

# Schmierstoffe für Kraftfahrzeuge

zusammengefasst von Johannes Ruf

## A. Allgemeines

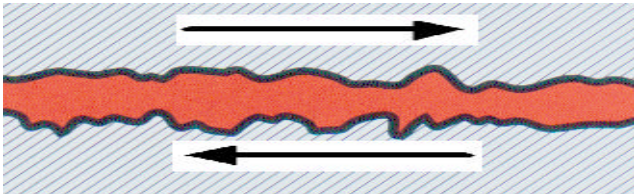
Ohne Schmierstoffe wäre ein Betrieb heutiger Pkws und Nutzfahrzeuge (LKW, Omnibusse, Baumaschinen, Landmaschinen...) nicht denkbar.

Der Schmierstoff hat hierbei mehrere Aufgaben zu erfüllen:

### → Schmieren

d.h. die Reibung der Gleitpartner niedrig halten, Verschleiß verringern, Fressen der Reibpartner hindern.

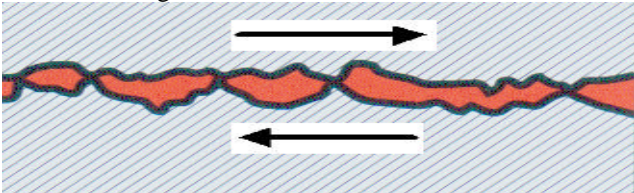
**I. Vollschrmerung:** Idealer Schmierungs Zustand, da die Reibpartner durch eine Schmierstoffschicht getrennt sind.



Es herrscht somit nur Flüssigkeitsreibung.

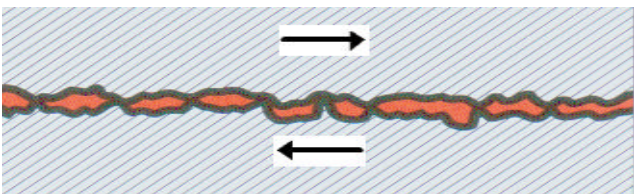
**II. Teilschrmerung :** Im sogenannten Mischreibungsbereich berühren sich noch einzelne Rauigkeitsspitzen und führen zu Verschleiß. Es entsteht kein hydrodynamischer Schmierfilm.

z. B. vor den Umkehrpunkten des Kolbens herrscht immer Teilschrmerung. Durch den Einsatz von Additiven lässt



sich hierbei aber der Verschleiß deutlich reduzieren.

**III. Grenzschrmerung :** Wenn der flüssige Schmierstoff kein "Aufschwimmen" der Reibpartner mehr bewirken kann (z.B. zu wenig Relativgeschwindigkeit zwischen den Gleitschichten oder zu niedere Viskosität des Schmierstoffs) spricht man von Trockenreibung. Durch den Einsatz von Additiven werden der Verschleiß



und die Reibungskräfte reduziert.

Der optimale Betriebszustand besteht, wenn gerade Flüssigkeitsreibung erreicht ist. Durch höherviskoses Öl ist zwar der "Aufschwimmeffekt" stärker, aber durch die größere Pumparbeit im Aggregat steigen auch die Verluste an. Der Wirkungsgrad wird schlechter!

### → Kühlen

d.h. die Reibungswärme der Gleitpartner und Abwärme des Motors abführen

### → Schützen

d.h. das Innere der Aggregate vor Korrosion bewahren

### → Transportieren

d.h. verschleißmindernde Wirkstoffe (EP-Additive) den Reibungspartnern zuführen und Schmutzpartikel und Abrieb zum Ölfilter bringen.

### → Sauberhalten

d.h. Abriebelemente, Schmutzstoffe, Verbrennungsrückstände etc. in Schwebe halten und eine Ablagerung im Bauteil verhindern

### → Abdichten

d.h. die Feinabdichtung an kritischen Stellen (z.B. an den Kolbenringen, Übergang Gehäuse-Welle) gewährleisten

### → Kräfte übertragen

z.B. in Hydrostößeln oder in der Servolenkung

Speziell auf die Anforderungen des Aggregats abgestimmt werden hierbei Motoröle, Getriebeöle, ATF-Öle (Automatic Transmission Fluid) und Schmierfette eingesetzt. Aufgrund der Tatsache, dass die Ölwechselintervalle immer größer werden, die Füllmengen reduziert werden und durch Kapselung der Aggregate (Lärmschutz) die Temperatur im Bauteil steigt, werden immer höherwertigere Schmierstoffe verlangt.

Der Schmierstoff ist in der Zwischenzeit ein wichtiges Konstruktionselement im Automobilbau.

## B. Eigenschaften

### 1. Viskosität

(Zähigkeit) ist die Eigenschaft einer Flüssigkeit, der gegenseitigen laminaren Verschiebung (Verformung) zweier benachbarter Schichten einen Widerstand (innere Reibung, Schubspannung) entgegenzusetzen: DIN 1342, DIN 51 550, DIN ISO 3104

#### 1.1 Dynamische Viskosität $\eta$

$$\text{Dynamische Viskosität } \eta = \frac{\text{Schubspannung}}{\text{Geschwindigkeitsgefälle} D}$$

Die Einheit der dynamischen Viskosität  $\eta$  ist die Pascalsekunde ( $\text{Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{Ns/m}^2$ )

$$1 \text{ mPa} \cdot \text{s} = 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{ cP}$$

#### 1.2 Kinematische Viskosität $\nu$

$$\text{Kinematische Viskosität } \nu = \frac{\text{Dynamische Viskosität } \eta}{\text{Dichter}}$$

Die Einheit der kinematischen Viskosität  $\nu$  ist  $\text{m}^2/\text{s}$   
 $1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^6 \text{ mm}^2/\text{s}$   
 $1 \text{ mm}^2/\text{s} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 1 \text{ cSt}$

Unter Einwirkung der Schwerkraft ist die kinematische Viskosität  $\nu$  das Verhältnis von dynamischer Viskosität  $\eta$  und Dichte  $\rho$  (d.h. z.B. im Fall des freien Fließens Messung mittels einer Kapillaren).

### 1.3 "High Temperature, High Shear Viscosity"

Die HTHS-Viskosität (Hochtemperatur-Scherviskosität) ist ein Maß für das Verhalten von Schmierölen bei hohen Temperaturen ( $150^\circ\text{C}$ ) unter Scherung.

Zur Messung wird ein zylindrischer Rotationskörper ( $\varnothing=18\text{mm}$ ) bei  $150^\circ\text{C}$  und einer Drehzahl von  $n=3200$  1/min in einen ruhenden Stator so eingebracht, dass ein definierter Schmierpalt (ca.  $3 \mu\text{m}$ ) entsteht. Bei definierter Scherrate ( $10^6$  1/s) ist das entstehende Drehmoment ein Maß für die HTHS-Viskosität:

$$HTHS\text{-Viskosität} = f(M)$$

$$M = f(n, T, \text{Spaltbreite})$$

Die Maßeinheit für die HTHS-Viskosität ist mPas. Je nach Fahrzeughersteller werden heute verwendete Motorenöle haben üblicherweise eine HTHS-Viskosität  $> 3,5$  mPas. VW empfiehlt für bestimmte Motoren auch Öle mit einer HTHS von  $2,9$  mPas.

## 2. Viskositätsindex (VI)

Der VI ist eine rechnerisch ermittelte Zahl einer konventionellen Skala, welche die Viskositätsänderung eines Mineralöl- bzw. Syntheseölerzeugnisses mit der

Temperatur charakterisiert. Ein hoher Viskositätsindex kennzeichnet eine geringere Änderung der Viskosität mit der Temperatur als ein niedrigerer Viskositätsindex. Das Viskositäts-Temperaturverhalten kann durch die Zugabe von VI-Verbesserern (Polymere) beeinflusst werden. Berechnung des VI aus der kinematischen Viskosität: DIN ISO 2909, ASTM D 2270

Beispiele: Viskositätsindex von Grundölen ohne VI-Improver:

→ konventionelles Mineralöl	VI $\approx$ 95
→ Kernraffinat	VI $\approx$ 105
→ Hydrocracköl	VI $\approx$ 130
→ Poly- $\alpha$ -Olefin	VI $\approx$ 140

## 3. Viskositäts-Klassifikation

Kfz-Schmierstoffe werden in Viskositätsklassen eingeteilt. Grundlage für diese Einteilung sind die SAE-Viskositätsklassen (Society of Automotive Engineers Inc. New York) für Motoren- (SAE J 300  $\cong$  DIN 51 511) und Getriebeöle (SAE J 306  $\cong$  DIN 51 512). Man unterscheidet zwischen Sommer- und Winterölen. Mehrbereichsöle (z.B. SAE 10W-40) decken die Anforderungen des Kältefließverhaltens einer W-Klasse (SAE 10W) ab und haben bei  $100^\circ\text{C}$  eine kinematische Viskosität die einer SAE-Klasse ohne Zusatzbuchstaben (SAE 40) entspricht.

