

Q. 26



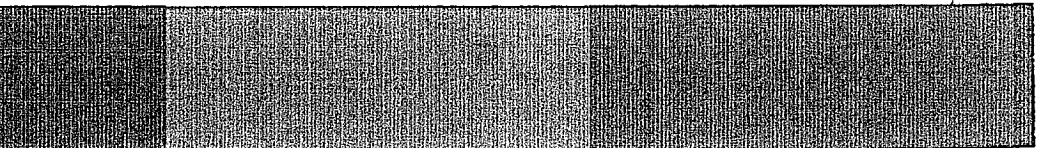
Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, E.V.

Berlin-Adlershof

Institut für Betriebsstoffforschung

Schwefelgehalt und Schmiereignung von Flugmotorenölen

v. Philippovich



Deutsche Luftfahrtforschung

Untersuchungen und Mitteilungen Nr. 1049

Die in dieser Mitteilung enthaltenen Angaben sind
einstufig (Fassung vom 24. 11. 1941) und werden nach
den Bestimmungen der Luftfahrtforschungs-
anstalt, sofern nicht besondere Bestimmungen
in Frage kommen.

ZWB

43

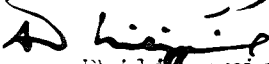
Schwefelgehalt und Schmiereignung von Flugmotorenölen.

Übersicht: Die Beschaffungsöle weisen merkliche Unterschiede ihrer Eigenschaften auf, die sich praktisch bei Grenzbeanspruchungen schmiermäßig auswirken können. Eine wesentliche Ursache dafür ist nach den bisherigen Versuchen der Schwefelgehalt, dem in Zukunft erhöhte Beachtung zu schenken ist. Es wäre ein Minimalgehalt an Schwefel festzulegen, solange es kein anderes brauchbares Maß der Schmiereignung im Grenzreibungsgebiet gibt. Die bisherigen Ergebnisse mit Ölprüfmaschinen bedürfen der Ergänzung. Vollmotoren- bzw. Flugversuche sind zur Bestätigung der gefolgerten Ansicht erforderlich.

- Bleedern:
1. Zweck der Schmiereignung bei der Schmierung
 2. Schwefelgehalt u. chemisch-physik. Eigenschaften der untersuchten Flugmotoren- u. Beschaffungsöle, sowie anderer Öle
 3. Schmierverhalten der untersuchten Öle
 4. Eigenschaften, Schwefelgehalt u. andere Eigenschaften
 5. Anwendung von Schwefelverbindungen in Schmierölen
 6. Zusammenfassung und Folgerungen

Der Bericht umfaßt: 12 Fl. Text
4 Zahlent.
3 Abb.

Institut für Betriebsstoffforschung
der
Luftwaffenversuchsanstalt Pfl. Luftfahrt, n. V.

der Bearbeiter:

n.v. Philippovich

Berlin-Adlershof, d. 20. Juli 1943

BSf 392/43

UX 1049 (55) 0500

26955

Die Schmierleistung bei der Schmierprüfung.

Die vorerwähnte Mängel haben sich hinsichtlich der Bestäubung der Indikatoren verschiedener Bauart gezeigt, die von den Prüfungsanforderungen nicht hinreichend entsprechende bzw. schlechtere Qualität des Schmieröls zurückgeführt wurde. In einem Bericht der BVM (BfV 392 1/4) vom 12.11.43 wird in einer Zusammenfassung der Versuchsergebnisse die Möglichkeit der Plugsicherheit vom 15.1.43 wurden bereits die verschiedenen Störmöglichkeiten besprochen. Dabei ist darauf hingewiesen, daß unmöglich alle Lagerstörungen durch die Plugsicherheitsbedingungen Ursache erklärt werden können. Es kann nur nicht von der Hand zu weisen, daß einige Störungen durch eine unzureichende Qualität des Schmieröls zurückgeführt werden können.

Ausgangspunkt für die Untersuchung war die Tatsache, daß zwar ein Mannigfaltige von Anforderungen an das Schmieröl gestellt werden, da sich aber nur ein geringer Anteil davon unmittelbar auf das praktische Schmierverhalten bezieht. So gibt es keine Angabe über die Schmierleistung, der Leistung zur Schmierleistung, die Alterungsneigung, obwohl in den BVM zwei verschiedene Prüfverfahren festgelegt sind. Eine Zusammenstellung der bei geltenden Lieferbedingungen geforderten Prüfungen gibt folgendes Bild:

In den bei den Lieferbedingungen vorgesehene Prüfungen

- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| Brechsinnigkeit bei 2 | Flammpunkt |
| spez. Gewicht 0,20 | Brennpunkt |
| Zähigkeit | Neutralisationszahl |
| Polarität | Verseifungszahl |
| Richtungskonstante | Verdampfungstest n. Hoack |
| Viskositätsindex | Conradsonverkokung |
| Stockpunkt | Aschegehalt |
| | Hurtasphalt |
| | Wassergehalt |

Die Sicherung einwandfreier Schmierung wird durch Erfüllung zweier Hauptbedingungen gewährleistet: einwandfreie Versorgung der Schmierstelle mit dem Öl und genügende Schmierleistung des Öls unter den Betriebsbedingungen. Abgesehen von

konstruktiv bedingten Voraussetzungen für die Blaufuhr zur Schmierstelle müsse zeitlich folgende Anforderungen erfüllt werden: richtige Zähigkeit, Freiheit von suspendierter Luft (Gas bzw. geringe Neigung zur Schaumbildung und endlich geringe Neigung zur Bildung fester Rückstände. Störungen infolge ungenügender Zufuhr des Schmieröles zum Lager treten je nach der Ursache unter verschiedenen Bedingungen ein, die sich allerdings betriebsmäßig überdecken können: Zunahme Zähigkeit wird vor allem im Winter bei Start vorkommen, wenn kein Kaltstart angewendet wird; Bildung größerer Mengen fester Rückstände, die die Ableitung verstopfen, durch übermäßige Beanspruchung des Öles (lange Betriebszeit oder hohe Temperaturen), schlecht raffinierten Kraftstoff, endlich durch Ausfällung festlicher oder suspendierter Teile infolge Mischens von Frischöl (anderer Art); schäumen bei hohem Umlauf, geringer Außendruck (großer Höhen). Auf Grund von entsprechenden Versuchen kann man in Störungsfällen oft solche Ursachen ausschalten, so daß die Ursache nicht in Frage kommen.

