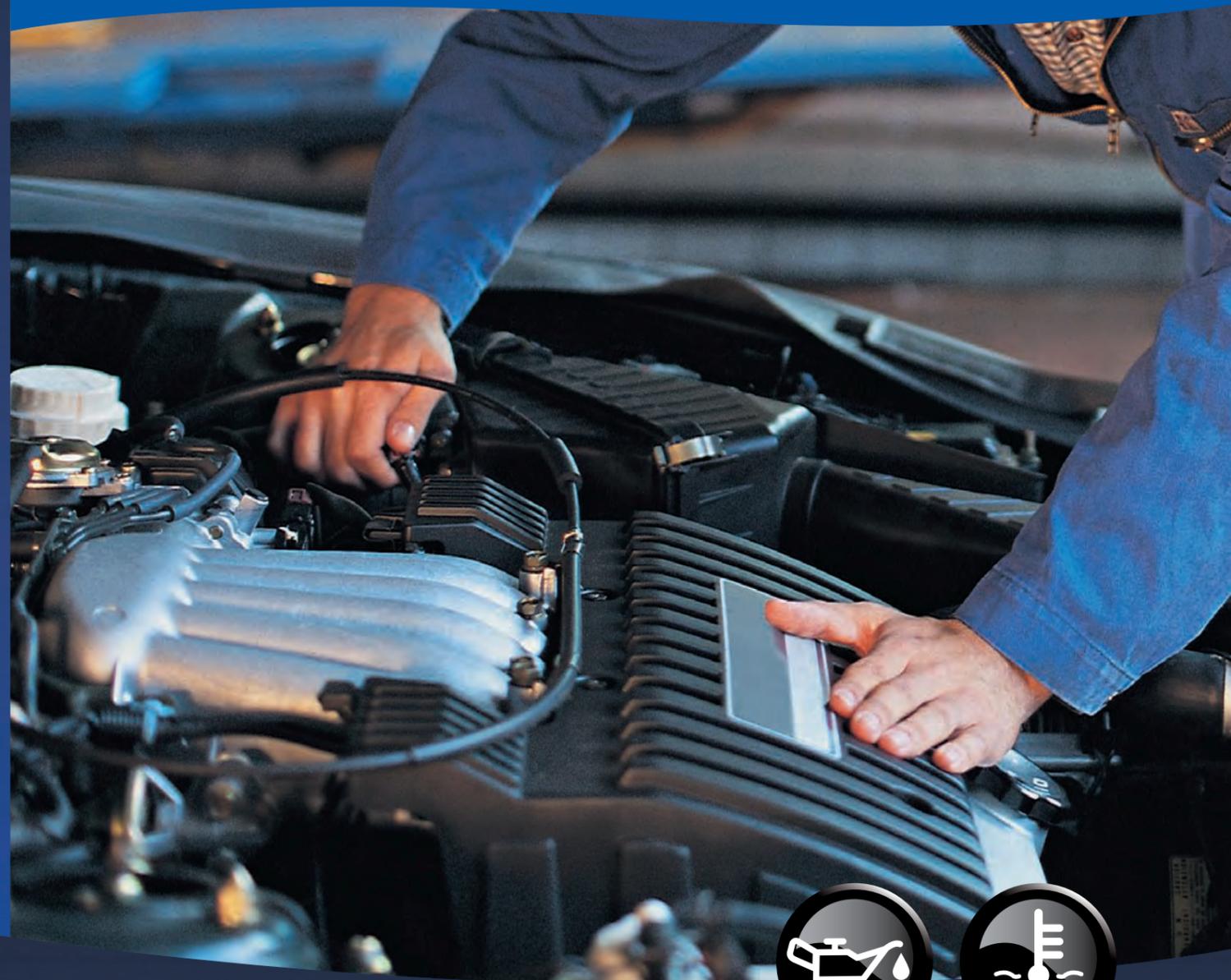


Ihr Ansprechpartner:



Schmierstoffe und Kühlerfrostschutz für PKW- und LKW-Werkstätten

FUCHS EUROPE SCHMIERSTOFFE GMBH
Friesenheimer Straße 15
68169 Mannheim
Telefon: 0621 3701-0
Telefax: 0621 3701-570
E-Mail: zentrale@fuchs-europe.de
www.fuchs-europe.de



INHALT

STAND 3/2010

TECHNISCHE INFORMATION 201

SCHMIERSTOFFE FÜR MOTOREN IN KFZ

TECHNISCHE INFORMATION 221

SCHMIERSTOFFE FÜR GETRIEBE IN KFZ

TECHNISCHE INFORMATION 665

KÜHLERFROSTSCHUTZ

SCHMIERSTOFFE FÜR MOTOREN IN KFZ

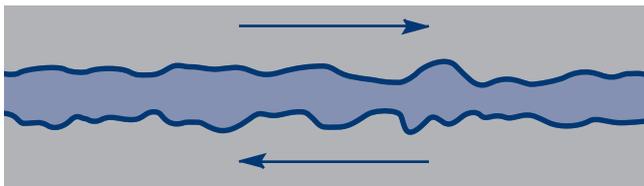
A. Allgemeines

Ohne Schmierstoffe wäre der Betrieb von PKWs und Nutzfahrzeugen (LKWs, Omnibussen, Baumaschinen, Landmaschinen usw.) nicht denkbar. Der Schmierstoff hat hierbei mehrere Aufgaben zu erfüllen:

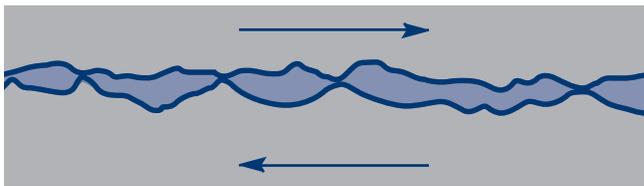
1. Schmieren,

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

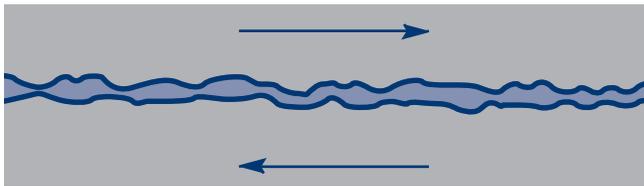
1.1 Vollschmierung: Idealer Schmierzustand, da die Reibpartner durch eine Schmierstoffschicht getrennt sind. Es herrscht somit nur Flüssigkeitsreibung.



1.2 Teilschmierung: Im sogenannten Mischreibungsgebiet berühren sich noch einzelne Rauigkeitsspitzen und führen zu Verschleiß. Es entsteht kein hydrodynamischer Schmierfilm. Zum Beispiel herrscht vor den Umkehrpunkten des Kolbens immer Teilschmierung. Durch den Einsatz von Additiven lässt sich dabei der Verschleiß jedoch deutlich reduzieren.



1.3 Grenzschmierung: Wenn der flüssige Schmierstoff kein „Aufschwimmen“ der Reibpartner mehr bewirken kann (z. B. durch zu wenig Relativgeschwindigkeit zwischen den Gleitschichten oder zu niedrige Viskosität des Schmierstoffes), spricht man von Trockenreibung. Durch den Einsatz von Additiven werden der Verschleiß und die Reibungskräfte reduziert.



2. Kühlen,

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

3. Schützen,

d. h. das Innere der Aggregate vor Korrosion bewahren.

4. Transportieren,

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

5. Sauber halten,

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

6. Abdichten,

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

7. Kräfte übertragen,

z. B. in Hydrostößeln oder in der Servolenkung.

Speziell auf die Anforderungen des Aggregats abgestimmt, werden hierbei Motorenöle, Getriebeöle, ATF-Öle (Automatic Transmission Fluid) und Schmierfette eingesetzt. Da die Ölwechselintervalle ständig verlängert, die Füllmengen reduziert werden und darüber hinaus die Temperatur im Bauteil durch Kapselung der Aggregate (Lärmschutz) steigt, werden zunehmend höherwertige Schmierstoffe verlangt. Der Schmierstoff ist dadurch zu einem wichtigen Konstruktionselement im Automobilbau geworden.

B. Eigenschaften

1. Viskosität

Die Viskosität (Zähigkeit) ist die Eigenschaft einer Flüssigkeit, der gegenseitigen laminaren Verschiebung (Verformung) zweier benachbarter Schichten einen Widerstand (innere Reibung, Schubspannung) entgegenzusetzen.

1.1 Dynamische Viskosität η

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

Die Einheit der dynamischen Viskosität η ist die Pascalsekunde (Pas = 1 Ns/m²)

$$1 \text{ mPas} = 10^{-3} \text{ Pas} = 1 \text{ cP}$$

1.2 Kinematische Viskosität ν

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

Die Einheit der kinematischen Viskosität ν ist m^2/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 ν das Verhältnis von dynamischer Viskosität η und Dichte ρ (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 °C) unter Scherung. Zur Messung wird ein zylindrischer Rotationskörper ($\varnothing = 18 \text{ mm}$) bei +150 °C und einer Drehzahl von $n = 3.200 \text{ 1/min}$ 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:

$$\text{HTHS-Viskosität} = f(M)$$

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

Die Maßeinheit für die HTHS-Viskosität ist mPas. Heute verwendete Motorenöle haben üblicherweise eine HTHS-Viskosität $> 3,5 \text{ mPas}$. Einige Hersteller empfehlen für bestimmte Motoren auch Öle mit einer HTHS von $2,9 \text{ mPas}$.

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-Verbessern (Polymere) beeinflusst werden.

Beispiele:

Viskositätsindex von Grundölen ohne VI-Verbesserer (VI-Improver):

konventionelles Mineralöl	VI \approx 95
Kernraffinat	VI \approx 105
Hydrocracköl	VI \approx 125
Poly- α -Olefin	VI \approx 135
Esteröle	VI \approx 140

3. Viskositäts-Klassifikation

Kfz-Schmierstoffe werden in Viskositätsklassen eingeteilt. Grundlage für diese Einteilung sind die SAE-Viskositätsklassen (Society of Automotive Engineers) für Motoren- (SAE J 300 \equiv DIN 51 511) und Getriebeöle (SAE J 306 \equiv 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 °C eine kinematische Viskosität, die einer SAE-Klasse ohne Zusatzbuchstaben (SAE 40) entspricht.

Motoren-Schmieröle: SAE J 300

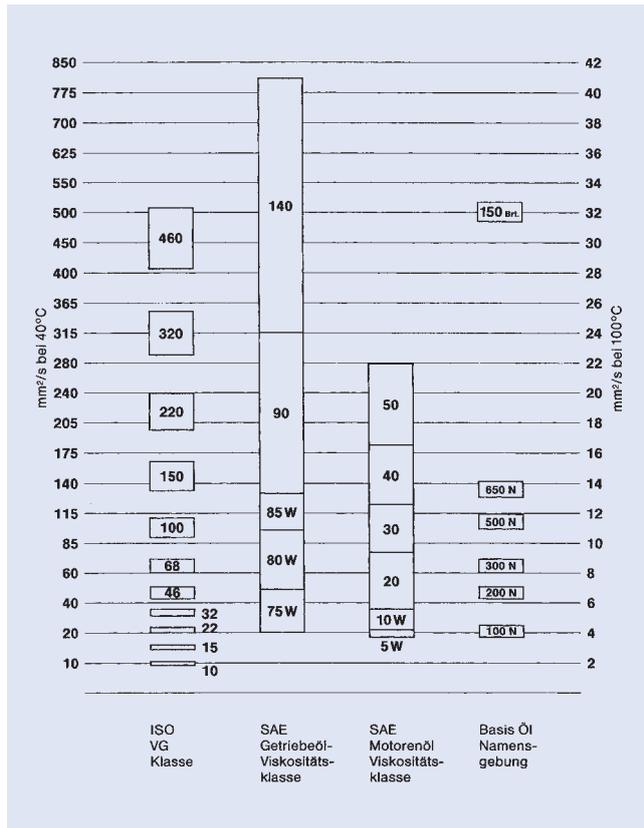
SAE Viskositätsklasse	Viskosität mPas bei Temperatur °C max.	Tieftemperatur-Pump-Viskosität cP max. ohne Scherspannung	kinematische Viskosität in mm^2/s (cSt) min. bei +100 °C	kinematische Viskosität in mm^2/s (cSt) max. bei +100 °C	Hochscher-Viskosität mPas (cP) bei +150 °C min.
0W	6.200 bei -35 °C	60.000 bei -40 °C	3,8	–	–
5W	6.600 bei -30 °C	60.000 bei -35 °C	3,8	–	–
10W	7.000 bei -25 °C	60.000 bei -30 °C	4,1	–	–
15W	7.000 bei -20 °C	60.000 bei -25 °C	5,6	–	–
20W	9.500 bei -15 °C	60.000 bei -20 °C	5,6	–	–
25W	13.000 bei -10 °C	60.000 bei -15 °C	9,3	–	–
20	–	–	5,6	< 9,3	2,6
30	–	–	9,3	< 12,5	2,9
40	–	–	12,5	< 16,3	2,9 ¹⁾
40	–	–	12,5	< 16,3	3,7 ²⁾
50	–	–	16,3	< 21,9	3,7
60	–	–	21,9	< 26,1	3,7

1 cP = 1 mPas; 1 cSt = 1 mm^2/s

1) Für 0W-40, 5W-40 und 10W-40 Öle

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

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. auseinanderbrechen. Hierdurch tritt ein mehr oder weniger großer Viskositätsverlust auf.

5. Dichte

Die Dichte ρ eines Mineralöls ist der Quotient aus seiner Masse m und seinem Volumen V bei einer bestimmten Temperatur t (z. B. $+15^\circ\text{C}$). 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

Der Flammpunkt ist die niedrigste Temperatur, bei der sich in einem offenen bzw. geschlossenen Tiegel aus einer zu prüfenden Flüssigkeit unter festgelegten Bedingungen Dämpfe in einer solchen Menge entwickeln, dass sich im Tiegel ein durch Fremdzündung entflammbares Dampf-Luft-Gemisch bildet, kurz aufflammt und wieder erlischt. Je zähflüssiger das Öl, umso höher liegt der Flammpunkt.

7. Pourpoint

Der 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.

8. Verdampfungsverlust

Die Verdampfungsverluste von Schmierstoffen bei hohen Temperaturen (bis zu $+250^\circ\text{C}$) unterscheiden sich je nach verwendeten Grundölen recht deutlich. Bei hohen Temperaturen kann ein hoher Verdampfungsverlust gleichbedeutend mit einem erhöhten Ölverbrauch sein. Verdampfungsverluste können zu Änderungen der Eigenschaften von Schmierstoffen führen.

9. Basenzahl

Die Basenzahl gibt in Motorenölen die Menge der alkalisch wirkenden Bestandteile an. Ihre Dimension ist mgKOH/g (mg Kaliumhydroxid je g Öl). Bei Gebrauchtölen gibt die Basenzahl einen Hinweis auf den verbliebenen Rest noch nicht verbrauchter Additive.

10. Neutralisationszahl (NZ)

Die Neutralisationszahl gibt die Menge an Kaliumhydroxid (KOH) in mg an, die erforderlich ist, um die in 1 g 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.

