Blätter für Landtechnik

Februar 1979 142

Herausgegeben von der Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik CH 8355 Tänikon

Oele für landwirtschaftliche Motorfahrzeuge

J. Fankhauser

Die technische Entwicklung erfordert eine ständige Verbesserung der Schmierstoffe. Die gezielte Anpassung der Oele an die speziellen, hohen Anforderungen verschiedener Maschinenteile und Betriebsbedingungen führt zu einer immer grösseren Anzahl unterschiedlicher Schmieröle.

Verschiedene weltweit anerkannte Organisationen sind deshalb bemüht, die Entwicklungen der Schmierstoff- und Maschinenindustrie zu koordinieren und Anforderungsnormen für Schmierstoffe festzulegen.

Für den Praktiker in der Landwirtschaft und in der Werkstatt ist es nicht leicht, für einen bestimmten Zweck aus dem riesigen Angebot von Oelmarken und Typen das richtige Oel zu finden. Neben allgemeinen Kenntnissen über Aufgaben und Eigenschaften des Oels ist der Ueberblick über die meistverbreiteten Klassifikationen und Spezifikationen eine wichtige Voraussetzung für die Wahl des geeigneten Schmieröls. Die vorliegende Publikation soll dem Praktiker als Informations- und Nachschlagewerk bei Schmierproblemen Hilfe leisten.

Der Verfasser dankt den Fachleuten aus der Schmierstoff- und Maschinenindustrie für die zahlreichen Ratschläge, die Zurverfügungstellung von Unterlagen und für die Durchsicht des Manuskripts.

Inhaltsübersicht

1. **Grundbegriffe der Schmierungstechnik**

1.1 Reibung
1.2 Verschleiss
1.3 Schmierung

2. **Grundlegende Eigenschaften des Oels**

2.1 Viskosität, Definitionen und Masseinheiten
2.2 Temparaturabhängigkeit der Viskosität
2.3 Grenzen des Temperatur-Viskositätsgesetzes
2.4 Druckabhängigkeit der Viskosität
2.5 Wärmeleitfähigkeit, Wärmeaufnahmevermögen
2.6 Verhalten gegen Dichtungsmaterial

3. **Verbesserung der Eigenschaften durch Zusätze**

3.1 Schmierfähigkeitsverbesserer, Verschleissschutzzusätze
3.2 Viskositätsindexverbesserer, Stockpunktverbesserer
3.3 Oxidationsinhibitoren, Korrosionsinhibitoren
3.4 Detergents, Dispersants
3.5 Schaum-Inhibitoren
3.6 Reibungszahl-Veränderer

4. **Klassierung und Spezifizierung der Oele**

4.1 Motorenöle
4.2 Getriebeöle
4.3 Getriebeöle mit besonderem Reibverhalten
4.4 Hydrauliköle
4.5 Mehrzweckköle

5. **Vergleich von Einbereichs- und Mehrbereichsölen**

6. **Vergleich der Klassifikationen**

7. **Wahl eines geeigneten Schmierstoffes**

1. Grundbegriffe der Schmierungstechnik (Tribologie)

1.1 Reibung

Zur gegenseitigen Verschiebung sich berührender Körper muss ein Widerstand überwunden werden, der Reibwiderstand oder kürzer, die Reibung.

Die Grösse der Reibung hängt direkt von der Grösse der Kraft ab, mit der die Körper aneinander gepresst werden. Entscheidenden Einfluss auf das Reibverhalten hat ausserdem die Beschaffenheit der reiben-

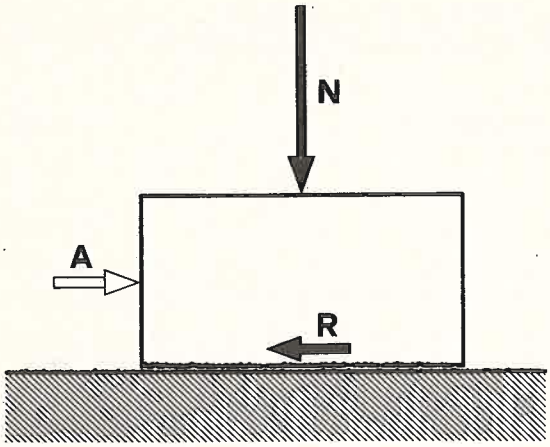

Abb. 1: Kräfteverhältnisse am gleitenden Körper
N: Anpresskraft (Normalkraft)
R: Reibwiderstand
A: Antriebskraft (Gleitrichtung)

den Flächen und bei geschmierten Reibflächen der Schmierstoff. Schliesslich hängt die Reibung auch noch von der Geschwindigkeit der Relativ-Bewegung zwischen den aufeinander gleitenden Flächen ab (Abb. 1).

Der Reibwiderstand, der überwunden werden muss, um zwei anfänglich ruhende, sich berührende Körper gegeneinander zu verschieben, heisst Ruhereibung oder Haftreibung. Der Widerstand, der sich der Fortbewegung bereits gleitender Körper entgegensetzt, ist als Bewegungsreibung oder Gleitreibung bekannt. In der Regel ist die Haftreibung grösser als die Gleitreibung. Auch dem Abrollen eines Körpers auf einem anderen wirken Kräfte entgegen. Hier spricht man im Unterschied zur Gleitreibung von Rollreibung.

Eine wichtige Kenngrösse bei der Betrachtung von Reibungsvorgängen ist die Reibungszahl μ. Sie ist das Verhältnis der Reibungskraft zur Normalkraft, d. h. der Kraft, mit der die aneinander reibenden Körper senkrecht zu ihrer Berührungsfläche aufeinander gepresst werden.

$$\mu = \frac{\text{Reibkraft}}{\text{Normalkraft}}$$

Innerhalb der besprochenen Reibungsarten ergeben sich je nach Ausbildung der Schmierschicht verschiedene Reibungszustände. Bei Fehlen jeglicher Schmierschicht herrscht Trockenreibung; bei vollständiger Trennung der Reibflächen durch eine Flüssigkeitsschicht (Schmierfilm) spricht man von Flüssigkeitsreibung. Dazwischen liegt das Gebiet der Mischreibung (Abb. 2).

Die Begriffe Mischreibung und Flüssigkeitsreibung sind in der Schmierungstechnik eng mit den Begriffen Teilschmierung und Vollschmierung verknüpft (siehe Abschnitt 1.3).

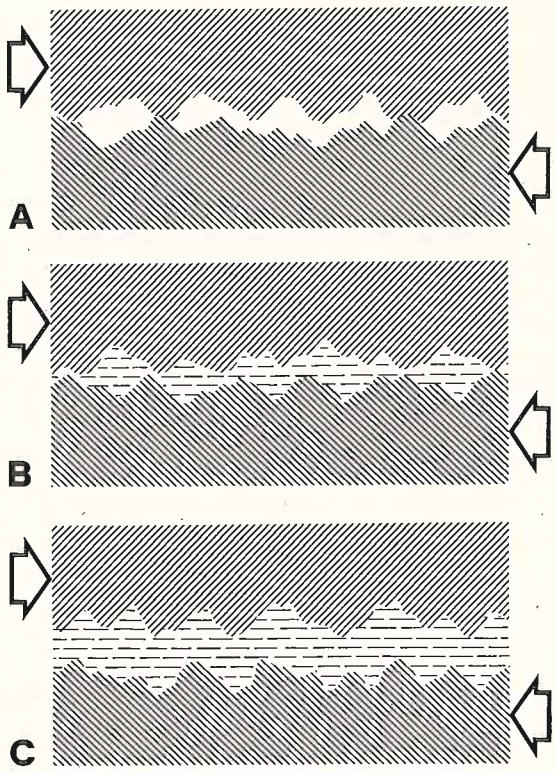

Abb. 2: Reibungszustände
A: Trockenreibung
B: Mischreibung
C: Flüssigkeitsreibung

1.2 Verschleiss

Eine häufige Begleiterscheinung der Reibung ist der Verschleiss. Gleitflächen reibender Körper berühren sich gegenseitig nur an den Spitzen der mikroskopisch rauhen Oberflächen (siehe Abb. 2, Abschnitt 1.1). Durch die gegenseitige Berührung dieser Rauhigkeitsspitzen infolge des Gleitvorgangs können kleinste Teilchen aus der Gleitfläche losgetrennt oder plastisch verformt werden. Diese Veränderung der Oberfläche durch Verformung und Stoffabtragung (Abnützung) wird als Verschleiss bezeichnet.

Die Reibungswärme kann örtlich zu sehr starker Erhitzung führen, so dass die sich berührenden Rauhigkeitsspitzen schmelzen und verschweissen. Für die dadurch auftretende starke Zerstörung der Oberfläche wird oft die Bezeichnung «Fressen» verwendet.

Wie bei der Reibung haben die Bewegungsverhältnisse und die Belastung der Gleitfläche, die Werkstoffpaarung und -beschaffenheit und in besonderem Masse der Schmierstoff grossen Einfluss auf den Verschleiss.

1.3 Schmierung

Viele Maschinenteile wie zum Beispiel Bremsen, Kupplungen, Schrauben usw. funktionieren nur dank der Reibung.

An vielen Stellen ist Reibung aber unerwünscht, so in Lagern, zwischen Zahnrädern, zwischen Kolben und Zylindern usw., denn die Leistung, die zur Ueberwindung der Reibung aufgebracht werden muss, fällt in der Reibfläche als Wärme an und ist damit in vielen Maschinen nutzlos oder gar störend. Zusammen mit der Reibung tritt häufig auch Verschleiss auf. Hier sind Schmierstoffe von zentraler

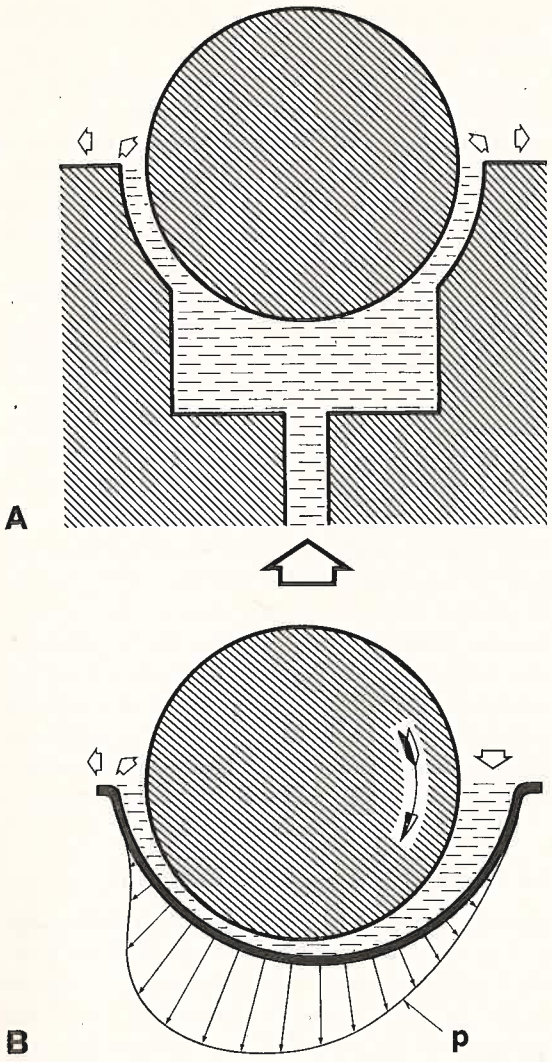

Abb. 3: Schmierungsarten
A: Hydrostatische Schmierung
B: Hydrodynamische Schmierung
p: Schmierschichtdruck

Bedeutung. Viele Maschinen sind erst dadurch über längere Zeit funktionsfähig.

Durch Schmierung, das heisst durch Einbringen einer Schmierschicht zwischen die Reibflächen können Reibung und Verschleiss beträchtlich vermindert werden. Entsprechend der Ausbildung der Schmierschicht werden zwei Schmierungszustände unterschieden.

Bei **Teilschmierung** reicht der Flüssigkeitsdruck für die Uebertragung der Normalkräfte nicht aus. Die Kräfte wirken zum Teil auch unmittelbar von Gleitfläche zu Gleitfläche. Die Schmierstoffschicht ist so dünn, dass örtliche Berührungen der Gleitflächen auftreten, was einen gewissen Verschleiss zur Folge hat. Es herrscht der Zustand der Mischreibung.

Bei **Vollschmierung** werden die Normalkräfte ausschliesslich von der Schmierflüssigkeit übertragen. Die Gleitflächen sind durch eine Schmierstoffschicht, dem sogenannten Schmierfilm vollständig getrennt. Es herrscht somit reine Flüssigkeitsreibung. Weil sich die Reibflächen nicht berühren, tritt bei Vollschmierung praktisch kein Verschleiss auf.

Der Zustand der Vollschmierung wird auf verschiedene Arten erzielt. Bei der hydrostatischen Schmierung wird der Schmierstoff mit so grossem Druck zwischen die Gleitflächen gepresst, dass sich ein tragfähiger Schmierfilm bildet. Hydrostatische Schmierung ist aufwendig, und findet nur in Ausnahmefällen Anwendung (Abb. 3).

Viel grössere praktische Bedeutung hat die hydrodynamische Schmierung. Voraussetzungen für die Erreichung des Zustandes der Vollschmierung auf diese Art sind eine bestimmte Form der Gleitflächen, eine genügend grosse Gleitgeschwindigkeit und eine darauf abgestimmte Zähflüssigkeit (Viskosität) des Schmierstoffes. Aufgrund der Strömungsverhältnisse im Schmiermittel bildet sich zwischen den Gleitflächen selbsttätig ein tragfähiger Schmierfilm.

Ueberall wo Reibung und damit verbunden Erwärmung und Verschleiss unerwünscht sind, wird Vollschmierung angestrebt.

