



VSS *lubes* Ausbildungskurs
„Grundlagen der Schmierstoffe“
Prof. Dr.-Ing. Wilfried J. Bartz

GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

T + S TRIBOLOGIE UND SCHMIERUNGSTECHNIK

Prof. Dr.-Ing. Wilfried Bartz

Mühlhaldenstr. 91
73770 Denkendorf
Tel/Fax: 0711-3 46 48 35
E-mail: wilfried.bartz@tribo-lubri.de
Internet: www.tribo-lubri.de

GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Verwendete Unterlagen

- **W. J. Bartz:** **Schmierstoffe und ihre Anwendungen
Seminare 2004/2005, Eigenverlag**
- **F. Veuhoff:** **DEKRA Betriebsstoffliste 2005
trans aktuell spezial 11, 2005**

- **Einführung**
- **Aufgaben und Anforderungen**
 - Haupt- und Nebenaufgaben
 - Systematik der Schmierstoffe
 - Maschinenelemente und Maschinenteile
- **Zusammensetzung und Aufbau**
 - Grundöle
 - Additive
 - Schmierfette
- **Wichtige Schmierstoffeigenschaften**
 - Schmieröle
 - Schmierfette
 - Viskosität

GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Inhalt

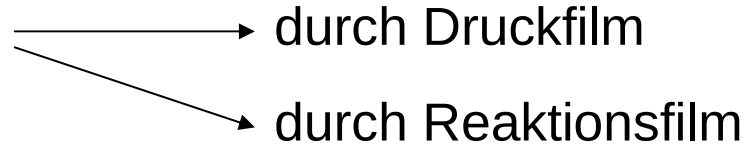
Einführung

GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Aufgaben und Anforderungen

- Haupt- und Nebenaufgaben
- Systematik der Schmierstoffe
- Maschinenelemente und Maschinenteile

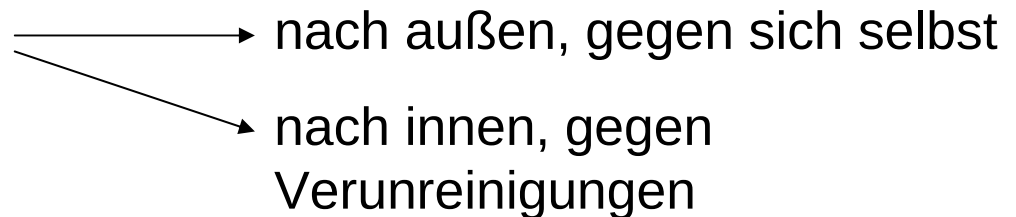
KRAFTÜBERTRAGUNG



WÄRMEABFUHR

KORROSIONSSCHUTZ

ABDICHTUNG



UNSCHÄDLICH MACHEN —————> flüssige Verunreinigungen

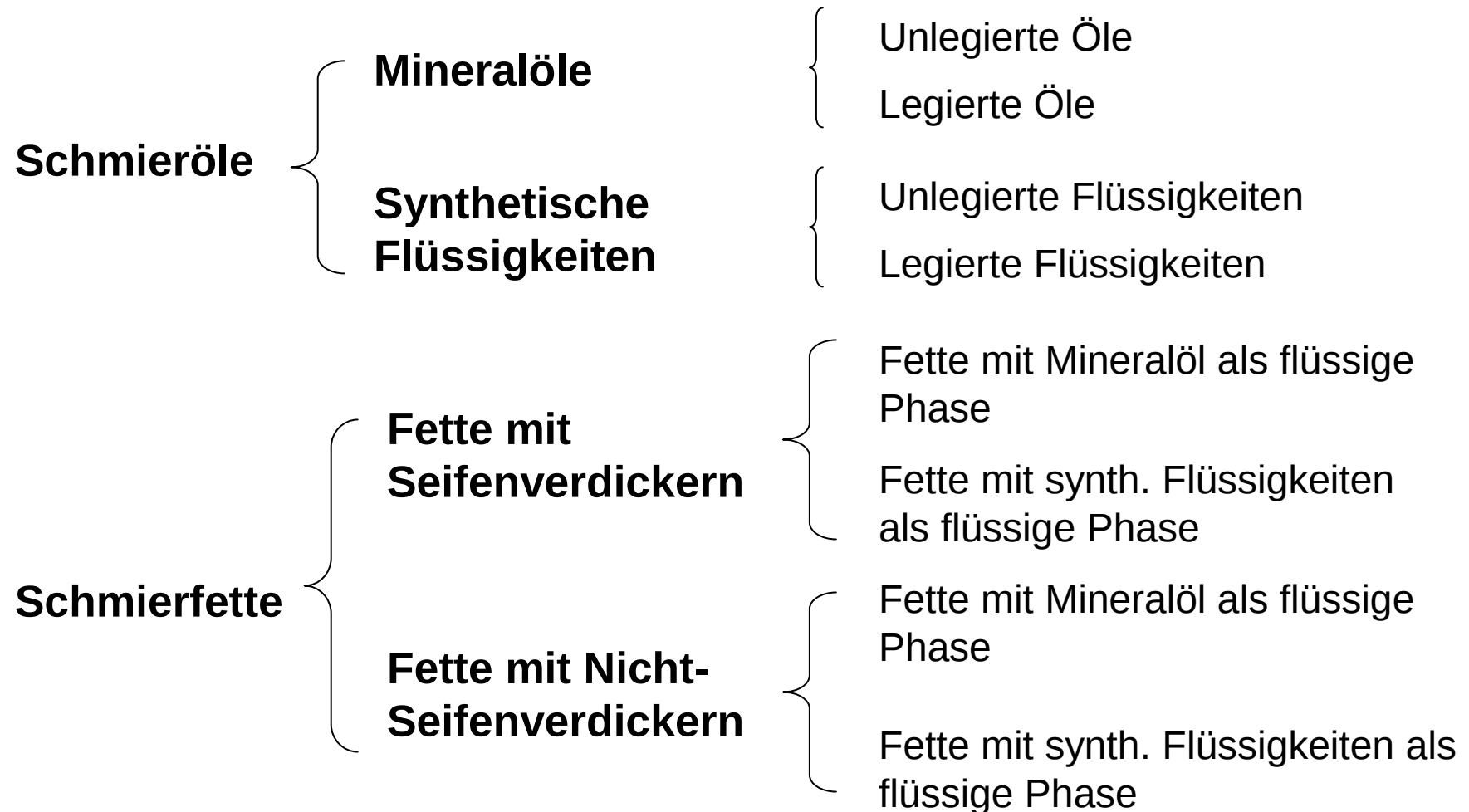
VON FREMDSTOFFEN —————> feste Verunreinigungen

GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Aufgaben und Anforderungen

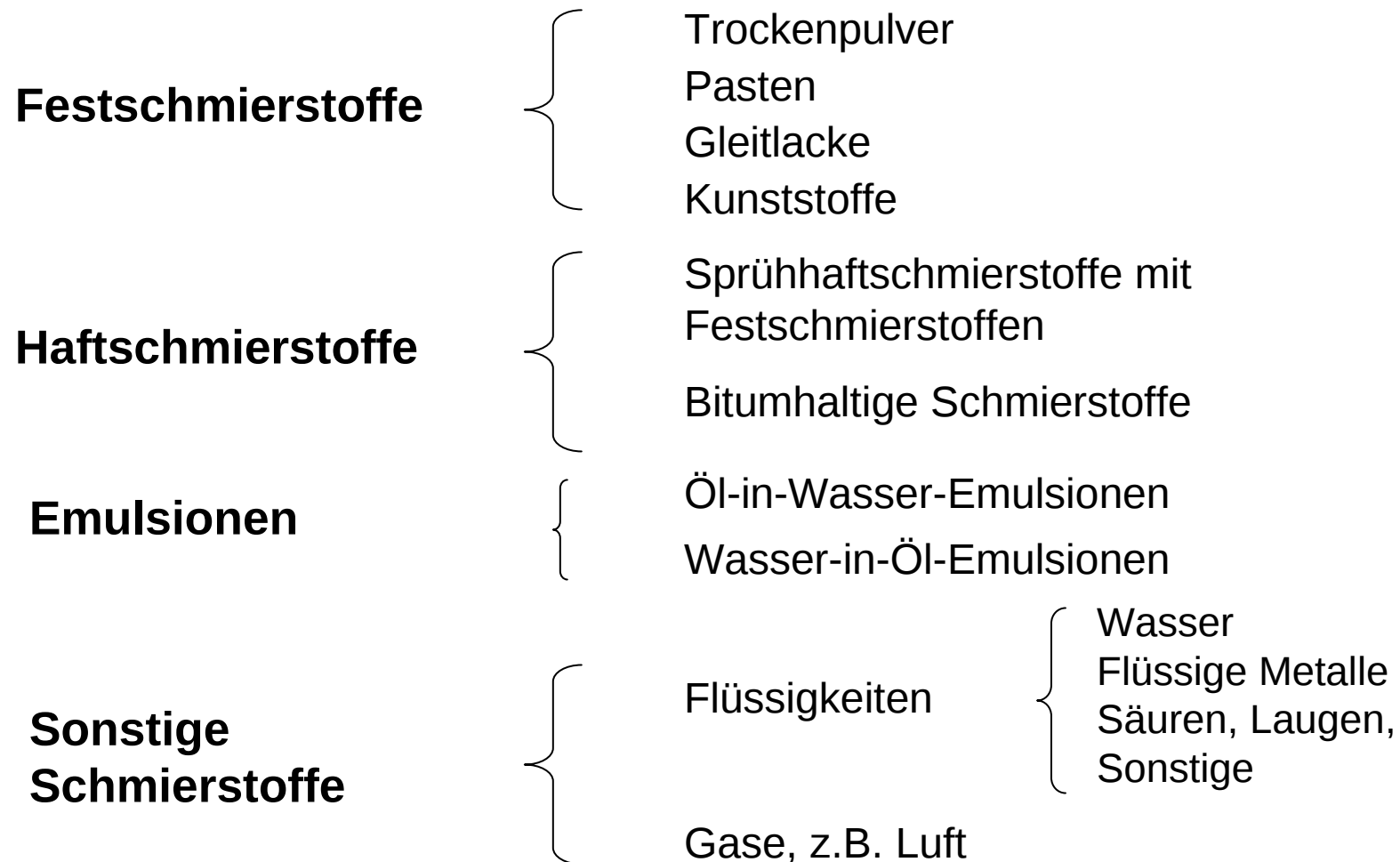
Hauptaufgaben

- **Verhalten gegenüber Dichtungs- und Konstruktionswerkstoffen sowie Anstrichen**
- **Schaumneigung**
- **Flüchtigkeit, Flüssigkeitsverbrauch**
- **Reibungsverhalten, Kraftstoffverbrauch (bei Motorenölen)**
- **Gebrauchsdauer, Schmierstoffwechselfristen**



GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Aufgaben und Anforderungen Systematik der Schmierstoffe



GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Aufgaben und Anforderungen Systematik der Schmierstoffe

Maschinenelemente und Maschinenteile

- Gleitlager, Wälzlager und Zahnradpaarungen
 - Gleitbahnen, Gleitelemente
 - Kolbenring / Zylinderbuchse
 - Nocken / Stößel
-
- Motoren, Verbrennungs- und Elektromotoren
 - Getriebe, Schalt- und Automatgetriebe
 - Hydraulikanlagen
 - Werkzeugmaschinen, Zerspanungs- und Umformwerkzeuge
 - Turbinen, Dampf-, Gas- und Wasserturbinen
 - Verpackungsmaschinen

GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Aufgaben und Anforderungen Maschinenelemente und Maschinenteile

Zusammensetzung und Aufbau

- Grundöle
- Additive
- Schmierfette

Grundöle

Allgemeines

Bis auf pflanzliche Öle, wie z. B. Rapsöl, werden alle Grundöle für Schmier- und Hydrauliköle sowie auch Kraftstoffe, Heizöle, Bitumen und auch viele Kunststoffe (Plastik) aus Erdöl gewonnen. Die vorgenannten Produkte sind alle vom Aufbau her Verbindungen der Elemente Kohlenstoff (C = Carboneum) und Wasserstoff (H = Hydrogenium), die sich vor allem unterscheiden durch Kohlenwasserstoffmoleküle unterschiedlichster Größe. Einfachster Kohlenwasserstoff ist Methan CH_4 , dieser ist z. B. auch Hauptbestandteil von Erdgas. Praktisch ist eine fast unendliche Vielzahl unterschiedlich großer strukturierter Moleküle möglich.

Allgemeines

Anhand der C-Atome im Molekül kann man einteilen in:

• Erdgas	Methan C ₁
• Erdölgas	Ethan C ₂
	Propan C ₃
	Butan C ₄
• Benzin/Super	C ₅ bis C ₁₂
• Diesel/Heizöl EL	C ₁₀ bis C ₂₀
• Schmieröle	C ₂₀ bis C ₃₅
• Vakuumgasöl/Heizöl S	über C ₃₅
• Bitumen	über C ₈₀
• Kunststoffe (Plastik)	Tausende

GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Zusammensetzung und Aufbau Grundöle

Allgemeines

Innerhalb der Moleküle sind Einfach-, Doppel- und Dreifachverbindungen sowie unverzweigte und verzweigte Ketten und Ringe möglich, auch Kombinationen hieraus. Für Schmierstoffe sind verzweigte Ketten (Iso-Paraffine bzw. Iso-Alkane) oder Ringe (Cyclo-Paraffine bzw. Cyclo-Alkane) besonders geeignet, beide haben nur Einfachbindungen. Bei Raffinaten ist eine Vielzahl unterschiedlicher Molekülstrukturen möglich. Hydrocracköle bestehen überwiegend, synthetische Kohlenwasserstoffe fast ausschließlich aus Iso-Paraffinen bzw. Iso-Alkanen.

GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Zusammensetzung und Aufbau

Grundöle

Allgemeines

Schnellübersicht Grundöle - für Schmieröle und Hydrauliköle

Grundöltyp	Ausgangsprodukt
Erstraffinat	Atmosphärischer Rückstand der Erdöldestillation
Zweit raffinat	Altöl
Hydrocracköl (HC-Syntheseöl)	- Paraffin der Entparaffinierung von Erstraffinat
	- Vakuumgasöl aus der Vakuumdestillation
Synth. Kohlen- wasserstoffe	- Ethen (Gas auf Erdölbasis) für PAO (Poly- α -Olefin)
	- Buten (Gas auf Erdölbasis) für PIB (Poly-iso-Buten)
Synth. Ester	Alkohole auf Erdölbasis + Säure
Polyglykole	Alkohole auf Erdölbasis
Rapsöl	Rapssamen

Allgemeines

Die drei Grundöltypen Raffinate, Hydrocracköle und synthetische Kohlenwasserstoffe werden sowohl pur als auch in unterschiedlichen Mischungen miteinander als Grundöl eingesetzt. Dies gilt ebenso für bestimmte synthetische Ester. Weder die hier genannten Begriffe (Raffinat, Hydrocracköl synthetische Kohlenwasserstoffe, Syntheseöle) noch die vielen anderen Wortkombinationen sind genormt bzw. normfähig. So kann man in den Verkaufsunterlagen der Mineralölindustrie folgende Wortschöpfungen finden: *synthetisch, Synthesetechnologie, full syn, vollsynthetisch, teilsynthetisch, halbsynthetisch, parasynthetisch, semisynthetisch, polysynthetisch, mit synthetischen Komponenten, Hydrocrackat, Molecularly Converted (MC-Öl), HC-Synthese*. Ein echter Hinweis auf die wirkliche Zusammensetzung der Öle ist hierdurch nicht möglich. Diese Begriffe sind lediglich als Aussagen des Marketings anzusehen.

Mineralöle

1. Erstraffinate

Ausgangsprodukt Erdöl. Ältestes Gewinnungsverfahren für Schmier- und Hydrauliköle, viele Standardprodukte sind heute noch Raffinat.

Herstellung

- Destillieren: Erwärmen/Verdampfen/Kondensieren des Erdöls und dabei Gewinnung von Benzin und Mitteldestillat (Diesel, Heizöl EL)
- Vakuumdestillieren: Rückstand aus der Destillation wird unter Vakuum destilliert, Öle verschiedener Viskositäten werden gewonnen
- Raffinieren: Entfernen unerwünschter Bestandteile, hierdurch wird z.B. die Alterungsstabilität verbessert
- Entparaffinieren: Ausfrieren von Paraffin, dadurch Kälteverhalten verbessern

Mineralöle

1. Erstraffinate

Praktische Eigenschaften

Raffinate haben eine normale Alterungsbeständigkeit und sind relativ preiswert herzustellen. Je niedrigviskoser sie sind, umso höher ist ihr Verdampfungsverlust bei hohen Temperaturen und damit der ölseitig bedingte Motorölverbrauch. Ihr Kälteverhalten (Pourpoint) ist mäßig und muss fast immer durch Additive verbessert werden. Der Viskositätsindex (VI) liegt bei ca. 90 bis 100, d.h., es sind Einbereichsöle. Soll hieraus ein Mehrbereichsöl mit einem höheren Viskositätsindex hergestellt werden, so ist dies nur durch Zugabe von VI-Verbesserern möglich.