11. Aschegehalt

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

12. Farbe

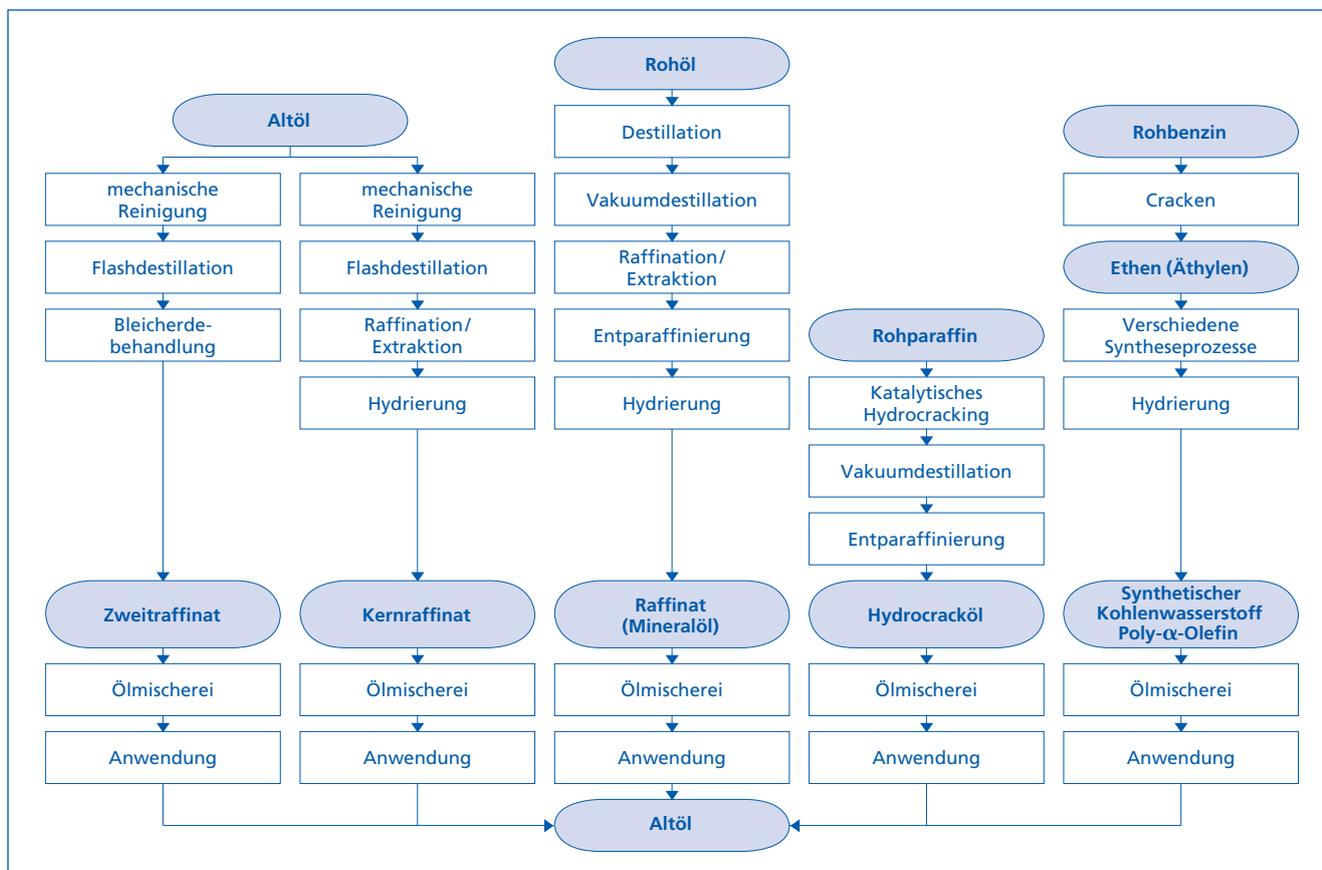
Die Farben von Mineralölerzeugnissen sind in 16 Farbzahlen festgelegt. Früher war eine helle Färbung eines Schmierstoffs ein Hinweis auf Raffinationsgrad und Qualität von Ölen. Durch die Zugabe von Additiven und den Einsatz von nichtmineralölbasischen Grundölen kann ein Schmierstoff eine sehr dunkle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

C. Inhaltsstoffe und Additive

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

1. Grundöle

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



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 usw.)
- Korrosiver Verschleiß durch entstehende Säuren

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

3. Detergent- und Dispersant-Additive

(Schmutzträger)

Die Aufgabe dieser Zusätze ist, öllösliche 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, Phenolate, Phosphate, Thiophosphate, polymere Detergentien, Aminverbindungen, Sulfonate sowie hochmolekulare organische Kalk-, Blei- und Zinksalze usw.

4. EP-Additive (Hochdruckzusätze)

Zur Erhöhung des Lasttragevermögens und zur Herabsetzung des Verschleißes im Mischreibungsbereich (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 Mischreibungsbereich 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, Schwefel- und Stickstoffverbindungen.

5. Viskositätsindexverbesserer

Viscosity Improver sind Wirkstoffe (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), Olefinocopolymere (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. 5W-40, 10W-40 ...) unkonventionelle Grundöle (Hydrocracköle und

Poly- α -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, Propylen-Copolymere usw. erfolgt das Stocken erst bei tieferen Temperaturen.

7. Anti-Foam-Additive (Schaumunterdrücker)

Polysilikone (Silikonpolymerisate), Polyethylenglykol-äther usw. verringern die Schaumneigung bei starker Bewegung. Hierdurch wird eine Mangelschmierung durch zu wenig Schmierstoff (Öl-Luft-Gemisch) verhindert. Das Ansaugen von Luft-Öl-Schaum durch die Ölpumpe würde Motorschäden durch unzureichende Schmierung 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 Schmierölen und Schmierfetten für den Einsatz unter extremen Bedingungen verwendet. Sie bewirken eine Reduzierung der Oberflächenrauigkeiten. Die bekanntesten sind Graphit und Molybdändisulfid (MoS_2).

10. Sonderzusätze

Auf dem Markt werden Sonderzusätze und „Spezialadditive“ (z. B. auf Basis von Teflon) für die nachträgliche Zumischung zu Motoren- 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, um 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, Herstellerfreigaben und Spezifikationen nieder.

1. MIL-Spezifikation

Die MIL-Spezifikation ist eine Spezifikation der US-Streitkräfte, in der Mindestanforderungen an Motorenöle festgelegt sind. Es werden bestimmte physikalische und chemische Daten sowie einige standardisierte Motorentests gefordert. Früher wurde diese Klassifikation auch im zivilen Bereich zur Definition der Motorenölqualität 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. Motorenöle, die nach diesen Normen qualifiziert sind, eignen sich für den Einsatz in amerikanischen Benzin- und Dieselmotoren. MIL-L-46152 E (gestrichen 1991) entspricht API SG/CC.
MIL-L-2104 C	Klassifiziert hoch legierte Motorenöle für amerikanische Benzinmotoren sowie Saug- und Turbodieselmotoren.
MIL-L-2104 D	Überdeckt MIL-L-2104 C und fordert zusätzlich einen Motorentest in einem hoch aufgeladenen 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 Benzinmotorentests sind aber aktualisiert und enthalten verschärfte Prüfprozeduren (Seq. III E / Seq. V E).
MIL-PRF-2104 G	Unter dieser Norm werden Motorenöle, die als Einbereichs- und Mehrbereichsöle für Otto-, Diesel- und 2-Takt-Dieselmotoren geeignet sind, aufgeführt. Gleichzeitig erfüllen sie die Anforderungen für Getriebeöle nach ALLISON C-4.

2. API-Spezifikation

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.

Die API unterscheidet zwischen der Service-Klasse (S) für Benzinmotoren (meist PKW) und der Commercial-Klasse (C), welche die Spezifikationen für Dieselmotoren beschreibt. Historisch bedingt findet sich in den USA der Dieselmotor in PKW nur sehr selten wieder. Mit dem Anstieg der Benzinpreise und aufgrund des zunehmenden Umweltbewusstseins der Bevölkerung wird der Dieselmotor in den USA jedoch Marktanteile gewinnen.

Die aktuellen API Service-Kategorien finden sich in der unten angehängten Liste wieder. Trotz allem sollten sich die Fahrzeugführer im Benutzerhandbuch über die jeweiligen Schmierstoffempfehlungen des Herstellers erkundigen, weil die Öle durchaus mehr als eine Leistungsangabe besitzen können.

Mehrbereichsöle (z. B. SAE 5W-30 oder SAE 10W-30) finden in vielerlei Anwendungsgebieten Einsatz, da sie die Eigenschaften von ausreichender Fließfähigkeit bei niedrigen Temperaturen und ausreichender Viskosität bei höheren Temperaturen exzellent kombinieren. Wichtig zu wissen ist, dass sich die Ölanforderungen der Fahrzeugmodelle ständig ändern. Daher sollten auch die vom Hersteller empfohlenen SAE-Klassen im Fahrzeug eingesetzt werden.

Typische SAE-Viskositäten für PKWs nach API

Tiefste erwartete Außentemperatur

0 °C (32 °F)	5W-20, 5W-30, 10W-30, 10W-40, 20W-50
-18 °C (0 °F)	5W-20, 5W-30, 10W-30, 10W-40
Below -18 °C (0 °F)	5W-20, 5W-30

Motorenöleinteilung nach API SAE J 183

Benzin-Motoren	(Service-Klassen)
API SN	In Vorbereitung. Neue API-Motorenölkategorie für Fahrzeuge mit Benzinmotoren, übertrifft API SM.
API SM	Neueste API-Spezifikationen, gültig seit 10/2004. Verschärfte Anforderungen: ILSAC GF-4, verringerter SAPS-Anteil (Sulfatasche-Phosphor-Schwefel-Anteil), EC (Energy Conserving) und ESP (Emissions System Protection).
API SL	Nachfolgeklassifikationen zu API SJ.
API SJ	Nachfolgeklassifikation zu API SH. Verschärfte Anforderungen hinsichtlich Verdampfungsverlust. Gültig ab 10/96.
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 mit dem Unterschied, dass auch 15W-X-Mehrbereichsöle zugelassen sind.
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-46152 D.
API SF	Motorenöle für sehr hohe Anforderungen und starke Belastungen bei Benzinmotoren (Stop-and-go-Verkehr) sowie einige LKWs. 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-46152 B.
API SE	Motorenöle für sehr hohe Anforderungen und starke Belastungen bei Benzinmotoren (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-46152 A.
API SD	Benzin-Motorenöle für gegenüber API SC höhere Betriebsbedingungen. Erfüllt die Anforderungen der US-Automobilhersteller für Fahrzeuge von 1968–1971.

API SC	Benzin-Motorenöle für mittlere Betriebsbedingungen, mit Wirkstoffen gegen Verkokung, Kaltschlamm, Alterung, Korrosion und Verschleiß. Erfüllt die Anforderungen der US-Automobilhersteller für Fahrzeuge von 1964–1967.
API SB	Mild legierte Motorenöle für niedrig beanspruchte Benzin-Motoren mit Wirkstoffen gegen Alterung, Korrosion und Verschleiß. Seit 1930.
API SA	Regular-Motorenöle, evtl. mit Stockpunktverbesserern und/oder Schaum-inhibitoren.

Bei Dieselmotoren findet meist eine Abdeckung alter Spezifikationen durch neuere Spezifikationen statt. Dies ist jedoch nicht immer der Fall.

Diesel-Motoren (Commercial-Klassen)

API CJ-4	Gültig seit 2006, für Nutzfahrzeuge mit schnell laufenden Viertaktmotoren nach US 2007 Abgasstandard bei Verwendung von Dieseldieselkraftstoff mit max. 500 ppm Schwefel. CJ-4 Motorenöle könnten dennoch die Dauerhaltbarkeit von Abgasnachbehandlungssystemen sowie Ölwechselintervalle stark beeinflussen, wenn der Schwefelgehalt im Kraftstoff über 15 ppm gew. ist. CJ-4 Motorenöle sind sehr effektiv, wenn Partikelfilter oder moderne Abgasnachbehandlungssysteme (SCR-Katalysator) verwendet werden.
API CI-4	Gültig seit 2002, für Nutzfahrzeuge mit schnell laufenden Viertaktmotoren nach US 2004 Abgasstandard. Geeignet für Schwefelgehalte im Kraftstoff bis 0,5 gew. %. CI-4 Motorenöle bieten eine gute Motordauerhaltbarkeit, vor allem wenn Abgasrückführung verwendet wird. Manche API CI-4 Motorenöle können auch nach CI-4 PLUS qualifiziert werden, wenn engere Grenzwerte hinsichtlich Rußbehandlung erfüllt werden.
API CH-4	1998 eingeführt für Nutzfahrzeuge mit schnell laufenden Viertaktmotoren nach US 1998 Abgasstandard. Geeignet für Schwefelgehalte im Kraftstoff bis 0,5 gew. %.
API CG-4	1995 eingeführt für hoch beanspruchte LKW-Motoren. Berücksichtigt EPA-Emissionsbegrenzungen von 1994.
API CF-4	Seit 1990 Motorenölspezifikation für schnell laufende Viertakt-Dieselmotoren mit und ohne Aufladung.
API CF-2	Nur für Zweitakt-Dieselmotoren. Ersetzt ab 1994 API CD II.
API CF	1994 eingeführt für hoch aufgeladene Dieselmotoren. Hoher Aschegehalt. Geeignet für Schwefelgehalte über 0,5 gew. %.
API CE	1987 eingeführt für schnell laufende Viertakt-Dieselmotoren mit und ohne Aufladung.

API CD II	Eingeführt: 1985. Entspricht API CD, erfüllt aber zusätzlich die Anforderungen von amerikanischen Zweitakt-Dieselmotoren. Erhöhter Schutz gegen Verschleiß und Ablagerungen.
API CD	Eingeführt: 1955. Motorenöle für schwer belastete Dieselmotoren mit und ohne Aufladung. Überdeckt MIL-L-45199 B (S3), entspricht MIL-L-2104 C. Deckt Anforderungen von CATERPILLAR Series 3 ab.
API CC	Eingeführt: 1961. Motorenöle für mittlere bis schwere Betriebsbedingungen bei Benzin- und Dieselmotoren. Entspricht MIL-L-2104 C. Achtung: Nicht in Dieselmotoren einsetzbar, die nach 1990 gebaut wurden.
API CB	Motorenöle für leicht bis mittel belastete Benzin- und selbst ansaugende Dieselmotoren. Entspricht DEF 2101 D und MIL-L-2104 A Suppl.1 (S1). Achtung: Nicht in Dieselmotoren einsetzbar, die nach 1961 gebaut wurden.
API CA	Motorenöle für leicht beanspruchte Benzin- und selbst ansaugende Dieselmotoren, die mit schwefelarmen Kraftstoffen betrieben werden. Entspricht MIL-L-2104 A. Geeignet für Motoren bis in die 50er-Jahre.

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., SEQ VI-Test).
(API EC II)	(Wie API EC I, jedoch mindestens 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 %, SEQ VI A-Test: 93'er Ford V8, 4,6 Ltr., Referenzöl 5W-30.

3. ILSAC-Spezifikation

ILSAC, das International Lubricant Specification and Approval Committee, repräsentiert die amerikanischen und japanischen Automobilhersteller. Seit 1990 gibt ILSAC Vorgaben für Kraftstoff sparende Motorenöle heraus. Die motorische Leistung orientiert sich an den API-Klassen und die Kraftstoff sparenden Eigenschaften werden mit amerikanischen Prüfmethode, SEQ VI, SEQ VI A und SEQ VI B nachgewiesen. Derzeit sind nur SAE 0W-, 5W- und 10W-XX Motorenöle nach ILSAC klassifiziert.

ILSAC GF-1	Entspricht API SH mit Kraftstoffeinsparung im SEQ VI-Test 2,7 %, nicht mehr gültig.
ILSAC GF-2	Entspricht API SJ mit Kraftstoffeinsparung von 0,5 % bis 1,4 % im SEQ VI A-Test, je nach Viskositätsklasse, nicht mehr gültig.
ILSAC GF-3	Entspricht API SL mit Kraftstoffeinsparung von bis zu 2,0 % im SEQ VI B-Test.
ILSAC GF-4	Entspricht API SM mit Kraftstoffeinsparung von bis zu 2,3 % im SEQ VI B-Test.

ILSAC GF-5 Übertrifft API SM und wird API SN entsprechen. ILSAC GF-5 fordert Kraftstoffeinsparungen im neuen Seq. VID Test für neue und gealterte Motorenöle. Dabei ist die geforderte Einsparung von der Viskositätsklasse abhängig und beträgt für neue Motorenöle 1,5 % bis 2,6 % und für gealterte Motorenöle 0,6 % bis 1,2 %. ILSAC GF-5 wird ab 1. Oktober 2010 Gültigkeit bekommen.

4. GLOBAL-Spezifikation

Diese Spezifikationen wurden in Zusammenarbeit der amerikanischen, europäischen und japanischen Gremien (ACEA, EMA und JAMA) entwickelt und fassen die lokalen Anforderungen in einer Spezifikation zusammen; sie sind für einen weltweiten Einsatz vorgesehen.

DHD-1	Spezifikation vergleichbar mit API CH-4, für schwere Nutzfahrzeuge. Geeignet auch für Dieselmotoren mit hohem Schwefelgehalt.
DLD-1	Spezifikation für Transporter- und PKW-Dieselmotoren, Leistungsniveau etwa ACEA A3/B3, Basisanforderung.
DLD-2	Spezifikation für Transporter- und PKW-Dieselmotoren mit etwas höheren Anforderungen als DLD-1 und Kraftstoffeinsparpotenzial.
DLD-3	Höchste Spezifikation für Transporter- und PKW-Dieselmotoren mit dem Leistungsniveau von ACEA A3/B4.

