

Die Schmierstoffförderung bei tiefen Temperaturen ist ausser durch die konstruktive Ausbildung des Fördersystems im wesentlichen durch die sogenannte Pumpfähigkeit des Schmiermittels bestimmt. Da diese für die Brauchbarkeit eines Öles von entscheidender Bedeutung sein kann, wurden hierüber vom Prüfstand der RCH einige Versuche durchgeführt.

Versuchseinrichtung.

Die verwendete Versuchseinrichtung befindet sich in einem wärmeisolierten Kasten, dessen Auskühlung mit Trockeneis erfolgt. Es können ohne Schwierigkeiten -65°C erreicht werden. Die Versuchsanordnung ist in KPr 441 schematisch dargestellt. Eine Zahnradpumpe wird über ein Untersetzungsgetriebe durch einen ausserhalb des Kastens befindlichen Elektromotor angetrieben. Die Pumpe saugt das Öl aus einem Vorratsbehälter von etwa 3 l Inhalt und fördert es über eine Leitung und durch eine auswechselbare Düse als Ausflüssöffnung in ein offenes Messgefäss. Dies kann durch einen Ablasshahn, der von aussen durch ein Gestänge zu betätigen ist, entleert werden. Der Hahn ist heizbar, um auch bei tiefen Temperaturen den Ablauf sicher zu stellen. Saug- und Förderdruck werden an der Pumpe mittels Manometer gemessen. Ein weiterer Druckmesser befindet sich am Ende der Druckleitung in der Nähe der Ausflüssdüse. Die Temperatur des Ölsumpfes wird durch Stabthermometer an 2 Stellen gemessen; ausserdem die Raumtemperatur des Kastens. Die Anzeigen der Instrumente, sowie die Oberfläche des Ölbadens sind durch die als Glasfenster ausgeführte Vorderwand des Kastens zu beobachten. Die ganze Versuchseinrichtung ist am Deckel des Kastens befestigt und kann mit diesem entfernt werden, sodass Änderungen bequem ausserhalb vorgenommen werden können.

Bisher wurde die Ölpumpe des Opel Olympia-Motors benutzt. Es ist eine Zahnradpumpe mit einem Überdruckventil zwischen Druck- und Saugseite. Bei den meisten Versuchen war sie so in das Ölbad eingetaucht, dass ihre Ansaugöffnung etwa 80 mm unterhalb des Flüssigkeitsspiegels lag. Ihre Drehzahl betrug im allgemeinen 370 U/min. Um bei hohen Förderdrücken Undichtigkeiten an der Pumpe zu vermeiden, wurde deren normaler Spitzgussdeckel durch eine kräftige Eisenplatte ersetzt und diese noch besonders gegen den Pumpenkörper verspannt. An der Pumpe wurden die folgenden Werte festgehalten:

Zähnezahl der Pumpenräder:	7
Modul:	ca. 4,3 mm
Teilkreisdurchmesser:	ca. 30 mm
Zahnbreite:	25 mm
Zahnkopfhöhe:	ca. 9 mm

Nach R. Amann⁺ errechnet sich mit einem volumetrischen Wirkungsgrad von 100% bei diesen Daten und der Drehzahl von 370 U/min eine stündliche Fördermenge von etwa 470 l/h. In Wirklichkeit

⁺ R. Amann, Zahnradpumpen mit Evolventenverzahnung. Mitteilungen des hydraul. Institutes der T.H. München, Heft 1 1926.

wurde maximal etwa 450 l/h gemessen. Bei den meisten Versuchen war eine Druckleitung von 500 mm Länge und einem Durchmesser von 12 mm, also mit einem Ölvolumen von 50 cm³ im Gebrauch. An der Saugöffnung war ein Sieb mit einer Oberfläche von 33 cm² und einer Maschenzahl von etwa 150 Maschen/cm² angebracht.

Einfluss der konstruktiven Bedingungen auf die Fördermenge.