Mineralöle

2. Zweitraffinate

Herstellung

Ausgangspunkt Altöl. Nach § 2 AltöIV wird der Aufbereitung von Altölen Vorrang vor sonstigen Verfahren eingeräumt wenn...(s. Originaltext)

Produktionsablauf:

- Absetzen/Ausfiltern von Wasser und festen Fremdstoffen
- Destillieren 1. Stufe: Abtrennung leichter Kohlenwasserstoffe und von Restwasser
- Destillieren 2. Stufe: Abtrennen der bis 360 °C siedenden Kohlenwasserstoffe
- Vakuumdestillieren 1. Stufe: Entfernen letzter Verunreinigungen
- Vakuumdestillieren 2. Stufe: Raffination und Gewinnen von zwei Viskositätslagen

Praktische Eigenschaften

Diese sind mit jenen der Erstraffinate vergleichbar

Mineralöle

3. Hydrocracköle

Herstellung

Ausgangsprodukt Paraffingatsch aus der Entparaffinierung von Raffinat oder Vakuumgasöl aus der Vakuumdestillation

Produktionsablauf:

- Cracken + Hydrieren (Hydrocracken): Zerbrechen (Cracken) der sehr langen (über C₃₅) Kohlenwasserstoffmoleküle z.B. des Vakuumgasöls auf die Größe von Schmierölmolekülen. Ungesättigte Bruchstellen werden mit Wasserstoff abgesättigt (hydriert)
- Vakuumdestillieren: Gewinnen mehrerer Öle unterschiedlicher Viskositäten
- Entparaffinieren: Ausfrieren von Paraffin, dadurch Kälteverhalten verbessern

Mineralöle

3. Hydrocracköle

Praktische Eigenschaften

Der besondere Vorteil dieser Grundöltypen gegenüber herkömmlichen Raffinaten ist ihre wesentlich gleichmäßigere Zusammensetzung. Dadurch haben sie eine weit höhere Alterungsstabilität und einen geringeren Verdampfungsverlust. Ihr Viskositätsindex (VI) liegt bei 130 bis 150, es sind Mehrbereichsöle. Das Kälteverhalten ist besonders bei PAO sehr gut, der Pourpoint liegt unter -50 °C. Bedingt durch aufwendigere Herstellungsverfahren liegt der Grundölpreis sowohl bei Hydrocrackölen als auch bei synthetischen Kohlenwasserstoffen allerdings deutlich über dem von Raffinaten.

Syntheseöle

Wichtige Typen

- Synthetische Kohlenwasserstoffe, z. B. Polyalphaolefin
- Familie der Ester
- Familie der Polyalkylenglykolöle

Einteilung von Mineralölen und synthetischen Flüssigkeiten nach ihrer Herstellung

Mineralöle

Erzeugt durch Destillation und Raffination

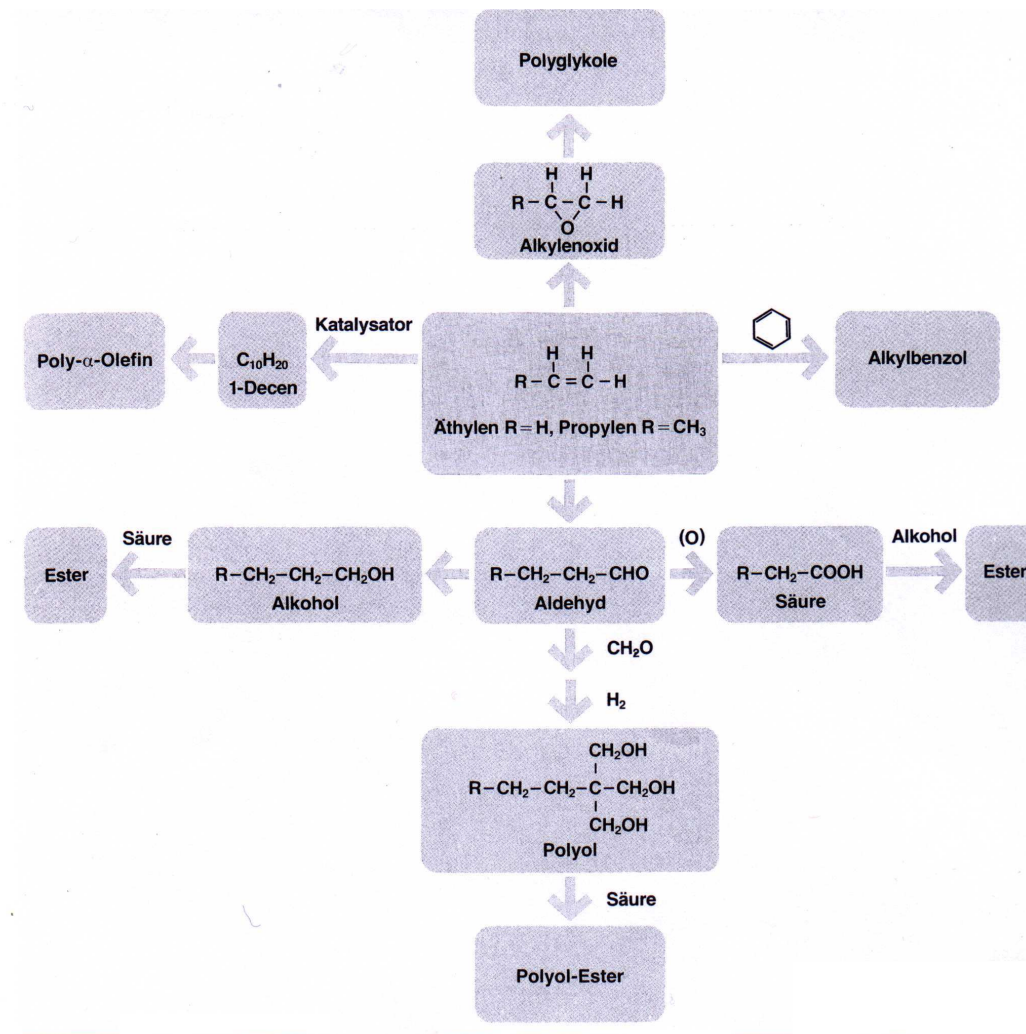
Synthetische Flüssigkeiten

Erzeugt durch chemische Reaktionen

<u>Herkömmliche Technologien</u>	<u>Moderne Technologien</u>	<u>Synthetische Kohlenwasserstoffe</u>	<u>Andere synthetische Flüssigkeiten</u>
Säureraffination Extraktion mit Lösungsmitteln Entparaffinierung	Hydrotreating Hydrocracken	Polyalphaolefine Polyisobutene Dialkylbenzole	Dicarboxylester Neopentyl Polyester Polyalkylglykole Phosphatester Silikonöle Polyphenyläther Perfluoralkyläther Chlorfluoralkyläther Methacrylat/ Alphaolefin-Cooligomere

Syntheseöle

Grundlagen der Herstellung



Vorteile:

- **Thermische Stabilität**
- **Oxidationsstabilität**
- **Viskosität-Temperatur-Verhalten**
- **Fließverhalten bei tiefen Temperaturen**
- **Flüchtigkeit bei hohen Temperaturen**
- **Einsatztemperaturbereich**
- **Strahlenbeständigkeit**
- **Zündbeständigkeit**
- **Umweltbelastung**

Nachteile:

- **Hydrolytische Stabilität**
- **Korrosionsschutzverhalten**
- **Verträglichkeit mit anderen Konstruktionswerkstoffen**
- **Mischbarkeit mit Mineralöl**
- **Verträglichkeit mit Dichtungswerkstoffen**
- **Additivlöslichkeit**
- **Verfügbarkeit**
 - **Im allgemeinen**
 - **In bestimmten Viskositätslagen**
- **Preis**

Biologisch schnell abbaubare Öle

Oftmals besteht der Wunsch oder die Forderung, biologisch abbaubare Schmierstoffe einzusetzen. Hier muss differenziert werden zwischen „biologisch abbaubar“ und „biologisch schnell abbaubar“. Für den Abbauprozess sind Mikroorganismen (hauptsächlich Bakterien) verantwortlich, die auch in allen biologischen Kläranlagen ständig am Werke sind. Die Mikroorganismen setzen die Öle im Idealfall in Kohlendioxid (CO_2), Wasser (H_2O) und Zellsubstanz um.