5. JASO-Spezifikation

Diese Spezifikationen sind von der JASO (Japanese Automotive Standard Organisation) für die Anwendung in Dieselmotoren herausgegeben worden. Diese Anforderungen sind nicht vergleichbar mit API oder ACEA.

JASO DH-1	Für Fahrzeug-Dieselmotoren ohne Abgasnachbehandlung, auch wenn schwefelhaltiger Kraftstoff eingesetzt wird.
JASO DH-2	Für Nutzfahrzeug-Dieselmotoren mit Abgasnachbehandlung, nur bei Dieselmotoren mit unter 50 ppm Schwefel.
JASO DH-3	Für Dieselmotoren in Transporter und PKW mit Abgasnachbehandlung, speziell Partikelfilter. Es sind Kraftstoff sparende Eigenschaften wie bei ACEA A1/B1 gefordert.

6. ACEA-Spezifikation

Aufgrund interner Differenzen wurde das Comité des Constructeurs d'Automobiles du Marché Commun (CCMC) aufgelöst. Die Nachfolgeorganisation heißt ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobiles). In der Übergangszeit galten die CCMC-Spezifikationen weiter. Die erstmals 1996 veröffentlichten ACEA-Spezifikationen werden turnusgemäß aktualisiert. Daher gibt es Jahresergänzungen und Ausgabennummern zu den einzelnen Klassifikationen (Bsp.: ACEA A2-96 Issue 3; ACEA B4-02). Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden diese in Folge nicht aufgeführt. ACEA fordert dies auch ausdrücklich nicht.

PKW-Benzin- und Dieselmotoren

Im November 2004 wurde eine neue ACEA-Klassifikation eingeführt. Die Spezifikationen werden nun für PKW mit Benzin- und Dieselmotoren als Kombination geführt.

Klasse	Beschreibung
A1/B1	Kategorie für sog. Fuel-Economy-Motorenöle mit besonders niedriger High-Temperature-High-Shear-Viskosität. Für XW-20 gilt HTHS 2,6–3,5 mPas, für alle anderen 2,9–3,5 mPas. Entspricht den alten Spezifikationen A1 und B1 in Ergänzung mit weiteren neuen Motorentests.
A2/B2	Basisanforderung. Wird durch die Spezifikation GLOBAL DLD-1 ersetzt.
A3/B3	Kategorie für Hochleistungs- und Leichtlaufmotorenöle. Übertrifft ACEA A1/B1 bezüglich Noack (Verdampfungsverluste), Kolbensauberkeit und Oxidationsstabilität. Verlängerte Intervalle möglich.
A3/B4	Wie A3/B3, aber auch für Diesel-Direkteinspritzer.
A5/B5	Kategorie für Hochleistungs-Motorenöle. Für Diesel-Direkteinspritzer mit Fuel-Economy-Performance. Außerdem mit abgesenkter HTHS-Viskosität (2,9–3,5 mPas). Verlängerte Intervalle möglich.

PKW-Dieselmotoren – LOW SAPS

Zusätzlich erscheint eine weitere Klassifikation, in der Sulfatasche-, Phosphor- und Schwefelanteil begrenzt wird.

Klasse	Beschreibung
C1	Basiert weitestgehend auf Abprüfungen der ACEA A5/B5. Starke Begrenzung des SAPS-Anteils. Niedrige HTHS-Viskosität von > 2,9 mPas.
C2	Wie C1, jedoch etwas höhere SAPS-Anteile zugelassen (wie bei C3).
C3	Wie C2, jedoch HTHS > 3,5 und ohne Fuel-Economy-Performance.
C4	Chemische Zusammensetzung wie ACEA C1, um besonders guten Schutz des Partikelfilters zu gewährleisten, HTHS-Viskosität auf dem Niveau von C3.

NFZ-Dieselmotoren

Die ACEA E-Klassen beschreiben Nutzfahrzeugmotorenöle für Dieselmotoren.

Klassen	Beschreibung
E1	Entspricht weitestgehend der bisherigen CCMC D 4. Ungültig.
E3	Basiert weitestgehend auf MB 228.3. Zusätzlich wird Mack T8-Test gefordert. Ungültig.
E5	Qualitätsniveau zwischen ACEA E3 und E4, geeignet für Euro 3-Motoren. Ungültig.

E2	Motorenöle für Dieselmotoren mit und ohne Aufladung. Basis-Qualität und normale Wechselintervalle.
E4	Ultra High Performance Diesel- (UHPD) Motorenöle. Empfohlen für verlängerte Wechselintervalle in NFZ-Dieselmotoren, die unter sehr schweren Bedingungen betrieben werden.
E6	Ultra High Performance Diesel- (UHPD) Motorenöle; E6 basiert auf E4 mit SAPS-Begrenzung. Empfohlen für verlängerte Wechselintervalle in NFZ-Dieselmotoren mit Abgasnachbehandlungssystemen wie DPF, AGR und SCR, die unter sehr schweren Bedingungen in Kombination mit schwefelarmem Kraftstoff betrieben werden.
E7	Super High Performance Diesel- (SHPD) Motorenöle für NFZ-Dieselmotoren, die unter schweren Bedingungen betrieben werden.
E9	Super High Performance Diesel- (SHPD) Motorenöle mit SAPS-Begrenzung. Empfohlen für Standard-Wechselintervalle in NFZ-Dieselmotoren mit Abgasnachbehandlungssystemen wie DPF, AGR und SCR, die unter schweren Bedingungen in Kombination mit schwefelarmem Kraftstoff betrieben werden.

7. Herstellerfreigaben

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

BMW	Anwendungsbereich
Spezial	für alle BMW ab Bj. 1992
Longlife 98	für alle BMW ab Bj. 1998
Longlife 01	für alle BMW ab Bj. 2001
Longlife 01 FE	Qualitätsniveau wie Longlife 01, jedoch mit abgesenkter HTHS-Viskosität für verbesserte Kraftstoffeinsparung.
Longlife 04	Für Fahrzeuge mit Benzinmotoren sowie Dieselmotoren mit Rußpartikelfilter ab Baujahr 2004.

CATERPILLAR	Anwendungsbereich
ECF-1-a	Motorenöl mit API CH-4 Performance mit zusätzlich bestandenen CAT 1P -Test. Der Sulfataschegehalt soll ≤1,3 gew. % sein, maximal sind ≤1,5 gew. % Sulfatasche möglich, wenn der CAT 1P-Test zweimal bestanden wird.
ECF-2	Motorenöl mit API CI-4 oder CI-4 PLUS Performance mit zusätzlich bestandenen CAT C-13. Der Sulfataschegehalt soll ≤1,5 gew. % sein.
ECF-3	Motorenöl mit API CJ-4 Performance. Für CATERPILLAR-Motoren der EPA 2007 Abgasrichtlinie.

CUMMINS	Anwendungsbereich
CES 20081	Für alle Motoren mit Abgasnachbehandlung in Betrieb mit ultra-schwefelarmem Kraftstoff ($S \leq 15$ ppm), Leistungsklasse API CJ-4.
CES 20078	Für alle Motoren mit AGR, Leistungsklasse API CI-4.
CES 20077	Premium Motorenölqualität für Hochleistungsmotoren ohne AGR außerhalb Nordamerika, ACEA E5 Leistungsklasse plus zusätzlichen CUMMINS M11-Test.
CES 20076	Premium Motorenölqualität für Hochleistungsmotoren ohne AGR in Nordamerika, API CH-4 Leistungsfähigkeit mit zusätzlichen CUMMINS M11-Test.
CES 20075	Mindestqualität für die mittelgroßen Motoren ohne AGR außerhalb Nordamerika. Leistung entsprechend API CF-4, ACEA E2/3, JASO DH-1.
CES 20072	Wie CES 20071, aber zusätzlich ACEA E5 Leistungsfähigkeit.
CES 20071	Motorenöl für weltweiten Einsatz in Dieselmotoren ohne AGR. Leistung entsprechend API CH-4/SJ, GLOBAL DHD-1.
CES 20074	Motorenöl für die mit Erdgas betriebenen Motorbaureihen B, C, G5.9, G8.3, L Gas Plus and ISL G.

DAF	Anwendungsbereich
HP 1	Spezifikation mit zusätzlichen Anforderungen bei niedriger Viskosität (SAE XW-30). Qualitätsniveau ACEA E4/E5/E7.
HP 2	Spezifikation mit zusätzlicher Anforderung bei verlängertem Wechselintervall. Qualitätsniveau ACEA E5/E7.
HP 3	Spezifikation für die Motorbaureihe XE (390 kW). Qualitätsniveau ACEA E5/E7 (SAE XW-40).
HP Gas	Spezifikation für gasbetriebene Motoren (LPG).
ACEA E7	Normale Wechselintervalle.
ACEA E4/E6	Verlängerte Wechselintervalle. ACEA E6 für Motoren mit DPF.
API CJ-4	Motorenölspezifikation für bestimmte Motorbaureihen mit DPF oder für nicht westeuropäische Betriebsbedingungen.

DEUTZ Quality Class (DQC)	Anwendungsbereich
DQC I-02	Mindestqualität für Standardmotoren, z. T. mit reduzierten Ölwechselintervallen. Qualitätsniveau ACEA E2, API CF oder CF-4.
DQC II-05	Standardqualität für Standardmotoren. Qualitätsniveau ACEA E7/E4/E6 oder API CG-4/CH-4/CI-4/CI-4 Plus/CJ-4 oder Global DHD-1.
DQC III-05	Hochleistungsdieselmotorenöl, Anwendung für Motoren mit geschlossener Kurbelgehäuseentlüftung und für Motoren mit erhöhten Leistungen.
DQC IV-05	Ultra-Hochleistungsmotorenöle für Motoren höchster Leistung und mit geschlossener Kurbelgehäuseentlüftung.

FIAT	Anwendungsbereich
Fiat 9.55535-G1	Fuel Economy Motorenöl mit niedriger HTHS Viskosität für Benzinmotoren, für 2 Jahres-Ölwechselintervall.
Fiat 9.55535-H2	Hochleistungsöl für Benzinmotoren, für 1 Jahres-Ölwechselintervall.
Fiat 9.55535-M2	Langlauföl für Benzin und Dieselmotoren.
Fiat 9.55535-N2	Langlauföl für Benzin und Dieselmotoren, auch hoch belastete Turbomotoren.
Fiat 9.55535-Z2	Hochleistungs-langlauföl für Benzin und Dieselmotoren und für spezielle Turbomotoren.
Fiat 9.55535-S1	Fuel Economy Motorenöl mit niedriger HTHS Viskosität für Dieselfahrzeuge mit Partikelfilter und Benzinmotoren, für 2 Jahres-Ölwechselintervall, entspricht ACEA C1 /C2.

FORD	Anwendungsbereich
M2C 912-A1	Erstbetriebs- und Serviceöl ab 1996. Qualitätsniveau ACEA A1/B1.
M2C 913-A1	Erstbetriebs- und Serviceöl ab 1998. Qualitätsniveau ACEA A1/B1 und Ford In-House-Tests.
M2C 913-B	Für alle Benzin- und Dieselmotoren außer 1,9 TDI.
M2C 934-A	Für Dieselmotoren mit Dieselpartikelfilter, entspricht ACEA C1.
WSS-M2C 912-A	Erstbetriebs- und Serviceöl ab 1996. Qualitätsniveau ACEA A1/B1
WSS-M2C 913-A	Erstbetriebs- und Serviceöl ab 1998. Qualitätsniveau ACEA A1/B1 und Ford In-House-Tests.
WSS-M2C 913-B	Für alle Benzin- und Dieselmotoren außer 1,9 TDI.
WSS-M2C 934-A	Für Dieselmotoren mit Dieselpartikelfilter, entspricht ACEA C1.
WSS-M2C 913-C	Fuel Economy Motorenöl als Nachfolger von M2C913-B für alle Fahrzeuge an ACEA A5/B5 angepasst.

IVECO	Anwendungsbereich
Classe T0	Erstbefüllungsmotorenöle für Case New Holland Dieselmotoren. Qualitätsniveau API SE/CC.
Classe T1	Erstbefüllungs- und Servicemotorenöle für Dieselmotoren. Qualitätsniveau API CD/CE/CF/CF-4, ACEA E2.
Classi T2 E3/ T2 E5/T2 E7	Erstbefüllungs- und Servicemotorenöle für Dieselmotoren, besonders geeignet für den Schwereinsatz und verlängerte Wechselintervalle. Qualitätsniveau ACEA E3/E5/E7.
Classe TFE	Synthetische Fuel Economy Erstbefüllungs- und Servicemotorenöle für Dieselmotoren. Geeignet für den Betrieb in kalten Klimazonen und verlängerte Wechselintervalle. Qualitätsniveau ACEA E4.
Classe TS1	Diese Spezifikation wurde durch die Classe TFE ersetzt.

MAN-Werknorm	Anwendungsbereich
MAN 270	Einbereichs-Motorenöle für aufgeladene und nicht aufgeladene Dieselmotoren.
MAN 271	Mehrbereichs-Motorenöle für aufgeladene und nicht aufgeladene Dieselmotoren.
MAN M 3275	Hochleistungsmotorenöle (SHPDEO) für Dieselmotoren. Qualitätsniveau ACEA E7.
MAN M 3575	Hochleistungsmotorenöle (SHPDEO) mit SAPS-Begrenzung für Dieselmotoren mit Abgasnachbehandlungssystemen. Qualitätsniveau ACEA E9 und API CJ-4.
MAN M 3277	UHPD-Motorenöle für Dieselmotoren und verlängerte Ölwechselintervalle. Qualitätsniveau ACEA E4 mit zusätzlichem MAN In-House Test).
MAN M 3477	UHPD-Motorenöle mit SAPS-Begrenzung für Dieselmotoren mit Abgasnachbehandlungssystemen sowie für verlängerte Ölwechselintervalle. Qualitätsniveau ACEA E6 mit zusätzlichem MAN In-House Motortest.
MAN M 3271	Motorenöl für gasbetriebene Fahrzeuge: - M 3271-1 für mobile Gasmotoren. - M 3271-2 für stationäre Gasmotoren.

MERCEDES-BENZ

Daimler definiert die sogenannten Mercedes-Benz-Blätter, welche jährlich im MB Silver Book veröffentlicht werden. Hier sind die verschiedenen Schmierstoffe nach Anwendungsmöglichkeiten gegliedert. Einige dieser Spezifikationen sind zusätzlich in Untergruppen unterteilt.

Für NFZ-Dieselmotoren sind die MB-Blätter 226, 227 und 228 von Bedeutung. Ungeradzahlige Untergruppen stehen für Mehrbereichsöle, geradzahlige Untergruppen hingegen für Einbereichsmotorenöle. Die Untergruppe „X1“ bezeichnet sulfatasche-, phosphor- und schwefelarme Motorenöle.

PKW	Anwendungsbereich
MB-Blatt 229.1	Motorenöle für PKW (Benzin- und Dieselmotoren). Erhöhte Anforderungen.
MB-Blatt 229.3	Motorenöle für PKW mit verlängerten Ölwechselintervallen (30.000 km).
MB-Blatt 229.31	Motorenöle für PKW-Motoren mit Abgasnachbehandlung. Niedriger Aschegehalt gefordert.
MB-Blatt 229.5	Kraftstoffsparendes Motorenöl für noch längere Wechselintervalle der Fahrzeuge ab Modell 2002 mit Wartungsrechner. Spezielle Anforderungen über dem Leistungs-niveau ACEA A3/B3. Einsetzbar für alle PKW-Benzin- und Dieselmotoren. Dieses Motorenöl kann auch bei Vorschrift 229.1 und 229.3 verwendet werden.
MB-Blatt 229.51	Besonders leistungsfähiges Motorenöl für Fahrzeuge mit Dieselpartikelfilter und für verlängerte Ölwechselintervalle. Dabei bessere Kraftstoffeinsparung als MB 229.5.