Motoren-Schmieröle: SAE J 300

SAE Viskositätsklasse <sup>1)</sup>	Viskosität <sup>2)</sup> mPas bei Temperatur $^\circ\text{C}$ max.	Tieftemperatur-Pump-Viskosität cP max. ohne Scherspannung	kinematische Viskosität <sup>4)</sup> in $\text{mm}^2/\text{s}$ min. bei $100^\circ\text{C}$	kinematische Viskosität <sup>4)</sup> in $\text{mm}^2/\text{s}$ max. bei $100^\circ\text{C}$ .	Hochscher-Viskosität <sup>5)</sup> mPas (cP) bei $150^\circ\text{C}$ min.
0W	3250 bei $-30^\circ\text{C}$	60 000 bei $-40^\circ\text{C}$	3,8	-	-
5W	3500 bei $-25^\circ\text{C}$	60 000 bei $-35^\circ\text{C}$	3,8	-	-
10W	3500 bei $-20^\circ\text{C}$	60 000 bei $-30^\circ\text{C}$	4,1	-	-
15W	3500 bei $-15^\circ\text{C}$	60 000 bei $-25^\circ\text{C}$	5,6	-	-
20W	4500 bei $-10^\circ\text{C}$	60 000 bei $-20^\circ\text{C}$	5,6	-	-
25W	6000 bei $-5^\circ\text{C}$	60 000 bei $-15^\circ\text{C}$	9,3	-	-
20	-	-	5,6	$< 9,3$	2,6
30	-	-	9,3	$< 12,5$	2,9
40	-	-	12,5	$< 16,3$	2,9 <sup>6)</sup>
40	-	-	12,5	$< 16,3$	3,7 <sup>7)</sup>
50	-	-	16,3	$< 21,9$	3,7
60	-	-	21,9	$< 26,1$	3,7

1 cP= 1 mPas; 1 cSt= 1  $\text{mm}^2/\text{s}$ <sup>1</sup>

1) Anforderung gemäß ASTM D 3244

2) Cold Cranking Simulator: ASTM D 5293 oder DIN 51 377

3) Mini Rotary Viskosimeter: ASTM D 4684

4) ASTM D 445 oder DIN 51 562

5) ASTM D 4683 oder CEC L-36-A-90 (ASTM D 4741)

6) Für 0W-40, 5W-40 und 10W-40 Öle

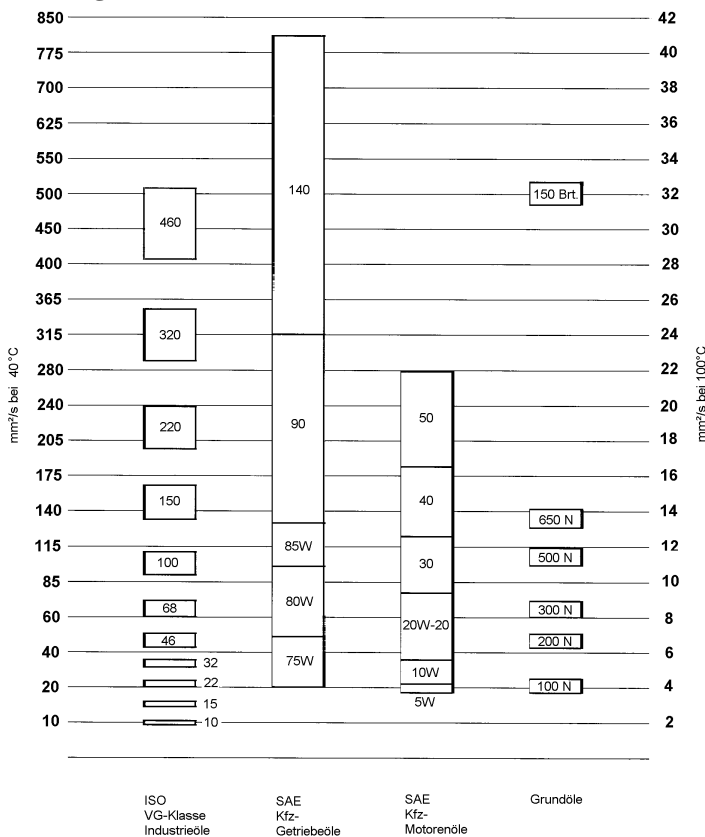
7) Für 15W-40, 20W-40, 25W-40 und 40 Öle

## Getriebeöle: SAE J 306, DIN 51512

SAE Viskositätsklasse	maximale Temperatur °C für die dynamische Viskosität (scheinbare) bei 150000 mPa s <sup>1</sup>	kinematische Viskosität bei 100°C <sup>2)</sup> in mm <sup>2</sup> /s	
		min.	max.
70W	-55	4,1	-
75W	-40	4,1	-
80W	-26	7,0	-
85W	-12	11,0	-
90	-	13,5	< 24,0
140	-	24,0	< 41,0
250	-	41,0	-

1) ASTM D 2983 ( Brookfield Viskosimeter) bzw. DIN 51 398  
2) ASTM D 445 (Kappillar-Viskosimeter)

## Vergleich Viskositäts-Klassifikationen



## 4. Scherstabilität

zur Verbesserung des Viskositäts-Temperatur-Verhaltens werden Schmierölen Viskositätsindexverbesserer (öllösliche Polymere) zugegeben.

Diese Polymermoleküle, die eine lineare-, gitter- oder netzartige Struktur aufweisen können, sind im Hochtemperaturbereich sehr große Molekülgebilde (Makromoleküle), die beim Einwirken von Scherkräften, ihre Molekülstruktur ändern bzw. auseinander brechen. Hierdurch tritt ein mehr oder weniger großer Viskositätsverlust auf. Prüfung der Scherstabilität: DIN 51 382, CEC L-14-A-88, L-25-A-78, L-37-T-85, L-45-T-92

## 5. Dichte

die Dichte  $\rho$  eines Mineralöls ist der Quotient aus seiner Masse  $m$  und seinem Volumen  $V$ , bei einer bestimmten

Temperatur  $t$  (z.B. 15°C). Mit steigender Viskosität nimmt die Dichte zu und mit steigender Güte des Raffinationsgrades nimmt die Dichte ab. Naphtenbasierte Öle sind spezifisch schwerer als paraffinbasierte Mineralöle.

$$\rho = m/v \quad [ \text{kg/m}^3; \text{g/cm}^3; \text{g/ml} ]$$

## 6. Flammpunkt

ist die niedrigste Temperatur, bei der sich in einem offenen bzw. geschlossenen Tiegel aus einer zu prüfenden Flüssigkeit unter festgelegten Bedingungen Dämpfe in solcher Menge entwickeln, dass sich im Tiegel ein durch Fremdzündung entflammbares Dampf-Luft-Gemisch bildet, kurz aufflammt und wieder erlischt: DIN 51755 T2, DIN ISO 2592, DIN pr EN 57

Je zähflüssiger das Öl, um so höher liegt der Flammpunkt.

## 7. Pourpoint

ist die niedrigste Temperatur, bei welcher das Öl eben noch fließt, wenn es unter festgelegten Bedingungen abgekühlt wird. Der Pourpoint lässt sich mit Additiven sogenannten Pourpointverbesserern beeinflussen. Für die Eignung als Schmierstoff ist die Kälteviskosität maßgebend. Bestimmung des Pourpoints: DIN ISO 3016

## 8. Verdampfungsverlust

Die Verdampfungsverluste von Schmierstoffen bei hohen Temperaturen (bis zu 350°C) unterscheiden sich je nach verwendeten Grundölen recht deutlich. Bei hohen Temperaturen kann ein hoher Verdampfungsverlust gleichbedeutend einem erhöhten Ölverbrauch sein. Verdampfungsverluste können zu Änderungen der Eigenschaften von Schmierstoffen führen. Bestimmung des Verdampfungsverlusts nach DIN 51581 (Noack Test).

## 9. Basenzahl

gibt in Motorenölen die Menge der alkalisch wirkenden Bestandteile an. Ihre Dimension ist mgKOH/g (mg Kaliumhydroxid je g Öl). Bei Gebrauchttölen gibt die Basenzahl einen Hinweis auf den verbliebenen Rest noch nicht verbrauchter Additive. Bestimmung der Gesamtbasenzahl nach: DIN ISO 3771

## 10. Neutralisationszahl (NZ)

gibt die Anzahl mg Kaliumhydroxid (KOH) an, die erforderlich ist, um die in 1g eines Öles enthaltenen freien Säuren und Basen zu neutralisieren. Mit der

Neutralisationszahl können für Schmierstoffe die relativen Veränderungen ermittelt werden, die während des Betriebs unter oxidierenden Bedingungen eintreten. Bestimmung der Neutralisationszahl nach: DIN 51 558 T1/T2/T3 (Öle) und DIN 51 809 T1/T2 (Fette)

### 11. Aschegehalt

Asche ist der mineralische Rückstand, der beim Veraschen (Verbrennen) von Schmierstoffen als Oxid (Oxid-asche) oder Sulfat (Sulfat-asche nach vorheriger Zugabe von Schwefelsäure) verbleibt. Der Aschegehalt gibt dem Fachmann hinweise auf die Additivierung von Schmierstoffen. Bestimmung nach DIN 51575, EN 7

### 12. Farbe

Die Farben von Mineralölzeugnissen sind in 16 Farbzahlen festgelegt. Früher war eine helle Färbung eines Schmierstoffs ein Hinweis auf Raffinationsgrad und Qualität von Ölen. Durch die Zugabe von Additiven und den Einsatz von nichtmineralölbasischen Grundölen kann ein Schmierstoff eine sehr dunkle Farbe bekommen. Somit lässt die Farbe eines Öls keine Rückschlüsse auf dessen Schmiereigenschaften zu. Bestimmung der Farbe nach DIN ISO 2049, DIN 51411

### 13. Penetration

Da Schmierfette pastös sind, lässt sich keine Viskosität messen. Als Maß für die Konsistenz (Verformbarkeit) von Schmierfetten, gilt die Penetration. Hierbei wird die Strecke, um die ein Kegel bestimmter Abmessung senkrecht in die zu untersuchende Probe eindringt gemessen: Meßmethode nach DIN ISO 2137; DIN 51 804 T2

In KFZ werden meist Fette der Konsistenzklassen 2 und 00 verwendet. Bei Vermischung ist die Verträglichkeit der Eindicker zu beachten. Ein Schmierfett besteht zu ca. 90% bis 95% aus Öl + Eindicker (meistens eine Metallseife) + Additive.