Genügender Schmierleistung ist ein recht schwankender Begriff. Eine zahlenmäßige Festlegung für Anforderungen ist bisher noch nicht gelungen, und zwar vor allem deshalb, weil sie nur in einem komplexen Vorgang erfolgen kann, bei dem sich neben der Öl selbst noch Werkstoffe und konstruktive Gestaltung auswirken. Aber diese beiden von Versuch zu Versuch nur sehr schwierig gleichgehalten werden können, schwanken auch Messungen desselben Öles bei der Wiederholung des Versuches. Die Schmierleistung sei es wesentliches das Verhalten des Öles beim Übergang von der vollkommenen oder teilweise hydrodynamischen zur Grenzschmierung kennzeichnen, bei der hydrodynamische Einflüsse nicht mehr vorhanden sind; gerade dieser Übergang ist aber sehr schwer reproduzierbar zu fassen, weil die Unterschiede der Öle in Schmierverhalten meist viel geringer sind als die Streuungen der Versuchsergebnisse infolge schlecht eingehaltener Versuchsbedingungen.

Man muß deshalb auch bei der Auswertung solcher Messungen recht vorsichtig sein, um keine Fehlschlüsse zu ziehen; dies umschreibt als die Übertragung der Versuchsergebnisse von einer Prüfmaschine auf die Verhältnisse des Flugmotors

fast nie ohne weiteres zulässig ist, weil die Versuchsbedingungen von den praktisch herrschenden zu sehr abweichen. Alle diese Schwierigkeiten sind der Grund, warum sich bis auf den heutigen Tag von den vielen Ölprüfmaschinen keine einzige allgemein durchgesetzt hat, sodaß auch in den Flugmotorenölanforderungen keine Grenzwertlegung der Schmiereignung erfolgte. Bis etwa vor einem Jahr waren Störungen infolge ungenügender Schmiereignung im Flugmotor unbekannt, und es bestand keine dringliche Notwendigkeit für solche Messungen. Dem dringenden Wunsch nach einer solchen Prüfmöglichkeit wird aber in Zukunft Rechnung zu tragen sein. Zusammenfassend läßt sich sagen: Unterschiede der Schmiereignung verschiedener Öle (auch gleicher Zähigkeit) können sich praktisch auswirken, wenn man in das Gebiet der Grenzreibung kommt. Weil dies aber vielmehr werkstofftechnisch konstruktiv bedingt ist als Ölseitig, ist auch eine Errißung dieser Unterschiede der Öle wohl nur als eine Teilreaktion auf die auftretenden Schmierstörungen aufzufassen.

Wenn man zur Charakteristik des praktischen Schmierverhaltens die Eigenschaften von Frischölen verwendet, muß man berücksichtigen, daß schon eine sehr kurzzeitige Beanspruchung im Motor vor allem die physikalischen Eigenschaften der Öle grundlegend - meist in einer schmiertechnisch günstigen - Richtung verändern kann. Ebenso, wie eine richtige Analyse nur auf Grund einwandfreier Probenahme durchgeführt werden kann, weil selbst die beste Analyse bei falscher Probenahme zu Fehlschlüssen führt, muß die chemisch-physikalische Prüfung der Schmiereigenschaften von Ölen den Zustand berücksichtigen, in dem sich die Öle im Motor oder der Maschine auswirken. Da die Ölveränderung im Motor laufend geschieht, ist es zweifellos schwer, einen wirklich brauchbaren, d.h. maßgeblichen Grad der Ölveränderung festzulegen; solange keine weiteren Anhaltspunkte vorliegen, wird es sich begnügen müssen, mittels einer einfachen reproduzierbaren Methode eine thermisch-oxydative Alterung bestimmter Ausmaße anzuwenden, wie z.B. die 12-stündige 120-Grad-Alterung, als ist vorgesehen, auch für die Prüfung des Schmierverhaltens außer dem Frischöl selbst derart verändertes Öl zu verwenden.

Die Schmierwirkung im Gebiet der Grenzreibung wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Die Zähigkeit spielt definitionsgemäß keine Rolle. Dagegen wirken sich Molekulargröße, Gehalt an aktiven Schmierstoffmolekülen und Art und Zustand der Metalloberfläche wesentlich aus. Als Molekulargewicht (das für die Molekulargröße kennzeichnend sein möge) kann man bei Schmierölen nur einen Mittelwert annehmen, der aber keinen Anhaltspunkt für die größten im Öl vorhandenen Moleküle gibt. Es wird notwendig sein, die Zusammenhänge durch Kathodenvakuumdestillation oder durch eine andere geeignete Trennung weiter zu klären. Die Aktivität der Schmierstoffmoleküle ist bedingt durch Konstitution der Kohlenwasserstoffe, Anwesenheit polarer Gruppen und Art der im Molekül vorhandenen Elemente. Die Bedeutung der Konstitution wird sich weiter durch methodische Arbeiten vor allem bei den Kohlenwasserstoffen auswirken, aber gegenüber dem Einfluß polarer Gruppen und verschiedener Elemente im Molekül zurücktreten. Als polare Gruppen kommen besondere Sauerstoff- und Schwefelverbindungen in Frage. Sauerstoffverbindungen sind in arborantischen Fraktionen nur in geringem Ausmaß vorhanden, wie sich aus Elementaranalysen ergibt, die meist für Kohlenstoff und Wasserstoff einen fast konstanten Wert ergeben. Während der Verwendung im Motor wird aber das Öl oxydiert und bildet eine Reihe polarer Verbindungen.

2. Schwefelgehalt und chemisch-physikalische Eigenschaften der untersuchten Flugmotor- und Beschaufungsöle, sowie einiger anderer Öle

Die Eigenschaften der Beschaufungsöle, sowie der anderer untersuchter Öle sind in die Zusatztafeln 1, 2 und 3. um den Abschluß des Berichtes nicht zu verzögern, wurde darauf verzichtet, die fehlenden Messwerte zu bestimmen; die fehlenden Angaben werden zu einem späteren Zeitpunkt ergänzt werden, soweit dies notwendig ist.