NFZ	Anwendungsbereich
MB-Blatt 226.9	Mehrbereichsmotorenöle für Gasmotoren.
MB-Blatt 228.0	Einbereichsmotorenöle für Dieselmotoren bis einschließlich EURO 3 in Nutzfahrzeugen und Bussen ohne Partikelfilter. Kann nur in Ausnahmefällen oder bei bestimmten Betriebsbedingungen/Anwendungen verwendet werden.
MB-Blatt 228.1	Mehrbereichsmotorenöle für Dieselmotoren bis einschließlich EURO 3 in Nutzfahrzeugen und Bussen ohne Partikelfilter.
MB-Blatt 228.2	Einbereichs-SHPD-Motorenöle für Dieselmotoren bis einschließlich EURO 5 in Nutzfahrzeugen und Bussen ohne Partikelfilter. Kann nur in Ausnahmefällen oder bei bestimmten Betriebsbedingungen/Anwendungen verwendet werden.
MB-Blatt 228.3	Mehrbereichs-SHPD-Motorenöle für Dieselmotoren bis einschließlich EURO 5 in Nutzfahrzeugen und Bussen ohne Partikelfilter.
MB-Blatt 228.31	Mehrbereichs-SHPD-Motorenöle für Gas- und Dieselmotoren bis einschließlich EURO 5 in Nutzfahrzeugen und Bussen mit und ohne Partikelfilter.
MB-Blatt 228.5	Mehrbereichs-UHPD-Motorenöle für hoch aufgeladene Dieselmotoren bis einschließlich EURO 5 in Nutzfahrzeugen und Bussen ohne Partikelfilter. Verlängerte Ölwechselintervalle.
MB-Blatt 228.51	Mehrbereichs-UHPD-Motorenöle für hoch aufgeladene Dieselmotoren bis einschließlich EURO 5 in Nutzfahrzeugen und Bussen mit und ohne Partikelfilter. Verlängerte Ölwechselintervalle.

MTU	Anwendungsbereich
Ölkategorie 1	Normales Qualitätsniveau. Entspricht API-CF, CG-4, CH-4 or ACEA E2.
Ölkategorie 2	Erhöhtes Qualitätsniveau. Entspricht SHPD, bzw. ACEA E7.
Ölkategorie 2.1	Erhöhte Qualität mit SAPS-Begrenzung für Motoren mit Abgasnachbehandlung. Qualitätsniveau ACEA E9, API CJ-4.
Ölkategorie 3	Hochleistungsdieselmotorenöl. Qualitätsniveau ACEA über E4.
Ölkategorie 3.1	Hochleistungsdieselmotorenöl mit SAPS-Begrenzung für Motoren mit Abgasnachbehandlung. Entspricht ACEA E6.

OPEL	Anwendungsbereich
GM-LL-A-025 (B0402095)	Für verlängerte Ölwechselintervalle (bis zu 30.000 km, 2 Jahre) und erhöhte Kraftstoffeinsparung bei Benzinmotoren. Übertrifft ACEA A1/A3.
GM-LL-B-025 (B0402098)	Für verlängerte Ölwechselintervalle (bis zu 50.000 km, 2 Jahre) bei Dieselmotoren. Übertrifft ACEA B3/B4.
GM DEXOS 2	Für alle Benzin- und Dieselfahrzeuge in Europa. Nachfolgemotorenöl für GM-LL-A-025 und GM-LL-B-025.

PEUGEOT

PEUGEOT fordert zusätzlich eigene Motorenteste und Laborprüfungen für alle Spezifikationen.

PKW	Anwendungsbereich
B71 2295	PKW-Motorenöl auf Mineralölbasis, niedrige Leistungsklasse, entspricht ACEA A1/B1.
B71 2294	PKW-Motorenöl auf Mineralölbasis, mittlere Leistungsklasse, entspricht ACEA A3/B3.
B71 2296	PKW-Motorenöl entsprechend ACEA A3/B4 bzw. ACEA A5/B5, somit auch mit abgesenkter HTHS-Viskosität.
B71 2290	Mid SAPS Motorenöl mit abgesenkter HTHS-Viskosität für Fahrzeuge mit Partikelfilter, entspricht ACEA C2.

RENAULT NFZ Anwendungsbereich

RD/RD-2	RENAULT Drain. Motorenöle auf Basis ACEA E3 und VOLVO VDS-2 für Standard-Wechselintervalle.
RLD/RLD-2	RENAULT Long Drain. Motorenöle auf Basis ACEA E7 und VOLVO VDS-3 für verlängerte Wechselintervalle.
RLD-3	RENAULT Long Drain mit SAPS-Begrenzung. Basis ACEA E9, API CJ-4 und VOLVO VDS-4.
RXD	RENAULT Extra Drain. Motorenöle auf Basis ACEA E4/E7 und VOLVO VDS-3.
RGD	RENAULT Gas Drain. Motorenöle für gasbetriebene Fahrzeuge. Basis ACEA E3. TBN 6-8. Sulfatasche < 1 %.

RENAULT PKW Anwendungsbereich

RN 0700	Für Benzinmotoren, entspricht ACEA A3/B4 bzw. A5/B5.
RN 0710	Für Dieselmotoren ohne Partikelfilter, SAE 5W-40, entspricht ACEA A3/B4.
RN 0720	Für Dieselmotoren mit Partikelfiltern, SAE 0/5W-30/40, entspricht ACEA C4. Ein zusätzlicher RENAULT-Motortest wird gefordert.

SCANIA

Bei normalen Ölwechselintervallen verweist SCANIA auf die ACEA-E-Spezifikationen. Bei verlängerten Ölwechselintervallen hingegen werden die LDF-(Long-Drain-Fieldtest) Freigaben vorgeschrieben.

NFZ	Anwendungsbereich
LDF	Motorenöl mit spezieller „Long-Drain-Fieldtest-Freigabe“.
LDF-2	Motorenöl für SCANIA EURO 3/4/5-Motoren bei verlängerten Ölwechselintervallen.
LDF-LA (Low Ash)	Motorenöl mit SAPS-Begrenzung für EURO 3/4/5-Motoren bei normalen Wechselintervallen. Vorgeschrieben für EURO-5 und EURO 5 EEV-Motoren mit DPF.

VOLVO NFZ Anwendungsbereich

VDS	Motorenöl für normale Ölwechselintervalle.
VDS-2	Vorgeschrieben für Euro 2-Motoren.
VDS-3	Hochleistungsmotorenöl für verlängerte Ölwechselintervalle.
VDS-4	Motorenöl für Euro-5- und US 2007-Motoren; Leistung entspricht API CJ-4 mit zusätzlichen VOLVO In-House-Anforderungen.

VW-Norm Anwendungsbereich

VW 500 00	Leichtlauföle für Benzin- und Saugdieselmotoren. Nur SAE 0W-XX, 5W-XX und 10W-XX Öle. Nach 10/91 werden Öle XX > 40 nicht mehr berücksichtigt.
VW 501 01	Konventionelle Mehrbereichsmotorenöle ohne Leichtlaufcharakter für Benzin- und Saugdieselmotoren.
VW 502 00	Leichtlauföle für Benzinmotoren unter erschwerten Einsatzbedingungen.
VW 503 00	Norm für PKW-Benzinmotoren mit Wartungsintervallverlängerung (WIV: 30.000 km, 2 Jahre). Übertrifft die Anforderungen von 502 00 (HTHS 2,9 mPas).
VW 503 01	Norm für aufgeladene PKW-Benzinmotoren mit Wartungsintervallverlängerung, z. B. Audi S3, TT (HTHS > 3,5 mPas).
VW 504 00	Norm für alle PKW-Benzinmotoren mit WIV, ersetzt VW-Norm 503 00 und 503 01.
VW 505 00	Ganzjahres-Motorenöle für Dieselmotoren mit und ohne Turboaufladung.
VW 505 01	Ganzjahres-Motorenöle speziell für Pumpe-Düse-Dieselmotoren.
VW 506 00	Norm für Dieselmotoren mit Wartungsintervallverlängerung (WIV: 50.000 km, 2 Jahre), (HTHS 2,9 mPas).
VW 506 01	Norm für Pumpe-Düse-Dieselmotoren mit Wartungsintervallverlängerung.
VW 507 00	Norm für fast alle Dieselmotoren mit WIV, Verteilerpumpe und Pumpe-Düse-Motoren, rückwärts kompatibel bis Bj. 2000. Nur V10- und R5-Motoren sind teilweise ausgenommen.

Viertakt-Motorrad-Motorenöle

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, sodass 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.

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 ist eine Spezifikation für einfache Anforderungen vor allem in Asien. GLOBAL ist eine Vereinigung europäischer Zweitaktmotorenhersteller, die in der Zwischenzeit ihre Leistungsforderungen in ISO-Spezifikationen niederschreiben. 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.

JASO FA Für niedrig belastete 2-Takt-Motoren.

JASO FB Für normal belastete 2-Takt-Motoren.

JASO FC Wie JASO FB und zusätzlich raucharme Verbrennung.

JASO FD Für hoch belastete 2-Takt-Motoren, vermindert Zündkerzenverkokung.

GLOBAL GB/mittel (= JASO FB)

ISO-L-EGB

GLOBAL GC/mittel + raucharm(= JASO FC)

ISO-L-EGC

ISO-L-EGC

GLOBAL GD/schwer + raucharm (= JASO FC)

ISO-L-EGD

BIA TC-W Nicht mehr gültig.

NMMA TC-WII Nicht mehr gültig.

NMMA TC-W3 Höchste Anforderungen für Außenbordmotoren.

SCHMIERSTOFFE FÜR GETRIEBE IN KFZ

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeines

2. Schmierstoffarten

- 2.1 Motorenöle
- 2.2 Handschaltgetriebeöle (MTF)
- 2.3 Achsgetriebeöle
- 2.4 Automatic Transmission Fluids (ATF)
- 2.5 Öle für stufenlose Automatikgetriebe (CVTF)
- 2.6 Öle für Doppelkupplungsgetriebe (DCTF)
- 2.7 Multifunktionsöle (STOU/UTTO)

3. Klassifikationen und Spezifikationen

- 3.1 API-Klassifikation
- 3.2 Spezifikationen der US-Militärbehörden
- 3.3 Spezifikationen der Getriebehersteller

4. Viskosität (SAE-Klassen)

5. Wechselintervalle

6. Produkte

1. Allgemeines

In Fahrzeugen sind Getriebe unterschiedlichster Konstruktionen und Aufgaben montiert. Sie dienen vorrangig zur Drehzahlanpassung zwischen Motor und Antriebsachse, zum Drehzahlausgleich zwischen Achsen oder Rädern oder zur Richtungsänderung im Triebstrang. Am bekanntesten sind folgende Getriebetypen und ihre mechanischen Übertragungselemente:

Manuelle Schaltgetriebe Stirnradverzahnung
• Synchronisiert Synchroringe
• Nicht synchronisiert Schaltklauen
• Automatisiert Elektr./hydr. Aktuatoren

Automatikgetriebe
• Mit Schaltstufen Planetenverzahnung
• Stufenlos (CVT) Band, Kette, Toroid

Seiten-, Endantriebe, oder Radnaben Planeten-, Stirnräder

Achsgetriebe, Differenziale Hypoid-, Kegelräder

Lenkgetriebe

Weiterhin finden sich bei vielen Fahrzeugen im Getriebegehäuse oder im Ölkreislauf Reibelemente im Ölbad:

Anfahrkupplungen, Schaltkupplungen

- Hydraulischer Wandler mit Wandlerüberbrückungskupplung
- Nasslaufende Anfahrkupplung
- Nasslaufende Doppelkupplung
- Schaltkupplungen im Stufenautomaten

Ausgleichselemente

- Synchronisierungen im Handschaltgetriebe
- Reiblamellen im Sperrdifferenzial

Bremsen

- Nasse Bremsen speziell in Landmaschinengetrieben
- Schaltbremsen in Stufenautomaten

Genauso unterschiedlich wie die diversen Getriebebauarten und die zum Einsatz kommenden Komponenten sind auch deren jeweilige Anforderungen an den zu verwendenden Betriebsstoff. Diese Anforderungen werden von den Herstellern durchaus unterschiedlich gewichtet und formuliert. Dies erklärt die Vielfalt der im Markt geforderten Spezifikationen und Ölsorten für Getriebe in Fahrzeugen.

Es muss hierzu jedoch angemerkt werden, dass es unter Berücksichtigung der modernen Schmierstofftechnologie durchaus möglich geworden ist, dem Anwender universell einsetzbare Rationalisierungsbetriebsstoffe für sehr viele Getriebebauarten zur Verfügung zu stellen. Rationalisierungsbetriebsstoffe verhindern Fehlbefüllungen sowie hieraus resultierende Getriebeschäden und kommen den berechtigten Wünschen der Anwender nach einer problemlosen Lagerhaltung und Disposition entgegen.

Die grundsätzlichen Anforderungen an Betriebsstoffe für Getriebe in Fahrzeugen sind:

- Reibungs- und Verschleißminderung (AW – AntiWear) in Lagern, Verzahnungen etc.
- ABER: Einstellung und Erhaltung eines definierten Reibverhaltens (gewünschte Reibung) an Reibbelägen, Kupplungen, Bremsen, s. o.
- Druckaufnahmevermögen (EP – Extreme Pressure)
- Schutz gegen Korrosion
- Sicherheit vor Ablagerungen durch Reinigungs- und Schmutztragefähigkeit
- Kontrolle des Schaumverhaltens
- Wärmeabfuhr
- Keine ungünstigen Einflüsse auf Dichtungsmaterialien und andere Werkstoffe
- Optimales Viskositäts-Temperatur-Verhalten für optimale Schmierung in allen Betriebsbereichen
- Alterungsstabilität und Hochtemperaturbeständigkeit
- Funktionsicherheit

Diese vielfältigen Anforderungen eines modernen Getriebes an den Schmierstoff können nur erfüllt werden, wenn aus anwendungstechnischer Sicht der richtige Schmierstoff in der geforderten Menge im zulässigen Betriebszustand im Getriebe zum Einsatz kommt. Zu niedriger Ölstand (unterhalb der zulässigen Minimummarke) führt oft zu gefährlich hohen Öltemperaturen durch Mangelschmierung. Als Folge steigt der Verschleiß, Partikel sorgen für Ablagerungen und Undichtigkeit wegen zerstörter Wellendichtringe. Auch eine Ölüberfüllung ist bei Getrieben zu vermeiden. Als Folge können hier Überhitzung, Schäumen des Öles und ein hoher Überdruck im Getriebe auftreten, der fallweise zu Undichtigkeit am Getriebe und Ölverlust über die Gehäuseentlüftung führen kann.

2. Betriebsstoffarten

Zur Getriebeschmierung werden die unterschiedlichsten Betriebsstoffe eingesetzt, um die jeweils für den Getriebetyp wichtigsten Anforderungen zu erfüllen. Getriebeöle für Fahrzeuge sind heute fast ausnahmslos hochadditivierte Schmierstoffe. Früher wurde teilweise noch nach mild legierten, hoch legierten und höchst legierten Ölen unterschieden. Diese Bezeichnungen sind heute nicht mehr erforderlich, da die einzelnen Klassifikationen und Spezifikationen von Herstellern und Verbänden eine exaktere Definition zulassen. Vor 20 und mehr Jahren war es durchaus noch möglich, dass Getriebeöle nach dem damaligen Stand der Technik Versprödungen an Dichtungsmaterialien und Korrosionen an Buntmetallen bewirkten. Damals war der Begriff „mild legiert“ ein Hinweis auf eine gute Dichtungsverträglichkeit. Moderne Schmierstoffe sind trotz höherer Additivierung dichtungsverträglich. Die Herstellerfreigaben beinhalten z. T. umfangreiche Abprüfungen zur Dichtungsverträglichkeit in der speziellen Anwendung. Teilweise findet sich in bestimmten Vorschriften noch der Hinweis: „nicht verharzende“ bzw. „säurefreie“ Getriebeöle einsetzen. Moderne Schmierstoffe erfüllen selbstverständlich diese Anforderungen.

Die Spezifizierung und Klassifikation von Getriebeölen erfolgt durch die Hersteller und übergreifende Verbände, hierzu mehr unter Kapitel 3.

Nachfolgend die für den Praxiseinsatz in Getrieben wichtigsten Öltypen:

2.1 Motorenöle

HD-Motorenöle werden häufig für Getriebe und Getriebe-Hydrauliksysteme in Arbeitsmaschinen benötigt. Es sind auch PKW-Modelle (alt) und Motorräder auf dem Markt, bei denen Motor und Getriebe einen gemeinsamen Ölhaushalt aufweisen. Bei Motorrädern mit gemischtem Ölhaushalt werden vornehmlich Mehrbereichsmotorenöle verwendet, die sowohl den Motor als auch die Verzahnung des Getriebes schmieren. Läuft bei Motorrädern mit gemeinsamem Ölhaushalt die Schaltkupplung ebenfalls mit im Ölbad, so sind spezielle Öle erforderlich, die auf die hohen Scherbelastungen und die besonderen Reibungsanforderungen der Kupplung eingestellt sind. Bei diesen Motorrädern kann die unsachgemäße Verwendung reiner PKW-Motorenöle zu schwerwiegenden Schäden oder Zerstörung der Einheiten führen! Unsere FUCHS Anwendungstechniker helfen gerne bei der Auswahl des richtigen FUCHS Silkolene-Schmierstoffes.

