

## Über die Viskositäts-Polhöhe.

=====

Von Prof. A. W. Schmidt, Techn. Hochschule, München.

Die Abhängigkeit der Viskosität von der Temperatur ist eine Tatsache, die man in der Bewertung der Schmiermittel immer wieder zu verwenden trachtet, und die u. a. heute eine der wenigen Eigenschaften der Schmieröle ist, die wir messtechnisch einigermaßen genau verfolgen können.

Die Verwendung der Temperatur-Viskositätsabhängigkeit bei der Beurteilung von Schmierölen setzt aber voraus, daß man die Darstellung dieser Abhängigkeit nicht mehr kurvenmäßig, sondern geradlinig aufträgt. Infolgedessen ist schon seit längerer Zeit das Bestreben festzustellen, eine mathematische Lösung dafür zu finden, die Viskositätskurven mit einiger Sicherheit in gerade Linien umzuwandeln.

Die Darstellung der Viskositäts-Temperaturkurven als Gerade ist besonders zur Interpolation nicht gemessener Werte wichtig. Bei der Auftragung als Kurven müßte man sehr viele Meßpunkte haben, um den Verlauf genau festzulegen. Extrapolationen, die sehr oft nötig sind, wären in diesem Falle überhaupt unmöglich. Darüber hinaus bietet das Auftragen der Meßpunkte als Gerade eine sehr gute Kontrolle für die Richtigkeit der Messungen; Abweichungen und Fehlmessungen können unmittelbar festgestellt werden.

Soweit die Literatur über diesen Punkt von uns erfaßt werden konnte, sind insgesamt etwa 10 Arbeiten vorhanden, die wesentliches hierüber auszusagen haben. Da ist vor allem die Formel von Ubbelohde und Walther, über die im weiteren eingehender gesprochen wird, dann die Formel von Andrade in ihren verschiedenen Bearbeitungen durch Sheppard und Drucker; ferner die Formeln von Lasareff, Silvermann, Batschinski, Cragoe, Steiner, sowie von MacLeod und Thorpe, sowie Rogers. Diese Formeln bauen sich zum Teil auf der dynamischen, und zum Teil auf der kinematischen Viskosität auf.

Auch wurden viele Versuche gemacht, die Viskosität und den Viskositätsabfall mit anderen physikalischen Konstanten und ihrer Temperaturänderung in Beziehungen zu setzen. Weiterhin hat noch Lederer den zweiten Differentialquotienten als Maß für den Viskositätsabfall in Vorschlag gebracht.

Allen Arbeiten ist zu eigen, daß sie nicht in der Lage sind, eine rein mathematische Lösung dieser Frage zu finden, sondern es besteht immer die Notwendigkeit, der mathematischen Formulierung noch eine Konstante irgendeiner Größe beizufügen. Der Nachteil dieses Koeffizienten ist der, daß er meist nur über einen ganz bestimmten Bereich Gültigkeit hat. Das ist natürlich grundsätzlich ein ganz bedeutender Mangel. Eine derartige Berechnung sollte soweit allgemein gültig sein, soweit man mit einer praktischen Verwendung derartiger Öle rechnen muß.

In Deutschland am meisten eingeführt ist in dieser Hinsicht die Formel nach Walther-Ubbelohde. Als neuester Mittelwert des Korrekturfaktors ist hier die Größenordnung 0,8 eingeführt, und soweit wir mit dieser Formel gearbeitet haben, haben wir feststellen können, daß auch bei sehr niedrigen Absolut-Viskositäten keinerlei merkliche Abweichungen von der Geraden festzustellen waren. Inwieweit nun die Temperatur-Viskositätsabhängigkeit eines Öles mit seiner Schmierwirkung in Zusammenhang gebracht werden kann, darüber sind wohl an verschiedenen Stellen Deutschlands Arbeiten im Gange, aber Endgültiges steht in dieser Richtung noch nicht fest.

Eines ergab sich jedoch bei der Darstellung der V.T.-Abhängigkeit der Schmieröle in Gestalt von Geraden in besonders eindringlicher Form. Man sah durch diese Umwandlung der Kurven in Gerade ganz besonders deutlich, daß der Viskositäts-Temperaturverlauf der einzelnen Öle voneinander abweichen konnte. Bei der weiteren Beobachtung wurde sogar ein gewisser Zusammenhang zwischen dem chemischen Aufbau der Öle und diesem Verhalten erkannt. Man fand, daß sogenannte paraffinische Öle gegenüber Ölen mit aromatischer

Grundlage einen wesentlich flacheren Viskositäts-Temperaturverlauf erkennen ließen.

