



**Hochleistungsprodukte und Service für die Metallbearbeitung**

## **Fett-Schulung**



# Über uns...



Hochleistungsprodukte und Service für die Metallbearbeitung

## ZET-CHEMIE GmbH

Gründung: 1989

Geschäftsführer: Jürgen Zimmerhackl

Sitz: Heisenbergstraße 3 und 7

Mitarbeiter: 25

Produktion und Verkauf: 8.000.000 Liter

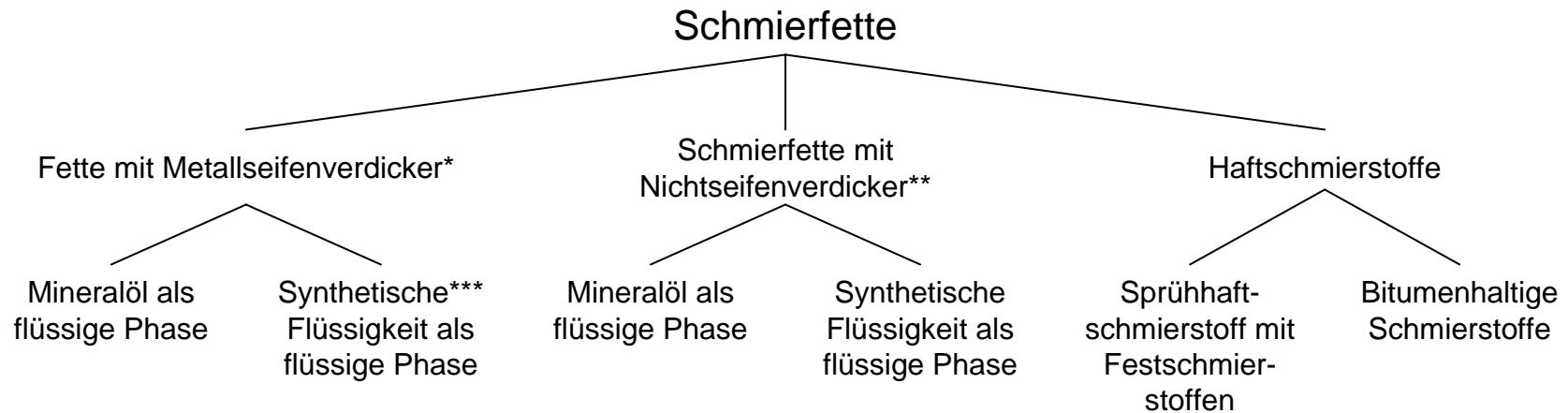
Produktpalette:

- Schmierstoffe für die Metallbearbeitung
- Korrosionsschutzfluids
- Industrieschmierstoffe
- Reinigungsmittel
- Fette



# 1. Einführung

Schmierfette können in Metallseifen- und Nichtseifen-Schmierfette unterteilt werden. Ein anderes Schema unterscheidet nach mineralölbaischen und synthetischen Schmierfetten. Haftschmierstoffe nehmen dabei eine Sonderstellung ein.



\* Seifenverdicker: Einfachseife, Gemischtseife, Komplexseife untersch. Metallbasen, z.B. Ca, Na, Li, Al, usw.  
\*\* Nichtseifenverdicker: Organische und anorganische Feststoffe, z.B. Tonerde (Betonit, Kieselgel, Polyharnstoff, Ruß, usw)  
\*\*\* Synthetische Flüssigkeiten: Silikone, Ester, Polyglykole

## 2. Definition der Schmierfette



Hochleistungsprodukte und Service für die Metallbearbeitung

Physikalisch betrachtet gehören Schmierfette zu den Dispersionen, genauer zu den Suspensionen von Festkörpern in Flüssigkeiten.