Ansonsten werden reine Motorenöle oft auch in Getrieben und Hydrauliken von Nutzfahrzeugen, Bau- und Arbeitsmaschinen eingesetzt, bei denen die Konstruktion keine höchst additivierten Getriebeöle nötig macht. Hier werden vornehmlich Einbereichsmotorenöle verwendet. Auch hydraulische Getriebebremsen wie Intarder oder Retarder können mit Motorenölen betrieben werden.

2.2 Handschaltgetriebeöle (MTF)

In modernen Handschaltgetrieben übernimmt der Schmierstoff, neben der klassischen Verschleißminderung, vielfältige Aufgaben und hat Einfluss auf den Fahrkomfort, da die Qualität des Gangwechsels maßgebend vom Schmierstoff beeinflusst wird. Handschaltgetriebe verwenden in der Regel Trockenkupplungen, insofern werden die Reibeigenschaften des Schmierstoffes voll auf die Anforderungen der Synchronisierungen (wenn vorhanden) eingestellt. MTFs sind daher in der Regel nicht Nasskupplungstauglich. Da in einem Handschaltgetriebe durchaus verschiedene Synchronisierungsmaterialien (Buntmetall/Sinter, Aluminium, Carbon etc.) zum Einsatz kommen können, ist eine universelle Synchronverträglichkeit von hoher Bedeutung.

Weiterhin wird die Entwicklung eines MTFs von folgenden Punkten geleitet:

- Verschleißsicherheit (ausgeprägte EP/AW-Eigenschaften)
- Gute Kaltschaltbarkeit, niedrige Kälteviskosität
- Hohe Fuel-Efficiency (hoher Wirkungsgrad, geringe Verluste) durch Einsatz besonderer Friction-Modifizier
- Lange Wechselintervalle oder gar Fill-for-life
- Keine Geräuschentwicklung, Schwingungsdämpfung
- Hohe Leistungsdichte (hohe Durchgangsmomente/geringe Baugröße)
- Ausgeprägte thermische Stabilität
- Lagerverträglichkeit
- Verhinderung von Ablagerungen

Der nötige Verschleißschutz wird durch die Einbausituation und die verwendeten Verzahnungstypen vorgegeben. Klassische Front-quer-Einbauten können zumeist ohne Hypoid-Radsätze gebaut werden, wodurch die EP-Eigenschaft (besonders Langsamlaufverschleiß) geringer sein darf (GL-4; siehe Kapitel 3) als zum Beispiel bei Frontlängs-Einbauten mit z. T. Hypoidtrieb und der Notwendigkeit zu maximalem Verschleißschutz. Allerdings gilt in der Regel: Je höher der Verschleißschutz, desto niedriger die Alterungsstabilität.

Die Spanne der typischen Viskositäten bei MTFs ist groß und reicht für die kinematische Viskosität bei +100 °C von 6 mm²/s bis über 16 mm²/s.

2.3 Achsgetriebeöle

Da es sich bei Achsgetrieben vorrangig um fest übersetzte Getriebe ohne Reibelemente handelt, kann auf besondere Reibeigenschaften wie bei MTFs verzichtet werden. Demgegenüber fordert das Achsgetriebe durch Einsatz von Hypoidtrieben (Langsamlaufverschleiß, Gleiten sorgen für höchste Oberflächendrücke) einen gegenüber dem MTF besonders hohen Verschleißschutz (AW) und maximale Hochdruckeigenschaften (EP). Dies ist nur mit hochkonzentrierten Schwefeladditiven möglich, weshalb Achsöle nicht kupplungs- oder synchronisierungstauglich sind.

Trotz des hohen Verschleißschutzes müssen Achsgetriebeöle weiterhin gute Alterungseigenschaften besitzen, auch hier müssen immer längere Wechselintervalle bis hin zu Fill-for-life erzielt werden.

Mit steigenden Emissionsvorschriften für Kraftfahrzeuge rücken auch die Achsöle immer mehr in den Fokus der Wirkungsgradoptimierung. Moderne Achsöle werden durch Verwendung synthetischer Grundöle und Zugabe ausgewählter Friction-Modifizier optimiert und so die Reibungsverluste im Getriebe minimiert.

Für Achsgetriebe mit Sperrdifferenzial sind sehr häufig Achsöle mit sogenanntem Limited-Slip (LS)-Zusatz gefordert, um ein verschleiß- und geräuscharmes Schalten der Sperre zu gewährleisten.

Im Zuge der Einführung dynamisch geregelter Antriebsstränge werden heutzutage auch immer häufiger elektronisch- oder selbstregelnde Lamellensperren mit im Achsgetriebe verbaut. Manche Lösungen sehen für die Lamellenkupplung ein eigenes Öl vor, andere Lösungen lassen die Lamellensperre mit im Achsöl laufen. Dies stellt wiederum erweiterte Anforderungen an die Reibeigenschaften, die speziell eingestellt werden müssen.

Die Spanne der typischen Viskositäten bei Achsölen ist weit und reicht für die kinematische Viskosität bei +100 °C von 10 mm²/s bis über 30 mm²/s.

2.4 Automatic Transmission Fluids (ATF)

ATFs sind spezielle Funktionsflüssigkeiten für Automatikgetriebe. Da bei Stufenautomaten die milderen Planetenradsätze (mehr Zahnkontakte pro Übersetzungsstufe verteilen die Belastung besser) eingesetzt werden, kann auf einen sehr hohen Verschleißschutz verzichtet werden. Die EP/AW-Eigenschaften von ATFs liegen in der Regel unter denen von MTFs. Dahingegen werden ATFs viel spezieller auf die Notwendigkeiten der nasslaufenden Schaltkupplungen und -bremsen sowie auf die evtl. vorhandene Wandlerüberbrückungskupplung abgestimmt. In Sonderfällen werden ATFs auch für bestimmte Synchron-Schaltgetriebe sowie Getriebe-Hydrauliksysteme eingesetzt, wenn die Konstruktion auf geringen Verschleißschutz ausgelegt ist.

Gefordert werden folgende Eigenschaften von ATFs:

- Definierte dynamische und statische Reibwerte im Kupplungsversuch
- Sehr hohe Reibwertkonstanz über Lebensdauer
- Hohe thermische Stabilität
- Sehr gutes Viskositäts- und Tieftemperatur-Verhalten
- Hohe Fuel-Efficiency
- Hohe Scherstabilität
- Ausgezeichnetes Schaumverhalten und Luftabgabevermögen (gg. Kavitation in der Hydraulikpumpe)
- Fill-for-life
- Keine Geräusentwicklung
- Hohe Leistungsdichte (hohe Durchgangsmomente/geringe Baugröße)
- Garantierte Verschleißsicherheit

Wichtig für die Funktion des Automatikgetriebes ist der Reibkoeffizient beim Öffnen und Schließen der ölgeschmierten Lamellenkupplungen und -bremsen in Automatikgetrieben. Das Schaltverhalten beim Gangwechsel wird durch das verwendete Lamellenmaterial sowie den eingesetzten ATF-Typ bestimmt. Vor allem wegen unterschiedlicher Anforderungen bestimmter Hersteller von Automatikgetrieben an die Reibwertcharakteristik hat sich keine allgemeine Klassifikation von ATFs durchgesetzt, maßgeblich sind hier die Herstellerspezifikationen. Die Spanne der typischen Viskositäten bei ATFs ist weit und reicht für die kinematische Viskosität bei +100 °C von 6 mm²/s bis über 9 mm²/s.

2.5 Öle für stufenlose Automatikgetriebe (CVTF)

CVTFs sind den ATF-Ölen ähnlich, aber zusätzlich zu den ATF-Eigenschaften besonders abgestimmt auf die nötigen Reibeigenschaften für den Kontakt zwischen den metallischen Reibpartnern (Variator zu Kette/Schubgliederband).

Da CVT-Getriebe meist starke Hydraulikpumpen verwenden (Variatorverstellung und -verriegelung), müssen CVTFs besonders gute Schaumeigenschaften und ein gutes Luftabscheidevermögen aufweisen, um Kavitation in der Pumpe zu verhindern.

In der Testphase befinden sich derzeit auch so genannte Toroidgetriebe (CVT-T), in denen das Drehmoment stufenlos über den Kontakt von Stahlrädern in Hohlrollen (Toroiden) übertragen wird. Der Kontakt ist hier nicht, wie bei Band- oder Ketten-CVTs, reibschlüssig, sondern das Öl zwischen Rad und Toroid überträgt Schubkräfte. Hierzu können keine normalen CVTFs oder ATFs verwendet werden, es sind spezielle Traktionsfluide notwendig.

2.6 Öle für Doppelkupplungsgetriebe (DCTF)

Doppelkupplungsgetriebeöle stellen den Kompromiss zwischen den Eigenschaften eines hervorragenden MTFs und eines hervorragenden ATFs dar.

Da konstruktiv die Doppelkupplungsgetriebe im Schaltenteil wie herkömmliche Handschaltgetriebe aufgebaut sind, muss ein DCTF natürlich den Anforderungen an ein normales MTF genügen. Die Doppelkupplung ist meist eine nasslaufende Lamellenkupplung, also stellt sie Anforderungen an das Öl wie ein ATF. Zudem werden auch Hydraulikpumpen eingesetzt, was die Anforderungen an die Schaumfestigkeit erhöht.

Mittlerweile kommen auch sogenannte trockene Doppelkupplungsgetriebe auf den Markt – hier läuft die Kupplung nicht im Ölbad –, weshalb als Schmierstoff ein geeignetes MTF infrage kommt.

2.7 Multifunktionsöle

Besonders beim Bau von Agrarmaschinen mit einer Vielzahl von ölgeschmierten Systemen und Getrieben besteht die Notwendigkeit, die Kreisläufe zusammenzufassen oder aus Rationalisierungsgründen mit einheitlichen, übergreifenden Spezialschmierstoffen, sogenannten Multifunktionsölen, zu betreiben.

Unter Multifunktionsölen versteht man Schmierstoffe, die Eigenschaften und Anwendungsgebiete o. g. Öltypen vereinen und z. T. sogar im Motor betrieben werden können.

Tabelle 1 (Überblick)

Aggregat	TOU	STOU	UTTO
Verbrennungsmotor	•	•	
Schaltgetriebe	•	•	•
Hydrauliksysteme mit nassen Bremsen		•	•
Hydrauliksystem	•	•	•
Endantriebe	•	•	•

TOU = Tractor Oil Universal
STOU = Super Tractor Oil Universal
UTTO = Universal Tractor Transmission Oil

Die o. g. Multifunktionsöle stellen einen Kompromiss der je nach Typ geforderten Einsatzgebiete dar und sollten nach ihren Stärken für die jeweilige Anwendung ausgewählt werden.

3. Klassifikationen und Spezifikationen

3.1 API-Klassifikationen

Das American Petroleum Institute (API) hat ein Getriebeöl-Klassifikationssystem geschaffen, das eine Einstufung nach den Einsatzbedingungen gemäß der zum Einsatz kommenden Verzahnungen ermöglicht. Eventuell vorhandene Reibsysteme im Getriebe wie Kupplungen oder Synchronisationen sind genauso wenig berücksichtigt wie Dichtungsverträglichkeit oder Komponentenverschleiß. Die API-Getriebeöl-Klassifikationen sind international einprägend und zum Teil in Anwendung (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2

API-Getriebeöl-Klassifikationen

API	Einsatzbedingungen	Getriebebauart
GL-1 veraltet !	Niedrige Flächenbelastung und Gleitgeschwindigkeit.	Achsgetriebe mit Schrägverzahnung, Schneckengetriebe, Schaltgetriebe.
GL-2 veraltet !	Höhere Belastungen als unter API GL-1 beschrieben.	Schneckengetriebe, die nicht mehr mit Ölen API GL-1 betrieben werden können.
GL-3 veraltet !	Mäßig schwere Bedingungen hinsichtlich Drehzahl und Belastung.	Achsgetriebe mit Schrägverzahnung, Schaltgetriebe.
GL-4 veraltet !	Hohe Drehzahl/niedriges Drehmoment bzw. niedrige Drehzahl/hohes Drehmoment.	Schaltgetriebe, Hypoid-Achsgetriebe, Achsgetriebe mit leichtem Achsversatz.
GL-5	Hohe Drehzahl/Stoßbelastung bzw. hohe Drehzahl/niedrigeres Drehmoment bzw. niedrige Drehzahl/hohes Drehmoment; hohe Gleitanteile.	Hypoid-Achsgetriebe, Schaltgetriebe, Achsgetriebe mit hohem Achsversatz.
MT-1	Stirnradverzahnte Klauengetriebe.	Nicht synchronisierte Schaltgetriebe.

Wichtig:

Von den ursprünglichen fünf Kategorien (GL = Gear Lubricant) ist heute nur noch die Kategorie GL-5 gültig und abprüfbar. Auch GL-4 ist nicht mehr gültig und neue Öle können mangels Testequipment nicht mehr gemäß GL-4 qualifiziert werden. Die GL-Klassifikation ist vom amerikanischen Markt geprägt und gibt keinerlei Hinweise auf Synchronisierungsverträglichkeit der Öle!

In der Regel hat sich jedoch herausgestellt, dass API GL-4-Öltypen eher synchronisierungstauglich sind, da sie milder additiviert sind als GL-5, was durch den zwangsweise hohen Schwefelgehalt selten synchronisierungstauglich ist. Es kann also angenommen werden:

API GL-4: Vorwiegend Schaltgetriebe und milde Achsgetriebe.

API GL-5: Vorwiegend stark belastete Achsgetriebe und fallweise hoch belastete Schaltgetriebe (Transaxle).

3.2 Spezifikationen der US-Militärbehörden

Die Militärbehörden der USA haben eigene Getriebeölspezifikationen erstellt, die gelegentlich auch im zivilen Sektor Anwendung finden.

Tabelle 3

Getriebeöl-Spezifikationen der US-Militärbehörden

MIL-Spezifikation	Status	Leistungsgem. API	zulässige SAE-Klassen
MIL-L-2105	Eingeführt im Jahre 1950. Abgelöst durch MIL-L-2105 B.	API GL-4	SAE 75 SAE 80 SAE 90
MIL-L-2105 B	Eingeführt im Jahre 1962. Abgelöst durch MIL-L-2105 C.	API GL-5	SAE 80 SAE 90 SAE 140
MIL-L-2105 C	Eingeführt im Jahre 1976. Abgelöst durch MIL-L-2105 D.	API GL-5	SAE 75W SAE 80W-90 SAE 85W-140
MIL-L-2105 D	Eingeführt im 2. Halbjahr 1987.	API GL-5	SAE 75W SAE 80W-90 SAE 85W-140
MIL-PRF-2105 E	Eingeführt 1997: Wie MIL-L-2105 D, zusätzlich Nachweis der Eignung für nicht synchronisierte Schaltgetriebe.	API GL-5 API MT-1	SAE 75W SAE 80W-90 SAE 85W-140
SAE J2360	Zivile Variante der MIL-L-2105 E.	s. o.	s. o.

3.3 Spezifikationen der Getriebehersteller

In den meisten Fällen fassen die Getriebehersteller ihre Anforderungen an Schmierstoffe in eigenen Spezifikationen zusammen. Diese verwenden als Basis oft API- oder MIL-Spezifikationen und erweitern diese um konstruktionsbedingte Zusatzforderungen.

Die Ursache von eigenen Hersteller-Spezifikationen sind vielfältig:

- Die API- bzw. MIL-Getriebeölspezifikationen definieren nicht die benötigte Betriebsstoffart (z. B. ATF, UTTO, STOU).
- Das mit Schmierstoffen zu versorgende Aggregat stellt Anforderungen an das Getriebeöl, die nicht von den gemäß API bzw. MIL verfügbaren Ölen erfüllt werden.
- Der Getriebehersteller vertreibt ein „eigenes“ Getriebeöl und grenzt dieses durch eine eigene Spezifikation ab.