Bei der Untersuchung ist zu bemerken: Die beiden praktisch verschieden beurteilten Öle 67/43 und 93/43 zeigten nach

spezifischer Gewicht, Grenzflächenspannung, Alterungsverhalten, sowie Schwefelgehalt merkliche Unterschiede, soda man einen Unterschied an Schmelzverhalten verstehen kann. Die Proben 185/43 und 245/43 zeigen dagegen in den untersuchten Eigenschaften nur an der Grenzflächenspannung einen gewissen Unterschied, der aber auch in kaum zur Erklärung der praktisch festgestellten Unterschiede führen kann. Die beiden Proben 132/43 und 133/43 sind als Nachlieferung von 67/43 u. 83/43; sie besitzen zwar etwas andere Eigenschaften als die erste Lieferung, weisen aber untereinander fast die gleichen Unterschiede auf wie bei der ersten Lieferung. Die zwei letzten Proben 212/43 u. 213/43 sind ebenfalls intern mit, weil sie sich in an und für sich nahezu Schwefelgehalt stark unterscheiden (0,62 und 1,32%).

3. Schmelzverhalten der untersuchten Proben.

Das schwierigste mit einwandfrei zu zahlende Angaben über die praktische Schmelzbarkeit von Schmelzblei zu erhalten, ist es und für sich groß, aber größer ist sie aber bei Flugrotorenblei und dabei noch so großes bei der Schmelzleistung. Dies liegt daran, daß der Schmelzprozess für diese Eigenschaften nicht einwandelbar ist, ist die Angabe des Verschleißes (z.B. vor Kolbenring) bei Flugrotoren kann man aber in der Praxis eine Aussage über die Überbringen nicht verlangen, soda man in dieser Hinsicht auf die beobachtungsnahe Auswertung angewiesen ist. Die in diesem Zusammenhang verwendeten Versuchsblei sind nur teils schon bei der DVL in Zylinderkopfstaub auf ihre Verschleißverhältnisse untersucht wurden (vgl. DVL-Bericht über Schmelzverfahren 1931, I. Teil, S. 103) teils also, die erfahrungsmäßig beurteilt werden können. Davon sind 83/43 und 67/43 wohl die wichtigsten, bei den ersten Fällen nämlich eine Reihe von Ausfällen vor, die nach dem Übergang auf den anderen verschwand. Die Proben 185/43 und 245/43 sollen ebenfalls eine schlechte und gute Qualität vorstellen, ohne daß genauere Angaben möglich sind; dieser Fall ist wohl weniger ernst zu nehmen als der erste. Angaben über die Schmelzverfahren werden hier nicht gemacht, sie sind erst für einen ausführlicher Bericht in Aussicht genommen.

Zahlenmäßige Angaben über den Kolbenringverschleiß motorisch verwendeter Blei sind nach DVL-Versuchen in Zahlent. 4

gemacht worden. In Laboratoriumsmaschinen wurden vor allem die beiden praktisch interessierenden Nr. 67/43 (133/43) und 83/43 (132/43) untersucht. Es ergab sich das Folgende:

a) Maschine von Bartel (VZI f. Physik. Chemie, Berlin-Dahlem):

Ul 67/43 ist dem Ul 83/43 eindeutig überlegen, wie die etwa 20% geringere Laif- oder Kuhreibung beweist (vgl. Abb. 1). Genaue Messungen der Ul 135/43 und 245/43 keinen deutlich Unterschied, aber erst ist die Richtung der zu erwartenden Entfernenswerte.

b) Vierkugelmachine, Fr. Has. bei 2,5 sec. Betrieb (DVL, BS):

Die Ul 67/43 und 83/43 zeigen weder frisch, noch nach 1000 Alterung im Air Ministry-Apparat einen Unterschied.

c) PTh-Maschine (Karl-Ludwig):

		Verschleiß 20°C	150°C
Ul 132/43 (83/43)	14	137	willkürliche Einheiten
Ul 133/43 (67/43)	11	118	

Entgegen der üblichen Annahmen zeigt das bessere Ul 133/43 geringere Abtragung als das schlechtere. Bei der Messung im Gebiet der Grenzreibung der LFB zeigte sich bisher meist höherer Metallverschleiß (spez. Metall-abtragung) bei den praktisch gut bewährten Ul.

d) Verschiebungsmaschine nach Cietel-Nohl (Fr. Brockstedt, Stutt. art):

Die Versuche wurden von Fr. Brockstedt durchgeführt; das Ergebnis war bei noch weniger anzugelassenen Bedingungen mit Gußeisen-Ul

	Verschleiß in mm Laufweg	Minimale Werte
Ul 67	0,334	0,034; 0,330; 0,035
Ul 83	0,357	0,051; 0,516; 0,056

Das bessere Ul 67/43 gibt also einen deutlich geringeren Verschleiß als das schlechtere Ul 83/43. Diese Versuche sind aber nur als vorläufige Ergebnisse zu werten. Denn einerseits waren vornehmene - wohl infolge einer Maschinenstörung - widersprechend, andererseits müssen die jetzigen Messungen noch erbartet werden.

Gaschine	Vol. Leitwand	(Rumänia-Ossag)	Filmbildung
132/43	(83)		Beginn
			394°C
133/43	(87)		Voll
			289 "

Das bessere Öl ergibt also tatsächlich eine höhere Temperatur für die Filmbildung, der Unterschied ist aber sehr klein und dürfte innerhalb der Fehlergrenzen liegen.

4. Schmierverhalten, Schwefelgehalt u. andere Eigenschaften.

Außer den vorhandenen Unterlagen ist eine Beziehung zwischen Schwefelgehalt und Schmierverhalten nur in wenigen Fällen aufstellbar. In der Folge sind die besprochenen Ergebnisse, sowie einige chemisch-physikalischen Eigenschaften zum Schwefelgehalt in Beziehung gesetzt.

a) Schwefelgehalt u. Verschleißverhinderung im Motor:

Die Beziehung zwischen beiden Werten zeigt die Abb. 2. Man ist zu bemerken, daß das Rizinusprodukt Kompressol infolge seiner ganz anderen chemischen Zusammensetzung naturgemäß aus der Reihe fallen muß. Auch für das Öl V₁ rein synthetischer Herkunft, sowie das ebenfalls rein synthetische Öl B spielt der grundsätzlich nicht mit natürlichen Ölen vergleichbare Aufbau wohl eine gewisse Rolle. Berücksichtigt man dies, so ergibt sich eine unverkennbare Zunahme der Schmier-eignung (des Verschleißverhindernden Wertes) mit zunehmendem Schwefelgehalt. Da noch andere Faktoren zusätzlich mitspielen, ist anzunehmen, und es wird notwendig sein, sie in Zukunft weiter zu untersuchen.

