Berichte des Technischen Prüfstandes Oppau

A 32

Bericht Nr. 487

Untersuchung von Schmierstoffen im I. G.-Kälteschrank

8746

I. G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUDWIGSHAFEN AM RHEIN

I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft Ludwigshafen a. Rh.

Bericht des Technischen Prüfstandes Oppau

Nr. 487

Untersuchung von Schmierstoffen im I.G.-Kälteschrank

(Vortrag, gehalten anlässlich der Aussprache über Fragen der Schmierung und des Schmieröles, DVL, Dezember 1941)

Übersicht: Der im Techn.Prüfstand Oppau entwickelte I.G.-Kälteschrank erweist sich als vielseitig verwendbar zur Untersuchung von Schmierstoffen. So lässt sich damit Fördermenge und -druck einer unter Kälteeinwirkung stehenden Ölpumpe erkennen und der Einfluss von Stockpunktserniedrigern erfassen. In Verbindung mit einem Indikator, der von dem Drehmoment eines Lagers beeinflusst wird, lässt sich der gesamte Vorgang beim Losbrechen eines Schmierfilmes beobachten. Weitere Untersuchungen betreffen die Losbrechkraft von Ölen und zwar deren Abhängigkeit von der extrapolierten Zähigkeit. Es werden auch die Beziehungen zwischen der Losbrechkraft und dem Walther'schen Richtungsfaktor m veranschaulicht.

Bei der Untersuchung von Schmierfetten im I.G.-Kälteschrank zeigte sich, dass die Losbrechkraft bei Verminderung der Schergeschwindigkeit erheblich ansteigt. Es ergibt sich daraus weiter, dass Geräte mit unveränderlichem Drehmoment, also veränderlicher Schergeschwindigkeit, für die Untersuchung von Fetten unzweckmässig sind. Zum Beleg werden Versuche mit Fetten im Schwaiger-Viskosimeter besprochen, die deutlich die Fehlbewertung veranschaulichen. Diese wird bei der Prüfung im Lagerring des I.G.-Kälteschrankes bei gleichbleibender Schergeschwindigkeit vermieden.

Abgeschlossen am: 12.12.1941 Gr.	Die vorliegende Ausfertigung enthält
Bearbeiter: Dipl.Ing.F.Penzig Penzig	15 Textblätter
	5 Bildblätter

Verteiler

Nr.	am	Empfänger	Nr.	am	Empfänger
1		DVM, Berlin,			
2		DVL, Berlin-Adlershof,			
3-12		Techn.Prüfstand Op.			

8747

Dieser Bericht ist unser Eigentum, alle Rechte aus dem Urheberrechtsgesetz vom 19. 6. 1901 stehen uns zu. Der Inhalt darf weder im Ganzen noch in Einzelheiten vervielfältigt oder dritten Personen ohne unsere ausdrückliche Genehmigung mitgeteilt werden.

Untersuchung von Schmierstoffen im I.G.-Kälteschrank

Von Dipl.Ing.F.Penzig
Techn.Prüfstand Oppau,I.G.Farbenindustrie A.G.Ludwigshafen/Rh.

Das Verhalten von Schmierstoffen bei Kälte kann kurz dahin gekennzeichnet werden, dass bei Abkühlung die Zähigkeit wächst. Es gibt Öle, die allmählich glasig erstarren, ohne dass Ausscheidungen auftreten und solche, die bei einer bestimmten Temperatur Paraffinkristalle ausscheiden. Bei den ersteren Ölen wird mit den üblichen Prüfverfahren ein meist sehr tief liegender unscharfer Stockpunkt bestimmt, der jedoch tatsächlich kein ausgezeichneter Punkt im Kälteverhalten ist, sondern lediglich das Ergebnis einer rohen Zähigkeitsmessung darstellt. Öle dieser Art haben einen steilen Viskositätsverlauf und versagen in der Anwendung weit oberhalb dieses scheinbaren Stockpunktes. Das Ausbleiben eines echten Stockpunkte wird dadurch hervorgerufen, dass die vorwiegend naphthenisch-aromatischen Öle ein gutes Lösungsvermögen für Paraffine besitzen, oder Paraffin überhaupt nicht vorhanden ist.

Bei den Ölen der zweiten Art scheiden sich beim Abkühlen Paraffinkristalle aus und ergeben je nach der Einheitlichkeit des ausfallenden Stoffes mehr oder weniger scharfe Stockpunkte. Die Kristalle bilden einen Schwamm, in dem das Restöl flüssig enthalten ist. Öle dieser Art verhalten sich trotz hochliegenden Stockpunktes oft sehr gut, da sie dank ihres paraffinischen Charakters eine sehr flache Viskositätskurve haben. Das Restöl ist also auch bei tiefen Temperaturen noch dünnflüssig und bietet beispielsweise beim Anlassen eines Motors nur geringen Widerstand. Die Festigkeit des Kristallgerüstes ist meist zu gering, um diesen zu erhöhen. Die Beobachtungen bei der Stockpunktsbestimmung täuschen also über das Ausmass der tatsächlich bestehenden Verfestigung.

8748

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen a. Rhein.

Mp 471/1

DIN Format A4 (210x297)

Selbstverständlich sind Ausscheidungen oberhalb der Wintertemperaturen unerwünscht, da sie die Förderung des Öles beeinträchtigen. Durch Zusatz von Stockpunktserniedrigern kann weniger der Kristallisationsbeginn, wohl aber die Grösse der Kristalle beeinflusst werden, sodass solche Öle erst bei erheblich tieferen Temperaturen stocken (Bild 1). Öle mit scheinbaren Stockpunkten werden durch derartige Zusätze selbstverständlich nicht oder nur unwesentlich beeinflusst.

Das Verhalten von Schmierölen bei Kälte suchte man früher durch das U-Rohr-Verfahren der Deutschen Reichsbahn oder nach dem von Vogel angegebenen ähnlichen Verfahren zu erfassen. Man bestimmte hierdurch einmal die sogenannte Fliessgrenze, d.h. die Standfestigkeit des Kristallgerüstes, zum anderen wurden die Fliess - eigenschaften des Kristallbreies untersucht, die von Menge und Art der Kristalle, aber auch von der Zähigkeit des noch als wahre Flüssigkeit zu bezeichnenden Restöles bestimmt wurde.