Es würde den Rahmen dieser Publikation sprengen, wenn alle entsprechenden und sich häufig auch kurzfristig ändernden Herstellerspezifikationen erfasst würden. Unsere Fachberater informieren hierzu gerne. Dennoch an dieser Stelle ein Überblick über ausgewählte Hersteller:

ALLISON	Status	Anwendungsbereich	zulässige SAE-Klassen
C-3	Veraltet	Nicht länger gültig.	–
C-4 / TES 228	Ungültig	C-4 NFZ ATF Spezifikation: Mehrbereichsöle (API CF – CH-4)	SAE 0W-30 SAE 10W-30 SAE 5W-40 SAE 15W-40
		Einbereichsöle (API CF – CH-4)	SAE 10W SAE 30
		ATF (DEXRON III)	
TES-295	Gültig seit 1999, aber exklusiv.	ATF für erschwerte Bedingungen und verlängerte Wechselintervalle.	

TES-353	gültig seit 2003	Service ATF für besonders erschwerte Bedingungen (off-highway).	
TES-389	gültig seit 2006	NFZ ATF Type DEXRON IIIH	
FORD	Status	Anwendungsbereich	zulässige SAE-Klassen
MERCON	Erschienen 1988	Alte FF- und SF-ATFs.	Ungültig ab 1995
Revised MERCON	Erschienen 1995	Verbesserte SF- und FF-ATF; bessere Kalttemperatureigenschaften, verbesserte Reibstabilität.	Ungültig ab 2007
MERCON V	Erschienen 1997	Eigentlicher FF- und SF-Standard; gesteigerte Performance. Deckt frühere MERCON ab, abwärtskompatibel.	Gültig
MERCON SP		Spezial-ATF Niedrigeres Viskositätsniveau für spezielle Getriebe. Nicht abwärtskompatibel.	Gültig
MERCON LV		Fuel Economy ATF Abgesenkte Viskosität für Kraftstoffersparnis. Nicht abwärtskompatibel.	Gültig
MERCON C		CVTF Für ZF-CVT-Getriebe in Ford-Fz. Nicht abwärtskompatibel.	Gültig
Type F/G	Erschienen 1967	Alte ATF, meistens off-road.	Gültig

GENERAL MOTORS (ATFs)	Anwendungsbereich
Type A, Suffix A	(TASA) ATF, erschienen 1957.
DEXRON B	(B-Nummer) ATF, erschienen 1967.
DEXRON II	(C-Nummer) ATF, erschienen 1973.
DEXRON II D	(D-Nummer) ATF, erschienen 1981.
DEXRON II E	(E-Nummer) ATF, erschienen 1991.
DEXRON III	(F-Nummer) ATF, erschienen 1994.
DEXRON III G	(G-Nummer) ATF, erschienen 1997.
DEXRON III H	(H-Nummer)ATF, erschienen 2005, obsolet ab 2007.
DEXRON VI	(J-Nummer) ATF, erschienen 2006.

MACK	Anwendungsbereich
GO-H	Achsöl
GO-J	Achsöl, Standardintervall.
GO-J plus	Achsöl, verlängertes Intervall.
TO-A plus	MTF, verlängertes Intervall.

MAN	Anwendungsbereich
M 3343 M	Multifunktionsöl, mineralisch, verl. WI.
M 3343 S	Multifunktionsöl, synthetisch, verl. WI.
339 Typ A	ATF Type A Suffix A, obsolet.
339 Typ Z1-Z4	ATF für ZF-Automaten.
339 Typ V1-V2	ATFs für Voith-Automaten.
MAN 341 Z-1	MTF, mineralölbasisch, normale WI.
MAN 341 Z-2	MTF, mineralölbasisch, verl. WI.
MAN 341 Z-3	MTF, teilsynthetisch, verl. WI.
MAN 341 Z-4	MTF, teilsynthetisch, verl. WI.
MAN 341 Z-5	MTF, synthetisch, maximale WI.
MAN 341 ZE	MTF, ZF-Getriebe ohne Astronic.
MAN 341 VR	MTF, VOITH Retarder.
MAN 341 MB	MTF, MB-Schaltgetriebe in Bussen.
MAN 342 M-1	Achsöl, min. o. teilsynth., normale WI.
MAN 342 M-2	Achsöl, min. o. teilsynth., verl. WI.
MAN 342 M-3	Achsöl, min. o. teilsynth., verl. WI.
MAN 342 S-1	Achsöl, synthetisch, maximale WI.

MERCEDES-BENZ	Anwendungsbereich
MB 235.0	Hypoidgetriebeöle SAE 85W-90, SAE 90.
MB 235.1	Getriebeöle SAE 80, 80W/85W.
MB 235.4	Synthetische Getriebeöle SAE 75W/85W.
MB 235.5	Getriebeöle SAE 80, 80W/85W.
MB 235.6	Hypoidgetriebeöle SAE 85W-90, SAE 90.
MB 235.7	FE-Hypoidgetriebeöle SAE 85W-90.
MB 235.8	Hypoidgetriebeöle SAE 75W-90.
MB 235.9	Achsgetriebeöle für ZF-Automatikgetriebe.
MB 235.10	Schaltgetriebeöle
MB 235.11	FE-Schaltgetriebeöle mit verl. WI.
MB 235.12	Schaltgetriebeöle SAE 30, 40.
MB 235.13	Vollsynthetisches Schaltgetriebeöl.
MB 235.15	Hypoidgetriebeöl SAE 75W-85.
MB 235.20	Mineralisches Achsöl, LD, SAE 80W-90.
MB 235.27	Retarderöle NFZ, Kategorie Voith A.
MB 235.28	Retarderöle NFZ, Kategorie Voith B.
MB 235.29	Retarderöle NFZ, Kategorie Voith C.
MB 235.61	Hypoidgetriebeöle AMG
MB 235.71	Getriebeöle für automatisiertes Schaltgetriebe smart.
MB 235.72	Automatikgetriebeöl Typ 451 (smart fortwo) und 454 (smart roadster).

MB Blatt 236 definiert ATFs:

MB 236.1	Flüssigkeitsgetriebeöle (DEXRON III)
MB 236.2	Flüssigkeitsgetriebeöle (TASA)
MB 236.3	Lenkgetriebeöle
MB 236.5	Flüssigkeitsgetriebeöle (DEXRON III)
MB 236.6	Flüssigkeitsgetriebeöle (DEXRON II)
MB 236.7	Flüssigkeitsgetriebeöle (DEXRON II)
MB 236.8	Flüssigkeitsgetriebeöle (DEXRON II E)
MB 236.9	Flüssigkeitsgetriebeöle (DEXRON III)
MB 236.10	Flüssigkeitsgetriebeöle NAG1 (ATF)
MB 236.11	Flüssigkeitsgetriebeöle (ATF)
MB 236.12	Automatikgetriebeöl NAG2 (ATF)
MB 236.13	ATF für Verteilergetriebe.

MB 236.14	Automatikgetriebeöl NAG2 für Nachfolgemodelle (ATF).
MB 236.20	CVT-Öl für Autotronic
MB 236.81	Flüssigkeitsgetriebeöle (ATF)
MB 236.91	Flüssigkeitsgetriebeöle (ATF), Allison-Getriebe

MB Blätter 34x definieren Zentralhydrauliköle:

MB 341.0	Kipper- bzw. Hydrauliköle
MB 342.0	Hydrauliköle
MB 343.0	Hydrauliköle
MB 344.0	Zentralhydrauliköle
MB 345.0	Hydrauliköle

SCANIA Anwendungsbereich

STO 1:0	Achsöl gemäß GL-5, für den Einsatz in SCANIA-Handschaltgetrieben, Verteilergewichten und Hinterachsen.
STO 2:0A	Achsöl gemäß SAE J 2360, für den Einsatz in SCANIA-Handschaltgetrieben, Verteilergewichten und Hinterachsen. Verbesserte Scher- und Oxidationsstabilität, sowie Kraftstoffersparnis. Des Weiteren erhöhte Ölwechselintervalle bis 540.000 km (in Feldtests geprüft).

VOITH Anwendungsbereich

55.6335.XX	ATFs, normale WIs.
55.6336.XX	ATFs, verlängerte WIs.

VOLVO Anwendungsbereich

97303	Multifunktionsöl für Nassbremssysteme, WB 101, UTTO.
97305	Handschaltgetriebeöl, Verteilergewichteöl, GL-4, SAE 80W-90.
97307	Handschaltgetriebeöl verlängerte WI, GL-4.
97308	Synthetisches Spezialhandschaltgetriebeöl, GL-4.
97310	Achsöl für große Hinterachsen, GL-5.
97312	Achsöl für große Hinterachsen, verlängerte WI, GL-5.
97315	vollsynthetisches Handschaltgetriebeöl, nochmals verlängerte WI, GL-4.

ZF Anwendungsbereich

TE-ML 01	Handschaltgetriebe für LKWs und Busse.
TE-ML 02	Handschaltgetriebe und Automatikgetriebe für NFZ.
TE-ML 03	Wandlergetriebe für Arbeitsmaschinen.
TE-ML 04	Schiffsgewichte
TE-ML 05	Achsen für Arbeitsmaschinen.
TE-ML 06	Traktorengetriebe und Hubhydrauliken
TE-ML 07	Hydrostatisch-mechanische und elektrische Antriebe
TE-ML 08	Mechanische Lenkungen für PKWs, LKWs und Arbeitsmaschinen.
TE-ML 09	Lenkungen/Ölpumpen für PKWs, LKWs und Arbeitsmaschinen.

TE-ML 11	Mechanische Schaltgetriebe, Doppelkupplungsgetriebe und Automatikgetriebe für PKWs.
TE-ML 12	Achsen für Busse.
TE-ML 13	ZF-Aggregate in Sonderfahrzeugen.
TE-ML 14	Lastschaltautomatgetriebe für Busse und LKWs.
TE-ML 15	Bremssysteme für Sonderfahrzeuge.
TE-ML 16	Getriebe für Schienenfahrzeuge.
TE-ML 17	Getriebe und Achsen für Hubstapler.
TE-ML 18	Achsen für PKWs.
TE-ML 19	Verteiler- und Versatzgetriebe für NFZ.
TE-ML 20	Lastschaltautomatgetriebe für Busse.
TE-ML 21	Traktorenvorderachsen, Getriebe für Erntemaschinen und Endantriebe.

4. Viskosität (SAE-Klassen)

Die Viskosität ist von Temperatur (Viskositätsindex) und Druck (Kompressibilitätskoeffizient) abhängig. Dies kann je nach Additivierung und Grundöl beeinflusst werden. Je nach Art der Formulierung kann die Viskosität auch vom Schergefälle im Schmierfilm abhängen. Bei Getriebeölen für Fahrzeuge und Arbeitsmaschinen bedient man sich zur Klassifizierung des Viskositäts-Temperatur-Verhaltens der so genannten SAE-Klassen (SAE = Society of Automotive Engineers), die aus den USA stammen. Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die SAE-Klassen ausschließlich eine Viskositäts-Einstufung darstellen. Eine Aussage über die Ölqualität lassen sie nicht zu. Der SAE J 306-Standard definiert Viskositätsklassen für automotiv Achs- und Schaltgetriebeöle. ATF-Typen werden jedoch nicht nach SAE klassifiziert. Mit der Revision von 2005 wurde die SAE J 306 um die SAE-Klassen 110 und 190 erweitert. Diese finden jedoch in Europa kaum Anwendung. Die SAE J 306 (JUN 05) ersetzt die alte SAE J 306 (JUL 98) vollständig, d. h. die neue Viskositätaufteilung über SAE 90 ist verbindlich zu beachten. Die Klassen wurden in der DIN 51 512 weitgehend übernommen.

Tabellen 4

SAE-Klassifikation gemäß SAE J 306 (JUN 05)

SAE Viskositätsklasse	Max. Temperatur für Viskosität von 150.000 cP (°C) ¹⁾	Kin. Viskosität bei +100 °C (cSt) ²⁾	
		Min. ³⁾	Max.
70W	- 55	4,1	-
75W	- 40	4,1	-
80W	- 26	7,0	-
85W	- 12	11,0	-
80	-	7,0	11,0
85	-	11,0	13,5
90	-	13,5	18,5
110	-	18,5	24,0
140	-	24,0	32,5
190	-	32,5	41,0
250	-	41,0	-

¹⁾ nach ASTM D 2983/DIN 1398 (Brookfield-Viskosimeter)

²⁾ nach ASTM D 445/DIN 51550 (Kapillar-Viskosimeter)

³⁾ Mindestviskositäten müssen auch nach Scherung gemäß CEC-L-45-A-99 eingehalten werden.

Mehrbereichs-Getriebeöle erfüllen einerseits die „Kälteanforderungen“ einer der sogenannten „W-Klassen“ (W = Winter) und andererseits die Hochtemperaturanforderungen einer der nicht mit „W“ gekennzeichneten SAE-Klassen bei +100 °C (z. B. SAE 80W-90).

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass zwischen dem SAE-Klassifikationssystem für Motorenöle und dem für Getriebeöle kein direkter Zusammenhang besteht. Vielfach wird angenommen, ein Getriebeöl SAE 80W sei doppelt so viskos wie ein Motorenöl SAE 40. Das ist falsch! In etwa gelten hier folgende Zuordnungen:

- Ein Getriebeöl SAE 80W kann die gleichen Viskositätseigenschaften wie ein Motorenöl SAE 20W-20 aufweisen.
- Ein Getriebeöl SAE 90 entspricht in der Viskosität einem Motorenöl SAE 40 oder SAE 50.

Mehrbereichsgetriebeöle bieten gegenüber Einbereichsgetriebeölen einige Vorteile, beispielsweise:

- Erleichterter Kaltstart mit Sofortschmierung (niedrigerer Verschleiß!).
- Geringerer »Durchdrehwiderstand« im Kalt- und Warmlaufbereich und damit ein günstigerer Getriebewirkungsgrad, verbunden mit einer Kraftstoffeinsparung,
- Leichteres Schalten bei Kälte.
- Stabilerer Schmierfilm bei Heißbeanspruchung; hierdurch geringerer Verschleiß, niedrigere Getriebege-räusche und wegen der besseren Schmiereigenschaften auch unter Volllast ein günstigerer Getriebewirkungsgrad und in Folge eine Kraftstoffeinsparung.

5. Wechselintervalle

Bei PKWs liegt oft eine sogenannte „Lebensdauerfüllung“ vor, d. h. das werkseitig eingefüllte Getriebeöl bleibt die gesamte Fahrzeuglebensdauer im Aggregat, nur bei eventuellen Reparaturen erfolgt ein Ölwechsel. In der Praxis wird hier leider recht häufig nicht berücksichtigt, dass auch eine „Lebensdauerfüllung“ regelmäßige Ölstandskontrollen – am besten bei jedem Motorenölwechsel – erfordert. Auch Getriebe können undicht werden, das Fahren mit zu wenig Öl im Getriebe führt meist zu schweren Schäden. Weiterhin kann der Ölstand bei bestimmten Ölqualitäten durch Verdampfungsverluste über die Gehäuseentlüftung sinken.

Automatikgetriebe beanspruchen das Öl sehr stark. Deshalb sind hier die Ölwechselintervalle der Beanspruchung zuzuordnen. So ist z. B. bei einem vorwiegend im Gebirge eingesetzten Wagen das Öl öfter zu wechseln als bei einem fast nur im Flachland bewegten Fahrzeug. Automatikgetriebe reagieren recht empfindlich sowohl auf Über- als auch Unterfüllung. In jedem Falle sind die Wechselintervalle des Herstellers zu beachten.

Bei Nutzfahrzeugen, Geländewagen und Arbeitsmaschinen ist der Getriebeölwechsel üblich und auch notwendig, wenn auch z. T. mit deutlich längeren Wechselintervallen (wg. größerer Ölvolume) als dies von PKWs bekannt ist. Hochwertige vollsynthetische Öle und Syntheseöle ermöglichen z. T. deutlich verlängerte Wechselintervalle gegenüber freigegebenen mineralischen Schmierstoffen.

Je nach Einsatzart lassen die LKW-Hersteller mittlerweile Ölverweilzeiten von bis zu 540.000 km und bis zu 3 Jahren zu. Dies gilt allerdings nur für Fernverkehrseinsatz mit entsprechend hohen Laufleistungen. Im harten

Kurzstreckenverkehr oder Baustelleneinsatz gelten meist deutlich kürzere Intervalle.