Es existieren folgende Definitionen für Schmierfette:

- Schmierfette sind konsistente Schmierstoffe, die aus Mineralöl und/oder Syntheseöl sowie einem Dickungsmittel bestehen. Sie können Wirkstoffe und/oder Festschmierstoffe enthalten (DIN 51 825)
- Ein Schmierfett ist ein fester oder halbflüssiger Stoff, der aus der Dispersion eines Dickungsmittels in einem flüssigen Schmierstoff resultiert; andere Bestandteile, die besondere Eigenschaften vermitteln, können enthalten sein (ASTM D 288-68).
- Schmierfette sind fixierte, d.h. nicht frei fließende Schmierstoffe und als solche in einem gewissen Grade beständig gegen formveränderte Kräfte. Schmierfette sind am Weglaufen gehinderte Schmieröle.
- Schmierfette sind physikalisch gesehen kolloidale Suspensionen von geeigneten Verdickern (feste Phase) in Mineralölen und/oder Syntheseölen (flüssige Phase).

## 3.1 Allgemeine Hinweise



Hochleistungsprodukte und Service für die Metallbearbeitung

Obwohl Schmierfette rein äußerlich als einheitliche, homogene Stoffe erscheinen, bestehen sie im chemischen Sinne aus einer Vielzahl von Einzelverbindungen überwiegend organischer Natur. Diese lassen sich in drei Komponentengruppen zusammenfassen, die in der Regel wie folgt an den Formulierungen für Schmierfette beteiligt sind:

a. Grundöl	-	70 – 95 %	-	Grundfette
b. Verdicker	-	3 – 30 %		
c. Wirkstoffe	-	0 – 10 %	-	Zusätze

Im einzelnen Fall resultiert die chemische Konstitution eine Schmierfettes aus dem Anteil und der Beschaffenheit dieser Komponentengruppen

## 3.2 Grundöle



Hochleistungsprodukte und Service für die Metallbearbeitung

Von den Grundölen, die mengenmäßig den Hauptbestandteil und die Trägersubstanz der Fette darstellen, ist zu fordern, dass sie selbst gute Schmierungseigenschaften, d.h. Schmierölcharakter besitzen.

Außerdem müssen sie chemisch neutral und reaktionsträge sein, da sie nicht mit anderen Schmierfettkomponenten reagieren und auch nicht die Werkstoffe an den Reibstellen (Korrosion) und in deren Umgebung (z.B. Dichtungsmaterialien) angreifen dürfen.

## 3.2 Grundöle



Hochleistungsprodukte und Service für die Metallbearbeitung

### 3.2.1 Mineralöle

Die genannten Anforderungen werden in der Regel von den in den höhersiedenden Mineralölschnitten vorliegenden Kohlenwasserstoffgemischen gut erfüllt, so dass aus qualitativen wie auch aus preislichen Gründen nach wie vor die Mehrzahl der Schmierfette Mineralöl-Grundöle enthalten.

Diese Grundöle unterscheiden sich untereinander chemisch gesehen durch unterschiedliche Gehalte an aromatischen, naphthenischen, paraffinischen, kettenförmigen oder ringförmigen Kohlenwasserstoffen, deren Verhältnis zueinander von der jeweiligen Rohölprovinienz und dem Raffinationsgrad abhängt und durch letzteren in gewissen Grenzen verändert werden kann.

## 3.2 Grundöle



Hochleistungsprodukte und Service für die Metallbearbeitung

### 3.2.1 Mineralöle

Generell kommen diese Fraktionen der Mineralölverarbeitung infrage:

Vakuumdestillate -Spindelöle -Neutralöle -Medium	Vakuumdestillate -entparaffiniert -hydrofiniert -entparaffiniert und hydrofiniert	-Solvate -Solvate entparaffiniert -Solvate hydrofiniert -Solvate entparaffiniert und hydrofiniert -Brightstock	-Extrakte -Zweitraffinate
---	--	--	------------------------------

Die Auswahl des Grundöls richtet sich im Einzelfall nach dem Qualitätsniveau und dem Anwendungszweck des Schmierfettes.

Besonders hochwertige Schmierfettarten werden auf der Basis entparaffinierter, hydrofinierter Solventraffinate und von Brightstock hergestellt



## 3.2 Grundöle



Hochleistungsprodukte und Service für die Metallbearbeitung

### 3.2.2 Syntheseöle

Mehr als 95 % der heute produzierten Schmierfette basieren auf Mineralölen als Grundöle. Daneben gibt es aber für spezielle Anwendungsbereiche und extreme Betriebsbedingungen, gekennzeichnet durch hohe und niedrige Drehzahlen, aggressive Medien, usw., Spezialschmierfette mit synthetischen Grundflüssigkeiten.

