

Kurzanalyse für Produktentwickler



Auswahl eines geeigneten Fettes

Auswahl eines geeigneten Schmierstoffs

Passflächenkorrosion
Additive
Viskositätsindex
Temperatur °C
Verträglichkeit mit
Öl

Kurzübersicht

Der Schmierstoff, den Sie für Ihr Produkt auswählen, spielt eine wichtige Rolle, wenn Sie sicherstellen wollen, dass Ihr Bauteil bei der Haltbarkeitsprüfung und während der Betriebsdauer in der Praxis die gewünschte Leistung erbringt.

Durch diese Kurzanalyse werden die wesentlichen Faktoren des ausgewählten Schmierstoffs untersucht, dessen Formulierung den für Ihr Produkt geltenden Vorgaben hinsichtlich Belastung, Geschwindigkeit, Betriebstemperaturen, Leistung und Fertigungsmaterialien entsprechen soll.



Grundlagen: *Was versteht man unter Fett und wie funktioniert es?*



Öl
(bis zu 90 %)

Verdickungsmittel
(15 – 30 %)

Additive
(5 – 10 %)

Festschmierstoffe
(5-10 %)

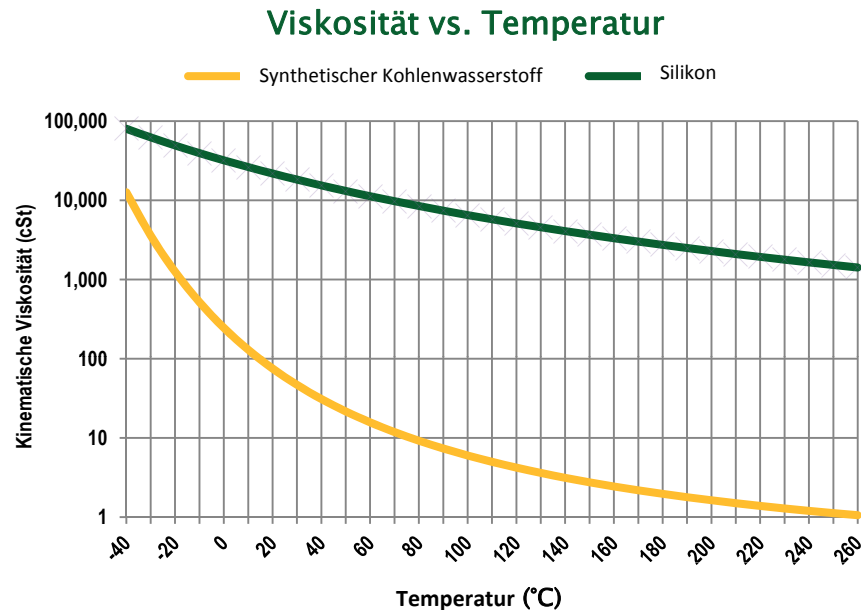
Schmieröle bilden einen Schutzfilm zwischen zwei Flächen, um Reibung und Verschleiß vorzubeugen.

Verdickungsmittel fixieren das Öl, ähnlich wie ein Schwamm das Wasser hält. Wenn sich verbundene Teile bewegen, wird das Verdickungsmittel geschert und setzt Öl frei, um einen Schmierstofffilm zwischen den beweglichen Teilen zu bilden. Verdickungsmittel reabsorbieren Öl, wenn die Bewegung stoppt.

Additive optimieren die ausschlaggebenden Schmierleistungseigenschaften eines Schmierstoffs, wie zum Beispiel Tieftemperatur-Drehmoment, Korrosionsschutz und Oxidationsbeständigkeit.

Festschmierstoffe wie PTFE, MoS₂ und Grafit zählen zu den tragfähigen Additiven, die (insbesondere bei der Inbetriebnahme) die Schmierkraft eines Fettes erhöhen.

Erster Schritt: *Auswahl des Öls und der Viskosität*



Ein Hinweis zum Viskositätsindex (VI)

Die Viskosität eines Öls wird bei niedrigen Temperaturen höher und bei höheren Temperaturen geringer. Der Viskositätsindex zeigt an, wie stark sich die Viskosität von -40 bis +100 °C ändert. Ein hoher VI bedeutet eine geringe Viskositätsänderung, wie in der Silikon-Grafik oben gezeigt. Ein niedriger VI bedeutet eine starke Viskositätsänderung parallel zur Temperatur. Ein hoher VI sorgt über eine weite Temperaturspanne hinweg für eine konsistentere Leistung der einzelnen Teile.