Schmierstoffe oder Hydrauliköle auf Erdölbasis (Mineralölbasis) sind **biologisch abbaubar**. Das Erdöl entstand vor Jahrmillionen aus dem Plankton der Urmeere und ist somit ein natürlich entstandener Stoff. Allerdings kann der Abbau Monate oder sogar Jahre dauern.

Biologisch schnell abbaubare Öle

Heute sind eine Reihe von Schmierflüssigkeiten bekannt, deren Zersetzung durch Mikroorganismen wesentlich schneller als die von Mineralölprodukten erfolgt. Sie brauchen u.U. nur wenige Wochen, bis sie größtenteils abgebaut sind. Daher sollten diese als **biologisch *schnell* abbaubar** bezeichnet werden. Eine einheitlich anerkannte Definition dieses Begriffs liegt bisher noch nicht vor.

Biologisch schnell abbaubare Öle

Der biologische Abbau kann aber immer nur erfolgen, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- Anwesenheit von Mikroorganismen
- Sauerstoff für die Atmung der Mikroorganismen
- Vorliegen von Stickstoff- und Phosphorverbindungen als Nährstoffe für die Mikroorganismen
- Feinste Verteilung des abzubauenen Produktes im Erdreich oder Wasser
- Ausreichend Zeit zum Abbau: Je wärmer das Produkt, umso schneller, je kälter, umso langsamer geht der biologische Abbau vonstatten
- Das Produkt darf bei der Verarbeitung und beim Einsatz z. B. im Motor keine Stoffe gebildet/aufgenommen haben, die die Mikroorganismen abtöten und unwirksam machen können.

Biologisch schnell abbaubare Öle

Abbau in Gewässern

Hierfür gibt es das Testverfahren CEC L33-A-93. Es wurde ursprünglich entwickelt für Verschmutzungen stehender oder fließender Gewässer mit Öl aus Zweitakt-Außenbordmotoren. Bei diesem Testverfahren wird das Öl in wässriger Lösung einem bakteriellen Angriff ausgesetzt. Soll es als biologisch schnell abbaubar eingestuft werden, müssen unter Prüfbedingungen 80 % des Produktes nach 21 Tagen (3 Wochen) abgebaut sein.

Abbau im Erdreich

Häufiger als Öleintritt in Gewässer sind Tropfverluste durch undichte Dichtungen bei Kfz- und Hydraulikanlagen an Land, wobei mehr oder weniger viel Öl auf oder in das Erdreich gelangt. Hier gibt es noch kein genormtes Messverfahren für den biologischen Abbau, da es bisher noch nicht gelang, ein „Norm-Erdreich“ zu beschreiben, welches bei den Messungen eingesetzt werden könnte und vergleichbare Ergebnisse liefert.

Biologisch schnell abbaubare Öle

Wichtige Stoffgruppen

Nicht-wassermischbar

- Pflanzliche Öle, z. B. Rapsöle
- Synthetische Ester

Wassermischbar

- Polyalkylenglykole

Additive

Grundsätzliches

Die hohen Anforderungen an Schmierstoffe in Kraftfahrzeugen können nur durch Öle mit speziellen öllöslichen Zusätzen (Additiven) erfüllt werden. Art und Menge der Additive müssen auf den jeweiligen Anwendungsfall genau abgestimmt sein. Der Additivanteil kann von weniger als 1 % bis zu 25 % betragen. Das Leistungsvermögen der fertig formulierten Schmierstoffe muss in umfangreichen genormten und praxisnahen Tests nachgewiesen werden.

Grundsätzliches

Polare Additive

Viele Additive sind so genannte oberflächen- oder grenzflächenaktive Stoffe, deren Aufbau man im Prinzip mit einem Streichholz vergleichen kann. Im Kopf des Streichholzes sind die Wirkstoffe konzentriert, man nennt dies die „polare Gruppe“. Sie wird z. B. von Wasser, Säuren, Metallen oder von Russpartikeln „angezogen“. Hierdurch können sich auf den genannten Stoffen pelzartige Filme bilden, die bestimmte Wirkungen ausüben (z.B. Zusammenballen und Ablagern verhindern, vor Verschleiß und Korrosion schützen, Säuren neutralisieren). Die polare Gruppe kann vollorganisch (aschefrei) oder metallorganisch (aschegebend) aufgebaut sein. Der Stiel des Streichholzes besteht aus einem Kohlenwasserstoffrest (R) und ermöglicht erst die Löslichkeit des Additivs im Grundöl.

Grundsätzliches

Unpolare Additive

Andere Additivtypen bestehen nur aus Kohlenwasserstoffen spezieller, hochmolekularer Struktur; diese sind „unpolar“. Sie werden nicht von Wasser, Säure, Russpartikeln oder Metallen „angezogen“, sondern beeinflussen nur das Öl.

Wirkungsmechanismen

- Physikalisch, z. B. durch physikalische Adsorption
- Chemisch, z. B. durch chemische Reaktion

Oberflächenschützende Additive

Detergents

Problem: Hohe Betriebstemperaturen führen zu Ablagerungen (Lack, Ölkohle) besonders im Kolbenbereich. Hierdurch u.U. Festgehen der Kolbenringe und damit erhöhte Durchblasegasmenge. Weiterhin können Ablagerungen am Kolben auch schleifend auf die Zylinderlaufbahn wirken, die Folge ist Spiegelflächenbildung, auch bore polishing oder Plattenbildung genannt.

Lösung: Detergents sollen lack- und kohleartige Ablagerungen verhindern/verringern und reinigend wirken. Es gibt aber z. B. keinen Kolben, der im Betrieb vollkommen sauber bleibt.

Prüfung: Kolbensauberkeit, Kolbenringfreiheit, Spiegelflächenbildung, in verschiedenen motorischen Prüfläufen bei hoher Kühlmittel/Öltemperatur.

Nebeneffekt: Durch ihren alkalischen Aufbau können Detergents auch saure Verbrennungsprodukte (Schwefelsäure und Salpetersäure) neutralisieren. Kenngröße hierfür ist die Basenzahl (BZ) bzw. die Total Base Number (TBN).

Oberflächenschützende Additive

Dispersants

Problem: Bei niedrigen Betriebstemperaturen können Schlamm- und -ablagerung eintreten. Hierdurch können Ölsieb und Ölkanäle verstopfen, die Ölversorgung ist gefährdet.

Lösung: Dispersants sollen feste und flüssige Schmutzteilchen umhüllen und so ihr Zusammenballen verhindern und im Öl in Schwebelage halten.

Prüfung: Motorsauberkeit und Schlamm- und -ablagerung in verschiedenen motorischen Prüfläufen bei niedriger Kühlmittel-/Öltemperatur.

Nebeneffekt: Ähnlich wie die Detergents können sie saure Verbrennungsprodukte neutralisieren.

Oberflächenschützende Additive

Reibwertveränderer

Problem: Synchronisierte Schaltgetriebe, Automatgetriebe, Nassbremsen in Traktoren erfordern Öle mit einem bestimmten Reibwert. In Schalt- und Automatgetrieben ist hiervon der Schaltkomfort abhängig, bei Nassbremsen das ratterfreie Bremsen.

Lösung: Reibwertverändernde/-anpassende Additive verleihen den Oberflächen das geforderte Reibverhalten.

Prüfung: Reibverhalten in Prüfapparaturen und in der Praxis.

Nebeneffekt: Reibungssenkende Additive in Motor- und Getriebeöle haben verbrauchsmindernde (Leichtlauf-)Eigenschaften.

Oberflächenschützende Additive

Verschleißschutz/Hochdruck

Problem: An bestimmten Bauteilen (z.B. Zahnflanken, Nockenwellen) kann es bei hoher Belastung zu metallischer Berührung kommen, mehr oder weniger Verschleiß ist die Folge.

Lösung: Verschleißschutz/Hochdruckadditive bauen durch chemische Reaktion mit den Metalloberflächen dünne, gleitfähige Schichten auf, dadurch wird Metall-Metall-Kontakt verhindert.

Prüfung: Nockenwellenverschleiß bei Motorölen in verschiedenen motorischen Prüfläufen und in Bauteilprüfgeräten, Zahnflankenverschleiß bei Getriebeölen in besonderen Prüfapparaturen.

Oberflächenschützende Additive

Korrosion- und Rostschutz

Problem: Sauerstoff, Wasser, aggressive Verbrennungsprodukte führen zu Korrosion an metallischen Bauteilen.