Diese Verfahren befriedigten nicht, und zwar hauptsächlich deswegen, weil die Deutung der Ergebnisse für die Praxis auf Schwierigkeiten stösst. Der Technische Prüfstand begann deshalb im Jahre 1930 mit Versuchen, die bewusst an praktische Verhältnisse anknüpften. Es wurden sowohl Versuche an Motoren im Kälteraum ausgeführt, als auch besonders kennzeichnende Verhältnisse dieser Motoren an kleinen Geräten nachgeahmt.

Versuche an Motoren sind ausserordentlich langwierig und wenn sie auch den Vorteil haben, tatsächlich praktische Verhältnisse wiederzugeben, so haben sie doch gleichzeitig die Nachteile, dass gerade die Einflüsse des Betriebes, z.B. die Ölverdünnung, kaum zu beherrschen sind. Bei den genauer durchzuführenden Versuchen an Geräten darf jedoch nicht ausser Acht gelassen werden, dass die Einflüsse der Praxis auf die Schmierstoffe meist unberücksichtigt bleiben.

Unsere Versuche sind durch die Berichte des Technischen Prüfstandes zahlreichen Stellen bereits bekannt geworden. Eine

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen a. Rhein.

DIN Format A 4 (210 x 297)

zusammenfassende Veröffentlichung fehlt jedoch bisher, wenn man von der Abhandlung im Ringbuch der Luftfahrttechnik "Die chemische Technologie der Schmierstoffe" absieht, in der Herr Dr.Zorn auch über unsere Versuche berichtet hat. Es wird deshalb von Interesse sein, einen Überblick über die bisherige Entwicklung sowie über die Erfahrungen der letzten Zeit zu geben.

Wir begannen unsere Versuche 1930 zunächst -unseres Wissens als Erste- damit, das Verhalten eines Schmierfilms zwischen Kolben und Zylinder zu untersuchen und entwickelten nach Vorversuchen an einem Hanomag-Zylinder, das im Bild 2 dargestellte Gerät.

Es ist hier ein Zylinder vorgesehen, der mit einem Kühlmantel umgeben ist, durch den mit CO_2-Schnee gekühltes Toluol geleitet werden kann. Der mit Öl bestrichene Kolben wird durch einen Waagebalken in der Schwebe gehalten. Nach Abkühlen und anschliessender Wartezeit wurde der Kolben durch Pressluft in Bewegung gesetzt und der hierfür notwendige Druck als Massstab für den Widerstand benutzt.

Ein anderes Gerät aus dem Jahre 1931 ist in Bild 3 gezeigt, bei dem zwei ölbenetzte Schalen, die äussere mit Kühl - mantel, gegeneinander verdreht werden, wobei das Drehmoment durch Gewichte an einer Seiltrommel erzeugt wurde. Geräte dieser Art waren im Schrifttum, allerdings für Flüssigkeiten, bereits bekannt.

Alle diese Geräte krankten daran, dass ihr Aufbau durch die Kühlmäntel wesentlich beeinflusst und beeinträchtigt wird. Trotz aller Mühe war ausserdem nicht zu vermeiden, dass die Feuchtigkeit der umgebenden Luft durch Eisbildung sich schädlich auf die Messungen auswirkte.

Im Jahre 1932 gingen wir deshalb grundsätzlich zur Verwendung von Kälteschränken über, in denen verschiedenartige Maschinenteile untersucht werden konnten. Bild 4 zeigt ein solches Gerät im Schnitt. Kennzeichnend für diese von uns entwickelte Bauart ist die Kühlung durch feste Kohlensäure, die sich in einem besonderen Raum befindet. Durch ein verstellbares Gitter kann diese Kältequelle mit dem eigentlichen Versuchsraum in Verbindung ge -

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen a. Rhein.

DIN Format A 4 (210 x 297)

bracht werden. Mit der Anordnung können nicht nur sehr [illegible] Temperaturen erzeugt, sondern es kann auch verhältnismässig schnell gearbeitet werden, im Gegensatz zu Einrichtungen mit Kältemaschinen. Der Versuchsgegenstand und die Messgeräte sind durch ein Fenster sichtbar. Die Einstellung der Temperatur erfolgt grob durch Verstellen des Gitters, feiner durch eine elektrische Heizung, die beim neueren Baumuster selbsttätig von Thermometer her gesteuert wird.

Kühlschränke dieser Bauart haben sich seit Jahren bewährt und werden ständig benutzt. Aus der grossen Zahl der Untersuchungen, die mit Schmierstoffen bei Kälte durchgeführt wurden, sollen verschiedene Beispiele herausgehoben werden:

Wir befassten uns beispielsweise mit der Frage, wie sich eine Ölpumpe in der Kälte verhält und bauten deshalb eine solche in den Kälteschrank ein (Bild 5). Mit diesem Gerät konnte die Temperatur bestimmt werden, bei der das Öl der Pumpe nicht mehr zufloss und weiterhin konnte Fördermenge und Förderdruck in Abhängigkeit von der Temperatur beobachtet werden. Der Einfluss des Stockpunktes ist unverkennbar (Bild 6), da bei etwas niederer Temperatur das Öl der Pumpe nicht mehr zufliesst und deren Druck deshalb abfällt. Die Wirkung eines Stockpunkterniedrigers ist deshalb deutlich nachweisbar. Die Untersuchung der Fördermenge ergab ein ähnliches Bild.

Um die Verhältnisse in einem Zahnradgetriebe nachzuahmen, wurde die in Bild 7 dargestellte Einrichtung gebaut, bei der sich ein mit Schaufeln versehener Läufer in einem innen verrippten Gehäuse drehte und dabei das erstarrte Öl durchknetete. Das erforderliche Drehmoment wurde durch einen Indikator aufgezeichnet.

Die Versuche ergaben, dass bei gestockten Ölen ein Losbrechen in der Form stattfand, dass sich das mit Öl ausgefüllte Schaufelrad als Scheibe frei in einer entsprechenden Höhlung des Gehäuses drehte. Wie das auf der Trommel aufgezeichnete Diagramm

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen a. Rhein.
DIN Format A 4 (210 x 297)

erkennen lässt, tritt zunächst ein sehr hohes Drehmoment auf, das sehr rasch auf einen geringen, nicht genau feststellbaren Wert absinkt. Bei Ölen mit Stockpunktserniedrigern ist dagegen ein gleichmässiges niedriges Drehmoment vorhanden, das durch den offenbar noch zähflüssigen Kristallbrei erzeugt wird. Die dargestellten Aufzeichnungen sind mit verschiedenen Federn aufgenommen. Die tatsächlich auftretenden Höchstwerte der Drehmomente verhalten sich wie 12:1. Alle diese Versuche waren für die Bewertung von Stockpunktserniedrigern und ihres Einflusses auf verschiedene Öle sehr wertvoll und besonders in einer Zeit, wo man über das Verhalten von Schmierstoffen bei Kälte wesentlich weniger wusste als jetzt.

Das Beispiel dieser Knetvorrichtung zeigt, dass das Kristallskelett sehr wohl eine Festigkeit haben kann, die sich praktisch auswirkt. Es war zunächst überraschend, dass sich bei der Untersuchung eines Lagers und eines Lagerzapfens kein Einfluss des Stockpunktes zeigte. Die benutzte Einrichtung ist bereits schematisch im Bild 4 wiedergegeben. Sie ist auch aus den Bildern 8 und 9 zu ersehen, die zugleich die seit 1938 benutzte Bauweise des I.G.-Kälteschrankes erkennen lassen.

Der Lagerring ist, ähnlich wie bereits bei der Knetvorrichtung gezeigt, gegen einen Indikator abgestützt, der das Drehmoment auf eine Trommel aufzeichnet. Die beim Anlassen wirdder Lagerzapfen aus der Ruhelage heraus plötzlich in Drehung versetzt. Hierzu ist ein Elektromotor mit Getriebe und Kupplung vorgesehen. Den Verhältnissen am Motor entsprechend beträgt die Drehzahl der Welle 60/Minute. Die Passung zwischen Zapfen und Lagerring entspricht dem des leichten Laufsitzes. Durch Verwendung verschiedener Lagerzapfen und Lagerbreiten (Bild 10) können verschiedene Messbereiche eingestellt werden. Auch die Feder kann gewechselt werden. Mit dieser Einrichtung wurde gegenüber den früheren Geräten ein grundsätzlicher Fortschritt erzielt. Früher wurden durch einen bestimmten Druck oder durch angehängte Gewichte

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen a. Rhein.

DIN Format A 4 (210 x 297)

Kräfte unveränderlicher Grösse angewandt und die hierdurch hervorgerufenen Gleitgeschwindigkeiten als Mass für den Widerstand benutzt. Bei der neuen Einrichtung dagegen wurden Gleitgeschwindigkeiten bestimmter Grösse erzwungen und die dabei auftretenden Widerstandskräfte gemessen. Nach Newton sind beide Verfahren bei wahren Flüssigkeiten anwendbar und dienen auch zur Bestimmung der Viskosität. Im vorliegenden Fall der erstarrten Öle handelt es sich jedoch keinesfalls mehr um Flüssigkeiten. Es wurde beobachtet, dass sogar scheinbar amorph, also ohne kristallisierte Ausscheidungen erstarrende Öle bei tiefen Temperaturen Anzeichen eines gewissen Gefüges aufweisen. Unter diesen Umständen war es schon aus praktischen Gründen nicht möglich, die Gleitgeschwindigkeit als Funktion der eingeleiteten Kraft zu bestimmen. Bei tiefen Temperaturen trat oft keine Bewegung ein und Anwendung verschieden grosser Kräfte ergab keine vergleichbare Ergebnisse. Der Ansatz von Newton ist also nicht anwendbar und der Einfluss der Schergeschwindigkeit muss dadurch ausgeschaltet werden, dass mit bestimmter Schergeschwindigkeit gearbeitet wird und die erforderlichen Kräfte gemessen werden.

Wir haben stets Wert darauf gelegt, den gesamten Vorgang beim Losbrechen eines Schmierfilms zu beobachten und uns nicht nur auf die Messung des Widerstandes zu beschränken, den ein zerbrochener Film bietet. Bild 11 zeigt, dass das zu Beginn auftretende Drehmoment sehr wohl zu beachten ist, da es bei verschiedenen Ölen einen kennzeichnenden Verlauf nimmt.

Es ist ohne weiteres einzuräumen, dass der erste Anfahr-Widerstand des Ölfilmes bei handelsüblichen Ölen praktisch ohne Bedeutung ist, da der Widerstand der zu beschleunigenden Massen in einem Motor sehr viel grösser ist. Für eingehende Untersuchungen der Öle ergibt die Aufzeichnung des Losbrechens jedoch wertvolle Hinweise. Es zeigt sich, dass das Kristallgerüst sehr wohl einen messbaren Widerstand gibt, wie Olivenöl besonders deutlich erkennen lässt. Die Grösse der im Ringspalt sich bildenden

8753

Kristalle ist durch den zur Verfügung stehenden Raum offensichtlich begrenzt, sodass die Wirkung von Stockpunkterniedrigern nicht nachweisbar ist.

Die dem Höchstwert des Drehmoments entsprechende Umfangskraft, bezogen auf die Filmfläche wurde bisher als Haftfestigkeit bezeichnet und zur Bewertung der Öle benutzt. Nachdem der Ausdruck Haftfestigkeit durch die neue Bezeichnungen für einen Vorgang der Benetzung festgelegt ist, wird man in Zukunft hierfür zweckmässig den Ausdruck Losbrechkraft verwenden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass in der Grösse die Schergeschwindigkeit nicht enthalten ist, die angegebenen Werte also nur für einen bestimmten Zapfendurchmesser gültig sind. Will man in die Bewertung die Festigkeit des Kristallgerütes nicht einbeziehen, so kann man auch den vom zerbrochenen Ölfilm ausgeübten Widerstand benutzen und misst die Diagrammhöhe in einem bestimmten Abstand vom Beginn der Drehung.

Versuche mit Schmierölen bei Kälte sind ziemlich zeitraubend, da der Ölfilm zur Ausbildung seiner Struktur eine gewisse Zeit benötigt. (Bild 12) Sehr einheitliche Öle erreichen sehr schnell einen endgültigen Zustand. Bei mineralischen Ölen ist deutlich ein scharfes Ansteigen der Haftfestigkeit in der ersten und ein langsameres in der weiteren Zeit nachweisbar.

Besonders typisch ist das Verhalten eines Pflanzenöls (Olivenöl), dessen Schmierfilm auch nach 8 Stunden noch nicht zur Ruhe gekommen ist. Diese Erscheinung ist wohl bekannt und Erk berichtet beispielsweise, dass Ricinusöl bei -20° erst nach Tagen eine wachsartige Form annimmt, die sich dann erst bei $+8^{\circ}$ zurückbildet.

Die auch von der Zähigkeit des Restöles abhängige Wachstumgeschwindigkeit der Kristalle muss also durch entsprechende Wartezeit berücksichtigt werden. Es ist weiterhin notwendig, nach jedem Versuch das Gerät wieder aufzuheizen und mit neuem

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen a. Rhein.

DIN Format A 4 (210 x 297)

Öl zu beschicken, da ein einmal zerstörtes Kristallskelett in anderer Weise zusammenwächst als ein völlig neu gebildetes, bei dem zu Beginn noch keine Kristallkeime vorhanden sind. Dass die Abkühlungsgeschwindigkeit derartiger Vielfachgemische überwacht werden muss, ist eine Tatsache, die dem Schmieröl-Fachmann ebenso bekannt ist wie etwa dem Metallurgen in Bezug auf die Kristallgefüge.

Von den vielen Untersuchungen, die über die Haftfestigkeit von Ölen gemacht wurden, sollen die in Bild 13 dargestellten Beispielen dienen. Der Einfluss geringer Zähigkeit bei gleichem Viskositäts-Index zeigt sich bei Öl 1 gegenüber Öl 2. Öl 3 hat eine etwas höhere Zähigkeit als 2, ergibt aber, hauptsächlich wegen seines steileren Viskositätsverlaufes, höhere Haftfestigkeiten.

Ein völlig abweichendes Bild zeigt Olivenöl, das bei tiefen Temperaturen trotz flachen, d.h. guten Viskositätsverlaufes sehr hohe Werte ergibt, da die tiefen Temperaturen das Auskristallisieren seiner Triglyceride schneller bewirken, als dies bei höheren Temperaturen der Fall ist, und so die hier angewandte ungenügende Wartezeit von 2 Stunden teilweise ausgleichen. Die dargestellte Abhängigkeit von der Temperatur ist also von der Wachstumsgeschwindigkeit der Kristalle überlagert.

Bei den anderen dargestellten Ölen ist dies nicht der Fall, da hier die Wartezeit ausreichend war. Da Olivenöl etwa 30% Triglyceride enthält und in vorliegendem Fall einen Stockpunkt von -13° hatte, wird schliesslich eine beträchtliche Festigkeit des Skeletts erreicht. Olivenöl zeigt also als Sonderfall, dass ein Öl mit sehr flacher Viskositätskurve auf Grund von Ausscheidungen in grosser Menge für unter den beim Anlassen in der Kälte herrschenden Bedingungen unbrauchbar werden kann.

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen a. Rhein.

904717

DIN Format A 4 (210 x 297)

Mischt man 5% Olivenöl in Öl 1, so wirkt sich der flache Viskositätsverlauf des Pflanzenöles günstig aus. Die Ausscheidungen können ihrer geringen Menge wegen keinen Einfluss ausüben; möglicherweise bleiben die Triglyceride auch in Lösung.

Dementsprechend zeigt auch Bild 14, dass bei üblichen Motorenölen die durch den Stockpunkt gekennzeichneten Ausscheidungen in geringer Menge keinen Einfluss auf den Startwiderstand haben. Von den Ölen "D" mit 2,20 bezw. "B" mit 2,15 $^{\circ}E_{100}$ hat das im Startwiderstand ungünstigere Öl "B" den tieferen Stockpunkt. Entscheidend ist hier der Viskositätsverlauf, der für dieses Öl mit VI=72 ungünstig ist. Das dünnflüssigste Öl "A" hat einen Stockpunkt von -24°. Wegen seines offenbar naphthenisch-aromatischen Charakters hat es eine steile Zähigkeitskurve, folglich grossen Startwiderstand und man kann sicher sein, dass sein Stockpunkt ein scheinbarer ist.

Die Temperaturen, bei denen mit Ölen ein Starten noch möglich ist -wohlgemerkt unter Vernachlässigung der Ölverdünnung durch Kraftstoffreste!-kann aus den Kurven geschätzt werden, wenn man 2 kg/cm Haftfestigkeit bei einer Schergeschwindigkeit von 19 cm/sec etwa als die Grenze annimmt, die von üblichen Anlassern bewältigt werden.

Die Haftfestigkeit richtet sich in erster Linie nach der extrapolierten Zähigkeit und man kann das Verhalten ähnlicher Öle hiernach mit einiger Sicherheit voraussagen, wie Bild 15 erkennen lässt. Auch Schwaiger zeigte in seiner Arbeit eine weitgehende Übereinstimmung der von ihm ermittelten "Kälteviskosität" mit der extrapolierten Zähigkeit.

Als gegensätzliches Beispiel ist aber Olivenöl dargestellt bei dem der Startwiderstand völlig von den Ausscheidungen bestimmt wird, denn die Zähigkeit nimmt in der Kälte nur sehr langsam zu. Für verschiedenartige Handelsöle bringt Bild 16 eine

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen a. Rhein.

B. 491/46

DIN Format A 4 (210 x 297)

Gegenüberstellung aus der hervorgeht, dass die Öle bei gleicher extrapolierter Zähigkeit recht verschiedene Haftfestigkeiten haben können. Als Faustregel kann man annehmen, dass dickflüssige Öle sich günstiger, solche mit flacher Viskositätskurve sich schlechter verhalten, als die extrapolierte Zähigkeit angibt.

Trägt man für die Öle gleicher Zähigkeit bei 100° die Haftfestigkeit beispielsweise bei -10° gegenüber dem Walther'schen Faktor auf, so erhält man eigentümliche Beziehungen, die in Bild 17 dargestellt sind. Eine sinngemässe gleiche Darstellung erhält man auch, wenn man statt der Richtungskonstanten der Viskositätsindex oder die Polhöhe benutzt (Bild 18). Zunächst findet man, dass der Startwiderstand naturgemäss mit zunehmender Verflachung der Zähigkeitskurve abnimmt. Dies ist besonders ausgeprägt bei dickflüssigen Ölen, während bei dünnflüssigen Ölen eine Verbesserung der Viskositätskurve sich nicht so stark auswirkt. Diese Tatsache hat zur Folge, dass sich die Kurven in einem Punkt zu schneiden scheinen. Nach dieser 1934 von uns aufgefundenen Beziehung ist also zu erwarten, dass bei einer allerdings noch nicht verwirklichten Flachheit der Zähigkeitskurve, die Öle in ihrem Startverhalten weitgehend unabhängig von der Zähigkeit sind.

Die Eigenschaften von Schmierfetten sucht man im allgemeinen durch Druckviskosimeter zu erfassen. Es ist schwierig, hiermit die Beziehung zu tatsächlichen Verhältnissen herzustellen und zwar umso mehr, als, wie später gezeigt wird, die Schergeschwindigkeit bei der Beurteilung eine erhebliche Rolle spielt. Wir haben deshalb auch sehr bald Fette in unsere Untersuchungen einbezogen. Die guten Ergebnisse, die wir gerade hierbei erzielten, waren für die DVL 1938 Veranlassung, einen I.G.-Kälteschrank von uns zu übernehmen.

Während nach der Definition der Viskositätskonstanten die aufzuwendende Kraft der erzeugten Geschwindigkeit verhältig ist, gelten für Nicht-Flüssigkeiten andere Gesetze. Wurden z.B.

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen a. Rhein.
G 0471/8
DIN Format A 4 (210 x 297)

im I.G.-Kälteschrank zwischen Lager und Zapfen Fette gebracht, so zeigt sich nach Versuchen von Dipl.Ing. Walder, dass die Haftfestigkeit erheblich steigt, wenn die Schergeschwindigkeit beispielsweise auf ein Drittel vermindert wird (Bild 19). Die unmittelbar gemessenen Werte des Drehmoments sinken selbstverständlich entsprechend der niederen Drehzahl und wurden dementsprechend auf die übliche Drehzahl von 60/min umgerechnet. Die beiden Beispiele zeigen, dass die Fette verschieden auf Änderung der Schergeschwindigkeit reagieren. Daraus kann man den Schluss ziehen, dass Fette nicht in Geräten untersucht werden dürfen, die mit unveränderlichem Drehmoment, also veränderlicher Schergeschwindigkeit arbeiten, und dass bei jeder Güteziffer die benutzte Schergeschwindigkeit angegeben werden muss.

Um dies nachzuweisen, wurden Versuche mit einem derartigen Gerät durchgeführt. Benutzt wurde das von Schwaiger angegebene Viskosimeter (Bild 20). Es handelt sich hier um ein Schalen- oder Zylinder-Viskosimeter, das in einen Kälteschrank eingebaut ist. Es ist ein Zapfen von 80 mm Durchmesser vorgesehen, der im leichten Laufsitz von einer Hülse umgeben ist. Der Zapfen wird von einer Seiltrommel gedreht, die durch ein angehängtes Gewicht in Bewegung gesetzt wird. Die Schergeschwindigkeit passt sich also dem jeweils gegebenen Widerstand an. Die Werte des für die Prüfung von Schmierölen bei Kälte bestimmten Gerätes werden in Centipoisen angegeben, obgleich es sich bei abgekühlten Ölen nie um wahre Flüssigkeiten handelt.

Es wird der Widerstand des zerbrochenen Ölfilms gemessen. Von der tiefsten erreichbaren Temperatur von -15° an werden mit steigender Temperatur fortlaufend Messungen durchgeführt, ohne dass dazwischen aufgeheizt wird. Mit üblichen Ölen gibt das Gerät immerhin recht brauchbare Werte, wenngleich es keinen tieferen Einblick gibt und nur dann richtig arbeitet, wenn der zu untersuchende Stoff wenigstens angenähert als Flüssigkeit anzusprechen

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen a. Rhein.
DIN Format A 4 (210 x 297)

ist. Dies ist bei der Temperatur von -15° wohl meist der Fall, da die Stockpunkte üblicher Öle durch Beimischung von Stockpunktserniedrigern tiefer liegen. Das Bild 21 zeigt, dass zwischen den Werten des Schwaiger'schen - und des I.G.-Gerätes eine gewisse Beziehung besteht. Liegt der Stockpunkt nahe der Temperatur, bei der die Untersuchung durchgeführt wurde, so macht sich der Einfluss der Schergeschwindigkeit dadurch bemerkbar, dass das Gerät zu hohe "Viskositäten" anzeigt. Es ist dies ganz verständlich, denn Nicht-Flüssigkeiten besitzen bei tieferen Temperaturen eine gewisse Standfestigkeit, auch Fliessgrenze genannt, die schliesslich ebenso gross wird wie die eingeleitete Kraft, sodass keine Bewegung möglich ist und folglich die "Viskosität" unendlich wird. Dies aber ist unrichtig, denn der Widerstand ist keineswegs unendlich gross.

Diese Schwierigkeiten dadurch zu umgehen, dass grössere Kräfte angewandt werden, ist selbstverständlich nicht möglich, da dies nicht eine einfache Änderung des Messbereiches bedeutet. Gleichzeitig werden nämlich die Gleitgeschwindigkeiten geändert, sodass die Messungen unter ganz anderen Bedingungen durchgeführt werden und zwar unter Veränderung einer Grösse, deren Einfluss auf die Messergebnisse gerade Ursache der vorliegenden Schwierigkeit ist.

Ist der Einfluss der Schergeschwindigkeit schon bei Ölen unter den genannten Bedingungen nachweisbar, so lässt sich ihr Einfluss in einem derartigen Zylindergerät bei Fetten, die ein von dünnflüssigem Öl ausgefülltes Seifenskelett darstellen, besonders deutlich zeigen. Verschiedene Schergeschwindigkeiten wurden sehr einfach durch Anhängen verschieden schwerer Gewichte erzeugt. Dabei treten Fälle auf, bei denen dreifaches Gewicht, d.h. Drehmoment, nicht dreifache, sondern hundertfache Drehzahl der Trommel erzeugt. Dementsprechend tritt mit steigendem Drehmoment ein Abfallen der "Viskosität" ein, wie das nächste Bild 22 zeigt. Interessant ist auch, dass die untersuchten Fette hierbei ihre Reihenfolge in der Bewertung ändern. Während das Fett Nr.1

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen a. Rhein.

Gd 77/13

DIN Format A 4 (210 x 297)

nur wenig beeinflusst wird, wandert Fett Nr.2 vom ersten zum dritten Platz. Fett 1 wird also weniger von der Schergeschwindigkeit beeinflusst, es ähnelt also mehr einer reinen Flüssigkeit als Fett 2.

