplansch- und Dichtungsverlusten - Fetttyp und -konsistenz als Stellhebel für Haftfähigkeit	✓
	- Verbleiben abrasiver Verschleißpartikel in Zahnkontakt - Mangelschmierung durch Abschleudern des Fetts von Verzahnungen	✗
Höhere Schmierfilmdicke bei niedrigen Geschwindigkeiten	- Betriebssicherheit bei Start-Stop-Betrieb und langsamen Betriebsbedingungen	✓
Einsatz von Fest-schmierstoffen in Öl-Verdicker-Matrix	- Reibungsreduzierung im Grenz- und Mischreibungsbereich	✓
Fettviskosität weniger temperaturabhängig	- Weiterer Gebrauchstemperaturbereich	✓
Wasser-beständigkeit	- Betriebssicherheit bei Kontamination mit Wasser oder in feuchten Umgebungen	✓

Der Aufbau von Getriebefetten

Bei einem Getriebefett wird sein Grundöl eingedickt, um das Nachfließverhalten und weitere Eigenschaften des Fetts gezielt seiner Anwendung anzupassen. Je nach Getriebetyp gibt es darauf abgestimmte Fette, die sich in ihrer chemischen Zusammensetzung unterscheiden.

Das Grundöl

Die Getriebeanwendung bestimmt maßgeblich, welche Viskosität des Grundöls für die Fettherstellung gewählt wird. Hohe Geschwindigkeiten und tiefe Temperaturen erfordern niedrige Viskositäten (15 bis 68 mm²/s bei 40 °C), um nicht zu hohe Widerstände zu erzeugen. Dagegen werden bei niedrigen Geschwindigkeiten, großen Lasten und hohen Temperaturen hochviskose Öle (320 bis > 1000 mm²/s bei 40 °C) benötigt, um eine ausreichende Schmierfilmbildung zu gewährleisten. Bei allen Grundölytypen sinkt die Viskosität mit steigender Temperatur, jedoch unterscheiden sie sich in der Ausprägung dieses Verhaltens, was mit dem Viskositätsindex (VI) beschrieben wird. Produkte mit einem hohen VI können einen größeren Gebrauchstemperaturbereich abdecken.

Der Grundölytyp bestimmt maßgeblich die Eigenschaften des Fetts

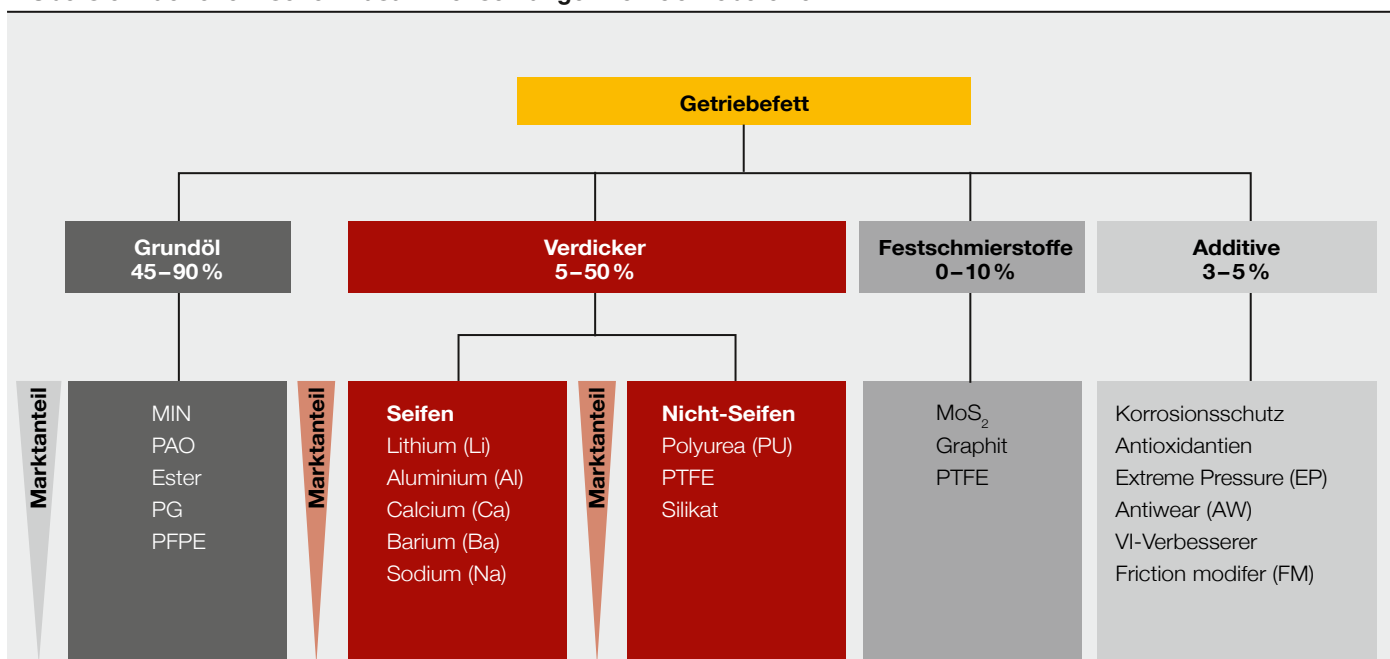
Grundölytyp	Viskositäts-temperaturverhalten (VI)	Alterungsverhalten, z. B.	Reibungsverhalten	Rohstoffkosten
MIN	100	2.000 h	+	1
PAO	150–190	6.000 h	++	4
PG	230	8.000 h	+++	3
Ester	150	6.000 h	++	4
PFPE	260	12.000 h	++	> 10

+: Standard ++: gut +++: hervorragend
MIN: Mineralöl, PAO: Polyalphaolefin, PG: Polyglykol, PFPE: Perfluorpolyether

Tipp

Grundölytyp und -viskosität beeinflussen stark die Fetteigenschaften, jedoch darf ein Getriebefett nicht darauf allein reduziert werden.

