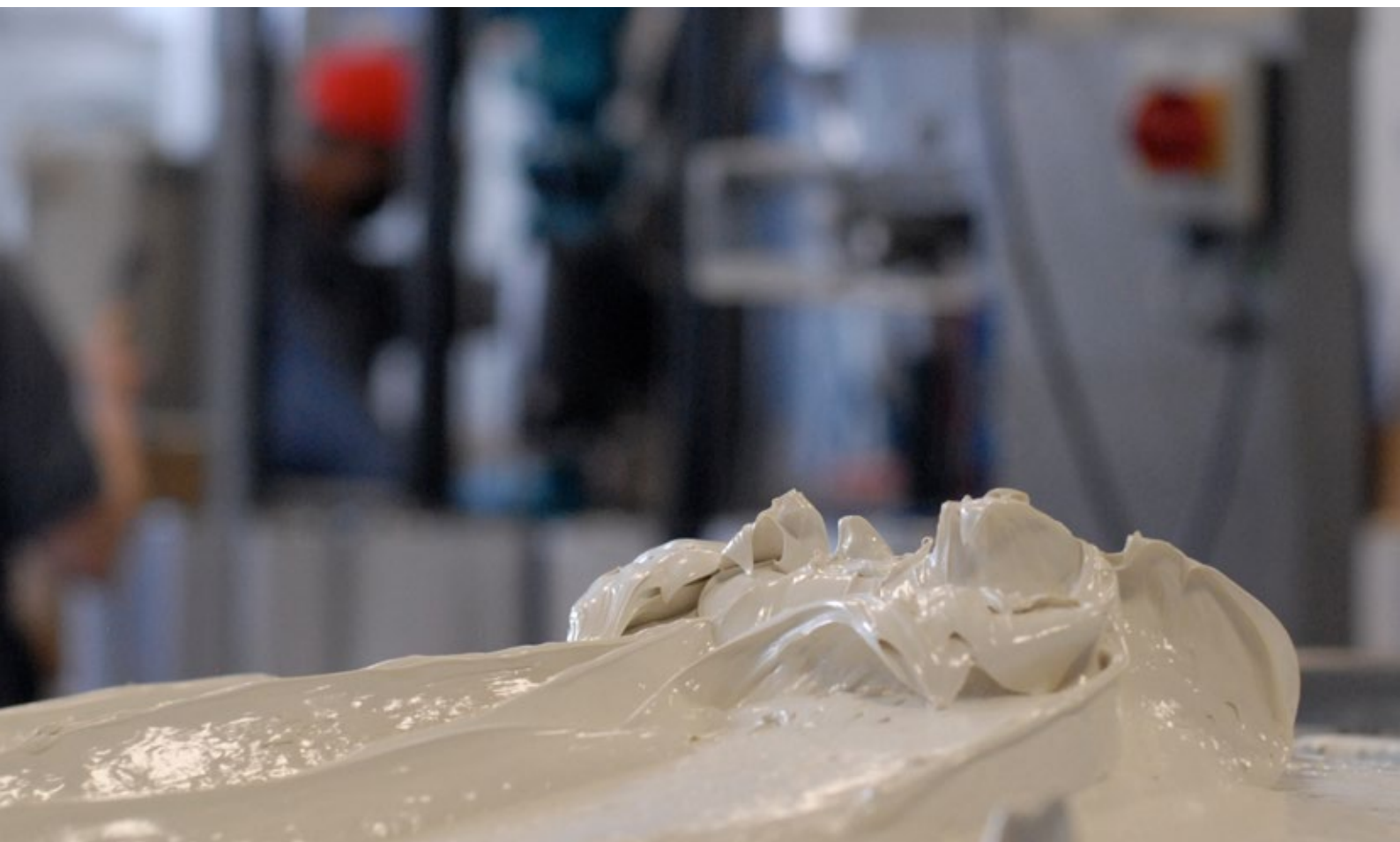


***For a world in motion***



***TRIBOLOGIE Basiswissen***

## 40 JAHRE TRIBOLOGISCHE KOMPETENZ – MADE IN GERMANY

### OKS – Ihr professioneller Partner für chemotechnische Spezialprodukte

Die Marke OKS steht für Hochleistungsprodukte zur Reduzierung von Reibung, Verschleiß und Korrosion. Unsere Produkte kommen in all den Bereichen der Fertigungs- und Wartungstechnik zum Einsatz, in denen die Leistungsgrenzen klassischer Schmierstoffe überschritten werden.

#### Qualität – Made in Germany

Der seit 40 Jahren währende Erfolg von OKS ist maßgeblich geprägt durch die hohe Qualität und Zuverlässigkeit unserer Produkte, sowie die schnelle Umsetzung von Kundenanforderungen durch innovative Lösungen.

Die von OKS Ingenieuren und Chemikern entwickelten Produkte werden unter strengen Qualitätsanforderungen in Maisach bei München, dem Hauptsitz unseres Unternehmens, produziert. Von hier aus erfolgt just-in-time der weltweite Vertrieb, unterstützt durch ein modernes Logistikzentrum.

Den hohen OKS Qualitätsstandard belegen die langjährigen Zertifizierungen der TÜV SÜD Management Service GmbH in den Bereichen Qualität (ISO 9001:2015), Umweltschutz (ISO 14001:2015) und Arbeitsschutz (ISO 45001:2018).



[www.tuev-sued.de/ms-zert](http://www.tuev-sued.de/ms-zert)

#### OKS – Partner des Handels

Der Vertrieb unserer Spezialschmierstoffe und chemotechnischen Wartungsprodukte erfolgt über den Technischen Handel und den Mineralölhandel. Die Strategie „Vertrieb über Handel“, die reibungslose Abwicklung von Aufträgen sowie unser umfassender technischer Service machen uns weltweit zu einem bevorzugten Partner anspruchsvoller Kunden. Nutzen Sie das Know-how unserer Spezialisten. Fordern Sie uns.



LIEFERANT DES  
JAHRES 2013

#### Ein Unternehmen der Freudenberg Gruppe

Seit 2003 ist die OKS Spezialschmierstoffe GmbH Teil der international tätigen Unternehmensgruppe Freudenberg, Weinheim. Das umfassende Know-how und die Innovationskraft der Sparte Freudenberg Chemical Specialties (FCS) nutzen wir für die weitere Entwicklung neuer Produkte und Märkte, um das dynamische Wachstum unseres Unternehmens auch für die Zukunft sicherzustellen.

#### Nachhaltiges Handeln – zum Nutzen für Kunden und Umwelt

Unser Nachhaltigkeitskonzept basiert auf den Vorgaben der Freudenberg Gruppe. Sie definiert Nachhaltigkeit als wichtigen Teil der Unternehmenskultur mit ihren Werten und Grundsätzen, sowie des maßgeblichen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Umfelds. Unsere Ziele sind die Minimierung unseres „Footprints“, der direkten Auswirkungen unserer Geschäftstätigkeit und Handelns auf Umwelt und Gesellschaft und die aktive Unterstützung unserer Kunden in Hinblick auf ihren „Handprint“, d. h. deren eigenes, nachhaltiges Handeln.



OKS Nachhaltigkeitsreport  
zum Download:

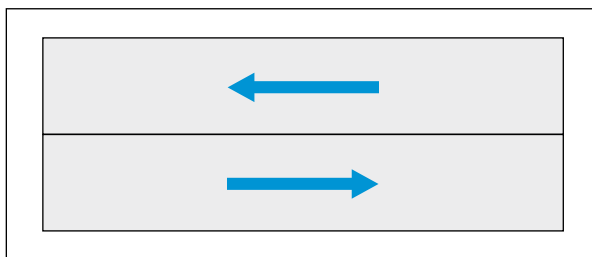


- 4\_** Grundwissen Tribologie
- 6\_** Schmierstoffarten
- 6\_** Öle
- 10\_** Fette
- 14\_** Pasten
- 16\_** Trockenschmierstoffe
- 18\_** Prüfverfahren und Normen
- 23\_** Fachbegriffe



## Reduzierung von Reibung und Verschleiß durch optimale Schmierung

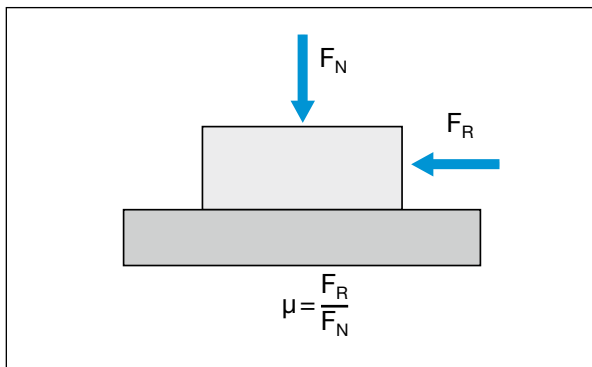
Jährlich entstehen durch Reibung und Verschleiß volkswirtschaftliche Verluste in Höhe von mehreren Milliarden Euro. Um diese zu reduzieren, wird umfangreiche tribologische Grundlagenforschung betrieben. Darauf basierend befassen sich Unternehmen mit spezifischen Wissen, wie die OKS Spezialschmierstoffe GmbH, mit der Entwicklung von Hochleistungsschmierstoffen.