Bei den Versuchen ergab sich für einen bestimmten Schmierstoff eine verhältnismässig gut reproduzierbare Abhängigkeit der Fördermenge von der Temperatur des Schmierstoffes, vorausgesetzt, dass dessen Erstarrungsgrenze nicht wesentlich unterschritten wurde. Andernfalls traten Förderstörungen ein, auf welche weiter unten eingegangen wird. Es wurde nun untersucht, wieweit die Fördermengentemperaturkurve von den mechanischen Bedingungen beeinflusst werden kann, insbesondere wie sich die Änderung des Saug- und Ausflusswiderstandes auswirkt. Dabei wurde die Pumpe sowohl mit normal eingestelltem, als auch mit abgesperrtem Rücklaufventil betrieben. Ausserdem wurden Messungen bei verschiedenen Drehzahlen durchgeführt.

a). Versuche mit abgesperrtem Rücklauf.

Die übersichtlichsten Verhältnisse bezüglich der Fördermenge liegen vor, wenn das Überdruckventil abgesperrt ist. In diesem Falle tritt der gesamte von der Pumpe geförderte Schmierstoff an der Messstelle aus und die Fördermengentemperaturkurve verläuft grundsätzlich so, wie es beispielsweise in KPr 442 dargestellt ist. Zunächst ändert sich beim Abkühlen die Fördermenge fast nicht, oder steigt infolge verminderter Leckverluste etwas an, was dem besser abdichtenden zäheren Öl zuzuschreiben ist. In diesem Bereich unverminderter Förderung, der an sich für die Untersuchung der Gefahr mangelnder Schmierung nicht interessiert, traten ziemliche Streuungen auf. Diese sind dadurch begründet, dass wegen des begrenzten Messvolumens (500 ccm) die Ausflusszeiten nur wenige Sekunden betragen und bei ihren Messungen Fehler von mehreren % zu erwarten sind. Aber auch die Abdichtung der Pumpenräder gegenüber den Gehäusewänden scheint in diesem Zähigkeitsgebiet gewissen Schwankungen unterworfen zu sein.

Bei weiterem Abkühlen tritt ein ziemlich steiler Abfall der Fördermengenkurve ein, um dann flach auszulaufen, bis kein Öl mehr gefördert wird. In diesem Temperaturgebiet sind die Fördermengen, wie es aus den Abbildungen KPr 442 und KPr 444 für 2 Öle und verschiedene Ausflussöffnungen zu sehen ist, vom Druck hinter der Pumpe praktisch unabhängig. Zwar kann bei etwas höheren Temperaturen durch hohen Gegendruck der Liefergrad der Pumpe verringert werden.

Wie aus den Abbildungen KPr 443 und KPr 444 hervorgeht, ergab die Änderung des Stömungswiderstandes auf der Saugseite demgegenüber einen recht erheblichen Einfluss auf den Verlauf der Fördermengenkurve. So wurde diese durch die Entfernung des Saugsiebes um etwa 10°C in dem Bereich tieferer

Temperaturen verschoben. Die entgegengesetzte Wirkung wurde dadurch hervorgerufen, dass die Pumpe in einer Höhe von etwa 200 mm über dem Ölsumpf angeordnet wurde und das Öl durch ein entsprechend langes Rohr von 16 mm \varnothing hochgesaugt werden musste.

Diese Beobachtungen führen zu dem Schluss, dass die starke Verringerung der Fördermenge bei tiefen Temperaturen nicht durch den veränderten Gegendruck, sondern durch den höheren Widerstand des Öles gegen das Einströmen in die Pumpe verursacht ist. Diese Annahme wird auch durch die gleichzeitig mit der Fördermenge auf der Saug- und Förderseite gemessenen Drücke bestätigt. So zeigen die Förderdruckkurven (KPr 442 und KPr 443) ein ausgeprägtes Maximum etwa bei der Temperatur des steilsten Fördermengenabfalls. Von da ab fällt auch der Gegendruck mit tieferen Temperaturen steil ab. Dieses Abfallen - trotz der steigenden Zähigkeit des Öles - kann nur als Folge der starken Verringerung der Fördermenge erklärt werden und diese erscheint umgekehrt nicht durch den Gegendruck verursacht. Bei abgesperrtem Rücklauf und kleinen Ausfluss- oder Leitungsquerschnitten können recht grosse Druckspitzen auftreten und die Gefahr, dass Leitungen platzen oder Undichtigkeiten auftraten, oder der Pumpenantrieb abfrisst, ist durchaus gegeben. Bei der von uns verwendeten 12 mm weiten Druckleitung entstand der Förderwiderstand vorwiegend an der Ausflussöffnung, da der Druckmesser am Ende der Leitung im Durchschnit nur etwa 10% weniger anzeigt, als der direkt hinter der Pumpe angeordnete.

