



Del-

Fibel



*Öel-
Fibel*

Herausgegeben von der
BV-ARAL AKTIENGESELLSCHAFT
BOCHUM

4. Auflage
Oktober 1956

Druck: J. D. Küster Nachf., Bielefeld

Die Ansprüche an das Schmieröl steigen unaufhaltsam von Jahr zu Jahr, weil die Fahrzeugindustrie zu immer stärkeren, immer schnelleren, immer ruhigeren, immer wirtschaftlicheren Motoren strebt. Die Steigerung von Drehmoment und Leistung durch erhöhte Verdichtung und höhere Drehzahl, die Verbesserung der Laufruhe durch feinere Passungen, die Förderung der Wirtschaftlichkeit durch verminderte Reibungs-Verluste stellen – bei aller Güte der Konstruktion an sich und der Qualität der verwendeten Kraftstoffe – auch beträchtliche Forderungen an das Schmieröl. Diese Forderungen zu erfüllen, sie als Schrittmacher für weitere Entwicklungsmöglichkeiten gar zu übertreffen, ist der Ehrgeiz der Mineralölindustrie.

Der hohe Stand der Technik in der Ölraffination, vertiefte Erkenntnisse über den Schmiervorgang allgemein und über schwierige Schmierprobleme im besonderen, ausgedehnte Versuche über den Einfluß spezifischer Ölzusätze – Additive – haben die Entwicklung von Ölqualitäten ermöglicht, die den Standard der Vorkriegsjahre erheblich übertreffen.

Parallel dazu ist das allgemeine Interesse an Schmierungsfragen und damit die Nachfrage nach aufklärenden Druckschriften beträchtlich gestiegen. Und so ist es nicht verwunderlich, daß dieses Büchlein nun schon die vierte Auflage erreicht.

Die BV-Oel-Fibel will grundsätzliche Kenntnisse über Schmieröl im Kraftfahrzeug vermitteln. Sie will aber auch aufzeigen, daß wir auf die Herstellung von Ölen die gleiche Sorgfalt verwenden wie auf die Entwicklung unserer Kraftstoffe und daß wir uns der Verpflichtung bewußt sind, die in den Worten liegt:

„BV-OEL zuverlässig wie BV-ARAL“

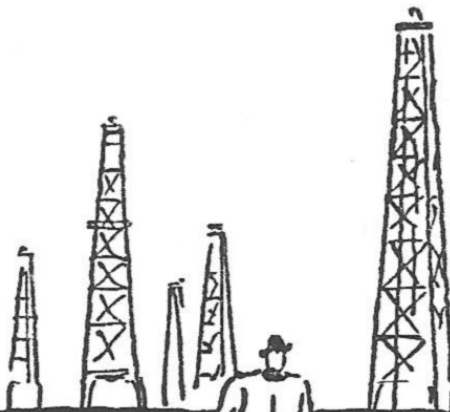
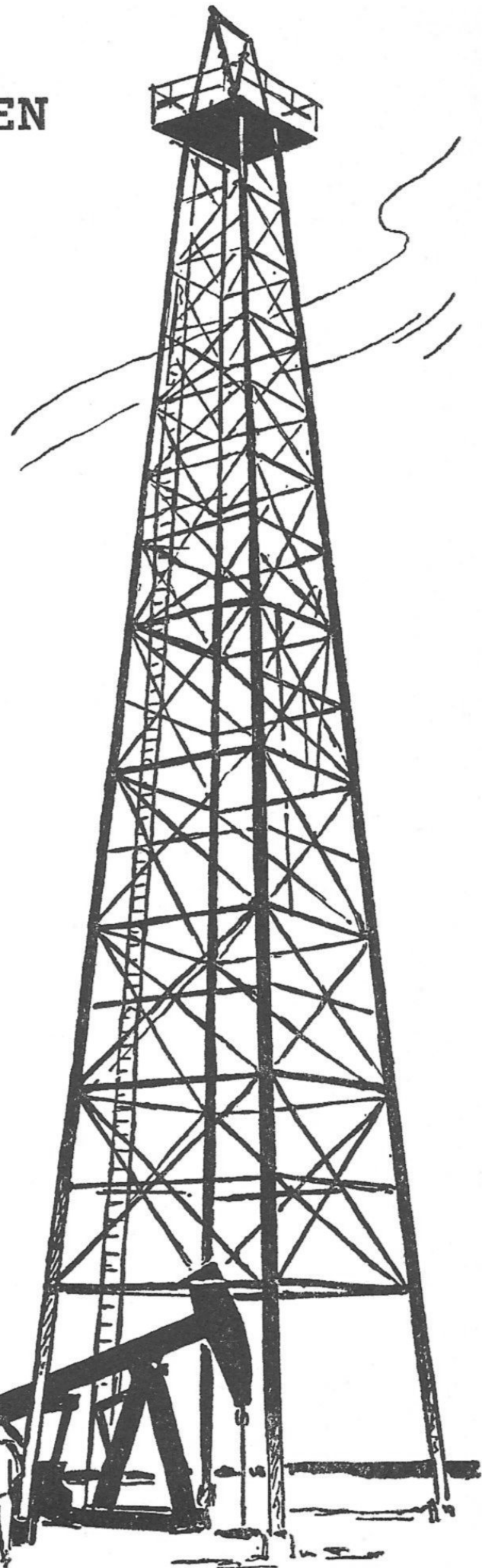
INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Von den Bestandteilen des Erdöls	5
Destillation des Rohöls	8
Raffination der Destillate	12
Vom Wesen der Reibung	14
Die Aufgaben der Schmierung	16
Über Viskosität und Analysendaten	18
Von der Farbe frischer und gebrauchter Öle	27
Markenvertrauen oder „Fingerspitzengefühl“?	28
Verschiedene Schmiersysteme	29
Öldruck oder Ölversorgung?	32
Dickes oder dünnes Öl?	34
Die Temperaturen beim Ölumlaufl	35
Welches Öl fordert die Motorenindustrie?	37
SAE-Klassen als Viskositätsbereiche	38
Warum wird dickes Öl verlangt?	43
Öl-Verdickung im Diesel-Motor	45
Öl-Verdünnung im Otto-Motor	47
Ölkohle	48
Alterung und Schlamm bildung	49
Ölfilterung im Motor	50
Das Spiel der Kolbenringe	54
Öl-Verbrauch oder Öl-Verlust?	57
Über Ölwechsel und Spülen	58
Einlaufen und Einfahröl	59
Verschiedene Öle für Otto- und Diesel-Motor?	60
Öl-Zusätze — Additives	61
HD-Öle für Diesel-Motoren	62
HD-Öle für Otto-Motoren	66
Das API-System für Betriebsbedingungen	67
Zweitakt-Schmierung	68
Getriebeöle	70
Abschmieren und Schmierfette	73
BV-Öle und -Fette	77
Sachregister	78

VON DEN BESTANDTEILEN DES ERDÖLS

Das rohe Erdöl ist — wenn es nach Fündigwerden einer Bohrung unter eigenem Druck oder hochgepumpt an die Erdoberfläche tritt — eine meist schwarzbraune oder grünschwarze, dickliche Flüssigkeit von eigenartigem Geruch. Wenn aber das fertige Schmieröl aus der Pumpe des Öl-kabinetts, aus der Tülle der Flasche oder der Öffnung der Kanne rinnt, ist es eine erfreulich anzuschauende, hellere und dünnere Flüssigkeit von interessanter Färbung und irgendwie appetitlichem Aussehen. Was liegt zwischen diesem Anfangs- und Endstadium?

Dazwischen liegt die Arbeit der Raffinerie, welche die im Rohöl vorhandenen Stoffe nicht etwa einzeln, nach ihrer chemischen Struktur, sondern in ganzen Stoffgruppen, nach Bedarf und technischer Verwendbarkeit, sorgfältig voneinander trennt. Dabei wer-



den Vergaser- und Dieselkraftstoffe, Leucht- und Heizöle, Paraffin und Asphalt, aber auch Schmieröle unterschiedlicher Beschaffenheit gewonnen. Von der Eigenart und Vielzahl dieser im Rohöl vorhandenen, fertig vorgebildeten Stoffgruppen und Substanzen bekommt man erst einen Begriff, wenn man an die Entstehung des Erdöls denkt. An die Entstehung aus der Zersetzung riesiger Mengen von abgestorbenen Lebewesen — insbesondere von Fischen und anderem Meeresgetier —, vielleicht teilweise auch von Pflanzen, die sich in vorgeschichtlicher Zeit im ewigen Kreislauf des Werdens und Vergehens als Faulschlamm auf dem Grunde von Meeresgewässern ablagerten und später durch Verwerfung der Erdrinde — von Luft und Wasser abgesperrt — dem Druck mächtiger Erd- und Gesteinsmassen ausgesetzt wurden. Und so kommt es, daß sich Kohlenstoff und Wasserstoff — die Grundbausteine jeder organischen Substanz — als Kohlenwasserstoffe im Erdöl in mannigfachen Bindungsformen wiederfinden. Der Kohlenstoff, das Kohlenstoffatom, ist übrigens ein interessanter Geselle. Er hat nicht nur gleichsam vier Arme — der Chemiker nennt das Wertigkeiten —, mit denen er andere Atome oder Moleküle ergreifen, anpacken, an sich binden kann; er kann sich auch mit seinen eigenen Artgenossen, also anderen Kohlenstoffatomen und deren gesamter Verwandtschaft (Molekülen jeder Art), verhakeln, verbinden. Das führt zu einer solchen Unzahl von Kohlenwasserstoffen, zu derart vielfältigen Bindungsformen und Bindungslängen, daß man von offenen Ketten, Ringen, Seitenketten und daß man von kurz, lang und verzweigt sprechen muß, um zutreffende Vorstellungen von Bauart und Eigenschaften dieser Verbindungen zu bekommen.

Sicher ist, daß wir uns das Erdöl (Rohöl) als ein eigenartiges Lösungsgemisch miteinander verwandter Kohlenwasserstoffe vorzustellen haben, in denen — je nach Form, Art und Länge der Ketten, der Ringe, der Seitenketten — gasförmige, leichtflüchtige, schwerflüchtige, dünnflüssige, zähflüssige, salbenartige

und feste Stoffe vorkommen; Stoffe, die mit zunehmender Länge (Molekülgröße) nicht nur schwerer, sondern auch dunkler werden und die ganze Skala von farblos — Gase und Flüssiggase, über wasserhell — Benzine, schwach gelblich — Petroleum, gelblich — Gasöl, bräunlich — Schmieröle, braun — Heizöle, bis schwarz — Asphalt — durchlaufen.

Das spezifische Gewicht verschiedener Rohöle liegt meist zwischen 0,80 und 0,95 kg/l und gibt oft schon gewisse Anhaltspunkte über die chemische Struktur sowie den Gehalt an leichter siedenden Bestandteilen (Kraftstoffen) oder schwerer siedenden Anteilen (Schmier- und Heizölen). Falls in der Bindung der Moleküle die kettenförmige Struktur überwiegt, so spricht man von paraffinbasischem Rohöl, z. B. Pennsylvanien/USA, Mittlerer Osten; bei vorwiegend ringförmiger Struktur von naphthenbasischen, z. B. Kalifornien, Texas, Venezuela; bei gleichzeitigem Auftreten dieser Strukturen von gemischt-basischen Rohölen, z. B. Deutschland, Rumänien.

Das Rohöl enthält beim Austritt aus dem Bohrloch meist noch Wasser, Salzlösungen, Sand, Bohrschlamm und andere mechanische Verunreinigungen, die auf mancherlei Art — z. B. Absitzen, Erwärmen, Zentrifugieren, Filtrieren o. ä. — abgetrennt werden, ehe die eigentliche Verarbeitung beginnt.

Es wurde schon bemerkt, daß keineswegs angestrebt wird, aus dem mannigfaltigen Lösungsgemisch „Rohöl“ lauter einzelne, chemisch genau definierte Stoffe zu gewinnen; vielmehr erfolgt bei der Verarbeitung eine Trennung nach Stoffgruppen — im Hinblick auf den Bedarf, die technische Verwendbarkeit und die für den jeweiligen Anwendungszweck zu stellenden Ansprüche.

Da sich die im Rohöl vorhandenen Stoffgruppen u. a. durch verschiedene Flüchtigkeit, also unterschiedliche Siedebereiche, auszeichnen, bietet sich für die Behandlung des Rohöls das Verfahren der Trennung nach Siedebereichen, die fraktionierte Destillation, an.

DESTILLATION DES ROHÖLS

Durch Erwärmung in geeigneten Kesseln können die Bestandteile des Rohöls nacheinander zum Sieden, zum Verdampfen gebracht werden. Kühlt man die abziehenden Dämpfe ab, so kondensieren sie wieder zur Flüssigkeit. Wenn die Auffangbehälter für diese kondensierende Flüssigkeit bei geeigneten Destillations-Temperaturen jeweils ausgewechselt oder die Rohrleitungen vom Kühler zu anderen Behältern umgelegt werden, so enthalten diese Tanks nach Beendigung der Destillation Flüssigkeiten von unterschiedlichem Siedebereich (Fraktionen).

Diese Art der Destillation ist aber heute weitgehend verdrängt durch ein schonender arbeitendes Verfahren, das man eigentlich als fraktionierte Kondensation bezeichnen müßte. Wird nämlich bei der Destillation allmählich und mit steigenden Temperaturen erhitzt, so werden die schwerstsiedenden, zuletzt verdampfenden Anteile dem Einfluß hoher Temperaturen offenbar recht lange ausgesetzt, so daß die Gefahr einer thermischen Zersetzung – also chemisch-struktureller Umwandlung von Molekülen statt destillativer Abtrennung von unveränderten Molekülen – besteht.

Dieses Risiko ist zu vermeiden, wenn die Aufheizung des Rohöls in einem Röhrenofen nur kurzzeitig, aber so intensiv erfolgt, daß beim Eintritt in den Fraktionierturm spontan alle Anteile verdampfen, deren Siedebereiche unter der Aufheiztemperatur liegen. Beim Aufsteigen im Turm kondensieren die Dämpfe wieder zu Flüssigkeiten, je nach der am jeweiligen Zwischenboden herrschenden Temperatur; die Dämpfe der schwerstsiedenden, d. h. der leicht zu verflüssigenden Anteile offenbar zuerst, die Dämpfe der leichter siedenden erst später.

Die grundsätzlichen Unterschiede zwischen fraktionierter Destillation und Kondensation bestehen demnach im Tempo der Aufheizung (langsam – schnell), im zeitlichen Ablauf der Ver-

dampfung (nacheinander — gleichzeitig), in der Reihenfolge der Verflüssigung (leichtestsiedend zuerst — schwerstsiedend zuerst). Gleichgültig aber, ob die Fraktionierung nun bei der Verdampfung erfolgt (destillieren) oder bei der Verflüssigung (kondensieren), man gewinnt im Siedebereich zwischen 50 und 150° C Leichtbenzin, von 150 bis 200° Schwerbenzin, von 200 bis 250° Petroleum (Leuchtöl), von 250 bis 350° Gasöl (Dieselkraftstoff); oberhalb 350° beginnt der Bereich der Schmieröle (Spindel-, Maschinen-, Zylinderöle), und es verbleibt schließlich ein Destillationsrückstand, der als Bitumen oder Asphalt bezeichnet wird. Allerdings wäre es dem späteren Schmieröl wenig bekömmlich, wenn es auf Temperaturen über 350° C erhitzt würde, weil dann bereits die Gefahr einer thermischen Spaltung, also einer Umwandlung in andersartige Stoffe, besteht. Um so hohe Temperaturen bei der Herstellung zu vermeiden, d. h. um „schonend“ zu arbeiten, führt man die Destillation in zwei Etappen durch, zunächst bei atmosphärischem Druck, anschließend bei Unterdruck (Vakuum). Mit dem Unterdruck erreicht man eine beträchtliche Herabsetzung der Siedetemperatur. Eine kochende

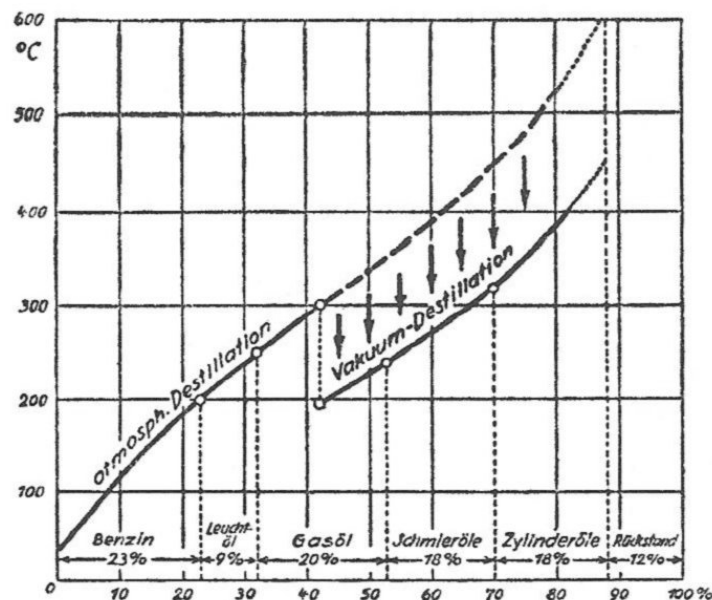
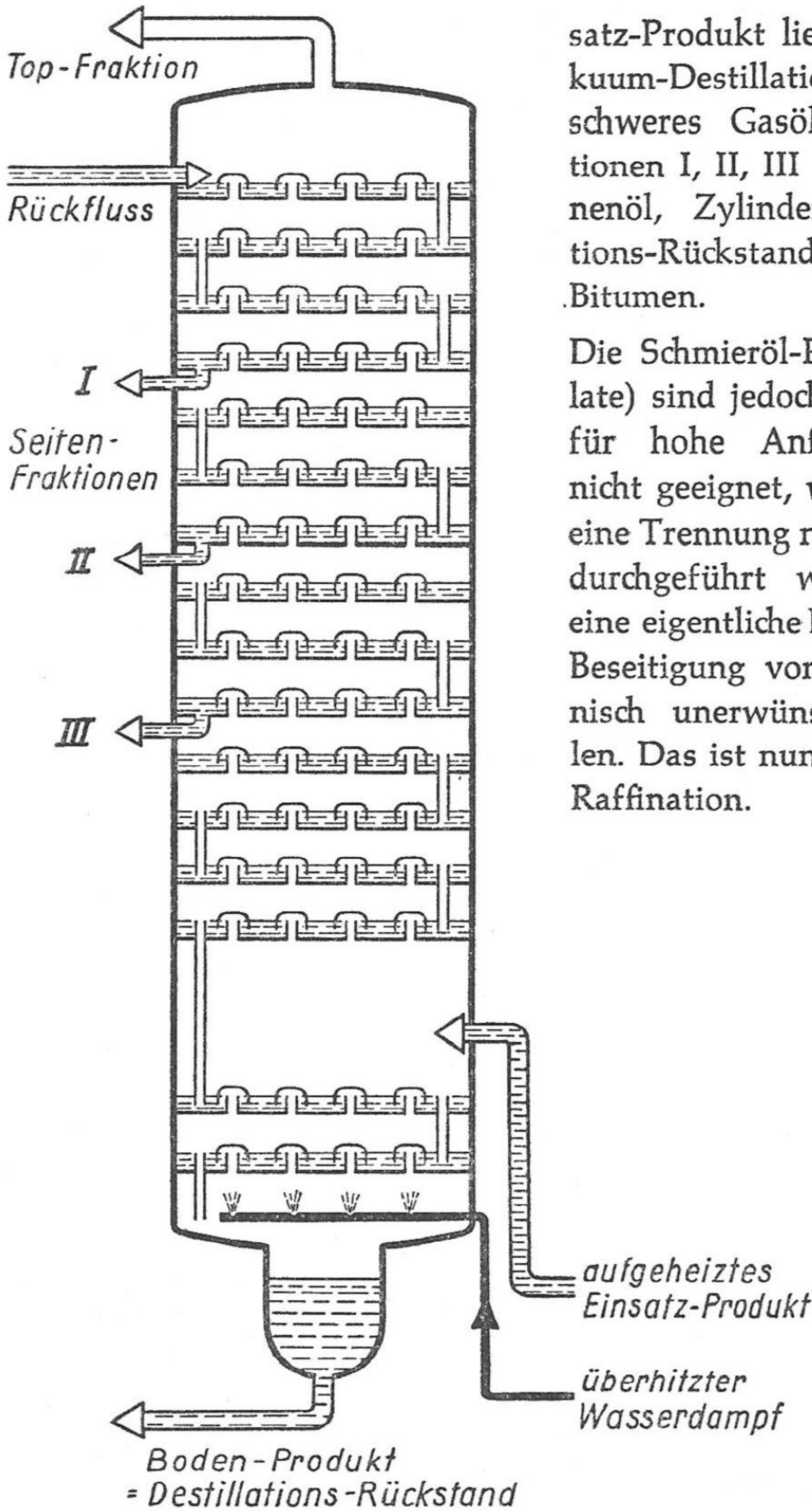


Abb. 1. Siedebereiche und Ausbeuten bei der Destillation eines gemischt-basischen Rohöls.

Flüssigkeit muß ja den Druck der auf ihr lastenden Atmosphäre überwinden, um in den Dampfzustand übergehen zu können. Wird aber der auf die Oberfläche wirkende Druck gesenkt — eben durch Herstellung eines Vakuums —, so wird die Flüssigkeit schon eher, leichter, bei tieferer Temperatur zum Sieden kommen. Wird im Vakuum-Teil ein Druck von z. B. 40 mm Quecksilbersäule eingestellt, so wird der Siedeverlauf um $100-140^{\circ}$ C nach unten verschoben, und das Siedeende der Schmieröle liegt dann bei rund 325° C (statt 450° C), also unterhalb der Spalttemperatur; s. auch Diagramm Abb. 1.

Das verdampfte Einsatzprodukt strömt, sprudelt, perlt durch viele Glockenkappen, gibt auf jedem Boden kondensierende Anteile ab und nimmt destillierende Anteile mit, bis nur die leichteste Komponente — immer noch dampfförmig — durch das „Geistrohr“ den Kopf der Kolonne verläßt. Inzwischen hat sich auf jedem Boden Kondensat bis zum Überlauf angesammelt, läuft nun zum nächsttieferen (und etwas wärmeren) Boden zurück, wird dort mit dem bereits vorhandenen Kondensat vom kontinuierlich aufsteigenden Dampf durchsprudelt und anteilig destilliert, bis die Flüssigkeit als Seitenfraktion abgezogen wird. Die Verdampfung des Einsatz-Produktes wird häufig unterstützt durch Einblasen von überhitztem Wasserdampf am Boden der Kolonne; die Kondensation wird beeinflußt und die Temperatur an den Glockenböden reguliert durch Aufgabe von Rückfluß — das ist abgekühlte, kondensierte Top-Fraktion — am Kopf der Kolonne. Atmosphärische und Vakuum-Destillation sind, wenn man von den unterschiedlichen Druckverhältnissen absieht, prinzipiell weitgehend ähnlich. In dem hier abgebildeten Schema einer Fraktionier-Kolonne (Abb. 2) hat man sich vorzustellen bei der atmosphärischen Destillation das Einsatz-Produkt als Rohöl; die Top-Fraktion als Leichtbenzin; die Seitenfraktionen I, II, III als Schwerbenzin, Petroleum, leichtes Gasöl; das Bodenprodukt (Destillations-Rückstand) als Einsatz-Produkt für die Vakuum-Destillation. Mit diesem Ein-



satz-Produkt liefert dann die Vakuum-Destillation als Top-Fraktion schweres Gasöl; als Seitenfraktionen I, II, III Spindelöl, Maschinenöl, Zylinderöl; als Destillations-Rückstand verbleibt Asphalt-Bitumen.

Die Schmieröl-Fractionen (Destillate) sind jedoch als Schmierstoffe für hohe Anforderungen noch nicht geeignet, weil ja bislang nur eine Trennung nach Siedebereichen durchgeführt wurde, nicht aber eine eigentliche Behandlung zwecks Beseitigung von schmierungstechnisch unerwünschten Bestandteilen. Das ist nunmehr Aufgabe der Raffination.