In der Abb. 3 sind außer dem Schwefelgehalt einige physikalisch-chemische Eigenschaften der Öle zu dem Kolbenringverschleiß in Beziehung gesetzt, die bei Prof. Wolf, Halle, bestimmt wurden. Leider ordnen sich die Öle so an, daß sie in zwei Gruppen zusammengefaßt sind, während eines einen extremen Verschleißwert aufweist, sodaß die durchgezogene Verbindungslinie auf längere Strecke keinen Bezugspunkt enthält. Haftarbeit und Oberflächenspannung nehmen mit steigendem Verschleiß ab, während die Grenzflächenspannung gegen Quecksilber eher zunimmt. Vergleicht man mit diesen Kurven die Be-

ziehung Schwefelgehalt, Vorseife, und berücksichtigt man, da Kompress. Wert seiner ganz anderen Konstitution mit dem Mineralöl nicht ohne weiteres verglichen werden darf, so ist die Übereinstimmung mindestens ebenso gut. Danach kann man also die rasch durchführbare und einfache Bestimmung des Schwefelgehaltes zur Orientierung über das Schmierverhalten des Öls mit der gleichen Berechtigung anwenden, wie die exakter physikalischen Verfahren. Der Grund dafür ist wohl darin zu suchen, da das Öl im Gebrauch stark verändert werde, so daß soda. die Frischdaten keinen Aufschluß über das praktische Verhalten zu geben brauchen. So können die physikalischen Eigenschaften der Öle in der Gebrauchsschmierölart ganz anders sein als bei den durchgeführten Versuchs-

b) Kuhnreibung nach Bartel:

Das Ergebnis der Kuhnreibungsmessung nach Bartel zeigt, da auch Öl 67/93 mit 0,20% S eine wesentlich geringere Kuhnreibung ergibt als das Öl 93/43 mit 0,09% S. Weitere Untersuchungen sind erst abgewartet worden, die diese Übereinstimmung zwischen S-Gehalt und Kuhnreibung bestätigen. Ein Vergleich des bestehenden Resultat zeigt die Abb.1 in den Bl. 155/43 und 245/43, da die Kurven trotz fast genau gleicher Schwefelgehalte verschieden laufen. Die Untersuchung des Öl-Eigenschaften Typarax A. Superior aus der Benzol-lösung adsorbierbare Stoffe ergab, da das erste Öl 1,30%, das zweite Öl 0,7% harter Stoffe enthielt. Möglicherweise ist das verschiedene Schmierverhalten hierin begründet; ebenso, da Schwefelverbindungen aber weisen da auch Sauerstoffverbindungen der stark ungesättigten Verbindungen erhöhte Aktivität auf. Die Versuche in dieser Richtung werden fortgesetzt.

c) Vorseife nach Cressel-Nichl:

Der Vorseife nach Cressel-Nichl keinen blinden Schluß zu, doch ist der Vorseife-Wert bei höherem Schwefelgehalt geringer.

d) Korrosion an der Vollkugell-Laschine:

Die Korrosion an den untersuchten Ölen abgewartet liegen, ist die

1. Mittr. Mitt. f.d. Mitglieder d. Arbeitsgruppe Schmier-Technik des VDI 1947

Unterscheidungsmöglichkeit des Gerätes für Öle mit verhältnismäßig niedriger Druckfestigkeit ungenügend, weil es für die Bewertung von Hochdruckschmiermitteln gebaut ist.

e) Verschleiß nach ITR:

Die Beurteilung widerspricht der praktischen Erfahrung.

5. Anwendung von Schwefelverbindungen in Schmierölen.

Wie schon erwähnt, enthalten die Schmieröle alle mehr oder weniger Schwefel, der teils in den Naturprodukten enthalten ist, teils absichtlich zugegeben wird. Der mit der Zugabe verfolgte Zweck ist ein verschiedener: man kann sowohl die Druckfestigkeit steigern als die Oxydation, das Ringstecken oder den Korrosionsangriff auf die Motorbauteile verhindern. Eine sehr kurze Übersicht zeigt andeutungsweise, wie vielfältig die verwendeten Schwefelverbindungen sind, und daß dies schon bei geringen Zusatzmengen in Frage kommen.

Schwefelverbindungen als Motorenölzusätze.

<u>Zusatzzweck</u>	<u>Zusatzart</u>	
Pillbildung	Alkylthiophosphite	0,02-1,0%
	Thiocarbonate	-
	Alkylidiphenylsulfid	-
	Heterocyklische S-Verbindungen	-
	Dithioacetone	-
	Polysulfide	8-25 %
Oxydationsschutz	geschwefelte KE u. Olefine	1-15%
Oxydationsschutz	Alkylphenolsulfide	0,1-1 %
	organische Disulfide	-
Korrosionsschutz	Alkylmercaptothiazol	0,01-0,5%
	Thiodiphenylamin	0,2-1 %
	Thioamine	-
	Alkylthiocyanate	-
	Di(tetra)alkylsulfid	0,05-0,5%
Ringsteckverhinderung	Thioamine	-
	Methylsulfochlorid	5 %

Die Schwefelverbindungen werden zur Erhöhung der Druckfestigkeit zwar vielfach für sich verwendet, es kommt aber auch vor, daß man noch Natrium oder andere aktive Atome einbaut oder gleichzeitig Verbindungen verwendet, die solche Atome enthalten. Schwefelverbindungen haben also ganz allgemein sehr

große Bedeutung für das praktische Verhalten, besonders für die Schmierleistung der Schmierstoffe. Solange für die Kennzeichnung der Schmierstoffe kein einwandfreies unmittelbares Maß besteht, ist es ratsam, ein Wert, den Schwefelgehalt der Schmierstoffe zu überwachen und festzustellen. Natürlich werden die Schwefelverbindungen nach der Bindungsart des Schwefels in verschiedenen Fällen eine Bedeutung auf die Frage der Reaktivität noch weiter wachsendes Wissen. Tatsache ist, daß man der bisher nur bei Schmiermitteln interessierenden "filmbildenden" Verbindungen, insbesondere den Schwefelverbindungen, die sich auch bei den bisher daraufhin gar nicht untersuchten Mineralölen wird erhöhte Aufmerksamkeit schenken müssen. Dies hat darauf zurückzuführen, daß die reaktiv und verstofflos bedingten Beanspruchungen des Öls derzeit in ein Grenzgebiet gelangt sind, in dem sich die Schmierleistung nur geringfügig in stärkerem Ausmaß bemerkbar macht.