Reibung

### Was ist Reibung?

Reibung ist der mechanische Widerstand gegen die Relativbewegung zweier Oberflächen. Reibung ist in der Technik meist unerwünscht, weil damit Energieverluste, Reibungswärme und Verschleiß verbunden sind.



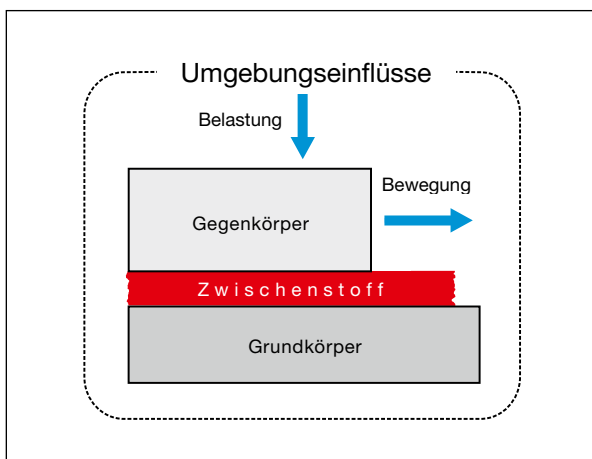
Reibungskoeffizient

### Ermittlung von Reibwerten

Zur Ermittlung der Reibung dient die Formel (nach Coulomb)

$$\frac{F_R \text{ (Reibungskraft)}}{F_N \text{ (Normalkraft)}} = \mu \text{ (Reibzahl)}$$

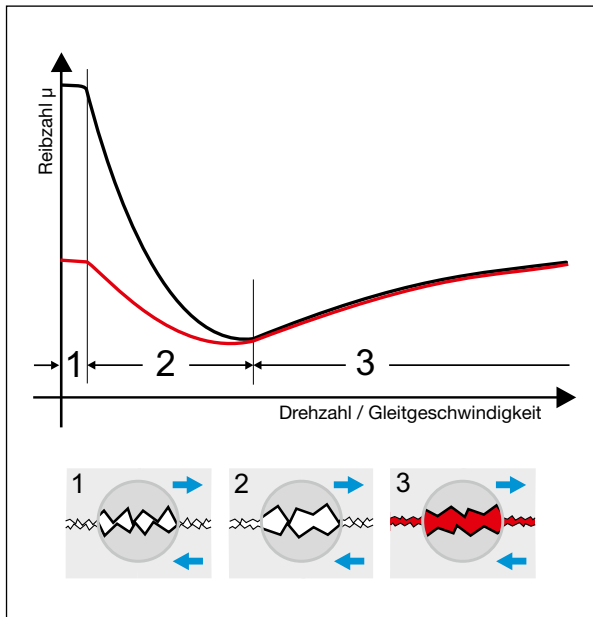
Die Reibung lässt sich weiter in Gleitreibung, Bohrreibung, Rollreibung und Wälzreibung unterteilen.



Tribosystem

### Das Tribosystem

Für eine optimale Problemlösung müssen alle Einflussgrößen in einem Tribosystem bekannt sein. Komplexe Wechselwirkungen dieser Faktoren müssen berücksichtigt werden. Umgebungseinflüsse (Staub, Temperatur oder Feuchtigkeit) und konstruktive Faktoren (Material, Oberfläche oder Geometrie der Reibkörper) spielen eine ebenso große Rolle wie Beanspruchungsfaktoren (Geschwindigkeit, Druckbelastung oder Vibrationen), um den richtigen Zwischenstoff (= Schmierstoff) auszuwählen.



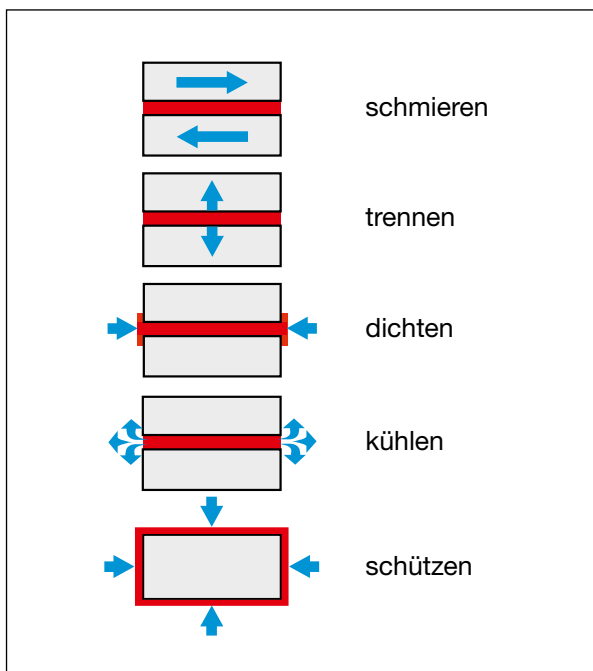
Stribeck-Kurve

### Stribeck-Kurve

Am Beispiel der Stribeck-Kurve lässt sich der Reibzahlverlauf eines Gleitlagers mit Öl- oder Fettschmierung in den unterschiedlichen Reibungs- und Schmierungszuständen beschreiben.

In der Anlaufphase folgt nach der Ruhereibung die Festkörperreibung (hohe Reibzahl/hoher Verschleiß). Mit zunehmender Geschwindigkeit erfolgt in der Mischreibungsphase (mittlere Reibzahl/mittlerer Verschleiß) eine partielle Trennung der Gleitflächen durch den Schmierfilm. Genau dort schützt nun der Notlauffilm, der sich durch Festschmierstoffe bildet (siehe rote Kurve).

Bei höheren Geschwindigkeiten trennt (wie bei Aquaplaning) ein hydrodynamischer Flüssigkeitsfilm die Gleitflächen vollständig voneinander. In dieser Phase der Flüssigkeitsreibung wird der geringste Verschleiß und die niedrigste Reibung erreicht.



Aufgabenspektrum eines Schmierstoffes

### Multifunktion der Schmierstoffe

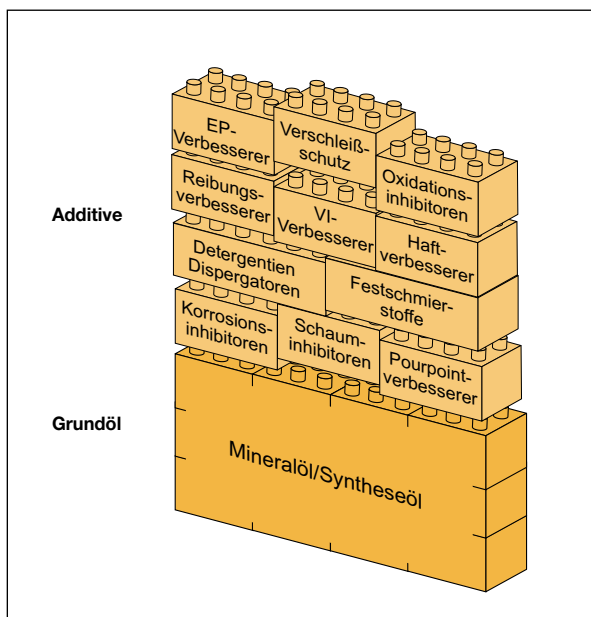
Die Funktionen eines Schmierstoffes können vielfältig und je nach Einsatzfall allein oder kombiniert erforderlich sein. Neben der Primäranforderung an den Schmierstoff – maximale Kraftübertragung bei minimaler Reibung und minimalem Verschleiß – müssen oftmals unterschiedliche Sekundäreigenschaften erfüllt werden, wie z.B. Wasserbeständigkeit, Chemikalienbeständigkeit, Kunststoffverträglichkeit oder Korrosionsschutz.

## Öle mit Hochleistungsadditiven für eine zuverlässige Schmierung

Öle leiten Wärme gut von der Schmierstelle ab. Außerdem zeigen sie ein ausgesprochen gutes Kriech- und Benetzungsvermögen. Deshalb wird eine Ölschmierung oft bei hohen Temperaturen oder hohen Drehzahlen angewandt. Typische Anwendungsgebiete sind Getriebe, Ketten, Gleitlager, Hydraulik und Kompressoren.

### Kenndaten von Ölen

Kenndaten	Norm	Beschreibung
Viskosität	DIN 51562-1	Maß für die innere Reibung von Flüssigkeiten
ISO VG	DIN 51519	Einteilung von Ölen in Viskositätsklassen basierend auf DIN 51561
Einsatztemperatur		Temperaturbereich der optimalen Leistungsfähigkeit
Flammpunkt	DIN ISO 2592	Niedrigste Temperatur bei der das Dampf-Luftgemisch durch Fremdzündung entflammt
Stockpunkt	DIN ISO 3016	Die tiefste Temperatur bei der Öl gerade noch fließfähig ist



Aufbau von Hochleistungsölen

### Aufbau von Hochleistungsölen

Bei der Formulierung eines Hochleistungsöles spielt neben der sorgfältigen Auswahl des Grundöles (Typ, Viskosität) die Additivierung eine besondere Rolle und hat erheblichen Einfluss auf das Preis-/Leistungsverhältnis. Moderne Schmieröle sind so konzipiert, dass wenn der Ölfilm durchbrochen wird, die Wirkstoffe einen Schutzfilm bilden und so die Oberflächen vor Verschleiß schützen.

