

**Streng vertraulich**

63

000564

**Deutsche Luftfahrtforschung**

**Forschungsbericht Nr. 804**

*Untersuchung eines synthetischen Schmieröles der Ruhr-Chemie A.-G.*

*im heißgekühlten Einzylinder-Versuchsmotor*

*K. Dehn*

Verfaßt bei

**Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V.**

**Institut für Betriebstoffforschung**

**Berlin-Adlershof**

Zentrale für wissenschaftliches Berichtswesen bei  
der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V.,  
Berlin-Adlershof. Fernruf: 63 82 11

000565

Dieser Bericht ist streng vertraulich zu behandeln.  
Wer diese Geheimhaltungspflicht verletzt, setzt  
sich der Gefahr strafrechtlicher Verfolgung und  
schwerer Bestrafung aus.  
Panzerverschluß erforderlich!

000566

Untersuchung eines synthetischen Schmieröles  
der Ruhr-Chemie A.-G. im heissgekühlten  
Einzyylinder-Versuchsmotor.

Übersicht: Mit dem synthetischen Schmieröl der Ruhr-Chemie wird ein Dauerlauf im heissgekühlten Einzyylinder-Versuchsmotor bis zum Festgehen der Kolbenringe durchgeführt. Die Ergebnisse werden mit denen anderer Schmieröle, die sich im Flugmotorenbetrieb bereits bewährt haben, verglichen.

Gliederung: I. Einleitung

II. Betriebstoffe

1. Kraftstoffe
2. Schmierstoffe

III. Versuchsdurchführung und Ergebnisse

1. Vergleichslauf mit "Stanavo 140"
2. Dauerlauf mit dem Öl der Ruhr-Chemie
3. Schmierölveränderung
4. Abrieb der Kolbenringe
5. Ölverbrauch
6. Verhalten des Versuchsöles bei anderen Dauerläufen

IV. Zusammenfassung

Der Bericht umfaßt:

-21 Seiten mit  
8 Abbildungen

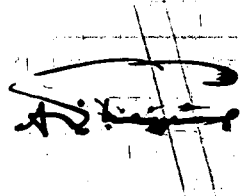
Institut für Betriebstofforschung  
der  
Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E.V.

Der Bearbeiter:

*K. Dehn*

K. Dehn

ges.:



Berlin-Adlershof, den 16.4.37  
BS 10/186

I. Einleitung.

Auf Grund von Laboratoriumsuntersuchungen und der Laufzeit im Siemens-Ölprüfmotor muß man annehmen, daß das synthetische Schmieröl der Ruhr-Chemie A.-G., Holten, ein vorzügliches Flugmotorenöl für hochbeanspruchte Flugmotoren ist. Um dies zu überprüfen und insbesondere über das Verhalten des Schmieröles im Dauerbetrieb Aufschluß zu bekommen, ist ein Dauerlauf im Einzylinder-Versuchsmotor mit heißgekühltem BMW VI-Zylinder durchgeführt worden.

II. Betriebsstoffe.

Die Laboratoriumsuntersuchungen der Betriebsstoffe, die für den vorliegenden Dauerlauf und für den als Vergleichsbasis dienenden Versuchslauf mit dem Schmieröl "Stanavo-140" verwendet wurden, sind im folgenden zusammengestellt:

1. Kraftstoffe.

	Dauerlauf 36 mit Öl d. Ruhr-Chemie	Dauerlauf 9 mit "Stanavo 140"
Bezhg. des Kraftstoffes:	Fliegerbenzin OZ 87	Stanavo 87
Lieferfirma :	Olex (Eing.Nr.258/36)	DAPG
Dichte b. 20°C (kg/l):	0,731	0,728
Refraktion :	1,4096	1,4070
Verharzung (Glas- schale) (mg):	3,3	4,0
Schwefelge- halt (%) :	0,03	0,01
Jodzahl :	3,3	1,2
Octanzahl :	87,3	87,6
Gehalt an Bleitetraethyl (Vol.%) :	0,083	