Einteilung der Penetrationsklassen nach DIN 51818:

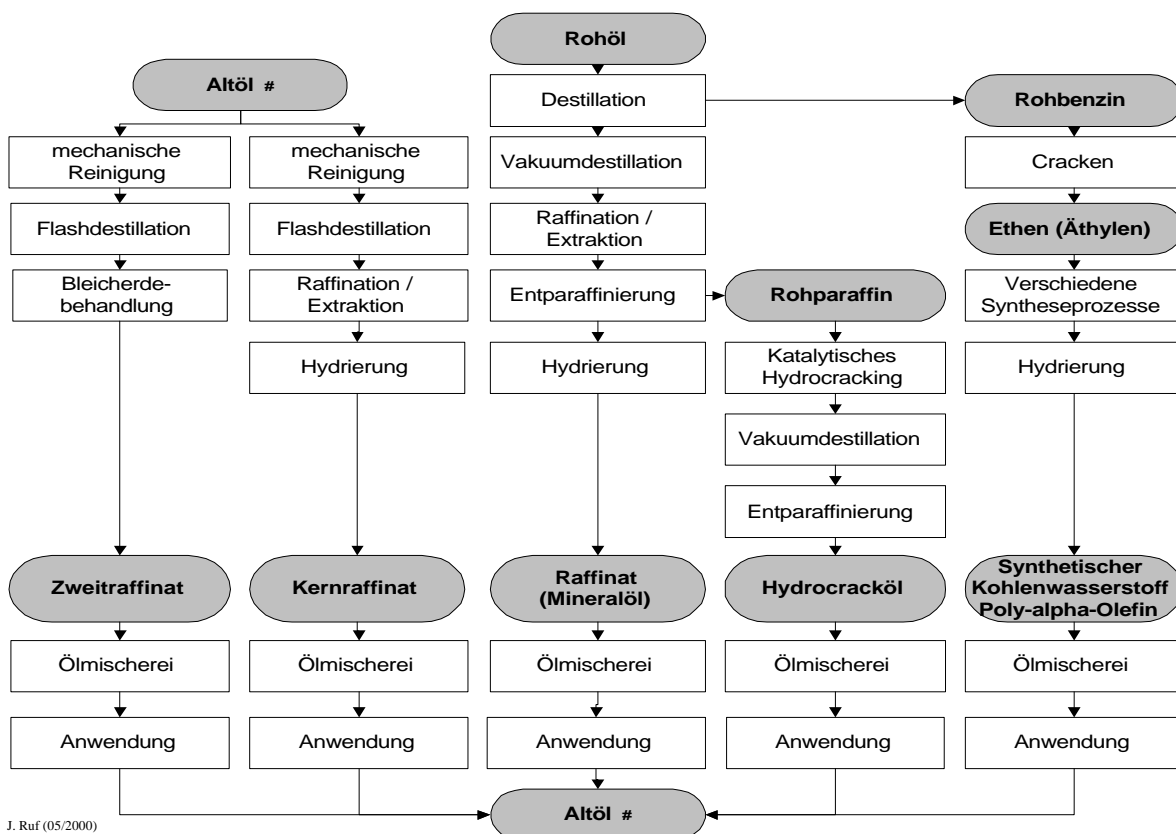
NLGI-Klasse	Walkpenetration in Zehntel-millimeter (0,1 mm)
000 Fließfette	445 bis 475
00	400 bis 430
0	355 bis 385
1 Weiche Fette	310 bis 340
2	265 bis 295
3	220 bis 250
4	175 bis 205
5	130 bis 160
6 Feste Fette (Blockfette)	85 bis 115

## C. Inhaltsstoffe und Additive

Schmierstoffe bestehen aus Grundölen und Zusätzen (Additive, Wirkstoffe) die die Eigenschaften des Öls verändern oder dem Schmierstoff neuartige Eigenschaften verleihen. Es gibt Additive, die mehrere Wirkungen bzw. Verbesserungen bewirken.

### 1. Grundöle

Die Herstellung der einzelnen mineralischen Grundöltypen ist vereinfacht im folgenden Ablaufdiagramm dargestellt.



Zweitrafinate haben einen sehr hohen Chlor- und PCA-Gehalt, der durch die Bleicherdebehandlung nicht reduziert werden kann. Durch das von DEA entwickelte Verfahren werden Recyclingöle (Kernrafinate) hergestellt, die die Nachteile von Zweitrafinaten nicht haben und in allen Messwerten dem Erstrafinat gleichwertig oder überlegen sind. Zum Beispiel ist der natürliche Viskositätsindex um ca. 10 % höher. Die höchste Produktqualität wird bei der Verwendung unkonventioneller Grundöle (Hydrocracköle / Poly- $\alpha$ -Olefine) erreicht.

## 2. Alterungsschutzstoffe (Oxidationsinhibitoren)

Bei hohen Temperaturen reagieren die Ölmoleküle mit dem Sauerstoff der Luft. Die Metalloberflächen der Aggregate haben hierbei katalytische Wirkung. Die Folgen der Ölalterung sind

- Anstieg der Viskosität (Öleindickung)
- Bildung von Rückständen (Ölkohle, Ölschlamm...)
- Korrosiver Verschleiß durch entstehende Säuren

Durch Zugabe von Antioxidants kann dieser Effekt verhindert oder zumindest verlangsamt werden. Als Oxidationsinhibitoren haben sich Verbindungen von Stickstoff, Phosphor und Schwefel (Amine, Phenole in Verbindung mit Zink, Zinn, Barium, Calcium usw.) bewährt.

## 3. Detergent- und Dispersant-Additive (Schmutzträger)

Die Aufgabe dieser Zusätze ist es öltunlösliche Rückstände, sowie harz- und asphalthaltige Oxidationsprodukte am Zusammenballen zu hindern, damit Schlammablagerungen und Öleindickungen vermieden werden. Außerdem werden Rückstände gelöst (Reinigung) und Säuren neutralisiert. Verwendet werden hierzu Succinimide, neutrale Metallsulfonate, Phosphate, Phenolate, Thiophosphate, polymere Detergentien, Aminverbindungen, Sulfonate sowie hochmolekulare organische Barium-, Kalk-, Blei- und Zinksalze usw.

## 4. EP-Additive (Hochdruckzusätze)

Zur Erhöhung des Lasttragevermögens und zur Herabsetzung des Verschleißes im Mischreibungsgebiet (z.B. an Nocken, Zahnrädern, Kipphebeln ...) werden Extreme Pressure - Zusätze bzw. Anti-Wear-Additive verwendet. Die Wirkung beruht auf Bildung von Oberflächenschichten (Metallschichten), die im Mischreibungsgebiet das Verschweißen der Rauigkeitsspitzen verhindern und ein Gleiten der sich aufeinander bewegenden Metalloberflächen ohne Verschleiß erreichen sollen. Gleichzeitig wird eine Reibungsverminderung angestrebt. Verwendet werden Zinkdialkyl-Dithiophosphate, Trikresylphosphate, organische Phosphate, Chlor-, Schwefel- und Stickstoffverbindungen (Chlorhaltige Hartparaffine, Bleiseifen, und Naphtenate) usw.

## 5. Viskositätsindexverbesserer (VI-Improver)

sind Wirkstoffe (Viscosity Improver, öllösliche Polymere) die im Mineralöl gelöst das Viskositäts-Temperatur-Verhalten verbessern; d.h. sie vermindern die Temperaturabhängigkeit der Viskosität. Bei tiefen Temperaturen verbessern sie das Fließverhalten und bei hohen Temperaturen bewirken sie eine höhere Viskosität als ohne VI-Verbesserer. Verwendet werden Polymethacrylate (PMA), Olefincopolymere (OCP), Polyisobuthylen (PIB) und Styrol-Butadien-Copolymere (SBC). Da VI-Improver sehr scherempfindlich (siehe auch B.4) sind, sollte man für Mehrbereichsöle mit größerer Spanne (z.B. 10W-40, 5W-40...) unkonventionelle Grundöle (Hydrocracköle und Poly- $\alpha$ -Olefine) verwenden, die ein bedeutend besseres natürliches VI-Verhalten haben.

## 6. Stockpunkt- / Pourpointverbesserer

Bei sinkenden Temperaturen werden Öle immer dickflüssiger, bis sie zuletzt nicht mehr fließfähig sind und stocken. Dieser Vorgang wird durch die Kristallisation von Paraffinmolekülen bewirkt. Durch die Zugabe von Additiven wie Polymethacrylate, Alkyl-Phenole, Naphthalin mit gechlorten Paraffinen, Propylen-Copolymere usw. erfolgt das Stocken erst bei tieferen Temperaturen.

## 7. Anti-Foam-Additive (Schaumunterdrücker)

Polysilikone (Silikonpolymerisate), Polyäthylenglykoläther usw. verringern die Schaumneigung bei starker Bewegung. Hierdurch wird eine Mangelschmierung durch zuwenig Schmierstoff (Öl-Luftgemisch) verhindert. Das Ansaugen von Luft-Ölschaum durch die Ölpumpe würde durch unzureichende Schmierung Motorschäden nach sich ziehen.

## 8. Reibwertverbesserer (Friction Modifier)

Reibwertverbesserer sind oberflächenaktive Wirkstoffe, die im Mischreibungsgebiet Reibungsverluste herabsetzen bzw. vermindern und ein definiertes Reibverhalten bewirken. Hierdurch wird der Wirkungsgrad der Aggregate verbessert. Verwendet werden Fettsäuren, Fettsäurederivate, organische Amine, Amin-Phosphate usw.