Synthetische Flüssigkeiten für Schmierfette:

- Dicarbonsäureester
- Methylolster
- Silikone, Siloxane
- Alkoxifluoröle
- Polyalkylenglykol
- Polyalphaolefine
- Alkylbenzole
- Polyphenyläther

## 3.3 Verdicker

### 3.3.1 Übersicht

Die eigentliche Komponente, die einem Schmierfett seine wesentliche Eigenschaft, nämlich die Struktur, verleiht, ist das jeweilige Dichtungsmittel.

Als Verdicker kommen nachfolgende Stoffklassen zu Anwendung:

Einfache Metallseifen	Komplexe Metallseifen	Nichtseifen
Kalziumseifen Aluminiumseifen Natriumseifen Lithiumseifen Bleiseifen Zinkseifen	Kalzium- Aluminium- Natrium- Lithium- Barium- komplexseifen	Oleophiles Siliciumdioxid Organophile Tonmineralien Polyharnstoffe Polymerkohlenwasserstoffe Metalloxide, -hydroxide, -carbonate Oleophiler Graphit Anorganische Pigmente

Die Verdicker sind in der Regel bei Normaltemperatur feste Verbindungen, die im Grundöl kolloid-dispers gelöst sind und bei Extraktion der Schmierfette mit inpolaren Lösungsmitteln ausfallen. Den Hauptanteil der Verdicker für Schmierfette stellen die einfachen Metallseifen, von denen wiederum die Lithium-12-hydroxystearatseifen am weitesten verbreitet sind, und zwar mit etwa 65 % aller Schmierfette.

## 3.3 Verdicker



Hochleistungsprodukte und Service für die Metallbearbeitung

### 3.3.2 Einfache Metallseifen

Sie sind die neutralen Metallsalze der natürlich vorkommenden Fettsäuren und deren hydrierter Formen mit den entsprechenden Metallen, bevorzugt mit solchen aus der Gruppe der Alkali- (Lithium, Natrium) und Erdalkalimetalle (Kalzium, Barium).

z.B. Li-12-hydroxistearat (Li-Seife), Ca-distearat (einfache Kalkseife)

Die verwendeten Fettsäuren unterscheiden sich durch die Anzahl ihrer Kohlenstoffatome (Kettenlänge) und der Doppelbindungen. Eine Sonderstellung nimmt die 12-Hydroxystearinsäure ein, die aus der natürlich vorkommenden Rizinolsäure (Rizinusöl) durch Hydrierung gewonnen wird. Ihre Lithium- und Kalziumsalze ergeben besonders walkstabile Schmierfette.

## 3.3 Verdicker



Hochleistungsprodukte und Service für die Metallbearbeitung

### 3.3.2 Einfache Metallseifen

Die wichtigsten Fettsäuren für die Schmierfetherstellung sind:

Bezeichnung	Kettenlänge	Doppelbindungen	Hauptfettsäuren der natürlichen Triglyceride in
Palmitinsäure	C <sub>16</sub>	0	Palmöl, Rindertalg, Baumwollsaatöl, u.a.
Palmitoleinsäure	C <sub>16</sub>	1	Heringsöl, Sardinenöl, Rindertalg
Stearinsäure	C <sub>18</sub>	0	Rindertalg, Sonnenblumenöl
Ölsäure	C <sub>18</sub>	1	Oliven-, Erdnussöl, Rindertalg, Sonnenblumen-, Sojabohnenöl
Ricinolsäure	C <sub>18</sub>	1	Ricinusöl
Linolsäure	C <sub>18</sub>	2	Sonnenblumenöl, Sojabohnenöl, Maiskernöl, Baumwollsaatöl
Linolensäure	C <sub>18</sub>	3	Leinöl, Rüböl, Sojabohnenöl
Arachinsäure	C <sub>20</sub>	0	Gewinnung durch Hydrierung von ungesätt. C <sub>20</sub> -Säuren
Gadoleinsäure	C <sub>20</sub>	1	Rüböl
Ungesättigte Fetts.	C <sub>20</sub>	2-6	Heringsöl, Sardinenöl
Behensäure	C <sub>22</sub>	0	Gewinnung durch Hydrierung von ungesätt. C <sub>22</sub> -Säuren
Erucasäure	C <sub>22</sub>	1	Rüböl
Ungesättigte Fetts.	C <sub>22</sub>	3-6	Heringsöl, Sardinenöl