Im Gegensatz zum Förderdruck zeigt sich beim Ansaugunterdruck ein starker Einfluss auf die Verringerung der Fördermenge, wie aus der Abbildung KPr 443 und KPr 446 hervorgeht. Mit sinkender Temperatur steigt der Ansaugunterdruck entsprechend der Zähigkeit zunächst immer steiler an, bis zu dem Wert von etwa 500 mm Hg, sodann nähert er sich dem durch die Abdichtung innerhalb der Pumpe gegebenen Endwert. Die Abdichtung ist bei diesen Temperaturen in erster Linie durch die Zähflüssigkeit des Schmierstoffes bedingt und diese ermöglicht Unterdrücke bis zu 700 mm Hg. Bei dem Erreichen des Saugunterdruckes von 500 mm Hg, von wo ab der Unterdruck nur noch schwach ansteigt, setzt im allgemeinen der steile Abfall der Fördermenge ein. Erwartungsgemäss wird durch eine Änderung der Saugwiderstände die Unterdruckkurve, ebenso wie es bei der Fördermenge beachtet wurde, in ein Gebiet höherer oder niedrigerer Temperaturen verschoben.

b) Versuche mit normal eingestelltem Überdruckventil. Andere Verhältnisse bezüglich der an der Ausflussdüse gemessenen Fördermenge ergeben sich, wenn das Überdruckventil in Tätigkeit tritt, also wenn der durch Fördermenge, Zähigkeit und Ausflusswiderstand bedingte Gegendruck den Öffnungsdruck des Ventils überschreitet. In diesem Fall hängt

die gemessene Fördermenge natürlich von dem Verhältnis des Leitungs- und Ausflusswiderstandes zu dem des Überdruckventils ab. In KPr 445 ist dargestellt, wie sie durch die Änderung des Ausflussquerschnittes bei einer Einstellung des Überdruckventils auf etwa 4 atü (normaler Öffnungsdruck) beeinflusst wird. Bei einer kleinen Düse fällt die Fördermengenkurve schon bei ziemlich hoher Temperatur von der Kurve für gesperrtes Ventil ab und verläuft ziemlich flach abfallend weiter, bis sie bei sehr niedriger Temperatur wieder in diese einmündet. Bei genügend kleinem Ausflusswiderstand, z. B. ohne Düse, fällt die Fördermengenkurve mit der für abgesperrtes Ventil zusammen. Je grösser die Ausflussöffnung ist, bei desto niedrigerer Temperatur fällt die Kurve von der für abgesperrten Rücklauf ab und mündet um so eher wieder in diese ein. Der Punkt des Wiedereinmündens ist dadurch bestimmt, dass die angesaugte Menge so stark verringert ist, dass der durch sie bedingte Gegendruck hinter der Pumpe nicht mehr ausreicht, um das Überdruckventil zu öffnen. Oberhalb dieses Punktes ist eine Widerstandsänderung auf der Saugseite ohne Einfluss auf die gemessene Fördermenge, wie durch einige Messungen bestätigt wurde (KPr 445). Unterhalb desselben bleibt ja das Überdruckventil geschlossen und der Saugwiderstand ist wieder massgebend für die Fördermenge. Über das Verhältnis des Ausflusswiderstandes der Schmierstellen zu dem des Überdruckventils bei den Maschinen der Praxis liegen hier keine Unterlagen vor. Es ist aber anzunehmen, dass im allgemeinen für die Sicherheit der Maschinen so niedrige Schmierstoffmengen ausreichen, dass diese nur vom Saugwiderstand bestimmt werden. Das Überdruckventil hat die Aufgabe, den Förderdruck zu begrenzen, um eine Gefährdung des Pumpenantriebs und der Leitungen wegen zu hohen Gegendruckes zu vermeiden. Es ist allerdings denkbar, dass auch ohne nennenswerten Gegendruck bei sehr zähem Öl schon durch die Knatarbeit innerhalb der Pumpe gefährliche Antriebsmomente entstehen. Hierüber liegen bei uns jedoch noch keine Versuchsergebnisse vor.

c). Versuche bei verschiedenen Drehzahlen.