Gleitlager werden so konstruiert, dass die Vollschmierung bei Betriebsdrehzahl erreicht wird. An vielen Stellen im Motor, im Getriebe und in der Hydraulik von Traktoren herrscht immer auch Mischreibung. So zwischen Kolbenringen und Zylinderwand, in Wälzlagern, zwischen Getriebezähnen, an Synchronringen usw.

Je nach Drehzahl und Belastung finden wir an Zahnrädern gleichzeitig eng nebeneinander beide Reibungszustände.

In Gleitlagern wird beim Anfahrvorgang – und in umgekehrter Reihenfolge auch beim Abstellen – das ganze Gebiet von der Haftreibung über die

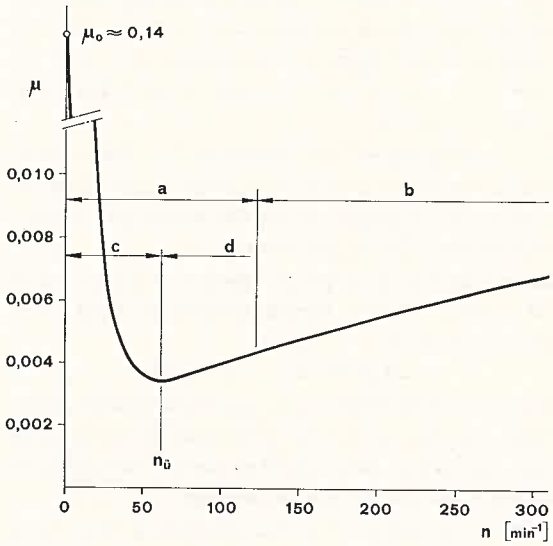

Abb. 4: Charakteristischer Verlauf der Reibungszahl μ in Abhängigkeit der Drehzahl n (Stribeck-Kurve) für ein Gleitlager (Versuchslager nach Stribeck: Durchmesser 70 mm, Länge 230 mm, Oelviskosität im Schmierspalt 200 mPa · s, spezifische Lagerbelastung 80 N/cm²).
a: Anlauf- und Auslaufbereich
b: Betriebsbereich
c: Mischreibung (Teilschmierung)
d: Flüssigkeitsreibung (Vollschmierung)
$n_ü$: Uebergangsdrehzahl

Mischreibung durchfahren, bevor der Zustand der Flüssigkeitsreibung eintritt.
Ein für Gleitlager charakteristisches Diagramm (Stribeck-Kurve) zeigt die Reibungszahl μ über der Drehzahl n, bei konstanter Viskosität des Schmierstoffes (Abb. 4).
Daraus wird ersichtlich, in welchen Grenzen die Reibungszahl bei Mischreibung schwanken kann.

2. Grundlegende Eigenschaften des Oels

2.1 Viskosität, Definitionen und Masseinheiten

Selbst bei vollständiger Trennung der Gleitflächen durch einen Schmierfilm muss zur gegenseitigen Verschiebung zweier Körper ein Widerstand überwunden werden. Ursache für diesen Widerstand ist die innere Reibung des Schmierstoffes, die sogenannte Viskosität oder Zähflüssigkeit.
Die Viskosität ist bei allen Schmierungs- und Strömungsvorgängen von zentraler Bedeutung.
Bei der Festlegung der Masseinheit wurde von der physikalischen Definition der Viskosität ausgegangen, die aussagt, dass sich der Verschiebung zweier benachbarter Flüssigkeitsschichten ein Widerstand entgegensetzt, der proportional der Verschiebungsgeschwindigkeit ist.
Im neuen Internationalen Massystem wird diese sogenannte **dynamische Viskosität** in der Einheit Pascalsekunde [Pa · s] oder in der tausendmal kleineren Einheit Millipascalsekunde [mPa · s] angegeben.
Entsprechend der physikalischen Definition ist 1 Pa · s die Viskosität, die zur Aufrechterhaltung eines Geschwindigkeitsunterschiedes von 1 cm/s zwischen zwei parallelen Flüssigkeitsschichten von 1 cm² Fläche und 1 cm Abstand eine Kraft von 10^{-4} N erfordert (1 Pa = 1 N/m²).
Im physikalischen Massystem wurde der dynamischen Viskosität eine eigene Einheit, das Poise (P) zugeordnet. Häufiger gebraucht wurde die hundertmal kleinere Einheit Centipoise (cP).
Die Umrechnung zwischen neuem und altem System ist einfach, da eine Millipascalsekunde einer Centipoise entspricht.

[1 m Pa · s $\triangleq$ 1 cP]

Für die direkte Bestimmung der dynamischen Viskosität wurden Rotationsviskosimeter entwickelt, die vor allem zur Messung bei tiefen Temperaturen (hohe Viskosität) verwendet werden.
Wesentlich einfacher in der Bedienung sind Kapillarviskosimeter. Mit Kapillarviskosimetern wird die Ausflusszeit einer bestimmten Oelmenge durch eine genau definierte Oeffnung gemessen. Die Ausflusszeit aus einem Gefäss ist aber nicht allein von der Viskosität, sondern auch von der Dichte des Ausfliessenden Stoffes abhängig. Es wird somit nicht die dynamische Viskosität bestimmt, sondern das Verhältnis der dynamischen Viskosität zur Dichte.
Dieses Viskositäts-Dichte-Verhältnis wird als **kinematische Viskosität** bezeichnet und in Industrie und Handel allgemein zur Kennzeichnung von Schmier- und Hydrauliköl verwendet.

$$\text{kinematische Viskosität} = \frac{\text{dynamische Viskosität}}{\text{Dichte}}$$

Im heute gültigen Internationalen Massystem wird auch die kinematische Viskosität mit den Grundeinheiten Quadratmeter pro Sekunde [m²/s] oder für kleinere Werte Quadratmillimeter pro Sekunde [mm²/s] angegeben.
Im physikalischen Massystem wurde für die kinematische Viskosität die Einheit Stokes(St) gewählt. Oefter angewendet wurde auch hier die hundertmal kleinere Einheit Centistokes (cSt).
Die Umrechnung zwischen neuem und altem System ist einfach; ein Quadratmillimeter pro Sekunde entspricht einem Centistokes

[1 mm²/s $\triangleq$ 1 cSt]

Eine veraltete, aber immer noch anzutreffende Einheit für die kinematische Viskosität ist das Engler-Grad. Die Viskosität nach Engler beruht ebenfalls auf der Messung mit einem Kapillar-Viskosimeter. Die Ausflusszeit wird dann aber zusätzlich mit der Ausflusszeit von Wasser bei 20° C ins Verhältnis gesetzt. Zur Umrechnung von Engler-Graden auf neuere Masseinheiten ist man auf Tabellen angewiesen, weil keine genaue mathematische Beziehung besteht.

2.2 Temperaturabhängigkeit der Viskosität

Die Viskosität des Oels ändert sich mit der Temperatur. Zu einer Viskositätsangabe gehört deshalb immer auch die Angabe der Temperatur, für die der Wert gilt. Bei steigender Temperatur nimmt die Viskosität ab, das Oel wird dünner und fliesst leichter. Die Abhängigkeit zwischen Temperatur und Viskosität ist nicht linear, sondern verläuft nach komplizierteren Gesetzen.
Je höher die Temperatur, desto kleiner wird der Einfluss der Temperaturänderung auf die Viskositätsänderung. Wird die Viskosität in einem Diagramm über der Temperatur aufgetragen, ergeben sich deshalb charakteristische, mit steigender Temperatur immer flacher werdende Kurven. Diese über linearen Massstäben aufgezeichneten Kennlinien sind unpraktisch. Für die Aufzeichnung muss die Viskosität eines Oeles bei vielen Temperaturen gemessen werden. Eine wesentliche Vereinfachung der Diagramme ist durch die Verwendung nicht linearer Teilungen der Achsen möglich.
Wird die Temperatur in logarithmischem und die Viskosität in doppeltlogarithmischem Massstab aufgetragen, werden die gekrümmten Kurven zu Geraden (Abb. 5).
Für die Aufzeichnung der Geraden genügt die Messung der Viskosität bei zwei Temperaturen.
Das Viskositäts-Temperatur-Verhalten (VT-Verhalten) von Oelen ist unterschiedlich; das zeigt sich durch verschiedene Steilheit der Geraden im Viskositäts-Temperatur-Diagramm (VT-Diagramm). Zwei Oele, die bei 20° C gleiche Viskosität haben, können bei 100° C stark verschieden flüssig sein. Die Viskosität

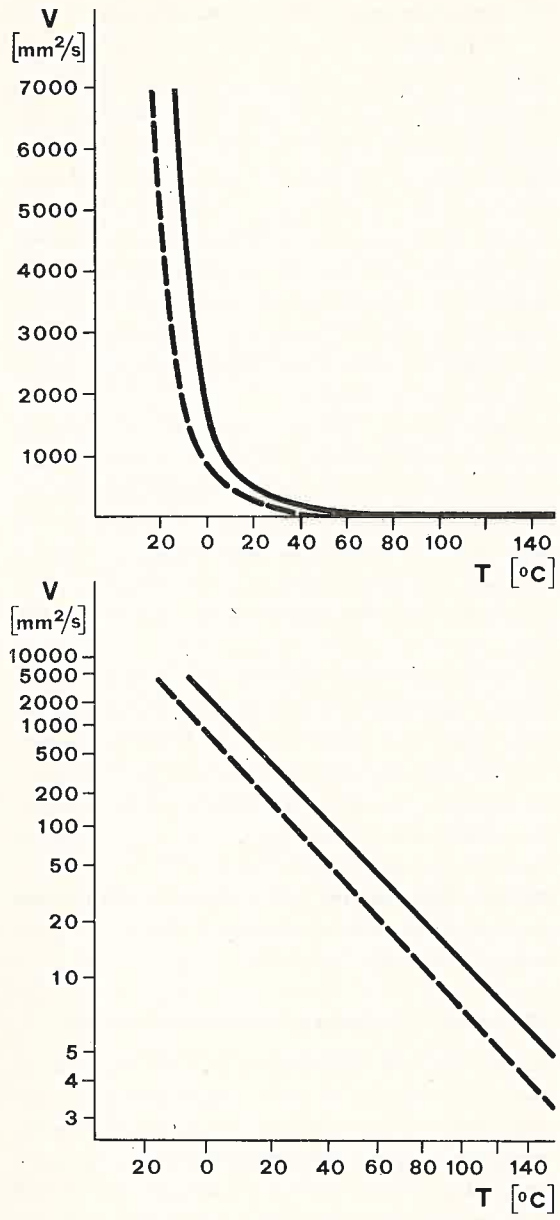

Abb. 5: Viskositäts-Temperatur-Verlauf von zwei Ölen
oben: bei gleichmässiger (linearer) Teilung der Achsen
unten: bei ungleichmässiger (logarithmischer) Teilung der Achsen
V: kinematische Viskosität in mm²/s (cSt)
T: Temperatur in °C

ist für die Vollschmierung von entscheidender Bedeutung. Für Maschinenelemente, die grossen Temperaturschwankungen ausgesetzt sind, ist daher die Kenntnis des VT-Verhaltens des verwendeten Schmierstoffes oder Hydrauliköls wichtig.

Zur Kennzeichnung des VT-Verhaltens wurde der **Viskositätsindex (VI)** geschaffen. Als Massstab dienten zwei Oelsorten (Grundöle verschiedener Herkunft) mit stark unterschiedlichem VT-Verhalten. Für die Oelserie mit der stärkeren Abhängigkeit der Viskosität von der Temperatur (naphtenische Oele) wurde der Index 0 gewählt, für die Oelserie mit der geringeren Abhängigkeit (paraffinische Oele) der Index 100.

Durch Beimischung von chemischen Zusätzen sind heute Oele mit einem Viskositätsindex bis über 200 möglich (Mehrbereichsöle). Zur Bestimmung der Viskositätsindices wurden umfangreiche Tabellenwerke geschaffen.

2.3 Grenzen des Temperatur-Viskositätsgesetzes

Das gezeigte Viskositäts-Temperaturverhalten gilt natürlich nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen. Unter einer gewissen Temperatur ist das Oel nicht mehr fliessfähig. Das kann aufgrund der normalen Zunahme der Viskosität oder durch das Ausscheiden von Paraffinkristallen geschehen. Die Temperatur, bei der das Oel nicht mehr fliesst, wird Stockpunkt oder im englischen Pourpoint genannt. Er wird ebenfalls mit genormten Prüfverfahren festgestellt. Der Pourpoint liegt in der Regel zirka 3° C höher als der Stockpunkt (verschiedene Prüfverfahren).

Nach oben ist das Viskositäts-Temperatur-Gesetz durch das Verdampfen begrenzt. Die Viskositäts-Temperatur-Diagramme gelten nur für die innerhalb dieser Grenzen liegende flüssige Phase.

Ausserdem treten über einer gewissen Temperatur im Schmieröl chemische Veränderungen auf. Die obere Grenze der Einsatztemperatur für Schmieröle ist stark von den Zusätzen abhängig. In Verbrennungsmotoren wird das Oel kurzzeitig Temperaturen bis 300° C ausgesetzt. Im Oelsumpf können die Temperaturen bis auf 150° C steigen.

2.4 Druckabhängigkeit der Viskosität

Die Viskosität steigt mit zunehmendem Druck annähernd exponentiell an. Diese Eigenschaft macht sich aber erst bei sehr hohen Drücken bemerkbar. Bei einem Druck von 1000 bar kann allerdings die Viskosität ein Vielfaches der Viskosität bei atmosphärischem Druck betragen.