## Eigenschaften von Grundölen

Bei der Auswahl eines Schmieröls fällt dem Grundöl eine entscheidende Bedeutung zu. Mineralöle, synthetische Kohlenwasserstoffe (Polyalphaolefine = PAO), Ester, Polyglykole und Siliconöle unterscheiden sich wesentlich in ihren physikalischen Eigenschaften und chemischen Verhalten.

Eigenschaften	Mineralöle	Synthetische KW Öle (PAO)	Esteröle	Polyglykolöle	Siliconöle
Dichte 20°C [g/ml] ca.:	0,9	0,85	0,9	0,9 – 1,1	0,9 – 1,05
Stockpunkt [°C] ca.:	-40 → -10	-50 → -30	-70 → -35	-55 → -20	-80 → -30
Flammpunkt [°C] ca.:	< 250	< 200	200 → 270	150 → 300	150 → 350
Oxidationsbeständigkeit	-	+	+	+	++
Thermische Stabilität	-	+	+	+	++
Kunststoffverträglichkeit	+	+	-	typenabhängig	+

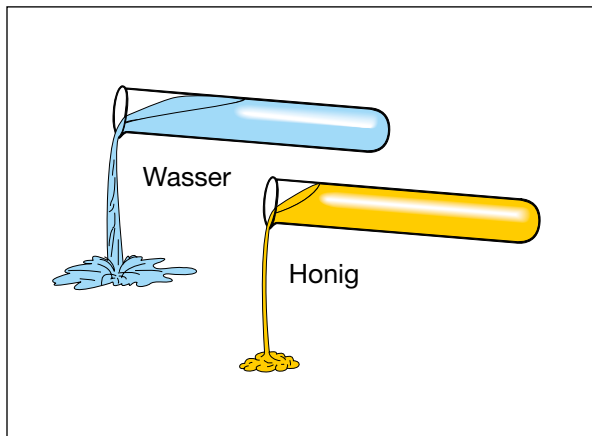
## Verträglichkeit von Ölen

Die Mischbarkeit unterschiedlicher Schmieröle wird wesentlich durch die Grundöle beeinflusst und muss bei einem Wechsel des Schmieröls entsprechend beachtet werden, unter Berücksichtigung der Viskosität.

	Mineralöl	Polyalphaolefine	Esteröle	Polyglykolöl	Siliconöl (Methyl)	Siliconöl (Phenyl)	Polyphenyletheröl	Perfluorpolyetheröl
Mineralöl	■	■	■			□		
Polyalphaolefine	■	■	■					
Esteröle	■	■	■	■		■	■	
Polyglykolöl			■	■				
Siliconöl (Methyl)					■	□		
Siliconöl (Phenyl)	□		■		□	■	■	
Polyphenyletheröl			■			■	■	
Perfluorpolyetheröl								■

■ mischbar □ bedingt mischbar

## Öle mit Hochleistungsadditiven für eine zuverlässige Schmierung



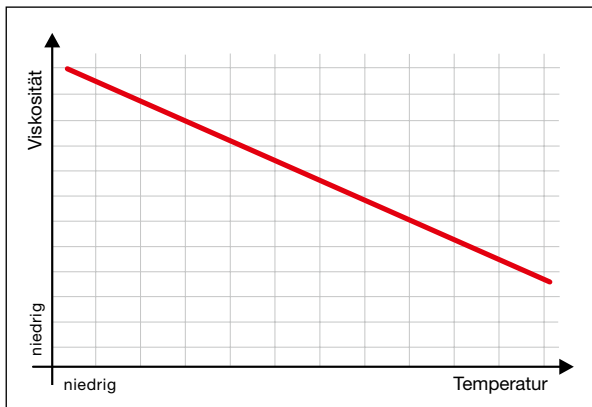
Viskosität

### Viskosität – das Maß für die innere Reibung von flüssigen Stoffen

Die Auswahl der Viskosität eines Öles hängt jeweils vom Einsatzbereich des Schmierstoffes ab. Grundsätzlich gilt: Niedrige Viskosität für niedrige Druckbelastung und hohe Gleitgeschwindigkeiten, hohe Viskosität für hohe Druckbelastung, niedrige Gleitgeschwindigkeiten und hohe Temperaturen. Die Viskosität kann mit unterschiedlichen Messverfahren ermittelt werden (siehe Prüf- und Messverfahren).

Die kinematische Viskosität wird in  $\text{mm}^2/\text{s}$  angegeben und dient zur Klassifizierung. Die dynamische Viskosität wird in  $\text{mPa} \cdot \text{s}$  angegeben. Unter Berücksichtigung der Dichte sind beide Viskositäten ineinander umrechenbar, mit der Gleichung:

dynam. Viskosität = Dichte x kinemat. Viskosität.



Temperaturabhängigkeit der Viskosität

### Abhängigkeit der Viskosität von der Temperatur

Die Viskosität eines Öles ändert sich abhängig von der Temperatur, der Druck- und Scherbeanspruchung sowie der Zeit, in der das geschieht. Der wichtigste Einflussfaktor ist die Temperatur. Mit steigender Temperatur sinkt die Viskosität und umgekehrt, abhängig vom Typ des Öls.



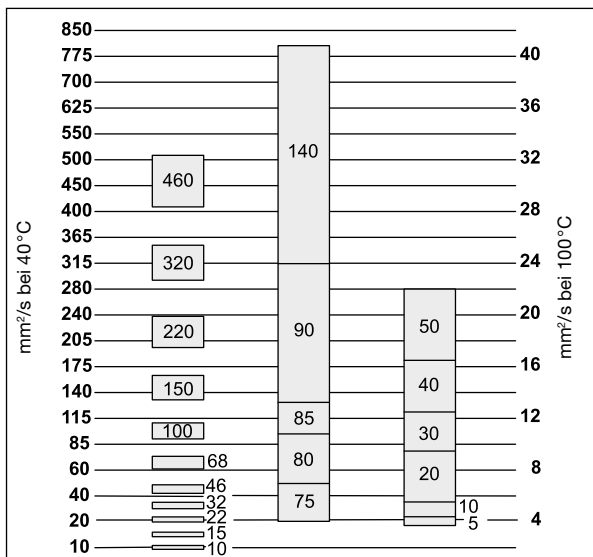
Die Einteilung von Schmierölen in Viskositätsklassen erfolgt nach ISO (DIN 51519) oder nach SAE (Society of Automotive Engineers).

Kinematische ISO-VG	Viskosität (40 °C) [mm <sup>2</sup> /s]
15	13,5 – 16,5
22	19,8 – 24,2
32	28,8 – 35,2
46	41,4 – 50,6
68	61,2 – 74,8
100	90 – 110
150	135 – 165
220	198 – 242
320	288 – 352
460	414 – 506
680	612 – 748
1.000	900 – 1.000
1.500	1.350 – 1.650

Viskositätsklassen nach DIN 51519

### ISO-Viskositätsklassen nach DIN 51519

ISO-VG (Viscosity Grade) Klassen gelten nur für Industrieschmieröle. Es gibt 18 kinematische VG-Klassen von 2 mm<sup>2</sup>/s bis 1.500 mm<sup>2</sup>/s. Die Ermittlung der Viskosität erfolgt bei 40 °C.



Vergleich der Viskositätsklassen nach ISO-VG und SAE

### Viskositätsklassen nach SAE

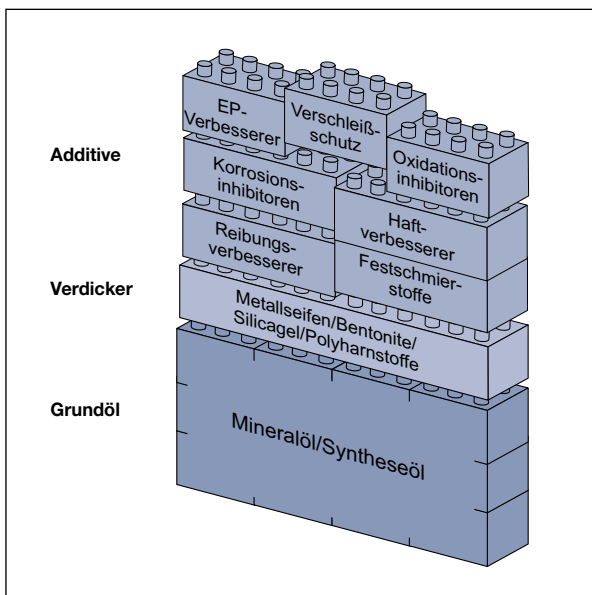
Schmieröle für Fahrzeuggetriebe und -motoren werden in SAE Viskositätsklassen eingeteilt. Diese reichen von 0 – 60 bei Motorölen und von 70 – 250 bei Getriebeölen. Gemessen werden die Viskositätswerte bei 100 °C.