In der Abbildung KPr 446 sind für mehrere Drehzahlen und ein bestimmtes Öl die Fördermengen, die bei abgesperrtem Überdruckventil gemessen wurden, angegeben. Sie verhalten sich im oberen Temperaturbereich etwa proportional den Drehzahlen. Bei tieferen Temperaturen tritt eine starke Verringerung ein und zwar bei höherer Drehzahl eher als bei niedriger, derart, dass die Fördermengen bei allen Drehzahlen schliesslich in eine einzige Kurve zusammenlaufen. Dieses Verhalten ist verständlich, da die Verminderung der Fördermenge bei tiefen Temperaturen nur durch die Zähigkeit, den Strömungswiderstand auf der Saugseite und dem begrenzten Ansaugunterdruck verursacht ist, und diese Grössen von der Drehzahl praktisch unabhängig sind. Aus diesem Ergebnis ist weiterhin zu schliessen, dass bei gleichem Saugwiderstand auch durch eine grössere Pumpe die Fördermenge in diesem Bereich nicht erhöht wird. Nimmt man

an, dass auch in der Kälte die Maschinen bei höheren Drehzahlen eine grössere Schmierstoffmenge brauchen, um Schäden zu vermeiden, dann ist die Gefahr mangelnder Schmierung bei hoher Drehzahl grösser, als bei niedriger.

d). Versuche mit erwärmtem Ölsumpf und kalter Leitung.
In einigen Versuchen wurde noch beobachtet, wie sich erstarrtes Öl in der Druckleitung auf die Förderung bei abgesperrem und freigegebenem Überdruckventil auswirken. Zu diesem Zweck wurde das Ölbad durch einen Tauchsieder geheizt, während die Leitungen erheblich unter die Erstarrungstemperatur abgekühlt waren. Dabei wurde eine 9 mm weite und 1 m lange Druckleitung verwendet. An ihrem Ende befand sich eine Düse von 4 mm \varnothing , sowie ein 2. Überdruckventil, das bei 4 atü öffnete.

Wie aus der Tabelle 1 hervorgeht, wurde bei abgesperrem Überdruckventil das erstarrte Öl noch aus der um mehr als 20°C unter dem Stockpunkt abgekühlten Leitung herausgedrückt. Danach setzte eine der Ölsumpftemperatur entsprechende, starke Förderung ein. Bei geringer Erwärmung des Ölbad wurden allerdings Drücke von 80 atü hinter der Pumpe gemessen, trotz des Überdruckventils am Ende der Leitung. Der grosse Widerstand war also fast ausschliesslich durch das in der Leitung festsitzende erstarrte Öl und nicht durch die Ausflussdüse bedingt, wie das bei der sonst verwendeten weiteren und kürzeren Leitung der Fall war. Bei stärker aufgeheiztem Ölsumpf waren die Bedingungen unter Umständen ungünstiger, weil dann die Abdichtung durch das dünnflüssigere Schmiermittel in der Pumpe schlechter war und nur ein verhältnismässig niedriger Pumpendruck gehalten werden konnte. Das Durchdrücken des Ölstopfens dauerte dann längere Zeit, wenn es überhaupt noch möglich war. Es zeigte sich dabei allerdings, dass bei den vorliegenden Verhältnissen schon ein Pumpendruck von etwa 10 atü genügte, um den Ölstopfen wenn auch erst nach längerer Zeit, aus der Leitung zu drücken.

Mit normal eingestelltem Überdruckventil wurde dies erwartungsgemäss nicht erreicht. Vermutlich wäre es aber durch einen ausreichend hohen Öffnungsdruck möglich gewesen.

e). Beobachtung des Schmierstoffverhaltens.