Dieses Verhalten ist für die Tragfähigkeit des Schmierfilms auf Zahnflanken von Bedeutung, wo kurzzeitig sehr hohe Drücke auftreten können. Würde dadurch nicht gleichzeitig die Viskosität erhöht, könnte das zu dünne Oel von der Berührungsstelle weichen, was ungenügende Schmierung und erhöhten Verschleiss zur Folge hätte.

2.5 Wärmeleitfähigkeit, Wärmeaufnahmevermögen

Durch Reibung entsteht Wärme. Ueberall, wo Schmierung notwendig ist, muss auch Wärme abgeführt werden. Das Schmiermittel ist meistens dem Entstehungsort der Wärme näher als Kühlwasser oder Kühlluft und eignet sich deshalb gut für die Wärmeabfuhr, das heisst zur Kühlung kritischer Stellen.

Extreme Anforderungen werden in dieser Hinsicht im Motor an das Oel gestellt, muss es doch zusätzlich zur Reibungswärme noch einen Teil der Verlustwärme des Verbrennungsprozesses aus den Zylindern abführen.

Dank der Wärmeleitfähigkeit und dem Wärmeaufnahmevermögen (spezifische Wärme) erfüllt des Oel seine Aufgabe als Kühlmittel.

Die Kühlwirkung von Oel ist allerdings geringer als die von Wasser; das zeigt ein Vergleich der betreffenden Stoffwerte.

Wärmeleitzahl bei 50° C:

Oel: 0,13 W/m K (0,11 kcal/m h ° C)
Wasser: 0,64 W/m K (0,55 kcal/m h ° C)

Spezifische Wärme bei 50° C:

Oel: 1,97 kJ/kg K (0,47 kcal/kg ° C)
Wasser: 4,19 kJ/kg K (1 kcal/kg ° C)

Die Wärmeleitfähigkeit von Oel ist demnach 5 mal kleiner und das Wärmeaufnahmevermögen rund halb so gross wie das von Wasser.

2.6 Verhalten gegen Dichtungsmaterial

An Dichtungen aus Gummi und Kunststoff ist möglichst geringes Quellen erwünscht. Das Quellen und Erweichen von Dichtungen hat deren vorzeitigen Verschleiss zur Folge. Das Quellverhalten ist in erster Linie eine Eigenschaft der Grundöle und hängt von deren Zusammensetzung ab (Aromatengehalt).

3. Verbesserung der Eigenschaften des Oels durch Zusätze (Additive)

Die Anforderungen an die Schmierstoffe werden ständig gesteigert.
Reines Mineralöl (Grundöl) erfüllt diese zum Teil sehr spezifischen Aufgaben nicht mehr. Die chemische Industrie hat Stoffe geschaffen, die, dem Oel beigemischt, dessen Eigenschaften ganz gezielt verändern können.
Diese Stoffe werden Zusätze, Wirkstoffe oder Additive genannt. Oele, die mit solchen Zusätzen versehen sind, nennt man legierte oder inhibierte Oele.

3.1 Schmierfähigkeitsverbesserer, Verschleissschutzzusätze

Schmierfähigkeits- oder Filmfestigkeitsverbesserer bewirken ein besseres Haften des Oels an der Metalloberfläche und verstärken dadurch den Schmierfilm. Die Moleküle dieser Wirkstoffe werden an der Metalloberfläche adsorbiert (physikalisch gebunden).
Hochdruck- oder EP- (extreme pressure) Additive werden bei hohen Drücken und Temperaturen, wie sie in Verzahnungen örtlich auftreten können, chemisch mit der Metalloberfläche gebunden und verhindern dadurch Fressschäden. Sie werden deshalb auch als **Verschleissschutzadditive** bezeichnet. EP-Zusätze sind bei normalen Betriebstemperaturen reaktionsträge und wirken erst, wenn bei extremer Belastung die Vollschmierung nicht mehr aufrechterhalten werden kann, das heisst, wenn unmittelbare örtliche Berührungen der Gleitflächen stattfinden. Bei den an den Berührungsstellen blitzartig auftretenden sehr hohen Temperaturen werden die im Oel gelösten Hochdruckzusätze chemisch aktiviert und bilden auf den betroffenen Stellen augenblicklich Schutzschichten, die ein «Verschweissen» der Gleitflächen verhindern.

3.2 Viskositätsindexverbesserer, Stockpunktverbesserer

Viskositätsindexverbesserer (VI-Verbesserer) sind Additive, die eine Verflachung des Viskositäts-Temperatur-Verhaltens bewirken und dadurch den Temperaturbereich, bei dem ein Oel eingesetzt werden kann, erweitern (siehe Abb. 11, Abschnitt 5).
Es sind Polymere (Kunststoffmoleküle), die wesentlich grösser sind als die Schmierölmoleküle. Die Wirksamkeit dieser Zusätze wird dadurch erklärt, dass sie bei niederer Temperatur geknäuelt (eng verschlungen) sind und sich mit zunehmender Temperatur öffnen und strecken.
Dadurch beeinflussen VI-Verbesserer die gegenseitige Bewegung der Oelmoleküle mit steigender Temperatur stärker und wirken der natürlichen Viskositätsänderung des Oels entgegen. VI-Verbesserer ermöglichen die Herstellung sogenannter Ganzjahresöle bzw. Mehrbereichsöle (Multigrade-Oele). Mehrbereichs-Motorenöle haben heute grosse Verbreitung.
Als Getriebeöle sind Oele mit VI-Verbesserern noch weniger verbreitet. Die Getriebehersteller sind in der Anwendung von Oelen mit VI-Verbesserern zurückhaltend, weil die grossen Moleküle bei der Beanspruchung in Verzahnungen zerstört werden können, was im Betriebstemperaturbereich eine unerwünschte Viskositätserniedrigung zur Folge hat.
Stockpunktverbesserer oder **Stockpunkterniedriger** verbessern die Fliesseigenschaften des Oels bei tiefen Temperaturen.

3.3 Oxidationsinhibitoren, Korrosionsinhibitoren

Durch Luft- und Sauerstoffeinwirkung bei erhöhter Temperatur werden im Oel – begünstigt durch Metallabrieb – Säuren gebildet, die auf Metallteile korrodierend wirken. **Oxidationsinhibitoren** verzögern die Oxidation des Oels und begünstigen die Bildung von korrosionshemmenden chemischen Schutzschichten auf Metalloberflächen.
Durch Erwärmung und Abkühlung von Maschinenteilen kondensiert Wasser aus der Luft. In Motoren entstehen durch den Verbrennungsprozess aggressive chemische Verbindungen. Ein Teil dieser Stoffe gelangt auch ins Kurbelgehäuse. Sauerstoff, Wasser und andere korrosive Stoffe greifen ungeschützte Metallflächen an.
Korrosionsinhibitoren bilden auf Metalloberflächen dichte, chemische Ueberzüge und schützen sie dadurch vor dem Zutritt von Feuchtigkeit, Luft und anderen korrosiv-wirkenden Stoffen.

3.4 Detergents, Dispersants

In Motoren entstehen durch unvollkommene Verbrennung des Treibstoffes koksartige Rückstände, die sich an Kolben, Kolbenringen und Ventilen ablagern können.
Im Bereich der obersten Kolbenringe treten Temperaturen auf, bei denen des Oel oxidieren und harz- und lackartige Verbindungen bilden kann.

Mischreibung und damit verbundener Verschleiss ist in keiner Maschine ganz zu vermeiden. Kleine Festkörperteilchen werden von den Gleitflächen losgerissen. Durch die Umgebungsluft gelangt immer Staub aller Art in Maschinen. All diese Verunreinigungen müssen durch das Oel losgelöst und fortgespült werden, um ein einwandfreies Arbeiten der Maschinenteile zu gewährleisten.

Detergents sind Stoffe mit Reinigungswirkung. Sie sorgen dafür, dass Ablagerungen, die vor allem im Brennraum von Motoren unvermeidlich sind, sofort wieder abgelöst werden. **Dispersants** zerteilen die gelösten Festkörper (Verbrennungsruss, Abrieb usw.) in kleinste Teilchen und halten sie dadurch in Schwebe. Sie bewirken, dass sich diese Fremdstoffe nicht an Motorteilen (Kolben, Kolbenringe) festsetzen können und verhindern das Absetzen von Schlamm.

3.5 Schaum-Inhibitoren

Schaum beeinträchtigt die Pumpfähigkeit des Oels. Dies kann mangelnde Schmierölversorgung oder Störungen in Hydrauliksystemen bewirken. Luftgehalt im Oel verschlechtert die Schmierwirkung. Entschäumer (Schaum-Inhibitoren) bewirken ein rasches Zusammenbrechen von Luftblasen und verhindern dadurch die Schaumbildung.

3.6 Reibungszahl-Veränderer

Reibungszahl-Veränderer beeinflussen die Reibungszahl bestimmter Maschinenelemente im Bereich des Gleitens mit kleiner Geschwindigkeit und des Haftens. Sie bewirken einen sanften Uebergang von der Bewegungsreibung zur Ruhereibung (siehe Abschnitt 4.3, Getriebeöle mit besonderem Reibverhalten).

4. Klassierung und Spezifizierung der Oele

Verschiedene Maschinenteile stellen verschiedene Anforderungen an das Oel. Besonders durch die Beimischung von chemischen Zusätzen können die Oele gezielt diesen Bedürfnissen angepasst werden.

Durch die differenzierte Abstimmung der Oele auf die Art und die Betriebsbedingungen bestimmter Maschinenteile ist die Oelpalette, die von der Schmierstoffindustrie angeboten wird, ständig gewachsen und unübersichtlicher geworden. Jede Oelfirma bezeichnet überdies ihre Produkte aus verständlichen Gründen mit eigenen Namen, was die Uebersicht noch schwieriger macht.

In der Praxis müsen sich jedoch Konstrukteure, Maschinenhalter und Oelfachleute verständigen können, wenn diese fein abgestuften Oeleigenschaften zur Wirkung kommen sollen.

Verschiedene private, militärische, nationale und internationale Organisationen sind deshalb ständig bemüht, die neuesten Erkenntnisse zu koordinieren.

Eine erste Gruppierung der Oele für Fahrzeuge wird allgemein durch die Unterscheidung von Motorenölen, Getriebeölen und Hydraulikölen vorgenommen.

Die feinere Klassierung und Spezifizierung erfolgt dann entsprechend den Vorschriften und Vorschlägen verschiedener – zum Teil weltweit anerkannter Organisationen.

4.1 Motorenöle

4.1.1 Anforderungen

Im Verbrennungsmotor muss das Oel das breiteste Aufgabenspektrum erfüllen. Zahlreiche Lagerstellen, Kolben bzw. Zylinder, Nockenwellen und Ventile erfordern eine ausreichende Schmierung bei sehr unterschiedlichen, im Betrieb wechselnden Temperaturen. Herabsetzung von Reibkräften und damit **Verschleissminderung** ist deshalb Hauptaufgabe des Motorenöls. Zwischen Kolben, Kolbenringen und Zylinderlaufflächen hilft das Oel bei der **Abdichtung.** Es darf dort selbst bei Temperaturen bis über 300° C weder verkohlen noch verbrennen. Vielmehr muss es gerade dort, und auch aus Lagern Wärme abführen, das heisst **kühlen.** Zudem soll es die durch die Verbrennung anfallenden aggressiven Stoffe **neutralisieren** und **Korrosion verhindern.** Und schliesslich muss der Motor fortwährend von Verbrennungsrückständen und Abnützungsprodukten **gereinigt** werden. Bei den heute üblichen Motorenölen (HD-Oelen) werden diese Verunreinigungen ständig in Schwebe gehalten und beim Oelwechsel mit dem alten Oel aus dem Motor entfernt. Die Bezeichnung HD (Heavy Duty) für diese unter anderem mit Detergent- und Dispersant-Zusätzen versehenen Motorenöle stammt von einer alten Klassierung (siehe Abb. 7, Abschnitt 4.1.3).

4.1.2 Klassierung der Viskosität

Die Viskosität des Oels ist für die Vollschmierung (Flüssigkeitsreibung), wie sie im betriebswarmen Motor an den meisten Stellen vorliegt, von entscheidender Bedeutung. Allerdings hat die Erfahrung gezeigt, dass für eine sichere Schmierung von Motoren und Getrieben die Viskosität innerhalb ziemlich weit gesteckten Grenzen schwanken darf. Die Society of Automotive Engineers (SAE) hat dem bei der Klassierung der Viskosität Rechnung getragen. Die SAE-Klassierung J 300 c findet heute weltweite Anwendung.

Als Bezugstemperaturen für die Viskositäts-Klassierung wählte die SAE 0° F (– 17,8° C) und 210° F (98,9° C) entsprechend den Oeltemperaturen in Kraftfahrzeugen beim Kaltstart im Winter respektiv im Normalbetrieb. Im Tieftemperaturbereich stützt sich die Klassierung auf die gemessene dynamische Viskosität (Rotationsviskosimeter), im Hochtemperaturbereich auf die gemessene kinematische Viskosität (Kapillarviskosimeter) (Tab. 1, Abb. 6).

Oele, deren Viskosität bei 98,9° C festgelegt sind, werden durch die Bezeichnung SAE und die entsprechende Ziffer der Klasse bezeichnet, also zum Beispiel SAE 20.

Oele, deren Viskositäten bei – 17,8° C festgelegt sind, erhalten zur Klassenziffer noch den Zusatz W (Winter), also SAE 20W.