Übersicht der chemischen Zusammensetzungen von Getriebefetten



MIN: Mineral, PAO: Polyalphaolefin, PG: Polyglykol, PFPE: Perfluorpolyether, PTFE: Polytetrafluoroethylene, MoS₂: Molybdändisulfid

Der Verdicker

Einfachseifen wie die Lithiumseife bilden sich während des Fettherstellungsprozesses durch die Reaktion der Stearinsäure mit der Lauge Lithiumhydroxid und dicken somit das Grundöl ein. Reagieren zwei unterschiedliche Säuren beispielsweise mit Lithiumhydroxid, bildet sich eine sogenannte Lithiumkomplexseife als Verdicker. Neben den Seifen sind auch Harnstoffe, PTFE und Silikat als Dickungstoffe gebräuchlich.

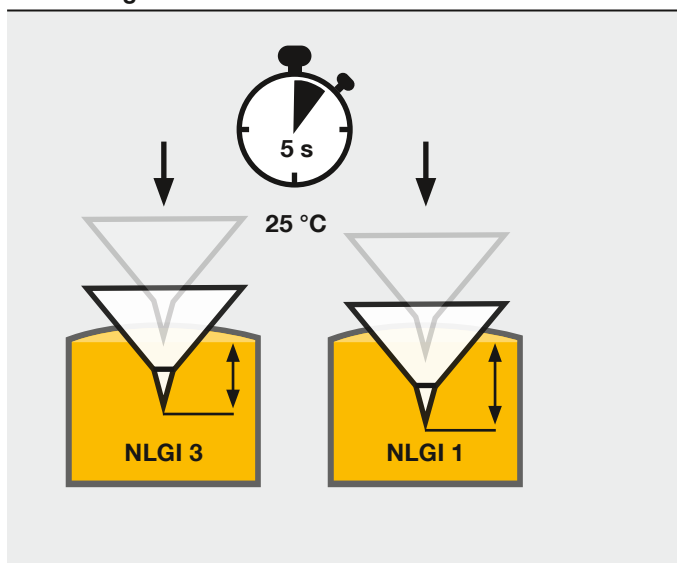
Fettkonsistenz

Die Konsistenz eines Fetts bestimmt entscheidend das Nachfließverhalten in die Schmierstelle bei Fettsumpfschmierung beziehungsweise die Haftfähigkeit an den Verzahnungen bei Zahnflankenbefettung. Zur Bestimmung der Fettkonsistenz wird die sogenannte Konuspenetration gemessen. Verschiedene Messwerte der Penetration werden in Klassen der NLGI-Skala eingeteilt, um Fette leichter miteinander vergleichen zu können. Die NLGI-Klassen für Fette sind mit den Viskositätsklassen für Öle vergleichbar. Je höher die je nach geplanter Anwendung geforderte Konsistenzklasse, umso höher ist der benötigte Verdickeranteil.

Einfluss des Verdickertyps auf die Fetteigenschaften

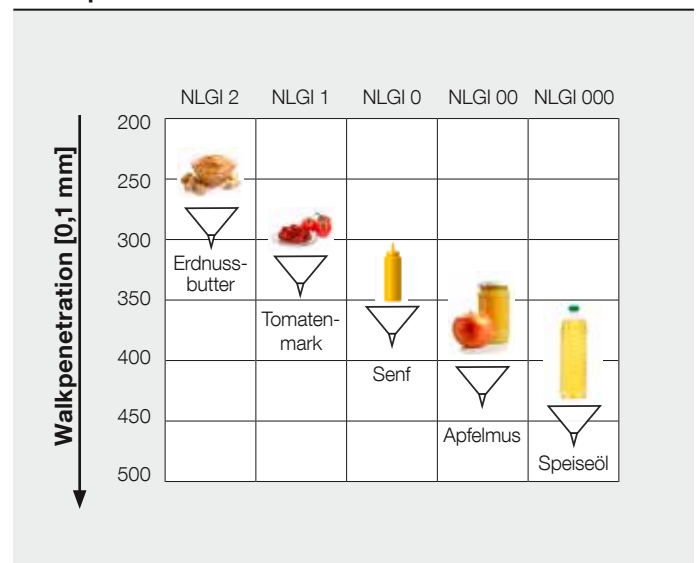
Verdickertyp	Besonderheit	Zu beachten
Lithium-einfachseife	– Untere Einsatztemperatur – Gutes Reibungsverhalten	Nicht wasserdampfbeständig
Lithium-komplexseife	– Obere Einsatztemperatur – Gute Scherstabilität	Standardverdicker
Aluminium-komplexseife	– NSF-H1-Zulassung für die Lebensmittelindustrie – Biologisch schnell abbaubar – Wasserbeständigkeit	Fettviskosität sinkt bei Scherbelastung
Calcium-komplexseife	– Biologisch schnell abbaubar – Wasserbeständigkeit	Fett kann nachhärten
Barium-komplexseife	– Wasserbeständigkeit – Korrosionsschutz	Gesetzgebung
Harnstoff	– Obere Einsatztemperatur – Gutes Reibungsverhalten	Manche Typen härten nach
PTFE	– Obere Einsatztemperatur – Kaum Wechselwirkungen mit Dichtungen und Kunststoffen – Verdicker ist gleichzeitig Festschmierstoff	Hoher Verdickeranteil erhöht Reibung bei hohen Drehzahlen
Silikat	– NSF-H1-Zulassung für die Lebensmittelindustrie – Obere Einsatztemperatur	Fettviskosität sinkt bei Scherbelastung

Messung der Fettkonsistenz



Zur Messung der Fettkonsistenz wird ein konusförmiger Messkörper aufgelegt und gemessen, wie tief er innerhalb von fünf Sekunden in das Fett eindringt. Je tiefer, desto weicher ist das Fett und desto niedriger die NLGI-Klasse.

Beispiele der Konsistenzklassen



Die NLGI-Konsistenzklassen lassen sich mit flüssigen oder halbfesten Lebensmitteln vergleichen, die man aus dem Alltag kennt. Dabei reicht die Spanne von cremiger Erdnussbutter bis zu flüssigem Speiseöl.

Fließfette für Stahlverzahnungen

Als Fließfette werden die Getriebefette der NLGI-Klassen von 0 bis 000 bezeichnet, die sich durch ein hervorragendes Nachfließverhalten auszeichnen. Bei Industriegetrieben mit Stahlzahnradern finden diese Fette Verwendung, wenn aufgrund von Aussetzbetrieb oder niedrigen Geschwindigkeiten keine dauerhaft hohen Temperaturen vorliegen. Fließfette werden vorwiegend mit Fettsumpfschmierung verwendet und nur in Ausnahmefällen auf die Zahnflanken gesprüht. Das Risiko des Freigrabens der Zahnräder ist bei Fließfetten gering im Vergleich zu den festen Fetten der NLGI-Klassen 1 und 2. Zeigen ölgeschmierte Getriebe Leckage, ist die Umstellung auf ein Fließfett oft die einfachste Methode, um ein Getriebe abzudichten. Dies spart zeit- und kostenintensive Dichtungswechsel.