Die Tatsache, daß die Viskositäts-Temperaturgerade der einzelnen Schmieröle verschiedene Steigung aufwies, war wohl die Veranlassung, daß Walther und Ubbelohde im Verfolg ihrer ersten Ermittlung dazu übergegangen sind, diese verschiedenen Steigungen der einzelnen Schmieröle in einen bestimmten Zusammenhang zu bringen. Sie glaubten das damit zu erreichen, daß auf Grund einer Reihe von Versuchen von ihnen ermittelt worden war, daß die Viskositätsgeraden für Öle gleicher Herkunft sich in einem bestimmten Punkte schneiden. Diesen Punkt bezeichnen sie als Viskositätspol und haben nun versucht, durch Festlegung der sogenannten Polhöhe wiederum Eigenschaften und Kennzahlen der einzelnen Öle festzulegen.

Die Viskositätspolhöhe wird von Ubbelohde u. Walther so definiert: Verlängert man die Geraden für mehrere Schmieröle gleicher Herkunft nach der Seite der tiefen Temperaturen über das Viskositätsblatt hinaus, so findet man, daß sie sich mit größter Annäherung in einem Punkte, dem für eine Ölserie charakteristischen, sogenannten Viskositätspol schneiden. Andere Ölserien haben wieder andere Viskositätspole, aber alle diese Pole liegen auf einer Linie, welche genügend genau durch eine Gerade, die Polgerade, ersetzt werden kann, für die folgende Gleichung gilt:

$$10g T_p = 2.410 - 0.194 W_p.$$

Damit ist die Lage eines Pols durch Angabe entweder seiner Abszisse  $10g T_p$  oder seiner Ordinate  $W_p$  bestimmt.

Eine andere Art, die Temperatur-Viskositätsabhängigkeit von Ölen in gegenseitige Beziehung zu setzen, ist in Amerika entwickelt und eingeführt worden. Es geschieht dies durch die Ermittlung des Viskositätsindex. Er wird nach folgender Methode bestimmt:

Dean und Davis bestimmten die Viskosität bei 100 und 210°F für zwei Ölserien. Die eine Serie bestand aus Ölen mit sehr flacher, die andere aus Ölen mit

sehr steiler Viskosität. Mit einer Formel, welche die Viskosität in Saybolt -Sekunden bei 100 und 210°F von Ölen gleicher Herkunft enthält, berechneten die Autoren weit über den beobachteten Bereich hinaus eine Tabelle, in welcher zu den Viskositäten bei 210°F (von 40 bis 160 Saybolt -Sekunden) die Viskositäten bei 100°F für die beiden Serien angegeben sind. Die Differenz zwischen den Viskositäten bei 100°F für die beiden verschiedenen Öle, die bei 210° die gleiche Viskosität aufweisen, wurde in 100 gleiche Teile geteilt. Dieser Einteilung entsprechend ergab sich für die Temperaturabhängigkeit der Viskosität jedes Öles eine bestimmte Zahl, die Viskositätsindex genannt wird. Die Serie der untersuchten Öle mit der schwachen Temperaturabhängigkeit erhielt dabei willkürlich den Index 100.

Zu dem Viskositätsindex kann vorwegnehmend gesagt werden, daß er infolge seiner verhältnismäßig willkürlichen Voraussetzung bei der Ermittlung der Meßgrößen wohl kaum eine größere Bedeutung für uns haben dürfte. Er mag in einem engen Anwendungsbereich, wo es sich gewissermaßen um erweiterte Fabrikserfahrungen handelt, gewisse Kenntnisse vermitteln, allgemeine Anwendungsmöglichkeit kann jedoch der Viskositätsindex für sich nicht beanspruchen.