Lösung: Korrosion- und Rostschutzadditive bauen auf Metalloberflächen Schutzfilme auf, zusätzlich werden korrosive Säuren neutralisiert.

Prüfung: Lagerkorrosion in verschiedenen motorischen Prüfläufen.

Ölverbessernde Additive

Viskositätsverbesserer

Problem: Leichter Kaltstart und schnellste Ölversorgung auch entfernter Schmierstellen bei tiefen Temperaturen - Öl so dünn wie möglich - ausreichend tragfähiger Schmierfilm auch bei hohen Öltemperaturen - Öl so dick wie nötig.

Lösung: Viskositätsverbesserer machen aus einem kaltstartsicheren niedrigviskosen Einbereichsöl (z.B. Raffinate SAE 10W) ein auch für hohe Temperaturen geeignetes Mehrbereichsöl (z.B. SAE 10W-40). Öle neuer Technologie haben von Natur aus ein mehr oder weniger ausgeprägtes Mehrbereichsverhalten und benötigen daher nur wenig oder gar keine Viskositätsverbesserer.

Prüfung: Viskositätsmessung in Viskosimetern, Scherstabilität der VI-Verbesserer in der Bosch-Pumpe. Bei Grundöl auf Raffinatbasis Verdampfungsverlust beachten!

Ölverbessernde Additive

Pourpoint-Verbesserer

Problem: Mineralöle, insbesondere Raffinate, scheiden bei tiefen Temperaturen Paraffinkristalle aus, die zusammenwachsen, das Öl stockt. ein Kaltstart ist kaum noch möglich, die Ölförderung zu den Schmierstellen ist nicht mehr möglich.

Lösung: Neben der Entparaffinierung des Grundöls in der Raffinerie werden Pourpoint-Verbesserer zugegeben. Diese verhindern das Zusammenwachsen der Paraffinkristalle, das Öl bleibt bei tiefen Temperaturen fließfähig.

Prüfung: Pourpoint (früher Stockpunkt) in Messapparatur bestimmen.

Ölverbessernde Additive

Elastomeraufqueller

Problem: Bestimmte synthetische Kohlenwasserstoffe wie z.B. PAO können zum Schrumpfen („Austrocknen“) von Elastomeren (z.B. Radialwellendichtringen) führen. Öl tropft aus.

Lösung: Elastomeraufqueller verhindern das „Austrocknen“ der Elastomere, das Bauteil bleibt dicht.

Prüfung: Einlagern des Elastomermaterials über sieben Tage in das Frischöl und danach Messung der Materialveränderungen (Härte, Festigkeit, Volumen).

Ölschützende Additive

Alterungsschutz

Problem: Hohe Betriebstemperaturen und Sauerstoff führen zur Ölalterung, die Folgen sind Dunkelfärbung und Eindickung (Viskositätsanstieg).

Lösung: Alterungsschutz-Additive sollen den Sauerstoffangriff und damit die Bildung von Ölalterungsprodukten verhindern/zurückführen.

Prüfung: Viskositätsanstieg des Prüföls nach motorischen Volllast-Prüfläufen.

Ölschützende Additive

Metaldeaktivatoren

Problem: Eisen- und Kupferpartikel beschleunigen katalytisch den Ölalterungsprozess.

Lösung: Metaldeaktivierende Additive „umkrallen“ die Metallionen im Öl und bauen Schutzfilme auf Metalloberflächen auf und schwächen/beenden so die katalytische Wirkung.

Prüfung: Viskositätsanstieg des Prüföls nach motorischen Vollast-Prüfläufen.

Ölschützende Additive

Antischaumwirkstoffe

Problem: Schaumbildung durch intensive Durchmischung von Öl mit Luft im Betrieb führt zu Austreten von Ölschaum aus dem System (z.B. aus den Belüftungsbohrungen). Weiterhin kommt es zu Beschleunigung der Ölalterung, Anstieg von Viskosität und Kompressibilität. Letzteres kann insbesondere hydraulische Steuervorgänge negativ beeinflussen.

Lösung: Antischaumadditive (z.B. Silikonöl) verhindern die Schaumbildung.

Prüfung: Luftabgabevermögen (Schaumzerfall) in genormter Messapparatur bestimmen.

Sonderzusätze

Alle Automobilhersteller lassen für Motoren und Getriebe nur legierte Öle zu. Im Handel werden aber Zusätze angeboten, die nach ihren Werbeaussagen die auf dem Markt befindlichen Produkte noch entscheidend verbessern sollen. Diese Sonderzusätze können öllöslich oder ölunlöslich sein.

Mercedes-Benz sagt auf Blatt 219 der Betriebsvorschriften auszugsweise:

„...Nachdem die Zusammensetzung der von uns freigegebenen Schmierstoffe auf Grund von umfangreichen Versuchen festgelegt wurde, kann es nicht Aufgabe des Verbrauchers sein, die Beschaffenheit dieser Schmierstoffe nachträglich zu verändern...

Auf keinen Fall dürfen durch Verwendung von Sonderzusätzen die vorgeschriebenen Ölwechselabstände verlängert oder andere Vorschriften abgeändert werden“.

Sonderzusätze

MAN nimmt in seinen Wartungsempfehlungen auszugsweise wie folgt Stellung:

„...Zusatzmittel, ganz gleich welcher Art, die dem Motorenöl nachträglich hinzugefügt werden, verändern das Motorenöl in nicht kalkulierbarer Weise....

Da bei der Verwendung derartiger Zusatzmittel sowohl die Leistung als auch der Wartungsaufwand und die Lebensdauer der Motoren negativ beeinflusst werden können, erlöschen jegliche Gewährleistungsansprüche an MAN bei Nichtbeachtung.“

VOLVO Trucks formuliert in den Service-Mitteilungen für Lastwagen wie folgt:

„Es dürfen keine zusätzlichen Ölzusätze verwendet werden. Dies schließt auch Motoren- und Metallbehandlungsstoffe ein, die über das Motorenöl als Zusatz zugesetzt werden.“

Zusammenfassung

Additivtyp	Aufgabe / Wirkung
Detergents	Lack- und kohleartige Ablagerungen auf heißen Bauteilen (bes. Kolben) verhindern/verringern/abwaschen. Saure Verbrennungsprodukte neutralisieren
Dispersants	Schlamm- und -ablagerung bei niedrigen Betriebstemperaturen verhindern/verringern Saure Verbrennungsprodukte neutralisieren
Verschleißschutz	Metalloberfläche vor Verschleiß schützen
Korrosionsschutz	Metalloberfläche vor Korrosion schützen
Reibwertveränderer	Reibung zwischen Oberflächen verringern/anpassen
Viskositätsverbesserer	Ausreichende Viskosität bei hohen Öltemperaturen
Pourpoint-Erniedriger	Pourpoint (Stockpunkt) herabsetzen
Elastomeraufqueller	Schrumpfen (Austrocknen) von Radialwellendichtringen bei Einsatz v. bestimmten synth. Kohlenwasserstoffen verhindern
Alterungsschutz	Bildung von harz-, lack-, schlamm-, säure-, polymerartigen Ölalterungsprodukten verhindern/verringern
Metalldeaktivatoren	Katalytischen Einfluss feinsten Metallpartikel auf die Ölalterung verhindern/abschwächen
Antischaumwirkstoffe	Schaumbildung verhindern/abbauen

GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Zusammensetzung und Aufbau

Additive

Schmierfette

Allgemeines

Schmierfette setzen sich grundsätzlich aus Öl und einem Verdicker zusammen. Der Verdicker bildet schwammartige Strukturen, in die das Öl eingelagert und bei Bedarf freigesetzt wird. Die allgemeine und für jede Art von Schmierfetten zutreffende Definition lautet: Aufquellungen von Dickungsmitteln in Öl.

Anforderungen

Schmieren: Dauerschmierung von Wälz- und Gleitlagern, Gleitflächen, Zahnrädern/Zahnsegmenten, Gurtautomaten, Scharnieren

Tieftemperaturverhalten: weich, geschmeidig, in Zentralanlagen förderfähig

Hochtemperaturverhalten: nicht austropfen

Heißwasserbeständig in Kühlwasserpumpen

Lackverträglich z.B. in Scharnieren

Dichtungsverträglich, damit Elastomere weder verspröden, schrumpfen noch erweichen

Hohe Alterungsstabilität, da oft Lebensdauerfüllung

GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Zusammensetzung und Aufbau Schmierfette

Aufbau

Grundöle

Raffinate, Hydrocracköle, Syntheseöle, Bioöle

Eindicker

Eingesetzt werden Seifenverdicker (z.B. Lithium, Kalzium- und Natriumseifen, allgemein als Metallseifen bezeichnet) und seifenfreie Verdicker (z.B. Gele, Polyurethane, Bentonit u.a.)