Tabelle 1: Motorenöl-Viskositäts-Klassierung nach SAE J 300 c (Ausgabe Dezember 1975) gemäss DIN E 51511

SAE-Viskositäts-klasse	dynamische Viskosität bei −17,8° C (≙ 0° F)		kinematische Viskosität bei 98,9° C (≙ 210° F)	
	mindestens mPa·s (cP)	höchstens mPa·s (cP)	mindestens mm²/s (cSt)	höchstens mm²/s (cSt)
5W	–	unter 1200		
10W	1200 [1]	unter 2400	3,9	–
20W [3]	2400 [2]	unter 9600		
20	–	–	5,7	unter 9,6
30	–	–	9,6	unter 12,9
40	–	–	12,9	unter 16,8
50	–	–	16,8	unter 22,7

[1]) Diese Forderung entfällt, wenn die kinematische Viskosität bei 98,9° C über 4,2 mm²/s (cSt) liegt.
[2]) Diese Forderung entfällt, wenn die kinematische Viskosität bei 98,9° C über 5,7 mm²/s (cSt) liegt.
[3]) SAE 20W-Oele mit einer dynamischen Viskosität < 4800 mPa·s (cP) bei −17,8° C können auch SAE 15W genannt werden.

Und Oele, die bei beiden Prüftemperaturen festgelegt sind, werden auch durch beide Angaben gekennzeichnet; für unser Beispiel also mit SAE 20W-20.

Aehnlich sieht die Klassierung von Mehrbereichsölen (Multigrade-Oele) aus. Sie zeichnen sich da-

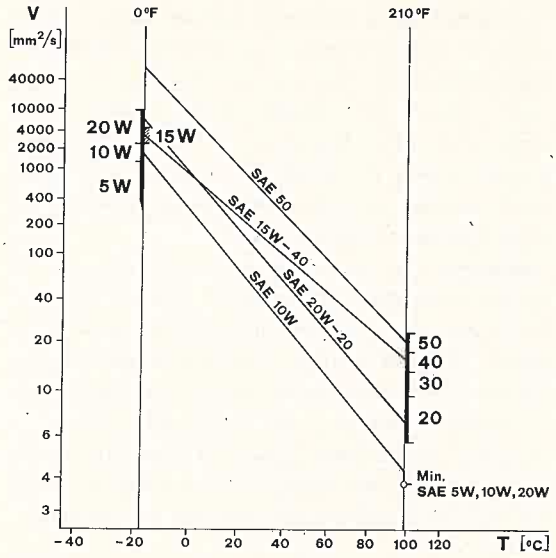

Abb. 6: Darstellung der SAE-Klassierung für Motorenöle im Viskositäts-Temperaturdiagramm.
Beispiele für Einbereichsöle SAE 10W, SAE 20W-20, SAE 50 und für ein Mehrbereichsöl SAE 15W-40.
V: kinematische Viskosität in mm²/s (cSt)
T: Temperatur in °C

durch aus, dass sie bei 98,9° C in einer höheren Klasse eingeteilt werden können als bei −17,8° C. Die Bezeichnungen SAE 20W-30, 10W-50, usw. sind demnach Klassifikationen für Mehrbereichsöle.

4.1.3 Klassierung nach Anwendungsbereich

Die Möglichkeit der Anpassung der Oeleigenschaften an die Einsatzbedingungen durch Zusätze machen neben der Viskositätsangabe auch eine Klas-

Tabelle 2: Motorenöl-Klassierung nach API (American Petroleum Institut) für Oele, die vorzugsweise in Benzinmotoren eingesetzt werden (Service-Class)

API-Klasse	Anwendungsgebiet:	Bemerkungen:
SA	Benzin- und Dieselmotoren ohne Aufladung unter sehr leichten Betriebsbedingungen.	Unlegiertes Motorenöl
SB	Niedrig belastete Benzinmotoren.	Zusätze gegen Verschleiss, Oxidation und Korrosion. Entsprechende Oele sind seit 1930 auf dem Markt. Entspricht der Spezifikation MIL-L-2104 A.
SC	Benzinmotoren von Personen- und Lastwagen der Baujahre 1964–1967.	Zusätze gegen Hoch- und Tieftemperaturablagerungen sowie gegen Verschleiss, Oxidation und Korrosion. Entspricht den Spezifikationen MIL-L-2104 B/ FORD ESE M2C-101-A
SD	Benzinmotoren von Personen- und Lastwagen der Baujahre 1968–1971. Auch für Motoren geeignet, die ein Oel der API-Klasse SC erfordern.	Besserer Schutz gegen Hoch- und Tieftemperaturablagerungen sowie gegen Verschleiss, Rost und Korrosion als Oele der API-Klasse SC. Entspricht den Spezifikationen MIL-L-2104 B / FORD ESE M2C-101-B/GM 6041 M.
SE	Benzinmotoren von Personen- und Lastwagen ab Baujahr 1972 und einigen Modellen des Baujahres 1971. Auch für Motoren geeignet, die ein Oel der API-Klasse SC erfordern.	Gegenüber Oelen der API-Klassen SC und SD nochmals verbesserter Schutz gegen Hochtemperaturablagerungen sowie gegen Oxidation, Rost und Korrosion. Entspricht den Spezifikationen MIL-L-46152 / FORD ESE M2C-101-C / FORD SSM-2C-9001-AA/GM 6136 M.

Tabelle 3: Motorenöl-Klassierung nach API (American Petroleum Institut) für Oele, die vorzugsweise in Dieselmotoren eingesetzt werden (Commercial-Class)

API-Klasse	Anwendungsgebiet:	Bemerkungen:
CA	Nicht aufgeladene Dieselmotoren, die unter leichten Betriebsbedingungen arbeiten und mit Treibstoff hoher Qualität (geringer Schwefelgehalt) betrieben werden. Benzinmotoren unter normalen Betriebsbedingungen.	Zusätze gegen Hochtemperaturablagerungen und gegen Lagerkorrosion. Entspricht der Spezifikation MIL-L-2104 A.
CB	Nicht aufgeladene Dieselmotoren, die unter leichten bis mässigen Betriebsbedingungen arbeiten und mit Treibstoffen minderer Qualität (hoher Schwefelgehalt) betrieben werden. Benzinmotoren unter normalen Betriebsbedingungen.	Erhöhter Schutz gegen Hochtemperaturablagerungen, Verschleiss und Lagerkorrosion. Entspricht den Spezifikationen MIL-L-2104 A Supplement 1/DEF 2101 D.
CC	Leicht aufgeladene Dieselmotoren unter mässigen bis schweren Betriebsbedingungen. Benzinmotoren unter schweren Betriebsbedingungen.	Zusätze gegen Hochtemperaturablagerungen, Verschleiss und Lagerkorrosion in leicht aufgeladenen Dieselmotoren sowie gegen Tieftemperaturablagerungen, Verschleiss, Rost und Korrosion in Benzinmotoren. Entspricht den Spezifikationen MIL-L-2104 B / MIL-L-46152.
CD	Aufgeladene, schnellaufende Dieselmotoren, die unter schweren Betriebsbedingungen arbeiten und mit Treibstoffen unterschiedlicher Qualität betrieben werden.	Zusätze gegen Hochtemperaturablagerungen, Verschleiss und Lagerkorrosion, bei Verwendung von Treibstoffen unterschiedlicher Qualität. Entspricht den Spezifikationen MIL-L-2104 C / MIL-L-45199 B / Caterpillar Series 3.

Tabelle 4: MIL-L-Spezifikationen für Motorenöle (Department of Defence, USA)

MIL-L-Spezifikation	Anwendungsgebiet:	Bemerkungen:
2104 A *)	Benzin- und Dieselmotoren unter mässigen Betriebsbedingungen.	
2104 A *) Supplement 1	Benzin- und Dieselmotoren unter mässigen bis schweren Betriebsbedingungen. Dieselmotoren die mit Kraftstoffen mit erhöhtem Schwefelgehalt (Schwefelgehalt bis 1%) betrieben werden.	Entspricht der Spezifikation Caterpillar Series 1.
2104 B *)	Benzin- und Dieselmotoren unter mässigen bis schweren Betriebsbedingungen und für Kurzstreckenbetrieb.	Oele der Spezifikation MIL-L-2104 A vor allem im Kurzstreckenbetrieb überlegen. Entspricht der Spezifikation Caterpillar Series 2.
2104 C	Benzin- und Dieselmotoren (mit und ohne Aufladung) unter mässigen bis schweren Betriebsbedingungen einschliesslich Kurzstreckenbetrieb.	Entspricht der Spezifikation Caterpillar Series 3.
45199 B *)	Sehr hoch belastete (aufgeladene) Dieselmotoren, die unter schweren Betriebsbedingungen und mit Kraftstoffen mit erhöhtem Schwefelgehalt betrieben werden.	Entspricht der Spezifikation Caterpillar Series 3.
46152	Benzin- und Dieselmotoren (auch schwach aufgeladene), unter mässigen bis schweren Betriebsbedingungen. Speziell für den Einsatz im extremen Kurzstreckenbetrieb (niedrige Betriebstemperatur).	

*) Nicht mehr gültige Spezifikation.

sierung der Oele entsprechend dem Anwendungsbereich bzw. der Oel-Qualität notwendig.

Die 1970 geschaffene Klassierung des API (American Petroleum Institute) wurde in enger Zusammenarbeit mit der SAE (Society of Automotive Engineers) und der ASTM (American Society for Testing and Materials) entwickelt. Die Einteilung sieht zwei Hauptgruppen von Motorenölen vor:

Die S-Klasse (Service-Class) wurde für Reparatur-Werkstätten und Tankstellen geschaffen und betrifft Oele, die vorzugsweise in Benzinmotoren eingesetzt werden.

Die C-Klasse (Comercial-Class) behandelt vorzugsweise Oele für Dieselmotoren und wurde für Werkgaragen, Transport- und Bauunternehmen geschaffen. Diese API-Klassen sind auch in den Betriebsanleitungen von Traktoren und Landmaschinen zu finden (Tab. 2, Tab. 3).

Weite Verbreitung haben auch die MIL-L-Spezifikationen der USA-Streitkräfte gefunden (Tab. 4).

In Betriebsanleitungen englischer Fabrikate ist die Spezifikation DEF-2101D des Ministry of Defence in Gebrauch. Daneben haben einzelne Firmen wie Caterpillar, Daimler Benz, Ford, General Motors, Mack, Saurer usw. ihre hauseigenen Vorschriften erstellt.

Neben den API-Klassen von 1970 treffen wir vor allem in älteren Betriebsanleitungen noch auf zwei alte Klassierungssysteme des API von 1947 und 1952 (Abb. 7).

Zur Abklärung, ob ein Oel die Anforderungen einer bestimmten Spezifikation erfüllt, sind umfangreiche Motorenteste notwendig. Die Durchführung der Prüfläufe und die Beurteilungskriterien sind bis ins einzelne festgelegt.

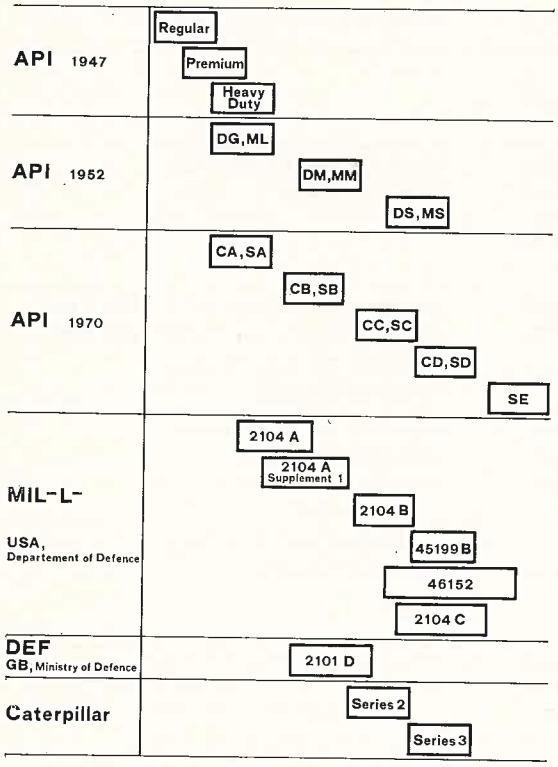

Abb. 7: Vergleichende Zuordnung der hauptsächlichsten Motorenöl-Spezifikationen.

Neben den oben aufgeführten Firmen, Instituten und Verbänden hat in den USA auch das CRC (Coordinating Research Council) Motorentests festgelegt. Seit 1963 werden vom CEC (Coordinating European Council for the Development of Performance Tests for Lubricants and Engine Fuels) europäische Motorentests genormt.

4.2 Getriebeöle

4.2.1 Anforderungen

Allgemein ist das Pflichtenheft für Getriebeöle etwas schmäler als das der Motorenöle, was nicht heisst, dass an das Oel geringere Anforderungen gestellt werden. Hauptaufgabe des Oels ist auch hier die Verschleissminderung. Zahnräder arbeiten oft im Mischreibungsgebiet. Je nach Umfanggeschwindigkeit und Belastung genügen die Viskositätskräfte nicht um einen tragfähigen Schmierfilm aufrechtzuerhalten.

Oele für hochbelastete Getriebe enthalten deshalb Zusätze, die sich mit der Metalloberfläche physikalisch oder chemisch verbinden und dadurch eine Schutzschicht bilden. Entsprechend diesen Zusätzen heissen solche Oele Hochdruck- oder HP-Oele (High Pressure) bzw. Höchstdruck- oder EP-Oele (Extreme Pressure). Bestimmte EP-Oele stellen erhöhte Anforderungen an Dichtungs- und Lagermaterial und sollen deshalb nur dort verwendet werden, wo sie vom Maschinenhersteller verlangt werden.

4.2.2 Klassierung der Viskosität

Auch für Getriebeöle hat die Viskositätsklassierung der SAE weltweite Bedeutung. In der Klassifikation SAE J 306 von 1953 wurden zur Einteilung der Viskositätsbereiche ähnlich wie bei den Motorenölen die Bezugstemperaturen 0° F (– 17,8° C) und 210° F (98,9° C) gewählt. (Tab. 5 und Abb. 8).