Bei NFZ wird das Öl oft stark durch Fremdverschmutzungen (Staub, Wasser usw.) beansprucht.

Wie kommt Schmutz in ein abgedichtetes Getriebe?

Wenn man davon ausgeht, dass Schmieröle sich bei einer Temperaturveränderung von +10 °C im Volumen um ca. 0,7 % ändern, d. h. bei einer Temperatursteigerung im Volumen zunehmen und bei einer Temperatursenkung im Volumen abnehmen, lässt sich folgendes Beispiel durchrechnen:

Das Getriebe einer Arbeitsmaschine fasst z. B. 50 Liter Öl. Die Maschine steht über Nacht und wird frühmorgens bei einer durchschnittlichen Temperatur von +10 °C gestartet. Die Betriebstemperatur des Öles, mit der das Gerät abends abgestellt wird, liegt bei +100 °C. Somit ändert sich das Ölvolume zwischen Start- und Betriebstemperatur um über 3 Liter, d. h. in das Getriebegehäuse werden in der Abkühlungsphase jede Nacht ca. 3 Liter Außenluft über die Getriebeentlüftung gesaugt. Im Jahr sind dies bereits über 1000 Liter Außenluft. Ein Großteil des in der Außenluft enthaltenen Wassers kondensiert im Getriebe und kann zu Verschlammungen und Korrosionen führen. Der in der Luft gleichfalls enthaltene Staub ist auch noch zu berücksichtigen.

Unter anderem ist es deshalb bei Nutzfahrzeugen und Arbeitsmaschinen häufig Vorschrift, unabhängig vom angegebenen Ölwechselintervall in km oder Betriebsstunden, etwa einmal pro Jahr das Getriebeöl zu wechseln. Getriebe in Nutzfahrzeugen und Arbeitsmaschinen, bei denen der jährliche Ölwechsel vergessen wird, enthalten in sehr vielen Fällen nach drei oder vier Jahren kein „Öl“ mehr, sondern einen zähflüssigen Schlamm aus Öl, Wasser, Staub und sonstigen Verunreinigungen.

Ein derartiger „Getriebeschmierstoff“ kann seine Aufgabe nicht mehr erfüllen. Betriebsstörungen und Schäden sind dann relativ oft die Folge eines vergessenen Ölwechsels. Eine weitere Gefahr besteht bei „Wasser im Öl“ darin, dass bei Erwärmung über +100 °C das Öl durch Dampfblasenbildung eruptiv über die Entlüftung austreten kann; bedeutende Ölverluste sind die Folge.

6. Produkte

Die den genannten Öltypen und Spezifikationen zugeordneten FUCHS Produkte entnehmen Sie bitte dem jeweils aktuellen Produktkatalog.

Notizen:

KÜHLERFROSTSCHUTZ

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeines

2. Grundlagen und Definitionen

- 2.1 Kühlung
- 2.2 Thermodynamik
- 2.3 Kühlleistung

3. Technische Anwendung

- 3.1 Die Luftkühlung
- 3.2 Prinzipieller Aufbau und Funktionsweise der Luftkühlung
- 3.3 Die Flüssigkeitskühlung

4. Prinzipieller Aufbau und Funktionsweise der Kühlflüssigkeit

5. Inhaltsstoffe und Additive

- 5.1 Basisflüssigkeit und deren Eigenschaften
- 5.2 Additive
- 5.3 Additivtechnologien

6. Aufgaben – Eigenschaften

- 6.1 Gefrierschutz/Frostschutz
- 6.2 Werkstoffkompatibilität
- 6.3 Ablagerungen
- 6.4 Korrosion
- 6.5 Kavitation

7. Normen – Spezifikationen

8. Anwendung und Gebrauch

9. Kennlinien

1. Allgemeines

Verbrennungsmotoren haben unsere Welt als kompakte und mobile Antriebsaggregate in verschiedensten Maschinen erobert. Moderne Verbrennungsmotoren in Kraftfahrzeugen arbeiten mit einem vergleichsweise geringen Wirkungsgrad. Nur etwa 1/3 der im Kraftstoff gespeicherten Energie stehen als Antriebsleistung zur Verfügung. Die verbleibende Energie wird ungenutzt als Wärme an die Umgebung abgegeben. Dieser Anteil verteilt sich jew. zur Hälfte auf die Abgase, während die andere Hälfte vorübergehend im Motor und dessen Komponenten (Zylinderbüchsen, Zylinderkopf, etc.) zwischengespeichert wird. Dieser im Motor gespeicherte

Energieanteil ist mit ca. 14,3 MJ/kg verbrannter Kraftstoff zu beziffern. Da der Motor und seine Komponenten diese vergleichsweise hohe Wärmemenge nur sehr langsam an die Umgebung abgeben kann, ist eine zusätzliche Wärmeabfuhr in Form einer Kühlung des Motors zwingend erforderlich, damit dieser durch Überhitzung keinen Schaden nimmt.

2. Grundlagen und Definitionen

2.1 Kühlung

Unter Kühlung versteht man jeden Vorgang, der einem System oder Gegenstand, z. B. einem Verbrennungsmotor, Wärme bzw. thermische Energie entzieht. In der Technik bezeichnet Kühlung alle Maßnahmen, die dem Abführen der Verlustwärme technischer Komponenten an die jew. Umgebung dienen und so einen Temperaturengleich herbeiführen. Man spricht dabei auch von einem Kühlsystem, welches aus verschiedenen Komponenten besteht (siehe Abschnitt 3: Technische Anwendung).

2.2 Thermodynamik

Die Abfuhr thermischer Energie, sowohl bei Feststoffen (z. B. Stahl, Aluminium) als auch bei Flüssigkeiten (z. B. Wasser, Öl), findet durch Wärmeübertragung statt und folgt einem Temperaturgradienten. Die dabei dominierenden Prozesse sind Wärmeleitung und Wärmestrahlung. Bei Flüssigkeiten ist zusätzlich die Konvektion zu berücksichtigen.

Bei Gasen dominiert die Wärmekonvektion, während Wärmeleitfähigkeit und Wärmestrahlung eine untergeordnete Rolle zukommt.

Alle genannten Prozesse erfolgen spontan und folgen dabei den Grundgesetzen der Thermodynamik. Die wesentlichen Einflussfaktoren sind dabei je nach Wärmeträgermedium durch Wärmeleitungs-, Wärmeübergangskoeffizient, spezifische Wärmekapazität usw. bestimmt, da diese Kennwerte für jede Materialart charakteristisch sind.

2.3 Kühlleistung

Die Kühlleistung gibt die je Zeiteinheit abgeführte Wärmemenge an.

$$p(c) = \frac{Q}{t} \quad p(c) = \text{Kühlleistung}$$
$$\left[p(c) \right] = \frac{J}{s} \quad Q = \text{Wärmemenge}$$
$$t = \text{Zeit}$$

Die Kühlleistung hängt dabei von vielen Faktoren, wie z. B. dem Wärmeträgermedium, Dichte, Volumenstrom, Wärmeübergangszahl, Wärmeleitfähigkeit, Wärmetauscherfläche, spezifische Wärmekapazität usw. ab.

3. Technische Anwendung

Kühlsysteme werden nach dem jeweils verwendeten Primärwärmeträgermedium unterteilt. Man spricht also von einer Flüssigkeits- oder Luftkühlung.

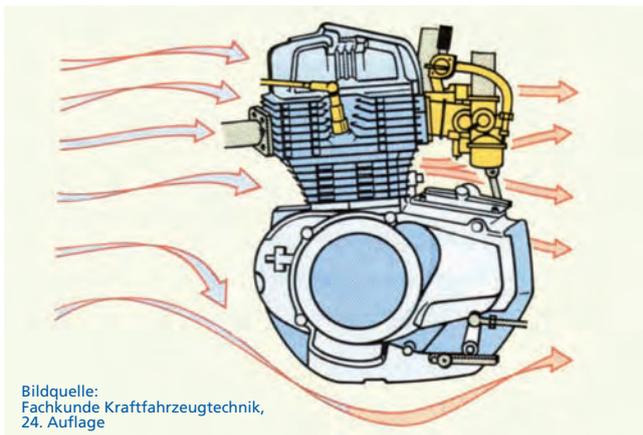
3.1 Die Luftkühlung

Bei der Luftkühlung ist es notwendig die Wärme abgebende Oberfläche des Aggregates (hier Verbrennungsmotoren) zu vergrößern, um einen möglichst großen Wärmeaustausch mit der Umgebung zu erreichen. Hierzu wird der Motor oftmals mit Kühlrippen ausgestattet. Grundlage hierfür ist der im Vergleich zu Wasser etwa 50–100 mal kleinere Wärmeübergangskoeffizient zwischen Luft und Feststoff (Metall).

Der Wärmeabtransport kann dabei passiv (z. B. Fahrtwind) oder aktiv, z. B. durch Ventilation ausgelegt, sein, wobei innermotorisch (bauteilbezogen) die Wärme ausschließlich durch Wärmeleitung von heißen Zonen abgeführt wird. Die Luftkühlung ist ein preiswertes Verfahren, wobei deren Einsatz heute aufgrund gestiegener Emissionsgrenzwerte (Abgas und Lärm) nur noch begrenzt Anwendung, z. B. bei Klein- und Kleinstmotoren in Motorsägen, Motorräder, Flugzeugmotoren findet.

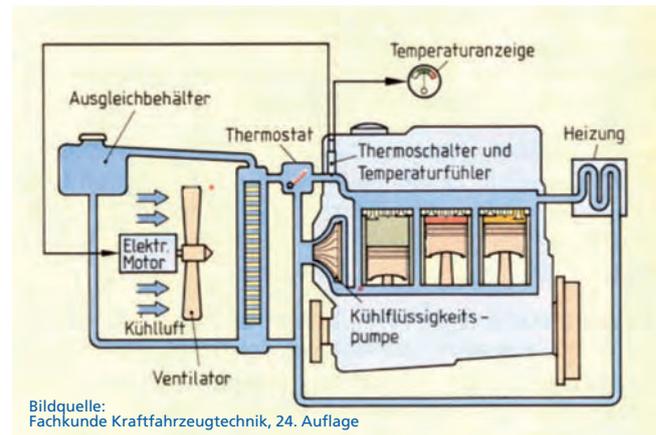
3.2 Prinzipieller Aufbau und Funktionsweise der Luftkühlung

Kühlrippen zur Vergrößerung der Wärme austauschenden Oberfläche.



3.3 Die Flüssigkeitskühlung

Als Flüssigkeitskühlung bezeichnet man ein System, bei dem eine Flüssigkeit als primär Wärme abführendes Medium zum Einsatz kommt. Hierzu wird der relevante Teil des Motors im übertragenen Sinne in einen Flüssigkeitstank gepackt. Die Abwärme, die üblicherweise im Motorblock und seinen Komponenten zwischengespeichert wird, wird nun zum größten Teil durch Wärmeleitung an die Flüssigkeit abgegeben und dort gespeichert. Die Flüssigkeit kann dann mittels Konvektion (passiv) oder aktiv mit Hilfe einer Pumpe die gespeicherte Wärme zu einem entfernt liegenden Wärmetauscher transportieren. Vorteile der Flüssigkeitskühlung sind z. B. Geräuschdämmung, niedrigere Emissionswerte, höhere spezifische Motorleistungen sowie höhere Kühlleistung usw., wobei die Vorteile mit einem erhöhten technischen Aufwand z. B. Herstellung, Platzbedarf, Regelung, etc. verbunden sind.



4. Prinzipieller Aufbau und Funktionsweise der Kühlflüssigkeit

Grundsätzlich ist jede beliebige Flüssigkeit geeignet, allerdings werden an zu kühlende Aggregate unterschiedlich hohe Ansprüche gestellt. Im motorischen Betrieb wären als wichtigste Eigenschaften Siedepunkt, Stockpunkt und Viskosität zu nennen, da diese die Pumpfähigkeit und damit auch den Wärmetransport stark beeinflussen. Als Flüssigkeit kommt, aufgrund der hohen Verfügbarkeit und des niedrigen Preises, oft Wasser zur Anwendung. Wasser als Kühlflüssigkeit birgt allerdings auch Risiken hinsichtlich sehr tiefer und sehr hoher Temperaturen, da dessen Anwendung als Kühlmittel durch den vergleichsweise hohen Gefrierpunkt (0°C) und vergleichsweise niedrigen Siedepunkt (100°C bei 1.013 mbar) begrenzt ist. Weiterhin steigt der Volumenbedarf beim Erreichen des Stockpunktes um etwa 15% an, da sich Wasser beim Einfrieren ausdehnt (Anomalie). Wasser wirkt außerdem auf verschiedene Komponenten des Kühlkreislaufes korrosiv. Allerdings ist anzumerken, dass Wasser eine hohe spezifische Wärmekapazität ($c(\text{H}_2\text{O}) = 4,19 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$) besitzt. Zum Vergleich: Quecksilber hat eine spezifische Wärmekapazität von nur ca. $0,13 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$. Somit kann Wasser, verglichen mit anderen Stoffen, große Wärmemengen speichern, ohne dass dabei dessen Temperatur merklich steigt. Letztlich lassen sich die Nachteile, die Wasser als Kühlmittel hat, durch geeignete Kühlmittelzusätze (Frostschutz) regeln, um so den hohen Ansprüchen moderner Verbrennungsmotoren zu genügen.

Beispiel andere Kühl-„Flüssigkeiten“

- Öl, in Hydraulikanlagen, aber auch in hoch belasteten Verbrennungsmotoren zur Kolbenkühlung.
- Natrium (ein Metall) bei Temperaturen $>100^\circ\text{C}$ und $<800^\circ\text{C}$.

5. Inhaltsstoffe und Additive

Als Basisflüssigkeit und Additive zur Herstellung von Kühlmittelzusätzen steht eine Vielzahl unterschiedlicher in der Regel chemischer Stoffe zur Verfügung, deren wichtigste Eigenschaften und Funktion im Folgenden näher beschrieben wird.

5.1 Basisflüssigkeit und deren Eigenschaften

Als Basisflüssigkeit bedient man sich in der Regel kurzketziger mehrwertiger Alkohole. Die wichtigsten Vertreter sind Glykol und Propylenglykol, wobei Propylenglykol eine eher untergeordnete Rolle einnimmt. Glykol ist unter den verschiedensten Synonymen bekannt.

Die folgenden Beispiel-Synonyme für Glykol stehen dabei immer für den gleichen Stoff:

- MEG (Mono-Ethylen-Glykol oft auch Mono-Äthylen-Glykol)
- Ethandiol, Äthandiol
- Ethan- (1,2)-diol, Äthan (1,2)-diol
- 1,2 Ethandiol, 1,2 Äthandiol
- Ethylenglykol, Äthylenglykol

Unverdünntes Glykol bietet nur unzureichenden Frostschutz, da dessen Gefrierpunkt nur bei etwa -16°C liegt. Paradoxerweise sinkt der Gefrierpunkt durch Zugabe von Wasser stark ab, sodass die Frostsicherheit mit Hilfe einer Glykol-Wasser Mischung bis etwa -55°C sichergestellt werden kann. Die Kennlinie Gefrierschutz Glykol/Wassermischungen zeigt die Abbildung 1. Weiterhin vermindert die reine Basisflüssigkeit den Wärmetransport, da die spezifische Wärmekapazität des Glykols mit c (Glykol) = 2,4 kJ/(kg *K) nur etwa halb so groß ist wie die des Wassers. Analoges gilt auch für unterschiedliche Glykol-Wasser-Mischungen. Die Motorenentwickler müssen dies bei der Auslegung des Kühlkreislaufes berücksichtigen.

Physiologie / Sicherheit im Umgang mit Kühlfrostschutz (KFS):

Glykol ist gesundheitsschädlich! Moderne Glykol basierende KFS enthalten zum Schutz vor unabsichtlicher Einnahme einen Bitterstoff (Bitrex®).

Vorteile des Glykols:

- Hoher Siedepunkt (> 160°C)
- Unbegrenzt wassermischbar
- Gute Dichtungsverträglichkeit
- Gutes Lösevermögen für Additive

5.2 Additive

Als Additive bezeichnet man alle anderen im Kühlerfrostschutz enthaltenen Stoffe, die nicht Basisflüssigkeit oder Wasser sind. Diese dienen fast ausschließlich der Erfüllung aller an den KFS gestellten Ansprüche die nicht Frostschutz sind. (siehe Kapitel 6 ff):

Korrosionsschutzinhibitoren

bilden entweder auf den jeweiligen Werkstoffen eine „Schutzschicht“ aus, oder nehmen selbst an RedOx-Vorgängen im Kühlmedium teil und schützen auf diesem Wege Bauteile vor deren Zerstörung.

pH-Wert Stabilisatoren (pH-Puffer)

stabilisieren den pH-Wert des Kühlmittels im leicht alkalischen Bereich. Sie neutralisieren Säuren, die während des Betriebsintervalles entstehen können.