Abdichtung von Fließfetten

Zumeist werden Fließfette mit Radialwellendichtringen abgedichtet. Es ist auf die Kompatibilität von Fett und Dichtungsmaterial zu achten. Aufgrund der höheren Konsistenz der Fließfette gegenüber den Ölen und der zumeist niedrigeren Betriebstemperaturen ist die Elastomerverträglichkeit unkritischer, und Undichtigkeiten treten seltener auf. Bei Fetten der NLGI-Klasse 0 können bereits gedichtete Lager zur Getriebeabdichtung ausreichen.

Bei der Auswahl von Fließfett und Dichtung helfen Ihnen gern die Experten von Klüber Lubrication und Freudenberg Sealing Technologies.

Hinweis

Bei Dauerbetrieb von hoch belasteten Getrieben kann ein Wechsel von Öl zu Fließfett aufgrund der eingeschränkten Wärmeabfuhr zu höheren Temperaturen führen.

Fließfette für Stahlverzahnungen

	NLGI-Klasse	Verdickertyp	Grundöltyp	Grundölviskosität bei 40 °C [mm ² /s]	Gebrauchstemperaturbereich [°C]	VKA-Schweißkraft [N]	Fresschutz	Ver-schleiß-schutz	Anwendungsbeispiele
CENTOPLEX GLP 500	000	Li	MIN	110	-30/100	≥1600	++	+	Getriebe, Kupplungen, Linearführungen
CENTOPLEX CX 4/375 AU	0	Li	MIN	420	-30/120	≥3000	++	+	Getriebe, Gartenwerkzeuge
MICROLUBE GB 00	000	Li	MIN	700	0/100	≥4800	+++	+++	Lager, Getriebe, Kupplungen, Führungen
MICROLUBE GB 0	0	Li	MIN	590	0/100	≥4200	+++	++	Lager, Getriebe, Kupplungen, Führungen
Klüberplex GE 11-680	00	AK	MIN	685	0/140	≥3000	+++	+++	Stirn-, Kegelräder, Zahnkupplungen
Klübersynth BEM 44-4600	00	LiS	PAO	500	-50/140	-	+++	+++	Stirn-, Kegel-, Schneckengetriebe, Lager
ISOFLEX TOPAS NB 5051	0-00	BaK	PAO	30	-60/130	≥2400	+	+	Gleit- und Wälzlager, Getriebe, Kunststoffe
Klübersynth G 34-130	0	CaK/PU	MIN/PAO	130	-30/130	≥3000	++	+	Elektrowerkzeuge, Stirn-, Kegel- und Planetengetriebe
Klübersynth GE 14-110	0	AK	PAO/Ester	72	-55/140	≥4000	+++	++	Stirn-, Kegel- und Planetengetriebe
Klübersynth GE 46-1200	00	Li	PG	120	-30/120	≥3000	+++	+++	Stirn-, Kegelrad- und Schneckengetriebe
STRUCTOVIS P LIQUID	000-	Li	PG	360	-35/130	≥4000	+++	++	Kegelrad- und Schneckengetriebe

Li: Lithium, AK: Aluminiumkomplex, LiS: Lithium-Spezial, BaK: Bariumkomplex, CaK: Calciumkomplex, PU: Polyurea, MIN: Mineralöl, PAO: Polyalphaolefin, PG: Polyglykol, +: Standard, ++: sehr gut, +++: hervorragend

Feste Fette für Stahlverzahnungen

Feste Schmierfette besitzen die NLGI-Klasse 1 oder 2 und ermöglichen es, den konstruktiven Aufwand bezüglich der Dichtigkeit des Gehäuses im Vergleich zu Ölen oder Fließfetten zu reduzieren. Bei Fettsumpfschmierung mit diesen Fetten reichen gedichtete oder gedeckelte Lager zur Abdichtung meistens aus. Hierbei werden oft Fette verwendet, die durch Scherung in den Verzahnungen und Lagern weicher werden. Somit fließen sie sehr gut in die Schmierstellen nach und bilden einen selbstdichtenden und festen Fettkragen in den unbelasteten Bereichen. Durch Scherbelastung verdünnte Fette werden beispielsweise zur Schmierung handgeführter Elektrowerkzeuge eingesetzt. Hier ist die Herausforderung, dass ein Fett die verschiedenen Schmierstellen wie Lager, Zahnräder, Dichtungen oder Schlag-

werk in jeglicher Werkzeugorientierung zuverlässig schmiert. Dazu muss das Fett gut nachfließen, jedoch darf keine Leckage auftreten, da austretendes Fett vom Endanwender nicht akzeptiert wird. Weitere Herausforderungen in dieser Anwendung stellen die hohen Temperaturen von > 140 °C im Bereich des Schlagwerks sowie Verunreinigungen durch Stäube und andere Umgebungsmedien dar.

Wird auf ein geschlossenes Gehäuse verzichtet, werden die offenen Zahnräder mittels Zahnflankenbefettung geschmiert. Diese festen Fetttypen weisen eine hohe Haftfähigkeit auf, damit sie selbst bei hohen Geschwindigkeiten und Temperaturen nicht abgeschleudert werden.