Temperatur

- Die von einem beweglichen Teil erzeugte Wärme und die Betriebstemperatur in der Umgebung bestimmen, welche Art von Öl Sie in Ihrem Fett benötigen. Wählen Sie ein synthetisches Öl für Temperaturen unter -30 °C und über +100 °C.
- Durch die Temperatur ändert sich die Viskosität des Öls. Die richtige Viskosität sorgt dafür, dass das Öl nicht zu dünnflüssig wird, um Verschleiß bei hohen Temperaturen vorzubeugen, oder zu dickflüssig wird, um bei niedrigen Temperaturen ordnungsgemäß zu schmieren.

Viskosität und Belastung

- Stärkere Belastungen erfordern Öle mit höherer Viskosität, um zwischen zwei Flächen einen durchgängigen Schmierstofffilm zu bilden.
- Schmierleistungsadditive und Festschmierstoffe können die natürliche Viskosität des Öls und die Komponentenleistung verbessern.

Viskosität, Geschwindigkeit und Antrieb

- Geräte mit hoher Geschwindigkeit und geringem Antrieb erfordern Öle mit geringerer Viskosität, um den Widerstand zu reduzieren und gleichzeitig den für dauerhaften Verschleißschutz nötigen Schmierstofffilm zu bilden.

Schmieröle: *Eigenschaften und Kosten*

Betriebstemperaturen für Öle

Mineralöl	-30 bis +100 °C
Polyalphaolefin (PAO)	
Synthetischer Kohlenwasserstoff (SKW)	-60 bis +150 °C
Ester	-70 bis +150 °C
Polyalkylenglykol (PAG)	-40 bis +180 °C
Silikon	-75 bis +200 °C
Perfluorpolyether (PFPE)	-90 bis +250 °C

Betriebstemperatur bestimmt die Kosten des Grundöls

- Mit breiteren Temperaturspannen des Grundöls steigen auch die Kosten. Kaufen Sie als „Reserve“ nicht mehr, als Sie benötigen. Die jeweiligen Öltemperaturspannen können im Zuge der Konstruktion genau ermittelt werden.
- Zusätzliche Inhaltsstoffe, wie z. B. Verdickungsmittel, Additive und Festschmierstoffe, wirken sich jeweils auch auf die Kosten des fertigen Fettes aus.

Möglichst Ölgemische in Betracht ziehen, um die Temperaturbeständigkeit kostengünstiger zu erhöhen

- Mineralöl kann mit PAOs und Ester, jedoch nicht mit anderen Ölen gemischt werden.
- Ester und PAGs *vertragen* sich.
- Silikone und PFPEs *vertragen sich nicht* mit anderen Ölen.



Ölverträglichkeit mit Kunststoffen überprüfen

Ein Leitfaden zur Öl/Kunststoff-Verträglichkeit

Kunststoff		Mineral öl	PAO	Ester	PAG	Silikon	PFPE
Acrylnitril-Butadien-Styrol	ABS	●	●	●	●	●	●
Polyamide (Nylon)	PA	●	●	●	●	●	●
Polyamid-Imide	PAI	●	●	●	●	●	●
Polybutylenterephthalate (Polyester)	PBT	●	●	●	●	●	●
Polycarbonate	PC	●	●	●	●	●	●
Polyethylene	PE	●	●	●	●	●	●
Polyetheretherketon	PEEK	●	●	●	●	●	●
Phenol-Formaldehyd (Phenole)	PF	●	●	●	●	●	●
Polyimide	PI	●	●	●	●	●	●
Polyoxymethylene (Acetale)	POM	●	●	●	●	●	●
Polyphenylenoxide	PPO	●	●	●	●	●	●
Polyphenylensulfide	PPS	●	●	●	●	●	●
Polysulfone	PSU	●	●	●	●	●	●
Polypropylen	PP	●	●	●	●	●	●
Polytetrafluorethylen	PTFE	●	●	●	●	●	●
Polyvinylchloride	PVC	●	●	●	●	●	●
Thermoplastisches Polyurethan	TPU	●	●	●	●	●	●

● dürfte gefahrlos möglich sein ● kann funktionieren, muss aber nicht
 ● gar nicht erst versuchen

Einige Öle und Kunststoffe vertragen sich nicht

- PAO verträgt sich mit fast allen Kunststoffen, aber eventuell nicht mit PPE, PP oder PVC.
- Silikon und PFPE vertragen sich mit jedem Kunststoff.
- PAGs und Ester vertragen sich nicht mit Polycarbonaten, Polyphenylenoxiden und -sulfiden, Polysulfonen, Polypropylen und Polyvinylchloriden.