Dauerlauf 36<sub>II</sub> Dauerlauf 9

Destillation nach ASTM-Methode

Siedebeginn (°C)	38	68
Destillat bis 50°C (Vol.%)	2,0	-
60 " "	5,5	-
70 " "	11,5	1,0
80 " "	21,0	11,4
90 " "	33,0	41,2
100 " "	49,5	69,0
110 " "	66,0	87,4
120 " "	80,0	94,4
130 " "	88,5	97,6
140 " "	94,0	-
150 " "	97,0	-
Siedeende (°C)	152	134
Rückstand (Vol.%)	1,4	1,5
Verlust ( " )	1,0	0,3

2. Schmierstoffe

a) Versuchsöl der Ruhr-Chemie, A.-G., Oberhausen/Holten

Bezeichnung: SO 2001 (verbesserte Qualität)

Eing.-Nr. : 41/36 (Analyse) u. 255/36 (Dauerlauf)

Das für die Analyse und für den Dauerlauf verwendete Öl "41/36" und "255/36" sollte in gleicher Qualität geliefert sein. Bei den folgenden Untersuchungsergebnissen sind die Werte für 255/36 in Klammern angegeben.

Farbe: rotbraun, leicht fluoreszierend

Geruch: mild

Dichte b. 20°C (kg/l) : 0,863 (0,870)

Refraktion : 1,4804 (1,4837)

Visk. b. 50°C (°E) : 21,7 (22,5)

" " (Cp) : 139 (145)

Feste Fremdst. (Gew.%) : 0,0

Asche { " } : 0,0

Asphalt { " } : 0,0

Neutralisationsz. (mg KOH/g) : 0,0

Verseifungszahl ( " ) : 0,0

Verkokung nach Ramsbottom : 0,30 (0,34)

DVL-Alterung : Flüchtigkeit (275°C) % 79,0

Asphalt " 8,8

Alterungsprüfung (Mir Ministry)

	ursprüngl. Öl	gealt. Öl	Zunahme
Spez. Gew. b. 20°C	0,863	0,893	0,030
Visk. b. 37,8°C °E (Cp)	44,5(287)	150(1002)	237(249)
" " 50 " " ( " )	21,7(139)	64,7( 429)	198(208)
Verkokung nach Ramsbottom	0,30	0,82	0,52

b) <u>Vergleichsöle</u>		Dauerlauf 9	Dauerläufe 41, 44 u.45
Bezeichnung	:	Stanavo 140	Grünring
Lieferfirma	:	DAPG	DVOAG
Dichte b.20°C (kg/l)	:	0,892	0,883
Refraktion	:	1,4964	1,4879
Visk.b.50°C (°E)	:	30,1	21,6
" " (Cp)	:	199,4	141,4
<u>Feste Fremdstoffe</u> (Gew.%)	:	0,0	0,0
Asche ( " )	:	0,0	0,0
Asphalt ( " )	:	0,0	0,0
<u>Neutralisations-</u> zahl (mgKOH/g)	:	0,0	0,0
<u>Verseifungsz.</u> "	:	0,0	0,0

### III. Versuchsdurchführung und Ergebnisse.

Der Versuchslauf wurde an einem DVL-Einzylinder-Versuchs-  
motor durchgeführt, der mit Zylinder und Kolben des BMW VI-  
Motors, Reihe 7, ausgerüstet war. Die Versuchsdurchführung  
erfolgte in der gleichen Weise wie bei den Dauerläufen, die  
in den DVL-Bericht "PB 172 Dehn/Glaser, Verwendung von Mo-  
torencenzol in stark wärmebelasteten Flugmotoren" beschrie-  
ben sind. Einer dieser Versuchsläufe, der mit Fliegerbenzin  
OZ 87 und dem Schmierstoff "Stanavo 140" durchgeführt wurde,  
soll für den vorliegenden Versuchslauf als Vergleichsbasis  
dienen.