Feste Fette für Stahlverzahnungen

		NLGI-Klasse	Verdickertyp	Grundöltyp	Grundölviskosität bei 40 °C [mm²/s]	Gebrauchstemperaturbereich [°C]	VKA-Schweißkraft [N]	Fresschutz	Ver-schleiß-schutz	Haftfähigkeit	Anwendungsbeispiele
Zahnflankenbefettung	ISOFLEX TOPAS NB 52	2	BaK	PAO	30	-50/120	≥3000	++	++	+++	Wälzlager, Werkzeugmaschinen, E-Bikes, Stirn- und Kegelräder
	ISOFLEX TOPAS NB 152	2	BaK	PAO	100	-40/150	≥3000	++	++	+++	
	Klüberplex AG 11-461	1	AK	MIN	460	-20/150	≥3600	+++	+++	++	Offene Getriebe, Zahnstangen
	Klüberplex AG 11-462	2	AK	MIN	460	-10/150	≥3600	+++	+++	+++	
	Klübersynth AG 14-61	1	AK	PAO	65	-50/120	≥3000	++	++	++	Stirn- und Kegelräder, Zahnstangen
Fettsumpfschmierung	Klüberplex BEM 34-131 N	1	CaK/PU	PAO/MIN	134	-35/150	≥3000	+++	+++	++	Wälzlager, Stirn-, Kegel- und Planetengetriebe
	Klüberplex BEM 41-141	1	LiS	MIN/PAO	130	-40/150	≥3400	+++	+++	++	
	Klübersynth GE 14-111	1	AK	PAO/Ester	110	-55/140	≥4000	+++	++	+	Elektrowerkzeuge, Stirn-, Kegel- und Planetengetriebe
	Klübersynth GE 14-112	2	AK	PAO/Ester	110	-45/140	≥4000	+++	++	++	
	Klübersynth GE 14-151	1	AK	PAO/Ester	170	-35/140	≥4000	+++	++	+	
	Klübersynth PEG 46-121	1	Li	PG	120	-50/120	≥3000	+++	+++	+	Stirn-, Kegel-, Planeten- und Schneckengetriebe

Li: Lithium, AK: Aluminiumkomplex, LiS: Lithium-Spezial, BaK: Bariumkomplex, CaK: Calciumkomplex, PU: Polyurea, MIN: Mineralöl, PAO: Polyalphaolefin, PG: Polyglykol, +: Standard, ++: sehr gut, +++: hervorragend

Fette für die Lebensmittelindustrie

In der Lebensmittelindustrie sind Kontaminierungen der Produktion nicht nur kostspielig, sie können auch die Gesundheit der Endkunden gefährden und somit einen hohen Imageschaden verursachen. Um unseren Kunden mehr Sicherheit zu geben, bietet Klüber Lubrication ein breites Portfolio von Fetten an, die NSF-H1-zertifiziert sind. Diese Schmierstoffe sind speziell für Anwendungen vorgesehen, bei denen es zum unvorhergesehenen Kontakt mit dem Lebensmittel kommen kann. Diese Registrierung erfordert die Verwendung freigegebener Verdickertypen, Grundöle und Additive zur Formulierung der Fette. Die ISO 21469 ist die internationale Norm für die Herstellung von Schmierstoffen, die in der Lebensmittelindustrie eingesetzt werden. Sechs entsprechend zertifizierte Herstellungswerke von Klüber Lubrication produzieren weltweit H1-Schmierstoffe.

Um das Risiko von verhängnisvollen Getriebeleckagen zu minimieren, muss auf eine abgestimmte Dichtungsverträglichkeit dieser Getriebefette geachtet werden.

Feste Getriebefette für die Lebensmittelindustrie

Große Bedeutung hat bei der Auswahl von H1-Getriebefetten zudem die Eignung für Wälzlager, da dieselben Fette in den fettgeschmierten Lagern verwendet werden. In der Lebensmittelindustrie sind die Hygieneanforderungen äußerst hoch, weshalb ein hoher Reinigungsaufwand betrieben wird. Hierbei werden die Getriebe oft durch Radialwellendichtringe vor Schmutzeintritt und Schmierstoffaustritt geschützt. Die Auswaschbeständigkeit ist äußerst wichtig, falls beispielsweise mit Hochdruckreinigern gearbeitet wird und Wasser ins Wälzlager oder Getriebe gelangt.



Fette für die Lebensmittelindustrie

	NLGI-Klasse	Verdickertyp	Grundöltyp	Grundölviskosität bei 40 °C [mm ² /s]	Gebräuchsbereich [°C]	VKA-Schweißkraft [N]	Fresschutz	Ver-schleiß-schutz	Anwendungsbeispiele
PARALIQ GA 3400	00-000	AK	MIN	235	-45/110	-	++	++	Stirn-, Kegel- und Schneckengetriebe, Ketten
Klübersynth UH1 14-1600	0-00	AK	PAO	160	-45/120	-	++	++	
Klüberfood NH1 94-6000	000	CaK	PAO	60	-45/120	≥2000	++	++	
Klüberfood NH1 94-120	0	CaK	PAO	120	-45/140	≥2400	+++	+++	Stirn-, Kegel- und Planetengetriebe, Lager
PARALIQ GA 351	1	AK	MIN	230	-25/110	≥2200	++	++	Lager, Getriebe, Gelenke, Dichtungen
PARALIQ GA 343	2	AK	MIN	240	-20/110	-	++	+++	
Klübersynth UH1 14-151	1	AK	PAO/ Ester	170	-45/120	≥2400	++	+++	Lager, Stirn-, Kegelrad- und Planetengetriebe
Klübersynth UH1 14-222	1-2	AK	PAO/ Ester	150	-25/120	≥2300	++	++	
Klüberfood NH1 94-301	1	CaK	PAO	300	-40/140	≥3000	++	++	Lager, Dichtungen, Getriebe, Führungen
Klüberfood NH1 94-402	2	CaK	PAO	400	-30/160	≥3000	++	++	

AK: Aluminiumkomplex, CaK: Calciumkomplex, MIN: Mineralöl, PAO: Polyalphaolefin, +: Standard, ++: sehr gut, +++: hervorragend

Biologisch abbaubare Fette



Offene Getriebe für Winden oder Kräne, wie sie auf Schiffen oder in Häfen verwendet werden, sind extremen Belastungen und Anforderungen ausgesetzt. Falls die Maschinen auf hoher See betrieben werden, müssen die Getriebe vor den extremen Umgebungseinflüssen geschützt werden. Salzige und feuchte Luft, extreme Temperaturen und Spritzwasser oder ständiger Kontakt zum Meerwasser fordern ihren Tribut.