Ich möchte ausdrücklich erwähnen, dass das Gerät von Schwaiger zur Untersuchung von Ölen und nicht von Fetten bestimmt ist. Wenn hier trotzdem Fette untersucht wurden, so geschah dies lediglich, um an einem besonders ausgeprägten Fall zu zeigen, dass Zylindergeräte unbrauchbare Werte liefern in allen Fällen, wo die Schergeschwindigkeit eine Rolle spielt. Hohe "Viskositäten" werden zu hoch angegeben, weil sich eine niedere Schergeschwindigkeit einstellt und bei geringen Widerständen ist das Umgekehrte der Fall. Hierdurch findet eine Verzerrung der "Viskositätskurve" statt, da die Schergeschwindigkeit bei tieferen Temperaturen kleiner ist als bei höheren. Es ist aber nicht etwa möglich, die Kurven auf flacheren Verlauf zu korregieren, da, wie vorhin gezeigt, die "Viskositäten" der einzelnen Stoffe sehr verschieden von der Schergeschwindigkeit beeinflusst werden. Hierdurch werden aber die "Viskositätskurven" in einer Weise verzerrt, die von Stoff zu Stoff ganz unkontrollierbar verschieden ist.

Die Eigentümlichkeit, dass Fette durch Wechseln der Schergeschwindigkeit verschieden beeinflusst werden, kann in ihrer mehr oder weniger grossen Ähnlichkeit mit wahren Flüssigkeiten gesucht werden. Es ist notwendig, hierüber grundsätzliche Untersuchungen anzustellen und zwar bei verschiedenen, aber jeweils unveränderlichen Schergeschwindigkeiten.

Bei der Untersuchung von Fetten, als ausgezeichnete Beispiele von Nicht-Flüssigkeiten zeigt sich jedenfalls, dass der vom Technischen Prüfstand zuerst beschrittene Weg, Messungen an Schmierstoffen bei Kälte nur bei festgegebener Schergeschwindigkeit vorzunehmen, der richtige war.

8759

Wichtig ist übrigens nicht nur der Widerstand zwischen Lager und Zapfen, sondern auch die Sprödigkeit des erstarrten Fettes, da das Fett stets so geschmeidig bleiben muss, dass es nicht aus der Lagerstelle herausbröckelt. Eine interessante Frage stellt auch der eigentümliche Einfluss, den der Gehalt an Wasser auf das Kälteverhalten von Fetten ausübt, dar. Wir hoffen, zur Klärung dieser und anderer Fragen im Rahmen unserer Untersuchungen über das Verhalten von Schmiermitteln bei Kälte beitragen zu können.

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft
Ludwigshafen a. Rhein.

104792

DIN Format A 4 (210 x 297)

Bildblatt 1 zum Vortrag Penzig

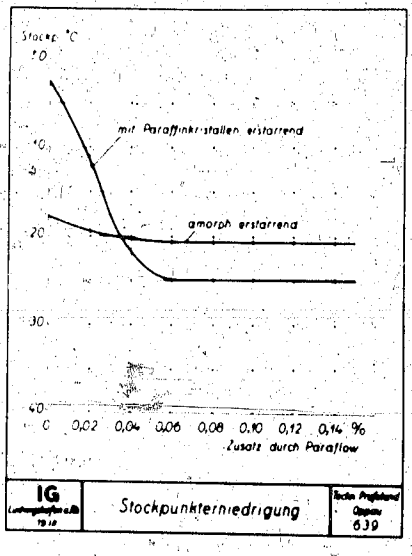


Bild 1

Bild 2

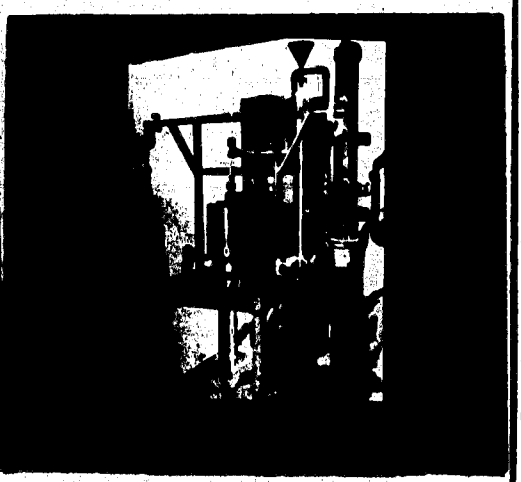


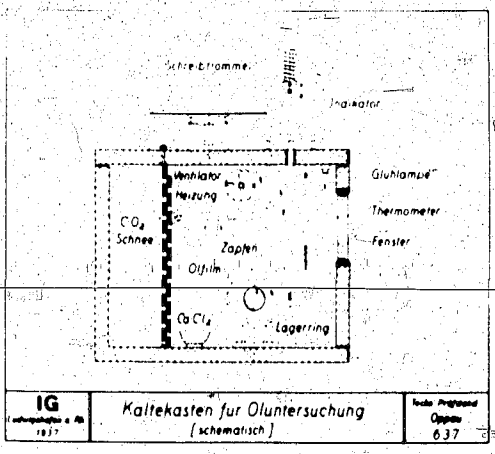
Bild 3

8761

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft Ludwigshafen a. Rhein.		TPrS 1782

DIN-Format A 4 (210 x 297)

31769



IG — Kaltekasten für Oluntersuchung (schematisch) — 637

Bild 4

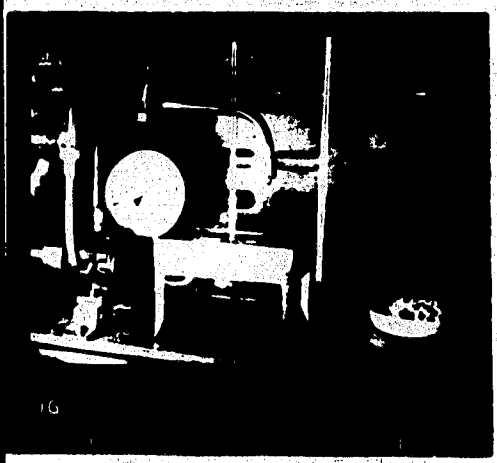
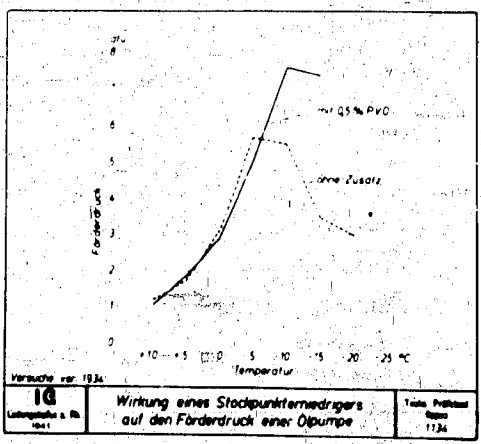


Bild 5



Versuche vor 1934

IG — Wirkung eines Stockpunkterniedrigers auf den Förderdruck einer Ölpumpe — 1134

Bild 6

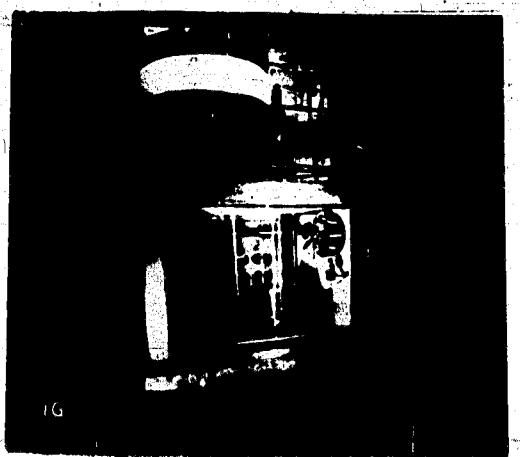


Bild 7

8762

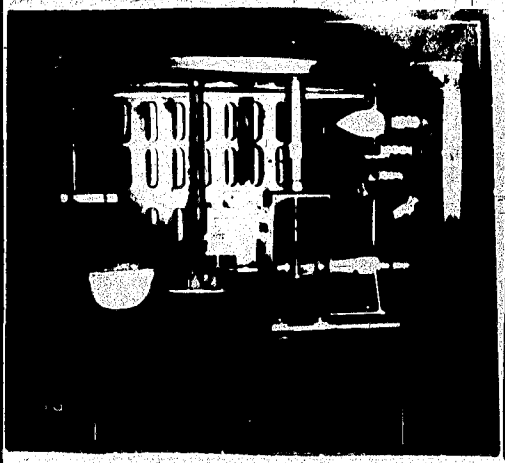


Bild 8

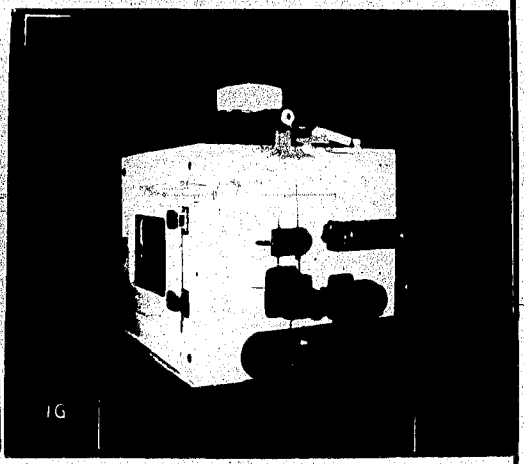


Bild 9

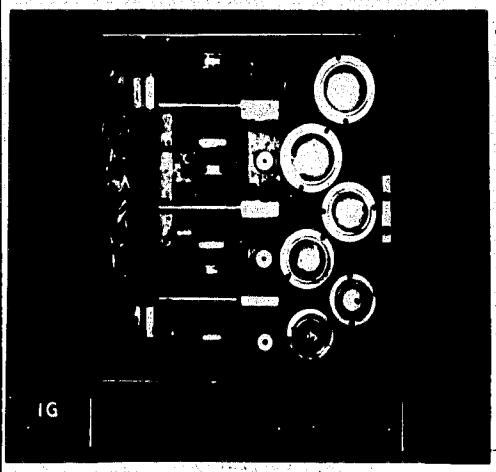


Bild 10

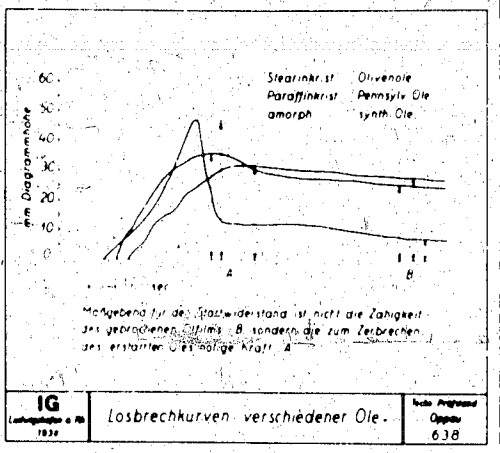


Bild 11

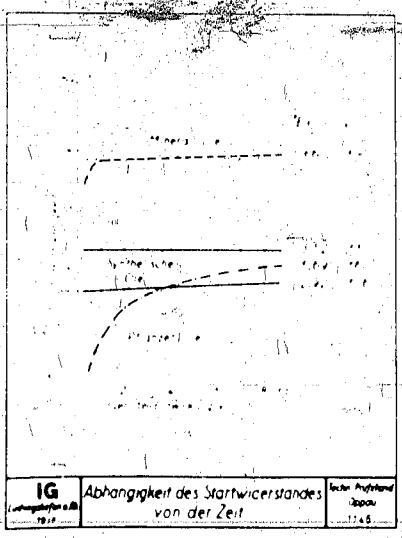


Bild 12

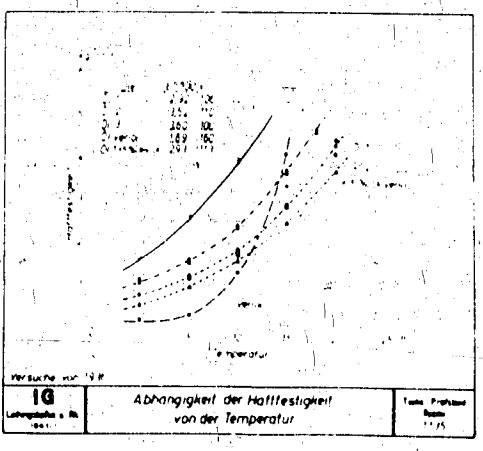


Bild 13

Bildblatt 4 zum Vortrag Penzig

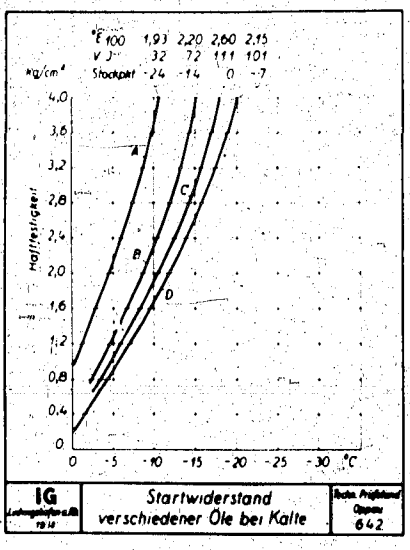