#### 1. Vergleichslauf mit "Stanavo 140" (Dauerlauf 9)

Für den Vergleichslauf wurde benzolfreies "Stanavo 87"  
(s.S.2), als Schmieröl das im heißgekühlten BMW VI-Motor be-  
währte "Stanavo 140" verwendet (s.S.4). Die Betriebsbedingun-  
gen bei dem Dauerlauf waren folgende:

Leistung	je 4 1/2 Std. 45 PS bei n=1590 U/Min.
Kraftstoffverbrauch (g/PS <sub>eh</sub> ): 245	je 1/2 Std. 50 PS bei n=1650 U/Min.
" (kcal/PS <sub>eh</sub> ): 2560	
Temperatur des Kühlmittels am Austritt (°C): 14	

Öltemperatur am Austritt ( $^{\circ}\text{C}$ ) : 8t  
Zündung ( $^{\circ}\text{v.o.T.}$ ) : 20  
Verdichtungszahl : 6,8

Temperatur in der Mitte des Kolbenbodens (durch Schmelzstifte bestimmt) ( $^{\circ}\text{C}$ ) : zwischen  $290^{\circ}$  und  $305^{\circ}$

Der Versuchsverlauf ist aus Abb.1 zu ersehen. Der Dauerlauf wurde nach 6374 Std. abgebrochen, da infolge wiederholter Leistungsabfälle anzunehmen war, daß ein oder mehrere Kolbenringe festgegangen waren. Der Befund ergab, daß der oberste Ring von  $70^{\circ}$  bis  $170^{\circ}$ , der 2. Ring von  $70^{\circ}$  bis  $175^{\circ}$  festsaß. Die Ringe 3 und 4 waren frei. Die Öllöcher des Ölabbstreifringes waren teilweise zugesetzt. Im übrigen war der Zustand des Motors normal. Während des Versuchslaufes waren nach 10, 25, 35, 50 und 60 Stunden, sowie kurz vor dem Abstellen des Motors Ölproben aus der Rücklaufleitung entnommen worden.

## 2. Dauerlauf mit dem Öl der Ruhr-Chemie (Dauerlauf 36<sub>II</sub>).

Da das für den Vergleichslauf mit "Stanavo 140" verwendete Fliegerbenzin OZ 87 später nicht mehr benzolfrei vorhanden war, wurde ein Fliegerbenzin OZ 87 der "OLEX", dessen Dichte der des früher benutzten "Stanavo 87" entsprach, verwendet. Die Ergebnisse der Laboratoriumsuntersuchung für diesen Kraftstoff und für das verwendete Schmieröl "SO 2001 (verbesserte Qualität)" sind auf S.2 und 3 angegeben. Die Betriebsbedingungen für diesen Dauerlauf sind die gleichen wie die des Vergleichslaufes (s. S.4). Bei dem Versuchslauf wurde ebenfalls ein neuer Zylinder und Kolben mit Kolbenringen "Goetze F 11" verwendet. Nach einer Einlaufzeit von 13 Stunden wurden Zylinder und Kolben abgebaut, gereinigt und vermessen. Auch das Motorgehäuse und die Ölleitungen wurden vor Beginn des Dauerlaufes sorgfältig gesäubert.

Der Versuchsverlauf ist in Abb.2 dargestellt. Nach 20, 35, 50 und 60 Stunden wurde der Zylinder abgehoben und ein Befund aufgenommen. Die Ventile waren stets leicht undicht und wurden daher etwas eingeschliffen. Dies war jedoch bei den früheren Dauerläufen mit "Stanavo 140" in

gleicher Weise der Fall und ist wohl auf ein Verziehen der Ventilsitze zurückzuführen. Bei der Besichtigung nach der 60. Stunde waren die Kolbenringe noch vollkommen frei. Der Befund nach dieser Zeit ist demnach günstiger als bei dem Vergleichslauf mit "Stanavo 140" nach  $63\frac{3}{4}$  Stunden, bei dem zwei Ringe teilweise festsaßen. Von der 60. bis zur 90. Stunde wurde der Zylinder nicht mehr abgenommen. Ein Leistungsabfall oder ein erhöhter Gasdurchtritt in das Kurbelgehäuse wurde bis zu dieser Zeit nicht festgestellt. Nach Abbau des Zylinders ergab sich folgender Befund:

Kolbenringe: Der oberste Ring klemmt an einer Stelle etwas, läßt sich jedoch noch in der Nut verschieben. Der 2. Ring sitzt auf einem kurzen Stück von  $120^\circ$  bis  $165^\circ$  fest. Da sich bis zur 90. Stunde beim Betrieb des Motors keinerlei Unregelmäßigkeiten zeigten, ist anzunehmen, daß die beiden obersten Ringe sich im Betriebszustande noch frei in den Nuten bewegten. Der 3. und 4. Kolbenring sind vollkommen lose. Die Ölbohrungen im Kolben und Ölabstreifring sind frei. Das Aussehen des Kolbenbolzens ist normal. Der Kolbenboden zeigt wenig Ölkohle (etwa  $1/10$  mm), auf Einlaß- und Auslaßseite ist an Kolbenrande eine geringe Gratbildung von Ölkohle festzustellen. Die Gleitschuhe haben sehr gut getragen; sie zeigen ebenso wie die Zylinderlaufbahn keine Riefen. Die Ventile sind beide leicht undicht. Pleuel und Lager sind einwandfrei. Das Kerzengesicht ist gut. Ein Bild des Kolbens nach dem 90-stündigen Betrieb ist in Abb. 3 dargestellt.

Vergleicht man die beiden beschriebenen Dauerläufe miteinander, so ersieht man, daß die Laufzeit bis zum Festgehen der Kolbenringe bei dem Öl der Ruhr-Chemie mit 90 Stunden wesentlich länger war als bei "Stanavo 140", bei dem sich eine Laufzeit von nur  $63\frac{3}{4}$  Stunden ergeben hatte. Dabei war bei ersterem nach 90 Stunden noch kein Leistungsabfall oder erhöhter Gasdurchtritt im Kurbelgehäuse aufgetreten und auch der Befund war günstiger als bei dem Vergleichsöl.



### 3. Schmierölveränderung.

Die Untersuchungsergebnisse der während des Dauerlaufes 36<sub>II</sub> entnommenen Ölproben sind in Abb.4 aufgezeichnet. Man sieht, wie der Gehalt des Schmieröles an festen Fremdstoffen, Asche, Asphalt, sowie die Dichte, Viskosität und Verseifungszahl mit der Laufzeit zunehmen. Das Absinken der Werte nach der 70. Stunde ist auf das Nachfüllen von Frischöl zurückzuführen (s. Abb.2). Von der 35. bis zur 70. und von der 70. bis zur 90. Stunde wurde kein Frischöl zugesetzt, da der Ölverbrauch besser ermittelt werden kann, wenn der Schmierölkreislauf möglichst wenig gestört wird. Wird das durch den Motor verbrauchte Öl nur in sehr langen Zeiträumen ergänzt, so nimmt die im Umlauf befindliche Ölmenge beträchtlich ab (s. Abb.2)<sup>+</sup>. Dies muß bei der Betrachtung der Untersuchungsergebnisse der Ölproben beachtet werden, da die Alterung des Öles umso rascher zunimmt, je mehr die im Umlauf befindliche Ölmenge abnimmt. Bei den Öl der Ruhr-Chemie ist das starke Ansteigen der Verseifungszahl und der Dichte besonders auffallend. Die übrigen Schmierölveränderungen bewegen sich in normalen Grenzen.

In Abb.5 ist die Schmierölveränderung bei Dauerlauf 9 mit "Stanavo 140" aufgetragen.