## 3.3 Verdicker



Hochleistungsprodukte und Service für die Metallbearbeitung

### 3.3.3 Komplexe Metallseifen

Dies sind ebenfalls neutrale Metallsalze. Sie unterscheiden sich von den einfachen Metallseifen dadurch, dass ein und dieselbe Kationenart neben Anionen unterschiedlicher Säuren (Carboxylatanionen) vorliegt. Diese gemischten Salze entstehen bei der Coneutralisation von ein- oder mehrsäurigen Basen mit äquivalenten Gemischen verschiedener Säuren.

Typische Beispiele sind die Kalzium- und die Aluminiumkomplexseifen; bei letzteren handelt es sich allerdings um basische Salze des Aluminiumhydroxids, die bei der Umsetzung von Aluminiumalkoholat mit 2 Äquivalenten Säure gebildet werden.

### 3.3.4 Oleophiles Siliziumoxid

Dies ist der Verdicker der sogenannten Gelfette. Es handelt sich um kugelförmige, hochdisperse  $\text{SiO}_2$ -Agglomerate (mittlerer Durchmesser  $10 - 50 \text{ nm}$ ), die in ihrem Kugellinneren aus größeren  $\text{SiO}_2$ -Einheiten bestehen und an der Oberfläche mit hydrophoben Siloxangruppen (Si-OR) und hydrphilen Silanolgruppen (Si-OH) besetzt sind.

## 3.3 Verdicker



Hochleistungsprodukte und Service für die Metallbearbeitung

### 3.3.5 Organophile Tonerden

Dies sind die Dickungsmittel der Bentonitfette. Die einzelnen Verdickermoleküle bestehen aus einem anorganischen Teil (Tonerdemineral wie z.B. Montmorillonit oder Hectorit) und einem organischen Teil (mehrere längere Kohlenwasserstoffketten). Die beiden unterschiedlichen Teile sind über Stickstoffatome in echter chemischer Bindung miteinander verknüpft.

### 3.3.6 Polyharnstoffe

Dies sind Kettenmoleküle, in denen die typische Gruppierung des Harnstoffs, HN-CO-NH, mehrmals vorkommt. Sie werden durch Umsetzung von Diisocyanaten mit ein- und/oder zweiwertigen Aminen im Grundöl erzeugt und stellen die Verdicker der sogenannten Polyharnstoff- bzw. Polyureafette dar, z.B. Diharnstoff, Tetraharnstoff

## 4. Herstellung von Schmierstoffen

Die Herstellung von Schmierstoffen wird am Beispiel der seifenverdickenden Fette erläutert

### 4.1 Prinzip und besondere Problematik

Bei der Herstellung eines Schmierfettes handelt es sich um die Aufgabe, einen geeigneten flüssigen Schmierstoff, nämlich das Grundöl, mit einem geeigneten Verdickungsmittel einzudicken.

Diese Eindickung erfolgt durch die Errichtung eines räumlichen Netzwerkes im Grundöl, welches die Fähigkeit besitzt, die Grundölmoleküle zu fixieren, d.h. ihre freie Beweglichkeit einzuschränken. Diese Fixierung muss dauerhaft sein und auch höheren Temperaturen sowie den an den Reibungsstellen auftretenden mechanischen Beanspruchungen standhalten.