Die Polhöhe zum Unterschied von dem Viskositätsindex schien in ihrer wissenschaftlichen Ableitung besser fundiert zu sein, sodaß die Einführung der Bewertung der Öle nach der Polhöhe verhältnismäßig rasch erfolgte. Im Verlauf der Zeit ergaben sich doch recht bedeutungsvolle Widersprüche, wenn man Öle nach der Viskositätspolhöhe beurteilen wollte. Allerdings sei hier nicht vergessen, zu erwähnen, daß Walther-Ubbelohde selbst schon in ihrer Beschreibung der Viskositätspolhöhe bestimmte Einschränkungen für die Anwendung machten. Diese Einschränkungen beziehen sich auf die Beobachtung, daß ein Viskositätspol für Selektivraffinate nicht existiert. Weiterhin folgen auch Syntheseöle nicht den von Walther-Ubbelohde angegebenen Gesetzmäßigkeiten. Dazu kommt noch, daß der Begriff, der ebenfalls als eine Voraus-

setzung für die Gültigkeit der Walther'schen Gesetzmäßigkeit angegeben wird, nämlich gleiche Herkunft, gerade auf dem Gebiet der Schmieröle ein sehr vager ist, und daß hier die genaue analytische Kontrolle wegen Mangel an Analysemethoden nicht durchgeführt werden kann.

Ferner wird erwähnt, daß die Polhöhe nur für solche Substanzen Gültigkeit haben soll, deren Viskosität bei  $50^{\circ}$  mehr als 20 ost. beträgt. Diese Abweichungen der Gesetzmäßigkeiten, die Walther und Ubbelohde angegeben hatten, veranlaßten Bondi, sich experimentell etwas näher mit der Angelegenheit zu befassen. Bondi stellt in seinen Arbeiten eine große Anzahl von Ölgruppen fest, die keinen Viskositätspol zeigen. Wir selbst haben von uns aus mit allerlei Ölen Messungen in dieser Richtung durchgeführt und haben auch die Feststellung machen müssen, daß wir nie das Auftreten eines Viskositätspoles ermitteln konnten.

Den Begriff "gleiche Herkunft" haben wir in verschiedener Weise variiert. Erstens haben wir Rohöle vermessen, die aus demselben Bohrfeld stammen. Ein Zusammenlaufen der Geraden in einem Punkt konnte nicht beobachtet werden. Damit Fehler durch den verschiedenen Gehalt der Öle an niedrig siedenden Bestandteilen ausgeschaltet wurden, haben wir diese Rohöle alle bis  $200^{\circ}$  abgetoppt u. die Topp rückstände vermessen. Dann haben wir verschiedene Öle des gleichen Bohrfeldes nach ein- und derselben Methode auffraktioniert und die einander entsprechenden Fraktionen, die noch überdies ähnliche Absolutviskositäten haben, aufgetragen. Weiterhin haben wir ein Öl nach verschiedenen Methoden auffraktioniert und die einzelnen Fraktionen vermessen. Auch in diesem Fall, wo man doch bestimmt von gleicher Herkunft reden kann, zeigte sich kein Konvergieren der Geraden.

Im folgenden zeigen wir an Hand einiger Kurvenbilder unsere Feststellungen.

In Abb. 1 werden die Viskositätsgeraden von einigen Topp-

rückständen von Erdölen, die aus dem gleichen Bohrfeld, nämlich dem Wiener Becken, stammen, angegeben. Die Öle sind von uns selbst auffraktioniert worden, sodaß eine nachträgliche Vermengung mit Ölen anderer Herkunft, wie das häufig bei der Herstellung von Schmierölen der Fall ist, nicht erfolgen konnte. Jedenfalls können diese Öle die Bezeichnung "gleiche Herkunft" für sich in Anspruch nehmen. Trotzdem zeigt ein Blick auf die Darstellung der Viskositätsgeraden, daß das Zustandekommen eines gemeinsamen Schnittpunktes eine Unmöglichkeit ist.