### 4. Abrieb der Kolbenringe.

Die auf 1 Stunde Laufzeit bezogene Gewichtsabnahme der Kolbenringe von Dauerlauf 36<sub>II</sub> ist in Abb.6 dargestellt. Zum Vergleich ist auch die stündliche Abnutzung der Kolbenringe von 3 Versuchsläufen, die sich über je 15 Stunden erstreckten und bei denen "Gargoyle Aero Mobilöl Grünring" verwendet wurde, aufgezeichnet. Diese kurzen Dauerläufe wurden im Rahmen anderer Versuche jedoch am gleichen Motor und unter nahezu denselben Versuchsbedingungen wie Dauerlauf 36<sub>II</sub> durchgeführt. Insbesondere waren die benutzten Kolbenringe "Goetze F 11" für alle in Abb.6 darge-

<sup>+</sup>) Anm. zu Abb.2: In dem in Abb.2 angegebenen Schmierstoffgewicht im Tank ist auch das Gewicht des Tanks (etwa 25 kg) enthalten.

stellten Versuchsläufe aus der gleichen Lieferung. Bei den mit "Grünring" durchgeführten Läufen war jedoch als Kraftstoff "Spezialfliegerbenzol" verwendet worden. Der Abrieb der Kolbenringe kann wohl von einer ganzen Reihe von Umständen beeinflusst werden. Trotzdem muß man aus den in Abb. 6 dargestellten Ergebnissen schließen, daß das Ruhr-Chemie-Öl äußerst gute Schmiereigenschaften aufweist, da der Verschleiß der Kolbenringe bei diesem Öl noch geringer ist als bei dem bewährten Grünring-Öl.

Es ist anzunehmen, daß zwischen den hohen Verseifungszahlen und dem geringen Abrieb der Kolbenringe ein Zusammenhang besteht. Aus den hohen Verseifungszahlen geht hervor, daß sich beim Lauf außer organischen Säuren größere Mengen verseifbarer Produkte gebildet haben. Hierzu gehören Ester und Laktone, welche vermutlich ebenso wie die Säuren einen günstigen Einfluß auf die Schmierfähigkeit ausüben, ferner auch Metallseifen. Auf den Anteil der Metallseifen kann man aus der Höhe des Aschegehaltes im filtrierten Öl einen gewissen Schluß ziehen. So wurden z.B. im filtrierten Altöl nach 90 Std. Laufzeit 0,11% Asche gefunden, was darauf schließen läßt, daß höchstens etwa 40% der verseifbaren Bestandteile als Metallseife, die Hauptmenge jedoch als Ester und Laktone vorliegen.

#### 5. Ölverbrauch.

Der spezifische Ölverbrauch lag sowohl bei Verwendung des Schmieröles der Ruhr-Chemie als auch bei "Stanavo 140" zwischen 4 bis 6g/PSH, entsprach also dem normalen Verbrauch für den BMW-VI-Motor. Ob der Verbrauch bei dem einen Öl etwas geringer ist als bei dem anderen, läßt sich auf Grund der vorliegenden Versuche nicht entscheiden, da dies innerhalb der Fehlergrenzen der Verbrauchsmessung liegt. Auch bei Verwendung von "Grünring" lag der Ölverbrauch innerhalb der angegebenen Grenzen.

#### 6. Verhalten des Versuchsöles bei anderen Dauerläufen.

Im Anschluß an den vorliegenden Dauerlauf 36<sub>II</sub> mit dem Öl der Ruhr-Chemie und mit Fliegerbenzin OZ 87 wurden noch drei weitere Versuchsläufe mit dem gleichen Öl, aber

anderen Kraftstoffen durchgeführt. Über diese Versuche mit den drei Versuchskraftstoffen: Alkylbenzol der Ruhr-Chemie (Dauerlauf 38) und Isopropylbenzol der I.G. (Dauerlauf 39<sub>II</sub>) wurde bereits in dem DVL-Bericht UM 428 Glaser/Dehn, "Prüfung verschiedener Alkylbenzole im heißgekühlten Flugmotoren-Einzyylinder" ausführlich berichtet. Die Versuchsläufe wurden unter den gleichen Versuchsbedingungen wie Dauerlauf 36<sub>II</sub> durchgeführt. Die Laufzeiten waren jedoch wesentlich kürzer, was auf die verwendeten Kraftstoffe zurückzuführen ist.