Ölverträglichkeit mit Elastomeren überprüfen

Ein Leitfaden zur Öl/Elastomer-Verträglichkeit

Elastomer		Mineral öl	PAO	Ester	PAG	Silikon	PFPE
Polyacrylat-Kautschuk	ACM	●	●	●	●	●	●
Vamac	AEM	●	●	●	●	●	●
Polychloropren	CR	●	●	●	●	●	●
Ethylen-Propylen-Dien-Monomer	EPDM	●	●	●	●	●	●
Fluorelastomere	FKM	●	●	●	●	●	●
Fluorsilikonkautschuk	FVMQ	●	●	●	●	●	●
Hydrogenierter NBR	HNBR	●	●	●	●	●	●
Butyl	IIR	●	●	●	●	●	●
Nitril (Buna N)	NBR	●	●	●	●	●	●
Buna S	SBR	●	●	●	●	●	●
Silikon	VQM	●	●	●	●	●	●
Naturkautschuk		●	●	●	●	●	●

- dürfte gefahrlos möglich sein ● kann funktionieren, muss aber nicht
● gar nicht erst versuchen

Einige Öle und Elastomere vertragen sich nicht

- Silikon verträgt sich mit allen Elastomeren, außer Fluorsilikonkautschuk.
- PAO verträgt sich mit den meisten Elastomeren, außer EPDM, Butyl, Buna S und Naturkautschuk.
- PFPE-Öle vertragen sich mit allen Elastomeren.

Schritt 2: Verdickungsmittel auswählen, das für das jeweilige Öl sowie die jeweiligen Betriebstemperaturen und -bedingungen geeignet ist

Eigenschaften von Verdickungsmitteln unter Betriebsbedingungen

	Aluminium	Aluminium-Komplex	Amorphes Siliziumdioxid	Barium-Komplex	Bentonit	Calcium	Calcium-Komplex	Calciumsulfonat	Lithium	Lithium-Komplex	Polyharnstoff	PTFE	Natrium-Komplex
Haftmittel	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Autophoretisches Lackierverfahren	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Korrosionsschutz	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Tropfpunkt	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Passflächenkorrosion	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Reibungsreduzierung	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Salzwasser	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Wasser	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Verschleißschutz	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Stabilität (gewalkt)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● dürfte gefahrlos möglich sein ● kann funktionieren, muss aber nicht
 ● gar nicht erst versuchen

Einige Öle und Verdickungsmittel sind nicht gut verträglich miteinander

- Mineral-, PAO- und Esteröle vertragen sich jedoch mit jedem Verdickungsmittel.
- Silikonöl verträgt sich nur mit Lithium, Siliziumdioxid und PTFE.
- PFPE-Öl kann nur mit PTFE verdickt werden.

Verdickungsmittel beginnen bei bestimmten Temperaturen, sich zu zersetzen

- Aluminum <80 °C.
- Barium-Komplex und Lithium <135 °C.
- Aluminum-Komplex, Calcium-Komplex, Calciumsulfonat und Lithium-Komplex <175 °C.
- Zu den Verdickungsmitteln für extreme Temperaturen zählen Polyharnstoff (<200 °C), PTFE (<275 °C) und amorphes Siliziumdioxid (<300 °C).

Einige Verdickungsmittel sind für bestimmte Betriebsbedingungen besser geeignet

- Niedertemperaturleistung, Korrosionsschutz, Passflächenkorrosion, Reibungsreduzierung, Salzwasser und Verschleißschutz sind alle Faktoren, die es bei der Auswahl eines Verdickungsmittels zu berücksichtigen gilt (siehe Tabelle links).