## 4.1 Prinzip und besondere Problematik

Die Eindickung eines Grundöls zu einem Schmierfett ist nicht nur eine Frage des ausgewählten Verdickertyps und der sonstigen Formulierung. Sie hängt darüber hinaus sehr wesentlich von zahlreichen Prozessparametern ab wie etwa

- Druck- und Temperaturführung
- Scherung und Konvektion
- Konzentrationsverhältnisse
- Art und Intensität der Homogenisierung

Bei einer vorgegebenen Rezeptur lassen sich durch Veränderung dieser Parameter sehr unterschiedliche Verdickungseffekte bewirken, die letztlich auf der Ausbildung unterschiedlicher Gerüststrukturen beruhen. Hierin liegen die Probleme der Herstellung konstanter Schmierfettqualitäten, natürlich aber auch die zahlreichen Möglichkeiten der Schmierfetherstellung.



# 4. Herstellung von Schmierstoffen



## 4.2 Chemie der Schmierfettherstellung

Die Chemie der Schmierfettherstellung befasst sich vor allem mit der Synthese der Dickungsmittel, die in der Regel durch Umsetzungen im Trägermedium Grundöl erzeugt werden. Hier soll lediglich das Prinzip der Metallseifenbildung behandelt werden, als Grundlage der Herstellung konventioneller Metallseifenschmierfette.

Die Metallseifen entstehen bei der Umsetzung von Metallhydroxiden (Laugen) oder –oxiden mit Fettsäuren nach dem folgenden allgemeinen Schema:



Diese Grundreaktion der Seifenbildung ist im chemischen Sinne eine einfache Neutralisierungsreaktion, bei der neben dem Salz, das in diesem spezifischen Fall als „Seife“ bezeichnet wird, noch Neutralisationswasser entsteht.

## 4.2 Chemie der Schmierfetherstellung

Häufig benutzt man für die Seifenherstellung anstelle von Fettsäuren deren Triglyzeride, d.h. den entsprechenden natürlichen Fettrohstoff, z.B. Talg anstelle von Talgfettsäure. Hierbei handelt es sich um eine Zweistufenreaktion, in deren ersten Schritt das Triglyzerid, welches einen Ester des Glycerins darstellt, durch Umsetzung mit Wasser gespalten wird. Als zweiter Schritt findet anschließend sofort die Neutralisation bzw. die Seifenbildung statt.

- 1. Schritt                   Tristearin (Triglyceriol) + Wasser  
                                  → Glycerin + Stearinsäure
- 2. Schritt                   → Na-Stearat (Na-Seife)

Das Zweistufenverfahren wird in einem einzigen Reaktionsgang durchgeführt. Die langsamere der beiden Reaktionen, welche die Geschwindigkeit und den Umsetzungsgrad der Gesamtreaktion bestimmt, ist die der Seifenbildung (2. Schritt) vorgelagerte Spaltung des Triglyzerids (1. Schritt).

Das dabei freigesetzte Glycerin verbleibt zum Teil im fertigen Schmierfett, ohne aber dessen Eigenschaften wesentlich zu beeinflussen.

## 4.2 Chemie der Schmierfettherstellung

Die verwendeten Laugen bzw. Metallhydroxide bezeichnet man als Seifenbasis, nach der auch die resultierenden Schmierfette benannt werden:

Lithiumlauge	→	$\text{LiOH} \times \text{H}_2\text{O}$	→	Lithiumfette
Natronlauge	→	$\text{NaOH}$	→	Natriumfette
Gelöschter Kalk	→	$\text{Ca(OH)}_2$	→	Kalziumfette

Als Fettsäuren werden überwiegend die gesättigten und ungesättigten, unverzweigten Monokarbonsäuren eingesetzt, die auch den Hauptanteil der in den natürlichen Fetten und fetten Ölen vorkommenden Säuren stellen.

Eine Sonderstellung nimmt dabei die 12-Hydroxistearinsäure ein. Sie wird durch Hydrierung aus der Rizinolsäure, der Fettsäure des Rizinusöls, gewonnen. Ihre Alkali- und Erdalkaliseifen ergeben besonders walkstabile Schmierfette.