Der Dauerlauf 38 wurde nach einer Laufzeit von 57 Std. abgebrochen. Ein Leistungsabfall oder ein erhöhter Gasdurchtritt in das Kurbelgehäuse war hier in gleicher Weise wie bei Dauerlauf 36<sub>II</sub> noch nicht eingetreten. Auch der Kolbenbefund entspricht etwa dem des Dauerlaufes 36<sub>II</sub>, da in beiden Fällen der Zeitpunkt des beginnenden Festsetzens der Ringe erfaßt wurde, die Ringe sich aber während des Betriebes noch frei in den Nuten bewegten. Infolgedessen scheint ein Vergleich der Kolbenringabnutzung bei diesen beiden Versuchsläufen möglich zu sein. Der Abrieb der Ringe, insbesondere des obersten Ringes, hängt wesentlich davon ab, ob ein Ring festsetzt. In diesem Falle können die heißen Verbrennungsgase an dem Ring vorbeistreichen, wodurch der Ringverschleiß wesentlich beschleunigt wird. In Abb. 6 ist neben Dauerlauf 36<sub>II</sub> auch die stündliche Gewichtsabnahme der Kolbenringe für Dauerlauf 38 aufgetragen. Man sieht, daß auch hier die Kolbenringabnutzung sehr gering ist. Der Verschleiß des 1. Ringes ist etwas höher als bei dem früheren Versuchslauf. Dies ist vielleicht darauf zurückzuführen, daß bei dem Betrieb mit dem Alkylbenzolgemisch die mittleren Temperaturen im Verbrennungsraum höher liegen als bei Verwendung von Fliegerbenzin OZ 87 und sich dies bei dem obersten Ring, der ja den Verbrennungsgasen am stärksten ausgesetzt ist, am meisten bemerkbar macht.

Bei Dauerlauf 37 und 38 wurden auch während des Betriebes Ölproben entnommen. Die Untersuchungsergebnisse sind in Abb. 7 und 8 dargestellt. Auch hier zeigt sich ein verhältnismäßig steiler Anstieg der Verseifungszahl, wenn

auch nicht in dem starken Maße wie bei Dauerlauf 36<sup>II</sup>. Jedoch ist in beiden Fällen bereits nach 40 Stunden eine Verseifungszahl von über 2,0 erreicht.

#### VI. Zusammenfassung.

Beim Vergleich des synthetischen Schmieröles der Ruhr-Chemie "SO 2001 in verbesserter Qualität" im heißgekühlten BMW VI-Einzylinder-Versuchsmotor mit "Stanavo 140" ergab sich bei dem Öl der Ruhr-Chemie eine wesentlich längere Laufzeit bis zum Festgehen der Kolbenringe als bei dem Vergleichsöl. Besonders auffallend ist auch der geringere Verschleiß der Kolbenringe bei dem Versuchslauf mit dem synthetischen Öl. Die Untersuchung der nach 10, 25, 35, 50, 70, 80 und 90 Stunden Laufzeit entnommenen Ölproben zeigte in allgemeinen den normalen Alterungsverlauf. Ungeöhnlich stark nimmt jedoch die Verseifungszahl zu. Es besteht die Möglichkeit, daß zwischen der hohen Verseifungszahl und der guten Schmierfähigkeit ein Zusammenhang besteht. Bei weiteren Versuchen mit dem synthetischen Schmieröl unter Verwendung von verschiedenen Kraftstoffen wurden in wesentlichen die vorigen Ergebnisse bestätigt.