6 Zusammenfassung und Forderungen.

Die Besenaffensflugmotorenöle und die sonst praktisch verwendeten Schmieröle verschiedener Art weisen in ihrer Schmierverhalte unterschiede auf, die nur z.T. auf den chemischen Aufbau (Substitution) der Kohlenwasserstoffe, vielmehr jedoch auf aktive Gruppen im Öl zurückzuführen sind. Unter diesen aktiver Gruppen sind Sauerstoffverbindungen wohl nur in geringem Ausmaß vorhanden, eine wichtige Rolle dürfte aber Schwefel in verschiedener Bindungsform spielen. Solange es keine allgemein brauchbare Methode zur Messung der Schmierleistung gibt, empfiehlt sich die Verwendung des Schwefelgehaltes zur ungefähren Beurteilung der Schmierleistung; die bisherigen Versuche stützen diese Annahme.

Um weitere Unterlagen für den Zusammenhang zwischen praktischem Schmierverhalten und Schwefelgehalt im Vollmotor zu bekommen, erscheinen Versuche im Vollmotor dringend notwendig, bei denen der Lagerszustand sorgfältig überwacht und zur Bewertung der Öle als Maß verwendet wird. Versuche die-

ser Art sind zwar auf einer Prüfstandsmotor durchführbar, doch sind Laufversuche größerer Verbände mit Motoren gleicher Bauart und gleicher Beanspruchung viel beweiskräftiger.

Als Weg zur Erzielung einheitlicher Schmiereignung ersehen sich nach der angestellten Überlegungen zweierlei: Mischung von Ölen mit verschiedenen Schwefelgehalt (=Schmier-eigenschaften) und Vorabe von definierten "filmbildenden" Schwefelverbindungen mit einem geringen Schwefelgehaltes.

Die Auswahl einer "filmbildenden" Schwefelverbindung muß die Auswirkung folgender Eigenschaften berücksichtigt werden:

- a Alterungsbeständigkeit und Rückstandsbildung
- b Korrosion
- c Schmutz

Zeitliche Gründe sprechen für die Anwendung des Zinn-schwefel-reicher als zu schwefelarmen statt jener von Zusatz reinen Schwefelverbindungen; denn bisher war ja schon verfahrensmäßig die Verwendung der verschiedenen Qualitäten Notring bzw. Öl in Mischung miteinander zugelassen, sodass die Frage der Verwendbarkeit solcher Gemische nicht erneut geprüft werden mußte. Das Verhalten von Zusätzen müßte aber erst in allen Fällen untersucht werden und wohl auch in Gemischen verschiedener Art, sodass genügend Versuchsunterlagen erst nach sehr langer Zeit verfügbar wären.

Als versuchslos zur Klärung der Frage kommt in Betracht ein Gemisch aus 607 (960, 1060, 1160) und Notring 6000. (Schwefelgehalte von etwa 0,08% und 1,1%) In zweiter Linie wäre eine solche Mischung aus 707 und 807 zu untersuchen. (C)

Zahlentafel 1

Öle und Fertigprodukte.

Beseichnung S Gemisch aus SS Hersteller	960 906+607 IG Shell		1060 1006+607 Shell Shell		1160 1106+607 Pöl.Shell		970 906+707 IG-Vac.		1070 1006+707 Shell-Vac.		1170 1106+707 Pöl.Vac.	
Eing.-Nr.	47/43	Zunahme	138/43	Zunahme	159/171/43	Zunahme	193/19/43	Zunahme	160/193/43	Zunahme	171/193/43	Zunahme
Frischöl												
Farbe (Durchsicht)	hellrotbr.		hellgelb		rotbraun		hellbraun		hellbraun		rotbraun	
Spez.Gew. (20°C)												
Frischöl	0,8780		0,8870		0,8818		0,8718		0,8802		0,8760	
Oxydiertes Öl	0,8953	+0,0173	0,9060	+0,0190	0,8996	+0,0178	0,8889	+0,0171	0,8902	+0,0160	0,8892	+0,0132
Refraktion n _{D20}												
Frischöl	1,4859		1,4910		1,4884		1,4827		1,4880		1,4855	
Oxydiertes Öl	1,4910	+0,0051	1,4917	+0,0007	1,4936	+0,0054	1,4894	+0,0067	1,4923	+0,0043	1,4911	+0,0056
Schwefel %	0,07		0,09		0,08		0,55		0,55		0,55	
Viskosität cSt												
0°C	1241		795		616		687		594			
20 "	135		121 ¹⁾		121		116		110			
37,8°C	40,9		35,6		37,0		34,8		33,3			
50 "	19,5		17,7 ¹⁾		19,4		18,1		17,7			
100 "	2,74		2,82		3,58		2,97		3,05			
150 "	1,47		1,50		1,60		1,55		1,57			
Viskosität cSt												
0°C	9400		6020		5050		5200		4500			
20 "	1021		920 ¹⁾		916		880		830			
37,8°C	310		270		280		265		252			
50 "	148		134 ¹⁾		147		137		134			
100 "	18,8		19,5		26,0		20,8		21,5			
150 "	5,86		6,30		7,48		6,80		7,13			
Reihöhe	2,3		1,95		1,7		1,8		1,7			
Richtung	3,6		3,40		3,18		3,20		3,2			
Index	10		96		über 100		103		108			
Neutr.-Zahl												
Frischöl	0,00		0,00		0,01		0,01		0,02		0,02	
oxydiertes	3,0		3,2		3,4		2,5		1,5		2,1	
Verseif.-Zahl												
Frischöl	0,12		0,07		0,00		0,06		0,00		0,22	
Oxydiertes	15,1		16,7		14,6		12,9		6,4		8,7	
Verkohg. n. 100°C												
Frischöl	0,13		0,20		0,17		0,14		0,20		0,14	
Oxydiertes Öl	1,4		1,3		1,21		1,47		0,89		1,15	
Schaumblasen (ml)												
Frischöl	34		22		22		21		24		17	
Oxydiertes Öl	100		98		78		94		31		45	
Harz n. Noack	1,20		1,31		1,84		1,43		1,10			
Grenzflächenenergie	4,24		3,36		3,53		3,39		3,18			