Der Ruck-Gleit-Effekt



Beim Ruck-Gleit-Effekt handelt es sich um eine spontane ruckartige Bewegung, die auftreten kann, wenn zwei Objekte übereinander gleiten. Dieser Effekt verstärkt nicht nur den Verschleiß, sondern ist häufig auch sehr geräuschvoll, was wiederum die wahrgenommene Qualität des Bauteils beeinträchtigt.



Regelanmerkung
Schmierstoffe funktionieren nicht sehr gut, wenn sie zwischen zwei extra glatten, polierten Flächen aufgetragen werden.

Alltägliche Beispiele für den Ruck-Gleit-Effekt, von denen Sie wahrscheinlich schon einmal gehört haben

- ruckartige Bewegung der Scheibenwischer
- lockere Antriebsriemen
- Geräusch wie von Streichinstrumenten oder einer „Glasharfe“

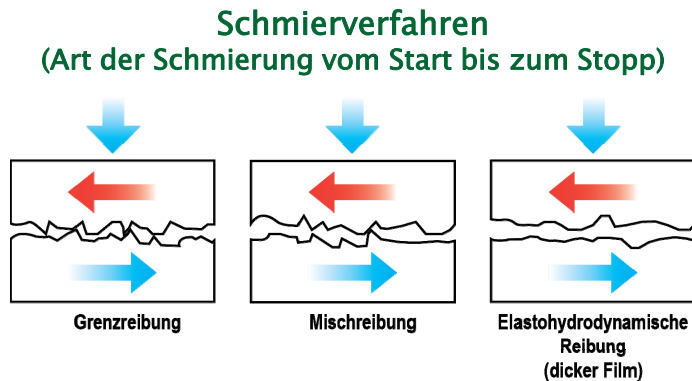
Teile, die häufig vom Ruck-Gleit-Effekt betroffen sind

- Hydraulikzylinder, Drehbänke und andere Komponenten, bei denen etwas reibungs- und geräuschlos auf einer Führungsbahn gleiten muss
- Das Ruck-Gleiten tritt auf, wenn die statische Reibung (Ruck-Phase) über die kinetische Reibung (Gleit-Phase) hinausgeht

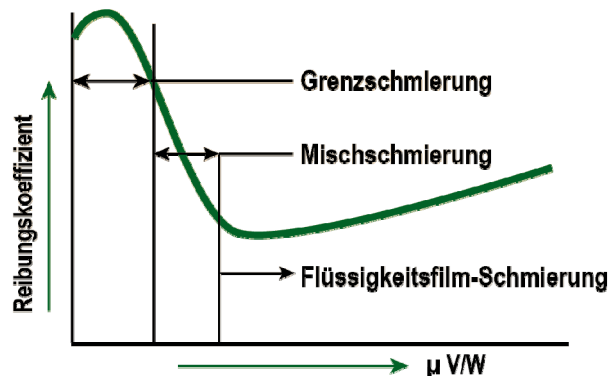
Ruck-Gleit-Lösungen

- Erhöhen Sie die Viskosität des Grundöls.
- Öl-Additive können die Schmierleistung des Öls verstärken.
- Festschmierstoffe können dazu beitragen, den Aufbau einer vorübergehenden statischen Reibung sowie den dadurch verursachten beschleunigten Verschleiß und Lärm zu vermindern.

Häufige Start-Stopp-Komponenten



Darstellung der Stribeck-Kurve
(Verhältnis der Reibungsverluste bei den 3 Verfahren)



Die Funktion von Fetten

- Durch Belastung und Geschwindigkeit wird Öl aus dem Verdickungsmittel freigesetzt, das einen Flüssigkeitsfilm bildet, um die Reibung zwischen zwei Flächen zu reduzieren.

3 Schmierungsphasen vom Start bis zum Stopp

- **Grenzreibung:** Zwei Flächen berühren sich häufig, obwohl ein Öl vorhanden ist.
- **Mischreibung:** Zwei Flächen werden durch Öl teilweise getrennt.
- **EHD-Reibung:** Zwei Flächen werden durch einen dünnen Flüssigkeitsfilm getrennt.
- **Anmerkung:** Die Dicke des Flüssigkeitsfilms bestimmt das Schmierv Verfahren.