Tabelle 5: Bisherige Getriebeöl-Viskositäts-Klassierung nach SAE J 306 gemäss DIN 51512 (Ausgabe März 1973)

SAE-Viskositäts-klasse	Kinematische Viskosität bei –17,8 °C (≙ 0 °F)		98,8 °C (≙ 210 °F)	
	mindestens mm²/s (cSt)	höchstens mm²/s (cSt)	mindestens mm²/s (cSt)	höchstens mm²/s (cSt)
75	–	unter 3'250	4,2	–
80	3250 [1])	unter 21'700		
90	–	–	14,2	unter 25,0 [2])
140	–	–	25,0	unter 43,0
250	–	–	43,0	–

[1]) Diese Forderung fällt weg, wenn die kinematische Viskosität bei 98,9° C nicht unter 6,7 mm²/s (cSt) liegt.

[2]) Diese Forderung fällt weg, wenn die kinematische Viskosität bei –17,8° C nicht über 162'900 mm²/s (cSt) liegt.

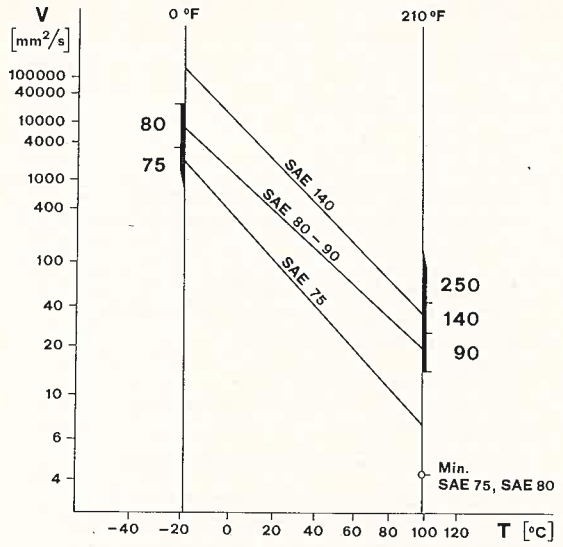

Abb. 8: Darstellung der bisherigen SAE-Klassierung für Getriebeöle im Viskositäts-Temperatur-Diagramm. Beispiele für Einbereichsöle SAE 75, SAE 140 und für ein Mehrbereichsöl SAE 80–90.
V: kinematische Viskosität in mm²/s (cSt)
T: Temperatur in °C

Die Klassen SAE 75 und SAE 80 wurden bei der Temperatur von – 17,8° C festgelegt; die Klassen SAE 90, SAE 140 und SAE 250 bei 98,9° C. Bei beiden Bezugstemperaturen stützte sich die Klassierung auf die gemessene kinematische Viskosität. Mehrbereichsöle, das heisst Oele, die bei 98,9° C in einer höheren Klasse eingereiht werden konnten als bei – 17,8° C, wurden durch die Angabe beider Klassenziffern gekennzeichnet, zum Beispiel SAE 80–90.

Diese Klassierung wurde 1974 geändert. Die neue Klassierung (SAE J 306 b) ist etwas anders aufgebaut. Anstelle von bisher 5 sind jetzt 6 SAE-Zahlen im Gebrauch. Im Tieftemperaturbereich wird für die Oele 75W, 80W, 85W bei der dynamischen Viskosität von 150 000 mPa · s der Temperaturbereich festgelegt.

Diese Klassen sind mit dem Zusatzbuchstaben W (Winter) bezeichnet, ähnlich wie bei der Klassierung der Motorenöle. Die Bezeichnung ist allerdings weniger eindeutig und klar, weil für die Klassen 75W, 80W und 85W auch im Hochtemperaturbereich (98,9° C) Minimalwerte für die Viskosität festgelegt sind. Es ist dadurch auch möglich, Mehrbereichsöle wie SAE 75W-80W und 80W-85W zu bilden. In der Praxis werden sich jedoch vor allem die Mehrbereichsöle SAE 80W-90 und 85W-140 einführen. Die Klassen SAE 90, 140 und 250 wurden unverändert vom alten System übernommen (Tab. 6, Abb. 9).

Die Klassierung der Getriebeöle stellt keine logische Fortsetzung derjenigen der Motorenöle dar. Ein Motorenöl SAE 20 kann dieselbe Viskosität aufweisen wie ein Getriebeöl SAE 80W (siehe Abb. 12, Abschnitt 6).

4.2.3 Klassierung nach Anwendungsgebiet

Damit die nach der Viskosität klassierten Getriebeöle auch gemäss ihren chemischen Zusätzen (Additiven) richtig eingesetzt werden können, sind weitere Klassierungen notwendig.

Das API hat auch für die Getriebeöle entsprechende Richtlinien aufgestellt. Die API-Getriebeöl-Klassifikation, an den Kennbuchstaben GL (Gear Lubricant) erkenntlich, teilt die Oele entsprechend der zumutbaren Belastung in sechs Stufen ein. Für die Stufen 1 bis 3 ist die Erfüllung bestimmter Tests nicht festgelegt. Die Einstufung in diese Klassen erfolgt von den Mineralölfirmen auf eigene Verantwortung. Für die Stufen 4, 5 und 6 hat die ASTM (American Society for Testing and Materials) Anforderungsnormen geschaffen. (Laboratory Performance Tests for API GL-4, GL-5 and GL-6 Automotive Gear Lubricants.) (Tab. 7)

Die USA-Streitkräfte schufen ebenfalls eigene Vorschriften für Getriebeöl. Sie haben in Europa grössere Bedeutung erlangt als die API-Klassifikation.

Tabelle 6: Neue Getriebeöl-Viskositäts-Klassierung nach SAE J 306 b (Ausgabe Oktober 1974)

SAE-Viskositäts-klasse	Maximal-Temperatur für eine dynamische Viskosität von 150 000 mPa · s (cP) °C	Kinematische Viskosität bei 98,9 °C (≙ 210 °F)	
		mindestens mm²/s (cSt)	höchstens mm²/s (cSt)
75W	– 40	4,2	–
80W	– 26	7,0	–
85W	– 12	11,0	–
90	–	14,2	25,0
140	–	25,0	43,0
250	–	43,0	–

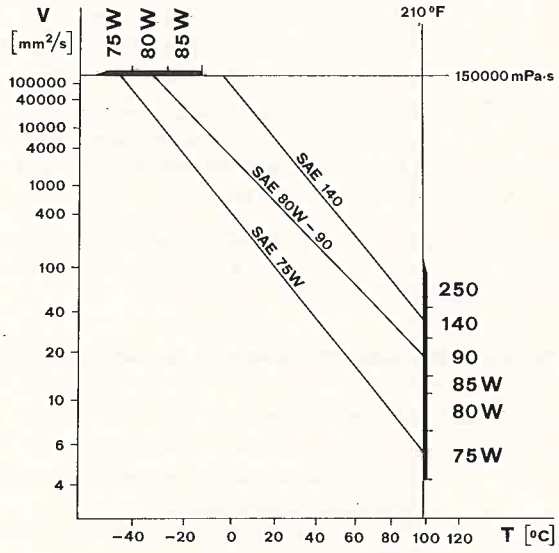

Abb. 9: Darstellung der neuen SAE-Klassierung für Getriebeöle im Viskositäts-Temperatur-Diagramm. Beispiele für Einbereichsöle SAE 75W, SAE 140 und für ein Mehrbereichsöl SAE 80W–90.
V: kinematische Viskosität in mm²/s (cSt)
T: Temperatur in °C

Tabelle 7: Getriebeöl-Klassierung nach API (American Petroleum Institut)

API-Klasse	Anwendungsgebiet:	Bemerkungen:
GL-1	Zahnrad- und Schneckengetriebe einschliesslich bogenverzahnte Kegelradgetriebe unter leichten Betriebsbedingungen.	Unlegiertes Getriebeöl
GL-2	Zahnrad- und Schneckengetriebe einschliesslich bogenverzahnte Kegelradgetriebe unter mässigen Betriebsbedingungen.	Legiertes Getriebeöl ohne EP-Zusätze. Enthält oxidations-, schaum- und korrosionsverhindernde Zusätze.
GL-3	Bogenverzahnte Hinterachsgetriebe und handgeschaltete Getriebe unter mässigen Betriebsbedingungen.	Mildlegiertes Hochdruckgetriebeöl *). Zusätze wie GL-2, zusätzlich Verschleissschutzadditive (EP-Zusätze).
GL-4	Hypoidverzahnte Achsantriebe unter mässigen Betriebsbedingungen und hochbeanspruchte Schaltgetriebe.	Hochdruckgetriebeöl *). Zusätze wie GL-3, jedoch von höherer Konzentration. Entspricht der Spezifikation MIL-L-2105.
GL-5	Hypoidverzahnte Achsantriebe unter schweren Betriebsbedingungen (starke Wechselbelastungen oder grosser Achsversatz). Bei Schaltgetrieben nur für bestimmte Synchronisierungen geeignet.	Hypoid- oder Höchstdruckgetriebeöl (EP-Oel) *); entspricht den Spezifikationen MIL-L-2105 B und MIL-L-2105 C. Stellt höhere Anforderungen an Dichtungs- und Lagermaterial.
GL-6	Hypoidverzahnte Achsantriebe mit grossem Achsversatz unter extremer Beanspruchung (Achsversatz über 50 mm bzw. 25% des Tellerraddurchmessers).	Hypoid- oder Höchstdruckgetriebeöl (EP-Oel) *). Stellt höhere Anforderungen an Dichtungs- und Lagermaterial.

*) Die Bezeichnungen Hochdruck-, Höchstdruck-, Hypoid- und EP-Oel sind den API-Klassifikationsstufen nicht verbindlich zugeordnet. So werden beispielsweise Oele der API-Klasse GL-4 unter allen genannten Bezeichnungen angeboten.

Tabelle 8: MIL-L-Spezifikationen für Getriebeöle (Department of Defence, USA)

MIL-L-Spezifikation	Anwendungsgebiet:	Bemerkungen:
2105	Hochbeanspruchte Schaltgetriebe und mässig belastete Achsantriebe. Hypoidverzahnte Achsantriebe mit kleinem Achsversatz.	Mehrzweckgetriebeöl. Entspricht der Klassifikation API GL-4.
2105 B	Hypoidverzahnte Achsantriebe mit grossem Achsversatz bzw. unter extremer Beanspruchung.	Entspricht der Klassifikation API GL-5. Stellt höhere Anforderungen an Dichtungs- und Lagermaterial.
2105 C	Hypoidverzahnte Achsantriebe mit grossem Achsversatz bzw. unter extremer Beanspruchung.	Entspricht der Klassifikation API GL-5; erfüllt die Spezifikation Ford M2C-105-A. Gegenüber MIL-L-2105 B nochmals verbessertes Korrosionsschutz- und Schaumverhalten. Enthält erstmals Mehrbereichsöle der SAE-Klassen 80W-90 und 85W-140. Stellt höhere Anforderungen an Dichtungs- und Lagermaterial.

Die Spezifikationen MIL-L-2105 und MIL-L-2105 B haben auch in Schmierstoffvorschriften von Landmaschinen Eingang gefunden (Tab. 8).

Der Nachweis, dass ein Oel einer dieser Spezifikationen entspricht, erfolgt aufgrund ausgedehnter Versuchsläufe auf Achsen-Prüfständen unter Verwendung von serienmässigen Achsenteilen.

Ob die Schmierfähigkeit eines Getriebeöls ausreicht, zeigt letzten Endes nur der praktische Fahrversuch. Für Vergleiche von Schmierstoffen und für die Ueberwachung der Qualität wurden jedoch verschiedene mechanische Prüfverfahren festgelegt. Das in Europa bekannteste wurde von der Forschungsstelle für Zahnräder und Getriebebau der Technischen Hochschule München entwickelt und in der Norm DIN 51354 festgelegt.

Bei der mechanischen Prüfung von Getriebeölen in der FZG-Zahnrad-Verspannungs-Prüfmaschine laufen genormte Zahnräder unter definierten Bedingungen im zu prüfenden Oel.

Die Beanspruchung der Zahnflanken wird stufenweise gesteigert. Nach jeder Kraftstufe werden die Zahnräder ausgebaut und auf Abnützung und Schäden wie Kratzer, Riefen und Fresser untersucht. Die Kraftstufe, bei der eine auffällig starke Zunahme des Verschleisses auftritt, die sogenannte Schadens-

Tabelle 9: Anhaltswerte für Schadens-Kraftstufen verschiedener Getriebeöle bei der mechanischen Prüfung in der FZG-Zahnrad-Verspannungs-Prüfmaschine

Oeltyp	API-Klasse	Schadens-Kraftstufe
Unlegierte Getriebeöle	GL-1	6
Mildlegierte Hochdruckgetriebeöle	GL-3	10
Hochdruckgetriebeöle, EP-Oele	GL-4, GL-5	über 12

Kraftstufe, ist ein Mass für die Schmierfähigkeit des Getriebeöls (Tab. 9).

4.3 Getriebeöle mit besonderen Reibverhalten

Die Anforderungen an das Reibverhalten sind je nach Getriebeart sehr verschieden. Im Gegensatz zum Motor, wo das Oel – neben spezifischen Motoröl-Eigenschaften – die Reibung und damit den Verschleiss so stark als möglich reduzieren soll, erfordern synchronisierte Getriebe, und noch in grösserem Masse Lastschaltgetriebe, oft bestimmte eng umgrenzte Reibcharakteristiken.