Es wurden ausschliesslich von einer Reihe von Schmierstoffen, die in der Tabelle 2 aufgeführt sind, die Fördermengenkurven aufgenommen. Für die Öle mit im Vergleich zur Zähigkeit niedrigerem Stockpunkt ergab sich unabhängig von ihrer Herkunft ein gewisser Zusammenhang zwischen Zähigkeit und Fördermenge, wie es in Abbildung KPr 447 dargestellt ist. Entsprechende Feststellungen wurden auch bei der E-Stelle Reclin gemacht^{*)}. Um die Grenztemperatur für die Brauchbarkeit eines Schmierstoffes genau festlegen zu können, müsste bekannt sein, welche Mindestfördermenge für eine ausreichende Schmierung der Maschinen verlangt werden muss. Hierüber dürften von der Praxis her bis jetzt keine näheren Unterlagen vorliegen und bei ver-

^{*)} Versuchsbericht 25 der E-Stelle Reclin E 3 c v. 12.2.43

schiedenen Bauarten würden sich verschiedene Grenztemperaturen für die Verwendbarkeit eines bestimmten Schmierstoffes ergeben, weil die Bedingungen bezüglich Saugwiderstand und erforderlicher Ölmenge von einander abweichen. Man wird also gezwungen sein, eine solche Grenze mehr oder weniger willkürlich und mit erheblichen Sicherheitszuschlägen für ungünstige Fälle zu bestimmen.

So wurde z.B. von der E' Stelle Rechlin für Flugmotorenöle in der dortigen Versuchseinrichtung eine Fördermenge von 200 l/Stk. verlangt. Diese wurde je nach der Herkunft des Öles bei einer extrapolierten Zähigkeit von 500 bis 1200^oE erreicht. Für normale Fahrzeugmotoren würde eine derartige Forderung viel zu scharf sein, da ja schon für das Durchdrehen der Maschine wesentlich grössere Zähigkeiten - bis zum Doppelten dieser Werte - zugelassen werden, und weil bei einer derartigen Forderung keines der bis heute gebräuchlichen und bewährten Motorenöle für die in Frage kommenden Wintertemperaturen zugelassen werden könnte.

Im folgenden wurde für unsere Versuche mit Motorenölen, die ohne Rücklauf und mit einer Ausflussdüse von 2 mm Ø durchgeführt wurden, eine Fördermenge von 40 l/Stk. für die Ermittlung der Grenztemperatur zugrunde gelegt. Dies ist etwa ein Zehntel der bei Raumtemperatur gepumpten Menge. Wahrscheinlich liegt man hierbei noch ziemlich weit von der wirklichen Gefahrgrenze für den Motor entfernt, sodass eine gewisse Sicherheit für schlechter arbeitende Pumpen und ungünstigere Fördersysteme gegeben sein dürfte. Durch Beobachtungen in der Praxis müsste geprüft werden, ob die angenommene Grenze weiter herabgesetzt werden kann.

Die Verminderung der Fördermenge auf die oben angenommenen 40 l/h ergab sich in unserer Versuchseinrichtung für die mineralischen Öle bei einer extrapolierten Zähigkeit von 25000 bis 40000 CST (ca 3500 bis 6000^oE). Dabei gelten die höheren Werte für Syntheseöle, die niedrigen für mineralische. Einige Kälteviskositätsmessungen in einem für die Versuche bei tiefen Temperaturen hergerichteten Rotations-Viskosimeter nach Schwalger ergaben für diesen Temperaturbereich noch keine wesentlich von der extrapolierten Zähigkeit abweichenden Werte, da der Stockpunkt bei dieser Gruppe von Ölen tiefer (bis zu 20^oC bei Syntheseölen) lag und deshalb die bekannten Anomalien noch nicht in Erscheinung traten.

Bei den übrigen untersuchten Ölen wurde die Förderung unter Umständen schon bei wesentlich höherer Temperatur, als es den oben angegebenen extrapolierten Viskositätswerten entspricht, gestört weil die Öle zu erstarren beginnen (KPr 448). Dann ruft der Sog der Pumpe in der Oberfläche des Ölsumpfes eine mehr oder weniger scharf ausgeprägte Einsenkung hervor, die dazu führt, dass Luft angesaugt wird. Vom Beginn der Messung bis zu diesem Zeitpunkt wird eine etwa der Zähigkeit entsprechende Menge gefördert. Dann hört aber die stetige Förderung plötzlich auf, weil Luft in die Pumpe gelangt und an der

Ausflusstelle wird meistens starke Schaumbildung beobachtet. Wialange die Förderung vom Versuchsbeginn an aufrecht erhalten werden kann, hängt ausser von der Konsistenz des Öles, beispielsweise von der Höhe des Flüssigkeitsspiegels über der Ansaugöffnung ab. Mit dem Eintreten einer stärkeren Muldenbildung an der Pumpe ist die Schmierung als unsicher zu bezeichnen.

Ein Beispiel für ein Öl, das schon bei sehr geringer extrapolierte Zähigkeit erstarrt und dann zu Schwierigkeiten führt, ist das Muster E 1, dessen Stockpunkt bei -9°C liegt. Die Förderung wird etwa bei -12°C unsicher. Für diese Temperatur beträgt die extrapolierte Zähigkeit nur 100°E . Bei etwas tieferer Temperatur wird dieses Öl pastenartig fest und um die Umrisse der eingetauchten Pumpe bildet sich ein ziemlich scharf umrandeter enger Spalt, durch den die Pumpe Luft saugen kann.

Im allgemeinen wurde gefunden, dass Förderstörungen wegen starker Muldenbildung an der Pumpe im Bereich des Stockpunktes eintraten. Allerdings können bei der üblichen Stockpunktmessung Streuungen von mehreren Graden eintreten. Dann stimmte die Temperatur der beginnenden Störungen im allgemeinen mit den niedrigeren der streuenden Stockpunktwerte überein, wie aus Zahlentafel 2 hervorgeht. Dies ist vermutlich damit zu erklären, dass die beim praktischen Pumpversuch auftretenden Erschütterungen den Aufbau eines Kristallgerüsts innerhalb des Öles erschweren und die Erstarrung gegenüber dem Ruhezustand, in welchem der Stockpunkt ermittelt wird, hinausgeschoben wird. Bei solchen Ölen kann auch durch eine geringe Bewegung des Thermometers bei der Stockpunktbestimmung die Erstarrungsgrenze um einige Grade herabgesetzt werden.

Bei der Probe L 15092 lag der Störungsbeginn mit einem Betrag von $3-4^{\circ}\text{C}$ am weitesten unter dem Stockpunkt. Dieser war sowohl in Reclin, als auch in 2 Laboratorien der ROH bei -13°C gefunden worden. Dabei wurde beobachtet, dass dieses Öl nicht pastenartig, sondern mehr sirupartig erstarrte und es konnte noch bis -22°C , also 4° unter dem nach den Richtlinien bestimmten Stockpunkt eine geringe und so langsame Veränderung der Oberfläche festgestellt werden, dass sie in der vorgeschriebenen Beobachtungszeit von 10 sec. nicht, sondern erst nach etwa 30 sec. sichtbar war. Durch Rühren des Thermometers konnte bei diesem Öl kein Einfluss auf die Fließgrenze festgestellt werden im Gegensatz auf zu den Proben mit ausgeprägter Paraffinausscheidungen. Auch bei der E-Stelle Reclin war aufgefallen, dass sich die Probe L 15092 bei noch wesentlich tieferen Temperaturen als dem Stockpunkt störungslos pumpen liess. Wahrscheinlich war hier der Flüssigkeitsspiegel über der Einsaugöffnung viel höher als bei unseren Versuchen, sodass trotz etwaiger Muldenbildung das Ansaugen von Luft vermutlich erschwert war. Das Verhalten dieser Probe ist nicht restlos geklärt und weitere Versuche sind vorgesehen.