## Fette zur Langzeitschmierung bei kritischen Betriebsbedingungen

Wenn aus konstruktiven Gründen keine Ölschmierung möglich oder eine Kühlfunktion nicht erforderlich ist, wird meist ein Schmierfett verwendet. Fette bestehen aus einem Grundöl, das durch einen Verdicker (Seife) gebunden wird. Dadurch verbleibt der Schmierstoff an der Schmierstelle. Dort gewährleistet er einen dauerhaft wirksamen Schutz gegen Reibung und Verschleiß und dichtet die Schmierstelle gegen äußere Einflüsse wie Feuchtigkeit und Fremdstoffe ab. Fette finden häufig Anwendung bei Wälz- und Gleitlagern, Spindeln, Armaturen, Dichtungen, Führungen aber auch bei Ketten und Getrieben.

### Kenndaten von Fetten

Kenndaten	Norm	Beschreibung
Grundölviskosität	DIN 51 562-1	Beeinflusst Geschwindigkeitsbereich und Lastaufnahmevermögen eines Fettes
Tropfpunkt	DIN ISO 2176	Überschreiten dieser Temperatur führt zur Zerstörung der Fettstruktur
Einsatztemperatur	DIN 51 805 – Min DIN 51 821/2 – Max	Temperaturbereich der optimalen Leistungsfähigkeit bei Wälzlagerfetten
Drehzahlkennwert (DN-Wert)		Maximale Drehgeschwindigkeit bis zu der ein Fett in einem Wälzlager eingesetzt werden kann
Konsistenz	DIN ISO 2137	Maß für die Festigkeit eines Fettes (Walk-/Ruhpenetration)
NLGI-Klasse	DIN 51 818	Einteilung in Konsistenzklassen nach DIN ISO 2137
VKA Test	DIN 51 350	Bestimmung des Verschleißschutzes und des maximalen Lastaufnahmevermögens eines Wälzlagerfettes



Aufbau von Fetten

### Aufbau von Fetten

Der wesentliche Unterschied im Aufbau von Fetten gegenüber Ölen ist der Verdicker, der die typischen Leistungsmerkmale eines Fettes bestimmt.

Moderne Schmierfette sind so formuliert, dass ihre Wirkstoffe bei kritischen Beanspruchungen einen Notlaufschmierfilm erzeugen und somit die Betriebssicherheit gewährleisten.

### Einfluss des Verdickers auf die Leistungsmerkmale eines Fettes

Verdicker (Seife)	Einsatztemperatur [°C]		Tropfpunkt [°C]	Wasser- beständigkeit	Lastaufnah- mevermögen
	Mineralöl	Syntheseöl			
Calcium	-30 → 50	n.a.	< 100	++	+
Lithium	-35 → 120	-60 → 160	170 / 200	+	-
Al-Komplex	-30 → 140	-60 → 160	> 230	+	-
Ba-Komplex	-25 → 140	-60 → 160	> 220	++	++
Ca-Komplex	-30 → 140	-60 → 160	> 190	++	++
Li-Komplex	-40 → 140	-60 → 160	> 220	+	-
Bentonit	-40 → 140	-60 → 180	ohne	+	-
Polyharnstoff	-30 → 160	-40 → 160	250	+	-

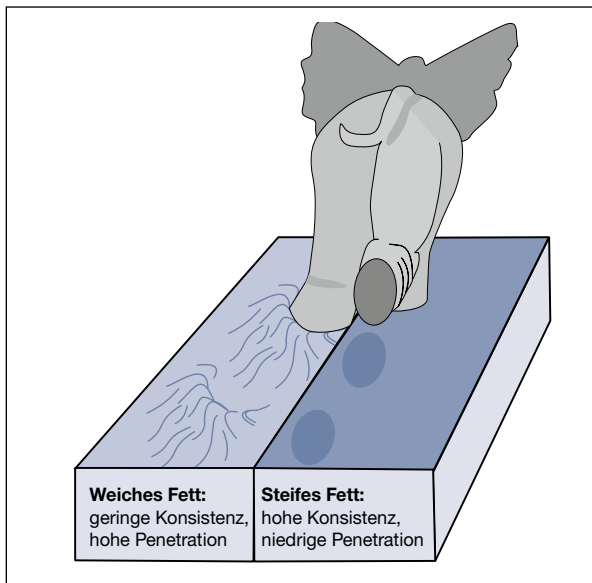
### Verträglichkeit von Fetten

Neben der Verträglichkeit der Grundöle muss beim Wechsel von Fetten die Mischbarkeit der Verdicker beachtet werden. Eine Unverträglichkeit hat negativen Einfluss auf die Leistung des Schmierfettes.

	Ca-Seife	Ca <sub>x</sub> -Seife	Li-Seife	Li <sub>x</sub> -Seife	Li/Ca- Seife	Na-Seife	Bentonit	Ba <sub>x</sub> -Seife	Al <sub>x</sub> -Seife	Poly- harnstoff
Ca-Seife	■	■	■	■	■		■	■		■
Ca <sub>x</sub> -Seife	■	■	■	■	■		■	■		■
Li-Seife	■	■	■	■	■		■	■		■
Li <sub>x</sub> -Seife	■	■	■	■	■			■	■	
Li/Ca-Seife	■	■	■	■	■		■	■		■
Na-Seife						■	■	■		■
Bentonit	■	■	■		■	■	■	■		■
Ba <sub>x</sub> -Seife	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Al <sub>x</sub> -Seife				■				■	■	■
Polyharnstoff	■	■	■		■	■	■	■	■	■

■ mischbar

## Fette zur Langzeitschmierung bei kritischen Betriebsbedingungen



Konsistenz eines Schmierfettes

### Konsistenz eines Schmierfettes

Bei Schmierfetten ist die Konsistenz die Kenngröße für die Festigkeit eines Fettes. Nach der DIN ISO 2137 wird sie aus der Eindringtiefe eines genormten Kegels gemessen.

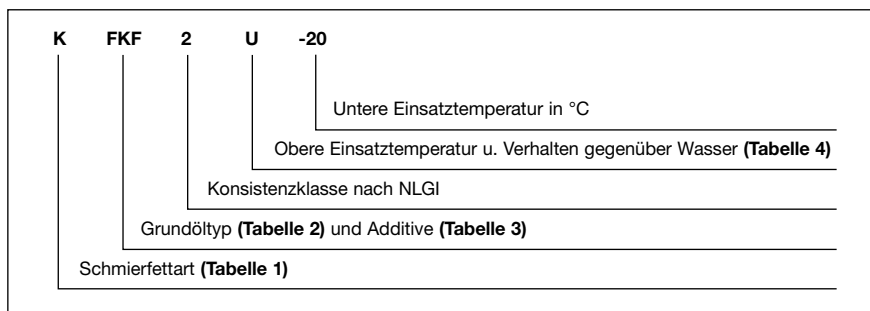
### Einteilung von Fetten nach NLGI

Die Klassifizierung nach NLGI (DIN 51 818) reicht von sehr weich (Klasse 000) bis zu sehr fest (Klasse 6). Standardschmierfette entsprechen zumeist der NLGI-Klasse 2.

NLGI-Klasse	Walkpenetration [mm/10]	Getriebe-schmierung	Gleitlager	Wälzlager	Wasser-pumpen	Blockfette
000	445 – 475	■				
00	400 – 430	■				
0	355 – 385	■				
1	310 – 340	■	■	■		
2	265 – 295		■	■		
3	220 – 250		■	■		
4	175 – 205			■	■	
5	130 – 160				■	
6	85 – 115 Ruhpenetration					■

## Bezeichnung und Einteilung von Schmierfetten nach DIN 51502

Aufgrund der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten und unterschiedlichen Zusammensetzungen werden Schmierfette gemäß der DIN 51502 nach verschiedenen Gesichtspunkten wie Schmierfettart, Verwendbarkeit, Konsistenz-Klassen (NLGI) und Einsatztemperaturen eingeteilt und beschrieben.