In Abb. 1 sind folgende Öle des Wiener Beckens dargestellt:

1. Öl "Ga"
2. Öl "Ulli"
3. Öl "Rag"
4. Öl "Gösting VI"
5. Öl "Gösting XI"
6. Öl "St. Ulrich I"

Abb. 2 zeigt die Fraktionen von 350 - 400° derselben Rohöle und noch einiger anderer Öle des Wiener Beckens, und zwar

2. Öl "Ulli"
3. Öl "Rag"
4. Öl "Gösting VI"
5. Öl "Gösting XI"
6. Öl "St. Ulrich II"
7. Öl "Steinberg Naphta II"

In diesem Fall ist die Forderung nach gleicher Herkunft in geradezu idealer Weise erfüllt, trotzdem zeigt die Tafel, daß ein gemeinsamer Schnittpunkt nicht existiert. Wenn auch die Linien 2, 3 und 5, 6 annähernd parallel sind, so laufen doch 4 und 7 deutlich in anderer Richtung, sodaß von einem gemeinsamen Pol keine Rede sein kann. Die vorliegenden Destillate sind durch Vakuumdestillation aus den Rohölen gewonnen.

Abb. 3 zeigt Öle, die aus ein und demselben Rohöl teils durch Destillation, teils durch ein von uns ausgearbeitetes neues Verfahren, das aber kein Selektiv-Verfahren ist, gewonnen wurden. Es handelt sich hier um das Öl "Rag".

Die Linie 4 gibt die Viskosität des Topprückstandes an.

Abb.4 zeigt Schmieröle, die aus den oben erwähnten Rohölen mit unserem neuen Veredlungsverfahren gewonnen sind. Es handelt sich hier, wie bereits gesagt, um ein Verfahren, das mit selektiver Lösung und auch ohne Erwärmung durchgeführt wird. Auch hier ist die Divergenz der einzelnen Viskositätsgeraden deutlich sichtbar, obwohl die dargestellten Öle einander nach Herkunft und Behandlung durchaus entsprechen.

Zum Schluß zeigen wir die Viskositäts-Temperaturgeraden (Abb.5) von synthetisch hergestellten Ölen, bei denen ja schon Walther und Bondi darauf aufmerksam gemacht haben, daß sie dieser Gesetzmäßigkeit nicht folgen.

Damit scheint der Schluß berechtigt zu sein, daß die Voraussetzungen, die für die Konstruktion eines Viskositäts-poles angenommen wurden, keineswegs allgemein gültig sind, und daß die damals ermittelten Gesetzmäßigkeiten wohl auf einer zu kleinen experimentellen Basis aufgebaut wurden.

Wenn man nun unter der Voraussetzung, daß die Umwandlung der Viskositätskurven in eine Gerade durch eine mathematische Behandlung statthaft ist, die Beobachtung, daß diese so erhaltenen Geraden der einzelnen Öle verschiedene Richtungstendenz aufweisen, für die weitere Begutachtung der Schmieröle heranziehen will, so wäre das zweifelsohne von Bedeutung, da wir mit dieser Darstellungsweise gleichzeitig die Möglichkeit hätten, etwas über den flachen oder steilen Verlauf der Viskositäts-Temperaturabhängigkeit der einzelnen Öle auszusagen. Unseres Erachtens liegt aber heute noch nicht genügend Material vor, um damit gleichzeitig auch eine Bewertung der Schmierwirkung dieser Öle zum Ausdruck zu bringen.

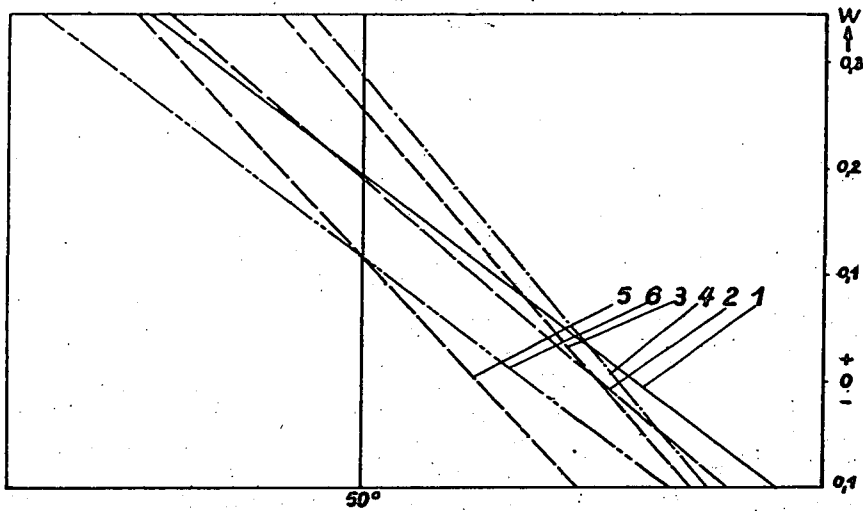
Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Motorschmiermittel in einem verhältnismäßig weiten Tempe-