## 4.3 Die einzelnen Verfahrensstufen



Hochleistungsprodukte und Service für die Metallbearbeitung

Die Schmierfetherstellung besteht nicht nur aus den erläuterten chemischen Reaktionen. Ebenso wichtig ist eine Folge von physikalischen-chemischen Vorgängen, die durch die technischen Prozessparameter gesteuert werden. Insgesamt lassen sich für die Herstellung allgemeingültig die drei folgenden Stufen definieren:

### 1. Reaktionsphase

Bildung der Verdickermoleküle, z.B. der Seifen, durch Umsetzen der entsprechenden Komponenten im Grundöl. Bei den Seifenfetten muss nach der Reaktion das angefallene Reaktionswasser durch Verdampfung entfernt werden.

### 2. Strukturbildungsphase

Ausbildung eines dreidimensionalen Netzwerkes durch Aggregation der in der 1. Phase erzeugten Verdicker-Moleküle sowie Fixierung der Grundölmoleküle an diesem System. Die Ausbildung der Struktur wird im wesentlichen bestimmt durch die Endtemperatur, das Temperaturprofil der anschließenden Abkühlung sowie die Art des Ausrührens während der Abkühlung.

## 4.3 Die einzelnen Verfahrensstufen



Hochleistungsprodukte und Service für die Metallbearbeitung

### 3. Mechanische Phase

Einarbeitung von Wirkstoffen (ab 80°C) und mechanische Nachbehandlung des Fettes mit dem Ziel, ein weitgehend homogenes Endprodukt zu erhalten, welches frei von Luftblasen und festen Fremdstoffen ist.

Eine klare Trennung dieser drei Phasen ist nicht immer gegeben. Es ist auch möglich, den Verdicker in fertiger Form in das Grundöl einzuarbeiten, so dass die Reaktionsphase entfällt. Letzteres erfolgt vor allem bei der Herstellung nicht seifenverdickter Schmierfette.

# 5. Vergleich wichtiger Eigenschaften



Hochleistungsprodukte und Service für die Metallbearbeitung

Die Gebrauchseigenschaften der Schmierfette hängen sehr stark von der Verdickerbasis sowie den Grundölen ab und werden durch die chemischen, physikalischen und technologischen Eigenschaften charakterisiert.

An dieser Stelle sollen einige wichtige Grunddaten der verschiedensten Schmierfett-Typen miteinander verglichen werden.

Vergleich Kalzium-, Natrium- und Lithiumseifen-Schmierfette

	Ca-Fett	Na-Fett	Li-Fett
Tropfpunkt °C	80 - 100	150 - 200	170 - 220
Obere Einsatztemperatur °C	40 - 60	110 - 120	110 - 130
Verhalten ggü Wasser	beständig	unbeständig	bedingt beständig
Dauerwalkbeständigkeit	gut	mäßig	sehr gut
Kälteverhalten	gut	mäßig	sehr gut

Anforderung an Schmierfette für Kraftfahrzeuge

	Abschmierfett	Radnabenfett	Wasserpumpenfett	Mehrzweckfett
Tropfpunkt °C	90 – 100	160 – 180	100 – 140	180 – 200
Einsatztemperaturbereich °C	-30 – 60	-30 – 100	– 90	-40 – 120
Wasserbeständigkeit	ja	nein	ja	ja

# 5. Vergleich wichtiger Eigenschaften



Hochleistungsprodukte und Service für die Metallbearbeitung

Dickungs- mittel	Ca-Seife (wasserfrei)	Ca-Komplex- Seife	Li-Seife	Na-Seife	Gele*	Ba-Komplex- Seife	Al-Komplex- Seife
Ca-Seife (wasserfrei)		mischbar	mischbar	nicht mischbar	mischbar	mischbar	nicht mischbar
Ca-Komplex- Seife	mischbar		mischbar	nicht mischbar	mischbar	mischbar	nicht mischbar
Li-Seife	mischbar	mischbar		nicht mischbar	mischbar	mischbar	nicht mischbar
Na-Seife	nicht mischbar	nicht mischbar	nicht mischbar		mischbar	mischbar	nicht mischbar
Gele*	mischbar	mischbar	mischbar	mischbar		mischbar	nicht mischbar
Ba-Komplex- Seife	mischbar	mischbar	mischbar	mischbar	mischbar		mischbar
Al-Komplex- Seife	nicht mischbar	nicht mischbar	nicht mischbar	nicht mischbar	nicht mischbar	mischbar	
Harnstoff	mischbar	mischbar	mischbar	mischbar	mischbar	mischbar	mischbar