Bild 14

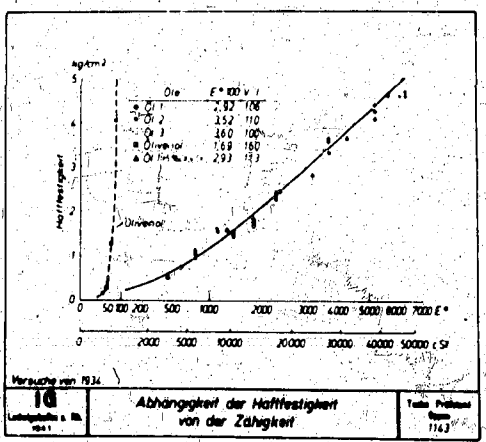


Bild 15

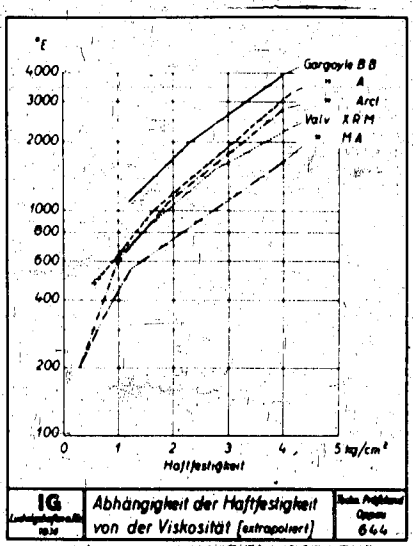


Bild 16

8764

Bildblatt 5 zum Vortrag Penzig

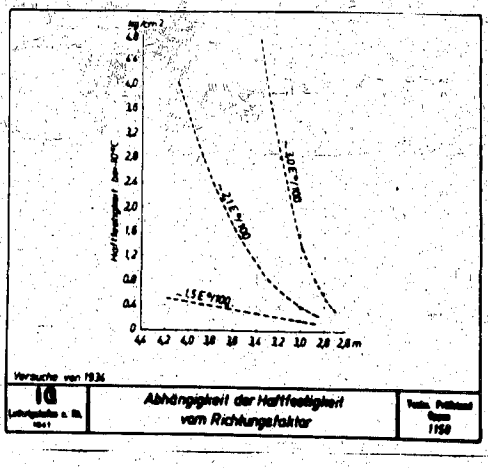


Bild 17

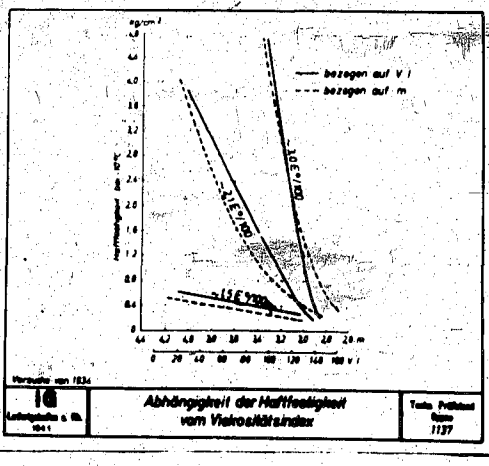


Bild 18

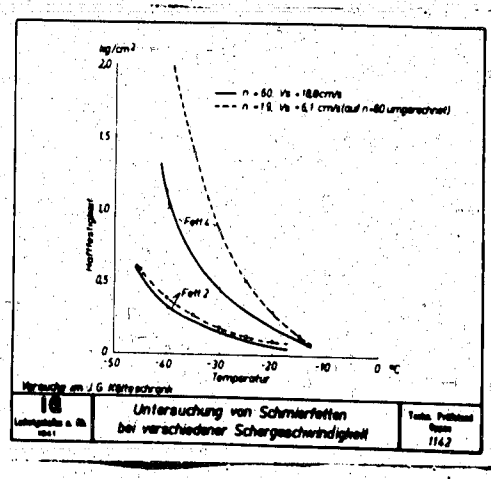


Bild 19

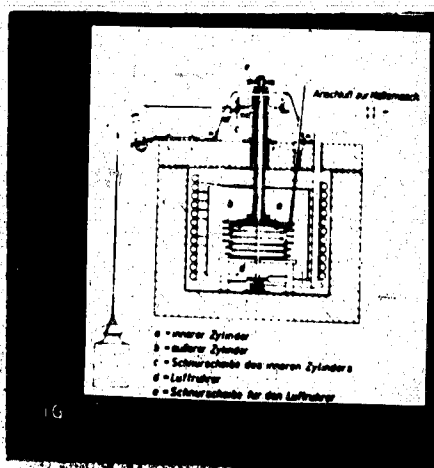


Bild 20

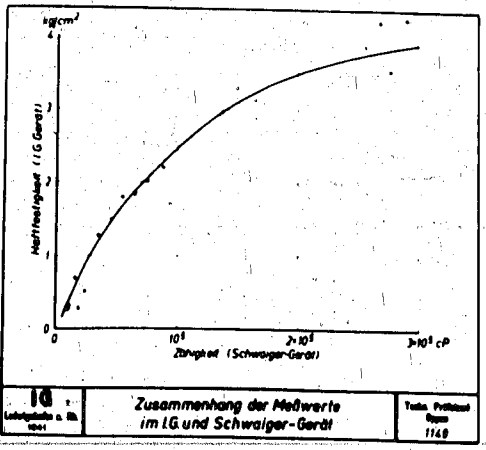


Bild 21

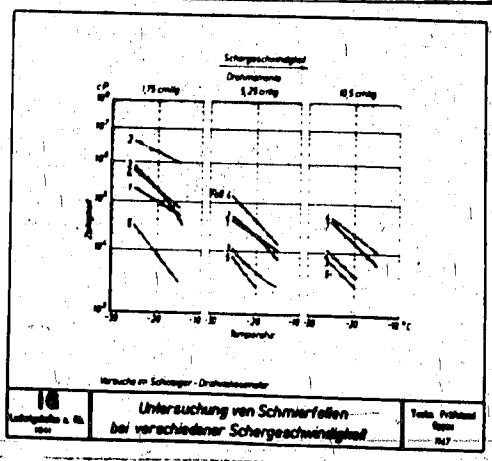


Bild 22

8765

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft Ludwigshafen a. Rhein.

T PaS 1706

3177