Berücksichtigung von Additiven beim Grenzschnierv Verfahren

- Reibung und Verschleiß sind bei der Inbetriebnahme am höchsten, wenn das Öl die beiden Flächen noch nicht vollständig trennt.
- Extremdruck-Additive reichern das Öl während der Grenzschnierung an.
- Beim Grenzschnierv Verfahren bilden Festschmierstoffe wie MoS_2 , Grafit und PTFE, die dem Verdickungsmittel beigefügt werden, während der Inbetriebnahme zwischen zwei Flächen ein zusätzliches, abriebfestes „Kissen“.

Passungsrost und Passflächenkorrosion



Passungsrost wird auch Schwingungsverschleiß genannt. Da praktisch alle Maschinen Schwingungen erzeugen, kommt es mit hoher Wahrscheinlichkeit zu Passflächenkorrosion, und zwar

- innerhalb verschraubter, gesteckter, verpresster, verkeilter und vernieteter Verbindungen
- zwischen Komponenten, die sich nicht bewegen sollen
- innerhalb oszillierender Keilwellen, Kupplungen, Lager, Anschlussteile, Spindeln und Dichtungen
- innerhalb von Grundplatten, Kardangelenken und Schäkeln

„Passungsrost löst Ermüdungsrisse aus, die häufig zu Materialermüdung in Wellen und anderen hoch beanspruchten Komponenten führen.“

Passungsrost wird durch Wärmedehnung, Kontraktion oder nahegelegene Bewegung verursacht

- Schwingungen mit niedriger Amplitude verursachen, dass die mikroskopisch kleinen Unebenheiten an „unbeweglichen“ Metallteilen aneinanderreiben und „abbrechen“, wodurch wiederum Verschleißpartikel entstehen, die die Leistung beeinträchtigen.
- Eng eingepasste Metallteile sind besonders anfällig, aber Passflächenkorrosion kann bekanntlich auch Kunststoffe verformen.

Bei Passflächenkorrosion handelt es sich um die Oxidation von Passungsrost-Verschleißpartikeln

- Durch Passungsrost werden frische Schichten einer Metalloberfläche kontinuierlich dem Sauerstoff ausgesetzt, wodurch sich abrasive Metalloxide bilden, die den Substratverschleiß weiter beschleunigen.

Verzögerte Schmierstoffabnutzung und -korrosion

- Metalldeaktivator-Additive tragen zur Reduzierung von Passungsrost bei, können die Passflächenkorrosion wahrscheinlich aber nicht gänzlich verhindern.
- Meistens fungiert der Schmierstoff im Fällen von Passflächenkorrosion als Sauerstoffbarriere. Er hindert den Sauerstoff daran, an die Passfläche zu gelangen, mit Verschleißpartikeln zu reagieren oder abrasive Oxide zu produzieren.

Sollte man dem Fett Farbe verleihen?



Vier Gründe, weshalb eine Färbung des Fettes in Betracht gezogen werden sollte

- **Hochgeschwindigkeitsproduktion.** Ein UV-Farbstoff ermöglicht die Qualitätsprüfung am Band mithilfe von IR-Prüfsystemen.
- **Manuelle Montage.** Farbiges Fett erleichtert die Sichtprüfung durch die am Band tätigen Arbeiter.
- **Farbkodierung.** Mithilfe von Farben kann sichergestellt werden, dass das richtige Fett aus dem Bestand gewählt wird.
- **Marktwahrnehmung.** Bei geschlossenen Baugruppen spielt die Farbe keine Rolle, ist das Fett jedoch sichtbar, beeinflusst seine Farbe evtl. die Kaufentscheidung des Käufers.

3 Möglichkeiten, um die Farbe eines Fettes zu ändern

- **Farbstoffe.** Nutzen Sie einen Farbstoff, um die gewünschte Farbe zu erhalten. Es sind alle Farben des Regenbogens möglich! Farbstoffe haben kaum Auswirkungen auf die Wirksamkeit des Fettes.
- **Additive.** Der Nebeneffekt einiger Öl-Additive ist es, dass sie dem Fett Farbe verleihen. Vergewissern Sie sich, dass sich diese Farbveränderung nicht negativ auf die Vermarktung des Produkts auswirkt.
- **Festschmierstoffe.** Ähnlich wie Öl-Additive schwärzen Festschmierstoffe wie MoS_2 oder Grafit das Fett. PTFE hellt dagegen die Farbe eines Fettes auf.



Kontakt zu ECL aufnehmen



ECL-Schmierstoff-Seminare



Technische Schmierstoffübersicht



ECL-Website



An Kollegen weiterleiten