raturbereich ihren Zweck erfüllen müssen, ist allerdings ein flacher Verlauf der Viskositätsgeraden zweifelsohne von Bedeutung. Um die einzelnen Schmieröle in dieser Richtung zu beurteilen, haben wir nach unseren Erfahrungen, die wir mit dem Zustandekommen eines Viskositätspoles gemacht haben, darauf verzichtet, Öle nach der Viskositätspolhöhe zu beurteilen, sondern haben diese Öle miteinander verglichen derart, daß wir die Winkel, die sie mit der Horizontalen bilden, maßen, und diese Meßgrößen dann als Charakteristik der Steilheit der einzelnen Viskositätsgeraden benutzt. Bei dieser Beurteilungsweise sind wir uns dessen bewußt, daß die Temperaturabhängigkeit eines Öles mit sehr kleiner Viskosität nicht verglichen werden kann mit dem Viskositäts-Temperaturverhalten eines Öles mit verhältnismäßig hoher Viskosität. Daß ein derartiger Vergleich unstatthaft wäre, geht aus der Überlegung hervor, daß die Viskositätskurve eines Öles mit niedriger Viskosität in vielen Fällen einen ganz anderen Verlauf zeigt als das entsprechende Öl mit einer höheren Viskosität.

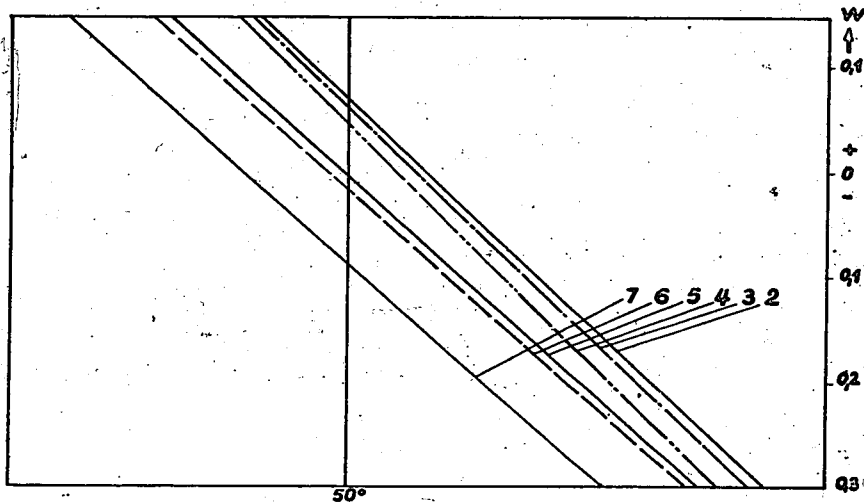
Die allgemeine Anwendung der Winkelmessung ist deshalb nicht statthaft, weil die mathematische Behandlung dieser beiden unterschiedlichen Kurven nach einer Formel nicht möglich ist.

Trotz aller Unklarheiten und Entwicklungsmöglichkeiten, die in der Begutachtung der Schmieröle hinsichtlich der Temperaturabhängigkeit noch vorhanden sind, glauben wir von uns aus den Standpunkt vertreten zu müssen, daß man fernerhin bei der Bewertung der Schmieröle den Viskositäts-pol fallen lassen sollte, damit entfällt gleichzeitig auch die Bedeutung der Polgeraden.