Beispiel für eine  
Kennzeichnung  
nach DIN 51502

Schmierfettart	Kennung
Schmierfette für Wälzlager, Gleitlager und Gleitflächen (nach DIN 51 825)	K
Schmierfette für geschlossene Getriebe (nach DIN 51 826)	G
Schmierfette für offene Getriebe, Verzahnungen (Haftschmierstoffe ohne Bitumen)	OG
Schmierfette für Gleitlager und Dichtungen (geringere Anforderungen als an Schmierfette K)	M

Tabelle 1

Grundöltyp	Kennung
Esteröle	E
Fluorkohlenwasserstoffe	FK
Synthetische Kohlenwasserstoffe	HC
Polyglykole	PG
Ester der Phosphorsäure	PH
Siliconöle	Si
Sonstige	X

Tabelle 2

Additiv	Kennung
EP-Additive	P
Festschmierstoffe (z.B. MoS <sub>2</sub> )	F

Tabelle 3

Kennung	obere Gebrauchstemperatur [°C]	Verhalten gegenüber Wasser nach DIN 51 807 Teil 1*
C	+60	0 – 40 oder 1 – 40
D		2 – 40 oder 3 – 40
E	+80	0 – 40 oder 1 – 40
F		2 – 40 oder 3 – 40
G	+100	0 – 90 oder 1 – 90
H		2 – 90 oder 3 – 90
K	+120	0 – 90 oder 1 – 90
M		2 – 90 oder 3 – 90
N	+140	nach Vereinbarung
P	+160	
R	+180	
S	+200	
T	+220	
U	über +220	

Tabelle 4

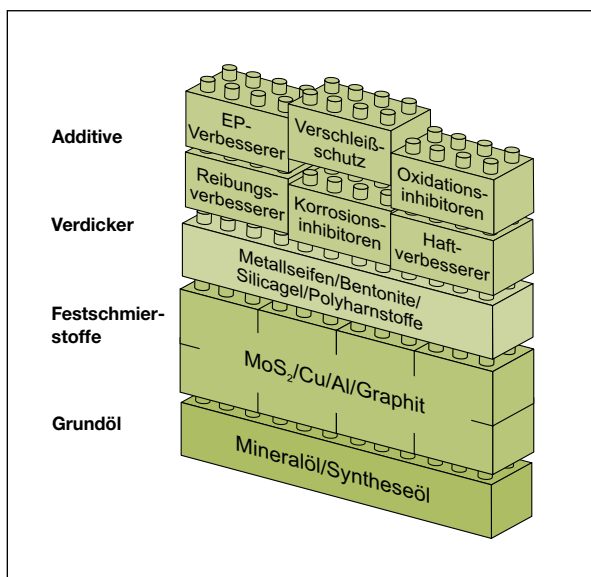
\*0 = keine Veränderung  
1 = geringe Veränderung  
2 = mäßige Veränderung  
3 = starke Veränderung

## Pasten zur leichten Montage und Demontage

Der Aufbau von Pasten entspricht im Grundsatz dem von Fetten. Allerdings ist der Anteil an Festschmierstoffen deutlich höher. Dadurch wird eine sichere Schmier-, Trenn- und Korrosionsschutzwirkung auch beim Einsatz unter extremen Temperatur- und Druckbedingungen und aggressiven Medien gewährleistet. Pasten werden bei Schraubverbindungen ebenso eingesetzt wie beim Einpressen von Stiften und Bolzen sowie bei Zahnrädern.

### Kenndaten von Pasten

Kenndaten	Norm	Beschreibung
Press-Fit-Test		Gibt Aufschluss über die Schmierwirkung von Pasten bei sehr hohem Druck und geringer Gleitgeschwindigkeit (relevant für Montagepasten)
Gewindereibzahl	DIN EN ISO 16047	Auf einem Schraubenprüfstand wird die Reibzahl $\mu$ beim Anziehen von Schrauben und Muttern ermittelt (relevant bei Schraubenpasten)
Losbrechmoment	DIN 267-27	Verhältnis des benötigten Losbrechmoments beim Lösen der Schraubverbindung zum Anzugsmoment
Einsatztemperatur		Schmierung: Öl und Festschmierstoffe sind wirksam Trennung: Nach Abdampfen des Öles Trennwirkung durch Festschmierstoffe



Aufbau von Pasten

### Aufbau von Pasten

Der Aufbau der Hochleistungspasten ist ähnlich der Fette. Der wesentliche Unterschied besteht im hohen Feststoffanteil, der typisch ist sowohl für Montagepasten (nur Schmierwirkung) als auch für Schraubenpasten (Schmier- und Trennwirkung).

**Anwendungsbereiche von Pasten**

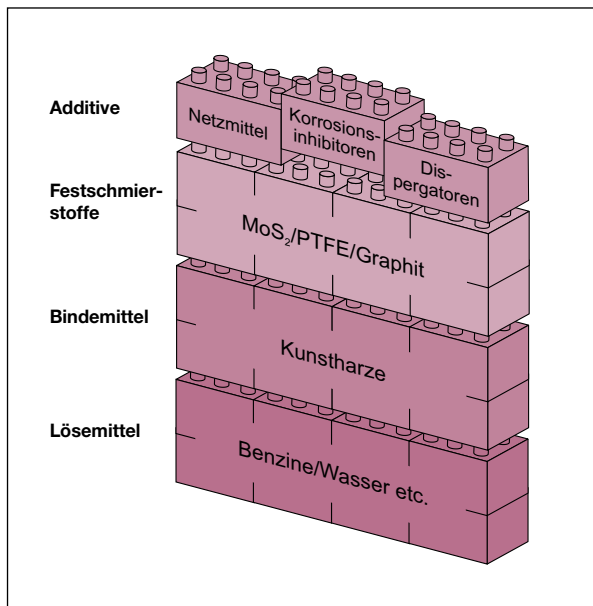
Der Anwendungsbereich von Pasten wird wesentlich vom enthaltenen Festschmierstoff bestimmt.

Festschmierstoff	Maximale Einsatztemperatur [°C]	Anwendungsgebiet
PTFE	< 300	Montage, Medieneinfluss
MoS <sub>2</sub>	< 450	Montage, Aufpressvorgänge
Aluminium	< 1100	Hochtemperaturverschraubungen
Kupfer	< 1100	Hochtemperaturverschraubungen, „Anti-Seize“-Paste, el. Leitfähigkeit
„Oxide“ Keramik	< 1400	Höchsttemperaturverschraubungen, Edelstahlverschraubungen



## Trockenschmierstoffe – die Alternative für besondere Einsatzfälle

Trockenschmierstoffe lassen sich in pulverförmige Festschmierstoffe, wachsähnliche Gleitfilme und in feststoffhaltige Gleitlacke einteilen.



Aufbau von Gleitlacken

Die Beschichtung mit einem Gleitlack erfolgt nach einer gründlichen Vorbereitung der Oberfläche durch Tauchen, Spritzen oder Streichen. Die trockene Gleitlackschicht ist zwischen 10 und 20 µm dick. Sie widersteht hohen Druckbelastungen und extremen Temperaturen, nimmt keine Verschmutzung an und zeichnet sich durch eine sehr hohe chemische Beständigkeit und eine hervorragende Langzeitschmierleistung aus.

Gleitlacke werden in vielen Bereichen der Technik eingesetzt, z.B. bei Muttern, Schrauben, Bolzen, Scheiben, Federn, Dichtringen, Zahnrädern, Gleitführungen und Gewindespindeln.

### Aufbau von Gleitlacken

Unter Gleitlacken versteht man Festschmierstoffe (meist MoS<sub>2</sub>, Graphit oder PTFE), die in einen Binder eingelagert sind. Für die Verteilung des Gleitlacks wird ein Lösemittel beigemischt, das während der Aushärte- oder Trocknungszeit verdunstet.

Gegenüber den klassischen Schmierstoffen zeichnen sich Gleitlacke aus durch

- Trockenschmierung ohne Öl und Fett
- Saubere Schmierung ohne Schmutzanhaftung
- Sehr geringe Reibwerte erreichbar
- Hohe Temperaturbelastbarkeit
- Keine Verdampfungsverluste
- Einsatz im Vakuum möglich
- Chemisch-physikalische Stabilität
- Wirksamkeit auch bei geringen Gleitgeschwindigkeiten
- Langzeit- und Lebensdauerschmierung
- Hohe Wirtschaftlichkeit

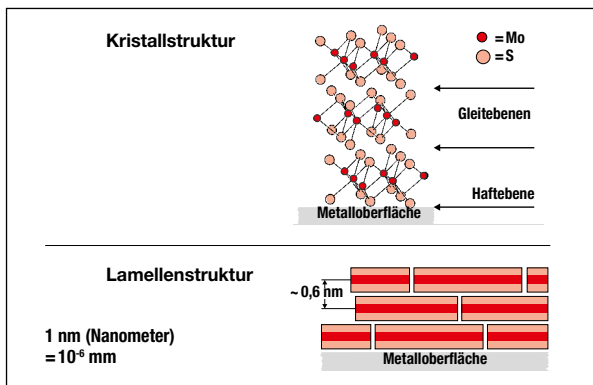


# SCHMIERSTOFFARTEN

## Einteilung der Festschmierstoffe

Festschmierstoffe werden als feinteiliges Pulver verwendet und können nach Struktur sowie in chemisch und physikalisch wirksame Stoffen eingeteilt werden. Die gängigsten sind hier aufgeführt.