Abb. 2. Fraktionier-Kolonne

RAFFINATION DER DESTILLATE

Unter Raffination versteht man eine Verfeinerung der gewonnenen Produkte durch Nachbehandlung mit chemisch-physikalischen Methoden. Es geht um die Herauslösung und evtl. Vernichtung von Substanzen oder Stoffgruppen, die schädlich oder unerwünscht sind; oder um die Abtrennung von Substanzen oder Stoffgruppen, die in einem bestimmten Produkt unerwünscht, anderswo aber wertvoll sind. So können bei der Raffination z. B. durch Schwefelsäure instabile, wegen geringer Alterungsbeständigkeit des Schmieröls unerwünschte Verbindungen im Destillat zum Verharzen gebracht und als sog. Säureteer, Säureharz entfernt werden. Mit einer Laugenwäsche und — zwecks Entfernung der letzten Säureteerreste — einer Behandlung mit Bleicherde oder ähnlichen Adsorptionsmitteln wird der Raffinationsvorgang abgeschlossen: Aus Destillaten wurden Raffinate.

Die Schwefelsäure-Raffination hat bei der Behandlung von Schmieröl-Destillaten den Nachteil, daß kleine Säuremengen nicht alle instabilen Stoffe herausholen. Größere Mengen an Schwefelsäure aber entfernen neben den instabilen leider auch solche Stoffe, die schmiertechnisch wertvoll sind. Bei ungünstiger Ausbeute erhält man dann Schmieröle, die — obwohl scharf ausraffiniert — erhöhten Anforderungen der Schmiertechnik nicht entsprechen.

Aus diesem Grunde wurde nach mehr physikalischen Verfahren gesucht, die eine schonendere Bearbeitung der Destillate gestatten. Hierfür lieferte das Edeleanu-Verfahren ein geeignetes Vorbild: Im Jahre 1910 etwa konnte das in den damals üblichen Lampen schlecht brennende rumänische Petroleum beträchtlich verbessert werden, indem man durch eine Behandlung mit flüssiger schwefliger Säure die für das Rußen verantwortlichen Bestandteile herauslöste. In ähnlicher Weise gelang es nun, aus den Destillaten mit flüssigem Schwefeldioxyd die

schmiertechnisch unerwünschten Stoffe herauszuholen, wobei je nach Temperatur und Menge des angewendeten Lösungsmittels und nach der Bauart der Extraktions-Anlage verschiedene Gütegrade erreichbar sind. Nachdem ein solches Verfahren einmal erprobt war, fand man auch andere „selektive“, d. h. auswählende Lösungsmittel, von denen u. a. Furfurol, Kresol, Phenol erwähnt seien.

Eine vorteilhafte Abwandlung der Selektiv-Raffination liegt in der Verwendung von zwei Lösungsmitteln (z. B. Phenol-Kresol einerseits und Propan andererseits im Duosol-Verfahren). Dadurch wird der Trennungsprozeß erleichtert und eine noch schärfere Abscheidung der schmiertechnisch unerwünschten Bestandteile ermöglicht. Dieser Effekt ist vergleichbar dem Ansetzen von zwei Arbeitern, statt eines einzigen, zum Sortieren eines — etwa aus Holz und Eisen bestehenden — Materialhaufens. Während jeder Arbeiter nur auf eine, auf „seine“ Sorte achtet und sie einsammelt, schafft er dem anderen freie Bahn zum Auffinden der anderen Sorte und umgekehrt.

In den Raffinaten ist das Vorhandensein von Festparaffinen noch störend. Es liegt nahe, zur Entparaffinierung das Öl auf niedrige Temperatur herunterzukühlen, um die dabei entstehenden festen Paraffine auszukristallisieren und in Filterpressen oder Trommelfiltern von den flüssigen Schmierölanteilen zu trennen. Auch diesen Vorgang kann man durch Maßnahmen, die mit der Selektiv-Raffination verwandt sind, unterstützen.

Nach solchen modernen Lösungsmittel-(Solvent-)Verfahren werden die BV-Oele hergestellt.

VOM WESEN DER REIBUNG

Wenn zwei Körper mit ihren Begrenzungsflächen sich aufeinander bewegen, so tritt eine Reibungskraft auf, die bestrebt ist, diese Bewegung zu hindern. Diese Reibungskraft ist fraglos um so größer, je höher das Gewicht oder die Belastung ist, mit der die beiden Flächen zusammengepreßt werden, und je rauher und trockener die aufeinander reibenden Oberflächen sind. Von dieser unterschiedlichen Reibungskraft wird jeder eine Vorstellung haben, der schon einmal einen schweren Kartoffel- oder Kohlensack über trockenes, holpriges Kopfsteinpflaster und anschließend über glatte, vielleicht sogar feuchte Asphaltstrecke geschleift hat.

Solche Reibung wollen wir beim Bremsen erzeugen, um damit die Bewegungsenergie des Fahrzeugs ganz oder teilweise zu vernichten, und deshalb ist „Schmierung“ der Bremse (ölige Bremsbeläge oder Spritzwasser vom Wagenwaschen) unerwünscht. Im Motor aber — an der Kolbenlaufbahn sowohl als auch an den Lagern der Kurbelwelle, der Pleuel u. a. — müssen wir Reibung nach Möglichkeit verhindern, um die Kraftstoffenergie mit geringen Verlusten in Bewegungsenergie umzuwandeln. Reibung kann vermieden, verringert werden durch Wahl geeigneter Materialien, möglichst hochwertige Herrichtung der Oberflächen und durch die Ausbildung eines tragfähigen Schmierfilms. Versuchen wir, nach Abb. 3, den Klotz mit rauher Unterseite über die rauhe, unebene Unterlage hinwegzuziehen, so werden wir eine große Zugkraft aufwenden müssen. Werden beide Flächen glatt bearbeitet, so ist die notwendige Zugkraft (angedeutet durch die Länge des Pfeils) erheblich geringer.

Träufeln wir ein Schmiermittel, z. B. Öl, auf die Unterlage, so wird eine noch geringere Kraft zum Ziehen genügen. Allerdings wird die scharfe Vorderkante des Klotzes die Schmierschicht teilweise abschaben, so daß die Schmierung noch unvollkommen bleibt. Das wird aber entscheidend verbessert, wenn der Klotz

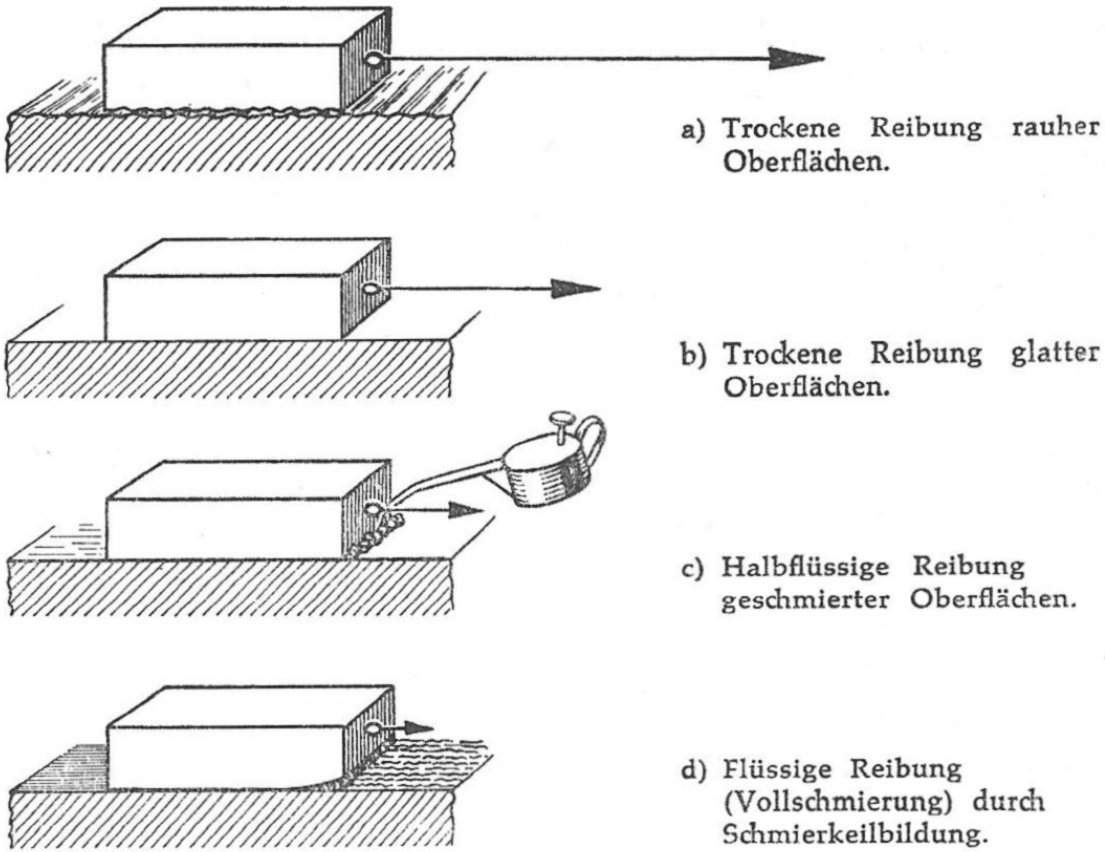


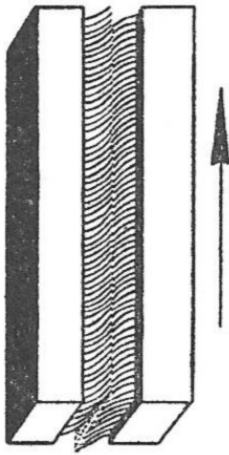
Abb. 3. Trockene und Flüssige Reibung

vorn an der Unterkante abgeschrägt wird, weil er damit die Neigung bekommt, sich auf die Ölschicht aufzuschieben, auf ihr zu schwimmen. Dieser Zustand (Abb. 3d) wird mit hydrodynamischer Reibung bezeichnet und vielfach, nicht nur bei der Lösung besonderer Schmierprobleme, praktisch ausgenutzt – so bei jedem Boot, insbesondere aber bei Stufen-Rennbooten und beim Wellenreiten, beim Skilauf, bei der Schlittenfahrt usw.

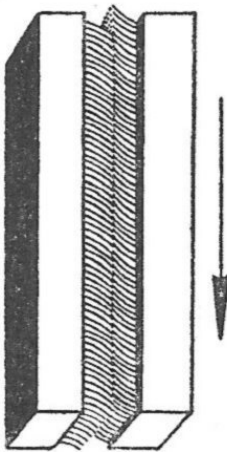
DIE AUFGABEN DER SCHMIERUNG

Im Motor ist nun die keineswegs einfache Aufgabe zu lösen, die Schmierschicht überall dort aufzubauen, wo sie benötigt wird, und sie so haftfähig und druckfest zu machen, daß sie auch unter schwierigen Betriebsbedingungen und bei plötzlichem Wechsel von Drehzahl und Belastung – wie er im Fahrzeugverkehr die Regel bildet – erhalten bleibt.

Dazu gehört auf seiten des Motorenherstellers eine ausgereifte Konstruktion unter Auswahl geeigneter Werkstoffe, deren Bearbeitung mit möglichst genauer Passung und hoher Oberflächengüte sowie die Anlage eines zweckmäßigen Schmier-systems. Seitens der Ölindustrie erfordert das die Bereitstellung eines guten, dünnflüssigen Öles, das sich durch das Schmier-system mit oder ohne Pumpe schnell an alle Bedarfsstellen verteilt, das an allen Schmierstellen einen tragfähigen, undurchdrückbaren Schmierfilm bildet; und das beim Ablaufen, nach Stillsetzen des Motors, die Gleitflächen noch so gut benetzt läßt, um die Gefahr der Trockenreibung beim nächsten Start so lange abzuwenden, bis durch frische Ölzufuhr ein voll tragfähiger Schmierfilm neu aufgebaut ist. Dabei soll das Öl nicht nur schmieren, sondern auch die Feinabdichtung zwischen Zylinder und Kolben bzw. Kolbenringen übernehmen – und kühlen, indem es Reibungswärme aus Lager- und Gleitstellen abführt. Es soll beim Aufprall auf die heiße Zylinderwand nicht verdampfen, um Verluste zu vermeiden; aber – wenn es am Kolben vorbei in den Verbrennungsraum gelangt – möglichst rückstandsfrei verbrennen. Es soll auf der Zylinderwand einen Korrosionsschutz bilden, der sich auch durch kondensierenden Wasserdampf oder gar schweflige Säure (bei schwefelhaltigen Kraftstoffen) nicht abwaschen läßt. Es soll auch unter Einwirkung des Luftsauerstoffs bei erhöhter Temperatur keine verdickenden Alterungsprodukte (durch Oxydation und Polymerisation entstehende Harze und Asphalte) bilden. Es soll mit



Zwei Schmierpelze
(riesig vergrößert)
bei Aufwärtsbewe-
gung des Kolbens



... und bei Ab-
wärtsbewegung.

Abb. 4.

Wasser nicht emulgieren und soll Metallabrieb zwar an harmloser Stelle absetzen, dafür aber Ruß – etwa aus überfetteter Dieselverbrennung – möglichst in der Schwebe halten.

Das können nur gute Öle, die in der Kälte ausreichend dünnflüssig, in der Hitze aber noch genügend viskos sind, die sich leicht pumpen und verteilen lassen und die durch die Haftfähigkeit ihrer Moleküle – begründet in der sog. Polarität, mit der sie sich in die Metalloberfläche verbeißen – einen nicht durchdrückbaren und nicht wegschiebbaren Schmierfilm bilden.

Die vom Öl benetzte Metalloberfläche wird – wenn man in das unsichtbare Reich der Moleküle vordränge – etwa aussehen wie ein schöner, dichter Haarpelz. So wie ein Pelz aus langen und kurzen Haaren, aus Borsten-, Flaum- und Grannenhaaren gebildet wird, so ist auch ein Schmierpelz aus längeren und kürzeren, aus weicheren und steiferen Molekülen aufgebaut. Und so wie der gute Pelz keine Haare lassen, nicht „haaren“ darf, sollen auch die Schmierpelzhärchen (Moleküle) nicht die Haftung an der Metalloberfläche verlieren.

Abb. 4 zeigt schematisch, wie solche Schmierpelze – also nicht etwa die Metallflächen, an denen sie haften – einander berühren, aneinander vorbeigleiten; das ist der Zustand der halbflüssigen Reibung oder Grenzschnierung, wie er z. B. beim Anlassen, nach Stillstand des Motors, vorliegt. Während des Betriebes wird angestrebt, durch eine Schicht von strömendem Öl nicht nur die Metallflächen, sondern sogar diese Schmierpelze voneinander zu trennen; diesen Zustand nennt man dann Vollschmierung.

ÜBER VISKOSITÄT UND ANALYSENDATEN

Mit der wesentlichsten Eigenschaft eines Öles, der „Schmierfähigkeit“, verhält es sich wie mit „Charme“ oder „Sex-Appeal“ im täglichen Leben. Man kann dieses gewisse Etwas nicht genau definieren und darum auch nicht messen oder vergleichen. So hat man sich vorläufig damit abgefunden, unter Schmierfähigkeit ein undefinierbares Etwas zu verstehen, das für Unterschiede in der Reibung verantwortlich ist, die sich – bei der Prüfung verschiedener Schmiermittel unter gleichartigen Versuchsbedingungen – nicht aus dem Viskositätsverhalten erklären lassen.

Es bleibt als wichtigstes, meßbares Kennzeichen die Viskosität (Zähflüssigkeit), die gleichbedeutend ist mit der „inneren Reibung“ eines Öles. Für ihre Bestimmung werden Instrumente (Viskosimeter) benutzt, mit denen die Auslaufzeit des Öles aus kurzen, kalibrierten Röhren oder die Durchlaufzeit durch Kapillaren bei verschiedenen Temperaturen gemessen werden kann.

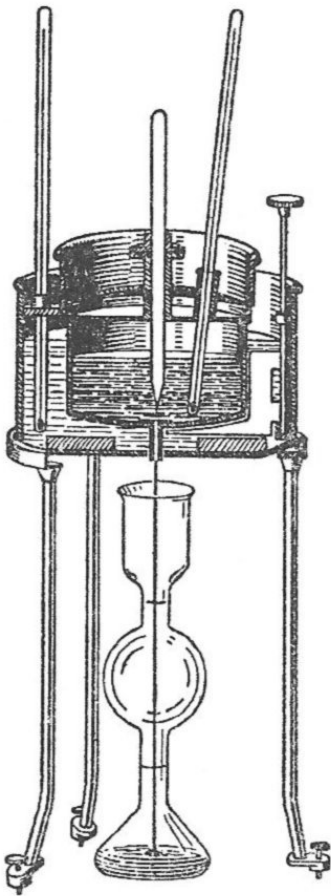


Abb. 5.
Engler-Viskosimeter.

Für ihre Bestimmung werden Instrumente (Viskosimeter) benutzt, mit denen die Auslaufzeit des Öles aus kurzen, kalibrierten Röhren oder die Durchlaufzeit durch Kapillaren bei verschiedenen Temperaturen gemessen werden kann.

Am bekanntesten dürfte in der deutschen Öffentlichkeit das Engler-Viskosimeter sein, wiewohl es im Laboratorium inzwischen durch andere, genauer arbeitende Geräte verdrängt wurde. Bei diesem Engler-Viskosimeter wird die Auslaufzeit von 200 ccm des untersuchten Öles dividiert durch die Auslaufzeit (sog. Wasserwert) einer gleichgroßen Menge destillierten Wassers von 20° C Temperatur. Eine Angabe von z. B. 6° E/50° C

bedeutet, daß das untersuchte Öl bei 50° C Temperatur zum Auslaufen aus dem Engler-Gerät sechsmal so lange gebraucht hat wie die gleiche Menge Wasser von 20° C. Die in anderen Ländern üblichen konventionellen Geräte (Saybolt in USA, Redwood in England) sind dem Engler-Gerät ziemlich ähnlich. Bei ihnen wird die Auslaufzeit des untersuchten Öles direkt in Sekunden angegeben (Saybolt-Universal-Sekunden = SUS; Redwood-Sekunden = R"), also nicht durch einen „Wasserwert“ — wie beim Engler-Gerät — dividiert. Darum liegen, sehr grob angenähert, SUS- und R"-Werte für das gleiche Öl rd. 30- bis 50mal höher als die Engler-Grade. Leider vermitteln diese konventionellen Maße nur unzureichende Vorstellungen von der Viskosität an sich und von der Relation verschiedener Werte; ein Öl von 13° E ist nämlich nicht 10mal viskoser als ein anderes von $1,3^{\circ}$ E, sondern 25mal; es ist auch nicht 13mal zäher als Wasser von 20° C, sondern in Wirklichkeit 100mal zäher. Es ist das Verdienst von Ubbelohde, diese Dinge klargestellt und durch die Einführung von Viskositätsmessungen im absoluten Maßsystem Mißverständnisse ausgeräumt zu haben. So versteht man jetzt unter dynamischer Viskosität den Widerstand, den eine Flüssigkeit der Verschiebung einer Fläche von 1 cm^2 im senkrechten Abstand 1 cm von einer gleichgroßen Fläche mit einer Geschwindigkeit von 1 cm/sec entgegensetzt.

Gearbeitet wird jedoch meist mit dem Viskosität-Dichte-Verhältnis, der kinematischen Viskosität; ihre Dimension ist cm^2/sec und wird Stokes genannt (St); praktischer und gebräuchlicher ist die Untereinheit centiStokes (cSt) = $1/100$ St.

Es gibt Kapillar-Viskosimeter, mit denen sich die kinematische Viskosität direkt bestimmen läßt; in größeren Laboratorien sind diese vorzugsweise in Gebrauch; allerdings werden neben den gemessenen, kinematischen Viskositäten (in absolutem Maß) oft noch umgerechnete konventionelle Werte (in relativem Maß) angegeben, weil solche Werte — $^{\circ}$ E, SUS, R" — nun einmal populär sind. Für die Umrechnung gibt es sehr genaue

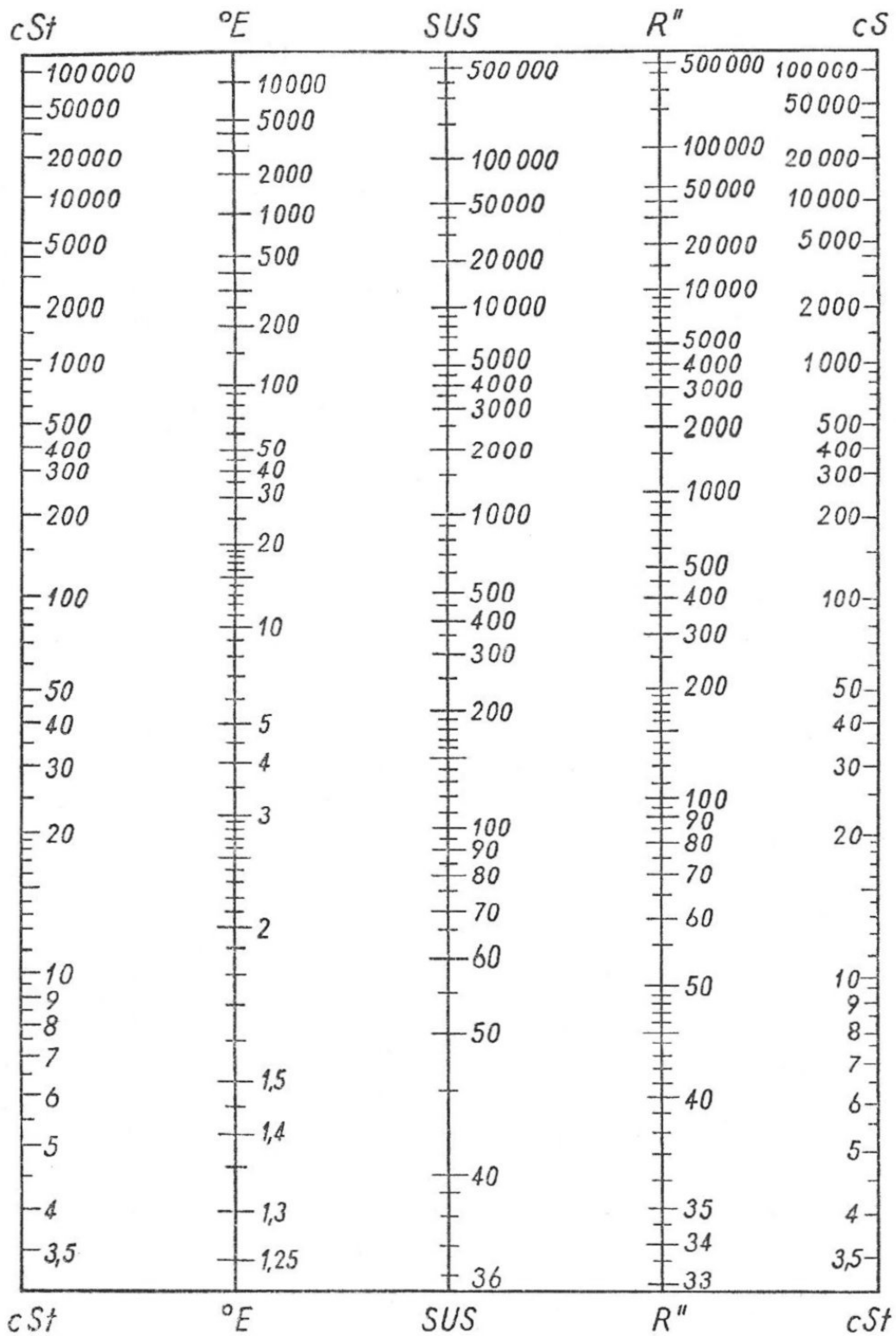


Abb. 6. Vergleich von Viskositäts-Maßen.
 cSt = centiStokes; °E = Engler-Grad; SUS = Saybolt-Universal-Sekunden;
 R'' = Redwood-Sekunden

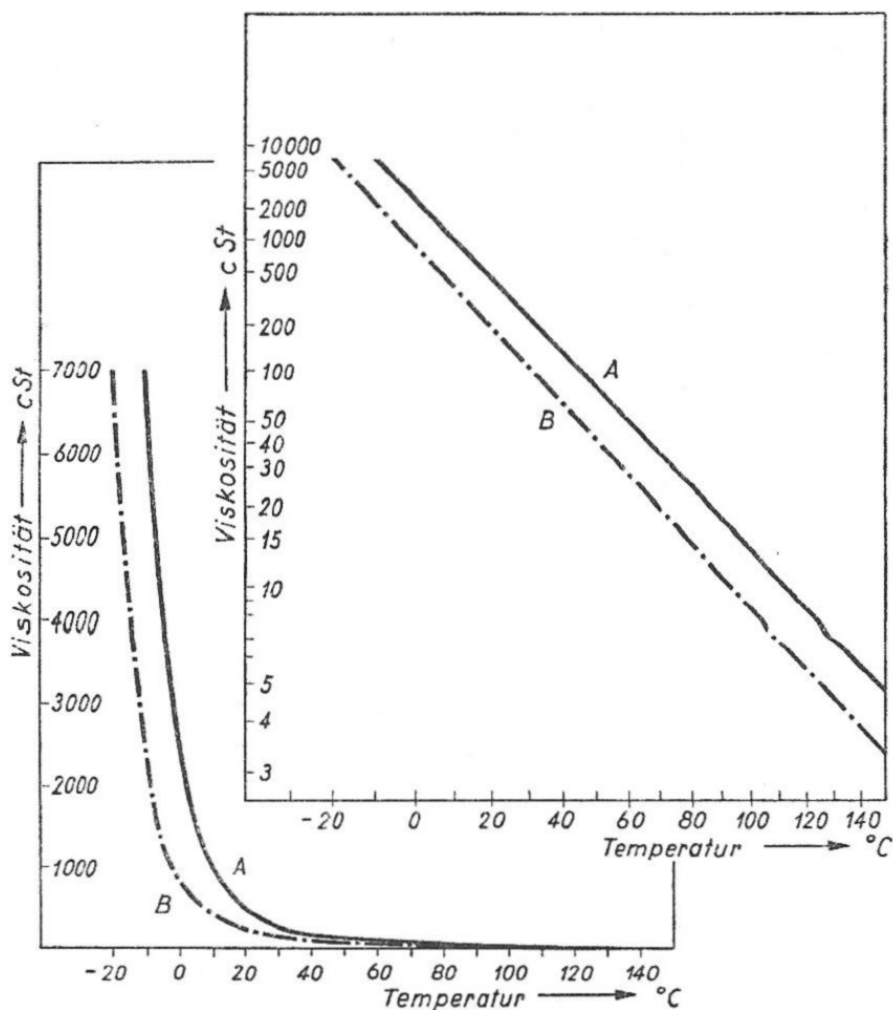


Abb. 7. Viskosität-Temperatur-Verlauf zweier Öle im normalen Maßstab (gekrümmte Kurven, unten) und im logarithmischen Maßstab (gerade Linien, oben).

Tabellen; einen Anhaltspunkt für ungefähre Vergleiche mag das Skalen-Schaubild (Abb. 6) geben.

Es ist eine spezifische Eigenschaft der Öle, daß sie ihre Viskosität stark mit der Temperatur ändern, d. h., daß sie in der Wärme dünnflüssig, in der Kälte dickflüssig werden. Da das Öl im Verbrennungsmotor aber sowohl bei Temperaturen von weit über 100°C noch zuverlässig schmieren muß, als auch bei Starttemperatur im kühlen oder gar im eiskalten Wetter pump- und fließfähig sein soll – ist ein Öl fraglos um so wertvoller, je geringer sich seine Viskosität mit der Temperatur ändert. Um ein Bild von der Temperatur-Abhängigkeit der Viskosität zu bekommen, trägt man bei verschiedener Temperatur gemessene

Viskositäten in ein Schaubild ein. Dabei ergeben sich stark gekrümmte Kurven, die schwer zu beurteilen sind und die sich überhaupt nur zeichnen lassen, wenn man viele Punkte (Viskositätsmessung bei unterschiedlichen Temperaturen) kennt. Durch einen graphisch-mathematischen Kunstgriff (Verwendung eines logarithmischen Maßstabs für die Temperatur, eines doppelt logarithmischen Maßstabs für die Viskosität) hat Ubbelohde aber die gekrümmten Kurven zu geraden Linien gestreckt, deren Neigung (Schräglage) kennzeichnend für die Viskositätsände-

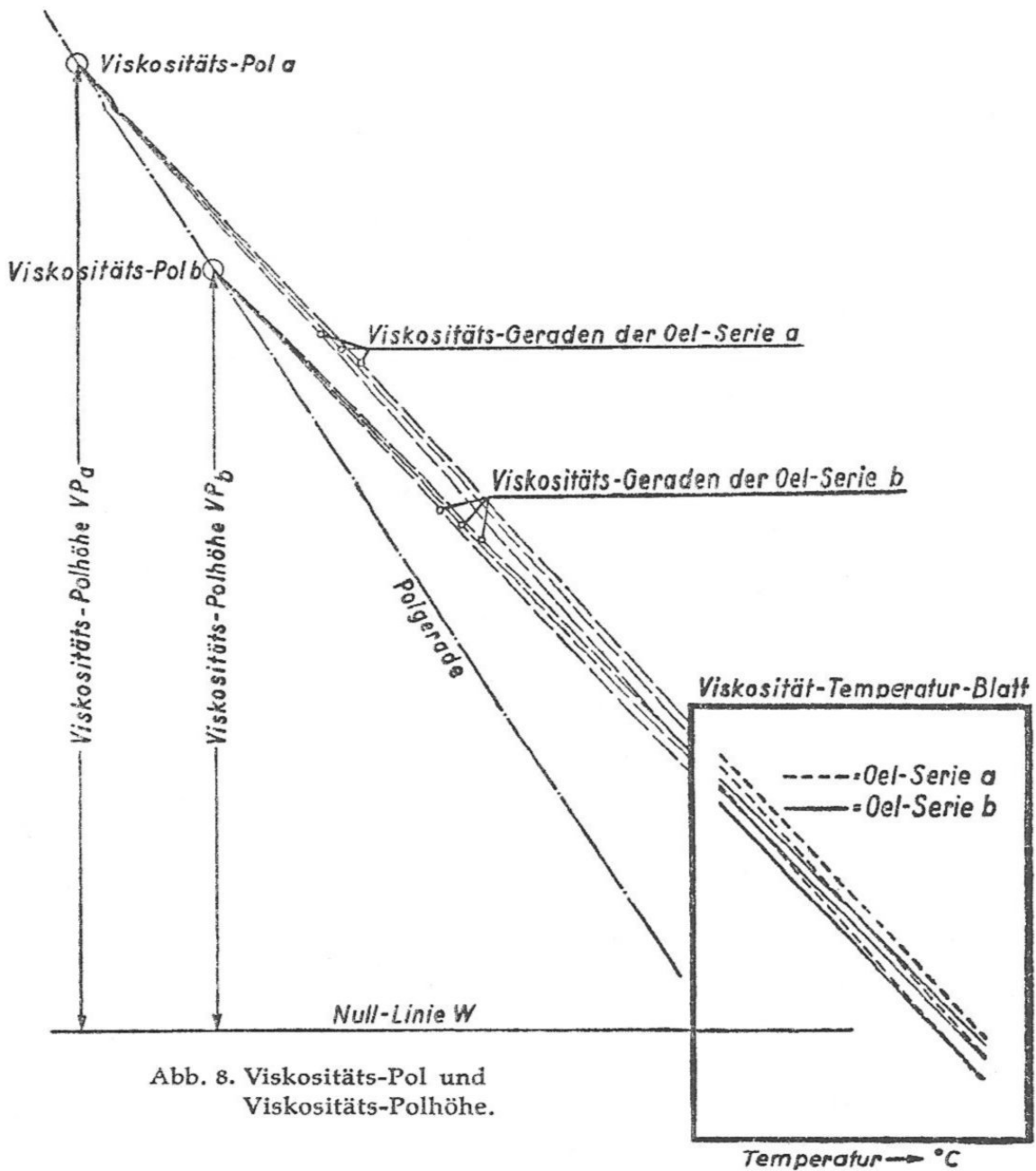


Abb. 8. Viskositäts-Pol und Viskositäts-Polhöhe.

runge mit der Temperatur ist. In diesem logarithmisch geteilten Blatt kann man offenbar schon nach zwei Messungen den gesamten Viskositäts-Verlauf aufzeichnen, weil ja eine Gerade als Verbindungslinie zweier Punkte (für Kontrollzwecke evtl. noch ein dritter Punkt) festliegt. Die Lage solcher Linien verlockte auch dazu, die Verlängerung dieser Geraden außerhalb des eigentlichen Meßblattes zu verfolgen. Dabei stellte sich interessanterweise heraus, daß die verlängerten Viskositäts-Geraden verwandter Öle sich jeweils in einem Punkt, dem Viskositäts-Pol, schneiden, der eine für gewisse Öl-Serien charakteristische Größe darstellt. Und es zeigte sich schließlich, daß die Viskositäts-Pole verschiedener Öl-Serien so eigenartig verteilt lagen, daß man sie mit genügender Annäherung auf einer geraden Linie, der Pol-Geraden, unterbringen konnte. In dem skizzierten Diagramm (Abb. 8) sind diese Zusammenhänge deutlich zu erkennen.

Wertvolle Öle, deren Viskosität sich nur in geringem Maße mit der Temperatur ändert, sind durch eine niedrige Viskositäts-Polhöhe (VP) ausgezeichnet, während bei starker Änderung der Viskosität (geringwertige Öle) der Pol höher liegt, die Viskositäts-Polhöhe also größer ist. Durch eine raffinierte, hier nicht gezeigte Einrichtung des Ubbelohde-Walther-Diagramms kann man mit einigen Hilfslinien die „Polhöhe“ unmittelbar auf dem handlichen Viskosität-Temperatur-Blatt (Abb. 8, rechts unten) ablesen, ohne die umständliche und aus Raumgründen schwierige Verlängerung der Viskositäts-Geraden nach außen vornehmen zu müssen.

In den USA wurde von Dean und Davis zur Bewertung des Viskositätsverlaufs statt der Polhöhe der sogenannte „Viskositäts-Index“ entwickelt, der die untersuchten Öle in Vergleich setzt zur Viskosität von bekannten typischen Ölen. Für die Muster beider Öl-Serien (Abb. 9) wurde die SUS-Viskosität bei 100° Fahrenheit über der SUS-Viskosität bei 210° Fahrenheit aufgetragen und die Punkte zu zwei Kurvenzügen verbunden.

Der schlechtere Öl-Typ erhielt das Kurzzeichen L von Low = Niedrig, die bessere Öl-Sorte das Kurzzeichen H von High = Hoch. Der senkrechte Abstand dieser beiden Kurven wurde in jeweils 100 gleiche Teile geteilt und nach unten, durch Extrapolation über den 100er-Punkt hinaus, verlängert – im Diagramm ist das eingezeichnet als Beispiel für 100 SUS bei 210°F. Für jedes untersuchte Öl, dessen Viskosität bei 100°F und 210°F gemessen wurde, markiert also der Schnittpunkt dieser beiden Viskositäten auf der jeweiligen Abstands-Skala zwischen L und H den Viskositäts-Index des betreffenden Öls. Es gibt sehr genaue Tabellen und Diagramme, um den Visko-

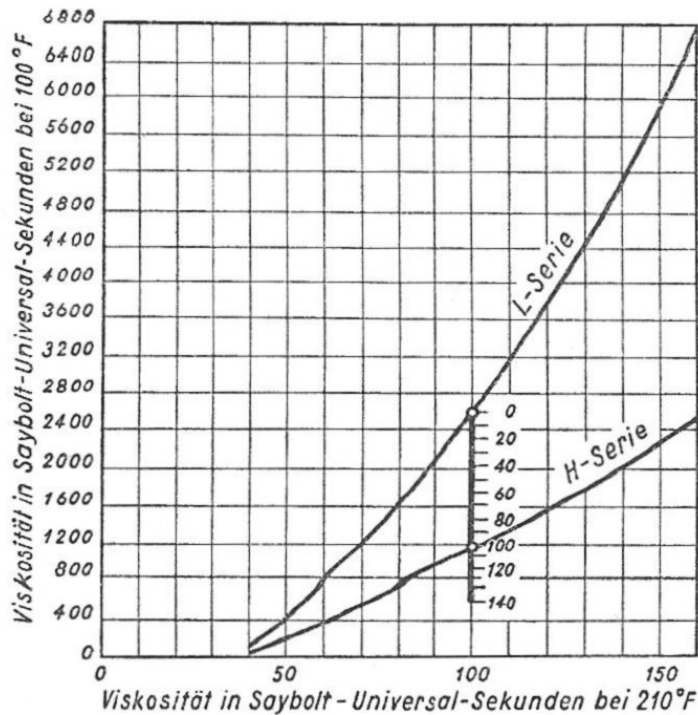


Abb. 9. Der Viskositäts-Index.

sitäts-Index (V. I.) abzulesen, um von Polhöhe auf Viskositäts-Index umzurechnen oder umgekehrt. Für den hier angestrebten Zweck mag die eben gegebene Erläuterung der Zusammenhänge genügen und der Hinweis, daß eine niedrige Polhöhe einem hohen Viskositäts-Index entspricht und umgekehrt.

Neben der Untersuchung der Viskosität, die auch für die prak-

tische Anwendung der Öle von erheblicher Bedeutung ist, ist zur Untersuchung von Schmierölen noch eine Reihe von Prüfungsmethoden und Analysendaten in Gebrauch, die nachstehend wenigstens erwähnt sein sollen. Die ermittelten Analysendaten geben im einzelnen oder in ihrer Gesamtheit dem Chemiker und Ölfachmann wertvolle Aufschlüsse über Herkunft, Struktur, Eigenart und voraussichtliches Verhalten eines Schmierstoffes — ohne allerdings Entscheidendes über die motorische Bewährung auszusagen.

Von einiger Bedeutung für die Praxis ist der Stockpunkt, von dem man auf das Verhalten des Öles in der Kälte schließen

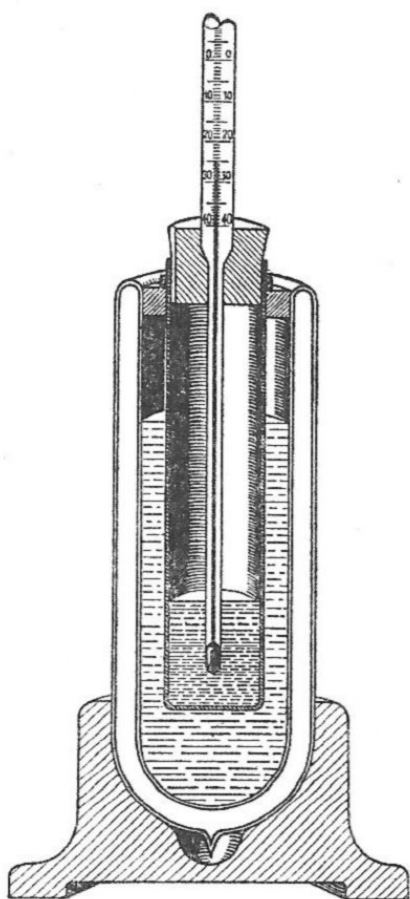


Abb. 10. Stockpunkt-Prüfer.

kann. Es wird unter Stockpunkt diejenige Temperatur verstanden, bei der ein Öl unter dem Einfluß der eigenen Schwere nicht mehr sichtbar fließt. Bestimmt wird der Stockpunkt derart, daß das zu untersuchende Öl in einem Probeglas nacheinander in Kältemischungen verschiedener Temperaturen (Alkohol + feste Kohlensäure, im Dewar-Gefäß) gebracht wird. Durch Neigen des Glases in gewissen Zeitabständen stellt man fest, ob das Öl noch fließt oder unter der Einwirkung der Kälte bereits „stocksteif“ geworden ist. Die zugeordnete Temperatur — der Stockpunkt — wird an einem Thermometer abgelesen.

Für das Startverhalten des Motors im Winter ist freilich weniger der Stockpunkt des Öles als vielmehr eine relativ niedrige, günstige Viskosität bei Starttemperatur entscheidend. Zur Beurteilung der Startfreudigkeit, des Anlaßverhaltens, gilt als wichtig die einer Viskosität von 1000° E zugehörige Temperatur.

Im Laboratorium wird noch eine ganze Reihe anderer Untersuchungen durchgeführt, die Aufschluß darüber geben, ob die Öle hinsichtlich ihres Reinheitsgrades und ihrer sonstigen Eigenschaften in Ordnung sind und ob sie den gestellten Anforderungen entsprechen. Zu diesen Untersuchungen gehört die Ermittlung des spezifischen Gewichts mittels Aräometer; die Beurteilung von Farbe und Fluoreszenz; die Bestimmung des Flammpunktes als der Temperatur, bei der sich Öldämpfe an einer Zündflamme erstmalig entzünden; die Feststellung der Verkokungsneigung durch den Conradson-Test; und der Verdampfungsverluste mittels des Noack-Testes. Dazu gehört die Bestimmung des Aschegehaltes, also des Unverbrennlichen im Öl, sowie der Neutralisations- und Verseifungszahl — als Maß für das Vorhandensein freier Säuren und Fettsäuren. Dazu gehören Untersuchungen über die Emulgierbarkeit mit Wasser und über die Intensität des Korrosionsschutzes ebenso wie die Überprüfung der Schaumneigung.

Bei Getriebeölen werden Druckfestigkeit oder Belastbarkeit in Ölprüfmaschinen gemessen — so z. B. im Vier-Kugel-Apparat (VKA-Wert), der Almen-Wieland-Maschine o. a. Neuerdings wird freilich Untersuchung in dem betriebsnahen Zahnrad-Verspannungs-Prüfstand vorgezogen, den man in mancher Hinsicht mit den motorischen Tests bei Motorenölen vergleichen kann (s. S. 28 u. 63 ff.).

Bei Schmierfetten werden Fließ- und Tropfpunkt bestimmt als Kennzeichen der Temperatur, bei der die Fette zu weich werden und anfangen zu fließen; es interessiert auch die Konsistenz, die Verformbarkeit des Fettes: als vergleichende Betrachtung des Aussehens beschrieben oder als Penetration — die Eindringtiefe eines genormten Kegels in die Fettprobe — gemessen.

Und es gibt noch viele Methoden und Möglichkeiten der ergänzenden Öluntersuchung — manche raffiniert und wirklichkeitsnah, manche überspitzt und in der Bedeutung der Aussage oder der Zweckmäßigkeit des Verfahrens noch umstritten.

VON DER FARBE FRISCHER UND GEBRAUCHTER ÖLE

Die Farbe von Ölen wird im durchscheinenden Licht meist gelbliche, bräunliche, rötliche Töne haben und im auffallenden Licht einen eigenartigen, gleichsam selbstleuchtenden Schimmer, die Fluoreszenz (bläulich, violett, sattgrün, blaugrün, braungrün), aufweisen. Farbe und Fluoreszenz sind wohl Merkmale, aber keine Wertmaßstäbe für Öle; man kann die Farbe durch sehr scharfe Raffination beliebig aufhellen – wobei das Aussehen verbessert, die Schmierfähigkeit aber zuweilen verschlechtert wird. Man kann Öle auch färben.

Noch weniger kann das Aussehen eines gebrauchten Öles Auskunft über Beschaffenheit oder Schmierfähigkeit geben. Dazu ist folgender Vergleich interessant: Setzt man in Glaszylindern zwei verschiedenen Ölen – etwa einem blaugrünen, stark fluoreszierenden, kaum durchsichtigen und einem gelbvioletten, wenig fluoreszierenden, stark durchscheinenden Öl – die gleiche Menge Ruß zu, so wirken beide Öle verschieden stark verändert. Das blaugrüne Öl hat die Schmutzmenge fast unsichtbar in sich aufgenommen, und durch seine Fluoreszenz „scheint“ es gegenüber dem reinen Zustand kaum verschmutzt. Das gelbviolette Öl ist durch den Rußzusatz, der feinst verteilt in Schwebe gehalten wird, so schwarz und undurchsichtig geworden, daß es einen „verbrauchten“ Eindruck macht. Und der ganze Unterschied zwischen beiden Ölen ist nichts als „optische Täuschung“.

MARKENVERTRAUEN ODER „FINGERSPITZENGEFÜHL“?

Es ist bezeichnend, daß durch intensive Säurebehandlung schärfstens ausraffinierte Öle zwar sehr hell und im chemischen Sinne sehr rein werden, aber im praktischen Betrieb versagen — weil sie erfahrungsgemäß nur noch geringe Schmierfähigkeit besitzen, gewissermaßen „totraffiniert“ sind. Diese Erkenntnis unterstreicht nur die Bedeutung der Ansicht, daß Analysendaten allein noch nichts Endgültiges über die motorische Bewährung eines Öls aussagen können — genau wie man aus einer sorgfältigen Personenbeschreibung auch nicht auf den Charakter eines Menschen schließen kann.

Bei der Entwicklung neuer Öltypen oder der Weiterentwicklung bewährter Typen kann auf die praktische Erprobung durch Dauerläufe in speziellen Prüfmotoren — manchmal auch auf Fahrversuche oder Großerprobung in ganzen Fahrzeug-Flotten — nicht verzichtet werden. Dabei werden die Bedingungen hinsichtlich Temperatur, Belastung, Lastwechsel oder durch Verwendung „anspruchsvoller“ Kraftstoffe oft verschärft. Und nach Abschluß jedes Prüflaufes ergibt sich aus dem Verlauf der Messungen, aus dem Zustand von Kolben, Ringen, Lagern und Ventilen, aus dem optischen Befund des zerlegten Motors, aus der Vermessung wesentlicher Bauteile und aus der Analyse des Altöls ein kristallklares Gesamturteil.

Wenn aber Entwicklung, Herstellung und Erprobung eines erstklassigen Öles soviel Mühe machen und der vertrauensvollen Zusammenarbeit vieler Betriebsinstanzen bedürfen, darf man nicht glauben, daß „Auch-Fachleute“ ein Öl durch Bewegung zwischen Daumen und Zeigefinger beurteilen könnten. Die Beanspruchung eines Motorenöls im modernen, schnellaufenden Fahrzeugmotor ist derart hoch und wechselnd, daß für den Fahrzeughalter bei der Wahl des Öles das Markenvertrauen an erster Stelle stehen sollte.

VERSCHIEDENE SCHMIERSYSTEME

Die Versorgung der Schmierstellen und die Bildung des Ölfilms kann man auf verschiedene Weise vornehmen. Die einfachste und nächstliegende Art ist wohl die Frischölschmierung, bei der aus einem Vorratsbehälter durch Gefälle, evtl. auch durch Pumpe, jeder Schmierstelle eine knapp, aber ausreichend dosierte Menge Frischöl zugeführt wird. Diese Art der Schmierung wird häufig bei Viertakt-Motorradmotoren angewendet.

Eine besondere Form der Frischölschmierung ist die bei Zweitaktern nahezu ausschließlich benutzte Mischungsschmierung. Hier wird auf ein besonderes Ölsystem überhaupt verzichtet und das Öl dem Kraftstoff in einem bewährten Mischungsverhältnis (meist 1:25) zugegeben. Der Ölnebel scheidet sich aus dem Kraftstoff-Luft-Gemisch auf seinem Wege durch Kurbelgehäuse und Motor teilweise aus und be-

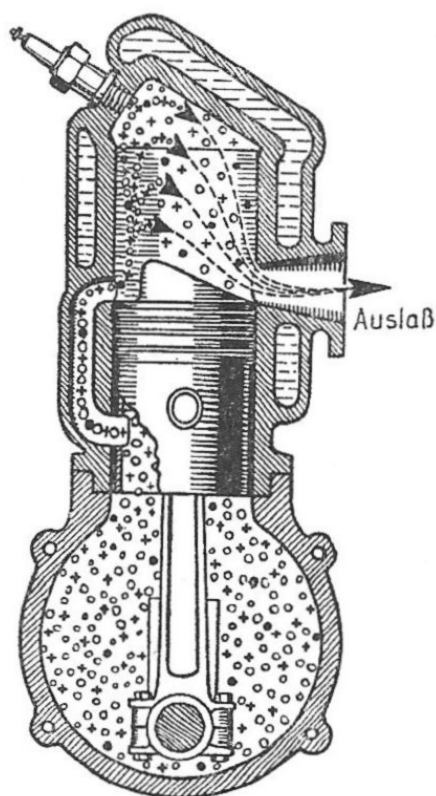


Abb. 11. Mischungsschmierung durch Öl im Kraftstoff-Luft-Gemisch (Zweitaktmotor beim Überströmen und Spülen).

netzt die zu schmierenden Flächen. Es leuchtet ein, daß diese Art der Schmierung nur bei Zweitaktmotoren angewendet werden kann, bei welchen das Gemisch durch die Kurbelkammer angesaugt wird, weil anders ja das Öl nicht an die unterhalb des Kolbens liegenden Schmierstellen herankäme.