\* Betonit, Kieselgel

# 5. Vergleich wichtiger Eigenschaften



Hochleistungsprodukte und Service für die Metallbearbeitung

Eine Übersicht in vergleichender Darstellung über die wichtigsten Gebrauchseigenschaften der verschiedenen Schmierfett-Typen enthält nachfolgende Tabelle. Diese Hinweise sind für die erste Auswahl eines Schmierfettes für einen gegebenen Anwendungsfall geeignet.

Fettart	Eigenschaft	Tropfpunkt (°C)	Kälteverhalten	Einsatztemperatur		Wasserbeständigkeit	Dauerwalkbeständigk.	EP-* Verhalten	Korr.-*schutzverh.	Preis (Li=1)	Geeignet für	
				untere	obere						Wälzlager	Gleitlager
Metall-seifen-fett	Calciumfett (Ca)	80 – 100	gut	-35	+50 (+60)	sehr best.	gut	gut	schlecht		sehr** bedingt	bedingt
	Natriumfett (Na)	130 – 200	mäßig	-30	+120	unbeständig	mäßig	mäßig	gut		gut	gut
	Lithiumfett (Li)	170 – 220	gut	-40	+130 (+140)	beständig	sehr gut	gering	sehr schlecht	1	sehr gut	gut
	Aluminiumfett	Ø 120	gut	-35	+100	quellen	mäßig	mäßig	sehr gut	3	sehr gut	gut
Ge-mischt vers. Fett	Li/Pb-Fett	Ø 90	schlecht	(0)	(+75)	(beständig)	schlecht	sehr gut	gut	1,5	gut	gut
	Ca/Pb-Fett	Ø 90	schlecht	(0)	(+75)	(beständig)	schlecht	sehr gut	gut	1,5	gut	gut
Kom-plex-fette	Kalzium-komplexfett	> 240	mäßig		+120 (+130)	sehr best.	mäßig	gut		0,9 – 1,2		
	Aluminium-komplexfett	> 230			+160 (+185)	sehr best.	gut	sehr gut		3 – 4		
Gel-fette	Kieselgelfett	---			+130 (+150)							
	Bentonitfett	---			+150 (+160)	beständig	befried./gut	gering		3		
Syn-the-tische Fette	Silikonfett	---	(gut)		++320	beständig	befr./mäßig	schlecht		30 – 50		
	Esterfette	---	(sehr gut)	-70	+150 (+180)					10 – 20		

\*) kann durch Zusätze verbessert werden

\*\*\*) wegen hoher Asche



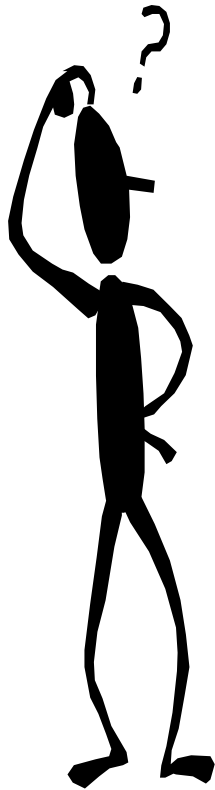
# 5. Vergleich wichtiger Eigenschaften



Hochleistungsprodukte und Service für die Metallbearbeitung

Anwendung und Konsistenz von Schmierfetten

NLGI-Klasse	Walk-penetration mm/10	Zentral-schmier-anlagen	Getriebe-schmie-rung	Gleitlager	Wälzlager	Wasser-pumpen	Blockfette
000	445 – 475	X	X				
00	400 – 430	X	X				
0	355 – 385	X	X				
1	310 – 340	X	X				
2	265 – 295			X	X		
3	220 – 250			X	X		
4	175 – 205				X	X	
5	130 – 160					X	
6	(85 – 115) (Ruhepenetration)						X



**Sollten Sie offene Fragen  
haben, so sprechen Sie uns  
bitte an !**

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit !**