

B-74

VEREINIGTE INDUSTRIELLE KUNSTSTOFF-FABRIK LUDWIGSHAFEN/RHEIN

Fabrik-Prüfstand Oppen

Einzelne Probe Nr. 111

100 Versuchs- und Materialproben

bei 100°C Temperatur

Abnahme vom 11. Nov. 1911

Abnahme vom 11. Nov. 1911

Die vorstehende Probe ist

1. für die Prüfung und

Das Verhalten von Schmierstoffen bei

tiefen Temperaturen.

Das Starten eines Kraftfahrzeuges im Winter war schon unter normalen Friedensverhältnissen zuweilen mit einigen Schwierigkeiten verbunden. Der Krieg im russischen Winter bringt nicht nur ungewohnte, tiefe Temperaturen, sondern verlangt bei primitiven Unterstellmöglichkeiten eine besonders rasche Fahrbereitschaft der Fahrzeuge. Um diesen Schwierigkeiten Herr zu werden, müssen alle Möglichkeiten ausgenutzt werden. Besonders Bedeutung kommt dabei der Schmierstoffseite zu, daher soll im Folgenden das Verhalten der Schmierstoffe im besonderen der Motor öle näher beleuchtet werden.

Der wichtigste Vorgang bei der Abkühlung eines Öles ist die Zunahme seiner Zähigkeit. Diese Änderung der Viskosität mit der Temperatur ist je nach der Art und Herkunft des Schmierstoffes verschieden. Bild 1 (187) zeigt den Verlauf der Zähigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur für drei Öle. Alle bei 100°C die gleiche Zähigkeit besitzen. Wie man sieht, streben die Kurven mit abnehmender Temperatur stark auseinander. Wählt man anstelle des linearen Maßstabes für die Zähigkeit den doppelt logarithmischen und für die absolute Temperatur den einfachen logarithmischen, so erhält man ein Liniennetz nach Bild 2 (189). In diesem so verzerrten Maßstab stellt sich der Viskositätstemperaturverlauf als eine Gerade dar. Das Bild zeigt die Viskositätsgeraden für Oliveöl und für ein Mineralöl, die sich beide bei 100°C schneiden und sehr verschiedene Steilheit aufweisen. Man beurteilt die Schmierstoffe nach ihrem Viskositätstemperaturverhalten. Dieses ist umso günstiger, je flacher der Verlauf der Geraden, d. h. je kleiner ihr Neigungswinkel zur Waagrechten ist. Man verwendet den Tangens dieses Winkels als Kennzahl für das

Viskositätstemperaturverhalten und bezeichnet diesen Wert als den mittleren Richtungskoeffizienten. Eine in letzter Zeit besonders in Deutschland verwendete Grösse ist die Polhöhe W_p , auf deren Bedeutung und Definition in diesem Rahmen nicht weiter eingegangen werden soll. Nur soviel möge darüber gesagt sein: Je kleiner die Polhöhe, desto besser ist das Viskositätstemperaturverhalten. In Amerika wurde zur Kennzeichnung des Viskositätstemperaturverhaltens der Viskositätsindex, oder kurz V.I., genannt, eingeführt. Da diese Kennzahl auch von uns häufig verwendet und in den folgenden Ausführungen öfter gebraucht wird, soll kurz näher darauf eingegangen werden. Es wurde beobachtet, dass pennsylvanische Öle einen sehr flachen, also günstigen Zähigkeitsverlauf und kalifornische Öle einen sehr steilen besitzen. Der Serie der pennsylvanischen Öle gab man nun willkürlich den Index 100 und der anderen den Index 90. Man hat also auf diese Weise für jede Zähigkeit zwei Grenzöle, die bei 99°C gleiche Viskosität besitzen (Bild 3 / 1167). Will man nun ein anderes Öl bewerten, so wird bei 30° ein senkrechter Schnitt durch die beiden Grenzkurven gelegt und das dazwischen liegende Stück in 100 gleiche Teile geteilt. Im vorliegenden Fall hat sich das Viskositätstemperaturverhalten der Probe zu 65% dem denkbar günstigsten Verlauf genähert, es hat daher den V.I. von 65. Es muss jedoch erwähnt werden, dass diese Grenzkurven bereits überholt sind und dass es Öle gibt mit einem V.I., der negativ ist, und solche mit einem V.I. von weit über 100.

Die gegebene Bedeutung eines guten Viskositätstemperaturverhaltens liegt auf der Hand. Mit Rücksicht auf gutes Startverhalten muss bei tiefer Temperatur eine möglichst niedrige Zähigkeit des Schmierstoffes gefordert werden. Auf der anderen Seite ist zur Erreichung eines guten Lebensbrauches und einer genügenden Schmiervirkung bei den Temperaturen der betriebwarmen Maschine eine gewisse Mindestviskosität notwendig. Ein Schmierstoff, der beiden Anforderungen gerecht werden soll, muss also seine Viskosität mit der Temperatur möglichst wenig ändern, mit anderen Worten einen flachen Zähigkeitsverlauf aufweisen.

Es gibt Ole, die beim Abkühlen ausser der Zunahme ihrer Zähigkeit keine weitere Veränderung erfahren. Diese Ole besitzen meist einen sehr tief liegenden und unscharfen Stockpunkt und erscheinen Ole für klares durchscheinendes Aussehen zu verlieren. Es handelt sich dabei vorwiegend um naphthenisch-aromatische Ole, die für Paraffin ein gutes Lösungsvermögen besitzen oder solches überhaupt nicht enthalten. Schmierstoffe dieser Art haben einen steilen Viskositätsverlauf und versagen daher in der Anwendung weit oberhalb ihres Stockpunktes.

Im Gegensatz hierzu gibt es Ole, die bei einer bestimmten Temperatur feste Bestandteile ausscheiden. Bei den Mineralölen sind es in erster Linie Paraffinkristalle und bei den fetten Ölen die Glyceride, die eine Erstarrung und bei weiterer Temperaturerniedrigung eine wesentliche Verringerung des Fließvermögens hervorrufen.

Bei solchen Ölen geben sich mehr oder weniger scharfe Stockpunkte, die Kristalle bilden einen Schwamm, in dem das Restöl flüssig enthalten ist. Solche Ole sind hinsichtlich ihres Startverhaltens oft sehr gut, da sie infolge ihres Paraffingehaltes eine schwache Temperaturabhängigkeit besitzen.

Kaltzähigkeit und Stockpunkt sind also die beiden Erscheinungen, die bei der Abkühlung eines Schmierstoffes am meisten interessieren. Es soll nun untersucht werden, wie weit diese beiden physikalischen Vorgänge den Betrieb eines Kraftfahrzeuges im Winter beeinflussen. Es sind in der Hauptsache zwei Erscheinungen, die sich unangenehm bemerkbar machen. Das ist erstens der grosse Widerstand der Kurbelwelle beim Ingangsetzen des Motors, sodass der Anlasser nicht im Stand ist, die notwendige Anlasseranzahl zu erzeugen; zweitens die mangelnde Pumpfähigkeit des Schmierstoffes, die dazu führen kann, dass wenigstens eine gewisse Zeitlang verschiedene Maschinenteile trocken laufen. Es erhebt sich nun die Frage, wie weit werden diese beiden Erscheinungen durch die Zähigkeit und wie weit durch den Stockpunkt beeinflusst. Zur Klärung dieser Frage wurden vom Technischen Prüfstand umfangreiche Versuche durchgeführt, wobei es not-

wendig war, dem Fall der Praxis möglichst nahe zu kommen. Ein Gerät, das diesen Forderungen weitgehend entspricht, ist der IG-Kälteschrank, der im Techn. Prüfstand entwickelt wurde. Eine schematische Schnittzeichnung zeigt Bild 4 (637). Der Innenraum einer Kältekammer kann mittels Kohlendisäureschnee und einer elektrischen Heizung mit Ventilator auf konstante, tiefe Temperatur gehalten werden. In diesem Raum können verschiedene Geräte und Maschinenteile eingebaut und daran Untersuchungen vorgenommen werden, z.B. wie hier gezeichnet, ein Lagering mit einem Zapfen, der durch Motorkraft in Drehung versetzt werden kann, ähnlich wie die Kurbelwelle in den Lagern des Motorgehäuses. Bringt man zwischen Lagering und Zapfen einen Ölfilm und kühlt auf eine bestimmte Temperatur ab, so erhält man durch plötzliches Ingangsetzen der Welle diejenige Kraft, die notwendig ist, um diesen erkalteten Ölfilm zu zerbrechen. Die Kraft wird durch einen Indikator auf einer Trommel aufgeschrieben.

Die Innenansicht des Kälteschranks zeigt Bild 5 (1138).

Die Kurven, wie sie an der Schreibtrommel erhalten werden, sind in Bild 6 (1139) dargestellt. Sie zeigen, dass die zum Zerbrechen des erstarrten Öles notwendige Kraft A in einem anderen Verhältnis steht als die durch die Zähigkeit bedingte Kraft B. Bezieht man diese Kraft A auf die Grösse der überetzten Fläche, so erhält man einen Wert in kg/cm^2 , den wir als Haftfestigkeit bezeichnen und der das Anlagungsverhalten eines Schmierstoffes wiedergibt. Dieses Bild zeigt ferner ein auffallendes Verhalten von Olivenöl, das im Augenblick des Zerbrechens eine wesentlich grössere Kraft benötigt als die beiden anderen Öle, hierauf aber sehr schnell auf geringe Höhe abfällt. Anscheinend bilden die Stearinkristalle des Olivenöls ein sehr hartes und widerstandsfähiges Gefüge. Als dieser Art stellen auch in anderer Hinsicht eine Ausnahme dar. Wie Bild 7 (641) zeigt, ist es nicht gleichgültig, wie lange das ölbenetzte Lager der tiefen Temperatur ausgesetzt ist. Z.B. beobachtet man bei synthetischen Schmierstoffen und Mineralölen schon nach kurzer Einwirkung hohe Haftfestigkeits

werte, die sich auch bei längerer Abkühldauer nur wenig mehr ändern. Im Gegensatz hierzu steht das Verhalten von Pflanzenölen, bei denen anfänglich nur niedere Werte festgestellt werden, die aber selbst nach 8 Stunden noch im Steigen begriffen sind, woraus man schliessen kann, dass sich das Kristallgefüge erst allmählich bildet.

Die Bedeutung eines guten Viskositätsindexes für das Startverhalten wird in Bild 8 (642) besonders deutlich. Vergleicht man hier Öl B mit D, also zwei Öle, die bei 100°C annähernd die gleiche Zähigkeit besitzen, so kann man feststellen, dass das Öl D das bessere Startverhalten besitzt, obwohl der Stockpunkt mit 77°C bedeutend höher liegt als der des Öles B. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Öl B ein wesentlich schlechteres Viskositätstemperaturverhalten besitzt, was durch die beiden VJ-Werte von 72 und 101 zum Ausdruck kommt. Noch deutlicher zeigt diese Berechnung ein Vergleich zwischen Öl A und C. Das Öl A ist bei 100°C am dünnflüssigsten von allen Ölen und besitzt den tiefsten Stockpunkt befindet sich also in dieser Hinsicht im Gegensatz zu Öl C, das bei 100°C am zähflüssigsten ist und mit dem Stockpunkt an letzter Stelle steht. Trotzdem ist das Öl A hinsichtlich Startverhalten mit Abstand am schlechtesten. Die Ursache liegt wiederum in dem ungünstigen Viskositäts-Index von nur 52 begründet, aus dem man schliessen kann, dass das Öl bei tiefen Temperaturen hohe Zähigkeit aufweist. Aus diesen Versuchen geht klar hervor, dass die Höhe des Stockpunktes beim Ingangsetzen der Motorwelle keine merkliche Rolle spielt, sondern dass es in erster Linie auf die Zähigkeit des Öles ankommt, die roh durch Extrapolieren der Viskositätsgeraden erhalten werden kann. Die Beziehung zwischen Haftfestigkeit und extrapolierte Zähigkeit zeigt Bild 9 (1143). Für die üblichen Motorenöle aus natürlicher oder synthetischer Herkunft kann die extrapolierte Zähigkeit als rohes Mass für das Startverhalten gelten. Dass es von dieser Regel auch Ausnahmen gibt, zeigt das Beispiel des Olivenöls, das infolge starker Ausscheidung von Stearinkristallen wesentlich höhere Haftfestigkeitswerte liefert, als man aus der extrapolierten Zähigkeit erwarten sollte. Dieser Fall stört diese Regel weiter nicht, da reines Olivenöl

für die Zwecke der Motorschmierung gar nicht in Frage kommt. Um feinere Unterschiede festzustellen, ist man natürlich immer auf Messungen wie sie hier im IG-Kältekasten durchgeführt wurden, angewiesen. Die Temperaturen, bei denen für die verschiedenen Öle ein Starten noch möglich ist - wohlge- merkt unter der Vernachlässigung der Ölverdünnung durch Kraftstoff - kann aus der Haftfestigkeit geschätzt werden, wenn man 1 kg/cm^2 bei einer Um- fangsgeschwindigkeit von 19 cm/sek als die obere Grenze annimmt, die von den üblichen Anlassern noch bewältigt werden kann.

Da also die extrapolierte Zähigkeit ein wertvolles Mass dar- stellt für das zu erwartende Startverhalten, soll dieses für die von der Wehrmacht eingeführten Kaltstartmischungen kurz erläutert werden. In Bild 10 (1342) ist der Zähigkeitsverlauf des bisherigen auch als Winteröl eingesetzten Motoröls der Wehrmacht gezeichnet. Darunter liegt die Zähig- keitsgerade eines der neuen Winteröle, das dünnflüssiger ist und sich durch einen besseren VJ. auszeichnet. Nach Dienstvorschrift D 635/5 "Kraft- fahrzeuge im Winter" soll das neue Winteröl bis -20°C unverdünnt verwendet werden. Bei dieser Temperatur liegt die extrapolierte Zähigkeit des Öls be- rd. 10 000 cSt, ein Wert, der von dem bisher verwendeten Öl schon bei -13°C erreicht wird. Der Vorteil des neuen Winteröls liegt also darin, dass es un- rd. 7° tiefer abgekühlt werden kann ohne verdünnt werden zu müssen. Von -20 bis -30°C soll das neue Winteröl mit 15% Ottokraftstoff vermischt werden; die dadurch erzielte Erniedrigung der Zähigkeit ist sehr erheblich. Die Viskosität liegt etwa so hoch, wie die des unvermischten Öls zwischen $+8$ und 3° . Unter -30°C soll die Verdünnung auf 25% getrieben werden, wobei man eine erneute Zähigkeitsverringering erreicht. Man erkennt aus diesem Bild das Bestreben, möglichst lang das unverdünnte Öl zu verwenden; wenn dann aber eine Verdünnung notwendig wird, diese dann auch gründlich durch- zuführen, um auf jeden Fall ein gutes Starten zu erzielen und um eine ge- wisse Sicherheit gegen vorzeitiges Verdunsten des Kraftstoffes zu besitzen. Ottokraftstoff als Verdünnungsmittel hat den Vorteil, aus der betriebs- warmen Maschine schnell wieder zu verdampfen, sodass der Schmierstoff in kurzer Zeit seine ursprüngliche Zähigkeit wieder erreicht. Diese Eigen-

schaft des Ottokraftstoffes verlangt aber eine gewisse Sorgfalt bei der Herstellung der Kaltstartmischung. Laut D 635/5 soll die Temperatur des Öles bei der Vornahme der Verdünnung nicht mehr als 40° betragen. Dass diese Vorschrift berechtigt ist, zeigen Messungen des Techn. Prüfstandes. Eine Kaltstartmischung mit 25% Ottokraftstoff wird 3 Stunden lang im offenen Gefäss auf 75° erwärmt. Die Zähigkeit bei 0° steigt dadurch von 43 auf 102 cSt, also um etwa 140%. Führt man denselben Versuch mit Dieselkraftstoff als Verdünnungsmittel durch, so steigt die Zähigkeit von 116 auf 152 cSt, das sind nur 31%. Dieselöl ist daher wohl unempfindlicher bei der Herstellung der Kaltstartmischung, verdampft dafür nach dem Anlassen der Maschine nicht schnell genug weg. Es ist daher als Verdünnungsmittel für Motorenöl weniger geeignet und soll nur in Notfällen als solches verwendet werden.

So viel möge gesagt sein über die Zähigkeit der Schmierstoffe und Kaltstartmischungen bei tiefen Temperaturen und über ihre grosse Bedeutung am Ingangsetzen eines Motors. Wie bereits erwähnt ist eine weitere unerwünschte Erscheinung die mangelnde Pumpfähigkeit des Öles bei Kälte. Ausreichende Förderung des Schmierstoffes an die Schmierstelle verlangt man nicht nur im Motor, sondern auch in Getrieben aller Art. Um die Frage der Pumpfähigkeit zu klären, wurde in dem IG-Kälteschrank eine Anordnung nach Bild 11 (1139) eingebaut. Aus einem Behälter wird durch eine Zahnradölpumpe Schmierstoff angesaugt, in ein Steigrohr gedrückt und läuft durch eine Düse wieder zurück in den Behälter. Gemessen wird bei verschiedener Temperatur die Zeit bis Förderbeginn, der Druck im Steigrohr und die Fördermenge. Bild 12 (1134) zeigt den Verlauf des Förderdruckes mit abnehmender Temperatur. Das zusatzfreie Öl erreicht bei -5°C seinen höchsten Druck; es ist in diesem Zustand also gerade noch verwendungsfähig. Dann sinkt der Druck rasch ab, ein Zeichen dafür, dass nicht mehr genügend Öl der Pumpe zufliesst das Öl also seine Pumpfähigkeit verliert. Durch Zusatz eines Stockpunkt-erniedrigers kann hier eine wesentliche Besserung erzielt werden, sodass das Öl noch bei -15°C pumpfähig bleibt. Während also der Stockpunkt beim

Da angetrieben eines Motors keine merkliche Rolle spielt, wird die Pumpfähigkeit durch einen hochliegenden Stockpunkt sehr ungünstig beeinflusst. Besonders deutlich wird diese Tatsache durch Versuche veranschaulicht, die mit verschiedenen Getriebeölen mit und ohne Verdünnung durchgeführt wurden. Für den kommenden Winter wurden neue, dünnflüssige und tiefstockende Getriebeöle entwickelt. Soweit diese noch nicht zur Verfügung stehen, wird vorgeschrieben, die bisherigen Getriebeöle mit 20% Dieselmkraftstoff zu mischen. Bild 13 (1345) zeigt die Wirkung einer solchen Verdünnung auf 3 solche Öle, die von verschiedenen Ölfirmen stammen und hinsichtlich Zähigkeit und Stockpunkt einander aber sehr ähnlich sind. Diese 3 Öle vertragen alle gleichzeitig bei etwa -30°C , dadurch dass die Zeit bis Förderbeginn stark ansteigt und die Fördermenge auf fast 0 absinkt. Eine Verdünnung mit Sonderdieselmkraftstoff II wirkt sich bei Öl 1 und 2 hinsichtlich Förderverhalten positiv auf. Die Stockpunkte werden beträchtlich erniedrigt. Beim Öl 3 verursacht die Verdünnung bei Temperaturen über etwa -6°C , wie erwartet, eine Erhöhung der Fördermenge. Unter dieser Temperatur wirkt die Verdünnung aber ungünstig, was nur durch den verhältnismässig hohen Stockpunkt erklärt werden kann. Es scheint, dass der Dieselmkraftstoff das Ausfällen von Paraffinkristallen beschleunigt, wodurch sich der Stockpunkt nach oben verschiebt. Die Folge davon ist die hier festgestellte Verschlechterung anstelle der erwarteten Verbesserung der Pumpfähigkeit. Dieses Beispiel zeigt besonders deutlich die Tatsache, dass die Pumpfähigkeit in erster Linie von der Lage des Stockpunktes abhängt und von der Zähigkeit nicht beeinflusst wird.

Zum Schluss sei noch kurz auf das Verhalten der Fette bei tiefen Temperaturen hingewiesen. Fette sind Aufquellungen von Mineralöl in Kalk-, Natron- oder Kaliseifen. Beide Komponenten werden mit abnehmender Temperatur allmählich zähflüssiger und erstarren. Eine eindeutige Zähigkeitsmessung gibt es bei Fetten nicht; man spricht hier von Strukturviskosität, scheinbarer Zähigkeit oder von Konsistenz. Während Öle oberhalb des Trübungspunktes einer idealen Flüssigkeit weitgehend ähnlich sind und ihre Zähigkeit praktisch nur von der Temperatur beeinflusst wird¹⁾, kommt

¹⁾ die Druckzähigkeit sei hier vernachlässigt

bei Fetten noch eine starke Abhängigkeit von der Schergeschwindigkeit anzu. Alle Messungen sind daher relativ und gelten nur für ein bestimmtes Gerät und für eine bestimmte Schergeschwindigkeit.

Die Schwierigkeiten, die im Winterbetrieb mit Fetten auftreten, sind vor allem mangelndes Nachfließen des erstarrten Fettes an die Schmierstelle. Diese Eigenschaft ist identisch mit der Konsistenz und wird am besten durch Messungen erfasst, die bei sehr geringer Schergeschwindigkeit erfolgen. Wir verwenden hierzu das Gerät nach Schwalger, das in Bild 14 (148) dargestellt ist. Es besteht aus einem festen Lagering und einem darin drehbaren Zapfen mit einem Spiel, das etwa dem leichten Laufspiel entspricht. Das Prüfol bzw. das Prüffett bildet zwischen Zapfen und Lagering einen dünnen Schmierfilm. Das Ganze befindet sich in einem wärmeisolierten Raum, der mittels einer Kälteanlage auf tiefe Temperaturen gebracht werden kann. Nach Erreichen der Messtemperatur wird der Zapfen durch ein gleichbleibendes Drehmoment mittels eines Gewichtes, das auf eine Seilrolle wirkt, in Drehung versetzt. Gemessen wird die Zeit, die verfließt, bis der Zapfen eine halbe Umdrehung zurück gelegt hat. Daraus lässt sich die Zähigkeit errechnen.

In diesem Gerät wurde Abgasmierfett für Kraftwagen geprüft und eine ausserordentlich hohe Zähigkeit gemessen (Bild 15 / 147). Die Kehrnacht schreibt nun vor, dieses Fett bis -20°C in Mischungen von zwei Teilen Fett und einem Teil Motorenöl zu verwenden; unter -20°C sollen beide Schmierstoffe 1:1 gemischt werden. Solche Mischungen wurden mit dem neuen Kehrnacht Winter-Öl hergestellt und zusammen mit dem reinen Öl geprüft. Die Ergebnisse entsprechen ganz der Erwartung. Je grösser der Gehalt an Öl, desto geringer die scheinbare Zähigkeit, desto besser also das Fließvermögen. Dies gilt aber nur, wenn die Messung bei den geringen Umfangsgeschwindigkeiten des Schwalgerviskosimeters durchgeführt wird. Prüft man nun dieselben Schmierstoffe im IG-Kälteschrank durch Ermittlung der Haftfestigkeit nach derselben Methode, wie die zahlreichen Öle untersucht wurden, so ergibt sich die überraschende Tatsache, dass reines Öl

eine grössere Haftfestigkeit besitzt, also grössere Kosteneffekte benötigt als Fett. Die Fett-Öl-Mischungen verhalten sich entsprechend. Diese Erscheinung ist aus der grösseren Umfangsgeschwindigkeit bei der hier gearbeitet wird, zu erklären. Praktisch bedeutet dies, dass der Bewegungswiderstand eines fettgeschmierten Lagers durch Zusatz von Öl nicht kleiner sondern sogar grösser werden kann. Selbstverständlich hängt diese Erscheinung immer von der Art des verwendeten Fettes und von der Zähigkeit des verwendeten Öles ab. Bei Flugzeugen ist die Frage des Bewegungswiderstandes sehr wichtig besonders an den Nocken- und Rollenlagern des Leitwerkes, der Steuerung und der Instrumente usw. Beim Kraftwagen fällt ein solcher Gesichtspunkt weniger ins Gewicht, dafür muss auf ein gutes Nachfliessen des Fettes vor allem Wert gelegt werden. Die Vorschrift der Fettvermischung mit Öl hat also zweifellos ihre Berechtigung.

Holzer

22

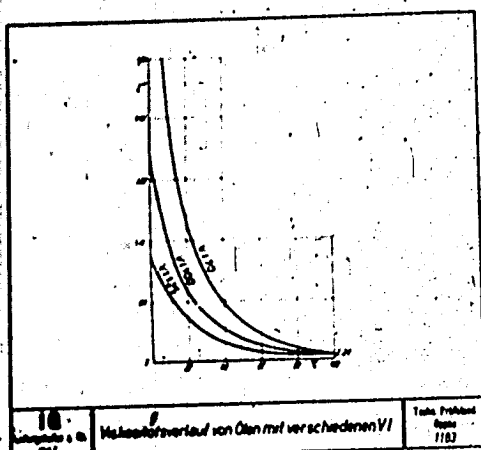


Bild 1

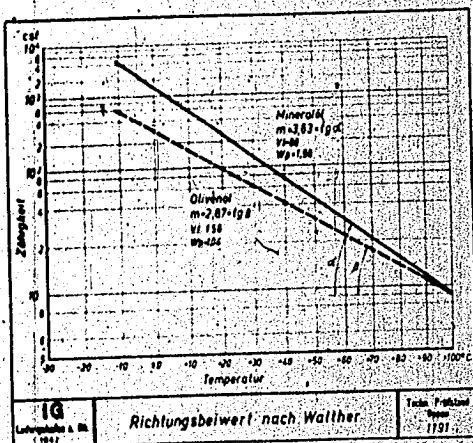


Bild 2

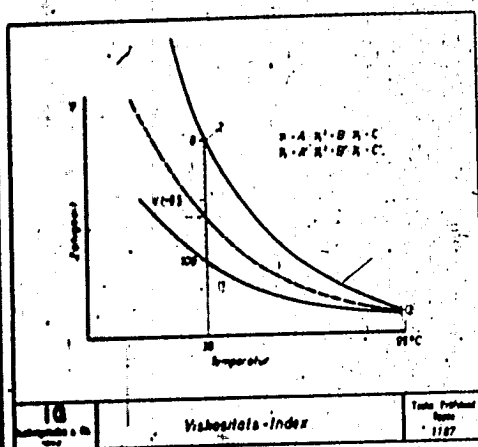


Bild 3

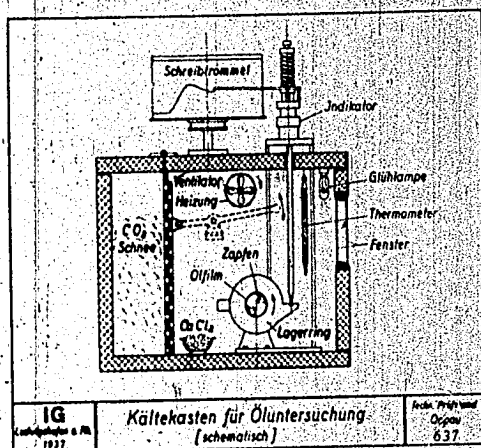


Bild 4

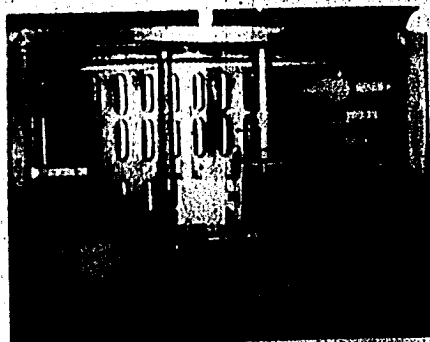


Bild 5

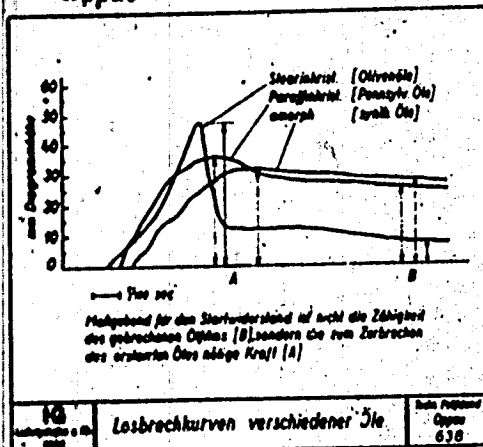


Bild 6

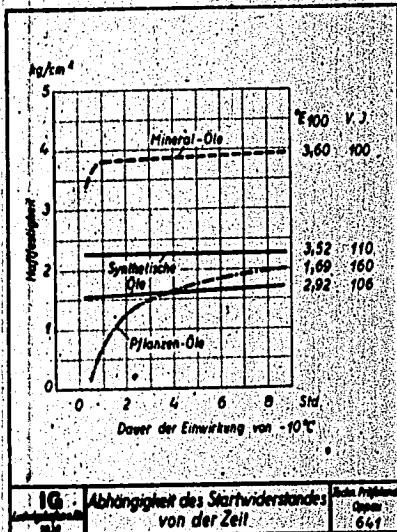


Bild 7

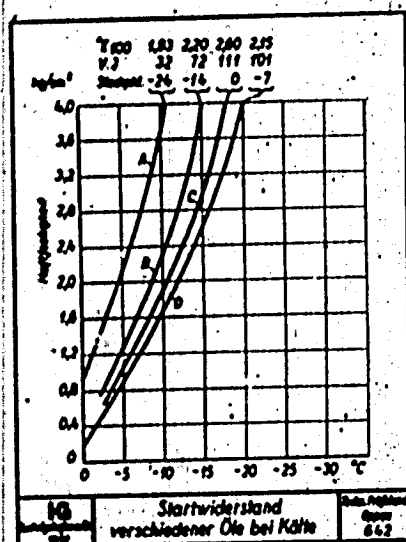


Bild 8

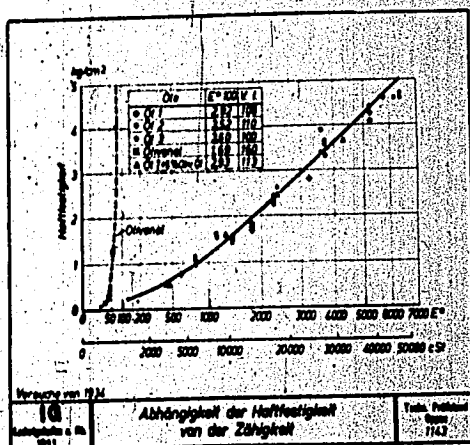


Bild 9

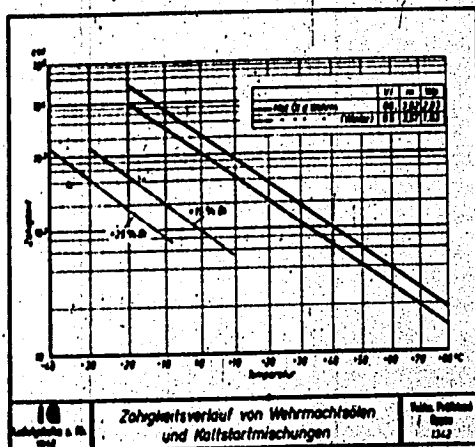
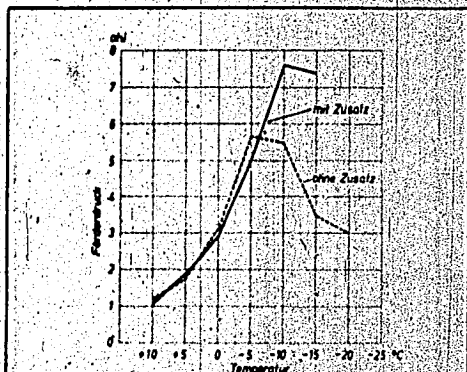


Bild 10



Versuche von 1934
10 Ludwigshafen a. Rh. 1934
Wirkung eines Stockpunktemiedrigers auf den Förderdruck einer Ölpumpe
Techn. Prüfstand Oppau 1132

Bild 11

Bild 12

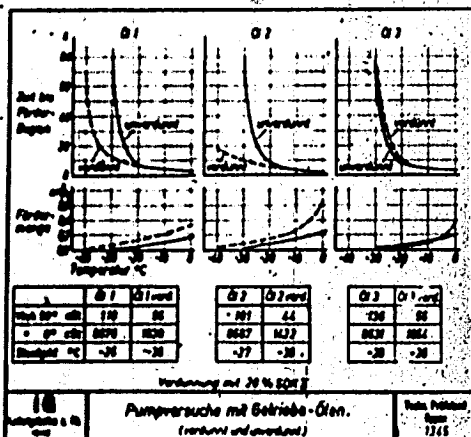


Bild 13

Bild 14

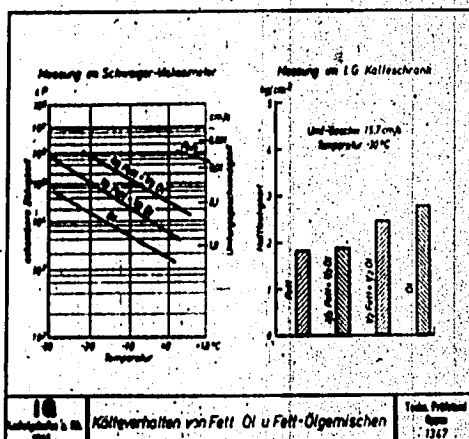
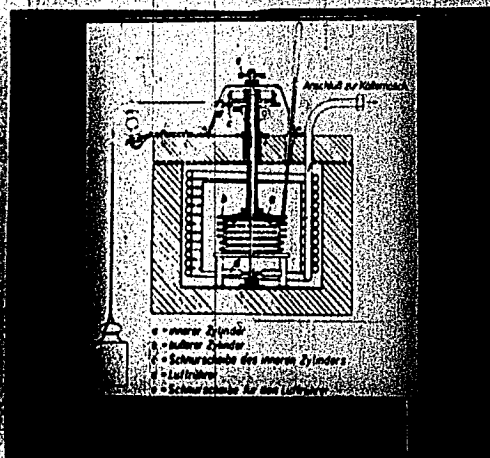


Bild 15