Übrigens erfolgt auch die Schmierung der Zweitakt-Einspritzmotoren in ähnlicher Weise, obwohl es dort nicht Mischungsschmierung heißen darf. Weil man den Kraftstoff direkt in den Verbrennungsraum einspritzt, wird das Schmieröl über eine dosierende Pumpe und

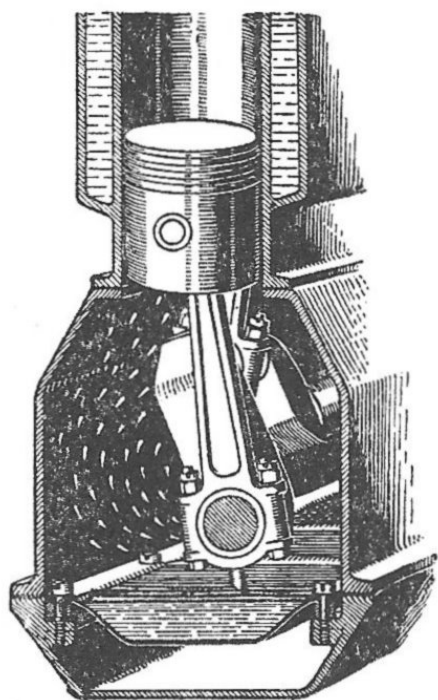


Abb. 12. Tauchschmierung durch Schöpfbecher an den Pleuellagern.

eine Düse im Ansaugstutzen der Luft mitgegeben, die das Öl genauso in und durch die Kurbelkammer transportiert, wie es das Kraftstoff-Luft-Gemisch im „normalen“ Zweitakter tut.

Mit Ölvorrat im Kurbelgehäuse arbeitet die Tauchschmierung, bei welcher die Pleuellager mit kleinen Schöpfbechern in das Öl eintauchen und es bei der Drehbewegung verspritzend und versprühend mitnehmen (wird heute nur noch selten angewendet).

Bei Viertaktmotoren allgemein verbreitet ist die Druckumlaufschmierung, wobei eine vom Motor, d. h. meist von der Nockenwelle angetriebene Ölpumpe für den Ölumlaufl sorgt. Über eine Hauptleitung werden die Lager der Kurbelwelle und der Nockenwelle mit Öl beliefert, das möglichst der unbelasteten, drucklosen Seite der Lager zugeführt wird. Lagerzapfen, Kurbelwange und Kurbelzapfen der Kurbelwelle sind schräg oder winklig durchbohrt, so daß die Pleuellager über diese Bohrungen in der Kurbelwelle vom benachbarten Hauptlager aus mit Öl versorgt werden. Das aus den Pleuellagern austretende Öl wird im Kurbelgehäuse verwirbelt und spritzt dabei in ausreichender Menge auf die Kolbenlaufbahn im Zylinder. Ebenso wird auch der Kolbenbolzen durch Spritzöl erreicht. Bei manchen Konstruktionen wird jedoch dem Kolbenbolzen das Öl vom Pleuellager aus durch eine am Pleuel verlegte oder im Pleuel gebohrte Ölleitung zugeführt. Andere Leitungen, Fangbleche, Spritzdüsen oder ähnliche Vorrichtungen sind zur Versorgung der Steuerräder, der Ventilstößel, der Kipphebelwelle usw. be-

stimmt. Von den Schmierstellen ablaufendes Öl sammelt sich in der Ölwanne, dem Unterteil des Kurbelgehäuses, von wo es der Ölpumpe – meist Zahnradpumpe – über ein feinmaschiges Drahtsieb wieder zuläuft.

Die sog. Trockensumpf-Umlaufschmierung ist nur eine Abart dieser Druckumlaufschmierung. Ihre Besonderheit besteht darin, daß eine zweite Ölpumpe die Ölwanne laufend leersaugt (daher „Trocken“-Sumpf) und das Öl in einen getrennten Vorratsbehälter drückt, von wo die normale Ölpumpe es in den Umlauf schafft. Der Vorteil ist die Lage-Unempfindlichkeit, weshalb die Anwendung dieser Schmierungsart bei Flugmotoren allgemein, bei Sport- und Geländewagen häufig, bei Motorrädern teilweise üblich ist.

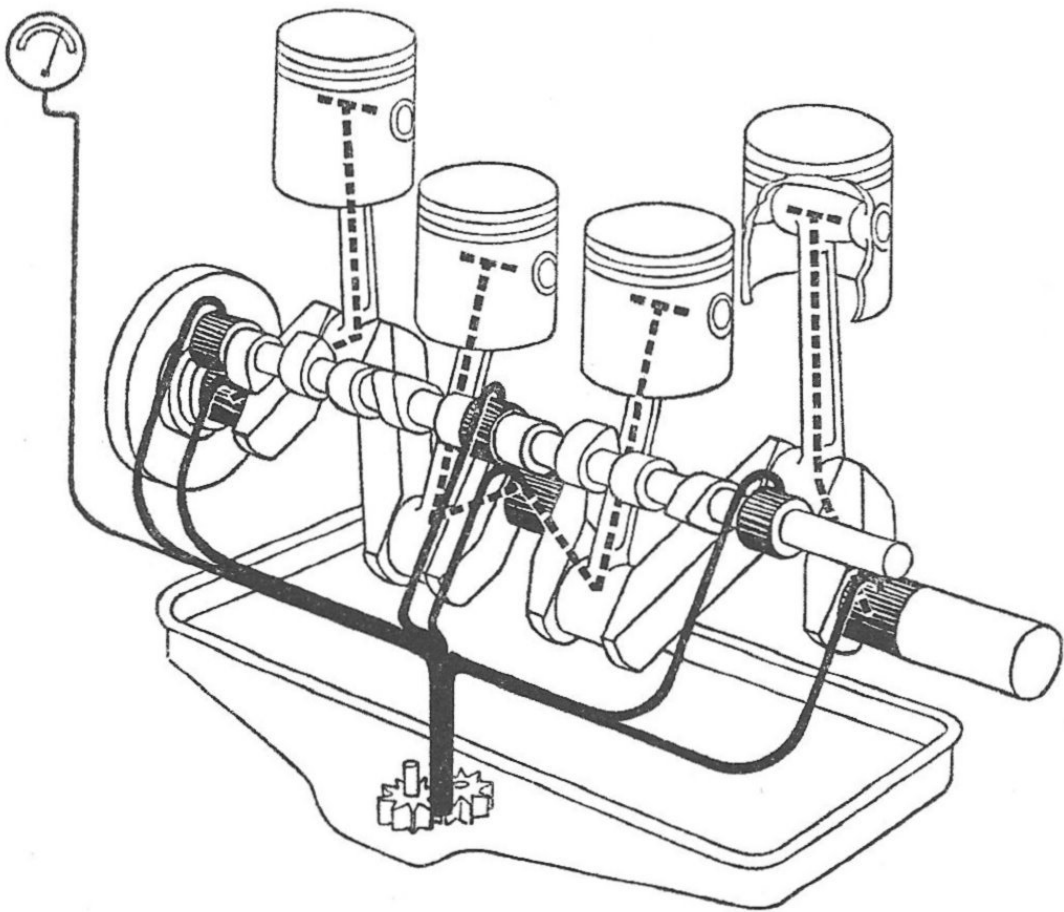


Abb. 13. Druck-Umlaufschmierung mit Zahnrad-Ölpumpe und Ölmanometer.

ÖLDRUCK ODER ÖLVERSORGUNG?

Der Ölfilm läuft beim Stillsetzen des Motors an den Gleitflächen bis auf eine hauchdünne Schicht ab, soll aber bei der Inbetriebsetzung möglichst schnell wiederaufgebaut werden. Es dürfte einleuchten, daß dünne Öle dieser Aufgabe besser gewachsen sind als dicke. Alle Leitungen bis zur fernsten Schmierstelle — und diese Leitungen haben kleinen Durchmesser — müssen von der Pumpe gefüllt und die Schmierstellen mit Öl versorgt werden. Das geschieht sicherlich um so schneller, je höher die Drehzahl beim Anlassen ist, d. h. je weniger steif der restliche Ölhauch ist und je besser die Ölpumpe fördern kann, je geringer also der Widerstand in den Leitungen, je dünner das Öl ist. Der Druck der Ölpumpe ist nämlich nicht die tragende Kraft des Schmierfilms, sondern nur Transportmittel: so wie der Wasserdruck das Wasser in die Hausleitungen treibt oder der Gasdruck das Stadtgas zu Kochern und Herden befördert.

Warum soll sich die Ölpumpe quälen, warum sollte man den zuverlässigen Transport gefährden, wenn es schmierfähige, dünne Öle gibt, die in den Rohrleitungen nur geringere Widerstände verursachen? Es sei ein Vergleich erlaubt mit dem hohen Blutdruck, der beim Menschen durchaus kein Zeichen für eine vorbildliche Blutzirkulation ist. Der hohe Blutdruck (Pumpendruck) wird dem Herz (Ölpumpe) aufgezwungen, wenn das Blut (Öl) zu dickflüssig ist oder die Adern (Ölleitungen) zu eng sind oder durch Ablagerungen sich verengt haben.

Die Freude mancher Fahrer, daß der Zeiger des Ölmanometers eisern hoch steht, ist also völlig unangebracht. Die Pumpe muß sich quälen, frißt viel Antriebsleistung und fördert doch vielleicht nicht schnell genug das Öl dorthin, wo es hingehört. Viel besser ist es, wenn der Zeiger des Ölmanometers mit der Drehzahl „spielt“, d. h. beim Beschleunigen steigt und beim Gaswegnehmen fällt. Auch eine Anzeige in der Gegend des Nullpunktes ist noch ausreichend, wenn beim Hochtreiben der Drehzahl ein

Ansprechen, ein Mitgehen des Manometerzeigers festzustellen ist. Wegen der häufigen Mißdeutung der Öldruck-Anzeige bauen einige führende Kfz-Fabriken bei ihren Typen kein Manometer mehr ein, sondern nur eine Warnlampe, die bei Unterschreitung eines sehr niedrigen Mindestdrucks aufleuchtet.

Die Tauchschmierung ist neben der Mischungsschmierung vielleicht das beste Beispiel dafür, daß der Öldruck nicht den Schmierfilm aufbaut, sondern nur Öl transportiert; daß es aber auch andere Transportmittel gibt als den Pumpendruck. Bei der Tauchschmierung ist überhaupt kein Druck vorhanden. Aus Abb. 12 war zu ersehen, daß die kleinen Schöpfbecher an den Pleuellagern in den Ölvorrat eintauchen und ihn bei der Drehbewegung verspritzend und versprühend mitnehmen. Damit ist die Schmierung der Kolbenlaufbahn im Zylinder, die Schmierung des Kolbenbolzens und des Pleuellagers gesichert. Und die Hauptlager der Kurbelwelle? Denen läuft abtropfendes oder umherspritzendes Öl über Fangbleche oder Fangtaschen zu — d. h. ohne jeden Druck. Also nur durch ausreichende Ölmenge und richtige Innengestaltung des Lagers (seitliche Öltaschen zur Erleichterung der Schmierkeilbildung) wird der Schmierfilm aufgebaut. Das für die Fanatiker des hohen Öldrucks und des dicken Öls.

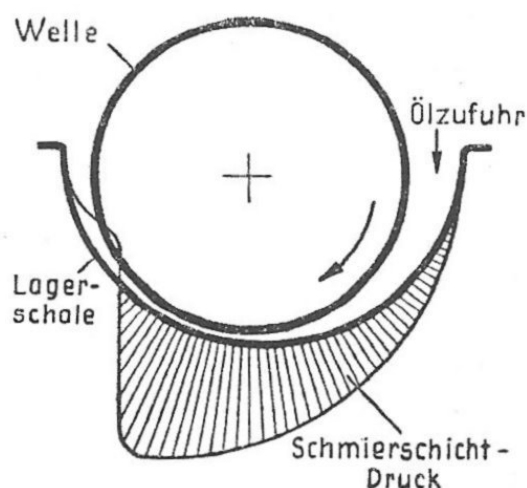


Abb. 14. Bei richtigem Lagerspiel (sehr stark übertrieben) und richtiger Ölzufuhr bildet die drehende Welle sich selbst den keilförmigen Schmierfilm, auf dem sie schwimmt.

DICKES ODER DÜNNES ÖL?

Das dünne Öl hat aber noch andere Vorteile. Es gelangt nicht nur schneller an die Schmierstellen, selbst an die weitestentfernten — es führt auch die in Lagern und Gleitflächen entstehende Reibungswärme schneller ab. Dabei kann evtl. Metallabrieb besser weggespült und zum Absetzen in die Kurbelwanne befördert werden; während bei schlechter Spülung sich harte Spänchen in weicheren Untergrund — etwa der Lagerschale — einbetten und von dort aus eine schmirgelnde Schleifwirkung vollführen.

Ein Wort aber noch zum Zylinderverschleiß, der im Bereich des oberen Totpunktes am größten ist. Nicht etwa, weil die Temperatur der Zylinderwand dort höher ist, sondern weil an dieser Stelle, dem Umkehrpunkt der Kolbenbewegung, naturgemäß recht schwierige Schmierbedingungen herrschen und auch durch „Kaltkorrosion“ erhöhter Verschleiß verursacht werden kann.

Beim Anlassen des ausgekühlten Motors werden auch normalvergasende Kraftstoffe — viel stärker natürlich schlechtvergasende — teilweise an den kalten Zylinderwandungen kondensieren und das Schmieröl verdünnt ins Kurbelgehäuse befördern. Gefährlicher aber ist, daß der bei der Verbrennung aller Kraftstoffe entstehende Wasserdampf an den zunächst noch kalten Zylinderwandungen sich als Wasser niederschlägt und daß auch schweflige Säure — bei der Verbrennung schwefelhaltiger Kraftstoffe sich bildend — den Ölfilm örtlich angreifen und die Zylinderwand anfressen (korrodieren) kann. Diese für den Verschleiß entscheidende Kaltkorrosion wird um so besser unterdrückt, je widerstandsfähiger der Schmierfilm ist, je vernünftiger man mit dem Startvergaser umgeht, je geschickter und rascher man die kalte Maschine warm bekommt und je schneller das von Pleuellagern und Kolbenbolzen abspritzende Öl sich auf der Zylinderwand verteilt — also je dünner es ist.

DIE TEMPERATUREN BEIM ÖLUMLAUF

Es lohnt sich, auch einmal die Temperaturen zu betrachten, welche unter normalen bis forcierten Fahrbedingungen im Ölkreislauf eines Fahrzeugmotors auftreten. Im Ölsumpf herrschen durchschnittlich, bei betriebswarmer Maschine, Temperaturen von mindestens 65 bis 80° C. Schon auf dem Wege zum Haupt-

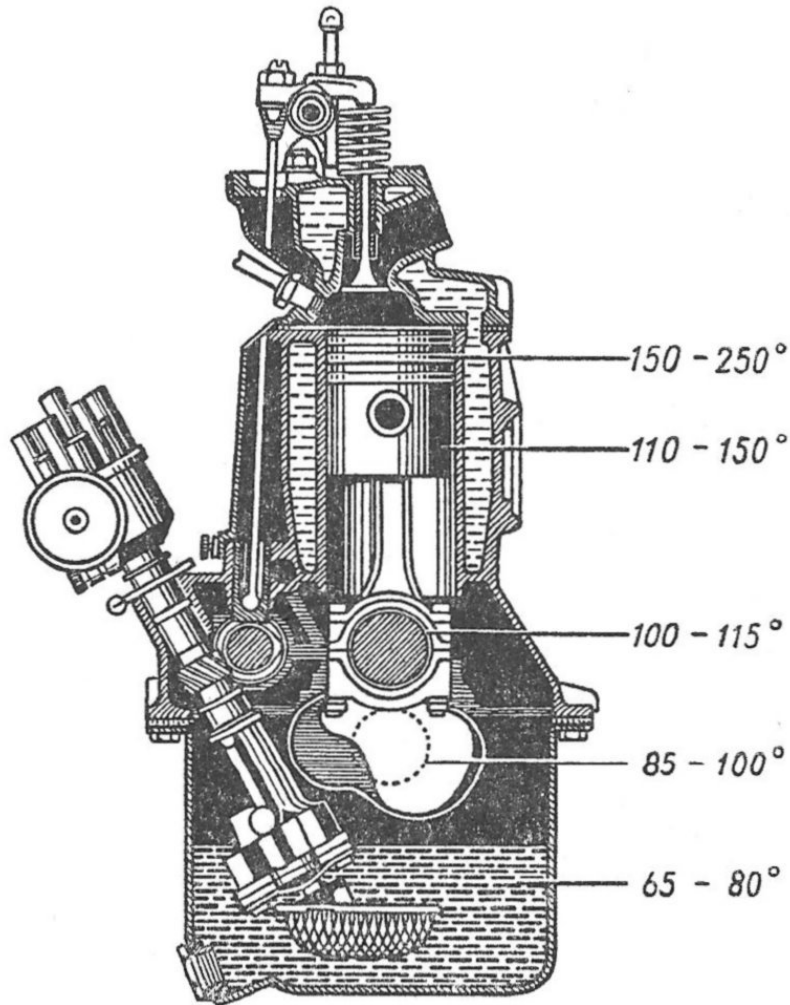


Abb. 15. Temperaturen im Motor.

lager — also in der Hauptölleitung — wird das Öl um etwa 15° C wärmer, so daß es mit rund 85° C in die Hauptlager eintritt. In Erfüllung seiner Schmieraufgabe wird es dort um weitere rd. 15° C erwärmt, so daß es dem Pleuellager mit etwa 100° C zugeführt wird und das Pleuellager mit 115° C verläßt. Am Kol-

benbolzen bzw. auf der Kolbenlaufbahn tritt eine weitere Erwärmung um rd. 20°C auf. Das abtropfende Öl kühlt sich im Sumpf wieder ab und nimmt im Rhythmus der Pumpenförderung erneut am Ölumlaufl teil.

Zur Unterstützung der Abkühlung ist die Kurbelwanne oft mit Kühlrippen versehen; man sollte aber auch durch Sauberhalten der Kühlrippen und der Ölwanne für eine gute Wärmeableitung an den Fahrwind sorgen. Gegen überhöhte Öltemperaturen helfen Ölkühler, die bei manchen Fabrikaten und Typen serienmäßig eingebaut werden.

Solche Aggregate sind bei wassergekühlten Motoren übrigens nicht nur Kühler, sondern zeitweise auch Heizer — und werden deshalb besser Wärmeaustauscher genannt. Bei Inbetriebsetzung eines kalten Motors erwärmt sich das Kühlwasser nämlich viel schneller als das Öl, weil der heute übliche Thermostat quasi einen Kurzschluß im Kühlsystem bewirkt und den Kühler bis zur Erreichung der gewünschten Betriebstemperatur (75 bis 85°C) abschaltet. Über den Wärmeaustauscher kann nun das Öl sich an dem schnell erwärmten Wasser aufheizen und wird damit so dünn, wie man es für den idealen Ölumlaufl haben will; wenn später — bei hoher Belastung — das Öl sich über die übliche Kühlwassertemperatur hinaus erwärmt, so kann es diese Wärme durch den Wärmeaustauscher an das Kühlwasser abgeben und sich dabei abkühlen.

Es wurde dargelegt, daß das Schmieröl im Verbrennungsmotor seine Aufgabe meist bei Temperaturen um und über 100°C zu erfüllen hat. Die bei Motorenölen bislang übliche Angabe der Viskosität bei 50°C ist also nur ein Anhaltspunkt, weil sie ja nichts über die Viskosität bei den entscheidenden Betriebstemperaturen aussagt. Nur in Verbindung mit der Viskositäts-Polhöhe oder dem Viskositäts-Index gibt die 50° -Viskosität darüber Aufschluß, ob ein Öl bei Hitze noch genügend schmierfähig und bei Kälte ausreichend startfreudig ist.

WELCHES ÖL FORDERT DIE MOTORENINDUSTRIE?

In den vorhergehenden Abschnitten ist schon einiges über die Vorzüge dünner Öle gesagt worden, und einige spätere Kapitel werden diese Auffassung noch vertiefen. Deshalb ist es nicht verwunderlich, daß in den letzten Jahren eine deutliche Tendenz zum dünnen Öl – nicht nur bei der Mineralölindustrie, sondern vor allem bei der Motorenindustrie – festzustellen ist, die sich laufend verstärkt. Einerseits wurde erkannt, daß die Tragfähigkeit des Schmierfilms keine Frage von dick oder dünn, sondern ein Kennzeichen der „Schmierfähigkeit“, also der Qualität, ist. Andererseits hat sich ergeben, daß Laufruhe und Lebensdauer der Motoren um so besser werden, je geringer das Lagerspiel ist, also der Durchmesser-Unterschied zwischen Lagerschale und Wellenzapfen bzw. zwischen Kolben und Zylinderlaufbahn. Geringes Lagerspiel aber setzt hohe Oberflächengüte und Bearbeitungsgenauigkeit voraus und – dünne Öle bester Qualität.

So haben die meisten Kraftfahrzeug- und Motoren-Fabriken bei ihren Typen Lagerpassung und Ölumlauflauf derart gestaltet, daß dünne Öle vorgeschrieben werden. Diese neueren Vorschriften und Richtlinien haben zu einer gewissen Umwälzung der Begriffe geführt, so daß ein früher als dünnflüssig angesehenes Öl (Viskosität etwa $9^{\circ} \text{E}/50^{\circ} \text{C}$) heute als mittelflüssig gilt und ein früher mittelflüssiges Öl (etwa $12^{\circ} \text{E}/50^{\circ} \text{C}$) nun schon als schwerflüssig angesprochen wird. Bevorzugt werden heute Öle mit etwa $5-6^{\circ} \text{E}/50^{\circ} \text{C}$, die von manchen Fabriken ganzjährig empfohlen werden.

Man mußte sich aber auch nach einem System umschaun, mit dem die Öle wenigstens nach ihrer Viskosität übersichtlich und international verständlich eingestuft werden können.

SAE-KLASSEN ALS VISKOSITÄTSBEREICHE

Die SAE-Klassen wurden von der amerikanischen Society of Automotive Engineers (d. h. etwa Vereinigung der Automobil-Ingenieure) festgelegt und geben einen Viskositätsbereich bei bestimmter Temperatur an. Inzwischen sind sie nicht nur als deutsche Norm (DIN 51511/51512) übernommen, sondern auch in vielen anderen Ländern eingeführt oder mindestens gebräuchlich geworden. So können sie als internationales Verständigungsmittel dienen, weil sie überall begriffen werden — gleichgültig, ob im Heimatland von Kraftfahrer oder Tankwart ansonsten centiStokes, Engler-Grade, Saybolt- oder Redwood-Sekunden als Viskositätsmaße gebräuchlich sind.

Die Tabelle S. 39 gibt die SAE-Vorschriften mit ihren Mindest-(min.) und Höchst-(max.)Viskositäten für jede Klasse in allen vier Maßstäben an. Nachdem diese Tabelle die vollständige SAE-Vorschrift darstellt, wird deutlich, daß nur eine Einstufung nach der Viskosität bezweckt wurde. Andere Eigenschaften der Öl-Qualität, der Öl-Struktur, der spezifischen Öl-Eignung bleiben ausdrücklich außer Betracht. So sind in jeder SAE-Klasse schlechte, gute und hervorragende Öle denkbar, und deshalb sollte man sich bei der Auswahl der Öl-Sorte nicht nur von der SAE-Klasse, sondern auch vom Markenvertrauen leiten lassen.

Für die Motorenöl-Klassen 5 w, 10 w, 20 w — sowie die Getriebeöl-Klassen 75 und 80 — ist der Viskositätsbereich bezogen auf eine winterliche Starttemperatur von 0° F ($-17,8^{\circ}$ C); für die Motorenöl-Klassen 20, 30, 40, 50 — sowie die Getriebeöl-Klassen 90, 140 und 250 — dagegen auf eine sommerliche Betriebstemperatur von 210° F ($98,9^{\circ}$ C). Allerdings sind die extrem dünnen Klassen 5 w und 75 sowie die extrem dicke Klasse 250 wegen des hierzulande herrschenden gemäßigten Klimas in Deutschland nicht gebräuchlich.

Über die Viskosität von Getriebeölen herrschen wegen der

SAE-Klasse	V i s k o s i t ä t								
	bei -17,8°C (0°F)			bei 98,9°C (210°F)					
	cSt	°E	SUS	R"	cSt	°E	SUS	R"	
Motorenöle	min.	871	115	4000	—	3,88	1,30	39	36
	max.	—	—	—	3500	—	—	—	—
	min.	1307 ¹⁾	172 ¹⁾	6000 ¹⁾	5250 ¹⁾	3,88	1,30	39	36
	max.	2614	344	12000	10500	—	—	—	—
	min.	2614 ²⁾	344 ²⁾	12000 ²⁾	10500 ²⁾	3,88	1,30	39	36
	max.	10458	1376	48000	42000	—	—	—	—
	min.	—	—	—	—	5,75	1,46	45	40,9
	max.	—	—	—	—	9,65	1,80	58	51,6
	min.	—	—	—	—	9,65	1,80	58	51,6
	max.	—	—	—	—	12,98	2,12	70	61,9
min.	—	—	—	—	12,98	2,12	70	61,9	
max.	—	—	—	—	16,82	2,52	85	75,2	
min.	—	—	—	—	16,82	2,52	85	75,2	
max.	—	—	—	—	22,75	3,19	110	97,5	
Getriebeöle	min.	—	—	—	—	4,20	1,33	40	36,9
	max.	3268 ³⁾	430 ³⁾	15000 ³⁾	13100 ³⁾	—	—	—	—
	min.	3268	430	15000	13100	4,20	1,33	40	36,9
	max.	21789	2867	100000	87600	—	—	—	—
	min.	—	—	—	—	14,29	2,25	75	66,4
	max.	—	—	—	—	25,1 ⁴⁾	3,47 ⁴⁾	120 ⁴⁾	106,7 ⁴⁾
	min.	—	—	—	—	25,1	3,47	120	106,7
	max.	—	—	—	—	42,9	5,71	200	179,2
	min.	—	—	—	—	42,9	5,71	200	179,2
	max.	—	—	—	—	—	—	—	—

1) 2) 3) Vorgeschriebene Mindestviskosität bei -17,8°C entfällt, falls Viskosität bei 98,9°C mindestens beträgt:

1) 4,20 cSt = 1,33°E = 40 SUS = 36,9 R" 2) 5,75 cSt = 1,46°E = 45 SUS = 40,9 R"

3) 6,68 cSt = 1,54°E = 48 SUS = 43,3 R"

4) Vorgeschriebene Höchstviskosität bei 98,9°C entfällt, falls Viskosität bei -17,8°C höchstens beträgt:
163400 cSt = 21500°E = 750000 SUS = 657000 R"

„hohen“ SAE-Nummern oft falsche Vorstellungen, die am besten durch Einzeichnung der SAE-Vorschriften aufgeklärt werden — schwarze, schraffierte und weiße Balken an den 0° F- und 210° F-Leitern des Diagramms Abb. 16. Man kann also offensichtlich weder ein Getriebeöl SAE 90 mit einem Motorenöl SAE 50 noch ein Getriebeöl SAE 80 mit einem Motorenöl SAE 20 w „verdünnen“, wie manchmal angenommen wird, weil beide ja gleiche oder ähnliche Viskosität aufweisen.

Das Diagramm soll aber — als Ausschnitt aus dem logarithmisch geteilten Viskositäts-Temperatur-Blatt (Abb. 7/8) — mehr bieten. In Deutschland werden Viskositäten bei $20, 50, 100^{\circ}$ C gemessen; in USA bei $70, 100, 130, 210^{\circ}$ F. Wird in „fremdem“ Viskositätsmaß gemessen, so kann man aus dem Skalenbild Abb. 6 sein vertrautes Viskositätsmaß ablesen; aber dann steht die Viskositäts-Angabe immer noch bei einer ungewohnten Temperatur. In Abb. 16 läßt sich aber mit zwei oder drei Meßpunkten die VT-Gerade einzeichnen: Dann findet man an ihrem Schnittpunkt mit den „Balken“ die SAE-Klasse, im Schnittpunkt mit anderen Viskositäts-Temperatur-Leitern die Viskosität bei den gesuchten Temperaturen.

Man findet sogar — im Schnittpunkt mit den VI-Kurven — den Viskositäts-Index. Legt man nämlich die als „Meßlänge für VI“ bezeichnete Strecke so auf die jeweils gezeichnete VT-Gerade, daß ihr rechtes Ende am Schnittpunkt mit der 210° F-Leiter liegt, so kann man links oben am Schnittpunkt des anderen Endes, der Pfeilspitze, mit einer der eingezeichneten VI-Kurven oder mit den dazwischenliegenden, nicht gezeichneten VI-Kurven den VI ablesen bzw. schätzungsweise interpolieren. — Das Diagramm erhebt nach Anlage und Maßstab keinen Anspruch auf letzte Präzision; es darf aber als sehr anschaulich, vielseitig und für den vorliegenden Zweck ausreichend genau gelten.

Aus dieser Darstellung wird auch verständlich, was man sich unter Mehrbereichsölen vorzustellen hat: Öle, die einem w-Bereich (links oben) und einem Normal-Bereich (rechts unten)

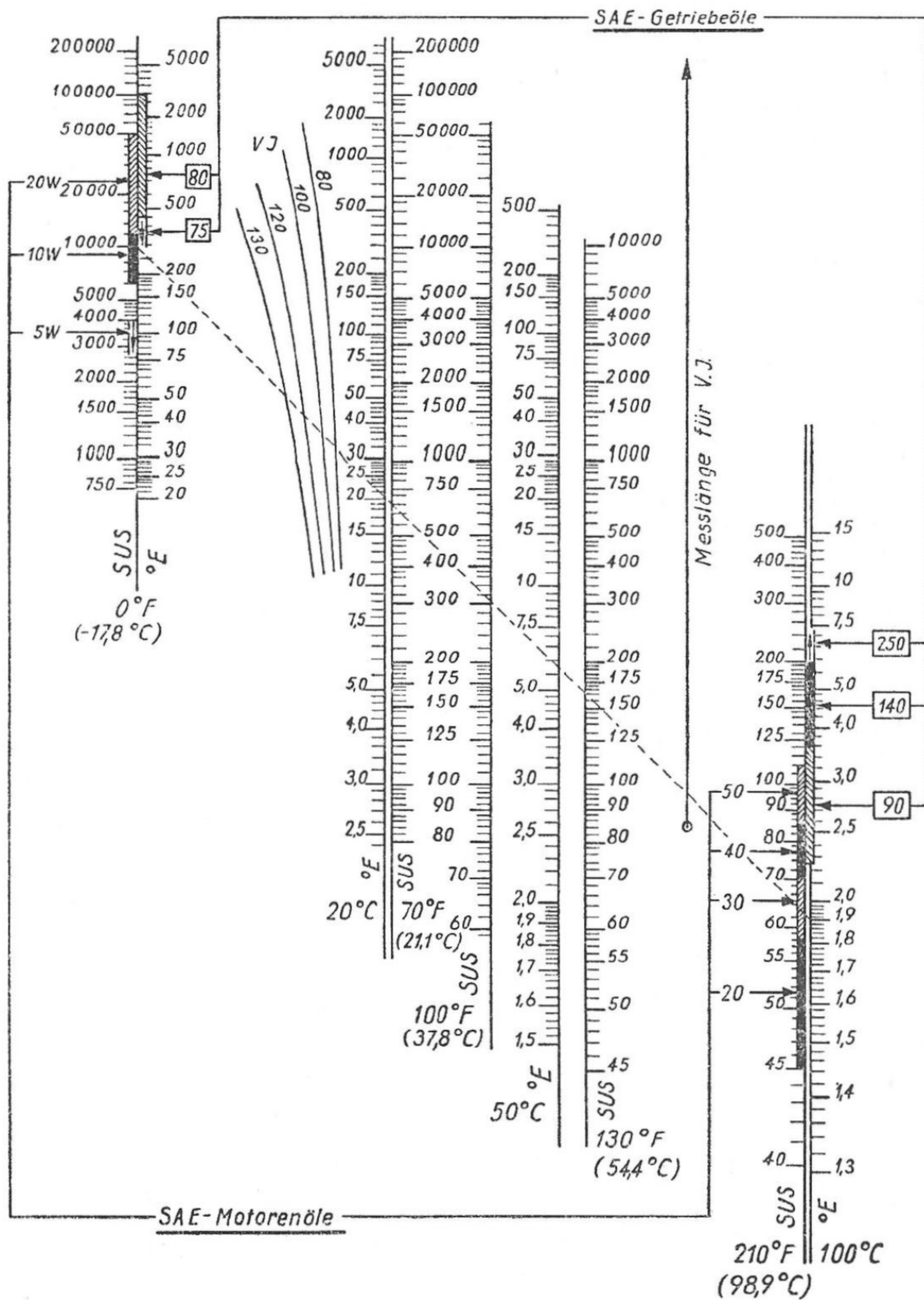


Abb. 16. SAE-Klassen für Motoren- und Getriebeöle.

gleichzeitig entsprechen. Genaugenommen wäre also schon 20 w—20 eine Sorte, die mehr als einen SAE-Bereich erfüllt; sie wird aber allgemein nicht als „Mehrbereichs“-Öl bezeichnet. Bevorzugt als Mehrbereichsöle werden Sorten vom Typ 10 w—30, die allerdings nur bei ganz hervorragendem VT-Verhalten denkbar sind; freilich kommen auch „kurze“ Mehrbereichsöle vor, etwa 10 w—20 oder 20 w—30. Mehrbereichsöle allgemein, insbesondere aber der „lange“, universelle Typ 10 w—30, müssen verständlicherweise ein ausgezeichnetes VT-Verhalten besitzen. Die VT-Gerade wird ja, verglichen etwa mit dem oben erwähnten 20 w—20, rechts höher schwenken in den Bereich 30, links tiefer rücken in den Bereich 10 w; damit verläuft sie also erheblich flacher. Und dieser flache Verlauf, die geringe Steilheit, ist im Diagramm eben das Kennzeichen des hervorragenden Viskositäts-Temperatur-Verhaltens, des hohen Viskositäts-Index, der niedrigen Viskositäts-Polhöhe.

Zum besseren Verständnis der Anwendbarkeit des Diagramms ist ein Beispiel eingezeichnet: Für ein Motorenöl wurden z. B. folgende Viskositäten gemessen: $20,2^\circ \text{E}/20^\circ \text{C}$; $5,7^\circ \text{E}/50^\circ \text{C}$; $1,9^\circ \text{E}/100^\circ \text{C}$. Diese Meßwerte wurden auf den entsprechenden $^\circ \text{E}/^\circ \text{C}$ -Leitern abgesteckt und mit ihnen die VT-Gerade als gestrichelte Linie eingezeichnet. Diese VT-Gerade läuft links oben durch den schwarzen Balken für SAE 10 w, rechts unten durch den schraffierten Balken für SAE 30. Die am Schnittpunkt der VT-Geraden mit der 210°F -Leiter angelegte „Meßlänge für VI“ geht mit ihrem linken Ende (Pfeilspitze) über die höchste eingezeichnete VI-Kurve 130 hinaus. — Es handelt sich um ein Mehrbereichsöl 10 w—30 mit Viskositäts-Index über 130.

Falls „fremde“ Viskositätsmaße und Temperaturen interessieren, kann man im Schnittpunkt der VT-Geraden mit den SUS/ $^\circ \text{F}$ -Leitern z. B. direkt ablesen: $10\,000 \text{ SUS}/0^\circ \text{F}$; $650 \text{ SUS}/70^\circ \text{F}$; $160 \text{ SUS}/130^\circ \text{F}$; $62 \text{ SUS}/210^\circ \text{F}$. Für andere Viskositätsmaße benutzt man den Skalen-Vergleich Abb. 6.

WARUM WIRD DICKES ÖL VERLANGT?

Der Kraftfahrer ist der seit Jahren sich abzeichnenden Tendenz zum dünnen Motorenöl nur zögernd gefolgt. Dabei mögen überholte Vorstellungen mitsprechen, daß der Schmierfilm eines dicken Öles tragfähiger sei als der eines dünnen, daß hoher Öldruck ein erstrebenswerter Idealzustand und daß die Schmier-schicht zwischen Daumen und Zeigefinger entscheidend sei.

Hartnäckig hält sich auch der Brauch, bei ausgeklapperten Motoren dickeres Öl zu verwenden, als es Fabrik-Vorschrift oder Öl-Wegweiser für den betreffenden Typ vorsieht. Man stellt sich vor, daß das dickere Öl besser abdichten und wegen des geringeren Öldurchtritts zum Verbrennungsraum auch geringeren Verbrauch aufweisen würde.

In Wirklichkeit gilt auch hier: Im Winter ist dickes Öl nicht brauchbar, weil der Schmierfilm so zäh ist, daß er vom Anlasser bei kaltem Motor nicht „gebrochen“ werden kann; bei betriebs-warmer Maschine aber wird das ursprünglich dicke Öl fast genauso dünn wie das dünnere, so daß die erwarteten Vorteile ausbleiben. Im Sommer ist das dicke Öl zwar nicht so dick, um Anlaßschwierigkeiten zu machen, aber doch nicht dünn genug, um schnell an die entferntest gelegenen Schmierstellen heranzukommen. Der Schmierfilm wird also zu langsam aufgebaut, weshalb sich der bereits vorhandene Verschleiß noch vergrößert. Beim ausgeklapperten Motor hilft nicht dickes Öl, sondern die rechtzeitige Überholung.

Der Entschluß zur Generalüberholung ist allerdings wegen der Kosten und des vorübergehenden Ausfalls des Wagens oft schwer genug. Wenn er aber ausgeführt wird, sollte jeder Fahr-zeughalter auch über die motorischen Betriebsbedingungen, seine eigene Fahrweise und über liebevolles Einfahren nachdenken, damit der „Wieder-wie-neu“-Zustand möglichst lange erhalten bleibt. Wie sehr die Lebensdauer eines Verbrennungs-motors, eines Kraftfahrzeugs davon abhängen, ist ja daran zu

erkennen, daß der gleiche Fahrzeugtyp vom rücksichtslosen Fahrer manchmal schon nach 25 000 bis 30 000 km kaputtgequält ist, daß viele andere 65 000 bis 70 000 km bis zur ersten Überholung fahren und wieder andere weit über 100 000 km Leistung erreichen.

Es ist übrigens nicht so, daß die Mineralöl-Industrie etwa aus Profitgründen am Verkauf dünner Öle interessiert wäre. Gute, dünne Öle sind schwieriger und kostspieliger herzustellen als dicke Öle. Die verantwortungsbewußte Mineralöl-Industrie hat aber das begreifliche Interesse, der Kfz-Industrie und dem Kraftfahrer als Kunden solche Öle anzubieten, die nach dem neuesten Stand der Erkenntnisse für Leistung und Wirtschaftlichkeit, für Betriebssicherheit und Lebensdauer der Motoren am besten geeignet sind. In diesem Sinne sind die Hinweise oder Vorschriften der Kraftfahrzeug-Industrie in ihren Betriebsanleitungen zu verstehen. In diesem Sinne sollen auch die BV-Leute an der Tankstelle aufklären und – unter Benutzung des Öl-Wegweisers – beraten. Leider können sie letztlich dem Kunden unsere Ansicht nicht aufzwingen, wenn dieser aus alter Gewohnheit oder Voreingenommenheit auf einem dicken Öl besteht.

ÖL-VERDICKUNG IM DIESEL-MOTOR

Im Diesel-Motor braucht man mit einer Schmieröl-Verdünnung durch Kraftstoff-Einflüsse nicht zu rechnen, da sich während des Ansaug- und Verdichtungstaktes noch kein Kraftstoff, sondern nur Luft im Zylinderinnern befindet. Wenn aber im Einspritzzeitpunkt der Kraftstoffstrahl durch die Düse — mit der nötigen Zerstäubung — eingespritzt wird, so ist die Lufttemperatur durch Kompression so weit gestiegen, daß die Kraftstoffteilchen verdampfen, sich an der erhitzten Luft von selbst entzünden und verbrennen — also als Kraftstofftröpfchen gar nicht mehr die Zylinderwand erreichen. Damit jedes Kraftstoffteilchen bei der Einspritzung auch genügend Luft zur Verbrennung vorfindet, wird der Diesel-Motor grundsätzlich mit Luftüberschuß gefahren — also mit mehr Luft, als zur Verbrennung der eingespritzten Kraftstoffmenge theoretisch notwendig wäre.

Das gilt allerdings nur, wenn der Motor bzw. die Einspritzorgane (Pumpe, Einspritzdüse, Spritzversteller) in Ordnung sind; und gilt z. B. nicht mehr, wenn der Fahrer — in dem Wunsch, das Fahrzeug überlasten zu können — die Regelstange der Einspritzpumpe so weit verstellt hat, daß erheblich mehr Kraftstoff eingespritzt wird. Das Mehr an Kraftstoff verbrennt wegen des nunmehr herrschenden Luftmangels und oft auch wegen ungenügender Zerstäubung nur unvollkommen, so daß überschüssiger Kohlenstoff in Form von Ruß entsteht. Daher kommen die Rußwolken, die jeder Kraftfahrer oft genug erlebt beim Begegnen oder Überholen schwerziehender Dieselfahrzeuge — insbesondere am Berg, beim Anfahren und beim Beschleunigen. Solche Rußwolken machen sich aber nicht nur im Auspuff bemerkbar, sondern blasen auch an den Kolbenringen vorbei in die Kurbelwanne. Der Ruß wird begierig vom Öl aufgenommen und verursacht schnelle Schwärzung, vor allem jedoch eine Verdickung des Öles. Wenn nun von Hause aus ein recht dickflüssiges Öl verwendet wurde, so nimmt die Öl-Verdickung durch Aufnahme von Ruß bald unerträgliche Formen

an. Es ist daher nicht selten, daß gebrauchte Motorenöle beim Ablassen aus Diesel-Motoren die Viskosität von schwerflüssigen Sommer-Getriebeölen aufweisen. Das unterstreicht nur die Wichtigkeit der Wahl des richtigen Öles, weil bei dünnem Öl die Öl-Verdickung an sich geringer ist bzw. weil die Nachteile der Öl-Verdickung – Zunahme der Reibungswiderstände, Gefährdung der Schmierung, Erschwerung des Anlassens – durch die günstige Viskosität des Frischöls z. T. ausgeglichen werden.

Freilich muß außerdem die Ursache des Rußens durch Kontrolle der Einspritzorgane beseitigt werden.

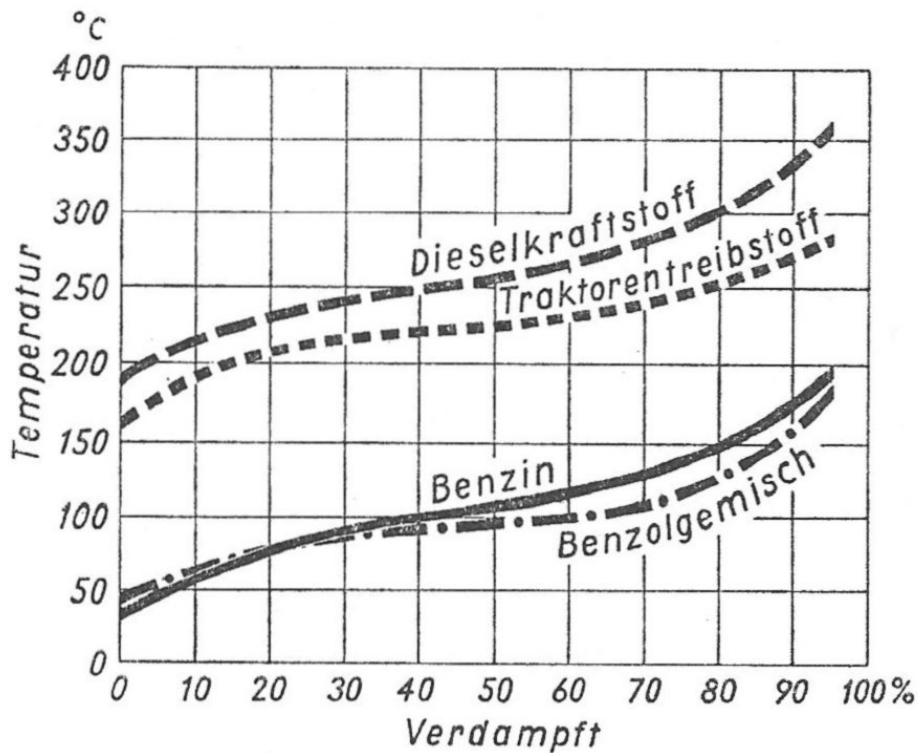


Abb. 17. Siedeverlauf verschiedener Kraftstoffe.

ÖL-VERDÜNNUNG IM OTTO-MOTOR

Die Öl-Verdünnung im Otto-Motor ist keine Öl-, sondern eine Kraftstoff-Frage. Eine geringe Öl-Verdünnung ist — besonders bei solchen Motoren, die vorzugsweise im Stadtverkehr gefahren werden — unvermeidlich, aber auch harmlos, weil die bei kaltem Motor an der Zylinderwand kondensierten und ins Öl gelaufenen Kraftstoffanteile später bei betriebswarmer Maschine verdampfen und durch die Kurbelgehäuse-Entlüftung entfernt werden. Bedenklich sind höhere Grade der Öl-Verdünnung, die durch unmäßige Betätigung des Startvergasers, durch übermäßiges Einspritzen bei Anlaß-Schwierigkeiten, durch Zappeln mit dem Gaspedal bei Vergasern mit Beschleunigungspumpe, durch Aussetzen von Zündkerzen und durch Verwendung schwersiedender Kraftstoffe (Siedeschwänze) entstehen.

Der Vergaser eines Otto-Motors erfüllt ja die Aufgabe der „Vergasung“ nur ungenügend. Neben einwandfreier Dosierung (Herstellung des richtigen Kraftstoff-Luft-Gemisches bei allen Drehzahlen und Belastungsbedingungen) kann er eigentlich nur für intensive Zerstäubung und Verneblung des Kraftstoffes sorgen. Die in der beheizten Ansaugleitung beginnende Vergasung (Verdampfung) wird erst im Innern des Motors — beim Aufprall auf die heißen Zylinder-Wandungen und durch die während des Verdichtungstaktes entstehende Kompressionswärme — vollendet. Diese zur Verdampfung nötige Wärmezufuhr ist aber bei kalter Maschine unzureichend, weshalb Wandkondensate zunächst unvermeidlich sind. Da die Zylinderwand des betriebswarmen Motors aber nur 150—200° C Temperatur annimmt, wird bei schwervergasenden Kraftstoffen, also solchen mit Siedeschwänzen über 200°, auch später eine Verdampfung nicht erfolgen. So kommt es zu Wandkondensaten, Schmierölverdünnung und Verschleißerhöhung.

ÖLKOHLE

Die Bildung von Ölkohle erfolgt im Verbrennungsraum. Ein Teil des dorthin gelangten Öls verkocht unter der Einwirkung von Hitze und Luftmangel, ein anderer Teil wird thermisch zersetzt (gecrackt), ein weiterer verdampft und verbrennt. Ölkohlebildung ist also in gewissem Umfang unvermeidlich, aber auch harmlos.