1) Es wurde für die Untersuchungen SS 1060 (Eing.-Nr. 138/43) verwendet, da 137,43 verbraucht war
 2) Es wurde für die Untersuchungen SS 980 (Eing.-Nr. 184/43) verwendet, da 137,43 verbraucht war

Die Werte der Viskositäten bei 0, 37,8, 100 und 150°C sind durch Extrapolieren erhalten.

980 906+807 IG Nerag 137/43	1080 1006+807 Shell Nerag 158/160/43	1180 1106+807 P&L Nerag 306/42	Flugmo- torenöl Winters- hall AG. 114/43
Zunahme	Zunahme	Zunahme	Zunahme
hellbr.	hellbraun	mittelbr.	hellbr.
0,8712 0,8943 +0,0231	0,8789 0,8902 +0,0113	0,8746 0,9054 +0,0308	0,8920 0,8973 +0,0053
1,4820 1,4907 0,28 +0,0087	1,4871 1,4915 0,27 +0,0044	1,4848 1,4963 0,23 +0,0115	1,4921 1,4939 0,29 +0,0018
865 122 38,1 18,7 2,90 1,52	541 101 30,9 16,6 2,88 1,55	541 105 34,8 17,7 3,11 1,60	
6550 923 289 149 20,2 6,52 1,98 3,40	4100 768 234 126 20,0 6,80 1,71 3,22 1,06	4100 799 265 134 22,1 7,43 1,63 3,13 1,13	
3,2	0,01 1,4	0,00 3,8	0,02 0,82
0,22 17,0	0,11 11,7	0,74 20,6	0,17 5,0
1,09	0,22 0,92	0,30 2,20	0,24 0,64
31 82 1,40 3,23	16 48 1,40 3,77	30 120 2,35 3,23	0 0 3,24

Zunahme	180 H Nerag 146/43	Zunahme	Rotring N 43 DV A.G. Bremen 192/43	Zunahme	Rotring C 52 DV A.G. Kolin 205/43	Zunahme
	hellbraun		dunkelgelb		hellbraun	
+0,0053	0,8922 0,9005	+0,0083	0,8943 0,9039	+0,0096	0,8926 0,8982	+0,0056
+0,0018	1,4921 1,4947 0,52	+0,0026	1,4943 1,4989 1,11	+0,0046	1,4922 1,4941 0,14	+0,0019
			752 113 33,0 16,9 2,71 1,49		634 112 33,0 16,9 2,82 1,51	
			5700 855 290 128 18,5 6,06 1,98 3,42 33		4800 847 250 128 19,5 6,43 1,85 3,33 102	
	1,40		1,40		1,10	
	0,34 6,7		0,17 6,2		0,11 7,0	
	0,13 0,71		0,23 1,11		0,23 0,74	
	0 0		26 54 1,43 3,99		27 53 1,41 3,96	

Zahlentafel 2

Werte in Prozenten des auf 100 gesetzten Wertes

	NA 200	NE II	NA 200	Polymere	Leber	W	W	W	W
Fluoreszenz	405,36	423,41	100	100	100	100	100	100	100
Dielektive	Flex	Intevo	Flex	Intevo	WPG	WPG	WPG	WPG	WPG
Spez. Gewicht	0,935	0,991	0,996	0,997	0,996	0,916	0,959	0,993	0,990
Refraktion	1,5200	1,4923	1,4923	1,4923	1,4919	1,5032	1,473	1,4884	1,4937
Visk. bei 20°C	166	170	105	105	105	151	112	195	110
" 50 "	18,6	19,0	17,2	17,2	17,2	16,5	17,9	25,2	17,9
" 100 "	2,59	2,82	2,85	2,85	2,85	2,36	2,62	3,40	3,10
" 150 "	1,42	1,52	1,55	1,52	1,55	1,38	1,44	1,61	1,57
Viskositätspolhöhe	2,49	1,88	1,87	1,88	1,87	2,89	2,32	1,93	1,73
Viskositätsindex	68	97	100	104	100	-	-	92	112
Stockpunkt	-	-16	-19	-23	-19	-28	-29	-15	-13
Flammpunkt	271	272	259	275	259	235	292	232	230
Brennpunkt	318	323	308	323	308	275	329	267	265
Neutralisationszahl mg KOH/g	0,06	0,04	0	0,04	0	0,11	0,73	0,19	0,19
Verseifungszahl mg KOH/g	1,48	0,19	0,20	0,19	0,09	8,3	155,6	0,19	0,29
Conradsonstest v.I.	1,04	0,31	0,16	0,31	0,79	0,16	0,21	0,36	0,40
Ramsbottomtest v.II.	-	-	-	-	0,60	-	-	0,25	0,31
S-Gehalt	1,04	0,39	0,07	0,39	0,12	1,22	0,03	0,34	0,47

24.7.43
Ds.
26968

Zählentwurf 5

10 mm der ...

Abbezeichnung	Compres	Rotrin	Rotrin	Rotrin	Rotrin	Rotrin	Rotrin	Rotrin	Rotrin
Eingangs-Nr.	183/39	57/43	83/43	123/43	83/43	132/43	132/43	132/43	132/43
Spez. Gew.	0,9594	0,9777	0,9777	0,9777	0,9777	0,9777	0,9777	0,9777	0,9777
Refraktion	1,477	1,477	1,477	1,477	1,477	1,477	1,477	1,477	1,477
Viskosität	1150	135	135	135	135	135	135	135	135
Polhöhe	17,9	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
Richtungsfaktor	155,6	3,62	3,62	3,62	3,62	3,62	3,62	3,62	3,62
Stockpunkt	292	274	274	274	274	274	274	274	274
Flammpunkt	329	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Neutra.-Zahl	0,73	0,27	0,27	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Verseif.-Zahl	155,6	0,005	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Asche	0	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Verkokung Conradson	0,21	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Verkokung Ramsbottom		0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Grenzflächenspannung		23	23	23	23	23	23	23	23
Schwefel									
Schaumblasen									
Alterung m. Air Ministry									
Spez. gew.									
Refraktion									
Neutr.-Zahl									
Verseif.-Zahl									
Ramsbottom									

26969

Zusientafel 4

Erweiterbarkeit und Verfallszeitveränderungswert
einiger Le.

Verf. d. Le.	Erweiterbarkeit	Verfallszeitveränderungswert
Kompresseur	1,003	96
Ölwanne	1,006	23
Leuchte	1,007	41
Leuchte	1,012	52
Leuchte	1,017	51
Leuchte	1,024	67
Leuchte	1,029	50
Leuchte	1,037	9
Leuchte	1,044	91
Leuchte	1,052	91

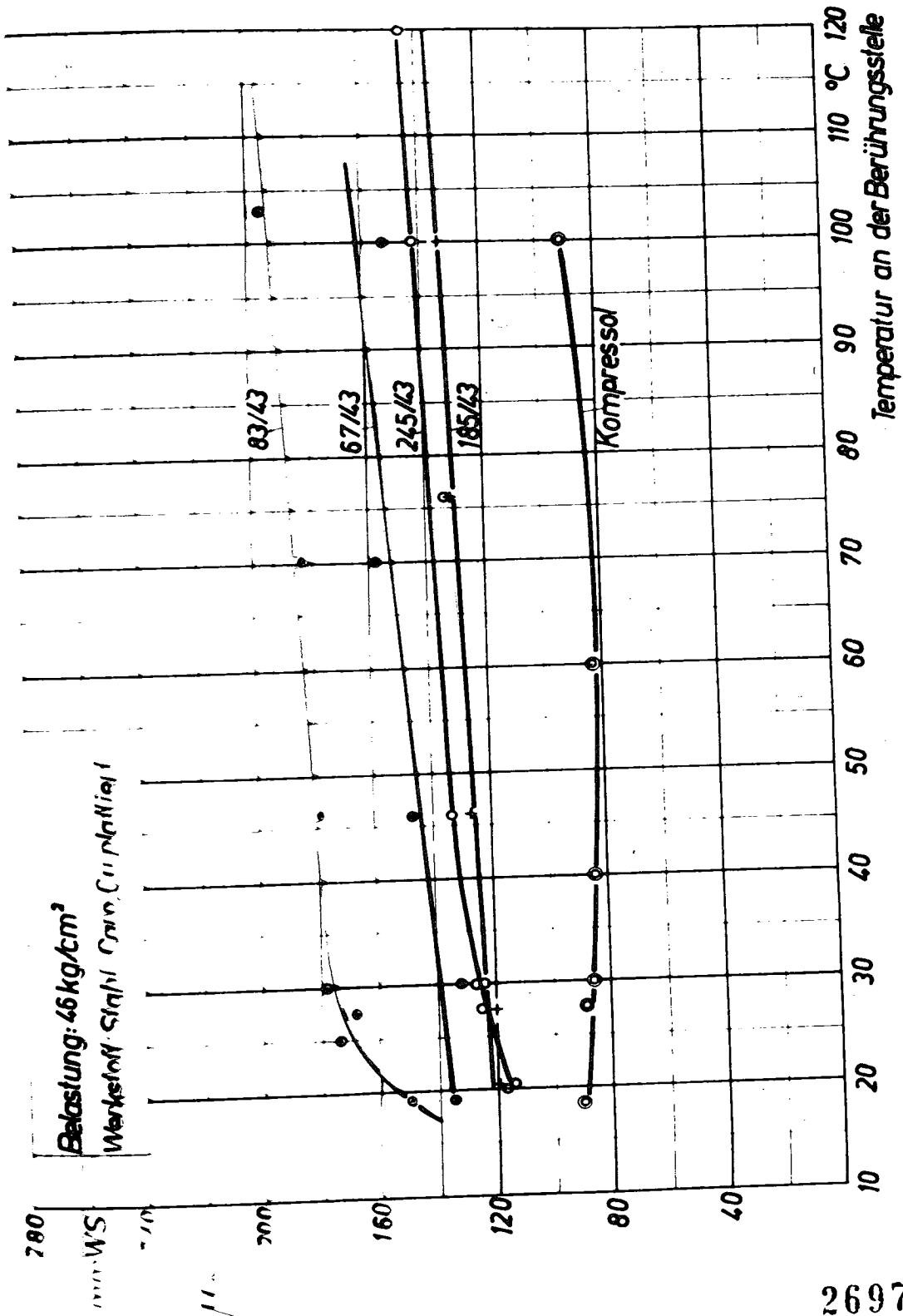


Abb. 1: Ruhrreibung von 5 Ölen nach Bartel

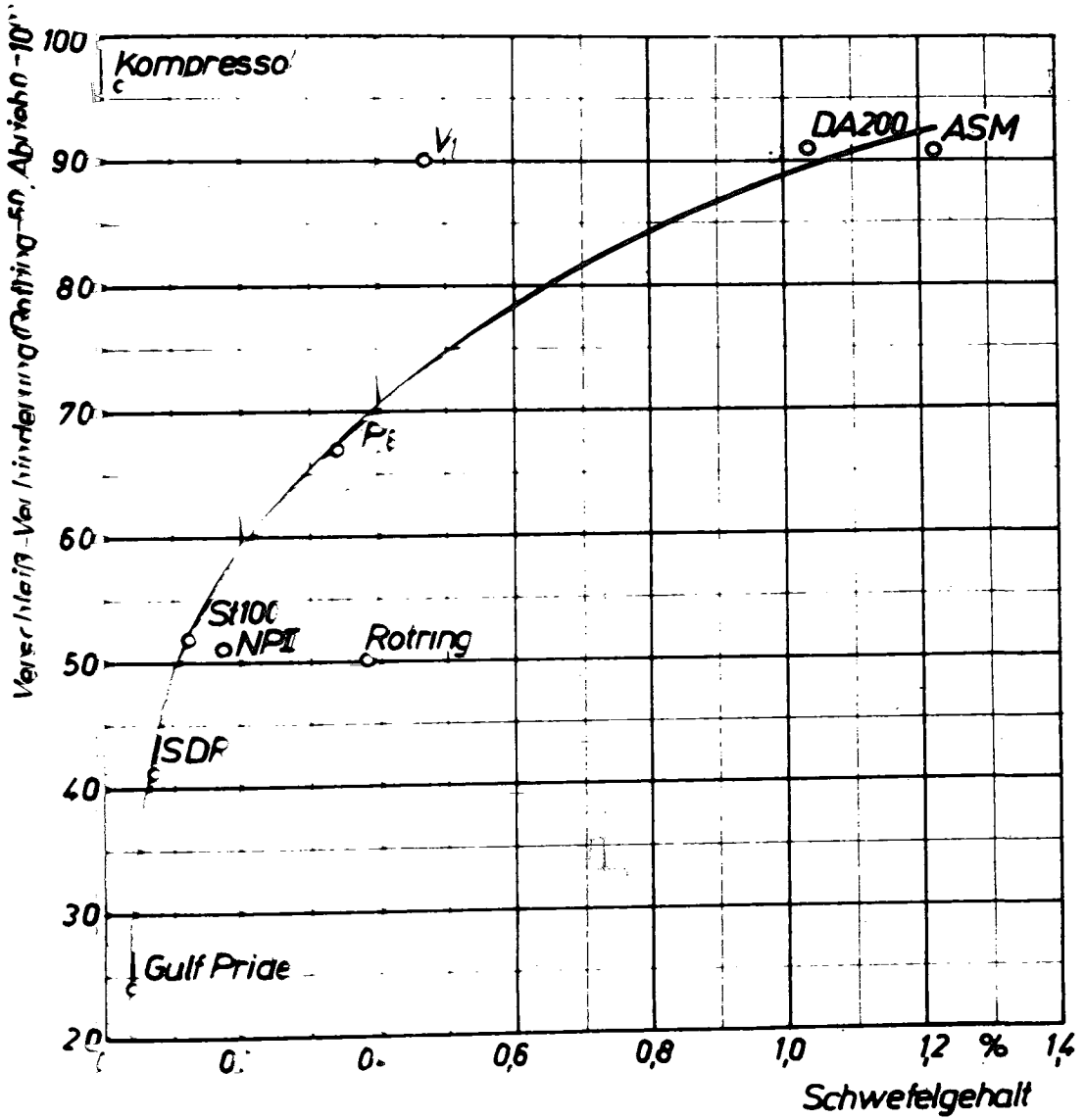


Abbildung 1: Schwefelgehalt und Verschleißverhinderung einiger Öle.

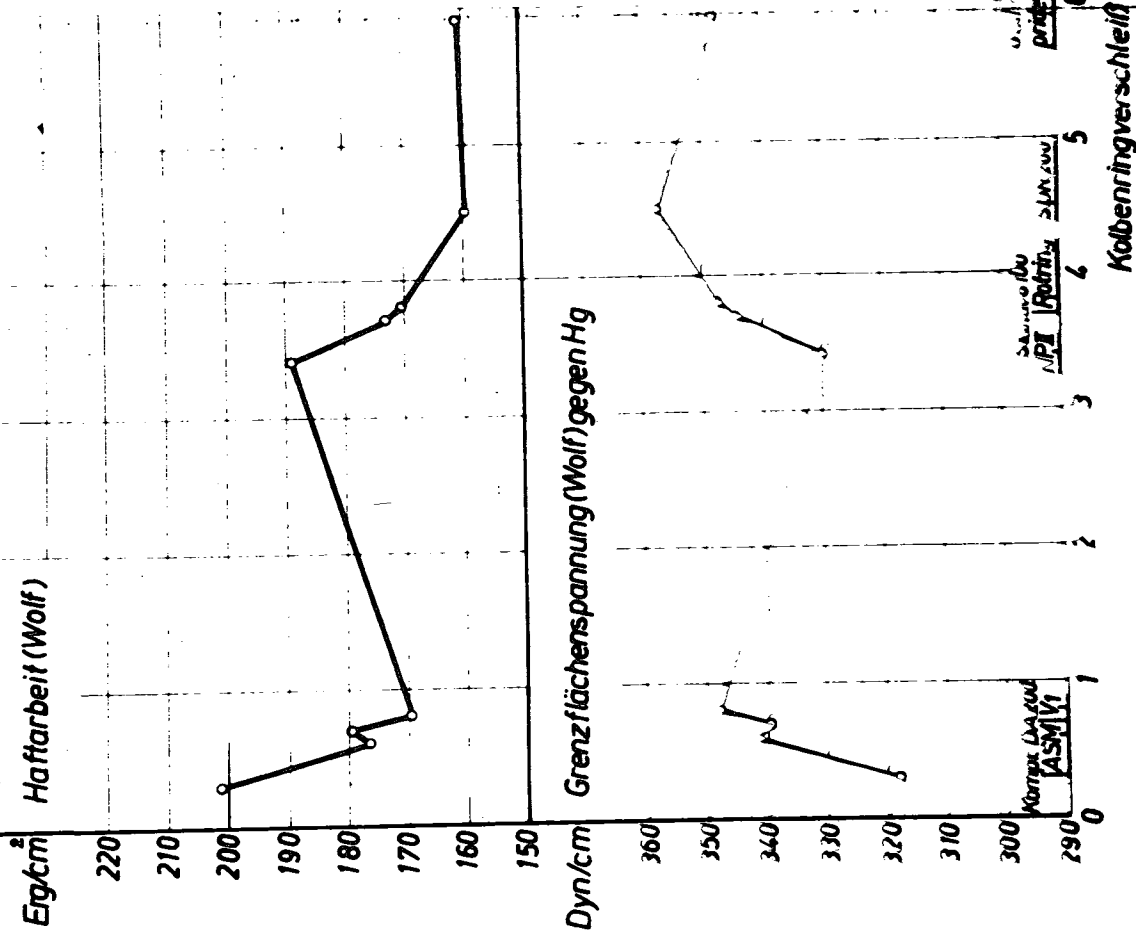


Abb. 2. Hubraumverwechslung und andere Eigenschaften von Ölen