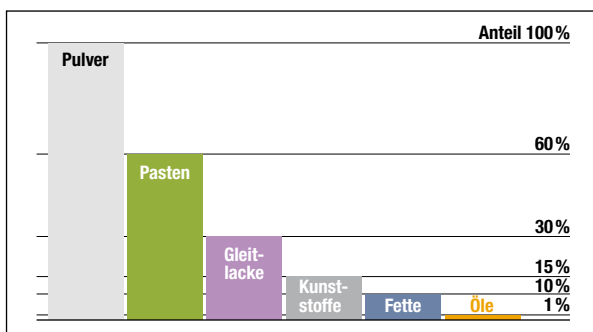
	MoS <sub>2</sub>	Graphit	Tri-calcium-phosphat	Zink-pyro-phosphat	Calcium-hydroxid	Alu-minium	Zink-sulfid	Zink-oxid	Calcium-fluorid	PTFE	PE
<b>Strukturwirksam</b> mit Schichtgitterstruktur	■	■									
<b>Chemisch wirksam</b> mit Schichtgitterstruktur	■										
<b>Chemisch wirksam</b> ohne Schichtgitterstruktur			■	■	■						
<b>Physikalisch wirksam</b> mit Schichtgitterstruktur						■	■	■	■		
<b>Physikalisch wirksam</b> ohne Schichtgitterstruktur										■	■



Schmierung durch MoS<sub>2</sub>

## Molybdändisulfid MoS<sub>2</sub>

Die besten Schmiereigenschaften bei Metallpaarungen werden mit MoS<sub>2</sub> (Molybdändisulfid) erreicht. Die Schichtgitterstruktur und die chemisch wirksamen Eigenschaften auf der Metalloberfläche ergeben niedrigste Reibwerte, hohes Druckaufnahmevermögen und einen ausgezeichneten Verschleißschutz. Bereits dünne Filme ergeben eine extrem tragfähige Schicht, in der die MoS<sub>2</sub>-Lamellen wie bei einem Stapel Spielkarten zueinander gleiten.

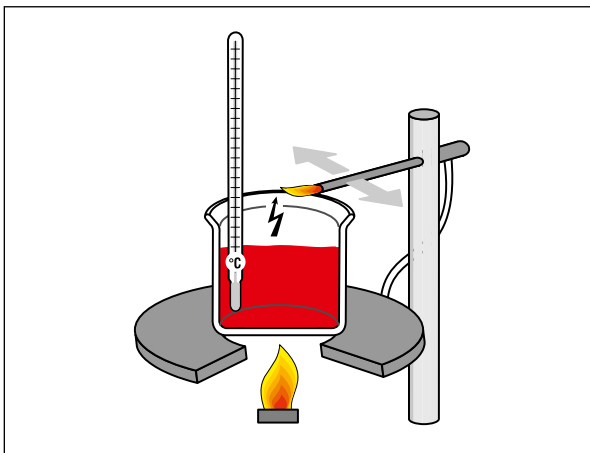


Festschmierstoffanteil

## Maximaler Anteil von Festschmierstoffen in Schmierstoffsystemen

## OKS Schmierstoffe – maximale Leistung für höchste Prozesssicherheit

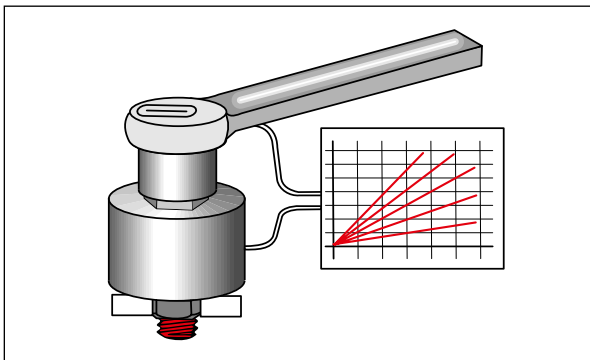
Für die Entwicklung und Qualitätssicherung von Schmierstoffen werden eine Vielzahl von Prüfverfahren verwendet, um die verschiedenen Einflussgrößen eines tribologischen Systems zu untersuchen und zu bewerten. Die dabei gewonnenen Kenndaten beschreiben die chemisch/physikalischen Eigenschaften eines Schmierstoffes, die Aussagen über seine mögliche Eignung für eine spezifische Anwendung erlauben.



Bestimmung des Flammpunktes

### Flammpunkt

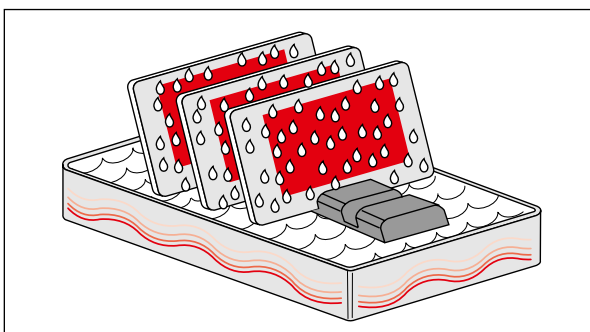
Der Flammpunkt ist bei brennbaren Flüssigkeiten eine Messgröße, die es erlaubt, die Brandgefahr abzuschätzen. Je nach Produktart und Höhe des zu erwartenden Flammpunktes sind die gebräuchlichsten Messmethoden geschlossener Tiegel (nach DIN 51 755) oder offener Tiegel (nach DIN ISO 2592).



Messung der Gewindereibung

### Gewindereibung

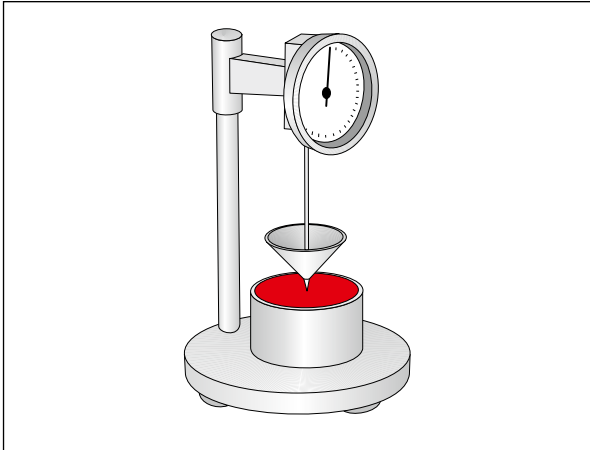
Die Gewindereibung wird auf einem Schraubenprüfstand ermittelt. Nach DIN EN ISO 16047 erhält man die Reibungszahl  $\mu$  einer Schraubverbindung beim Anziehen von Schrauben und Muttern. Gewindeabmessung, Werkstoff und Art der Oberfläche sind anzugeben.



Kondenswasser-Test

### Kondenswasser-Test

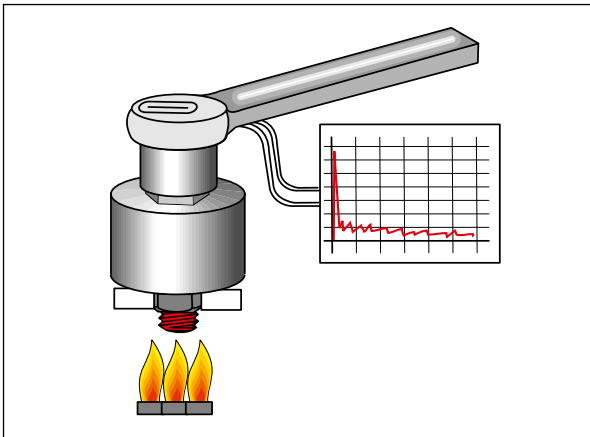
Der Kondenswasser-Test ist eine von mehreren Untersuchungen zur Beurteilung einer Schutzschicht bei korrosiven Einflüssen (DIN 50017 – KTW Kondenswasser Temperatur Wechselklima) und definiert den Prüfvorgang in einer Klimakammer bei Wechselklima. Ergebnis ist die Zahl der Stunden bis zum Auftreten von Rostspuren.



Messung der Konsistenz

### Konsistenz

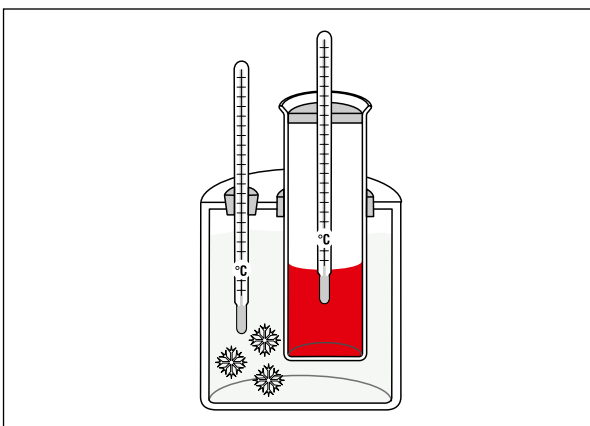
Die Konsistenz eines Schmierfettes wird nach DIN ISO 2137 mit einem Penetrometer gemessen, wobei das Fett vor der Messung gewalzt wird, um die Beanspruchung in einem Lager nachzuahmen. Die Eindringtiefe eines Konus erlaubt die Zuordnung in eine Konsistenzklasse gemäß NLGI (DIN 51 818).



Ermittlung des Losbrechverhaltens

### Losbrechverhalten

Losbrechverhalten, das Verhältnis von Lösemoment zu Anzugsmoment, wird für Hochtemperatur-Schraubepasten ermittelt, nachdem Schrauben M10 (oder M12), Werkstoff A2-70, mit 40 Nm (oder 70 Nm) angezogen und über 100 Stunden einer Temperatur zwischen +200 °C und +650 °C ausgesetzt werden.