Sie kann unangenehm werden, wenn übermäßig viel Ölkohle gebildet wird, wenn die Ölkohle sehr hart ist (also schleifende Wirkung ausüben kann) oder wenn sie durch Zusetzen der Kolbenringnuten das federnde Spiel der Kolbenringe, d. h. die Abdichtung gegen die Zylinderwand, behindert. Starker Ölkohle-Ansatz an den Wandungen des Verbrennungsraumes, an Ventilen und Zündkerzen kann auch Glühzündungen verursachen. Die Ölkohle wird während der Verbrennungstakte so weit aufgeheizt, daß sie wegen mangelhafter Wärmeableitung ins Glühen kommt und vorzeitig die Entzündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches auslösen kann. Bei dünnen Ölen ist die Ölkohlebildung erheblich geringer als bei dicken.

Es ist verständlich, daß die Ölkohle im Zweitaktmotor ein gewisses Problem darstellt. Es fällt nicht alles Öl — durch Verdampfung des Kraftstoffs — in der Kurbelkammer aus dem Kraftstoff-Öl-Luft-Gemisch aus. Ein nennenswerter Teil geht durch den Überström-Kanal mit dem Kraftstoff-Luft-Gemisch in den Verbrennungsraum und verbrennt dort, was sich als blauer Dunst am Auspuff, als Ölkohle an den Auslaß-Schlitzen bemerkbar macht. Die periodische Reinigung der Auslaß-Schlitze gehört deshalb zu den gewohnten Pflege-Arbeiten am Zweitakter. Die Verwendung dünnerer Öle — mit geringerer Neigung zur Ölkohlebildung — macht darum neuerdings auch beim Zweitaktmotor Fortschritte.

ALTERUNG UND SCHLAMMBILDUNG

Die Alterung von Öl ist ein Oxydationsvorgang, der durch hohe Temperaturen und starke Luftbewegung unterstützt wird. Beide Voraussetzungen sind im Verbrennungsmotor gegeben. Das Öl wird in heißem Zustand durch Spritz- und Schleuderwirkung im Kurbelgehäuse unterhalb der Kolben zerrissen, zersprüht und mit dem Luftsauerstoff in innige Berührung gebracht. Dabei werden die Ölmoleküle chemisch verändert zu harz- oder asphaltähnlichen Stoffen.

Solche Alterungsprodukte sind auch meist an der Schlamm- bildung beteiligt, obwohl größere Schlammengen eigentlich nur unter gleichzeitiger Mitwirkung von Wasser auftreten. Wasser- zutritt zum Öl ist ja nicht zu vermeiden, weil der bei der Ver- brennung entstehende Wasserdampf durch geringe Undichtig- keiten der Kolbenringe auch nach unten in die Ölwanne geht und dort zu Wasser kondensiert. Auch Schwitzwasser durch die Kurbelgehäuse-Belüftung kommt vor – von defekten Zylinder- kopfdichtungen oder Rissen im inneren Wassermantel ganz zu schweigen. Nun mischen sich Mineralöl und Wasser normaler- weise zwar nicht, sondern stoßen sich ab – und ein Wasser- tropfen, den man in Öl fallen läßt, wird, unbeeinflusst durch das Öl, nach unten sinken. Wenn aber Alterungsprodukte, Ruß, Staub, Ölkohle, Metallabrieb gegenwärtig sind, so neigen Öl und Wasser zur Bildung schlammiger Emulsionen.

Das Vorkommen von Ölemulsionen (Ölschlamm) ist also nur bedingt eine Ölfrage und eigentlich durch den unvermeidlichen Zutritt von Wasser und anderen Fremdstoffen verursacht. Da emulgierende Öle aber an Schmierwert einbüßen, sich schlechter fördern lassen und zu Schlammablagerungen an ungeeigneten Stellen neigen, bewährt sich ein Öl im Motorenbetrieb um so besser, je geringer seine Emulsionsneigung und je höher seine Alterungsbeständigkeit ist.

ÖLFILTERUNG IM MOTOR

Die vom Öl aufgenommenen Fremdstoffe – Ruß, Metallabrieb, Kraftstoff, Wasser, Säuren und Salze – und die im Öl selbst entstandenen Alterungsprodukte scheiden sich meist als Schlamm in der Ölwanne und an anderen Motorenteilen aus; sie werden teilweise auch vom Öl in Schwebelage gehalten, können irgendwo ausgeschleudert werden und Ölbohrungen zusetzen oder die Schmierung beeinträchtigen. Deshalb hat man Anstrengungen unternommen, solche Öl-Verunreinigungen oder Öl-Veränderungen durch geeignete Filter vom weiteren Umlauf auszuschalten, und daher werden heute außer dem Drahtgaze-Sieb vor der Ölpumpe häufig noch Feinfilter auf der Druckseite des Öl-Umlauf-Systems angeordnet.

Das Schlauchfilter kann durch ein filzartiges Baumwollgewebe auch kleinste Unreinigkeiten zurückhalten. Nachteilig ist, daß es sich allmählich zusetzt, daß die Poren sich verstopfen und der weitere Öldurchgang gehindert wird – mit der Gefahr einer

Störung der Ölversorgung. Es ist daher üblich, solche Filter nur im Nebenstrom anzuordnen; also in einer Zweigleitung des Hauptölkanals, durch welche nur ein Teil (etwa 10 bis 20 %) der gesamten Ölmenge fließt. So wird die Hauptmenge ohne Widerstand, aber auch ungefiltert, in den Umlauf geschickt und trifft sich irgendwo wieder mit dem Nebenstrom der intensiv gefilterten Teilmenge. Eine Verstopfung des Filters bei völligem Zusetzen würde demnach keine Unterbrechung der Ölzufuhr bedeuten. Beobachtungen und Versuche haben gezeigt, daß natürlich nicht immer dieselbe Teil-Ölmenge das Filter passiert,

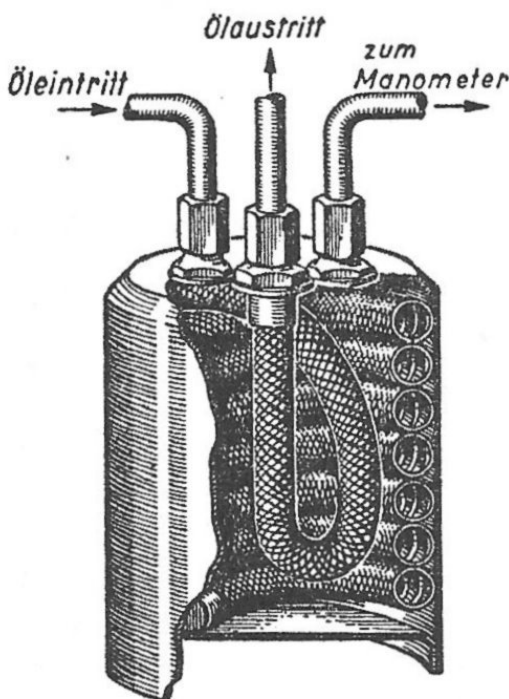


Abb. 18.
Schlauch-Ölfilter.

sondern daß der Anteil wechselt — so daß indirekt innerhalb kurzer Zeit doch der gesamte Vorrat über diese Teilstrecke gefiltert wird.

Ein Spaltfilter kann man dagegen in den Hauptstrom legen. Hier ist eine Anzahl von dünnen metallischen Ringen mit ganz dünnen Abstandscheiben als zylindrisches Paket so angeordnet, daß das Öl von außen nach innen nur durch enge Spalten passieren kann. Die Unreinigkeiten werden hierbei auf der Eingangsseite der Spalten abgeladen, und das Öl gelangt gut gereinigt in den Innenraum des Spaltfilters und von dort weiter in den Umlauf. Die Filterung ist nicht so intensiv wie die des Schlauchfilters, da bei aller Feinheit der Spalten die Durchtritts- querschnitte doch größer sind als die winzigen Poren des Baumwoll- Filterschlauches. Aber das Filter ist sehr wirksam, weil die gesamte Ölmenge durchgedrückt wird. Zur Reinigung wird das Filterpaket an einer Vorrichtung vorbeigedreht, die mit kleinen Kratzmessern wie Zinken eines Kammes die Filterspalten durchkämmt. Damit der Fahrer die gelegentliche Filterdrehung nicht vergißt, erfolgt bei neueren Bauarten die Drehung automatisch (etwa bei jeder Betätigung des Kupplungspedals).

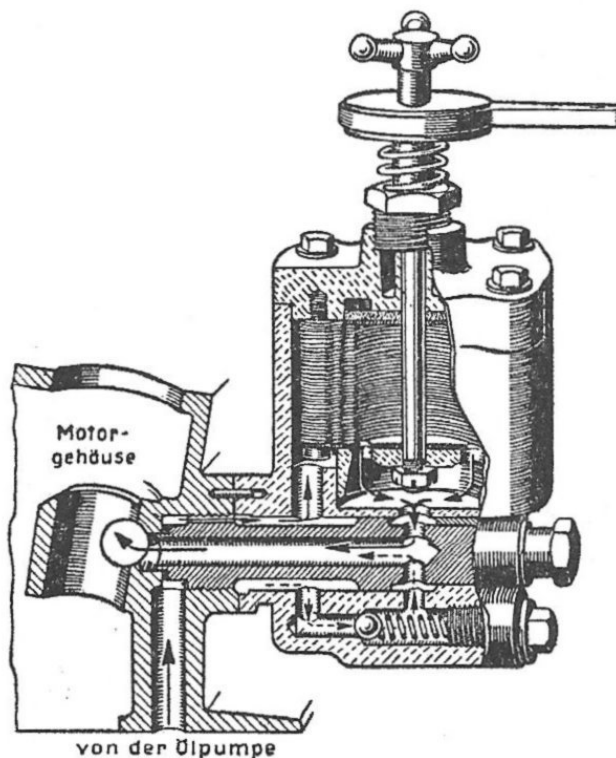


Abb. 19. Spaltfilter.
Ausgezogene Pfeile zeigen den Weg des Öls im Normalbetrieb, gestrichelte Pfeile die Umgehung des Filters über das Überdruckventil.

Andere Typen solcher Spaltfilter — sog. Spulenfilter — verwenden als Filterkörper nicht Lamellen-Pakete, sondern einen auf ein zylindrisches Gestell in ganz engen Windungen aufgespulten dünnen Draht.

Beträchtliche Verbreitung als Filter im Hauptstrom haben auch Siebscheibenfilter gefunden, die eine große Filteroberfläche darbieten und leicht zu reinigen sind (s. Abb. 20).

Papierfilter sind wiederum besser für Nebenstrom-Verwendung geeignet. Ein zickzackartig gefalteter Streifen aus Filterpapier wird hier sternförmig zwischen einem inneren und äußeren gelochten Mantel angeordnet. Der Vorteil der großen Oberfläche ist gepaart mit leichter, preiswerter Auswechselbarkeit des ganzen Einsatzes (s. Abb. 21).

Auch das beste Filter ist allerdings nur so gut wie seine Pflege. Deshalb darf die Filterkontrolle bzw. -pflege nach den Angaben der Betriebsanleitung nicht vernachlässigt werden.

Spaltfilter reinigen sich meist selbst; es muß aber in passenden Zeitabständen der abgeschabte Schmutz durch den Ablaßstopfen des Filtergehäuses entfernt werden. Bei Spaltfiltern ohne

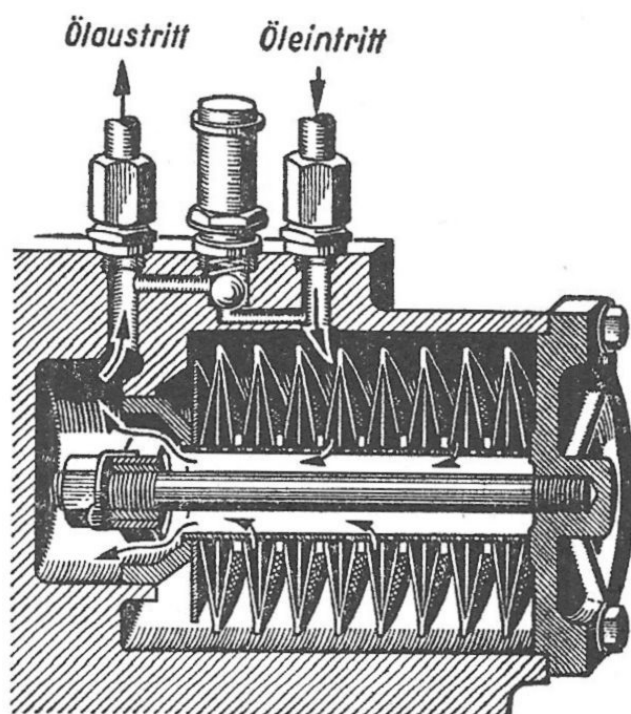


Abb. 20. Siebscheibenfilter.
Auch hier ein Überdruckventil,
das bei verstopftem Filter die
Aufrechterhaltung des Ölumlaufts
ermöglicht.

Kratzer, Spulenfiltern, Siebscheibenfiltern werden die Filtereinsätze herausgenommen und mit Pinsel oder Bürste gründlich in Kraftstoff ausgewaschen. Bei Schlauchfiltern wird der ganze Topf, bei Papierfiltern nur der Einsatz ausgewechselt und der alte Einsatz weggeworfen.

Größere Filtergehäuse nehmen natürlich auch eine nennenswerte Ölmenge auf. Das muß beim Ölwechsel mit Filterreinigung (oft eigene Ablassschraube) beachtet werden. Wenn sich das Filter nach kurzer Laufzeit mit dem frischen Öl gefüllt hat, so ist der Ölstand im Kurbelgehäuse um dieses Filtervolumen gesunken. Wird das nicht kontrolliert oder ergänzt, so wird später irrtümlich auf einen Ölverbrauch geschlossen, der nichts weiter ist als eine Mengenverschiebung innerhalb des Motors.

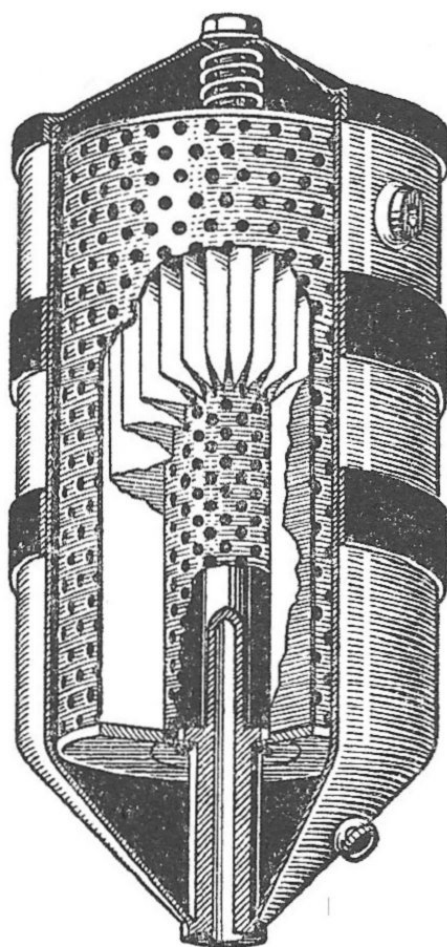


Abb. 21. Papierfilter mit auswechselbarer Patrone.

DAS SPIEL DER KOLBENRINGE

Es ist verständlich, daß der Kolben eines Verbrennungsmotors als solcher nicht einwandfrei gegenüber seiner zylindrischen Laufbahn abdichten kann. Man muß ihm Spiel geben zur Wärmedehnung (ohne Klemmen), muß Rücksicht nehmen auf unterschiedliche Temperaturen oben und unten und muß ihm Gelegenheit zum „Seitenwechsel“ geben. Wenn die hin- und hergehende Bewegung des Kolbens in die drehende Bewegung des Kurbeltriebs umgewandelt werden soll, entstehen Seitenkräfte, die der Kolben mit Schaft und Hemd gegen die Zylinderwand abstützen muß. Und es ist bei einigem Nachdenken ja klar, daß dieses Abstützen mal auf der einen, mal auf der anderen Seite erfolgt — je nachdem, ob der Kolben vom Kurbeltrieb nach unten gezogen (Ansaugen), nach oben geschoben (Verdichtung und Auspuff) oder von den Verbrennungsgasen nach unten gedrückt wird (Arbeitstakt). Die Seitenkräfte werden offenbar nur von den Kolbenpartien übertragen, die quer zum Kolbenbolzen liegen. In der Längsrichtung des Kolbenbolzens treten keine Kräfte auf, so daß das Kolben-Hemd hier oft freigeschliffen wird. Bei dieser aus mechanischen und thermischen Gründen entstandenen Kolbenform — im Umfang unrund; in Längsrichtung ballig; kleiner als die Zylinderbohrung — muß die Feinabdichtung im Zylinder durch federnde Kolbenringe, die Feinstabdichtung durch Schmieröl erfolgen. Diese Einleitung war nötig, um herauszustellen, wie wichtig das federnde Spiel der Kolbenringe ist und welche Aufgaben das Öl dabei hat.

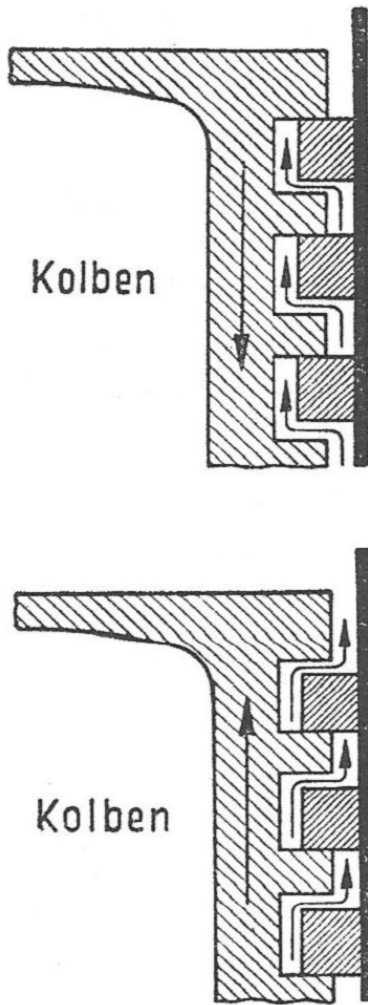
Damit die Kolbenringe in Querrichtung federn, arbeiten können, müssen sie in den Kolbenringnuten Spiel haben — nach innen mehr, damit sie ausweichen können; oben und unten gerade so viel, daß sie nicht klemmen. Bilden sich aber an dem obersten Kolbenrand, dem „Feuersteg“, oberhalb des obersten Kolbenringes klebrige Rückstände, so ist es bald um das federnde Spiel des Kolbenringes geschehen. Solche Rückstände können entstehen aus Harz- und Schwefelgehalt des Kraftstoffs,

bei unvollkommener Verbrennung von Kraftstoff und Öl, durch Oxydation und Polymerisation (Alterung) von Ölmolekülen. Die Rückstände können einzeln oder gemeinsam klebrige, harzige, schlammige, lackartige und kohleähnliche Konsistenz haben oder annehmen; sie können den Kolbenring — zunächst den obersten — zum Kleben und Klemmen bringen; sie können auch den inneren Raum hinter dem Kolbenring allmählich ausfüllen und dort in der Wärme dieser Kolbenzone festbacken und dabei den Kolbenring miteinmauern. Und dieser Vorgang kann sich anschließend beim zweiten und dritten Ring fortsetzen. Das Ergebnis wäre: hoher Ölverbrauch, weil Öl im Teillastbetrieb in den Verbrennungsraum gesaugt wird; Leistungsverlust und Kraftstoffverschwendung, weil die Kompression schlechter wird und Verbrennungsgase an den Kolben vorbeiblasen; Verschlechterung des Ölvorrats, weil durchschlagende Verbrennungsgase das Öl in der Kurbelwanne durch Hitze und Verbrennungs-Rückstände mißhandeln; Überhitzung des Kolbens, weil die festgebackenen Kolbenringe die Wärme nicht mehr ausreichend an die Zylinderwand ableiten; abschließend Brechen von Kolbenringen oder Ausbrechen von Ringnuten mit Beschädigung der Zylinderwand.

Das Risiko wird vermindert durch die beste Wahl von Kolben und Ringen; die gefährlichen Rückstände werden verringert durch Auswahl bester Kraftstoffe und dünner, alterungsbeständiger Öle; die unvermeidlichen Rückstände werden beseitigt, die Kolbenringe freigehalten durch reinigende Ölzusätze, über die auf S. 61 ff. noch einiges zu sagen sein wird.

Es wurde schon erwähnt, daß die Kolbenringe in ihren Nuten federn sollen, damit sie gut abdichten und die Kolbenwärme durch Wärmeleitung an die Zylinderwand abgeben können.

Während dieses federnde Spiel in Querrichtung notwendig ist, ist ein größeres Spiel der Kolbenringe in Längsrichtung eine Abnutzungserscheinung und führt zum „Pumpen“.



Nach Abb. 22 legen sich die Kolbenringe (übertrieben gezeichnet) beim Abwärtsgang des Kolbens offenbar an die obere Kante der Ringnuten an, so daß das Öl unterhalb des Kolbenringes in die Ringnut eintreten und den Raum hinter dem Kolbenring ausfüllen kann. Kehrt der Kolben seine Bewegungsrichtung um und geht nach oben, so legen sich die Kolbenringe an die untere Kante der Ringnuten an. Dabei wird das Öl aus der Ringnut und oben am Kolbenring vorbei aufwärts wandern. Diese Pumpwirkung der Ringe wiederholt sich im Takt des Kolbenlaufs und fördert bei jedem Spiel nur winzige, insgesamt aber evtl. beträchtliche Ölmengen nach oben. So sind ausgeschlagene, pumpende Kolbenringe oft an hohem Ölverbrauch, aber auch an starker Ölkohlebildung schuld.

Abb. 22. Pumpende Kolbenringe. Die gekrümmten Pfeile deuten den Weg des Öls an.
Oben Abwärtsgang, unten Aufwärtsgang des Kolbens.

ÖL-VERBRAUCH ODER ÖL-VERLUST?

Der Mengenunterschied zwischen eingefüllter und abgelassener Ölmenge oder die Fehlmenge bei der periodischen Ölstandskontrolle wird meist als Öl-Verbrauch bezeichnet. Sie ist nur zum kleineren Teil ein echter Öl-Verbrauch (Öl-Verschleiß), zum größeren Teil ein Verlust. Einerseits rühren die Verluste daher, daß die Abdichtung der Ventilkammer oder des Kurbelgehäuses an den Lagern und an der Ablassschraube manchmal unzureichend ist; daher die Tropfspuren in Garagen, auf Parkplätzen, an Taxi-Haltestellen und auf vielbefahrenen Straßen. Zum anderen gelangt Öl in kleineren oder größeren Mengen — bei mangelhafter Funktion des Ölabstreifringes oder bei starker Pumpwirkung der Kolbenringe — in den Verbrennungsraum und wird dort verkocht, zercrackt, verbrannt (blauer Öldunst am Auspuff).

Auch die Entlüftung des Kurbelgehäuses, so nützlich sie ist, ist oft am Ölverlust beteiligt. Durch gute Entlüftung des Kurbelgehäuses will man kondensierte Kraftstoffanteile (die zwischen Kolben und Zylinderwand ins Schmieröl gelangt sind) abführen und an gefährlicher Ölverdünnung hindern. Bei betriebswarmer Maschine verdunsten solche Kraftstoffteilchen im Kurbelgehäuse, so daß ein dort hindurchgeführter Luftstrom diesen Kraftstoffdunst mit dem Fahrwind absaugen, ableiten kann. Bei höherer Luftgeschwindigkeit ist aber unvermeidlich, daß auch Öldunst, Ölnebel mit abgeführt wird, der Ölanteil also verlorengeht.

Ein gewisser Öl-Verbrauch (Verschleiß + Verlust) ist normal; angemessene Grenzen werden heute oft in den Betriebsanleitungen der Kfz-Hersteller angegeben.