## 9. Festschmierstoffzusätze

Festschmierstoffzusätze werden in Schmierfetten für den Einsatz in grob bearbeiteten Bauteilen (Blattfedern, homokinetische Gelenke, Sattelaufleger...) unter extremen Bedingungen verwendet. Sie bewirken eine Reduzierung der Oberflächenrauigkeiten. Die bekanntesten sind Graphit und Molybdändisulfid ( $\text{MoS}_2$ ).

## 10. Sonderzusätze

Auf dem Markt werden Sonderzusätze und "Spezialadditive" (z.B. auf Basis von Teflon) für die nachträgliche Zumischung zu Motor- und Getriebeölen angeboten, mit denen angeblich die Schmierung von Standardölen deutlich verbessert werden sollen. Die Kfz-Hersteller distanzieren sich von solchen Zusätzen und bei der Zumischung erlöschen jegliche Gewährleistungsansprüche.

Falls die versprochenen Eigenschaften wissenschaftlich fundiert nachweisbar wären, würde mit Sicherheit kein Schmierstoffentwickler auf diese Vorteile verzichten.

## D. Spezifikationen

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften alleine genügen noch nicht für ein Aggregat den richtigen Schmierstoff auszuwählen. Deshalb werden aufwendige Motorversuche und Prüfstandsabprüfungen durchgeführt um die Leistungsfähigkeit eines Schmierstoffs abzu prüfen und darzustellen. Diese Anforderungen schlagen sich in Lieferanweisungen, Hausnormen und Spezifikationen nieder.

### 1. Motorenöle

#### 1.1 MIL-Spezifikation

Spezifikation der US-Streitkräfte in der Mindestanforderungen an Motorenöle festgelegt sind. Es werden bestimmte physikalische und chemische Daten sowie einige standardisierte Motorentests gefordert. Früher wurden diese Klassifikationen auch im zivilen Bereich zur Definition der Motorölqualität herangezogen. Die Bedeutung für den deutschen Markt ist jedoch im Laufe der letzten Jahre stark gesunken.

Motorenöle	MIL-Spezifikation
MIL-L-46152 A bis MIL-L-46152 E	Diese Militärspezifikationen sind in der Zwischenzeit ersatzlos gestrichen. Motoröle die nach diesen Normen qualifiziert sind, eignen sich für den Einsatz in amerikanischen Otto- und Dieselmotoren. MIL-L-46152 E (gestrichen 1991) entspricht API SG/CC
MIL-L-2104 C	klassifiziert hochlegierte Motorenöle für amerikanische Otto-, Saug- und Turbodieselmotoren
MIL-L-2104 D	überdeckt MIL-L-2104 C und fordert zusätzlich einen Motorentest in einem hochaufgeladenen Detroit-2-Takt-Dieselmotor. Außerdem werden die Anforderungen von Caterpillar TO-2 und Allison C-3 abgedeckt.
MIL-L-2104 E	Inhaltlich wie MIL-L-2104 C. Die Ottomotorentests sind aber aktualisiert und enthalten verschärfte Prüfprozeduren (Seq.III E / Seq. V E)

#### 1.2 API-Klassifikation

Das American Petroleum Institute (API) hat gemeinsam mit den amerikanischen Fachvereinigungen ASTM (American Society for Testing and Materials) und SAE (Society of Automotive Engineers Inc. New York) eine Klassifikation geschaffen, in der Motorenöle nach Anforderungen, denen sie aufgrund unterschiedlicher Betriebsbedingungen und Motorkonstruktionen unterworfen sind, eingeteilt werden. Die Abprüfung erfolgt durch standardisierte Motorentests.

### Motorenöleinteilung nach API SAE J 183

Otto-Motoren	(Service-Klassen)
API-SA	Regular-Motorenöle evtl. mit Stockpunktverbesserer und / oder Schauminhibitoren
API-SB	mildlegierte Motorenöle für niedrigbeanspruchte Otto-Motoren mit Wirkstoffen gegen Alterung, Korrosion und Verschleiß. Seit 1930
API-SC	Otto-Motorenöle für mittlere Betriebsbedingungen, mit Wirkstoffen gegen Verkockung, Kaltschlamm, Alterung, Korrosion und Verschleiß. Erfüllt die Anforderungen der US-Automobilhersteller für Fahrzeuge von 1964-1967.
API-SD	Otto-Motorenöle für gegenüber API-SC höhere Betriebsbedingungen. Erfüllt die Anforderungen der US-Automobilhersteller für Fahrzeuge von 1968-1971.
API-SE	Motorenöle für sehr hohe Anforderungen und starke Belastungen bei Otto-Motoren (Stop-and-go-Verkehr). Erfüllt die Anforderungen der US-Automobilhersteller für Fahrzeuge von 1971-1979. Überdeckt API-SD; entspricht etwa Ford M2C-9001-AA, GM 6136 M und MIL-L 46 152 A
API-SF	Motorenöle für sehr hohe Anforderungen und starke Belastungen bei Otto-Motoren (Stop-and-go-Verkehr) sowie einige LKW. Erfüllt die Anforderungen der US-Automobilhersteller für Fahrzeuge von 1980-1987. Übertrifft API-SE in Bezug auf Oxidationsstabilität, Verschleißschutz und Schlammtragevermögen. Entspricht Ford SSM-2C-9011 A (M2C-153-B), GM 6048-M und MIL-L 46 152 B
API-SG	Motorenöle für höchste Anforderungen, mit speziellen Tests zur Oxidationsstabilität und Schlammabildung. Erfüllt die Anforderungen der US-Automobilhersteller von 1987-1993. Anforderungen ähnlich der MIL-L 46 152 D
API-SH	Spezifikation für Motorenöle die ab 1993 auf den Markt gekommen sind. API-SH muss nach dem CMA-Code of Practice geprüft sein. API-SH entspricht weitgehend API-SG, mit zusätzlichen Anforderungen bezüglich HTHS, Verdampfungsverlust (ASTM-Test und Noack), Filtrierbarkeit, Schaumverhalten und Flammpunkt. API-SH entspricht außerdem ILSAC GF-1 ohne Fuel Economy-Test und dem Unterschied, dass auch 15W-X-Mehrbereichsöle zugelassen sind.
API-SJ	Nachfolgeklassifikation zu API-SH. Verschärfte Anforderungen hinsichtlich Verdampfungsverlust. Gültig ab 10/96.
API-SK/SL	Nachfolgeklassifikationen zu API-SJ.

Diesel-Motoren	(Commercial-Klassen)
API-CA	Motorenöle für leicht beanspruchte Benzin- und selbstansaugende Dieselmotoren die mit schwefelarmen Kraftstoffen betrieben werden. Entspricht MIL-L 2104 A. Geeignet für Motoren bis in die 50-er Jahre
API-CB	Motorenöle für leicht bis mittelbelastete Benzin- und selbstansaugende Dieselmotoren die mit schwefelreichen Kraftstoffen betrieben werden. Entspricht DEF 2101 D und MIL-L 2104 A Suppl.1 (S1). Geeignet für Motoren ab 1949. Bieten Schutz gegen Hochtemperaturablagerungen und Lagerkorrosion.
API-CC	Motorenöle für mittlere bis schwere Betriebsbedingungen bei Diesel- und Otto-Motoren. Entspricht MIL-L 2104 C. Bietet Schutz gegen Kaltschlamm, Korrosion und Hochtemperaturablagerungen. Ab 1961
API-CD	Motorenöle für schwerbelastete Diesel-Motoren mit und ohne Aufladung. Überdeckt MIL-L 45 199 B (S3), entspricht MIL-L 2104 C. Deckt Anforderungen von Caterpillar Series 3 ab.
API-CD II	Entspricht API-CD, erfüllt aber zusätzlich die Anforderungen von amerikanischen 2-Takt-Dieselmotoren. Erhöhter Schutz gegen Verschleiß und Ablagerungen
API-CE	Motorenöle für schwerbelastete und schnelllaufende Diesel-Motoren mit und ohne Aufladung, die vielfach stark wechselnden Belastungen ausgesetzt sind. Erhöhter Schutz gegen Öleindickung und Verschleiß, bessere Kolbensauberkeit. Zusätzlich zu API-CD müssen die Spezifikationen Cummins NTC 400 und Mack EO-K/2 erfüllt werden. Für amerikanische Motoren ab 1983
API-CF	Ersetzt ab 1994 API-CD Für hochaufgeladene Dieselmotoren. Hohe Asche. Geeignet für Schwefelgehalte > 0,5%
API-CF-2	Nur für 2-Takt-Dieselmotore. Ersetzt ab 1994 API-CD II
API-CF-4	Seit 1990 Motorenölspezifikation für schnell laufende 4-Takt-Dieselmotoren. Überdeckt die Anforderungen von API-CE, ergänzt um Anforderungen bezüglich Ölverbrauch und Kolbensauberkeit. Niederer Aschegehalt
API-CG-4	Für hochbeanspruchte LKW-Motoren. Berücksichtigt EPA Emissionsbegrenzungen ab 1994. Ersetzt ab Juni 1994 API-CF-4.
API-CH-4	Ersetzt ab Dezember 1998 API-CG-4 Geeignet für Schwefelgehalte > 0,5%

Alle Motoren	(Energy Conserving)
(API-EC I)	(min. 1,5% Kraftstoffeinsparung im Vergleich zu einem SAE 20W-30 Referenzöl in 82'er Buick-Benzinmotor V6, 3,8 Ltr. Sequence VI Test)
(API-EC II)	(Wie API-EC I jedoch min. 2,7% Kraftstoffeinsparung)
API-EC	ersetzt API-EC I & II. Nur in Verbindung mit API-SJ. Kraftstoffeinsparung: 0W-20, 5W-20 > 1,4%, 0W-XX, 5W-XX > 1,1%, 10W-XX, sonstige > 0,5%, Sequence VI A Test: 93'er Ford V8, 4,6 Ltr. Referenzöl 5W-30

### 1.3 CCMC-Spezifikation

Da die Abprüfungen zur API-Klassifikation und zu den MIL-Spezifikationen nur auf amerikanischen Motoren (V8, großer Hubraum, niedere Drehzahl ...) stattfinden und die Anforderungen, die ein europäischer Motor (weniger Hubraum, höhere Drehzahl...) stellt nur unvollständig abgedeckt werden, hatte das CEC (Coordinating European Council for the Development of Performance Tests for Lubricants and Engine Fuels) zusammen mit dem CCMC (Committee of Common Market Automobile Constructors) eine Reihe von Tests erarbeitet, die zur Prüfung von Motorenölen für europäische Motoren verwendet wurden. Diese Tests bildeten gemeinsam mit den API-Tests die Grundlagen für die Entwicklung neuer Motorenöle. CCMC wurde 1996 durch ACEA abgelöst und ist nicht mehr gültig.