Additive

Zur Erzielung von besonderen Eigenschaften wie beispielsweise Alterungsschutz, Korrosionsschutz, Erhöhung des Druckaufnahmevermögens sowie Verschleißschutz werden Schmierfette oft noch mit den entsprechenden Additiven versehen. Fette enthalten häufig auch den Festschmierstoff Molybdändisulfid (MoS_2)

GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Zusammensetzung und Aufbau Schmierfette

Aufbau, Eindicker

Litiumseifenfett (Li): Dies ist die heute meist gebrauchte Schmierfettart. Es ist wasserbeständig und gleichzeitig thermisch hoch belastbar. Einsatztemperaturbereich ca. -20 °C bis 130 °C. All gemeine Bezeichnung: Mehrzweckfett.

Kalziumseifenfett (Ca): Auch Kalkfett oder Abschlieferrfett genannt, ist das älteste Schmierfett. Es ist wasserbeständig, aber thermisch nur gering belastbar. Der Einsatztemperaturbereich liegt bei ca. -40 °C bis 60 °C.

Natriumseifenfett (Na): Auch Natronfett, fälschlicherweise noch Heißlagerfett oder Wälzlagerfett genannt. Es ist nicht wasserbeständig, max. Einsatztemperatur ca. 100 °C.

Fette auf Seifenbasis: Aluminium (Al), Barium (Ba), Blei (Pb) sind ebenfalls möglich, kommen aber nur selten vor.

GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Zusammensetzung und Aufbau Schmierfette

Aufbau, Eindicker

Gemischseifenfette: Dies sind Schmierfette auf Basis Li/Ca oder Na/Al, deren praktische Bedeutung aber gering ist.

Hochtemperaturfette: Schmierfette, die oberhalb Dauertemperaturen von 130 °C einsetzbar sind, werden Hochtemperaturfette genannt. Sie können eingeteilt werden in:

Komplexseifenfette: Auf Basis besonderer Al-, Ca- oder Li-Metallseifen.

Gelfett, Bentoninfett, Polyureafett: Die Basis sind seifenfreie Verdicker.

Einordnung

Konsistenz

Dies ist der Widerstand eines Fettes gegen seine Verformung (ähnlich Viskosität bei Schmierölen). Die DIN 51818 teilt Schmierfette in 9 NLGI-Klassen ein: 000, 00, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6,

Sehr weiche Fette der Klassen 000 bis 0 werden als „Fließfette“ bezeichnet und u.a. in Zentralschmieranlagen eingesetzt. Alle übrigen Fettschmierstellen an Fahrzeugen werden im Regelfall mit Fetten NLGI-Klassen 2 oder 3, Wasserpumpen auch 4 oder 5 geschmiert. Fette der Klasse 6 sind heute nicht mehr im Gebrauch.

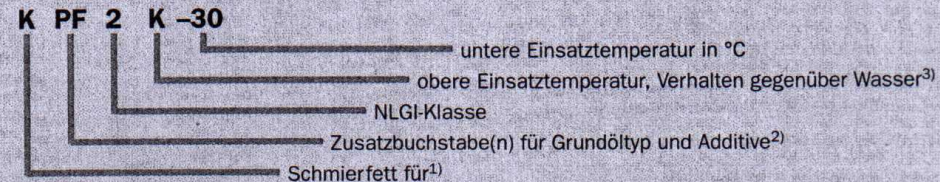
Mindestanforderungen nach DIN

Die Kennzeichnung nach DIN 51502 soll die einheitliche und eindeutige Bezeichnung von Schmierfetten ermöglichen, damit Schäden in Folge Verwechslung vermieden werden. Es wird unterschieden hinsichtlich Einsatzstelle, Grundöltyp/Additivierung, NLGI-Klasse, obere Einsatztemperatur / Verhalten gegenüber Wasser, untere Einsatztemperatur. Die Art des Verdickers ist hieraus nicht ersichtlich.

Kennzeichnung nach DIN 51502

Mindestanforderungen nach DIN 51524

Kennzeichnung von Schmierfetten nach DIN 51502



1) Schmierfett für

- G geschlossene Getriebe DIN 51826
- OG offene Getriebe
- K Wälzlager, Gleitlager, Gleitflächen nach DIN 52825
- M Gleitlager und Dichtungen (geringere Anforderungen als an K)

2) Zusatzbuchstaben

Für den Grundöltyp

- E Esteröle
- FK Fluorkohlenwasserstoffe
- HC Synthetische Kohlenwasserstoffe
- PG Polyglykole
- PH Ester der Phosphorsäure
- SI Silikonöle
- X Sonstige

Für Zusätze

- P EP/AW Zusätze
- F Festschmierstoffe, z. B. MoS₂

3) obere Einsatztemperatur und Verhalten gegenüber Wasser bei Prüftemperatur*)

	ob. Temp.	Verh. Wasser	Prüftemp.
C	60 °C	0 oder 1	40 °C
D		2 oder 3	
E	80 °C	0 oder 1	40 °C
F		2 oder 3	
G	100 °C	0 oder 1	90 °C
H		2 oder 3	
K	120 °C	0 oder 1	90 °C
M		2 oder 3	
N	140 °C		
P	160 °C	nach	
R	180 °C		
S	200 °C		
T	220 °C	Vereinbarung	
U	üb. 220 °C		

- 0 = keine Veränderung
- 1 = geringe Veränderung
- 2 = mäßige Veränderung
- 3 = starke Veränderung

*) DIN 51807, Teil 1 statische Prüfung

GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Zusammensetzung und Aufbau Schmierfette

Besondere Hinweise

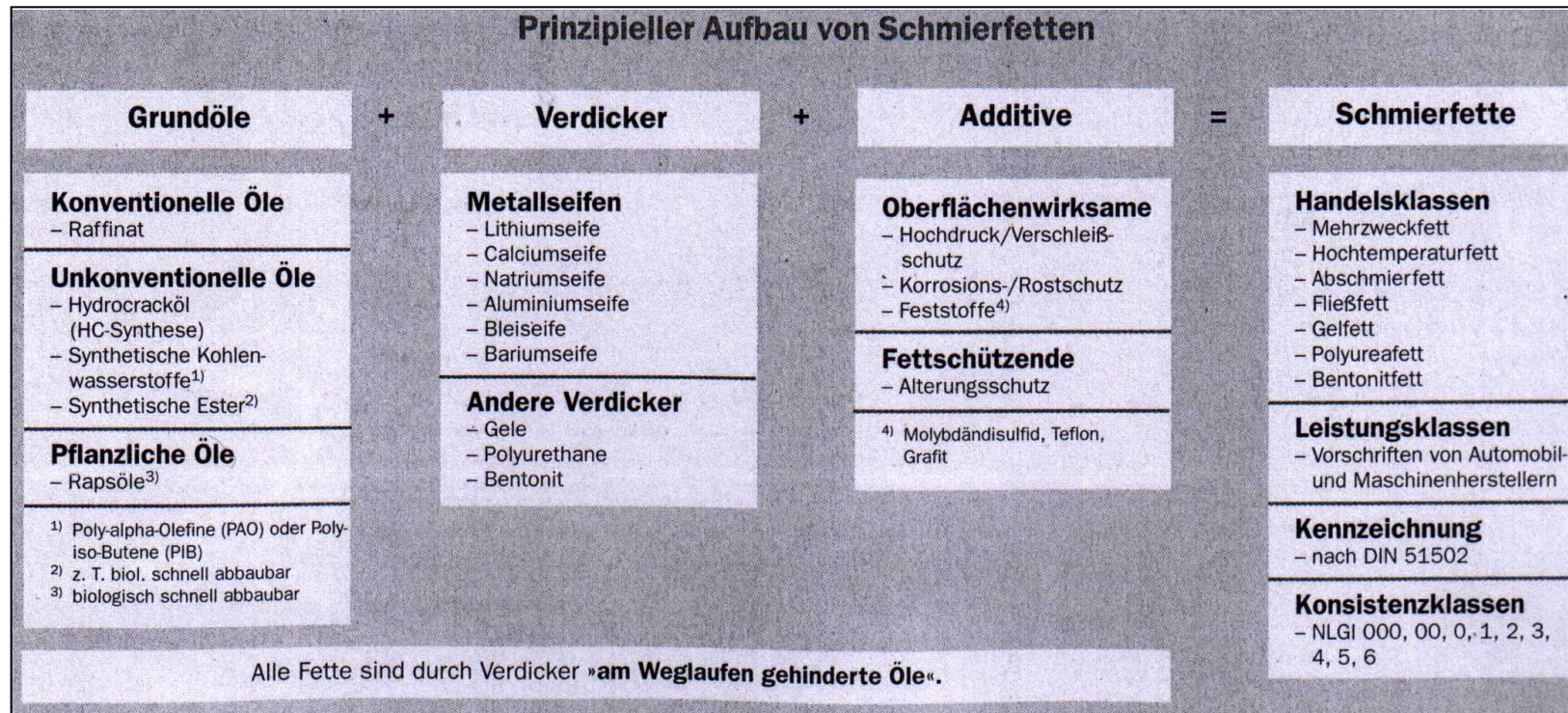
Mischbarkeit

Vermischungen von Schmierfetten mit unterschiedlicher Seifenbasis (Eindickern) sollten unbedingt vermieden werden. Ins Negative verändern sich dabei in den meisten Fällen die Temperaturbeständigkeit, die Walkstabilität und der Tropfpunkt.