Daher müssen Schmierstoffe für offene Getriebe diesen Herausforderungen gewachsen sein. Eine weitere Anforderung ist die Umweltverträglichkeit, wenn die Fette in Kontakt mit Seewasser

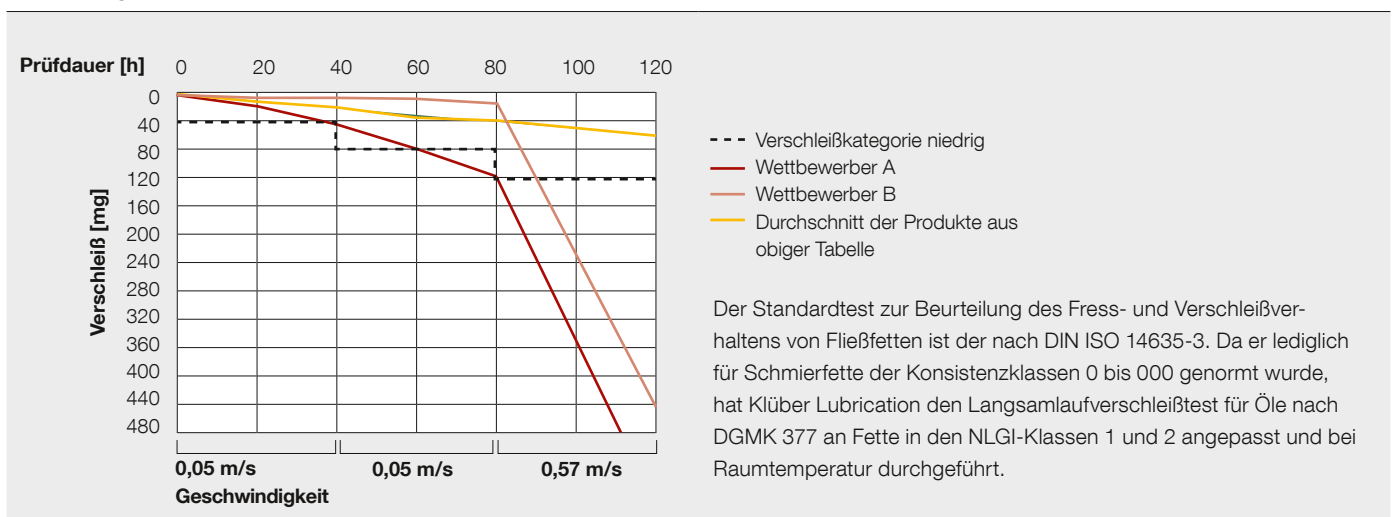
kommen. Als Standard für Schmierstoffe gilt hier, die Anforderungen zu erfüllen, die die US-Umweltschutzbehörde EPA im Rahmen des „2013 Vessel General Permit“ für einen umweltverträglichen Schmierstoff (Environmentally Acceptable Lubricant [EAL]) bezüglich biologischer Abbaubarkeit, Toxizität und Bioakkumulation festgelegt hat. Hochwertige Produkte werden nicht von den Zahnrädern abgeschleudert und vermeiden dadurch eine optische Verunreinigung des Decks.

Biologisch abbaubare Fette

		NLGI-Klasse	Verdickertyp	Grundöltyp	Grundölviskosität bei 40 °C [mm ² /s]	Einsatztemperatur [°C]	VKA-Schweißkraft [N]	Fresschutz	Verschleißschutz	Haftfähigkeit	Korrosionsschutz	Wasserbeständigkeit
ZF	Klüüberbio LG 39-700 N	0	CaK	Ester	680	-30/100*	≥5500	+++	+++	++	++	++
	Klüüberbio LG 39-701 N	1	CaK	Ester	680	-30/100*	≥5500	+++	+++	+++	++	+++
	Klüüberbio AG 39-602 N	1-2	CaK	Ester	600	-20/120	-	+++	+++	+++	+++	+++
	Klüüberbio AM 12-501	1	AK	Ester	500	-20	-	+++	+++	++	++	++
FS	Klüüberbio BM 32-142	2	CaK	Ester	140	-40/120	≥2200	++	+++	++	++	+

ZF: Zahnflankenbefettung, FS: Fettsumpfschmierung, AK: Aluminiumkomplex, CaK: Calciumkomplex, +: Standard, ++: sehr gut, +++: hervorragend
* Bei regelmäßiger Nachschmierung

Hervorragender Verschleißschutz



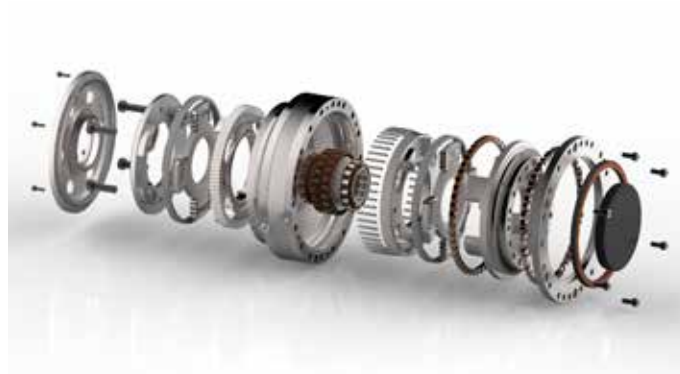
Robotikfette

Industrieroboter müssen immer schneller und präziser ihre Werkzeuge positionieren. Die Präzision darf trotz voranschreitenden Verschleißes über die mehrjährige Lebensdauer nicht verloren gehen. Die ständigen Richtungswechsel und der Start-Stop-Betrieb sind eine extreme Herausforderung für die Robotikgetriebe. Zumeist werden hier spezielle Präzisionsgetriebe wie Zykloidgetriebe oder bei kleinen Baugrößen auch Wellgetriebe verbaut. Sie enthalten keine klassischen Zahnräder und erzeugen hohe Übersetzungen auf kleinem Bauraum und zeichnen sich außerdem durch hohe Steifigkeit sowie minimales Spiel aus. Aus der Gruppe der klassischen Zahnradgetriebe finden in der Robotik bevorzugt Planetengetriebe Verwendung. Um die nötige hohe Präzision zu erreichen, kommen Doppelschrägverzahnungen zum Einsatz.

Die Getriebefette für Robotik zeichnen sich durch eine niedrige Grundölviskosität und vollsynthetische Grundöle aus. Die niedrige Viskosität sorgt für geringe Verlustleistung beim Start der Roboter und bei schnellen Bewegungen. Außerdem enthalten diese Fette aufgrund der hohen Gleitanteile in vielen Getriebebaukonstruktionen zum Schutz eine starke Extreme-Pressure- und Anti-Wear-Additivierung. Das Nachfließverhalten in die verschiedenen hoch belasteten Tribokontakte ist von entscheidender Bedeutung für die Langlebigkeit der Getriebe, weshalb

je nach Konstruktion unterschiedliche Konsistenzklassen der Fette zur Auswahl stehen. Die Abdichtung dieser Getriebe ist eine Herausforderung, weshalb die Experten von Klüber Lubrication und Freudenberg Sealing Technologies ihre Kunden gemeinsam unter dem Angebot Lube & Seal mit abgestimmten Lösungen unterstützen.