Otto-Motoren	(Gasoline-Engines)
CCMC G 1	Entspricht etwa API-SE mit 3 zusätzlichen Tests in europäischen Motoren. Zum 31.12.89 zurückgezogen
CCMC G 2	Entspricht etwa API-SF mit 3 zusätzlichen Tests in europäischen Motoren. Gilt für konventionelle Motorenöle. Wurde am 01.01.1990 durch CCMC G 4 ersetzt.
CCMC G 3	Entspricht etwa API-SF mit 3 zusätzlichen Tests in europäischen Motoren. Stellt höhere Anforderungen an Oxidationsstabilität und Verdampfungsverlust. Gilt für Leichtlauföle. Wurde am 01.01.1990 durch CCMC G 4 ersetzt
CCMC G 4	Konventionelle Mehrbereichsöle entsprechend API-SG, mit zusätzlichen Tests für Schlammsicherheit und Verschleiß
CCMC G 5	Leichtlaufmotorenöle (Low Viscosity) entsprechend API-SG, mit zusätzlichen Tests für Schlammsicherheit und Verschleiß. Erhöhte Anforderungen gegenüber CCMC G 4

Diesel-Motoren	(Diesel-Engines)
CCMC D 1	Entspricht etwa API-CC mit 2 zusätzlichen Tests in europäischen Motoren. Für leichte Nutzfahrzeuge mit Saugdieselmotoren. Wurde zum 31.12.89 zurückgezogen
CCMC D 2	Entspricht etwa API-CD mit 2 zusätzlichen Tests in europäischen Motoren. Für Nutzfahrzeuge mit Saug- und Turbodieselmotoren. Wurde am 01.01.1990 durch CCMC D 4 ersetzt.
CCMC D 3	Entspricht etwa API-CD/CE mit 2 zusätzlichen Tests in europäischen Motoren. Für Nutzfahrzeuge mit aufgeladenen Dieselmotoren und verlängerten Ölwechselintervallen (SHPD-Öl). Wurde am 01.01.1990 durch CCMC D 5 ersetzt
CCMC D 4	Übertrifft API-CD/CE. Entspricht Mercedes-Benz Blatt 227.0/1. Für Nutzfahrzeuge mit Saug- und Turbodieselmotoren. Gegenüber CCMC D 2 besserer Schutz gegen Verschleiß und Öleindickung
CCMC D 5	Entspricht Mercedes-Benz Blatt 228.2/3. Für Nutzfahrzeuge mit Saug- und Turbodieselmotoren mit schwerster Belastung und verlängerten Ölwechselintervallen (SHPD-Öl) Gegenüber CCMC D 3 besserer Schutz gegen Verschleiß und Öleindickung
CCMC PD1	Entspricht API-CD/SE. Für PKW-Saug- und Turbodieselmotoren (Diesel-Passenger Cars). Wurde am 01.01.1990 durch CCMC PD 2 ersetzt.
CCMC PD2	Definiert Anforderungen an Hochleistungs-Mehrbereichsmotorenöle für moderne PKW-Dieselmotoren.

#### 1.4 ACEA-Spezifikation

Aufgrund interner Differenzen wurde die CCMC aufgelöst. Die Nachfolgeorganisation heisst Association des Constructeurs Europeens d'Automobiles. In der Übergangszeit galten die CCMC-Spezifikationen weiter. Seit 01.01.96 sind die neuen ACEA-Klassifikationen in Kraft getreten.

Benzin-Motoren	(Gasoline-Engines)
A1-96	Kategorie für sog. Fuel-Economy-Motorenöle mit besonders niedriger High-Temperature-High-Shear-Viskosität (< 3,5 mPa*s). Dieser Motorölyp wurde anfangs nur von Ford und Rover favorisiert. Bevorzugte Viskositätsklassen sind xW-30 und xW-20.
A2-96	Kategorie für konventionelle und Leichtlauf-Motorenöle (keine Beschränkung hinsichtlich der zugelassenen Viskositätsklassen) mit erhöhten Anforderungen gegenüber der bisherigen CCMC G 4. Übertrifft API SH.

A3-96	Kategorie für konventionelle und Leichtlauf-Motorenöle (keine Beschränkung hinsichtlich der zugelassenen Viskositätsklassen). Übertrifft ACEA A2-96 bezüglich Noack (Verdampfungsverluste), Kolbensauberkeit und Oxidationsstabilität. Übertrifft außerdem API SH, CCMC G4 und G5
-------	---

PKW-Dieselmotoren	(Light duty diesel engines)
B1-96	Kategorie für Fuel-Economy-Motorenöle mit besonders niedriger High-Temperature-High-Shear-Viskosität (entsprechend A1-96).
B2-96	Kategorie für konventionelle und Leichtlauf-Motorenöle (keine Beschränkung hinsichtlich der zugelassenen Viskositätsklassen) mit erhöhten Anforderungen gegenüber der bisherigen CCMC PD2.
B3-96	Kategorie für konventionelle und Leichtlauf-Motorenöle (keine Beschränkung hinsichtlich der zugelassenen Viskositätsklassen). Übertrifft ACEA B2-96 bezüglich Nockenverschleiß, Kolbensauberkeit und Viskositätsstabilität bei Russbelastung.

Nfz-Dieselmotoren	(Heavy duty diesel engines)
Die neuen ACEA-Kategorien für Nfz-Diesel-Motorenöle sind eng an die Mercedes-Benz-Blätter angelehnt.	
E1-96	Entspricht weitestgehend der bisherigen CCMC D 4
E2-96	Basiert weitestgehend auf MB 228.1. Zusätzlich wird Mack T8-Test gefordert.
E3-96	Basiert weitestgehend auf MB 228.3. Zusätzlich wird Mack T8-Test gefordert.

Die ACEA Spezifikationen von 1996 wurden überarbeitet und durch die '98-Ausgabe ersetzt. Nach den '96-er-Spezifikationen kann noch bis 01.03.99 abgeprüft werden. Die '98-Spezifikation gilt ab 01.03.98. Ab 01.03.2000 ist die '96-er-Ausgabe ungültig. Die Jahreszahl muss nicht zwingend angegeben werden. Für alle Kategorien wurden zusätzliche Schaumtests eingeführt und Elstomertests geändert.



Benzin-Motoren	(Gasoline-Engines)
A1-98	Kategorie für sog. Fuel-Economy-Motorenöle mit besonders niedriger High-Temperature-High-Shear-Viskosität ( $< 3,5 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ ). Bevorzugte Viskositätsklassen sind xW-30 und xW-20. In einem Mercedes-Prüfmotor (M 111) muss im Vergleich zu einem 15W-40-Referenzöl eine Kraftstoffeinsparung $\geq 2,5 \%$ nachgewiesen werden.
A2-98	Kategorie für konventionelle und Leichtlauf-Motorenöle. Ersetzt A2-96
A3-98	Kategorie für konventionelle und Leichtlauf-Motorenöle mit erhöhten Anforderungen als A2-98. Übertrifft ACEA A2-98 bezüglich Noack (Verdampfungsverluste), Kolbensauberkeit und Oxidationsstabilität. Ersetzt A3-96.

PKW-Dieselmotoren	(Light duty diesel engines)
B1-98	Kategorie für Fuel-Economy-Motorenöle mit besonders niedriger High-Temperature-High-Shear-Viskosität (entsprechend A1-98). In einem Mercedes-Prüfmotor (M 111) muss im Vergleich zu einem 15W-40-Referenzöl eine Kraftstoffeinsparung $\geq 2,5 \%$ nachgewiesen werden. Ersetzt B1-96.
B2-98	Kategorie für konventionelle und Leichtlauf-Motorenöle. Ersetzt B2-96.
B3-98	Kategorie für konventionelle und Leichtlauf-Motorenöle. Übertrifft ACEA B2-98 bezüglich Nockenverschleiß, Kolbensauberkeit und Viskositätsstabilität bei Russbelastung. Ersetzt B3-96.
B4-98	Neue Kategorie für Direkteinspritzerdieselmotoren (TDI)
(B5-xx)	Geplante Kategorie mit B1-Viskosität und B3/B4- Motorperformance)

LKW-Dieselmotoren	(Heavy duty diesel engines)
E1-98	Entspricht ACEA E1-96.
E2-98	Entspricht ACEA E2-96.
E3-98	Entspricht ACEA E3-96.
E4-98	Basiert weitestgehend auf MB 228.5. Kein Motorentest OM 364 A, dafür Mack T8 & T8E, längste Ölwechsel, geeignet für Euro III-Motoren.
E5-99	Kategorie für Euro III-Motoren, Qualitätsniveau zwischen ACEA E3 und E4.