Komplexbildner

binden/lösen mineralische Ablagerungen und halten diese in der Schwebe.

Detergentien / Tenside

sorgen für eine gute Benetzung der Wärme austauschenden Flächen im Kühlkreislauf und stellen dadurch eine optimale Wärmeabgabe an das Kühlmedium sicher.

Amine

sind organische Derivate des Ammoniaks und sind aufgrund Ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften für KFS multifunktionell einsetzbar. Sie dienen einerseits als Korrosionsschutz, andererseits als Säure-Puffer und Komplexbildner. Leider stehen Amine im Verdacht karzinogen zu wirken, weshalb man seit langer Zeit schon auf deren Einsatz für moderne KFS verzichtet.

Phosphate

Als Phosphate bezeichnet man u. a. die Salze der Ortho-Phosphorsäure. Sie können mit Schwermetallen Verbindungen eingehen, was großtechnisch als Korrosionsschutz genutzt wird. Moderne KFS verzichten jedoch auf den Einsatz von Phosphaten.

SCA – Supplemental Coolant Additive

wird vielfach von amerikanischen Herstellern zur Ergänzung des Kühlerfrostschutzmittels zwingend vorgeschrieben.

5.3 Additivtechnologien

Am Markt sind Kühlerfrostschutzmittel unterschiedlicher Additivtechnologien verfügbar. Aus marketingstrategischen Gründen aber auch zur besseren Unterscheidung sind diese oftmals farblich gekennzeichnet (siehe untenstehende Abbildung). Für einige Technologien gilt ein Vermischungsverbot.



KFS Typ	Hauptcharakteristika
Traditionelle KFS	Silikalthaltig
„Hybrid“ KFS	Enthält etwas Silikat und organische Säuren, phosphat- und nitritfrei.
OAT KFS	Basiert auf organischen Säuren (OAT), silikat- und phosphatfrei.
SOAT KFS	Enthält etwas Silikat und organische Säuren.
Diesel Coolant	Enthält nitritbasierte Inhibitoren. (hauptsächlich USA)

6. Aufgaben – Eigenschaften

Primäraufgabe des Kühlerzusatzmittels ist natürlich der Gefrierschutz/Frostschutz. Darüber hinaus muss ein moderner Kühlerfrostschutz eine ganze Reihe weiterer Eigenschaften erfüllen.

Dies wären z. B.:

- Hohe spezifische Wärmekapazität
- Kompatibel mit Dichtungswerkstoffen
- Schutz vor Korrosion
- Schutz vor Kavitation
- Schutz vor Überhitzung
- Schutz vor Kesselsteinbildung/Ablagerungen
- Hohe Siedetemperatur

6.1 Gefrierschutz/Frostschutz

Unter dem Gefrierschutz/Frostschutz versteht man den Mittelwert der Temperaturen zwischen der sogenannten Eisflockenbildung und dem Stockpunkt (Erstarrungstemperatur) der Flüssigkeit. Der Kühlerfrostschutz ist dabei noch flüssig und fließfähig.

6.2 Werkstoffkompatibilität

Die Pumpe des Kühlmittelkreislaufes befördert ca. 150 l Kühlmittel pro Minute durch das Kühlsystem eines normalen PKW Motors. Hierbei kommt das Kühlmittel mit sehr vielen verschiedenen Werkstoffen (z. B. Elastomere [Gummi, Plastik], Metalle, usw.) in Kontakt. Beschädigungen dieser Werkstoffe führen unweigerlich zu einem Kühlmittelverlust und in schwerwiegenden Fällen zu einem Ausfall des Aggregates. Kühlflüssigkeiten müssen deshalb mit dem im Kühlkreislauf befindlichen Werkstoffen kompatibel sein, um das Schrumpfen, Aufquellen oder auch das Abtragen dieser Werkstoffe zu verhindern.

6.3 Ablagerungen

Leitungswasser enthält je nach Region unterschiedlich viele Mineralstoffe in gelöster Form, welche sich bei Erhitzung des Wassers umwandeln und dabei unlöslich werden können. Die Folge hiervon ist die Bildung von Ablagerungen, u. a. als Kesselstein bekannt. Kesselstein behindert merklich den Wärmeaustausch und kann zur Überhitzung des Motors führen.

Der durch Kesselstein behinderte Wärmeaustausch stört das Gleichgewicht zwischen zu- und abgeführter thermischer Energie. Aus dieser Diskrepanz lässt sich eine Erhöhung der mittleren Temperatur des Kühlmediums bis zum Sieden ableiten.

6.4 Korrosion

Unter Korrosion (lat. corodere = zernagen) versteht man die chemische Reaktion eines Werkstoffes mit dessen Umgebung, z. B. Wasser oder Sauerstoff. Korrosion führt immer zu einer messbaren Veränderung eines Werkstoffes. Diese kann dessen Funktionsfähigkeit beeinträchtigen und den Totalausfall des gesamten Systems zur Folge haben. Deshalb muss Korrosion bzw. die Korrosion auslösenden Prozesse unbedingt verhindert werden. Dies gelingt z. B. mit Hilfe von Korrosionsschutzinhibitoren.

6.5 Kavitation

Dieser Begriff leitet sich vom lateinischen cavus = hohl ab. Hierunter versteht man die Hohlräumbildung in flüssigen Medien. Kavitation ist in „unechte“ und „echte“ Kavitation zu unterscheiden. In beiden Fällen entstehen Gas- bzw. Dampfblasen, durch deren Implosion Bauteile des Flüssigkeitsführenden Systems beschädigt werden. Man spricht hier auch von Lochfraß. Die bei der Gasblasenimplosion erzeugten Micro-Jets mit lokal beschleunigter Flüssigkeit können mehr als 200 m/s erreichen. Die echte Kavitation lässt sich durch das Beimischen eines Siedepunkt erhöhenden/Dampfdruck senkenden Stoffes wirksam unterdrücken. Glykol ist hierfür gut geeignet.

- Echte Kavitation wird durch isobare bzw. isotherme (iso- griech. = gleich) Zustandsänderungen am Kühlsystem ausgelöst.
- Unechte Kavitation: Auslöser ist die Abhängigkeit der Gaslöslichkeit in Flüssigkeiten von der Temperatur. Mit steigender Temperatur nimmt die Gaslöslichkeit in Flüssigkeiten ab. An den heißen Stellen bilden sich Gasblasen des gelösten Gases.

7. Normen – Spezifikationen

In Europa existieren einige allgemeine Normen für Kühlerfrostschutzmittel und deren Eigenschaften. Viele Fahrzeug- und Motorenhersteller-Spezifikationen referenzieren bzw. basieren auf gültigen ASTM oder SAE Normen und sind z. T. auf die jew. Bedürfnisse des Aggregate-Herstellers angepasst.

Nationale und internationale Normen

- UK – BS 6580
- USA – SAE J 1941 Engine Coolant Concentrate (Low Silicate, Ethylene Glycol Type Requiring an SCA) for Heavy Duty Engines
- USA – SAE J 1034 Engine Coolant Concentrate Automobile and Light Truck, Ethylene Glycol Type
- USA – ASTM D 3306 Coolants for passenger cars and light duty application
- USA – ASTM D 4985 Coolants for heavy duty application with preliminary SCA treatment
- USA – ASTM 5752 (SCA, Supplemental Coolant Additive)
- USA – ASTM 6210 (fully formulated coolant, SCA included)
- NATO S-757
- Australien – AS 2108
- Frankreich – NF R 15-601
- Italien – CUNA NC 956-16
- Japan – JIS K 2234
- Korea – KS M 2142
- Österreich – Ö-NORM V 5123
- Polen – PN-C 40007:2000
- Ungarn – MSZ 924-82

OEM Normen bzw. Spezifikationen

- BMW N 600 69.0
- CHRYSLER/EUROSTAR MS-6769
- DEUTZ TR 0199-99-1115
- FORD WSS M97B44-D/D1 & WSS M97B51-A1
- GM 6277 M
- HYUNDAI/KIA MS 591-08 LLC 05
- JCB STD00088
- JENBACHER TA 1000-0201
- JOHN DEERE JDM H24
- LIEBHERR TLV 035/TLV 23009A
- MAN 324, Typ N, Typ N/Arctic, Typ 324 NF, Typ 324 SNF
- MB-BLATT 325.0, KFS Konzentrat für alle Fahrzeuge/ Motoren
- MB-BLATT 325.2, KFS Konzentrat für NFZ- und Industriemotoren (nicht für BR OM 600, BR M100, BR M200)
- MB-BLATT 325.3, KFS Konzentrat für NFZ- und Industriemotoren (nicht für BR OM 600, BR M100, BR M200, Achtung Vermischungsverbot mit MB-BLATT 325.0 und MB-BLATT 325.2, MB-BLATT 326.0 und MB-BLATT 326.2)
- MB-BLATT 326.0, Ready to use, für alle Motoren gem. MB-BLATT 223.1 (BR 100, 200, 300,400,500,600, 900)
- MB-BLATT 326.3, Ready to use, für alle Motoren (nicht für BR OM 600, BR M100; Achtung Vermischungsverbot mit MB-BLATT 325.0 und MB-BLATT 325.2, MB-BLATT 326.0 und MB-BLATT 326.2)
- MITSUBISHI ES-X64217
- MTU MTL 5048 & 5049
- MWM TR 0199-99-2091
- OPEL/GM B040 0240
- PSA B 71 5110
- SCANIA TB 1451
- TATA SS 7700
- TOYOTA TSK 2601 G
- VOLKSWAGEN TL 774 C,D,F,G
- VOLVO 1286083

8. Anwendung und Gebrauch

Kühlmittel

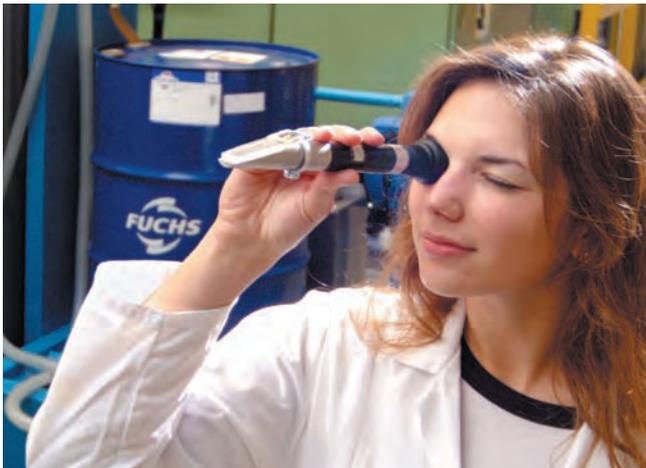
Das Kühlmittel wird aus Wasser und einem geeigneten Kühlmittelkonzentrat hergestellt, wobei im Handel auch fertig gemischte Kühlmittel (Ready to use) erhältlich sind. Eine Mischtafel für die jeweils optimale Mischung kann der entsprechenden Produktinformation entnommen werden.

Wasserqualität

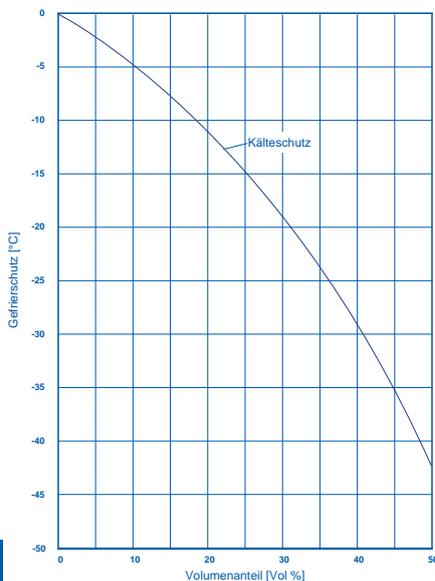
Sauberes, klares Leitungswasser reicht qualitativ in den meisten Fällen aus, wobei das Wasser nicht zu hart sein und nicht zu viele Mineralien enthalten soll. Der örtliche Wasserversorger informiert gerne über die Wasserqualität. Zu hartes Leitungswasser kann mit handelsüblichem destilliertem Wasser abgemischt werden. Auch destilliertes Wasser kann zur Anmischung der Kühlflüssigkeit eingesetzt werden. Die Beachtung der Wasserhärte etc. entfällt dabei.

Überprüfung der Frostschutzsicherheit

Zur Überprüfung der Frostschutzsicherheit sind im Fachhandel verschiedene Messgeräte verfügbar. Am besten geeignet ist die Dichtespindel. Diese ist hinreichend genau zur Bestimmung der Frostschutzsicherheit geeignet. Alternativ kann auch das Handrefraktometer eingesetzt werden (siehe Abbildung).



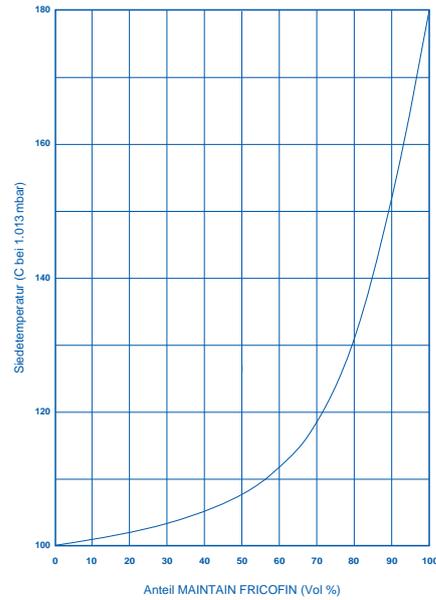
1 – Anhängigkeit des Kälteschutz wässriger KFS Mischungen



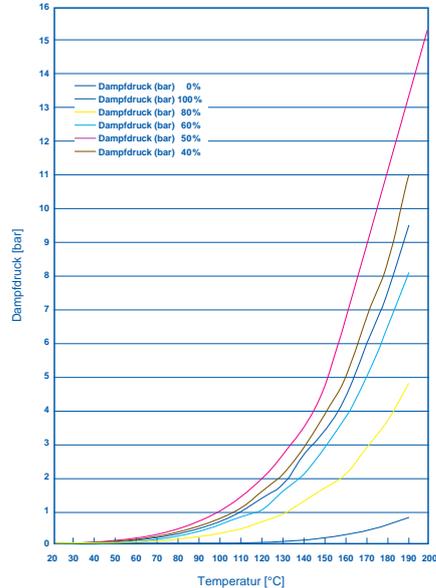
5

FUCHS TECHNISCHE INFORMATION 665

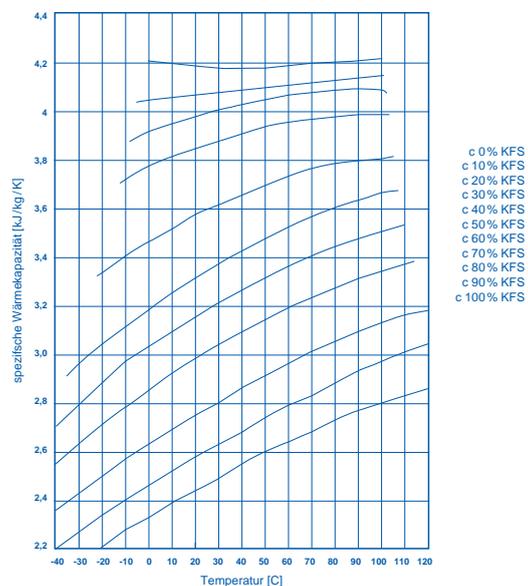
2 – Kennlinie Siedetemperatur (KFS-Wasser-Mischungen)



3 – Dampfdruck weiß KFS Mischungen



4 – Spezifische Wärmekapazität wässriger KFS Mischungen in Abhängigkeit von der Temperatur



Diese Angaben entsprechen nach bestem Wissen dem derzeitigen Stand der Erkenntnisse und unserer Entwicklung. Änderungen bleiben vorbehalten. Für angegebene Kenndaten gelten Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit des jeweiligen Prüfverfahrens. Stand: 3/2010