Die zuverlässige Funktion von **automatischen Getrieben** hängt weitgehend von der Einhaltung eines bestimmten zeitlichen Ablaufes der Schaltvorgänge ab. Dazu müssen Automatikgetriebeöle, im amerikanischen Sprachgebrauch Automatic Transmission Fluids (ATF), über einen weiten Temperaturbereich und lange Betriebsdauer möglichst geringfügige Veränderungen in ihrem physikalischen Verhalten zeigen. Geringe Viskositätsänderungen, gutes Oxidations- und Schaumverhalten und die Einhaltung eines bestimmten Reibverhaltens sind die wichtigsten Eigenschaften von Automatic Transmission Fluids.

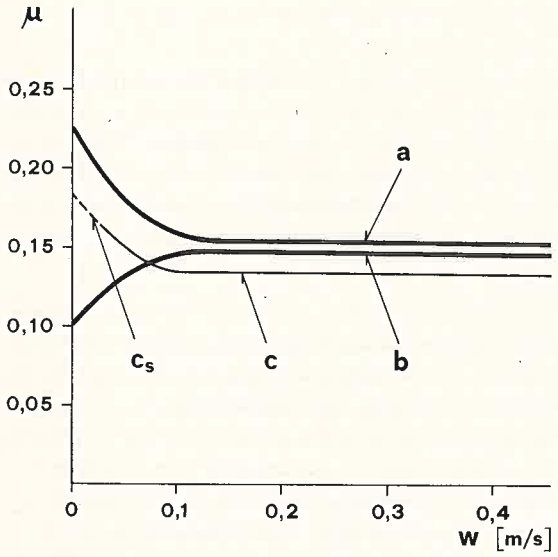

Abb. 10: Abhängigkeit der Reibungszahl μ von der Gleitgeschwindigkeit w für drei verschiedene Oele (General Motors Low Velocity Friction Tests).
a: ATF nach Ford-Spezifikation
b: ATF nach General-Motors-Spezifikation
c: Basis-Oel (unlegiertes Mineralöl)
cs: Unlegiertes Mineralöl verursacht bei kleiner Reibgeschwindigkeit ein periodisches Pendeln zwischen Haften und Gleiten (im Englischen als Stick-Slip oder Chatter bezeichnet).

Es gibt zwei Grundtypen von Automatic Transmission Fluids, die sich vor allem im Reibverhalten unterscheiden. Ford verlangt eine Haftreibungszahl, die höher ist als die Gleitreibungszahl. General Motors und Daimler Benz fordern eine dem entgegengesetzte Reibcharakteristik (Abb. 10).

Für diese Oele bestehen firmeneigene Spezifikationen. Heute aktuell sind die Spezifikationen Ford M2C-33-F und M2C-33-G (ATF Typ F oder G) bzw. GM 3032 M und 6137 M (ATF DEXRON und DEXRON II).

Automatic Transmission Fluids sind für Traktorgetriebe nicht von Bedeutung. Sie sind höchstens wegen der geeigneten Viskosität, dem tiefen Stockpunkt, der guten Alterungsbeständigkeit und den Antischaum-Zusätzen in Hydrauliksystemen von Traktoren zu finden.

Für **Traktor-Getriebe mit Lastschaltstufen** werden meist von den beiden bekannten ATF abweichende Oele hauseigener Spezifikation vorgeschrieben.

Eine sehr wichtige Rolle spielt das Reibverhalten auch bei sogenannten **nassen Bremsen;** bei Scheiben- oder Bandbremsen, die im Oelbad laufen. Besonders wichtig ist das Reibverhalten beim Uebergang von der Gleitreibung (Bewegungsreibung) zur Haftreibung, also bei geringer Gleitgeschwindigkeit. Besondere Zusätze im Oel sind notwendig um zu verhindern, dass die Bremswirkung bei abnehmender Geschwindigkeit ruckweise ändert, bzw., dass bei kleiner Gleitgeschwindigkeit ein periodisches Pendeln zwischen Haften und Gleiten (im Englischen als Stick-Slip-Effekt bezeichnet) auftritt. Wo das Getriebeöl gleichzeitig zur Schmierung nasser Bremsen verwendet wird, kommen mit wenigen Ausnahmen Spezialöle (Mehrzwecköle) nach Firmenspezifikation zur Anwendung (Tab. 10).

Tabelle 10: Firmenspezifikationen für Oele zur Schmierung von nassen Bremsen beziehungsweise von Getrieben mit Lastschaltstufen

Traktor-Herstellerfirma:	Spezifikation:
David Brown	DB 1212, DB 1412
Fiat	AF 87
Ford	M2C-86-A, M2C-134-A
International Harvester	B-6
John Deere	JD 303, JDM J14B, JDM J20A
Massey Ferguson	M.1127, M.1129A, M.1135, M.1139

Eine weitere Gruppe der Getriebeöle mit besonderem Reibverhalten bilden die Schmierstoffe für **selbstsperrende Differentialgetriebe.** Oele für selbstsperrende Differentiale werden entsprechend der englischen Bezeichnung dieser Getriebe – Limited slip axle, Limited slip differential – als LSA-, LSD-

oder LS-Oele angeboten. Vereinzelt werden LSA-Oele der Spezifikation Ford ESW M2C-103-A auch zur Schmierung von Traktoren mit nassen Bremsen verwendet (Italienische Traktorhersteller).

4.4 Hydrauliköle

4.4.1 Anforderungen

Hydrauliköle sind Druckflüssigkeiten für ölhydraulische Anlagen. In erster Linie haben sie die Aufgabe Energie, das heisst Kräfte und Bewegungen zu übertragen.

Wichtig ist auch bei Hydraulikölen die Viskosität. Das Oel darf für den Winterbetrieb im Freien nicht zu dick sein, denn das könnte zu Förderschwierigkeiten und als Folge davon zu Schäden an Pumpen und Ventilen führen; anderseits darf es für den Sommer, wenn hohe Betriebstemperaturen auftreten, nicht zu dünn sein, um eine ausreichende Abdichtung sicherzustellen.

Ausserdem soll Hydrauliköl einen niedrigen Stockpunkt, einen guten Korrosionsschutz, geringe Schaumerzeugung, hohe Alterungsbeständigkeit und gute Verträglichkeit mit Dichtungsmaterial aufweisen. Nicht zuletzt wird von einem Hydrauliköl auch hohe Schmierfähigkeit, das heisst gute Verschleissschutzwirkung bei Mischreibung verlangt.

4.4.2 Klassierung der Viskosität

Die Viskosität von Hydraulikölen wird in der Regel nach dem Klassiersystem für Industrieöle des Deutschen Instituts für Normung (DIN) vorgenommen (Tab. 11).

Tabelle 11: Kennzahlen für Viskositätsstufen nach DIN 51502 (Ausgabe Februar 1972)

DIN-Kennzahl	Bezugstemperatur °C	Kinematische Viskosität mm²/s (cSt)
2		unter 8
4	20	13 ± 4
9		25 ± 4
16		16 ± 4
25		25 ± 4
36		36 ± 4
49		49 ± 5
68		68 ± 6
92	50	92 ± 7
114		114 ± 8
144		144 ± 11
169		169 ± 13
225		225 ± 25
324		324 ± 35

Die International Organization for Standardization (ISO) hat ein neues Klassifikationssystem für Schmierstoffe erarbeitet. Diese Klassifikation definiert 18 Viskositätsklassen im Bereich von 2 bis 1500 mm²/s (cSt) bei 40° C. Das neue Klassiersystem wird nach einer gewissen Umstellungsfrist das bisherige Klassierungssystem des DIN ersetzen (Tab. 12).

Tabelle 12: ISO-Viskositätsklassen nach DIN 51519

ISO-Viskositätsklasse	Kinematische Viskosität Nennwert bei 40°C mm²/s (cSt)	Grenzen der kinematischen Viskosität bei 40° C mindestens mm²/s (cSt)	höchstens mm²/s (cSt)
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
ISO VG 5	4,6	4.14	5,06
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9,00	11,0
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1000	1000	900	1100
ISO VG 1500	1500	1350	1650

4.4.3 Klassierung nach Anwendungsgebiet

Nach DIN 51524 und 51525 werden die Hydrauliköle in drei Klassen bzw. Anwendungsbereiche eingestuft.

Hydrauliköle H:
für Hydraulikanlagen vorwiegend mit hydrostatischem Antrieb, ohne besondere Anforderungen an das Drucköl.

Hydrauliköle H-L:
für Hydraulikanlagen vorwiegend mit hydraulischem Antrieb, in denen hohe thermische Beanspruchungen auftreten, oder in denen sich zum Beispiel durch Wasser Korrosion bilden kann.

Hydrauliköle H-LP:
für Hydraulikanlagen vorwiegend mit hydrostatischem Antrieb, in denen hohe thermische Beanspruchungen auftreten, sich durch Wasser Korrosion bilden kann und deren Pumpen oder Hydromotoren aufgrund der Bauart oder der Betriebsbedingungen Oele mit erhöhtem Verschleissschutz bei Mischreibung benötigen.

In der Landwirtschaft werden vorwiegend Motoren- und Getriebeöle als Hydraulikflüssigkeitn eingesetzt. Damit wird die Oellagerhaltung auf dem Betrieb vereinfacht und die Verwechslungsgefahr verkleinert. Wird vom Hersteller die Verwendung von Hydrauliköl vorgeschrieben oder als eine von mehreren Lösungen vorgeschlagen, wird fast ausschliesslich die Klasse H-LP verlangt. Dementsprechend empfiehlt auch die DIN-Norm 11002 «Betriebsflüssigkeiten für Hydraulikanlagen und Getriebe» (Landmaschinen und Ackerschlepper), die Verwendung von Motorenöl der API-Klasse CB bzw. CC oder Hydraluiköl H-LP nach DIN 51525.

4.5 Mehrzwecköle

Die vielen verschiedenen Oelvorschriften machen für einen mechanisierten Landwirtschaftsbetrieb die La-

gerhaltung einer Vielzahl verschiedener Oele notwendig. Ein umfangreiches Oellager ist teuer und birgt die Gefahr von Verwechslungen. Sowohl von Seiter der Traktorhersteller als auch von Seiten der Schmierstoffindustrie sind heute Ansätze für eine Vereinfachung der Schmierstoffvielfalt vorhanden. Viele Traktorhersteller schreiben für die einzelnen Bauteile wie Motor, Schaltgetriebe, Hinterachsantrieb, nasse Bremsen, Hydraulik usw. nicht mehr die «klassischen» nach diesen Bauteilen benannten Oele vor, sondern suchen nach Kompromisslösungen. Einzelne gehen so weit, dass sie für Motor, Getriebe und Hydraulik nur noch eine Oelsorte verwenden.

Das Deutsche Institut für Normung DIN schlägt in der Norm DIN 11002 «Betriebsflüssigkeiten für Hydraulikanlagen und Getriebe» vor, bei gemeinsamem Oelhaushalt für Getriebe und Hydraulik anstelle von Getriebeöl, Motorenöl oder Hydrauliköl zu verwenden. Unter Berücksichtigung dieser Norm schreiben einzelne deutsche Traktorhersteller für Motor, Getriebe und Hydraulik dasselbe Motorenöl vor.

Zahlreicher sind jedoch die Fälle, in denen die Reduktion der Oelsorten durch Verwendung von Spezialölen vorgenommen wird.

Von der Schmierstoffindustrie werden deshalb seit längerem entsprechende Oele angeboten, die mehrere Anwendungsgebiete abdecken, sogenannte Mehrzwecköle (englisch: Multi-Purpose).

Der Begriff «Mehrzweckö1» ist nicht abgegrenzt. Es gibt Mehrzwecköle für verschiedene Getriebearten wie Schaltgetriebe und Achsantriebe, Mehrzwecköle für Getriebe und Hydraulik oder für Hydraulik und nasse Bremsen usw. Sogenannte Allzweck- oder Universal-Traktorenöle (im Englischen Super Tractor Oil Universal STOU) genügen nach Herstellerangaben für den ganzen Bereich von Anforderungen einer Traktor-Betriebsanleitung, vom Motor über das Getriebe und der Hydraulik bis zur Bremse im Oelbad. Die meisten Mehrzweck-Oele decken auch mehrere Viskositätsklassen ab, sind also Mehrzweck-Mehrbereichsöle.

Es existieren keine speziellen Klassifikationen für Mehrzwecköle. Zur Beschreibung der Oeleigenschaften werden die Spezifikationen und Klassifikationen der Motoren-, Getriebe- und Hydrauliköle angewandt. Die Spezifikation der Qualität bzw. des Anwendungsbereiches muss für jeden Zweck, für den das Oel empfohlen wird, einzeln angegeben werden, denn eine Motorenölspezifikation sagt nichts aus über die Eignung des Oeles als Getriebe und Hydrauliköl und umgekehrt. Die Produktbeschreibungen von Mehrzweckölen enthalten deshalb oft reihenweise Angaben über Spezifikationen, die das betreffende Oel erfüllt. Die Viskosität von Mehrzweckölen wird in der Regel in mm²/s bei 40° C oder 50° C angegeben. Meistens werden zusätzlich die den Verwendungszwecken des Oels entsprechenden Viskositätsklassen nach SAE aufgeführt (siehe Abb. 16, Abschnitt 7).

5. Gegenüberstellung von Einbereichs und Mehrbereichsölen

Fahrzeugmotoren, -getriebe und -hydraulikanlagen sind grossen Temperaturschwankungen ausgesetzt; das zeigen auch die Bezugstemperaturen der SAE-Klassierung.