Umweltaspekte

Fettschmierung ist immer gleich Verlustschmierung. Das heißt, beim Nachschmieren wird das verdrängte Fett abtropfen und gelangt im Regelfall auf den Boden/das Erdreich oder auch in Gewässer. Daher wären hier biologisch schnell abbaubare Produkte wünschenswert. Fette dieser Art sind auch bereits im Handel.

Prinzipieller Aufbau von Schmierfetten



GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Zusammensetzung und Aufbau Schmierfette

Wichtige Schmierstoffeigenschaften

- **Schmieröle**
- **Schmierfette**
- **Viskosität**

Schmieröle

Physikalische Eigenschaften

- Farbe (ISO 2049)
- Viskosität (DIN 51562)
- Dichte (DIN 51757)
- Cloudpoint (ISO 3015)
- Pourpoint (ISO 3016)
- Flammpunkt (ISO 2592)
- Verdampfungsverlust (DIN 51757)

Chemische Eigenschaften

- Asche, Sulfatasche (EN 7)
- Asphaltengehalt (DIN 51595)
- Oxidations-, Alterungsbeständigkeit (DIN 51554)
- Verkokungsneigung (DIN 51352)
- Neutralisationszahl (DIN 51558)
- Verseifungszahl (DIN 51559)
- Gesamtbasenzahl (ISO 3771)
- Gesamtsäurezahl

Technologische Eigenschaften

- Wasserabscheidevermögen (DIN 51559)
- Luftabscheidevermögen (DIN 51381)
- Rostschutzverhalten (gegenüber Stahl) (DIN 51585)
- Korrosionsschutzverhalten (gegenüber Kupfer) (DIN 51759)
- Fress- und Verschleißschutzverhalten (Vierkugelapparat) (DIN 51350)
- Verschleißverhalten (Flügelzellenpumpe) (DIN 51389)
- Fress- und Verschleißschutzverhalten (FZG-Verspannungsprüfstand) (DIN 51354)
- Scherstabilität (DIN 51382)

Nicht genormte technologische Prüfmethoden

- Schneckengetriebeprüfstand (z.B. nach Shell, Klüber, Fuchs)
- Tannengleitindikator (Stick-Slip-Prüfstand)
- Brugger-(Reichert)-Prüfgerät (Verschleißverhalten)
- Stift-/Scheibe-Prüfgeräte (Reibungs- und Verschleißverhalten)
- SRV-Gerät (Reibungs- und Verschleißverhalten, Wirkungsmechanismus)

Schmierfette

Physikalische Eigenschaften

- Scheinbare Viskosität, Fließverhalten
- Gehalt an Feststoffen und Festschmierstoffen (DIN 51831)
- Gehalt an festen Fremdstoffen (DIN 51813)
- Tropfpunkt (ISO 2176)
- Penetration (ISO 2137)

Chemische Eigenschaften

- Asche (DIN 51803)
- Anteil an Mineralöl und Seife (DIN 51814)
- Wasserbeständigkeit (DIN 51807)
- Oxidationsbeständigkeit (DIN 51808)

Technologische Eigenschaften

- Ölabscheidung (DIN 51817)
- Fließdruck (DIN 51805)
- Förderverhalten (DIN 51816)
- Korrosionsschutz-Verhalten (DIN 51831)
- Mechanisch-dynamisches Verhalten
SKF-Prüfung (DIN 51506 nicht mehr gültig)
FAG-Prüfung (DIN 51821)

Weitere Prüfverfahren

- Rollstabilitätstester (ASTM D 1831)
- Radlagertest (ASTM D 1263)
- Wälzlager-Geräuschprüfung (DIN 5426 E)
- Tieftemperatur-Drehmoment-Prüfstand (IP 186 I + II)
- Tieftemperatur-Drehmoment-Prüfstand (ASTM D 1478)

Nicht genormte Prüfmethoden

- Wasserhahn-Prüfgerät (z.B. nach Klüber)
- Wälzlager-Drehmoment-Prüfgerät
- Hochtemperatur-Kettenprüfstand (z.B. nach Klüber)
- Hochleistungs-Kettenprüfstand (z.B. nach Klüber)
- Gashahn-Prüfgerät (z.B. nach Klüber)

Viskosität und Fließverhalten

Allgemeines

Schmieröle

Die Viskosität ist die bekannteste Kenngröße von Schmierölen. Sie ist das Maß für die innere Reibung eines Öles beim Fließen. Bei kaltem Öl ist die innere Reibung groß (hohe Viskosität).

Die Viskositätsänderung durch Temperaturänderung kann von Öl zu Öl unterschiedlich sein und wird durch den Viskositätsindex VI, einem dimensionslosen Zahlenwert, beschrieben. Einbereichsöle haben eine VI um 100, Mehrbereichsöle je nach Spannbreite bis zu 150.

Schmierfette

Bei Schmierfetten wird an Stelle der Viskosität die Penetration als Maß für die „mechanische Festigkeit“ bestimmt. Sie ist als Widerstand gegen eine Formänderung definiert.

GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Wichtige Schmierstoffeigenschaften

Viskosität und Fließverhalten

Allgemeines

Zu unterscheiden sind die folgenden Klassifizierungssysteme für die Viskosität und das Fließverhalten:

- ISO-VG für Industrieschmierstoffe
- SAE-Klassen für Kraftfahrzeugmotorenöle und Kraftfahrzeuggetriebe
- NLGI-Klassen für Schmierfette

ISO-VG für Industrieschmieröle

Alle Schmieröle, die nicht Kfz-Motoren- und -Getriebeöle sind, werden nach ISO-VG (International Organisation for Standardization - Viscosity Grade) beschrieben. Genormt sind 18 Viskositätsklassen im Bereich von 2 mm²/s (vergleichsweise Heizöl EL) bis 1500 mm²/s (vergleichsweise sehr zähes Öl); beide bei Normaltemperatur. Es ist nur eine so genannte Mittelpunktviskosität bei 40 °C vorgeschrieben.

ISO-Viskositätsklassen nach DIN 51519

ISO-Viskositätsklasse		Mittelpunktsviskosität bei 40,0 °C mm ² /s	Grenzen der kinematischen Viskosität bei 40,0 °C mm ² /s	
			mindestens	höchstens
ISO VG	2	2,2	1,98	2,42
ISO VG	3	3,2	2,88	3,52
ISO VG	5	4,6	4,14	5,06
ISO VG	7	6,8	6,12	7,48
ISO VG	10	10	9,00	11,0
ISO VG	15	15	13,5	16,5
ISO VG	22	22	19,8	24,2
ISO VG	32	32	28,8	35,2
ISO VG	46	46	41,4	50,6
ISO VG	68	68	61,2	74,8
ISO VG	100	100	90,0	110
ISO VG	150	150	135	165
ISO VG	220	220	198	242
ISO VG	320	320	288	352
ISO VG	460	460	414	506
ISO VG	680	612	612	748
ISO VG	1.000	1.000	900	1.100
ISO VG	1.500	1.500	1.350	1.650

GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Wichtige Schmierstoffeigenschaften Viskosität und Fließverhalten

SAE-Klassen für Kraftfahrzeuge

Kfz-Motoren- und Getriebeöle werden mit SAE-Klassen (SAE = Society of Automotive Engineers) beschrieben, die auch in die entsprechenden DIN-Normen übernommen wurden. Hierin sind festgelegt: Temperaturen für die Viskositätsmessungen, Viskositätsgrenzwerte und Klassenzuordnungen. Öle, für die Viskositätsgrenzwerte im kalten Zustand festgelegt sind, haben zusätzlich den Buchstaben „W“ (Winter).