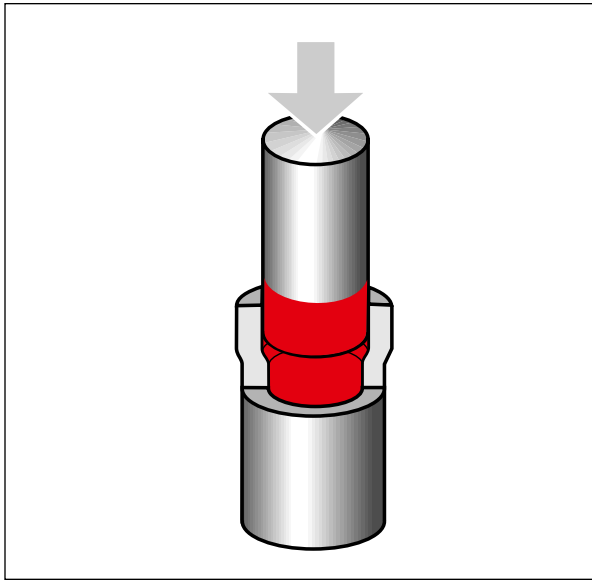


Bestimmung des Pourpoints

### Pourpoint

Der Pourpoint eines Öles wird nach DIN ISO 3016 gemessen. Er liegt einige °C unter der empfohlenen tiefsten Einsatztemperatur.

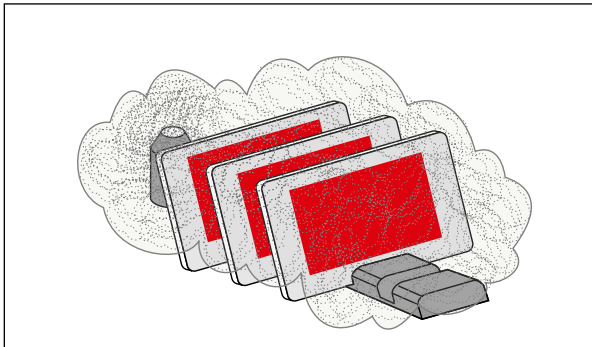
### OKS Schmierstoffe – maximale Leistung für höchste Prozesssicherheit



Press-Fit-Test

#### Press-Fit-Test

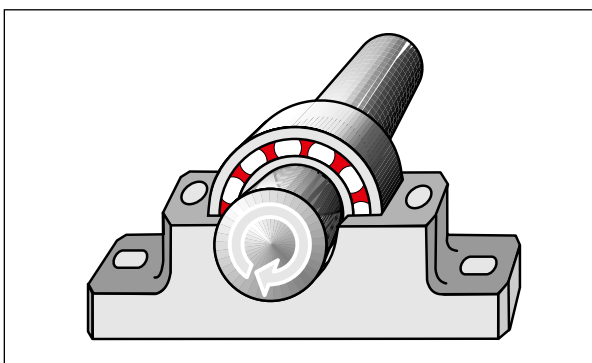
Der Press-Fit-Test gibt Aufschluss über das Verhalten und die Haftung von Festschmierstoffen bei sehr hohem Druck und geringer Gleitgeschwindigkeit. Es wird die Reibungszahl  $\mu$  gemessen und festgestellt, ob Ruckgleiten (Stick-Slip) auftritt. Beide Ergebnisse sind wichtig für die Anwendungen bei Montagearbeiten (z.B. Aufpressfertigung) oder bei Gleitbahnen und Führungen (z.B. Werkzeugmaschinen).



Salzsprühnebeltest

#### Salzsprühnebeltest

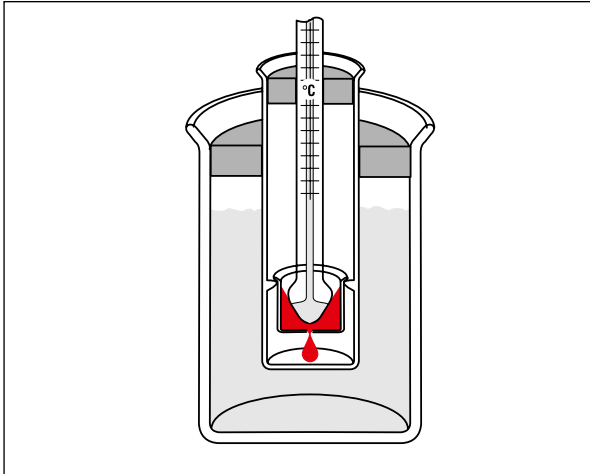
Der Salzsprühnebeltest simuliert salzhaltiges Klima nach DIN EN ISO 9227 NSS (ex DIN 50021 SS), wobei beschichtete Bleche einem definierten Salznebel ausgesetzt sind. Beobachtet wird, nach wie vielen Stunden Rostspuren auftreten.



SKF-EMCOR-Verfahren

#### SKF-EMCOR-Verfahren

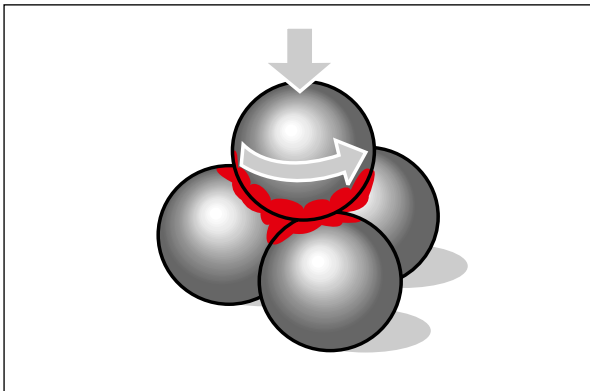
Dieses Verfahren wird zur Beurteilung von korrosionsverhindernden Eigenschaften von Wälzlager-Schmierstoffen angewandt. Dabei wird dem Fett Wasser zugegeben und in Pendelkugellagern mit definierter Laufdauer, Drehzahl und bestimmten Stillstandzeiten gemäß DIN 51 802 auf Korrosion untersucht. Ergibt sich bei Sichtprüfung der Prüfringe keine Korrosion, so ist der Korrosionsgrad 0. Bei sehr starker Korrosion ist die maximale Note 5.



Messung des Tropfpunkts

### Tropfpunkt

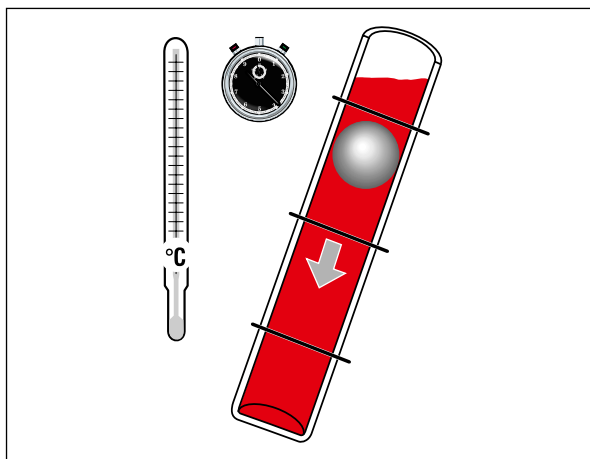
Der Tropfpunkt (in °C) ist bei einem Schmierfett die Temperatur, bei der, gemessen nach DIN ISO 2176, die Verflüssigung eintritt. Er liegt wesentlich über der empfohlenen oberen Grenze der Einsatztemperatur. Bestimmte Fettverdicker verflüssigen sich allerdings nicht, d.h. sie sind ohne Tropfpunkt.



Vierkugelapparat (VKA)

### Vierkugelapparat (VKA)

Der Vierkugelapparat ist eine Prüfvorrichtung für Schmierstoffe, die bei hohen Flächenpressungen im Mischreibungsbereich eingesetzt werden. Nach DIN 51 350 besteht der VKA aus einer rotierenden Laufkugel, die auf drei Standkugeln gleitet. Bei der Prüfung zur maximalen Lastaufnahme des Schmierstoffes wirkt auf die Laufkugel eine Prüfkraft ein, die stufenweise erhöht wird, bis infolge der Reibungswärme das Vierkugelsystem verschleißt. In einem weiteren VKA Prüfverfahren wird der Verschleißwert eines Schmierstoffes unter definierten Testbedingungen (Prüfkraft, Geschwindigkeit, Zeit) bestimmt.



Messung der Viskosität

### Viskosität

Die Viskosität eines Öles wird je nach Produktart mit verschiedenen Messgeräten festgestellt. Zur Erfüllung der Maßgaben nach DIN 51 562-1 oder ähnlichen Methoden wird ein Kugelfall-Viskosimeter benützt. Die Angabe der kinematischen Viskosität  $V$  (ny) [mm<sup>2</sup>/s] erfolgt bei +40 °C. Oft interessiert auch noch der Wert z.B. bei +100 °C, um den Abfall der Viskosität bei höheren Temperaturen beurteilen zu können.

## OKS Schmierstoffe – maximale Leistung für höchste Prozesssicherheit

### DIN 51 502

Ziel dieser Norm ist die einheitliche Kennzeichnung von Standardschmierstoffen über ein System von Kennbuchstaben und einfachen grafischen Symbolen. Die Kennzeichnung betrifft u.a. die Schmierstoffart, die Viskosität, die Konsistenz sowie die Gebrauchstemperatur. Spezialschmierstoffe sind durch die DIN 51 502 jedoch nur bedingt darstellbar.