Für eine sichere Schmierung muss die Viskosität innerhalb bestimmter Grenzen liegen. Je nach Viskositäts-Temperatur-Verhalten eines Oels ergeben sich dadurch Grenzen der Temperatur, innerhalb denen eine sichere Schmierung gewährleistet ist. Ist der Maximalwert der Viskosität, bei dem eine sichere Oelversorgung (Oelförderung) noch gewährleistet ist sowie die minimale Viskosität, die zur Aufrechterhaltung eines tragfähigen Schmierfilms notwendig ist, bekannt, können im Viskositäts-Temperatur-Diagramm die Grenzen der Temperatur ermittelt werden, innerhalb denen ein bestimmtes Oel eingesetzt werden kann.

In Abb. 11 sind die Temperaturbereiche für bestimmte Einbereichsöle der Klassen SAE 10W, 20W-20 und 30 und für ein Mehrbereichsöl der Klasse SAE 10W-30 eingezeichnet. Die obere Grenze der Viskosität ist dabei auf 5000 mm²/s und die untere Grenze auf 5 mm²/s festgelegt.

Die Abbildung zeigt deutlich, dass der Einsatztemperaturbereich von Mehrbereichsölen (Oele mit hohem Viskositätsindex) grösser ist als derjenige von Einbereichsölen (Oele mit tieferem Viskositätsindex).

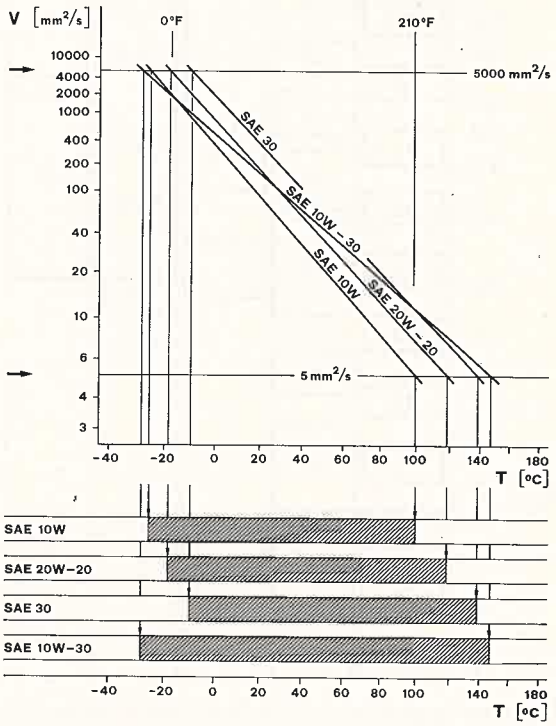

Abb. 11: Bestimmung der Einsatztemperaturbereiche verschiedener Motorenöle für den Viskositätsbereich 5 mm²/s bis 5000 mm²/s im Viskositäts-Temperatur-Diagramm.
Gegenüberstellung der Einsatztemperaturbereiche von drei Einbereichsölen SAE 10W, SAE 20W-20, SAE 30 und einem Mehrbereichsöl SAE 10W–30.
V: kinematische Viskosität in mm²/s (cSt)
T: Temperatur in °C

6. Vergleich der Klassifikationen

Speziell bei der Traktorhydraulik, aber auch in Schaltgetrieben können gemäss Betriebsanleitung oft wahlweise verschiedene Oelsorten verwendet werden. So kann für separate Hydrauliksysteme vielfach zwischen Motoren- und Hydrauliköl gewählt werden. Bei gemeinsamem Oelhaushalt für Getriebe und Hydraulik kann der Schmierplan die Wahl zwischen einem Mehrzweck-Getriebeöl und Motorenöl offen lassen. Ausserdem kann über die Fernhydraulikanschlüsse von Traktoren eine Vermischung verschiedener Oelsorten stattfinden (siehe Blätter für Landtechnik Nr. 143). Für solche «zweckfremden» Verwendungen von Oelen oder in Fällen, wo bei einem Mehrzwecköl nicht alle entsprechenden Klassifikationen angegeben sind, kann eine Gegenüberstellung der verschiedenen Klassifikationssysteme hilfreich sein.

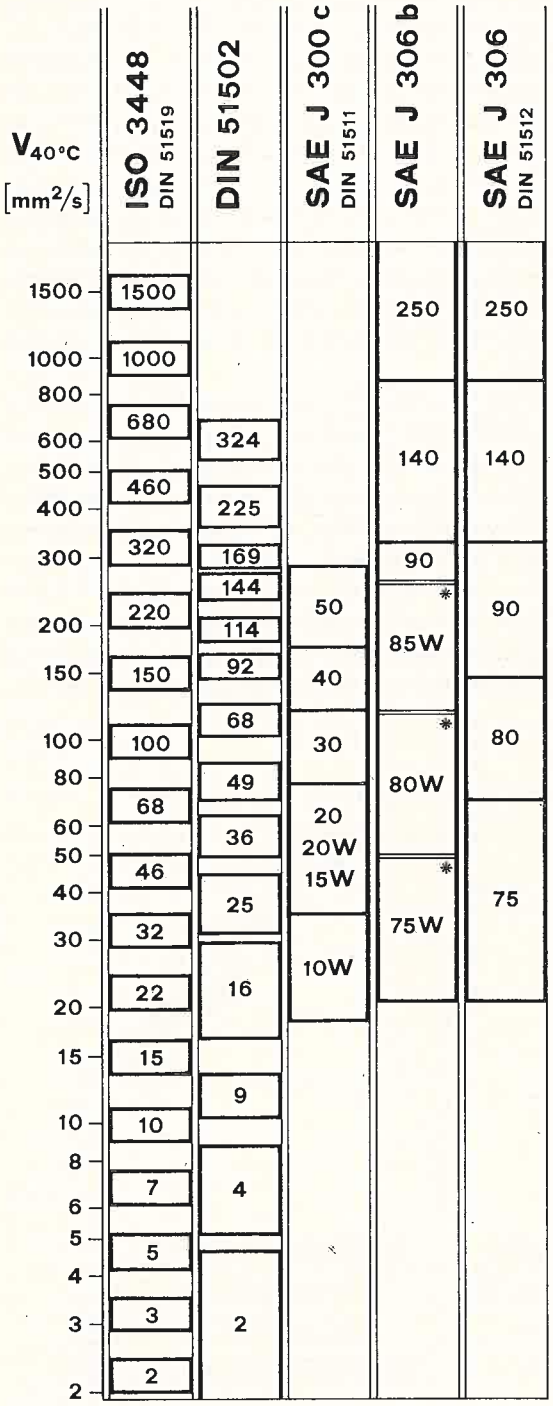

Abb. 12: Vergleichende Zuordnung verschiedener Viskositäts-Kennzahlen. Den Berechnungen liegt der Viskositätsindex IV = 95 zugrunde. Die Zuordnung der SAE-Klassen niedrigviskoser Oele zu den andern Viskositätsklassen und -stufen gibt nur einen ungefähren Vergleich.
V 40 °C: kinematische Viskosität in mm²/s (cSt) bei einer Temperatur von 40° C.
* feste Grenzen, unabhängig vom Viskositätsindex (bei zwei Temperaturen klassiert).

Die Grenzen der Viskositätsklassen sind je nach Klassifikationssystem bei verschiedenen Temperaturen festgelegt. Bei einer anderen als der einer Klassifikation zugrundegelegten Temperatur können die Klassengrenzen nicht genau festgesetzt werden, weil sie sich je nach Viskositätsindex, das heisst je nach der Steilheit der Viskositäts-Temperatur-Kennlinie verschieben. Für den praktischen Gebrauch ist jedoch die Genauigkeit einer Gegenüberstellung der Viskositätsklassen bei einer mittleren Temperatur und unter Annahme eines bestimmten (mittleren) Viskositätsindexes ausreichend (Abb. 12).

Eine direkte Gegenüberstellung der Klassifikationen nach Anwendungsgebiet (Qualität) ist nicht möglich, weil diese ja gerade die speziellen Eigenschaften eines Oels für einen bestimmten Zweck, das heisst für die Verwendung in Motoren, Getrieben oder Hydraulikanlagen beschreiben. Zur Beurteilung der Eignung eines Motorenöls oder Hydrauliköls als Getriebeöl ist die Einstufung nach der Getriebeöl-Klassierung notwendig. Das ist nicht üblich, denn eine solche artfremde Verwendung von Oelen ist, ausgenommen bei Traktoren, selten. Für die Landwirtschaft ist jedoch eine grobe Einstufung von Motoren- und Hydraulikölen als Getriebeöle von Interesse (Tab. 13).

Tabelle 13: Ungefähre Einstufung verschiedener in Getrieben von Landwirtschaftstraktoren verwendeter Oele nach FZG-Prüfergebnissen und nach der API-Getriebeöl-Klassierung.

Oeltyp	FZG Schadens-Kraftstufe	API-Klasse
Hochdruckgetriebeöl	über 12	GL-4
Höchstdruckgetriebeöl (EP-Oel)	über 12	GL-5
Motorenöl legiert	∼ 11	GL-3
Mehrzwecköl ohne Angabe der API-GL-Klasse (TOU, Tractor Oil Universal)	∼ 11	GL-3
Mehrzwecköl mit Angabe der Klasse API-GL-4 bzw. MIL-L-2105 (STOU, Super Tractor Oil Universal)	über 12	GL-4
Hydrauliköl H-LP gemäss DIN 21525	min. 10	GL-3

Schmierung und Betriebsstoffe

Stelle lt. Schmierplan		Sorte	Füllmenge Ltr.[1]	Wechselzeiten
*	**Öleinfüllstellen**			
1	**Motor**	Sommer: HD-SAE 30 *) [3] Winter: HD-SAE 10 W **) [2]	7,5	nach 30 Betr.-Std. (1. KD) nach 100 Betr.-Std. (2. KD), dann alle 200 Betr.-Std.
2	Einspritzpumpen-Reglergehäuse	wie Motor	–	alle 50 Betr.-Std., nur nachfüllen
3	Wechsel**getriebe** (mit Ausgleichgetriebe)	Mehrzweck-SAE 80[3]	23 Allrad 23,5	nach 30 Betr.-Std. (1. KD), dann jährlich einmal, mind.aber alle 1000 Betr.-Std.
4	Verteilergetriebe	Mehrzweck-SAE 80[5]	5,7	wie Wechselgetriebe
5	Achsantriebe	Hypoid-SAE 90[4]	108: 2x9,2 106: 2x3,0 105: 2x3,0	wie Wechselgetriebe
6	**Hydraulik**anlage	HD-SAE 20W-20 [5] Tropen HD-SAE 30[5]	6,5/12 (Entnahme-menge 5,5)	nach 30 Betr.-Std. (1. KD), dann jährlich einmal, mind.aber alle 1000 Betr.-Std.
7	Lenkung (mech.)	Hypoidöl SAE 90[4]	0,35	nur nachfüllen nach 200 Betr.-Std., dann jährlich

Fußnoten

*) Tropen ganzjährig

**) Übergangstemperatur (-10° C bis +10° C): HD-SAE 20W-20

[1]) Maßgebend für die jeweilige Füllmenge ist die Kontrolle mittels Peilstab od. Kontrollauge

[2]) Motorenöl bei Kraftstoff bis 0,5 % Schwefel (Inland): Spezifikation nach MIL-L-46152
bei Kraftstoff von 0,5 bis 1 % Schwefel: Spezifikation nach MIL-L-2104 C

[3]) Mehrzweck-Getriebeöl, Spezifikation nach MIL-L-2105 (A)

[4]) Hypoid-Getriebeöl, Spezifikation nach MIL-L-2105 B

[5]) Motorenöl, Spezifikation nach MIL-L-46152 oder MIL-L-2104 C

Abb. 13: Ausschnitt aus einer Traktor-Betriebsanleitung.

Motor Oils MIL-L-2104 C für Dieselmotoren

	UNIVERSAL HD	HD MULTI	HD SERIES 3 SUPER	HD SERIES 3
SAE-Klassen	15W/40	10W/20, 20W/40	10W, 20W/20, 30, 40	10W, 20W/20, 30, 40
Einsatzbereiche	Dieselmotoren mit und ohne Aufladung und Benzinmotoren. Ausgesprochenes Mehrzweckoel für gemischten Fahrzeugpark. Als Ganzjahresoel auch bei sehr tiefen Temperaturen.	Dieselmotoren mit und ohne Aufladung und Benzinmotoren. Ausgesprochenes Mehrzweckoel für gemischten Fahrzeugpark. Ganzjahresoel.	Dieselmotoren mit und ohne Aufladung. Nötigenfalls auch für Benzinmotoren verwendbar.	Dieselmotoren mit und ohne Aufladung. Nötigenfalls auch für Benzinmotoren verwendbar.
Spezifikationen	MIL-L-2104C+ MIL-L-45199B MIL-L-46152 Saurer, Berna	MIL-L-2104C+ MIL-L-45199B MIL-L-46152 Saurer, Berna	MIL-L-2104C+ MIL-L-45199B Saurer, Berna	MIL-L-2104C MIL-L-45199B
API-Klassifikationen	CA, CB, CC, CD SA, SB, SC, SD, SE	CA, CB, CC, CD SA, SB, SC, SD, SE	CA, CB, CC, CD	CA, CB, CC, CD

Einsatz als Hydraulikoel

Die Oele SAE 10W und 10W/20 können in Fahrzeugen und Baumaschinen ohne weiteres auch als Hydraulikoel eingesetzt werden, falls ein Hydraulikoel mit einer Viskosität von ca. 3–3,8 °E bzw. 21–28 cSt bei 50 °C vorgeschrieben ist. (Nicht jedoch als Lenkhilfeoel und ATF!)

Abb. 14: Ausschnitt aus einer Produktebeschreibung für Motorenöle.

7. Wahl eines geeigneten Schmierstoffes

Die Klassifikationen und Spezifikationen sind die Schlüssel für die Oelwahl.