Die Fette für die Robotikanwendung sind auch für andere Getriebe mit Stahlverzahnungen oder auch beispielsweise schnell drehende Lager verwendbar.



Explosionszeichnung eines Zykloidgetriebes

Robotikfette

	NLGI-Klasse	Verdickertyp	Grundöltyp	Grundölviskosität bei 40 °C [mm ² /s]	Gebrauchstemperaturbereich [°C]	VKA-Schweißkraft [N]	Fresschutz	Verschleißschutz	Nachfließverhalten	Anwendungsbeispiele
Klübersynth GE 44-50	0	Li	PAO	50	-40/120	≥ 1800	+++	+++	+++	Zykloid-, Stirn-, Kegelrad-, Planetengetriebe, Wälzlager, Elektrowerkzeuge, Werkzeugmaschinen
Klübersynth GE 44-51	1	Li	PAO	50	-40/120	≥ 1800	+++	+++	++	Zykloid-, Stirn-, Kegelrad-, Planetengetriebe, Wälzlager, Elektrowerkzeuge, Werkzeugmaschinen
Klübersynth GE 44-52	2	Li	PAO	50	-40/120	≥ 1800	+++	+++	+	Zykloid-, Stirn-, Kegelrad-, Planetengetriebe, Wälzlager, Lebensmittelindustrie
Klüberfood NH1 94-51	1	CaK	PAO	50	-40/120	≥ 3000	++	++	++	Zykloid-, Stirn-, Kegelrad-, Planetengetriebe, Wälzlager, Lebensmittelindustrie
Klüberfood NH1 94-52	2	CaK	PAO	50	-40/120	≥ 2400	++	++	+	Zykloid-, Stirn-, Kegelrad-, Planetengetriebe, Wälzlager, Lebensmittelindustrie
ISOFLEX LDS 18 SPECIAL A	2	Li	MIN/ Ester	15	-50/120	-	++	++	++	Zykloid-, Stirn-, Kegelrad-, Planetengetriebe, Wälzlager, Tieftemperaturrobotik

Li: Lithium, CaK: Calciumkomplex, MIN: Mineralöl, PAO: Polyalphaolefin, +: Standard, ++: sehr gut, +++: hervorragend

Fette für Werkzeugmaschinen

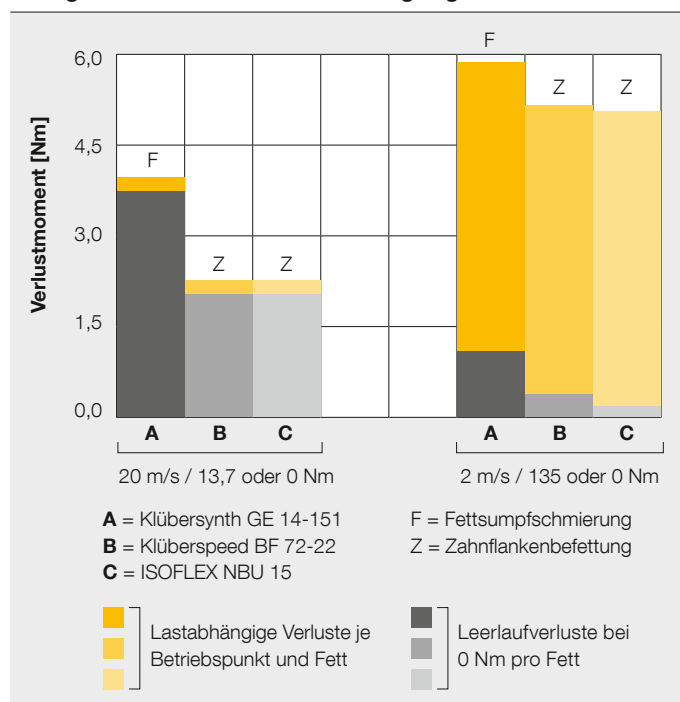
Bohr- und Fräskopfgetriebe spielen eine wesentliche Rolle bei der hohen Kraft- und Momentübertragung von der Antriebsspindel der Werkzeugmaschine auf das Werkzeug. Die Getriebe werden zyklisch betrieben und laufen mitunter mit sehr hohen Umfangsgeschwindigkeiten von mehr als 20 m/s. Die besonderen Anforderungen an diese Getriebe sind daher: ein zuverlässiger Betrieb bei langer Bauteillebensdauer, hohe Umfangsgeschwindigkeiten und hohe Beschleunigungen. Meist handelt es sich bei diesen Getrieben um Stirnrad-, Kegelrad- oder Hypoidverzahnungen. Um bei den hohen Geschwindigkeiten große Verlustleistungen zu vermeiden, wird auf Radialwellendichtringe und einen Fettsumpf verzichtet. Daher wird eine Zahnflankenbefettung mit sehr haftfähigen Fetten gewählt. Da die Betriebsbedingungen keine Lebensdauerschmierung zulassen, wird in regelmäßigen Abständen nachgeschmiert. Aufgrund der Anwendung und offenen Getriebebauweise kommen die Schmierstoffe mit Wasser und Kühlschmierstoffen in Kontakt, wobei sie nicht ausgewaschen werden. In diesem feuchten Umfeld ist der Korrosionsschutz von großer Bedeutung.

Die Getriebeschmierung von Bohr- und Fräsköpfen erfolgt häufig mit demselben Fett wie die Spindellagerschmierung, da Wälzlager und Zahnräder konstruktiv selten getrennt sind. Gleiche oder zumindest kompatible Produkte zu verwenden, kann zusätzliche Vorteile bieten: So lassen sich beispielsweise Produktverwechslungen oder Schmierstoffunverträglichkeiten vermeiden.

Wirkungsgradsteigerung mit Werkzeugmaschinenfetten

Die niedrigeren Leerlaufverluste sind einer der vielen Gründe, weshalb die Fette ISOFLEX NBU 15 sowie Klüberspeed BF 72-22 so erfolgreich für Werkzeugmaschinen sind. Untersuchungen an der FZG der TU München am Verspannungsprüfstand mit Verzahnung Typ C unterstreichen dies. Die Zahnflankenbefettung erweist sich ebenfalls als effizienter gegenüber einem Fettsumpf.