Für die Temperaturen bei denen die Förderstörungen eintraten, liegen die extrapolierten Zähigkeiten der verschiedenen Öle

In dem weiten Bereich von 10° bis 2500° E. Auch im Rotationsviskosimeter nach Schwaiger ergab sich entsprechend unterschiedliche Zähigkeitswerte, wengleich diese zum Teil schon höher als die extrapolierten Zähigkeiten waren. Wesentlich höher und unterschiedlicher waren die in einem Höppler-Viskosimeter gemessenen Kältezähigkeiten. Dieses Gerät ist offenbar besonders empfindlich gegenüber erstarrenden Ölanteilen, was wohl damit erklärt werden kann, dass beim Kugelfall in einem teilweise erstarrten Öl eine relativ grosse Deformationsarbeit an diesem aufgewandt werden muss. Für die Beurteilung des praktischen Pumpverhaltens der Öle mit verhältnismässig hoher Erstarrungsgrenze können demnach die auf die angeführten Arten bestimmten Zähigkeitswerte nicht herangezogen werden.

Bei den Fördermengenmessungen zeigte sich noch, dass die Anlaufzeiten vom Versuchsbeginn zum ersten Austritt des Öles aus der Messstelle nicht länger waren, als die Pumpe entsprechend der Zähigkeit des Öles zur Füllung der Leitung benötigt.

Schlussfolgerungen.

Wie die in Zahlentafel 2 angegebenen Werte zeigen, konnte bei einer grösseren Zahl von Motorenölproben verschiedener Herkunft die Pumpfähigkeitsgrenze infolge Unterschreitens einer bestimmten Mindestfördermenge oder Eintretens von Förderstörungen wegen starker Muldenbildung mit ziemlicher Genauigkeit aus der extrapolierten Zähigkeit oder dem Stockpunkt (untere Streugrenze) bestimmt werden. Dabei wäre aufgrund praktischer Erfahrungen noch genauer festzulegen, welche Mindestmengen an Schmierstoff bei den einzelnen Maschinen zu fördern sind.

Da beim Motorenöl die zulässige Zähigkeit für das Durchdrehen wesentlich niedriger liegt, als für die Pumpfähigkeit, wird die Brauchbarkeit eines Motorenöles in der Kälte entweder dadurch bestimmt, dass die für das Durchdrehen zulässige Zähigkeit oder die Flie遝grenze erreicht ist. Bei Getriebeölen kann auch das Pumpverhalten über die zulässige Zähigkeit entscheiden. Hier sind an sich wesentlich weniger scharfe Forderungen zu stellen.

Um bei verschiedenen Motoren- und auch Betriebsbauarten mit etwa gleichem Schmierstoffbedarf möglichst einheitliche Grenztemperaturen für die Brauchbarkeit bestimmter Schmierstoffe zu erzielen, sind gleichartige Verhältnisse lediglich bezüglich der Saughöhe und der Saugquerschnitte anzustreben. Bei den tiefen Temperaturen hängt nämlich die Fördermenge abgesehen von der Zähigkeit praktisch ausschliesslich vom Saugwiderstand vor der Pumpe ab, vorausgesetzt, dass die Erstarrungsgrenze nicht unterschritten wird. Andernfalls entscheidet diese über die Grenze der Verwendbarkeit.

Der Förderwiderstand sowie das theoretische Fördervolumen, also Drehzahl und Grösse der Pumpe, sind in dem kritischen

Temperaturbereich praktisch ohne Einfluss auf die Fördermenge.

Ein Überdruckventil an der Pumpe kann die ausreichende Zufuhr zu den Schmierstoffen bei tiefen Temperaturen u.U. dann gefährden, wenn es auf einen sehr niedrigen Öffnungsdruck eingestellt ist und zur Vermeidung von Schäden relativ grosse Schmierstoffmengen verlangt werden. Hierzu wären die bei den ausgeführten Maschinen vorliegenden Bedingungen im einzelnen zu prüfen. Die Gefahr wird grösser, wenn der Ölsumpf zur Anlasserleichterung erwärmt wird und die Leitungen noch kalt sind, sodass mit Ölpfropfen zu rechnen ist. Diese können die Schmierung nicht in Frage stellen, wenn kein Überdruckventil an der Pumpe wirksam ist. Dann besteht aber die Gefahr von Brüchen und Undichtigkeiten wegen übermässiger Förderdrücke. Zweckmässig erscheint demnach die Anordnung eines Überdruckventils an der Pumpe mit relativ hohem Öffnungsdruck, sodass noch keine Gefahr für den Antrieb und das Leitungssystem besteht, aber die Entfernung etwaiger Ölstopfen aus der Leitung möglich erscheint. Dies hängt natürlich noch von deren Weite und Länge, sowie von dem Grad der Erstarrung des Öles ab.