In der Regel wird zu jedem Motorfahrzeug eine Betriebsanleitung mitgeliefert, in der auch ein Schmierplan enthalten ist. Die meisten Motorfahrzeughersteller schreiben die zu verwendenden Oele genau vor, indem sie die Viskosität sowie die Art und Qualität des Oels durch die Angabe entsprechender Klassifikations- und Spezifikations-Kennziffern umschreiben (Abb. 13).

Diese Angaben sind bei der Wahl eines Oels massgebend. Die Schmierstoffirmen beschreiben ihre Produkte ebenfalls mit Hilfe der geltenden Klassifikations- und Spezifikationssysteme.

Aus der angebotenen Oelpalette der Oelfirmen muss also ein Produkt ausgewählt werden, das die in der Schmierstoffvorschrift geforderten Eigenschaften aufweist. Entsprechende Produktbeschreibungen können bei jeder Oelfirma eingesehen oder verlangt werden (Abb. 14).

Bei Traktoren mit Lastschaltgetrieben oder nassen Bremsen werden oft firmeneigene Spezifikationen verwendet, die in dieser Publikation nicht näher behandelt werden (Abb. 15).

GETRIEBE/HYDRAULIK-ÖL

Für die Getriebe/Hydraulik-Anlage ist *JOHN DEERE Hy-GARD Getriebe- und Hydrauliköl* (JDM J 20 A) oder JD 303 (JDM J 14 B) oder ein anderes gleichwertiges Öl zu verwenden.

Ölsorten, die nicht unserer Spezifikation entsprechen, garantieren keinen zufriedenstellenden Betrieb und können eventuell zu Schäden führen.

Abb. 15: Ausschnitt aus einer Betriebsanleitung für einen Traktor mit nassen Bremsen.

Aber auch diese Firmenspezifikationen sind in den Produktbeschreibungen der Oelfirmen wiederzufinden (Abb. 16).

Natürlich bleibt bei der Auswahl oft noch ein gewisser Spielraum offen. So werden die Forderungen, die in Abb. 13 für den Sommerbetrieb und bei Verwendung von Kraftstoff mit weniger als 0,5% Schwefel (in der Schweiz allgemein gewährleistet) gestellt werden – Motorenöl HD SAE 30 nach Spezifikation MIL-L-46152 – von den Oelen Universal HD SAE 15W-40, HD Multi SAE 20W-40 in Abb. 14 sowie vom Mehrzweckөl SAE 20W-30 in Abb. 16, erfüllt.

Bei Verwendung von Kraftstoff mit über 0,5% Schwefel wird in Abb. 13 ein Oel nach Spezifikation MIL-L-2104 C gefordert. Daraus und aus Tabelle 3 und 4 im Abschnitt 4.1.3 ist ersichtlich, dass diese Spezifikation höhere Anforderungen stellt als die Spezifikation MIL-L-46152. Die Spezifikation MIL-L-2104 C entspricht der API-Klasse CD und die Spezifikation

---

UNIVERSAL TRAKTORENOEL SAE 20W-30 kann in allen Motoren, Getrieben und Systemen eingesetzt werden, die ein Oel der nachstehenden Spezifikation, in der entsprechenden Viskosität, erfordern:

Einsatz	Spezifikation
API-Klassifikation (Motoren)	CD/SE
API-Klassifikation (Getriebe)	GL-4
MIL-L-Spezifikation (Dieselmotoren)	MIL-L-2104 C MIL-L-46152
MIL-L-Spezifikation (Getriebe)	MIL-L-2105
Caterpillar Dieselmotoren	Series 3
John Deere Getriebe, Hydrauliksysteme und Bremsen im Oelbad	JD303, J14B, J20A
Massey-Ferguson Getriebe, Hydrauliksysteme und Bremsen im Oelbad	M.1127, M.1129 A, M.1135
Ford Getriebe, Hydrauliksysteme und Bremsen im Oelbad	M2C-53A, M2C-85A, M2C-86A

Durchschnittsanalyse	
Dichte bei 15 °C	0,898 kg/dm3
Viskosität bei 40 °C	83,7 mm2/s (cSt)
bei 50 °C	52,2 mm2/s (cSt)
SAE-Bereich Motorenöle	20W-30
Getriebeöle	80W
Viskositätsindex	102
Stockpunkt	- 30 °C

Abb. 16: Ausschnitt aus einer Produktbeschreibung für ein Mehrzweck-Traktorenöl.

MIL-L-46152 entspricht der API-Klasse CC. Folglich kommen natürlich auch die zwei weiteren Oelsorten in Abb. 14, nämlich HD Series 3 Super SAE 30 und HD Series 3 SAE 30 in Frage. Das wird auch dadurch bestätigt, dass in Abb. 14 die API-Klassen CC und CD bei allen vier Oelsorten aufgeführt sind.

Anstelle eines vorgeschriebenen Oels darf aber nicht in jedem Fall ein Oel der nächst höheren Klassifikationsstufe verwendet werden, das gilt besonders für Getriebeöle.

In Abb. 13 wird zum Beispiel ein Mehrzweck-Getriebeöl SAE 80 nach Spezifikation MIL-L-2105 (A) verlangt. Dieses Oel entspricht der API-Klasse GL-4. Diese Forderung wird vom Oel in Abb. 16 erfüllt. Wird nun sattdessen ein Oel der Spezifikation MIL-L-2105 B bzw. API-Klasse GL-5 verwendet, kann dies bei einem synchronisierten Getriebe zu Schaltschwierigkeiten führen.

Oft werden in Betriebsanleitungen anstelle allgemeiner Spezifikationen konkrete Oelsorten bestimmter Schmierstoffgesellschaften vorgeschlagen. Sofern der Fahrzeuhalter von einer dieser Firmen oder von seiner Service-Stelle das Oel zu günstigen Bedingungen bekommt, bleibt ihm die Wahl erspart. Ist dies jedoch nicht der Fall, müssen zuerst die Spezifikationen und Klassifikationen des empfohlenen Oels ausfindig gemacht werden. Dafür wird am besten eine Produktbeschreibung des betreffenden Oels beschafft. Im weiteren kann dann bei einer beliebigen Oelfirma aufgrund der allgemeinen Spezifikationen ein entsprechendes Oel gesucht werden.

Bei Motorenöl wird dies kaum Schwierigkeiten bereiten. Bei Getriebeölen, besonders bei Getriebeölen mit besonderem Reibverhalten oder bei Mehrzweckölen, in deren Produktbeschreibungen oft verschiedene Spezifikationen aufgeführt sind, ist es jedoch schwierig herauszufinden, auf welche Spezifi-

kation speziell geachtet werden soll. In solchen Fällen ist der Fahrzeughalter auf den Rat des Herstellers oder auf die Erfahrung des Oelfachmannes angewiesen.

Schliesslich kann es auch vorkommen, dass für ein Fahrzeug, zum Beispiel für einen Occasions-Traktor, keine Betriebsanleitung vorhanden ist. In solchen Fällen müssen zuerst Art und Betriebsbedingungen der einzelnen zu schmierenden Bauteile eingestuft werden, zum Beispiel Dieselmotor, leichte Betriebsbedingungen. Anschliessend kann in der entsprechenden Klassierungs-Tabelle oder direkt in den Produktbeschreibungen einer Oelfirma nach einem geeigneten Oel gesucht werden. Die Wahl der Viskosität richtet sich nach der Betriebstemperatur, die auch von der Umgebungstemperatur abhängt. Für unsere klimatischen Bedingungen liegt im Sommer für Motorenöl die Viskositätsklasse SAE 30 und für den Winter die Klasse SAE 20 etwa richtig. Bei sehr tiefen Temperaturen und bei Stationierung des Fahrzeuges im Freien kann ein Oel der Klasse SAE 10 notwendig werden. Dadurch, dass heute mehrheitlich Mehrbereichs-Motorenöle auf dem Markt sind, wird die Wahl der Viskosität noch einfacher.

Getriebe sind allgemein weniger empfindlich auf die Viskosität als Motoren; das ist schon aus den weiteren Grenzen der Klassifikationen ersichtlich (siehe Abb. 12, Abschnitt 6).

Im Schaltgetriebe finden wir bei den meisten Traktoren Oele der Viskositätsklasse SAE 80 (nach der neuen Klassifikation 80W oder 80W-90) bzw. SAE 20 oder SAE 30.

Die übrigen Getriebe (Hinterachse, Lenkung, Vorderachse usw.) arbeiten in der Regel mit Oelen der Viskosität SAE 90, ausgenommen Hinterachsgetriebe, die den Oelhaushalt mit der Traktorhydraulik gemeinsam haben. Für die Hydraulik ist die Viskosität SAE 80 bzw. SAE 80W die obere Grenze; bei separatem Hydrauliksystem ist ein dünneres Oel zu empfehlen.

Der Kauf von Oel ist Vertrauenssache. Ob ein Oel tatsächlich den Angaben und Testberichten, die der Oelhändler vorweist, entspricht, ist schwer nachzuprüfen.

Bei der Wahl eines Oels muss der Käufer neben den Schmierstoffkosten mit Vorteil auch die gesamten Fahrzeugkosten im Auge behalten. Es lohnt sich meistens nicht, für eine kleine Preisdifferenz beim Oel einen Maschinenschaden zu riskieren, was aber nicht heissen soll, dass das teurere Oel immer das bessere sein muss.

Verschiedene Oelfirmen sind auch bereit, für ihre Produkte zeitlich begrenzte Betriebsgarantien abzugeben. Im Zweifelsfalle sollte davon Gebrauch gemacht werden.

Verwendete Quellen:

ARAL: Oelfibel.

ASEOL: ABC der Tribologie; Schmierstoffe und ihre Anwendung in der Verkehrstechnik.

BP: Informationsblätter über die Klassierung und Spezifizierung von Schmierstoffen.

ESSO: Dieselmotoren-Schmierung; Reibung und Schmierung; Technische Information Schmierstoffe.

MOTOREX: Kleine Schmierstoff-Fibel, Technische Mitteilungen, Informationsblätter.

Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN): Mineralöl- und Brennstoffnormen, Beuth-Verlag GmbH., Berlin, Köln 1976.

Banholzer K. Dr.: Schmierstofftechnik, ETH-Vorlesung.

Ege K.: Getriebeschmierstoffe, Arbeitsunterlagen, Zahnradfabrik Friedrichshafen AG, nicht veröffentlicht.

Köhler-Rögnitz: Maschinenteile, Teubner Verlagsgesellschaft Stuttgart 1965.

Michaelis K.: Zahnradgetriebeschmierung *).

Möller U.J. Dr.: Getriebeschmierstoffe *).

Smith Richard N.: Super Tractor Oil Universal for the european market / SAE Paper No. 740 669.

*) Vortragsunterlagen für Kurs über Getriebeschmierung an der Techn. Akademie Esslingen 1977.

Allfällige Anfragen über das oben behandelte Thema, sowie auch über andere landtechnische Probleme, sind nicht an die FAT bzw. deren Mitarbeiter, sondern an die unten aufgeführten kantonalen Maschinenberater zu richten.

ZH	Schwarzer Otto, 052 - 25 31 21, 8408 Wülflingen
ZH	Schmid Viktor, 01 - 77 02 48, 8620 Wetzikon
BE	Mumenthaler Rudolf, 033 - 57 11 16, 3752 Wimmis
BE	Marti Fritz, 031 - 57 31 41, 3052 Zollikofen
BE	Herrenschwand Willy, 032 - 83 32 32, 3232 Ins Marthaler Hansueli, 035 - 2 42 66, 3552 Bärau
LU	Rüttimann Xaver, 045 - 81 18 33, 6130 Willisau
LU	Widmer Norbert, 041 - 88 20 22, 6276 Hohenrain
UR	Zurfluh Hans, 044 - 2 15 36, 6468 Attinghausen
SZ	Fuchs Albin, 055 - 48 33 45, 8808 Pfäffikon
OW	Müller Erwin, 041 - 68 16 16, 6074 Giswil
NW	Muri Josef, 041 - 63 11 22, 6370 Stans
ZG	Müller Alfons, landw. Schule Schluechthof, 042 - 36 46 46, 6330 Cham
FR	Krebs Hans, 037 - 82 11 61, 1725 Grangeneuve
BL	Langel Fritz, Feldhof, 061 - 83 28 88, 4302 Augst
BL	Speiser Rudolf, Aeschbrunnhof, 061 - 99 05 10, 4461 Anwil
SH	Hauser Peter, Kant. landw. Schule Charlottenfels, 053 - 2 33 21, 8212 Neuhausen a.Rhf.
AR	Ernst Alfred, 071 - 33 26 33, 9053 Teufen
SG	Haltiner Ulrich, 085 - 758 88, 9465 Salez
SG	Pfister Th., 071 - 83 16 70, 9230 Flawil
SG	Steiner Gallus, 071 - 83 16 70, 9230 Flawil
GR	Stoffel Werner, 081 - 81 17 39, 7430 Thusis
AG	Müri Paul, landw. Schule Liebegg, 064 - 31 15 53, 5722 Gränichen
TG	Monhart Viktor, 072 - 64 22 44, 8268 Arenenberg

Landwirtschaftliche Beratungszentrale, Maschinenberatung, Telefon 052 - 33 19 21, 8307 Lindau.

Nachdruck der ungekürzten Beiträge unter Quellenangabe gestattet.

Die «Blätter für Landtechnik» erscheinen monatlich und können auch in französischer Sprache unter dem Titel «Documentation de technique agricole» im Abonnement bei der FAT bestellt werden. Jahresabonnement Fr. 27.—, Einzahlung an die Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, 8355 Tänikon, Postcheckkonto 30 - 520. In beschränkter Anzahl können ferner Vervielfältigungen in italienischer Sprache abgegeben werden.