### 1.5 Herstellerfreigaben

Über die vorgestellten Spezifikationen hinaus gibt es noch Hersteller, die eigene Tests fordern.

VW-Norm	Anwendungsbereich
VW 50000	Leichtlauföle für Benzin- und Saugdieselmotoren. Nur SAE 0W-XX, 5W-XX und SAE 10W-XX Öle. Nach 10/91 werden Öle $\text{XX} > 40$ nicht mehr berücksichtigt.
VW 50101	Konventionelle Mehrbereichs-Motorenöl ohne Leichtlauf-Charakter für Benzin- und Saugdieselmotoren.
VW 50200	Leichtlauföle für Ottomotoren unter erschwerten Einsatzbedingungen.
VW 50300	Neue Norm für Pkw-Benzinmotoren mit Wartungsintervallverlängerung (WIV: 30.000 km, 2 Jahre). Übertrifft die Anforderungen von 50200. (HTHS 2,9)
VW 50301	Norm für hoch aufgeladenen Pkw-Benzinmotoren. (z.B. Audi S3, TT) (HTHS $> 3,5$ )
VW 50500	Ganzjahres-Motorenöl für Dieselmotoren mit und ohne Turboaufladung
VW 50501	Ganzjahres-Motorenöl speziell für Pumpe-Düse-Dieselmotoren.
VW 50600	Norm für Dieselmotoren mit Wartungsintervallverlängerung (WIV: 50.000 km, 2 Jahre). (HTHS 2,9)
VW 50601	Norm für Pumpe-Düse-Dieselmotoren mit Wartungsintervallverlängerung (WIV).

MB-Blatt	Anwendungsbereich
MB 226.0	Einbereichs-Motorenöle für Saugdieselmotoren.
MB 226.9	Mehrbereichsmotorenöle für Gasmotoren (CNG) auf Basis BR 300/400.
MB 227.0	Einbereichs-Motorenöle für Dieselmotoren mit (BR 600) und ohne Aufladung.
MB 227.1	Mehrbereichs-Motorenöle für Dieselmotoren mit (BR 600) und ohne Aufladung.
MB 228.0	Einbereichs-Motorenöle für aufgeladene Dieselmotoren, Ölwechselintervalle bis 30.000 km.
MB 228.1	Mehrbereichs-Motorenöle für aufgeladene Dieselmotoren, Ölwechselintervalle bis 30.000 km.
MB 228.2	Einbereichs-SHPD-Motorenöle (Super-High-Performance-Diesel) für hochaufgeladene Dieselmotoren.
MB 228.3	SHPD-Motorenöle für hochaufgeladene Dieselmotoren, verlängerte Ölwechselintervalle bis 45.000 km.
MB 228.5	UHPD-Motorenöle (Ultra-High-Performance-Diesel) für hochaufgeladene Dieselmotoren, verlängerte Ölwechselintervalle in der leichten Klasse bis 45.000 km. In der schweren Klasse sind bis zu 160.000 km möglich (Serviceintervallanzeige).

MB 229.1	Motorenöle für PKW (Benzin- und Dieselmotoren.) Erhöhte Anforderungen gegenüber ACEA A2-96/A3-96 und B2-96/B3-96.
MB 229.3	Motorenöle für PKW mit verlängerten Ölwechselintervallen (30.000 km).

MAN-Werksnorm	Anwendungsbereich
MAN 270	Einbereichs-Motorenöle für aufgeladene und nichtaufgeladene Dieselmotoren.
MAN 271	Mehrbereichs-Motorenöl für aufgeladene und nichtaufgeladene Dieselmotoren.
MAN QC 13-017 / M 3275	SHPD-Motorenöle für alle Dieselmotoren und verlängerte Ölwechselintervalle bis 45.000 km.
MAN M3277	UHPD-Motorenöle für alle Dieselmotoren und verlängerte Ölwechselintervalle bis 80.000 km.
MAN 3271	Motorenöl für Motoren die mit Gas (Erdgas-, Propan- oder Butangas) betrieben werden.
MAN 3291	Erstbetriebsmotorenöle.

Renault	Anwendungsbereich
E3R	Leistungsniveau zwischen ACEA E3 und E4.
RLD	Renault Long Distance Oil: Leistungsniveau wie ACEA E4.

Scania	Anwendungsbereich
ACEA E3	Ölwechselintervalle bis 60.000 km.
LDF-Freigabe	ACEA E3-Öl mit spezieller "Long-Drain-Fieldtest-Freigabe" Ölwechselintervall 120.000 km.

Volvo	Anwendungsbereich
VDS	Volvo Drain Spezifikation für verlängerte Ölwechselintervalle (50.000 km).
VDS-2	Vorgeschrieben für Euro 2 Motoren (60.000 km).
(VDS-3	Zukünftige Spezifikation für Euro 3 Motoren).

DAF	Anwendungsbereich
(ACEA E4-98)	DAF empfiehlt Öle der Viskositätslagen 10W-40, 10W-30 und 5W-40. Ölwechselintervalle bis 100.000 km.

Ford	Anwendungsbereich
WSS-M2C910-A1/A2	Erstbetriebsöl für Ottomotoren bis 1998. Qualitätsniveau API SJ/EC.
WSS-M2C911-A1	Erstbetriebsöl für Dieselmotoren bis 1998. Qualitätsniveau API SJ

	ACEA A3/B3.
WSS-M2C912-A1	Erstbetriebs- und Serviceöl ab 1996. Qualitätsniveau ACEA A1/B1
WSS-M2C913-A1	Erstbetriebs- und Serviceöl ab 1998. Qualitätsniveau ACEA A1/B1 & Ford In-House-Tests

MTU	Anwendungsbereich
Oil Type 1	Normale Qualität (ACEA E1, E2)
Oil Type 1*	Type 1 plus Korrosionsschutz
Oil Type 2	Höhere Qualität (SHPD, ACEA E3)

## 2. Schaltgetriebeöle

Bei modernen PKW ist kein Getriebeölwechsel mehr erforderlich. Die speziellen Hochleistungsöle für "fill for life" (Forderung zwischen 150.000 km und 240.000 km) werden in Zusammenarbeit zwischen Mineralölfirma, Getriebehersteller und Kfz-Firma entwickelt. Im Reparaturfall muss das Öl als Originalersatzteil beim Fahrzeughersteller bezogen werden.

Üblicherweise werden diese Öle nur von einem einzigen Hersteller produziert. Bei älteren PKW und den meisten LKW werden noch Öle nach API-Klassifikation bzw. Hausspezifikationen verwendet. Außerdem gibt es Schaltgetriebe, die mit Motorölen oder ATF-Ölen geschmiert werden.

### 2.1 API-Klassifikation

Getriebe	Gear Lubricant
API-GL 1	Unlegierte Getriebeöle für Zahnrad und Schneckengetriebe sowie für schräg- und bogenverzahnte Achsantriebe unter leichten Betriebsbedingungen. Korrosions- und Oxidationsinhibitoren können zugesetzt werden
API-GL 2	Getriebeöle für Achsantriebe mit Schneckenrieben, die aufgrund der Anforderungen nicht mehr einwandfrei mit Getriebeölen gemäß GL 1 betrieben werden können.
API-GL 3	Mildlegierte (EP) Getriebeöle für Schalt- und Sondergetriebe sowie für Achsantriebe bei leichten und mittleren Betriebsbedingungen
API-GL 4	Getriebeöle für hypoidverzahnte Achsantriebe bei normalen Betriebsbedingungen sowie für hochbelastete Schalt- und Sondergetriebe. Entspricht in etwa MIL-L 2105
API-GL 5	Getriebeöle für hochbeanspruchte hypoidverzahnte Achsantriebe, teilweise auch für Schalt- und Sondergetriebe. Entspricht in etwa der MIL-L 2105 B. API-GL-5 Getriebeöle in Mehrbereichs-Charakteristik entsprechen MIL-L 2105 C/D

(API-GL 6	Getriebeöle für sehr hochbeanspruchte hypoidverzahnte Achsantriebe (Achsversatz mehr als 25% des Tellerraddurchmessers). API-GL 6 ist äquivalent der Ford M 2C - 105 A. Diese Spezifikation wurde zurückgezogen.)
API-MT-1	Spezifikation für Handschaltgetriebe ohne Synchronisierung für schwere LKW (Eaton und Fuller). Ziel weniger Ablagerungen und Dichtungsprobleme. Eingeführt 1996
(API-MT-2	Neue zusätzliche Spezifikation für Handschaltgetriebe ohne Synchronisierung für leichte LKW analog API-MT-1. "Manual Light Duty Transmission Task Force". Die Bezeichnung API-MT-2 ist noch nicht sicher)
(API-GL 7	Getriebeöle für hochbeanspruchte hypoidverzahnte Achsantriebe und Klauenge triebe. Soll API GL 5 ablösen)
(API-GL 4	API-GL 4 wird unter europäischer Be teiligung überarbeitet. Die neue Bezeichnung steht noch nicht fest.)

Praktische Bedeutung haben momentan nur API-GL 4 und API-GL 5. In Schaltgetrieben die für GL-4 konzipiert sind, kann es beim Einsatz von GL-5-Ölen zu Problemen mit der Synchronisierung kommen. Die Synchronringe benötigen eine definierte Reibung. Moderne Getriebeölformulierungen decken trotzdem die Anforderungen von API-GL-4 und API-GL-5 ab. Der Einführungszeitpunkt von API-MT-2, GL 7 und "GL 4 Plus" steht noch nicht fest.

## 2.2 MIL-Spezifikation

Die MIL-Spezifikationen MIL-L 2105 A-D werden im zivilen Bereich nicht mehr verwendet. Die MIL-PRF-2105E stellt die höchsten Anforderungen an Getriebeöle und wird international vermutlich API GL-5 ablösen.