### DN-Wert

Der DN-Wert oder Drehzahlfaktor ist ein Richtwert, bis zu welchen Umfangsgeschwindigkeiten Schmierstoffe in Wälzlagern eingesetzt werden können.

### FZG-Zahnrad-Verspannungsprüfstand

Mit dem FZG-Zahnrad-Verspannungsprüfstand werden Öle und Fette insbesondere auf ihre Eignung als Schmierstoffe in geschlossenen Getrieben untersucht. Der Verschleiß wird nach jeder Laststufe ermittelt und als Ergebnis die sogenannte „Schadenslaststufe“ angegeben. Die Testmethode ist in DIN 51 354 beschrieben.

### Lubrimeter-Test

Der Lubrimeter-Test ist eine Prüfeinrichtung, mit der Reibungszahl, Verschleiß und Betriebstemperatur von Schmierstoffen bei veränderlichen Belastungen und Gleitgeschwindigkeiten mit unterschiedlichen Werkstoffen über eine bestimmte Zeit gemessen werden.

### NSF Klassifizierung

Schmierstoffe, die entsprechend der weltweit anerkannten Positivliste für Inhaltsstoffe der amerikanischen Food and Drug Administration (FDA) aufgebaut sind, werden nach Prüfung durch die National Sanitation Foundation unter einer NSF Registrierungsnummer veröffentlicht. Hierbei steht die Klassifizierung H1 für Schmierstoffe, die eingesetzt werden dürfen, wenn ein Kontakt mit Lebensmitteln technisch nicht ausgeschlossen werden kann. Die H2 Klassifizierung gilt für Schmierstoffe, die zum Einsatz kommen dürfen, wenn der Kontakt mit Lebensmitteln technisch ausgeschlossen ist.

### Ölabscheidung

Die Ölabscheidung wird nach DIN 51 817 in Gewichts-% gemessen, wobei das zu prüfende Schmierfett mit Druck und Temperatur beaufschlagt wird.

### Oxidationsbeständigkeit

Die Oxidationsbeständigkeit eines Schmierfettes ist ein Maß für die Widerstandsfähigkeit gegen Reaktionen mit reinem Sauerstoff. Nach DIN 51 808 wird das Fett zusammen mit dem Sauerstoff über eine bestimmte Zeit (z. B. 100 Stunden) und Temperatur (z.B. +99 °C oder +160 °C) einem erhöhten Druck ausgesetzt. Prüfergebnis ist der Druckabfall des Sauerstoffs in Pa (Pascal) als Maß für den Grad der Oxidation.

### Schichtdicke (Korrosionsschutz)

Die Schichtdicke hat entscheidenden Einfluss auf die Dauer des Korrosionsschutzes. Hierzu werden je nach Art der Schutzschicht verschiedene Messmethoden verwendet, welche die Schichtdicke in µm angeben.

### Verdampfungsverlust

Der Verdampfungsverlust interessiert besonders bei Hochtemperatur-Schmierstoffen. Gemäß DIN 58 397 wird dieser bei hohen Temperaturen über eine vorgegebene Zeit untersucht. Der Verlust an verdampftem Öl in Gewichts-% sollte möglichst gering sein.



**Additiv**

Zusatz zu Schmierstoffen, Korrosionsschutz- und Wartungsprodukten zur Erzielung bzw. Verbesserung bestimmter Produkteigenschaften.

**Alterung**

Chemische Veränderung von Stoffen durch Einwirkung von Wärme, Licht und Sauerstoff über die Betriebszeit

**DVGW**

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches

**EP-Schmierstoffe**

Schmierstoffe mit Hochdruck-Additiven („Extreme Pressure“), um Druckbelastbarkeit und Verschleißschutzeigenschaften zu erhöhen

**ISO**

International Standardization Organisation (Internationale Organisation für Normung)

**Korrosion**

Reaktion eines Metalles mit seiner Umgebung, welche eine Veränderung und Beeinträchtigung der Funktion eines Bauteiles bewirkt

**KTW**

Zulassung für Kunststoffe im Trinkwasserbereich

**LGA**

Landesgewerbeanstalt Nürnberg mit seinem Institut für Lebensmittelchemie

**Lösemittel**

Flüssigkeiten, die andere Stoffe ohne chemische Veränderungen auflösen

**Notlaufschmierung**

Wird durch Festschmierstoffe erreicht, wenn bei Fett- oder Ölschmierstoffen Mangelschmierung auftritt

**Passungsrost**

Korrosion, die an Passungen auftritt, welche Schwingungen mit Mikro-Reibbewegungen ausgesetzt sind. Sofortige Rostbildung an Abriebteilchen von Stahl

**Ruckgleiten (auch Stick-Slip)**

Tritt bei langsamen Bewegungen und unzureichender Trennwirkung des Schmierstoffes auf, da die Anfangsreibung höher ist als die Bewegungsreibung

**Silikonöle**

Werden durch synthetische Verfahren gewonnen. Sie haben ein besonders gutes Viskositäts-Temperaturverhalten, sind beständig bei tiefen und hohen Temperaturen und gegen Alterung. Ausgezeichnete Trenneigenschaften. Hervorragender Schmierstoff für Kunststoffe und Elastomere. Bezeichnungen wie Polydimethylsiloxan oder Polyphenylmethylsiloxan geben das spezielle Baugerüst der Molekülgruppen an

**Syntheseöle**

Im Unterschied zu Ölen aus der Natur – Mineralöle, pflanzliche und tierische Öle – durch chemische Prozesse gewonnen. Dadurch bestimmte Vorteile erzielbar, wie geringe Neigung zur Verkokung, tiefer Pourpoint, gute Beständigkeit gegen Chemikalien und oft ausgezeichnetes Viskositäts-Temperaturverhalten. Für Schmierstoffe finden z.B. synthetische Kohlenwasserstoffe, Ester, Polyglykole, fluorierte Öle und Siliconöle Verwendung

**VCI**

Dampfphaseninhibitor (**V**olatile **C**orrosion **I**nhibitor) ist ein umweltfreundliches Korrosionsschutz-Additiv

**Verschleiß (auch Abrieb)**

Entsteht nach Durchbrechen des Schmierfilms, wenn sich die Gleitpartner berühren und aneinander reiben

**Weißöl**

Paraffinisches Mineralöl, hochraffiniert, um instabile Bestandteile zu entfernen. Weißöle kommen z. B. in Schmierstoffen für medizinische Anwendungen zum Einsatz



[www.oks-germany.com/de/tribologie/glossar](http://www.oks-germany.com/de/tribologie/glossar)

## Über 150 Hochleistungsprodukte aus einer Hand



- **Pasten** zur leichten Montage und Demontage
- **Öle** mit Hochleistungsadditiven für eine zuverlässige Schmierung
- **Fette** zur Langzeitschmierung bei kritischen Betriebsbedingungen
- **Trockenschmierstoffe** – die Alternative für besondere Einsatzfälle
- **Korrosionsschutz** zur sicheren Konservierung bei Lagerung und Versand
- **Wartungsprodukte** für die laufende Instandhaltung
- **Reiniger** zur gründlichen Entfernung von Verschmutzungen und Schmierstoffresten

Lassen Sie sich beraten, natürlich auch bei ganz individuellen Anforderungen.

Besuchen Sie auch den Tribologiebereich auf unserer Website

[www.oks-germany.com/de/tribologie/](http://www.oks-germany.com/de/tribologie/)



### BERATUNG UND VERTRIEB

Die Angaben in dieser Druckschrift entsprechen dem neuesten Stand der Technik, sowie umfangreichen Prüfungen und Erfahrungen. Bei der Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten und der technischen Gegebenheiten können sie lediglich Hinweise auf Anwendungen geben und sind nicht auf jeden Einzelfall voll übertragbar, daher können daraus keine Verbindlichkeiten, Haftungs- und Gewährleistungsansprüche abgeleitet werden. Eine Haftung für die Eignung unserer Produkte für bestimmte Verwendungen sowie bestimmte Eigenschaften der Produkte übernehmen wir nur, wenn diese im Einzelfall schriftlich zugesagt worden sind. In jedem Fall berechtigter Gewährleistungsansprüche sind diese auf die Lieferung mangelfreier Ersatzware oder, wenn diese Nachbesserung scheitern sollte, auf die Rückerstattung des Kaufpreises beschränkt. Alle weitergehenden Ansprüche, insbesondere die Haftung für Folgeschäden, sind grundsätzlich ausgeschlossen. Vor Anwendung müssen eigene Versuche durchgeführt werden. Für Schreib-, Tipp-, Rechen- und Übersetzungsfehler wird keine Gewähr übernommen. Änderungen im Interesse des Fortschritts vorbehalten. ® = eingetragenes Warenzeichen

**OKS Spezialschmierstoffe GmbH**  
Ganghoferstr. 47  
82216 Maisach

Tel. +49 8142 3051-500  
info@oks-germany.com

a brand of  
**FREUDENBERG**

For a world in motion