Im heißen Zustand wird für Motor- und Getriebeöle die Viskosität einheitlich für alle SAE-Klassen bei 100 °C bestimmt. Dies ist bei Motorenölen nicht praxisgerecht; daher wird hier zusätzlich die Hochtemperaturviskosität bei hohem Schergefälle bestimmt.

SAE-Klassen Motorenöle

Genormt sind die Klassen:

0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W,
20, 30, 40, 50, 60

SAE-Klassen Getriebeöle

Genormt sind die Klassen:

70W, 75W, 80W, 85W,
80, 85, 90, 140, 250

GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Wichtige Schmierstoffeigenschaften

Viskosität und Fließverhalten

SAE-Viskositätsklassen für Motorenöle (SAE J 300, Dez. 99)

SAE Viskositäts- klasse	Tief-Temperatur-Viskositäten		Hoch-Temperatur-Viskositäten		
	a. CCS-Viskosi- tät (mPa·s) max. bei °C	b. Grenzump- temperatur (mPa·s) bei °C	Kinematische Viskosität (mm ² /s) bei 100 °C		Hochschergefälle Viskosität (mPa·s) bei 150 °C bei und 10 ⁶ s ⁻¹ min.
			min.	max.	
0W	6200 bei -35	60.000 bei -40	3,8	—	—
5W	6600 bei -30	60.000 bei -35	3,8	—	—
10W	7000 bei -25	60.000 bei -30	4,1	—	—
15W	7000 bei -20	60.000 bei -25	5,6	—	—
20W	9500 bei -15	60.000 bei -20	5,6	—	—
25W	13000 bei -10	60.000 bei -15	9,3	—	—
20	—	—	5,6	< 9,3	2,6
30	—	—	9,3	< 12,5	2,9
40	—	—	12,5	< 16,3	2,9
					(0W, 5W, 10W)
40	—	—	12,5	< 16,3	3,7
					(15W, 20W, 25W, Einbereich)
50	—	—	16,3	< 21,9	3,7
60	—	—	21,9	< 26,1	3,7

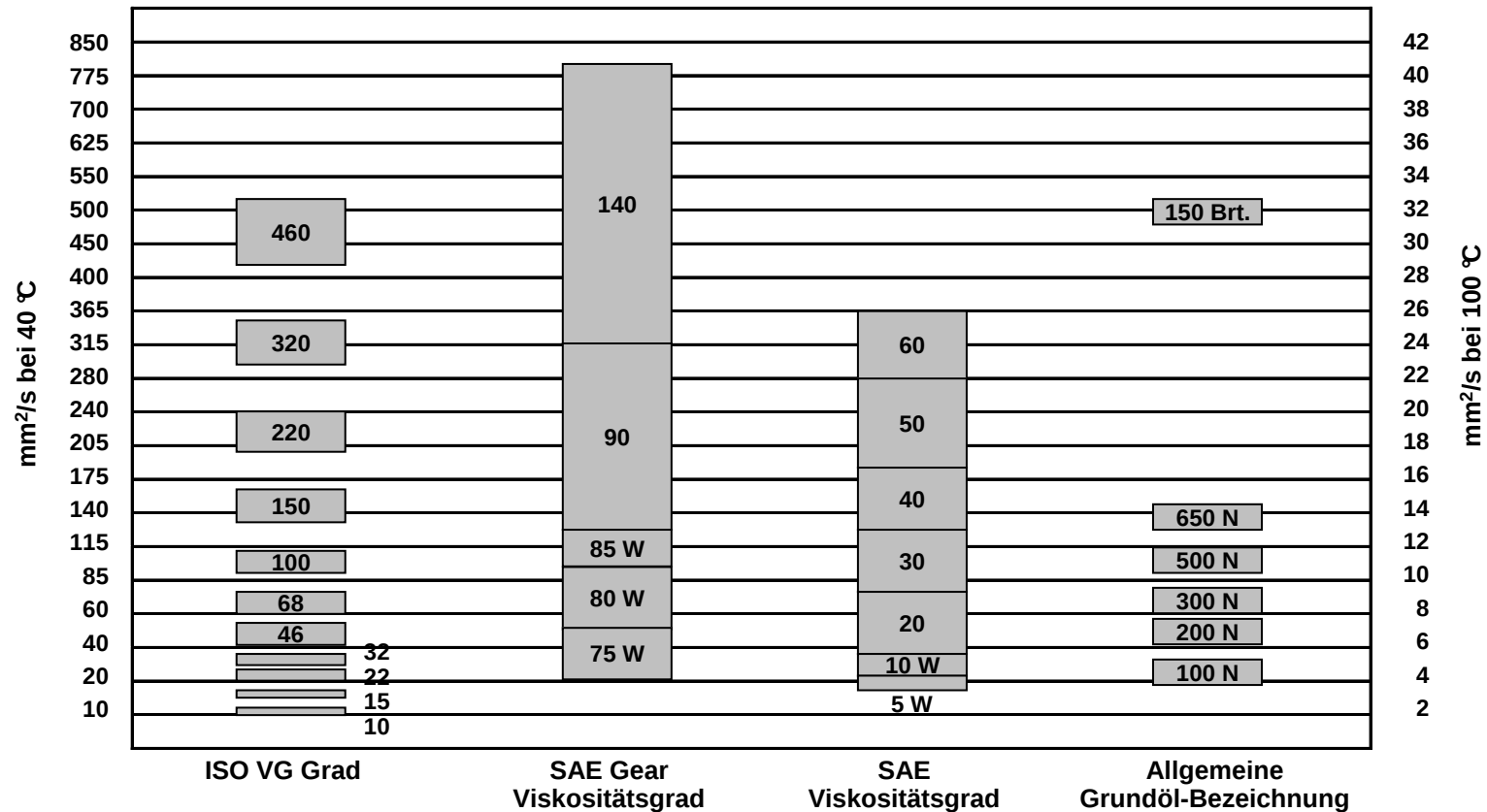
GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Wichtige Schmierstoffeigenschaften Viskosität und Fließverhalten

SAE Viskositätsklassen für Getriebeöle nach SAE J 306 JUL 98

SAE Viskositätsklasse	Höchsttemperatur für eine Viskosität von 150.000 mPas	Viskosität bei 210 °F mm ² /s	
		Minimum	Maximum
75W	-40,0 °C	4,2	25 43
80W	-26,2 °C	7,0	
85W	-12,3 °C	11,0	
90		14,0	
140		25,0	
*250		43,0	
(* gibt es heute nicht mehr)			

Vergleich verschiedener Viskositätsklassifikationen



NLGI-Klassen für Schmierfette

Dies ist der Widerstand eines Fettes gegen seine Verformung (ähnlich Viskosität bei Schmierölen). Die DIN 51818 teilt Schmierfette in 9 NLGI-Klassen ein:

000, 00, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6,

Sehr weiche Fette der Klassen 000 bis 0 werden als „Fließfette“ bezeichnet und u.a. in Zentralschmieranlagen von Nutzfahrzeugen eingesetzt. Alle übrigen Fettschmierstellen an Fahrzeugen werden im Regelfall mit Fetten NLGI-Klassen 2 oder 3, Wasserpumpen auch 4 oder 5 geschmiert. Fette der Klasse 6 sind heute nicht mehr im Gebrauch.

GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Wichtige Schmierstoffeigenschaften

Viskosität und Fließverhalten

Konsistenzkennzahlen für Schmierfette

1	2
Konsistenzkennzahl (NLGI-Klassen nach DIN 51818)	Werkpenetration bestimmt nach DIN ISO 2137 Einheiten ¹⁾
000	445 bis 475
00	400 bis 430
0	355 bis 385
1	310 bis 340
2	265 bis 295
3	220 bis 250
4	175 bis 205
5	130 bis 160
6	85 bis 115 ²⁾
¹⁾ 1Einheit = 0,1 mm ²⁾ Ruhpenetration	

Wichtige Schmierstofftypen

- Kraftfahrzeugschmierstoffe
- Industrieschmierstoffe
- Metallbearbeitungsschmierstoffe

GRUNDLAGEN DER SCHMIERSTOFFE

Wichtige Schmierstoffeigenschaften
Viskosität und Fließverhalten