## 2.3 Herstellerfreigaben

### 2.31 Daimler Chrysler

MB-Blatt	Anwendungsbereich
MB 235.0	⇒ API GL 5 Hypoidgetriebeöle (SAE 90, 85W-90)
MB 235.1	⇒ API GL 4 Getriebeöle (SAE 80, 80W,80W/85W)
MB 235.2	Einlauf-Hypoidgetriebeöle (SAE 90, 85W-90)
MB 235.3	Hypoidgetriebeöle Sperrausgleich (SAE 90, 85W-90)
MB 235.4	Synthetische Getriebeöle (SAE 75W/85W)
MB 235.5	Getriebeöle für Schaltgetriebe. Gegenüber MB 235.1 aber noch keine längeren Ölwechsel. (SAE80, 80W/85W)
MB 235.6	Hypoidgetriebeöle für Achsgetriebe. Gegenüber MB 235.0 aber noch keine längeren Ölwechsel. (SAE 90, 85W-90)

MB 235.7	Universal-Hypoidgetriebeöle (SAE 85W-90)
MB 235.8	Hypoidgetriebeöle (SAE 75W-90)
MB 235.9	Achsgetriebeöle
MB 235.10	Getriebeöle
MB 235.11	Neue Getriebeölspezifikation für Schalt- und Achsgetriebe mit Ziel Temperaturabsenkung, Wirkungsgradverbesserung und bessere Alterungsstabilität

### 2.32 MAN

MAN-Werknorm	Anwendungsbereich
MAN 341 N	Mineralölbasische Schaltgetriebeöle (SAE 80W) für normale Wechselintervalle (90.000 km)
MAN 341 ML	Mineralölbasische Schaltgetriebeöle (SAE 80W) für verlängerte Wechselintervalle (160.000 km)
MAN 341 TL	Teilsynthetische Schaltgetriebeöle (SAE 75W-80W) für noch weiter verlängerte Wechselintervalle (320.000 km)
MAN 341 SL	Synthetische Schaltgetriebeöle (SAE 75W-80W/85W) für längste Wechselintervalle (NFG 500.000 km sonst 320.000 km)
MAN 342 N	Mineralölbasische Achsgetriebeöle (SAE 80W-90) für normale Wechselintervalle (90.000 km)
MAN 342 ML	Mineralölbasische Achsgetriebeöle (SAE 80W-90) für verlängerte Wechselintervalle (160.000 km)
MAN 342 SL	Synthetische Achsgetriebeöle (SAE 75W-90) für längste Wechselintervalle (NFG 500.000 km sonst 320.000 km)
MAN 3343 ML	Mineralölbasische Mehrzwecköle (SAE 80W-90) (Schaltgetriebe und Achse MAN 341+342) für verlängerte Wechselintervalle (160.000 km)
MAN 3343 SL	Synthetische Mehrzwecköle (SAE 75W-90) (Schaltgetriebe und Achse) für verlängerte Wechselintervalle (160.000 km)

### 2.32 Volkswagen (Audi, Seat Skoda)

Getriebeöle (Originalersatzteil!) nach			
G 50	SAE 75W-90	Ersatzteil-Nr. G 005 000..	
G 51	SAE 75W-90	Ersatzteil-Nr. G 005 100..	
Achsöl	SAE 75W-90	Ersatzteil-Nr. G 052 145..	

### 2.33 Zahnradfabrik Friedrichshafen (ZF)

Namentliche Zulassung nach	
TE-ML 01	Mechanische nichtsynchronisierte Allklauenge triebe für Lkw
TE-ML 02	Mechanische Schaltgetriebe und Zusatzgetriebe für Pkw und Lkw
TE-ML 03	Wandlergetriebe für Arbeitsmaschinen (Baumaschinen, Sonderfahrzeuge etc.)
TE-ML 04	Schiffsgetriebe
TE-ML 05	Achsen für Pkw, Lkw und Arbeits-

- maschinen
- TE-ML 06 Schleppertriebwerke und Hubhydrauliken
  - TE-ML 07 Hydrostatische, mechanische und elektrische Antriebe
  - TE-ML 08 Mechanische Lenkungen für Pkw, Lkw und Arbeitsmaschinen
  - TE-ML 09 Lenkungen/Ölpumpen für Pkw, Lkw und Arbeitsmaschinen
  - TE-ML 10 Transmatic für Pkw und Lkw
  - TE-ML 11 Automatikgetriebe für Pkw
  - TE-ML 10 nicht besetzt
  - TE-ML 13 ZF-Aggregate in Sonderfahrzeugen
  - TE-ML 14 Automatikgetriebe für Lkw
  - TE-ML 15 Bremssysteme für Sonderfahrzeuge
  - TE N 13010 Schaltgetriebe mit und ohne Retarder verlängertes Ölwechselintervall

### 2.34 Ford

Spezielle Anforderungen nach

- |               |  |
|---------------|--|
| ESDM-2C175-A  | Halbsynthetiköl  |
| ESDM-2C186-A  | Getriebeöl   |
| ESPM-2C166-H  | Automatikgetriebeöl (H-Öl) ab MJ. 1981                           |
| ESWM-2C119A   | Getriebeöl   |
| NO52162VX00   | Automatikgetriebeöl  |
| NO52145VX00   | Getriebeöl SAE 75W-90  |
| NO52726YO     | Hypoidöl SAE 75W   |
| SR-M2C9102A   | Hypoidöl SAE 90  |
| SQM-2C9002-AA | Getriebeöl API-GL5, SAE 90                                       |
| SQM-2C9007-A  | Automatiköl (G-Öl) bis MJ. 1981, nicht mit anderen Ölen mischbar |
| SQM-2C9008-A  | Hypoidöl SAE 80  |
| SQM-2C9010-A  | Automatikgetriebeöl (CJ-Öl) MJ. 1981 bis 1990                    |
| WSD-M2C200-B  | Getriebeöl SAE 75W-90  |
| WS-M2C199-A   | Getriebeöl Universal CVT   |
| WSP-M2C197A   | Getriebeöl API GL5, SAE 80W-90, SAE 90                           |

### 2.35 Volvo

Je nach Fahrzeugtyp zum Teil spezielle Öle nach

Volvo-Nr.:

- |             |   |
|-------------|---|
| 11 61 423-7 | Schalt- und Achsgetriebe                                |
| 33 45 534-6 | Schalt- und Achsgetriebe                                |
| 33 44 208-8 | Automatikgetriebe                                       |
| 11 61 329-6 | Kegelradgetriebe Typ 1155 & Hinterachsgetriebe Typ 1165 |

### 2.36 Scania

- Transmission Oil 01 für Achsgetriebe
- Transmission Oil 02 für synchronisierte Getriebe

## 3. Automatikgetriebeöle (ATF)

Für Automatikgetriebe werden spezielle Öle mit genau definierter Reibcharakteristik verwendet. Bei zu guter oder zu schlechter Schmierung verändert sich die

Schaltqualität (Rucken) und die Schaltpunkte.

Bis 1981 verwendeten General Motors (DEXRON®) und Ford (MERCON®) Öle mit unterschiedlicher Reibcharakteristik. Seit der Angleichung dieser beiden Abprüfungen orientieren sich alle Hersteller an der DEXRON®-Spezifikation und geben Öle namentlich frei.

Für stufenlose Automatikgetriebe (CVT-Getriebe) sind spezielle Schmieröle in Entwicklung.

### 3.1 Herstellerfreigaben

#### 3.11 General-Motors

Jedes Öl wird namentlich freigegeben und erhält eine Freigabe Nummer (z.B. Deafluid 5060 E-25233). Die technischen Forderungen wurde im Laufe der Jahre mehrmals geändert und angepasst. Die Vorgängerspezifikation erlischt.

Type A, Suffix A (TASA)	erschienen	1957
DEXRON® B (B-Nummer)	erschienen	1967
DEXRON® II (C-Nummer)	erschienen	1973
DEXRON® II D (D-Nummer)	erschienen	1981
DEXRON® II E (E-Nummer)	erschienen	1991
DEXRON® III (F-Nummer)	erschienen	1994
DEXRON® III G (G-Nummer)	erschienen	1997
DEXRON® IV	wir vorerst nicht	eingeführt.

#### 3.12 FORD (MERCON®)

Jedes Öl wird namentlich freigegeben und erhält eine Freigabe Nummer. Die technischen Forderungen wurde im Laufe der Jahre mehrmals geändert und angepasst. Die Vorgängerspezifikation erlischt

M2C33A/B	erschienen	1959
M2C33C/D	erschienen	1961
M2C33-F	erschienen	1967
M2C33-G (SQM-2C9007A/G-Öl)	erschienen	1972
M2C138-CJ (SQM-2C9010A/CJ-Öl)	≡ DEXRON II D	erschienen 1978
seit 1980 Öle n. DEXRON II D	freigegeben	
M2C166-H (ESPM-2C166-H/H-Öl)	erschienen	1981
MERCON®	erschienen	1987
MERCON®	erschienen	1993

siehe auch 2.34

#### 3.13 Mercedes-Benz

Namentliche Freigabe nach

MB-Blatt 236.1	≡ Flüssigkeitsgetriebeöle
MB-Blatt 236.2	≡ Type A, Suffix A
MB-Blatt 236.3	≡ Lenkgetriebeöle
MB-Blatt 236.4	≡ DEXRON B/II
MB-Blatt 236.5,6,7	≡ DEXRON II D
MB-Blatt 236.81	≡ DEXRON III

#### 3.14 MAN

Namentliche Freigabe nach

Werknorm 339 Typ A	≡ Type A, Suffix A
Werknorm 339 Typ B	≡ DEXRON
Werknorm 339 Typ C	≡ DEXRON II
Werknorm 339 Typ D	≡ DEXRON III
Werknorm 339 Typ F	≡ DEXRON III

### 3.15 Zahnradfabrik Friedrichshafen (ZF)

Namentliche Freigabe nach ZF TE-ML XX  
siehe 2.33

### 3.16 Renk

Namentliche Freigabe nach Renk-Schmierstoffliste

### 3.17 Volkswagen (Audi, Seat Skoda)

Getriebeöle (Originalersatzteil!)