Oberhausen-Holtten,
den 29. November 1943

RUHRCHEMIE AKTIENGESELLSCHAFT
PRÜFSTAND

Verteiler:

Herrn Prof. Dr. Martin
" Dir. Dr. Hagemann
" Dr. Tramm
" Dipl. Ing. Clar
" Dr. Velde
" Dr. Schaub

Heereswaffenamt, Wm. Prüf 6 IV b
z. Hd. Herrn Reg. Baurat Dr. K.O. Müller

Daimler-Benz Gaggenau, Leiter des Arbeitskreises IV
Herrn Obering. Bokemüller

Tabelle 1

Pumpversuche mit erwärmtem Ölsumpf bei kalter Leitung
(9mm Ø, 1000mm lang, Düse 4mm Ø).

Versuchs-Nr.	Temperaturen		Druck hinter der Pumpe (maximum) atü	Beobachtungen beim Fördern
	Sumpf °C	Leitung °C		
1	-35	-50	--	Nach 80 sec keine Förderung
2	- 9	-40	80	nach 26 sec Ölpfropfen durchgedrückt, danach 300 l/h
3	- 5	-39	60	nach 15 sec Pfropfen durchgedrückt
4	+20	-40	10	nach 150 sec Pfropfen durchgedrückt, 180 l/h
5	- 9	- 9	18	270 l/h (Ölsumpf nicht geheizt)
6	-10	-40	4	nach 120 sec keine Förderung
7	- 1	-40	4	" "

Prüfstand Schb/Vi.

Versuchsber. P 141

Tabelle 2

Öl	Herkunft	V ₅₀	VPH	Stöckpunkt	Temperatur für Fördergrenze		Viskosität °E f. Fördergrenze	40l-Wert bestimmt od. Mbl.-a.d. Vsd. für extrap. Stocktk.	
					a) Fördermenge 40 l/h (10%)	b) Muldenbildung (Fließgrenze)			
3500	Synth. ROH	6,34	1,73	-52	-	-	4000	-31	-30,5
1988	Synth. ROH (Versuchsöl)	3,22	1,57	-65	-	-	6000	-45	-43
1987	=1988+Oppanol	6,62	1,36	-58	-	-	4500	-37	-36
1880/5	synth. Flugöl ROH	16,48	1,52	-45	-	-	4500	-23,5	-22,5
E 1	67% 1880/5 + 35% Ester	3,97	1,23	-9-10	-12	St	1000	-12	-10
E 1 P	=E 1+Parafflow-zusatz	4,17	1,23	-6-19 (22)	-20	St	210	-20	-19
W 1	Nerag	4,82	2,03	-18-20	-20	St	1000	-20	-20
W 2	Dt. Gasolin	5,17	1,85	-15-19	-18,5	St	800	-18,5	-19
W 3	Rhenania	4,90	1,78	-38	-35	V	4000	-32	-32
W 4	Vacuum	5,09	1,90	-15-19	-18	St	800	-18	-17
W 5	" W.-Winter	5,18	1,91	-24-30	-29	V	3500	-29	-30
W 5a	SW5+Oppanol	7,14	1,68	-23-28	-28	V	3200	-26,5	-27,5
3807	Vacuum W.-Winter	4,93	1,90	-27-38	-34	V	4600	-31	-32
3808	=3807+Oppanol	6,80	1,69	-35-37	-30	V	3500	-29	-30
L 15092	Intava	6,88	1,82	-18(22)	-22	St	2200	-22	-18(-22)
MA		5,76	1,92	-13-16	-17	St	700	-17	-16
XRM		10,4	1,92	-9-13	-14	St	1600	-14	-13
Arctic	Vorkriegsöle	5,87	1,98	-16-19	-20	St	1400	-20	-19

x) S= vor Erreichen des 40 l-Wertes treten Förderstörungen durch Muldenbild. u. Luftsaugen auf
xx) V=Fördergrenze verursacht durch Viskosität - St. verursacht durch Fließgrenze (Stöckpunkt)