Getriebeverluste in Abhängigkeit von der Schmierungsart und den Betriebsbedingungen



Fette für Werkzeugmaschinen

	NLGI-Klasse	Verdickertyp	Grundöltyp	Grundölviskosität bei 40 °C [mm²/s]	Gebrauchstemperaturbereich [°C]	VKA-Schweißkraft [N]	Fresschutz	Ver-schleiß-schutz	Haft-fähig-keit	Anwendungs-beispiele
Klüberspeed BF 72-22	2	PU	PAO/ Ester	22	-50/120	≥2200	++	++	+++	Wälzlager, Werkzeugmaschinen, Stirn-, Kegelräder
Klüberspeed BF 72-23	3	PU	PAO/ Ester	22	-50/120	≥1400	++	++	+++	
ISOFLEX NBU 15	2	BaK	MIN/ Ester/ PAO	21	-40/130	≥3000	++	++	+++	
VARILUB NBU 15/300	1	BaK	MIN/ Ester/ PAO	23	-30/130	≥3000	+	+	++	Werkzeugmaschinen, Stirn-, Kegelräder

PU: Polyharnstoff, BaK: Bariumkomplex, MIN: Mineralöl, PAO: Polyalphaolefin, +: Standard, ++: sehr gut, +++: hervorragend

Fette für Kunststoffverzahnungen



Kunststoffzahnäder finden immer mehr Verwendung in Getrieben, da sie kostengünstig in hohen Stückzahlen produziert werden. Durch die Fertigung im Spritzgussverfahren ist die konstruktive Gestaltungsfreiheit sehr groß. Die Tragfähigkeit vermeintlich weicher Kunststoffe lässt sich durch Faserverstärkung entscheidend erhöhen.

Kunststoffverzahnungen werden meistens mit Zahnflankenbefetzung auf Lebenszeit geschmiert, weshalb Fette der Klassen NLGI 1 und 2 bevorzugt verwendet werden. Die Haftfähigkeit des Fetts an den Verzahnungen auch bei kritischen Betriebsbedingungen ist

äußerst wichtig. Bei der Schmierung von Kunststoffverzahnungen spielt die Verträglichkeit zwischen Fett- und Kunststofftyp zudem eine entscheidende Rolle. Bei Unverträglichkeit kann eine rasche Alterung des Kunststoffs einsetzen, was in einer Versprödung des Zahnrads resultieren kann. Die veränderte Verzahnungsform und die erhöhte Rauheit senken die Getriebeeizienz. Im schlimmsten Fall führen Spannungsrisse im Zahnrad kombiniert mit hoher Last zum Zahnbruch und somit zum sofortigen Stillstand des Antriebs. Die den Kunststoffzahnädern angepasste Polarität der Grundöle sowie die Auswahl kompatibler Additive sind hierbei essenziell für eine lange, wartungsfreie Lebensdauer der Getriebe.

Fette für Kunststoffverzahnungen

	NLGI-Klasse	Verdickertyp	Grundöltyp	Festschmierstoffe	Grundölviskosität bei 40 °C [mm ² /s]	Gebrauchstemperaturbereich [°C]	Tiefemperaturlosbruchmoment	Lasttragvermögen	Haftfähigkeit	Anwendungsbeispiele
Klüberlub LM 41-32 N	2	Li	MIN	Nein	30	-40/120	++	+	++	Fensterheber, Sitzversteller, Lenkung, Zentralverriegelung
Klüberlub LM 41-102	2	Li	MIN	Nein	100	-40/120	+	+++	+++	
POLYLUB GLY 151	1	LiS	MIN/PAO	Nein	150	-50/150	++	+++	++	Lager, Getriebe, Pneumatik, Dichtungen
Klüberplex RA 41-151	1	LiS	MIN/PAO	Nein	150	-50/130	++	++	++	Mehrzweckfett, geruchsoptimiert
Klübersynth LR 44-21	1	LiS	MIN/PAO	Nein	24	-55/130	+++	+	+	Mehrzweckfett, Fensterheber, Sitzversteller
ISOFLEX TOPAS L 32 N	2	Li	PAO	Nein	17	-60/130	+++	+	++	Fensterheber, Schiebedach, Leuchtversteller
ISOFLEX TOPAS L 152	2	Li	PAO	Nein	100	-50/150	++	+++	+++	Wälzlager, Getriebe, Führungen
ISOFLEX TOPAS NCA 52	2	CaK	PAO	Nein	31	-50/130	++	+++	+++	
ISOFLEX TOPAS NCA 51	1	CaK	PAO	Nein	30	-60/140	+++	++	++	Wälzlager, Getriebe
ISOFLEX TOPAS NCA 5051	0	CaK	PAO	Nein	30	-50/120	+++	+	+	Wälzlager, Getriebe, Führungen
Klübersynth LE 44-31	1	Li	PAO	Ja	30	-50/130	++	+	++	Schneckengetriebe, Türöffner
Klübersynth LMI 44-42	2	Li	PAO	Ja	45	-40/130	++	++	++	Fensterheber, Schiebedach, Kühlergrill
Klübersynth LI 44-22	2	Li	PAO	Ja	18	-60/130	+++	+	++	Mehrzweckfette, Stirnräder, Zentralverriegelung, Kühlergrill
Klübersynth LF 44-22	2	Li	PAO	Ja	17	-60/130	+++	+	++	
Klübersynth LF 44-32	2	Li	PAO	Ja	31	-60/120	+++	+	++	
Klübersynth RP 44-41	1	LiS	PAO/Ester	Nein	36	-50/150	++	++	+++	Planetengetriebe, Elastomere, Lager

Li: Lithium, LiS: Lithium-Spezial, CaK: Calciumkomplex, MIN: Mineralöl, PAO: Polyalphaolefin, +: Standard, ++: sehr gut, +++: hervorragend

Fette für Kunststoffverzahnungen und Aktuatoren



Neben den Mehrzweckfetten für Kunststoffverzahnungen gibt es auch Fette, die besonders auf ihre Anwendung abgestimmt sind. Beispielsweise werden Fette für die elektromechanische Lenkung in Fahrzeugen auf Getriebeprüfständen speziell für diese Anwendung entwickelt. Bei extremen Tieftemperaturanforderungen bewähren sich die Fette auf PTFE-/PFPE-Basis.