ÜBER ÖLWECHSEL UND SPÜLEN

Auch die besten Filter können solche Stoffe nicht aussondern, die vom Öl in feinsten kolloider Verteilung in Schweben gehalten werden, was für Ruß, Ölkohle, evtl. auch feinste Staube zutreffen kann. Macht man die Filter superfein und chemisch aktiv, so werden mit den fremden Schwebstoffen u. U. auch die Additive (s. S. 61 ff.) ausgefiltert, d. h. das umlaufende Öl verarmt an Additiven, verliert damit einige wertvolle Eigenschaften und kann die ihm übertragenen Aufgaben nicht mehr oder nur unvollkommen erfüllen. Andererseits verbrauchen sich die Additive bei Erfüllung ihrer Aufgabe durch die Bindung an die unschädlich zu machenden Fremdstoffe, und es bleiben nicht genügend freie Wirkstoffe übrig, um weitere Eindringlinge abzuwehren oder zu neutralisieren. So muß Motorenöl in geeigneten Zeitabständen gewechselt werden, um verbrauchtes Öl zu entfernen, um Fremdstoffe aus dem Motor wegzuschaffen. um neues Öl mit frischen Additiven an die Front zu werfen.

Der Wechsel sollte verständlicherweise in kürzeren Zeitabständen erfolgen, wenn die Betriebsbedingungen ungünstig sind, d. h. im Winter öfter als im Sommer, bei ständigem Kurzstreckenverkehr in der Großstadt öfter als bei langen, zügigen Straßenfahrten, unter staubigen Bedingungen (Landwirtschaft!) öfter als bei staubfreiem Betrieb. Der Ölwechsel soll immer bei betriebswarmer Maschine erfolgen, also nach Rückkehr von einer größeren Fahrt, bei der das Öl warm und relativ dünn geworden ist. In diesem Zustand besteht die beste Gewähr, daß das ablaufende Öl auch Schlamm und sonstige Ablagerungen aus Kurbelwanne und Leitungen mit herauspült.

Um die Ölwanne vor der Neubefüllung recht sauber zu bekommen und auch mögliche Ablagerungen in Leitungen, Schmierloten, Ölkanälen usw. zu entfernen, kann Spülen beim Ölwechsel zweckmäßig sein — speziell bei unlegierten Ölen.

EINLAUFEN UND EINFahrÖL

Das Einfahren des neuen oder generalüberholten Motors entscheidet oft über sein ganzes späteres Leben; und falsche Sparsamkeit (etwa am Öl) oder unvernünftige, unbeherrschte Fahrweise hat sich schon manches Mal gerächt. Auch bei feinsten und sorgfältigster Oberflächenbearbeitung müssen die im Motor aufeinandergleitenden oder sich ineinanderdrehenden, miteinander arbeitenden Teile noch einlaufen, erst miteinander warm werden. Das ist wie mit neuen Schuhen, die wir „einlaufen“, wie mit einem neuen Anzug, an den wir uns erst „gewöhnen“ möchten. Kleine Rauigkeiten und winzige Unebenheiten müssen abgeschliffen und glattpoliert werden, damit im Zusammenwirken von sorgsamer Passung und haftfestem Schmierfilm allmählich ein Idealzustand an Gleit- und Schmierbedingungen entsteht; ein Zustand, der die Ausbildung der flüssigen Reibung (Vollschmierung) begünstigt, die halbtrockene Reibung (Teilschmierung) ungefährlich macht und trockene Reibung überhaupt verhindert. Gleich beim Einfahren sollte man also mit dem guten Öl anfangen und zweckmäßig sehr dünne Öle verwenden. Nur das dünne Öl garantiert, daß bei den engen Passungen und dem knappen Lagerspiel der Schmierfilm schnell aufgebaut wird. Nur das dünne Öl kann die in den Gleitflächen entstehende Wärme rasch abführen und den beim Einlaufen unvermeidlichen Metallabrieb flott wegspülen.

Zum Einlauf im Werk und zum Einfahren während der ersten 500–1000 km bevorzugt die Motoren-Industrie meist unlegierte Öle der jeweiligen „Winter“-Viskosität. Es hat sich nämlich gezeigt, daß der Einlaufvorgang – der sowohl eine Sache der chemischen Reaktion als auch der mechanischen Glättung ist – durch HD-Öle mit ihrem Superschutz verzögert werden kann. Beim ersten Ölwechsel wird dann aber die Befüllung mit legierten HD-Ölen vorgeschrieben.

VERSCHIEDENE ÖLE FÜR OTTO- UND DIESEL-MOTOR?

Die Frage, ob Diesel- und Otto-Motor verschiedene Öle benötigen, möchte man grundsätzlich verneinen. Wohl sind die Kompressions- und Verbrennungs-Drücke beim Diesel-Motor höher, so daß auch höhere Lagerbeanspruchungen zu erwarten sind. Diese Umstände hat die Motorenindustrie aber durch Lagerwerkstoff und entsprechende Lagerbemessung berücksichtigt – und umgekehrt sind ja die üblichen Drehzahlen im Otto-Motor wesentlich höher. So kann man sagen, daß anständige Motorenöle sich in gleicher Weise für Otto- und Diesel-Motor eignen.

Aber die Entwicklung des Kraftverkehrs in den letzten Jahren hat es mit sich gebracht, daß alle Motoren weitaus stärker angestrengt werden, als das früher üblich war: Der Diesel-Lkw wird gewichtsmäßig überladen und motorisch überlastet; dem Otto-Pkw (und auch dem kleinen Lkw) werden Geschwindigkeiten und Steigleistungen zugemutet, die vordem nur mit wesentlich stärkeren Fahrzeugen oder Sportwagen gefahren wurden. Zudem haben Verbesserungen in Federung und Straßenlage dazu geführt, daß alle Motoren viel häufiger unter Vollastbedingungen beansprucht werden können und auch beansprucht werden.

Diese Situation hat auch die Anforderungen an das Schmieröl so beträchtlich heraufgeschraubt, daß die Mineralölindustrie gezwungen war, ihre Öle über die mit Raffinationsverfahren gegebenen Möglichkeiten hinaus noch zu verbessern. Die Lösung des Problems wurde in Ölzusätzen (Additives) zu besonders geeigneten Grundölen gefunden. Bei Auswahl und Dosierung der Additive war es zweckmäßig, auf die Unterschiede in Kraftstoff, Arbeitsweise und Betriebsbedingungen zwischen Otto- und Diesel-Motor Rücksicht zu nehmen. So kam man zu legierten Ölen und unterscheidet HD-Öl für Otto-Motoren (BV-Oel Spezial) und HD-Öl für Diesel-Motoren (BV-Oel HD).

ÖL-ZUSÄTZE – ADDITIVES

Mit Öl-Zusätzen, auch Wirkstoffe oder Additives genannt, lassen sich die Eigenschaften geeigneter Grundöle in ganz bestimmter Richtung beeinflussen. Darin liegt ein bedeutender Fortschritt, der über die mit Raffinationsverfahren gegebenen Möglichkeiten weit hinausgeht, der also die Raffinationstechnik in wirkungsvoller Weise ergänzt.

Da gibt es Additives, welche die Schmierfähigkeit an sich verbessern – oiliness agents; andere, die das Viskositäts-Temperatur-Verhalten beeinflussen – VI improvers; und weitere, die den Stockpunkt erniedrigen – pour point depressants. Es gibt Zusätze zur Hemmung der Schmierölalterung – antioxidants, und andere zum Schutz der Lagerwerkstoffe gegen korrodierenden Angriff saurer Verbrennungsprodukte – corrosion inhibitors. Es gibt auch reinigende Wirkstoffe – detergents, die Alterungsprodukte, Ölkohle und Ruß ab- und auflösen; und zerstreuende Mittel – dispersants, die solche abgelösten Stoffe fein verteilt in Schwebelage halten. Andere Additives – defoamants – unterdrücken eine etwaige Schaumneigung der Öle.

Getriebeöle erhalten Zusätze – extreme pressure agents, welche die Zahnflanken mit Schutzschichten überziehen, um das Verschweißen der Flanken in hochbelasteten Getrieben (Hypoid-Verzahnung) zu verhindern.

Der chemischen Natur nach sind solche Additives und ihre Kombinationen oft recht komplizierte Verbindungen, z. B. Blei- oder andere Metallseifen, Schwefel-, Chlor- und Phosphorverbindungen, metallorganische Salze, öllösliche Kunstharze u. a.

Solche Wirkstoffe sind durchaus vergleichbar den Sondermetallen Chrom, Nickel, Mangan u. a., mit denen Stahl legiert wird, um Edelstähle mit besonders hochwertigen Eigenschaften herzustellen. Deshalb hat sich für hochwertige Öle mit Additiven zu Recht die Bezeichnung „legierte Öle“ eingebürgert.

HD-ÖLE FÜR DIESEL-MOTOREN

BV-Oel HD wird aus bestgeeigneten Grundölen unter Hinzufügung von besonderen, auf die Betriebsbedingungen des Diesel-Motors abgestimmten Zusätzen hergestellt. Die Bezeichnung „HD“ ist die Abkürzung des angloamerikanischen Ausdrucks „Heavy Duty“ und bedeutet soviel wie „schwerste Beanspruchung“. Die verwendeten Zusätze haben folgende Wirkungen:

Die natürliche Alterung des Öles wird gehemmt. Dadurch wird das Kolbenringstecken — verursacht durch Bildung harz- und asphaltartiger Alterungsprodukte und durch Auftreten von Ruß und Ölkohle unterstützt — gehindert. Das federnde Spiel der Kolbenringe bleibt so dauernd erhalten.

Lagerschalen und Zylinderbuchsen werden gegen Korrosion geschützt. Die Bleibronzelager überziehen sich mit einer eigenartigen Schutzschicht, die korrodierende Angriffe von sauren Verbrennungsprodukten — bei schwefelhaltigem Dieselkraftstoff und unterkühlter Maschine entstehend — abwehrt.

Im Öl gebildete oder ins Öl gelangte Verunreinigungen werden unschädlich gemacht. Alterungsstoffe und Ruß aus überfetteter Dieselerverbrennung, kohlige Öl- oder Kraftstoffrückstände und auch Schlamm werden gelöst und vom umlaufenden Öl in Schwebe gehalten. So bleiben die Kolbenringe und Nuten, die Gleitflächen des Motors und die Kanäle des Ölumlafes sauber, während das Öl schnell dunkel oder sogar tiefschwarz wird.

Dieser Reinigungs- und Lösungseffekt der HD-Öle ist von wahrhaft frappierender Wirkung. Er zwingt aber zu besonderen Verhaltensmaßnahmen, wenn man HD-Öle in solchen Motoren verwenden will, die bereits längere Laufzeiten mit unlegierten Ölen hinter sich haben. Man muß sich klarmachen, daß die Lösungskraft der Zusätze die aus dem bisherigen Betrieb des Motors stammenden und an verschiedenen Stellen abgesetzten Verunreinigungen ziemlich schnell löst, so daß in kurzer Zeit

überraschend große Dreckmengen in Umlauf kommen können. Das würde unbedingt zu Störungen durch Zusetzen des Ansaugsiebes der Ölpumpe, zum Blockieren der Ölfilter oder zu Verstopfungen im Ölkreislauf führen, falls die von uns und der Automobilindustrie für den Übergang auf HD-Öl herausgegebenen Vorschriften — im wesentlichen ein oder mehrere Ölwechsel in verkürzten Abständen, sorgfältige Reinigung der Ölfilter, evtl. auch der Ölwanne, und aufmerksame Beobachtung des Öldrucks — nicht beachtet werden.

Dagegen ist einleuchtend, daß keine besonderen Verhaltensmaßregeln erforderlich sind, wenn fabrikneue oder generalüberholte Motoren von Anfang an mit HD-Öl versorgt werden.

Auch bei HD-Ölen sind übliche Ölwechselzeiten einzuhalten. Die Lebensdauer der Ölfüllung (zweckmäßige Betriebszeit bzw. Fahrstrecke bis zum Ölwechsel) wird bei HD-Ölen deshalb nicht größer als bei normalen Ölen, weil die Lösungskraft der Zusätze naturgemäß beschränkt ist. Nach geeigneten Zeitabständen muß daher das verschmutzte Öl gewechselt werden.

Freilich sagt die tiefschwarze Färbung gebrauchter HD-Öle nichts über den Schmierwert oder ein vorzeitiges Verbrauchsein aus. Sie ist vielmehr ein Zeichen dafür, daß das Öl seine Aufgabe — Verunreinigungen abzulösen und in Schwebelag zu halten — in vollkommener Weise erfüllt.

Die hervorragenden Eigenschaften dieser HD-Öle tragen entscheidend dazu bei, daß Diesel-Motoren jetzt unter allen Betriebsbedingungen erheblich verlängerte Laufzeiten bis zur notwendigen Generalüberholung erreichen. Diese Erkenntnis hat alle Werke der Diesel-Fahrzeug-Industrie veranlaßt, für ihre Typen HD-Öl vorzuschreiben oder zu empfehlen.

Die Bewertung von HD-Ölen ist ohne motorische Tests völlig undenkbar; die aus der chemisch-physikalischen Analyse zu gewinnenden Aufschlüsse sind für sich allein unzureichend

und nur zur Abrundung der Erkenntnisse von Wert. Bei solchen Tests werden in Einzylinder- oder Mehrzylindermotoren unter hoher Belastung und hoher Drehzahl Dauerläufe gefahren mit Kraftstoffen, deren Schwefelgehalt ausgesucht hoch ist oder gar künstlich erhöht wird. Nach besonderer Methode wird die Durchblasemenge (Verbrennungsgase zwischen Zylinderwand und Kolbenringen) beobachtet – als Maß für die Feinabdichtung der Kolbenringe. Nach Beendigung des Laufes wird der Motor zerlegt und nach einem bestimmten System beurteilt:

Gängigkeit der Kolbenringe – frei beweglich, klemmend fest;

Menge und Art der Rückstände in den Kolbenringnuten;

Menge und Art der Rückstände am oberen Zylinderende;

Menge und Art der Rückstände am Feuersteg;

Art der Rückstände an Lauf- und Seitenflächen der Ringe;

Art der Rückstände in der Ringzone, zwischen den Ringen;

Rückstände in den Schlitzen der Ölabstreifringe;

Aussehen von Kolbenhemd und Kolbenunterseite;

Riefen in Zylinderlaufbahn und Kolbenringen;

Grat an den Kolbenringkanten;

Verschleiß von Zylinder (gemessen) und Ringen (gewogen);

lackartige Rückstände im Zylinder, an der Ventilhaube, am Stoßstangendeckel, in der Ölwanne;

schlammartige Rückstände im Kipphebel-Bereich, an Ventilhaube, Stoßstangendeckel, Ölfilter, in der Ölwanne;

Zustand und Gewichtsverlust der Hauptlager;

usw., usw., usw.

Diese Hinweise auf die Test-Methodik mögen genügen. Es ist hier nicht der Platz, auf die Bewertung genauer einzugehen oder Bauart und Betriebsbedingungen der benutzten Motoren zu beschreiben. In den USA und England sind Methoden und Motoren genormt; in Deutschland steht eine normenartige Vereinbarung bevor. Die maßgeblichen Mineralölfirmen verwenden für ihre eigenen Entwicklungsarbeiten meist Motoren und Bewertungssysteme, die den deutschen Verhältnissen angepaßt sind und deren Ergebnisse sich im Bedarfsfall doch mit den angloamerikanischen Befunden vergleichen lassen.

Bei der Kompliziertheit der Materie, bei der gegenseitigen Beeinflussung verschiedener Faktoren, bei der Vielzahl der zu betrachtenden Auswirkungen nimmt es nicht wunder, daß nicht jedes neu zu entwickelnde Öl auf Anhieb sitzt. Da wird das eine oder andere Additiv verworfen, weil das vorgesehene Grundöl nicht gut darauf „anspricht“ oder weil der Zusatz eine Eigenschaft vielleicht ideal beeinflußt, dabei aber eine andere, ebenso wichtige Eigenschaft verschlechtert, unterdrückt; oder weil das eine Additiv sich mit einem anderen im gleichen Öl „schlecht verträgt“. — Aber man läßt nicht locker, bis durch andere Additive, durch andere Dosierung, durch andere Additiv-Kombinationen die ideale Konzeption oder wenigstens der nahezu ideale Kompromiß erreicht ist.

HD-ÖLE FÜR OTTOMOTOREN

Die ungewöhnlichen Erfolge mit HD-Ölen in Diesel-Motoren reizten dazu, die gewonnenen Erkenntnisse auch sinngemäß auf Otto-Motoren-Öle anzuwenden. So hat man in den letzten Jahren die Premium-Öle systematisch in Richtung HD-Öl entwickelt. Dem amerikanischen Qualitätsbegriff „Premium“ genügten geeignete Grundöle bereits, wenn sie Hemmstoffe gegen innere Ölalterung und Schutzstoffe gegen Korrosion enthalten. Damit begnügt man sich aber nicht mehr.

BV-Oel Spezial jedenfalls – früher zu der Gruppe der Premium-Öle gehörend – wurde aus hervorragenden Grundölen durch Beigabe verschiedener, sorgfältig abgestimmter Zusätze zu einer Spitzenqualität und zum echten HD-Öl entwickelt. Über die Hemmung der Ölalterung und den Korrosionsschutz hinaus wurde das Viskositäts-Temperatur-Verhalten verbessert, der Stockpunkt erniedrigt, das Haftvermögen und die Schmierfähigkeit verstärkt sowie eine nachhaltige Reinigungswirkung mit entsprechendem Auflösungsvermögen erzielt.

Es ist gar keine Frage mehr, ob sich Öle dieses Typs im Otto-Motor bewähren; sie haben sich bereits entscheidend durchgesetzt. Ihr Anwendungsbereich erstreckt sich nicht nur auf neue, kostbare Motoren und auf hochverdichtete, schnell-drehende Maschinen. Alle Otto-Motoren werden mit solchen Ölen einen Gewinn in puncto Betriebsbereitschaft, Zuverlässigkeit und verlängerter Lebensdauer des Motors verzeichnen können. Und so nimmt es nicht wunder, daß führende Werke der Fahrzeugindustrie HD-Öle für Otto-Motoren vorschreiben.

Für den Übergang zu HD-Ölen in solchen Motoren, die bereits längere Laufzeiten mit unlegierten Ölen hinter sich haben, gelten sinngemäß die im vorhergehenden Kapitel (S. 62) gegebenen Hinweise. Bei sehr alten Motoren sollte man den Übergang besser verschieben bis zur Beendigung der Generalüberholung.

DAS API-SYSTEM FÜR BETRIEBSBEDINGUNGEN

Die Öltypen wurden früher nach Regular, Premium und Heavy Duty unterschieden. Durch die Entwicklung der letzten Jahre mit dem Zug zum HD-Öl auch für Otto-Motoren und mit unterschiedlichem Detergent-Effekt bei HD-Ölen wurde in USA eine feinere Unterscheidung als notwendig angesehen. Diese vom American Petroleum Institute (API) entwickelte und von der Society of Automotive Engineers (SAE) übernommene Einteilung macht auch in Deutschland Schule und wird bereits in verschiedenen Kfz-Betriebsanleitungen erwähnt. Deshalb sei dieses API-System, das auf die Ansprüche verschiedener Motorkonstruktionen und auf die Betriebsbedingungen Rücksicht nimmt, durch nachstehende Übersicht beschrieben.

Bezeichnung „Für Betrieb...“ oder „For Service...“	Bestimmt für		Kennzeichnung der Betriebsbedingungen
	Motortyp	Betriebs- bedingungen	
ML	Otto	leicht	unempfindlicher Motor, mittlere Geschwindigkeiten, Motortemperatur weder sehr niedrig noch besonders hoch, kein Stadtbetrieb
MM	Otto	mittel	durchschnittlicher Motor, mittlere bis hohe Geschwindigkeiten, höhere Betriebstemperatur, Stadtbetrieb selten
MS	Otto	schwer	anspruchsvoller Motor, hohe bis höchste Geschwindigkeiten auch bei heißem Wetter, niedrige und hohe Betriebstemperatur, Stadtbetrieb – auch im Winter – mit häufigem Halten und Starten sowie langen Leerlaufperioden
DG	Diesel	normal	jeder normale bis schwere Dieselmotor unter allen Bedingungen – falls nicht Motorkonstruktion ungewöhnlich empfindlich oder Kraftstoff ausgesprochen schlecht
DS	Diesel	schwer	ungewöhnlicher Betrieb unter schwierigsten Bedingungen mit anspruchsvollem Motor oder minderwertigen Kraftstoffen

ZWEITAKT-SCHMIERUNG

Der Zweitakter mit Mischungsschmierung stellt andere Ansprüche an das Schmieröl als der Viertakter. Das Öl muß sich gut mit Kraftstoff mischen und mit dem Kraftstoff-Luft-Gemisch über den Vergaser in das Kurbelgehäuse ansaugen lassen. Dort wird das Öl – übrigens durch Verdampfen des Kraftstoffes, nicht durch Ausschleudern des Öls – vom Kraftstoff-Luft-Gemisch wieder abgetrennt und muß als Ölnebel oder in Tröpfchen dank eines besonderen Kriechvermögens auch die ungünstigst gelegenen Lagerstellen, die im „Windschatten“ einer Kurbelwange liegen mögen, erreichen. Das Öl wird dem Kraftstoff in einer Menge zugesetzt, die Sicherheit bei Vollast gewährleistet – und das bedeutet bei anderen Betriebsbedingungen Überschmierung. Außerdem gelingt die Trennung zwischen Kraftstoff und Öl im Kurbelgehäuse natürlich nur unvollkommen, nachdem für diesen Vorgang ja nur eine winzige Zeitspanne zur Verfügung steht. So wird also immer ein gewisser Öl-Überschuß mit dem Kraftstoff-Luft-Gemisch durch den Überström-Kanal in den Raum oberhalb des Kolbens mitgerissen und beteiligt sich dort an der Verbrennung. Aus dieser Öl-Verbrennung erklärt sich, daß der Zweitakter uns häufig „blauen Dunst“ vormacht, daß er – durch Ölkohlebildung – zum Zusetzen der Auspuffschlitze neigt und mehr als der Viertakt-Otto-Motor zum Festgehen der Kolbenringe. Es kommen auch – ausgelöst durch den Schwefel- und Bleigehalt vieler Kraftstoffe – Korrosionen an Kurbelwelle und Lagern vor, sofern die Motoren zu kalt gefahren werden oder wenn bei großem Feuchtigkeitsgehalt der Luft längere Standzeiten nach unterkühltem Betrieb vorkommen.

Es galt lange Zeit als Grundregel, daß für die Mischungsschmierung unlegierte und möglichst dickflüssige Öle am besten geeignet wären. Diese Auffassung hat sich auch bei der Motorenindustrie inzwischen gewandelt. Dicke Öle bilden ja mehr Ölkohle als dünne; und deshalb können dünnere Öle das Frei-

halten der Auspuffschlitze begünstigen und wahrscheinlich auch die Kolbenringe länger gängig erhalten: So wird heute von bedeutenden Motorenfabriken SAE 40 an Stelle von SAE 50 empfohlen — von manchen sogar schon SAE 30.

Auch die Legierung bietet echte Vorteile, aber die ideale Lösung ist etwas verzwickter. Wenn man nämlich Additive verwendet, wie sie sich in HD-Ölen zum Freihalten der Kolbenringe bewährt haben, so findet man die „Asche“ dieser Additive im Auspuffschlitz wieder, wo sie also das Zusetzen der Schlitze nicht hindern, sondern verstärken. Man muß mit aschefreien Ölzusätzen arbeiten, um im Zweitakter die Kaltkorrosion zu bekämpfen, um die Kolbenringe in ihren Nuten federnd zu erhalten, um die Rückstands-Bildung zu unterdrücken oder mindestens nicht zu vermehren, um die Auspuffschlitze länger freizuhalten. Im BV-Öl Zweitakt ist das gelungen, und das erklärt wohl die außerordentliche Nachfrage nach diesem so eigenartig aufgebauten, besonders hochwertigen Öl.