VW-ATF	Ersatzteil-Nr.	G	052	162..
ATF	Ersatzteil-Nr.	G	052	990..

### 3.18 Allison

Allison hat spezielle Schmierstoffspezifikationen (Allison C-3 / C-4) für die eigenen Aggregate. Es kommen auch Motoröle zum Einsatz.

### 3.19 Caterpillar

Caterpillar hat spezielle Schmierstoffspezifikationen (Caterpillar TO-2, TO-4) für die eigenen Aggregate. Es kommen auch Motoröle zum Einsatz.

## 4. CVT-Getriebeöle

Als CVT-Getriebe bezeichnet man die neuen stufenlosen Automatikgetriebe, bei denen die Kraftübertragung über ein Gliederband erfolgt.

Zur Schmierung werden momentan handelsübliche ATF-Öle verwendet. Um längere Ölwechsel zu realisieren sind in Zusammenarbeit mit den Fahrzeug / Getriebeherstellern spezielle Öle in Entwicklung.

## 5. Traktoröle / Universalöle (STOU, TOU, UTTO)

Im Bereich der Landwirtschaft und in der Bauindustrie werden zur Sortenreduzierung und um die Gefahr von Verwechslungen zu verringern Universalschmierstoffe eingesetzt:

**STOU** Super Tractor Oil Universalschmieröl für Motoren (Turbodiesel), Getriebe einschließlich "nasse Bremsen" und Hydrauliksysteme.

Wichtige STOU-Spezifikationen:

Ford	ESN-M2C-159-C
John Deere	J27
Massey Ferguson	M1139
	M1144

**UTTO** Universal Tractor Transmission Oil Schmieröl für Getriebe einschließlich "nasse Bremsen" und Hydrauliksysteme. Ungeeignet für Motoren.

Wichtige UTTO-Spezifikationen

Massey Ferguson	M1135
	M1141
Ford	ESN-M2C-86C
	ESN-M2C-134D
John Deere	J20C
	J20D
Case IH	MS 1207

**TOU** Tractor Oil Universalschmieröl für Motoren (Saugdiesel), Getriebe (ohne "nasse Bremsen") und Hydraulik-Systeme. TOU-Öle erfüllen die Anforderungen älterer Landmaschinen und wurden durch die moderneren STOU- und UTTO-Öle abgelöst.

## 6. Motorradschmierstoffe

Bei den meisten Motorrädern japanischer Bauart und bei einigen europäischen Fabrikaten werden an das Motorenöl zusätzliche Anforderungen gestellt. Bei diesen Bauformen werden Motor, Getriebe und „nasse“ Kupplung über einen gemeinsamen Ölkreislauf bedient. Motorenöle aus der Automobilentwicklung können Probleme in der Kupplung (mangelnder Kraftschluss) verursachen. Außerdem sind die Scherkräfte im Getriebe bedeutend höher als im Motor, so dass besonders scherstabile Öle verwendet werden müssen. 1999 wurde die Spezifikation JASO T 903 vorgestellt, die aufbauend auf Anforderungen des API (SE,SF,SG,SH,SJ) oder der ACEA (A1, A2, A3) zusätzliche Eigenschaften für Motorradviertaktöle festlegt. Abhängig vom Reibungsverhalten in der Kupplung erfolgt eine Einstufung nach JASO MA oder JASO MB. JASO MA gibt einen höheren Reibwert als JASO MB vor.

## 7. Zweitakt-Motorenöle

Zweitaktmotoren werden in Motorrädern, Mopeds, Bootsmotoren, Motorsägen usw. verbaut. Die Zuführung des Zweitaktöls erfolgt über eine Dosierpumpe (Getrenntschmierung) oder es wird direkt dem Benzin zugegeben (Mischungsschmierung).

Es gibt Spezifikationen von API, die aber nicht mehr abgeprüft werden können, da die Prüfmotoren nicht mehr gebaut werden. API soll durch JASO und ISO ersetzt werden. JASO (Japanese Automotive Standards Organisation) ist eine Spezifikation für einfache Anforderungen vor allem in Asien. GLOBAL ist eine Vereinigung Europäische Zweitaktmotorenhersteller, die in der Zwischenzeit Ihre Leistungsanforderungen in ISO-Spezifikationen niederschreibt. Für höchste Anforderungen in Außenbordmotoren gibt es noch NMMA-Klassen.

Spezifikation	Betriebsbedingungen
API-TA (TSC-1)	Mopeds
API-TB (TSC-2)	Motorroller und Motorräder
API-TC (TSC-3)	Hochleistungsmotoren
API-TD (TSC-4)	Außenbordmotoren entsprechend NMMA TC-WII

Spezifikation	Betriebsbedingungen
JASO FA	leicht
JASO FB	mittel
JASO FC	mittel + raucharm

Spezifikation	Betriebsbedingungen
Global GB / ISO-L-EGB	mittel (= JASO FB)
Global GC / ISO-L-EGC	mittel + raucharm (= JASO FC)
Global GD / ISO-L-EGD	schwer + raucharm (>JASO FC)

Spezifikation	Betriebsbedingungen
BIA TC-W	nicht mehr gültig
NMMA TC-WII	nicht mehr gültig
NMMA TC-W3	höchste Anforderungen für Außenbordmotoren

## 8. Schmierfette

Schmierfette werden in Radlagern, homokinetischen Gelenken, Elektromotoren (Scheibenwischer, Fensterheber...) usw. verwendet. Diese Bauteile sind für Lebensdauerschmierung ausgelegt und müssen nicht nachgeschmiert werden, bzw. werden nur bei einer Reparatur frisch befettet.

An Lkws gibt es noch Verlustschmierungen, die über eine Zentralschmieranlage versorgt werden. Hier werden Schmierfette der NLGI-Klasse 00/000 oder auch NLGI 2 mit Freigaben von Mercedes-Benz (z.B. Blatt 264), MAN (z.B. MAN 283) oder Willy Vogel AG verwendet. Bei den neusten LKW-Baureihen (z.B. MB Actros) gibt es in der Zwischenzeit keine Fettschmierstellen mehr, die nachgeschmiert werden müssen. Für Abschmier- und Chassisfette gelten Freigaben von Mercedes-Benz (z.B. Blatt 266) oder VW (TL-VW 711, TL-VW 745). In sehr alten Schaltgetrieben wurden Na-verseifte Getriebefließfette (NLGI 00/000) verwendet. Diese Fette sind **nicht** mit anderen Fetten mischbar. (siehe auch C 9)

## 9. Kühlerfrostschutz

Dem Kühlerfrostschutz wird vom Autofahrer normalerweise sehr wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Moderne Kühlerfrostschutzmittel erfüllen aber sehr wichtige Aufgaben im Motor. Außer dem Schutz gegen Einfrieren des Kühlwassers, muss der Motor im Innern auch gegen Korrosion geschützt werden. Ein modernes Frostschutzkonzentrat besteht üblicherweise aus Glykol (z.B. Ethylenglykol) und bis zu 10% Additiven. Bei der Befüllung des Kühlkreislaufs wird das Konzentrat mit Wasser angemischt. Hierbei sind die Angaben des Herstellers zu beachten. Üblicherweise wird ein Mischungsverhältnis zwischen 30 und 50% Frostschutzkonzentrat eingesetzt. Eine zu hohe Dosierung kann zu schlechterer Kühlwirkung und zur Reduzierung des Frostschutzes führen!

Die Additivierung muss auf die verwendeten Materialien des Motors abgestimmt sein. Durch den größeren werdenden Anteil von Aluminium im Motorenbau und die Forderung giftige und krebserregende Stoffe (z.B. Nitrit) nicht mehr zu

verwenden, sind in den letzten Jahren neue Frostschutzmittel auf den Markt gekommen. Bei Frostschutzmitteln gibt es keine ACEA oder ähnliche Vereinigung, so dass die Forderungen des Fahrzeugherstellers zu beachten sind.

VW hat hierbei eine Vorreiterrolle übernommen. Es werden zwei Arten unterschieden:

- G11= TL-VW 774 C Farbe Blaugrün  
für Fahrzeuge bis Baujahr Juli 1996
- G12 = TL-VW 774 D Farbe Rot  
für Fahrzeuge ab August 1996

Eine Vermischung von G11 und G12 ist nicht zulässig.

Die anderen Fahrzeughersteller haben eigene Spezifikationen und geben Produkte namentlich frei:

Daimler Chrysler

- MB Blatt 325.0 für PKW
- MB Blatt 325.2 für LKW  
(Wechselintervall 2 Jahre)
- MB Blatt 325.3 für LKW  
(Wechselintervall 5 Jahre)

MAN namentliche Freigabe nach MAN 324.

Da die Additive sich im Laufe der Zeit abbauen sollte der Frostschutz regelmäßig (nach Vorschrift) gewechselt werden. Wenn die Kühlflüssigkeit trübe wird, ist dies ein Hinweis, das ein Wechsel durchgeführt werden sollte. Auch im Sommer sollte kein reines Wasser als Kühlmittel verwendet werden. Für warme Länder gibt es spezielle Korrosionsschutzzusätze ohne Frostschutz.