Aktuatoren kombinieren einen E-Motor mit einer direkt daran gekoppelten Getriebestufe, um möglichst kosten- und platz-effizient Bauteile anzutreiben. Zumeist werden sie nur kurzzeitig betrieben und teilweise oszillierend. Die Fette zur Schmierung der Aktuatoren weisen hohe Konsistenzklassen auf, da keine gedichteten Gehäuse verwendet werden. Bei Bremsaktuatoren basieren die Fette häufig auf einem PG-Grundöl, da es chemisch den Bremsflüssigkeiten ähnlich ist.

Fette für Kunststoffverzahnungen und Aktuatoren

		NLGI-Klasse	Verdickertyp	Grundöltyp	Festschmierstoffe	Grundölviskosität bei 40 °C [mm ² /s]	Gebrauchstemperaturbereich [°C]	Tieftemperaturlosbruchmoment	Lasttragvermögen	Haftfähigkeit	Anwendungsbeispiele
Kunststoffverzahnungen	Klübersynth LE 14-161	1	AK	PAO	Nein	180	-40/85	++	+++	++	Schneckengetriebe, Lenkgetriebe
	Klübersynth LEH 14-161	1	AK	PAO	Nein	200	-40/135	++	+++	++	
	Klübersynth LIP 84-42	2	PTFE	PAO	Ja	30	-60/140	+++	++	+++	Stirnrad- und Schneckengetriebe, hohe Temperaturanforderungen
	Klübersynth LIP 84-42 R	2	PTFE	PAO	Ja	30	-60/130	+++	++	+++	
	Klübertemp GR M07 N	1	PTFE	PFPE	Ja	40	-65/180	+++	++	+++	Hochtemperaturanwendungen, hohe Verträglichkeit
	Klübertemp GR M 30 N	2	PTFE	PFPE	Ja	160	-60/200	+++	+++	+++	
Aktuatoren	Klübersynth MR 96-31	1	Silikat	PG	Nein	30	-40/120	++	++	++	Kfz-Bremse, Parkbremse
	Klübersynth BR 46-82	2	LiS	PG/Ester	Nein	82	-40/180	+	+++	+++	Wälzlager, Bremsaktor, Kugelgewindetrieb, Verzahnungen
	Klübersynth BR 46-32	2	LiS	PG/Ester	Nein	29	-45/130	++	++	+++	
	Klübersynth BR 46-32 F	2	LiS	PG/Ester	Ja	29	-45/130	++	++	+++	
	Klübersynth GR 46-52 F	2	LiS	PG/Ester	Ja	50	-40/130	++	++	+++	Kugelgewindetrieb, Schneckengetriebe, Booster IBC
	Klübersynth LRG 46-21	2	Li	PG	Ja	20	-50/120	+++	+	++	Gewindespindeln, Drum-EPB, Zahnräder
	Klübersynth LRG 86-21	1	PTFE	PG	Ja	20	-50/120	+++	++	++	Kabelführungen, Spindeln, Drum-EPB
	Klübersynth RG 86-121	1	PTFE	PG/Ester	Ja	120	-40/140	+	+++	+++	Kunststoffzahnrad, Booster EBB
	Klüberalfa LM 83-41	1	PTFE	PFPE	Ja	40	-80/170	+++	+++	++	Lager, extreme Anforderungen
	Klübertemp LB 83-41	1	PTFE	PFPE	Ja	40	-80/180	+++	+++	++	

+ : Standard, ++ : gut, +++ : hervorragend, EPB: Electric Park Brake, IBC: Integrated Brake Control, EBB: Electric Brake Booster
PFPE: Perfluoropolyether, PG: Polyglykol, Li: Lithium, AK: Aluminiumkomplex, LiS: Lithium-Spezial, PTFE: Polytetrafluorethylen, PG: Polyglykol

Tipps zur Fettauswahl

Fettauswahl



Verträglichkeiten:

Wechselwirkungen zwischen Schmierstoff und Kunststoffen, die in den Verzahnungen oder Gehäusen verbaut sind, beeinflussen die Getriebelebensdauer stark. Ebenso ist auf eine Verträglichkeit mit den verwendeten Dichtungswerkstoffen zu achten, um Leckagen zu vermeiden. Generell gilt es, gleiche Polaritäten von Grundölen der Fette und Dichtungsmaterialien sowie Kunststoffen zu vermeiden. Bei Ester hängt die Polarität stark vom verwendeten Typ ab. FKM ist mit allen Grundölen gut verträglich.

Die Wechselwirkung zwischen Dichtungsmaterial und Schmierstoffen ist stärker als die mit Kunststoffen, weshalb hier besondere Vorsicht gilt.

Fettauswahlhilfe entsprechend der Dichtungsart und den Betriebsbedingungen

Gehäuseabdichtung	Schmierungsart und -menge	Umfangsgeschwindigkeit [m/s]		NLGI-Klasse
		Dauerbetrieb	Aussetzbetrieb	
Radialwellendichtring (öldicht)	Fettsumpf, Füllstand 10 bis 30 % höher als Öl	4 bis 8	5 bis 10	0/00/000
Gedeckeltes/gedichtetes Lager	Fettsumpf bis zu 80 % Gehäusefüllung	4 bis 8	20 bis 25	0/1/2
Keine Dichtung	Zahnflankenbefettung	-	2 bis 8 >20 bei Nachschmierung	1/2/3



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 gern 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:

Titel: © Klüber Lubrication;
Seite 5: © by-studio, <https://stock.adobe.com>;
Seite 5: © Birgit Reitz-Hofmann, <https://stock.adobe.com>;
Seite 5: © baibaz, <https://stock.adobe.com>;
Seite 5: © Andrea, <https://stock.adobe.com>;
Seite 5: © Martin Spurny, <https://stock.adobe.com>;
Seite 8: © Mark Agnor, www.shutterstock.com;
Seite 9: © Yuriy Gluzhetsky, www.istockphoto.com;
Seite 10: © Spinea;
Seite 13: © AndreyProekt, www.shutterstock.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 90 Jahren die wachsenden Anforderungen an leistungsfähige und wirtschaftliche Spezialschmierstoffe.

www.klueber.com

a brand of
 **FREUDENBERG**