**Abb.1:** Viskositätstemperaturgeraden von Ölen gleicher Herkunft.



**Abb.2:** Viskositätstemperaturgeraden von Ölen gleicher Herkunft.

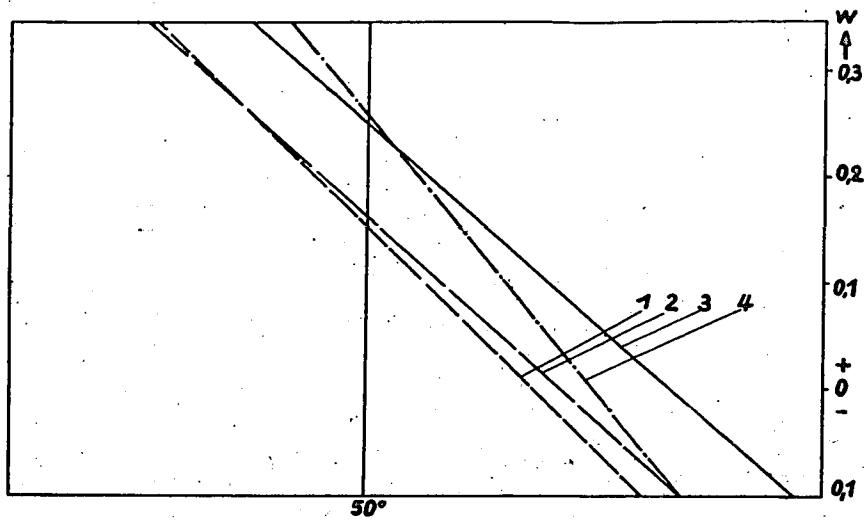


Abb.3: Viskositätstemperaturgeraden von Ölen aus dem gleichen Rohöl.

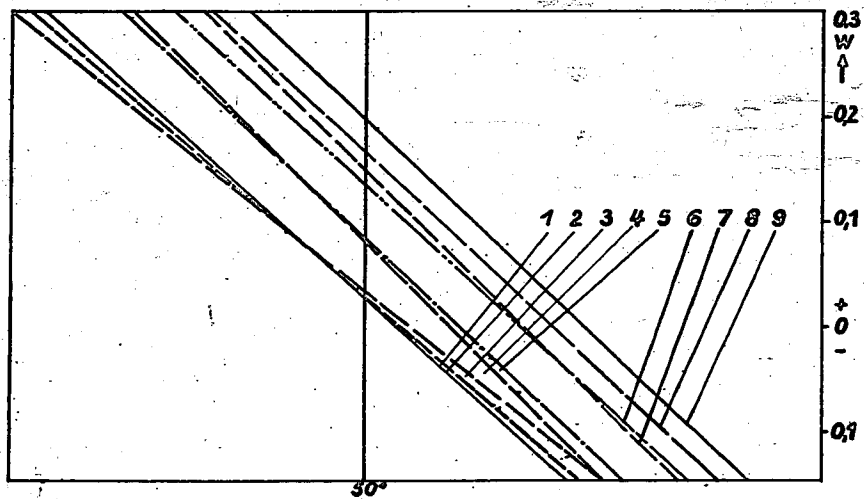
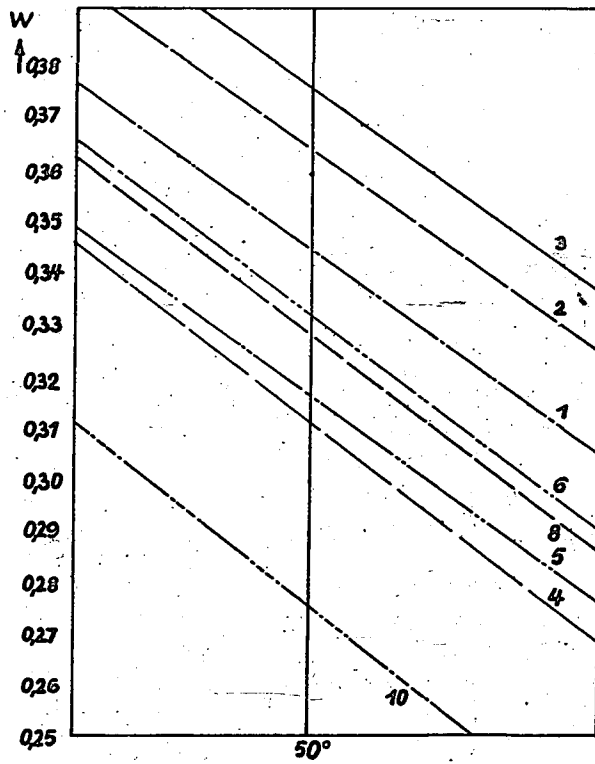


Abb.4: Viskositätstemperaturgeraden von Ölen gleicher Herkunft.



**Abb.5:** Viskositäts-Temperaturgeraden von synthetisch hergestellten Ölen.