Der Selbstmischeffekt, der die übliche Mischkanne überflüssig macht, ist eine weitere — für Fahrer und Tankwarte gleichermaßen angenehme — Eigenschaft dieses Öls. Er wird durch die Auswahl des Grundöls und durch einen spezifischen Lösungsvermittler erreicht, der beim Durchsickern des Öls durch den vorher eingefüllten Kraftstoff wirksam wird. Aber dieser gründlich erprobte und hervorragend bewährte Selbstmischeffekt ist mehr als angenehme Beigabe gedacht. Die eigentlichen Vorzüge vom BV-Öl Zweitakt liegen im Grundöl, in den speziellen, vollorganischen Wirkstoffen und in der durch die Verpackung bzw. die Art der Verabreichung gesicherten Qualitäts-Garantie.

GETRIEBEÖLE

Die Schmierung des Getriebes und des Achsantriebs wird bei schnellaufenden Fahrzeugen heute ausschließlich mit Öl vorgenommen – wenn man von einigen Sondertypen absieht, die halbflüssige Schmiermittel (Getriebefließfett) bevorzugen.

Ein Vorteil der früher üblichen Fettschmierung war die ausgezeichnete Laufruhe (Geräuschdämpfung), welche heute aber auch mit Ölschmierung durch Erhöhung der Bearbeitungsgenauigkeit (des Gehäuses, der Lager, der Verzahnung) erreicht wird. Nachteilig war der hohe Getriebewiderstand bei kaltem Fahrzeug, der sich erst verringerte, wenn die laufenden Zahnräder das Fett dünn gerührt hatten.

Inzwischen sind die Ansprüche an die Haftfähigkeit und Schmierwirkung des Getriebeschmiermittels erheblich gestiegen, weil man große Kräfte übertragen muß, also mit hohem Zahnflankendruck zu rechnen hat; weil hohe Motordrehzahlen, kleine Reifen und große Fahrgeschwindigkeiten auch hohe Drehzahlen



Abb. 23. Gerade Zähne wälzen sich aufeinander ab.

im Getriebe erfordern; weil Platz- und Geräuschkomfort kleine Getriebegehäuse und große Laufruhe verlangen. Die Zahnräder befinden sich ständig im Eingriff und werden beim Schalten nicht mehr selbst auf der Welle verschoben, sondern über besondere Schaltelemente – mit oder ohne Synchronisations-Einrichtungen – form-

schlüssig mit ihrer Welle gekuppelt. Auf diese Weise lassen sich statt gerader Zähne auch Schräg-Verzahnungen anwenden, die längeren Eingriff – d. h. bessere Kraftübertragung und größere Laufruhe – ermöglichen. Bei solchen Schräg- und Spiralverzahnungen tritt nun aber außer der rollenden Bewegung, mit der sich die einander berührenden Zahnflanken aufeinander abwälzen, noch eine Seitenkraft auf. Das ist ein quer

zur Drehrichtung, entlang der Zahnflanke wirkendes, schabendes, schiebendes Gleiten, das Druckfestigkeit und Haftvermögen des Schmierfilms – die sog. Scherfestigkeit – stark beansprucht. In extremer Weise trifft das auf die Hypoid-Verzahnung zu, welche in Abb. 24/25 neben einer normalen Spiral-Verzahnung dargestellt ist. Die Hypoid-Verzahnung ist für Achsantriebe beliebt geworden, weil sich durch Verlängerung der Eingriffszeit – in Zahnform und Achsversetzung begründet – eine noch bessere Geräuschlosigkeit ergibt; es können ferner große Übersetzungen mit kleineren Zähnezahlen des Antriebsritzels – also ohne Vergrößerung des Tellerrades – erreicht und es kann vor allem die Kardanwelle sehr tief gelegt werden. Damit wird ein niedriger, glatter Wagenboden möglich oder doch der Tunnel für die Kardanwelle nicht übermäßig hoch.

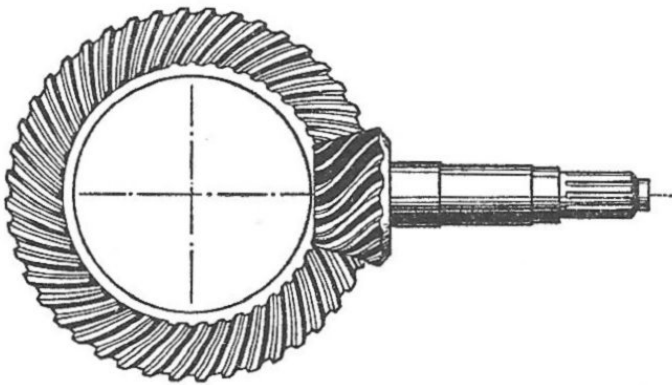
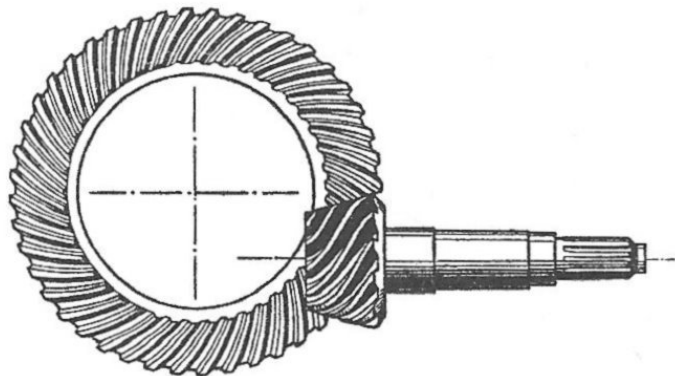


Abb. 24. Spiralverzahnung ergibt außer Wälzbewegung noch ein verschiebendes Gleiten. Daher erhöhte Ansprüche an das Schmiermittel.

Abb. 25. Hypoid-Verzahnung verursacht wesentlich stärkere Gleitverschlebung; Höchstdruckschmiermittel erforderlich.



Bei höherem Gleitanteil und unter schwierigeren Belastungs- und Drehzahl-Verhältnissen sind unlegierte Mineralöle einfach überfordert und den Ansprüchen nicht mehr gewachsen. Es ist daher üblich geworden, auch Getriebeöle mit speziellen Addi-

tiven zu legieren: normale Getriebeöle milder – nach Art und Menge der Additive; Hypoid-Öle entsprechend stärker.

Schmieröle für Hypoid-Verzahnung sind nämlich wegen der schwierigen Gleit- und Reibungsvorgänge nur mit Höchstdruck-Zusätzen denkbar. Es handelt sich um eigenartige chemische Verbindungen – oft auf Basis Schwefel, Chlor, Phosphor, Bleiseife –, welche die Oberfläche der Zähne ganz leicht anätzen. Sie werden eigentlich erst aktiv, wenn unter dem Einfluß hoher Belastung und des starken Gleitanteils der Schmierfilm abgeschert wird. Bei der dann beginnenden metallischen Berührung zweier Zahnflanken entstehen hohe Temperaturen, die das Additiv zu sofortiger Reaktion veranlassen; aus dieser Reaktion entstehen Schutzschichten, die eine Trennung des momentanen metallischen Kontaktes bewirken und vorübergehend die Schmieraufgabe übernehmen.

Man kann nicht verhindern, daß sich die chemische Aktivität der Hypoid-Öl-Zusätze auch – abseits der Verzahnung – an anderen Stellen des Getriebes oder Achsantriebs, z. B. auf die Wälzlager oder die Wellendichtungen, auswirkt. Es wäre deshalb unzweckmäßig, Hypoid-Öle dort einzusetzen, wo normale Getriebeöle ausreichen; umgekehrt muß die Vorschrift eines Kfz-Herstellers zur Verwendung von Hypoid-Öl befolgt werden, weil normale Getriebeöle bei solchen Typen versagen würden.

Eine Sonderstellung in der Getriebeschmierung nehmen die ATF-Öle ein, die für Flüssigkeitskupplungen, Drehmomentwandler und Strömungsgetriebe verwendet werden. Die Abkürzung ATF entspricht der amerikanischen Bezeichnung Automatic Transmission Fluid. Da solche Öle – wie unser BV-Öl SGF – nicht nur als Strömungsmittel im eigentlichen Wandler, sondern auch als Schmiermittel in den mit dem Wandler kombinierten Zahnradgetrieben bestehen sollen, müssen sie die Eigenschaften einer Wandlerflüssigkeit mit denen eines hochwertigen Schmiermittels vereinigen.

ABSCHMIEREN UND SCHMIERFETTE

Außer Motor, Getriebe, Achsantrieb und Lenkung (meist mit Getriebeöl versorgt) gibt es noch weitere Stellen am Kraftfahrzeug, die geschmiert sein wollen. Das fängt – direkt am Motor – mit Zündverteiler, Wasserpumpe, Windflügel, Lichtmaschine, Einspritzpumpe an und geht über Radnaben, Kreuzgelenke, Lenk- und Spurstangen, Radaufhängungen und Federbolzen, Lenkzapfen, Fußhebelwerk, Bremsseile usw. um das ganze Fahrgestell herum. Viele dieser Schmierstellen kann man mit Öl oder Fett, manche nur mit Öl, einige nur mit Fett sachgemäß abschmieren. Für Öl spricht, daß es im allgemeinen gleichmäßiger benetzt und besser haftet; für Fett spricht, daß es durch den „Fettkragen“ die Schmierstelle gegen Eindringen von Feuchtigkeit und Schmutz schützt und daß es weniger leicht wegläuft. Die Entscheidung liegt bei der Bauart der Schmierstelle und damit beim Fahrzeughersteller. Der Abschmierdienst soll sich also an die Vorschriften der Fabriken oder an unsere mit der Kfz-Industrie abgestimmten Schmierpläne halten.

Wird Öl zur Abschmierung vorgeschrieben, so wird meist Getriebeöl, z. B. BV-Getriebeöl 90, verwendet.

Die bequemste Form der Ölabschmierung ist die sog. Zentralschmierung. Hier geht von einer zentral angeordneten, mit dem Fuß auch während der Fahrt zu betätigenden Pumpe zu jeder angeschlossenen Schmierstelle eine besondere Ölleitung. Da der Ölbedarf der einzelnen Schmierstellen durchaus verschieden sein kann, wird die bei Betätigung der Pumpe jeder einzelnen Schmierstelle zufließende Ölmenge vom Werk mittels einer witzigen Dosierungseinrichtung festgelegt.

Für die Füllung des Vorratsbehälters dieser Zentralschmierung wird oft die unscharfe Angabe „Öl wie im Motor“ gemacht. Da im Motor heute meist legierte Öle gefahren werden, deren Additive bei der Fahrgestell-Schmierung überflüssig sind, möge hier der allgemeine Hinweis stehen, daß sich für Zentralschmie-

rungen unlegierte Öle mittelschwerer Viskosität — etwa BV-Autoöle 30 oder 40 — eignen.

Schmierfette sind Aufquellungen von Seifen in Mineralölen. Je nach Art der Seife und den bei der Herstellung angewendeten Methoden erhält man dabei konsistente Fette von weicher, zügiger, salbenartiger bis zu zäher, faseriger, schmalzartiger Struktur. In den Schmierfetten bildet die Seife eine Art Gitterskelett, in dem das Öl festgehalten — und bei Bedarf abgegeben — wird, etwa wie Wasser in einem Schwamm. Die Seife ist aber fraglos nicht nur Öl-Träger, sondern übt selbst eine spezifische Schmierwirkung aus. Es hängt von der Struktur des Seifenskeletts, von der Art der Aufquellung und den Methoden der Fettkocherei ab, wie die fertigen Fette sich gegenüber hohen Temperaturen verhalten, ob sie wasserabweisend sind, wie beständig sie bleiben oder ob sie unter ungünstigen Umständen das Öl vorzeitig ausschwitzen, ausbluten.

Allgemein kann man sagen, daß Kalkseifenfette (BV-Abschmierfett) wasserabstoßend sind, aber keine sehr hohen Temperaturen vertragen. Sie eignen sich daher für alle Schmierstellen am Fahrgestell, die mit Regenwasser, Spritzwasser oder sonstiger Feuchtigkeit zusammenkommen — und das sind die meisten. Durch den beim Abschmieren austretenden „Fettkragen“ wird die Schmierstelle nicht nur gegen Staub und Schmutz, sondern vor allem gegen das Eindringen von Wasser geschützt.

Natronseifenfette (BV-Wälzlagerfett) sind zwar wasserempfindlich, aber wegen des hohen Tropfpunktes als Heißlagerfett prädestiniert. So werden sie vorzugsweise zur Schmierung hochbeanspruchter Wälzlager verwendet, die ja stets gut gegen Wasser abgedichtet sind.

Eine Sonderstellung nimmt das Wasserpumpenfett ein, das natürlich wasserunempfindlich sein muß (wie Kalkseifenfett), aber auch hohen Temperaturen standzuhalten hat — etwa bei kochendem Kühlwasser, nachdem die Wasserpumpe heute

meist in dem „heißen“ Strang zwischen Zylinderkopf und Kühler liegt. Wasserpumpenfett wird nach besonderem Verfahren auf Kalkbasis mit gewissen Zusätzen hergestellt, wobei sich die Eigenschaften der Komponenten sinnvoll ergänzen. Es sei am Rande vermerkt, daß Wasserpumpen heute oft freiliegend angeordnet sind, d. h. daß die zu schmierende Lagerung völlig außerhalb des Kühlwasser-Kreislaufes liegt und daher, sachgemäß abgedichtet, mit Wasser gar nicht in Berührung kommt; das erklärt, daß solche in Wälzlager gelagerten, freifliegenden Wasserpumpen dann z. B. mit Wälzlagerfett zu schmieren sind und manchmal auch Dauerschmierung haben, deren Vorrat nur im Abstand von Motorüberholungen erneuert wird.

Es hat nicht an Bestrebungen gefehlt, Fette herzustellen, die bei günstiger Konsistenz große Beständigkeit aufweisen, die sehr hohe Temperaturen vertragen und trotzdem wasserbeständig bzw. wasserabweisend sind. Das läßt sich z. B. durch Verwendung von Lithium als Seifenbasis bei der Fettherstellung erreichen. Da solche lithiumverseiften Fette die unterschiedlichen Anforderungen des Fahrzeugbetriebes an Abschmierfett, Wälzlagerfett, Wasserpumpenfett gleichzeitig abdecken, also mehrere Zwecke erfüllen, haben wir unserer Sorte eine vielsagende Bezeichnung gegeben: BV-Mehrzweckfett.

Es wurde ein Überblick versucht über die schwierigen Bedingungen, unter denen Öle heutzutage im Motor, in Getriebe und Achsantrieb, im Kraftfahrzeug allgemein arbeiten müssen. Und es wurde aufgezeigt, daß die Mineralöl-Industrie – durch unermüdliche Forschungsarbeit, durch systematische Entwicklung auswählender Raffinations-Methoden, durch planmäßige Züchtung bestimmter Öl-Eigenschaften, durch sorgfältige Anwendung von Additiven – Spitzenqualitäten geschaffen hat, die auch ungewöhnliche Ansprüche abdecken.

Die Nutzenanwendung müssen wir Ihnen selbst überlassen. Sie können nun nach den Angaben der Betriebsanleitung, nach den Hinweisen im BV-Oel-Wegweiser, nach den Aussagen dieser BV-Oel-Fibel oder durch Befragung unserer Fachleute den passenden Öl-Typ und die richtige Viskosität auswählen. Sie sollten jeweils rechtzeitig den Ölwechsel veranlassen und auch sonst für sachgemäße Wartung Ihres Kraftfahrzeuges sorgen. So werden Sie sich vor Störungen und Motorschäden schützen und sich lange die Freude an Motor und Fahrzeug erhalten.



BV-OELE UND -FETTE

BV-Sorten	SAE-Klasse	API-Betrieb
HD-Oel für Otto-Motoren:		
BV-Oel Spezial 10—30	10 w—30	MS—DG
BV-Oel Spezial 10	10 w	MS—DG
BV-Oel Spezial 20	20 w/20	MS—DG
BV-Oel Spezial 30	30	MS—DG
BV-Oel Spezial 40	40	MS—DG
Für Zweitakter mit Mischungsschmierung: BV-Oel Zweitakt		
HD-Oel für Diesel-Motoren:		
BV-Oel HD 10	10 w	DG—MS
BV-Oel HD 20	20 w/20	DG—MS
BV-Oel HD 30	30	DG—MS
BV-Oel HD 40	40	DG—MS
Unlegiertes Motoren-Oel:		
BV-Autoöl 20	20 w/20	ML
BV-Autoöl 30	30	ML
BV-Autoöl 40	40	ML
BV-Autoöl 50	50	ML
Für Getriebe und Achsantrieb:		
BV-Getriebeöl 80	80	—
BV-Getriebeöl Hyp 80	80	—
BV-Getriebeöl 90	90	—
BV-Getriebeöl Hyp 90	90	—
BV-Getriebeöl 140	140	—
BV-Oel SGF	—	—
Für den Abschmierdienst:		
BV-Abschmierfett	—	—
BV-Wälzlagerfett	—	—
BV-Wasserpumpenfett	—	—
BV-Mehrzweckfett	—	—
BV-Getriebefett	—	—
Über die Verwendung der BV-Oele in den einzelnen Fahrzeugtypen gibt der BV-Oel-Wegweiser Auskunft.		

SACHREGISTER

Abschmieren	73	Farbe	27
Abschmierfett	74	Flammpunkt	26
Additive	61	Fluoreszenz	27
Alterung	49	Flüssigkeits-Kupplung	72
antioxidants	61	Fraktionier-Kolonne	10, 11
API-System	67	Fraktionierung	9
Aschegehalt	26	Frischöl-Schmierung	29
Asphalt	9, 11	Geistrohr	10
ATF-Öle	72	gemischtbasisch	7, 9
Automatic Transmission Fluids	72	Getriebeöle	70 ff., 77
Bitumen	9, 11	Gleitanteil	71
Bodenprodukt	10, 11	Glockenböden	10
BV-Öle und -Fette, Übersicht	77	-kappen	10
centiStokes	19, 20	Haftfähigkeit	17
Conradson-Test	26	HD-Öl für Diesel-Motoren	60, 62 ff., 77
corrosion inhibitors	61	HD-Öl für Otto-Motoren	60, 66, 77
defoamants	61	Heavy Duty	62, 67
DG, DS	67	Hypoid-Öle	71, 72, 77
Destillate	11	-Verzahnung	71, 72
Destillation	8 ff.	Kalkseifenfett	74
—, atmosphärische	9, 10	Kaltkorrosion	34, 68, 69
—, fraktionierte	8 ff.	Kolbenringe	54 ff.
—s-Rückstand	10, 11	Kondensation	8, 9
—, Vakuum-	10, 11	Konsistenz	26, 74, 75
detergents	61	legierte Öle	61
dispersants	61	Lithium-Fett	75
Drehmoment-Wandler	72	Maschinenöl	9, 11
Druckfestigkeit	26	Mehrbereichsöl	40, 42
Druckumlauf-Schmierung	30, 31	Mehrzweckfett	75
Duosol-Verfahren	13	metallorganisch	61
Einfahr-Öl	59	Mischungs-Schmierung	29
Einlaufen	59	ML, MM, MS	67
Einsatz-Produkt	10, 11	naphthenbasisch	7
Emulgierbarkeit	26, 49	Natronseifenfett	74
Engler-Grade	18—20, 41	Neutralisationszahl	26
Entparaffinierung	13	Noack-Test	26
Erdöl, Entstehung	6		
—, Zusammensetzung	7		
extreme pressure agents	61		

Öl-Druck	32, 33	Schlamm-bildung	49
-Erprobung	28, 63	Schlauch-Filter	50
-Filterung	50 ff.	Schmierfähigkeit	18, 37
-kohle	48	-fett	74 ff.
-Kühler	36	-film	17
-prüfmaschinen	26	-keil	15, 33
-Temperatur	35, 36	-pelz	17
-Verbrauch	57	Selbstmischeffekt	69
-Verdickung	45, 46	Seiten-Fraktion	10, 11
-Verdünnung	47	Siebscheiben-Filter	52
-Verlust	57	Siedebereiche, Gasöl	9
-Verschleiß	57	—, Kraftstoffe	46
-Wechsel	58	—, Leichtbenzin	9
-Zusätze	61	—, Petroleum	9
oiliness agents	61	—, Schmieröle	9
Oxydation	16	—, Schwerbenzin	9
Papier-Filter	52, 53	Siedeschwänze	47
paraffinbasisch	7	Spalt-Filter	51
Penetration	26	spez. Gewicht	7, 26
Polarität	17	Spindelöl	9, 11
Pol-Gerade	22, 23	Spiral-Verzahnung	70, 71
-höhe	22, 23	Spulen-Filter	52
Polymerisation	16	Startverhalten	25
pour point depressers	61	Stockpunkt	25
Premium-Öle	66	Strömungs-Getriebe	72
Raffination, Schwefeldioxyd- 12		Tauch-Schmierung	30, 33
—, Schwefelsäure- 12		Top-Fraktion	10, 11
—, Selektiv- 13		Trockensumpf- 31	
—, Solvent- 13		Umlaufschmierung	31
Redwood-Sekunden 19, 20		Tropfpunkt	26, 74
Regular-Öl 67		unlegierte Öle	66, 77
Reibung, hydrodynamische 15		Verdampfungsverlust	26
—, flüssige 15		Verkokungsneigung	26
—, halbflüssige 15		Verseifungszahl	26
—, innere 18		VI s. Viskositäts-Index	
—, trockene 15		VI-improvers	61
Rückfluß 10, 11		Viskosimeter, Engler-	18
SAE-Klassen 38 ff.		—, Kapillar-	19
—, Tabelle der 39		—, Redwood-	19
—, Diagramm der 41		—, Saybolt-	19
Saybolt- 19, 20, 41		Viskosität	18 ff.
Universal-Sek. 19, 20, 41		—, dynamische	19
Schaumneigung 26, 61		—, kinematische	19
Scherfestigkeit 71			

Viskosität-Dichte-Verhältnis	19	Wälzlagerfett	. . . . . 74
-Temp.-Verhalten	21 ff.	Wärmeaustauscher	. . . . . 36
Viskositäts-Gerade	. . . 22 ff.	Wasserpumpenfett	. . . . . 74
-Index	23, 24, 40, 41	Zahnrad-Verspannungs-	
-Maße	. . . . . 20	-Prüfstand	. . . . . 26
-Pol	. . . . . 22, 23	Zentralschmierung	. . . . . 73
VKA-Wert	. . . . . 26	Zweitakt-Öl	. . . . . 69, 77
vollorganisch	. . . . . 69	-Schmierung	. . . . . 68
VP s. Polhöhe		Zylinderöl	. . . . . 9, 11
VT s. Viskosität-		verschleiß	. . . . . 34
Temperatur-Verhalten			

Tab. 7	API Bezeichn. "for Service"	Bedeutung	Kurzbeschreibung
Ottomotoren	MS	Motor Severe	anspruchsvoller Motor mit hoher spez. Leistung u. hohen bis höchsten Drehz.; häufiger Wechsel zwischen hohen u. niedrigen Betriebs-temp.; start-and-stop-Betrieb; viel Leerlauf; Kurbelgehäuse Zwangsbe-u.-entlüftung (PCV-System)
	MM	Motor Moderate =mäßig schwer	weniger anspruchsvoller Motor unter gleichmäßigeren Betriebsbedingungen; kaum Kaltbetrieb
	ML	Motor Light = leicht	unempfindlicher Motor unter günstigen Betriebsbedingungen
Dieselmotoren	DG	Diesel General =durchschnittl.	normaler Dieselbetrieb unter üblichen Betriebsbedingungen
	DM	Diesel Moderate =mäßig schwer	schwerer Dieselbetrieb unter verschärften Betriebsbedingungen u. insbes.mit mäßig gutem Kraftstoff
	DS	Diesel Severe = schwierig	schwerster Dieselbetrieb b.hoher Belastung u.Temp.; bei anspruchsvollem Motor(z.B.Aufladung) im Wechselbetrieb b.niedrigen Temp. und - bei schwierigem Kraftstoff

ARAL Auto-Oel	ML	
ARAL DIESEL Motor Oel	ML MM	DG DM
ARAL SPEZIAL Motor Oel	ML MM MS	DG DM
ARAL SUPER Motor Oel	ML MM MS	DG DM
ARAL SUPER Gold-Motor Oel	ML MM MS	DG DM
ARAL DIESEL Motor Oel S 3	ML MM	DG DM DS