000571

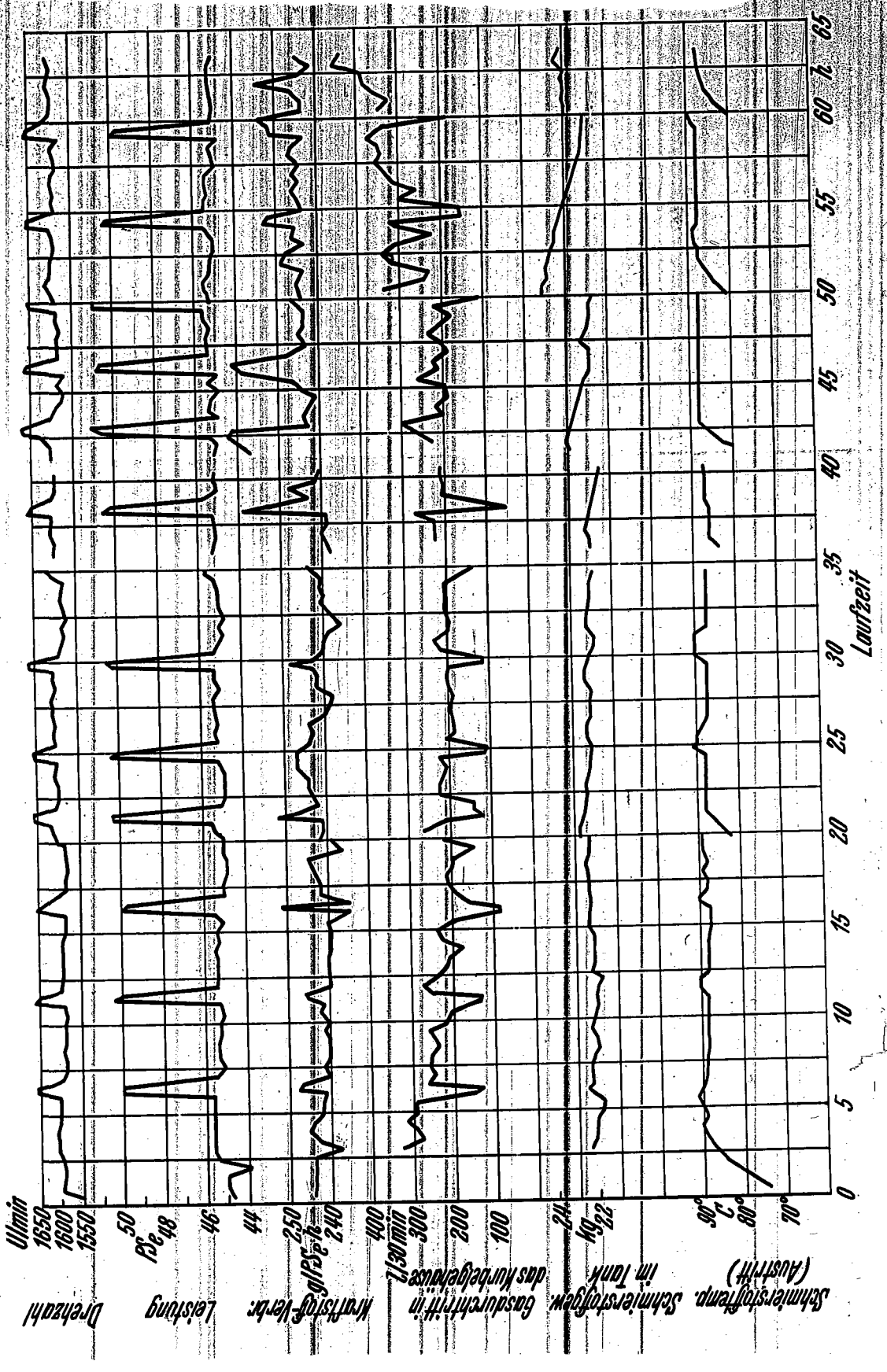


Abb. 1 Versuchsverlauf von Dauerlauf 9.

000572

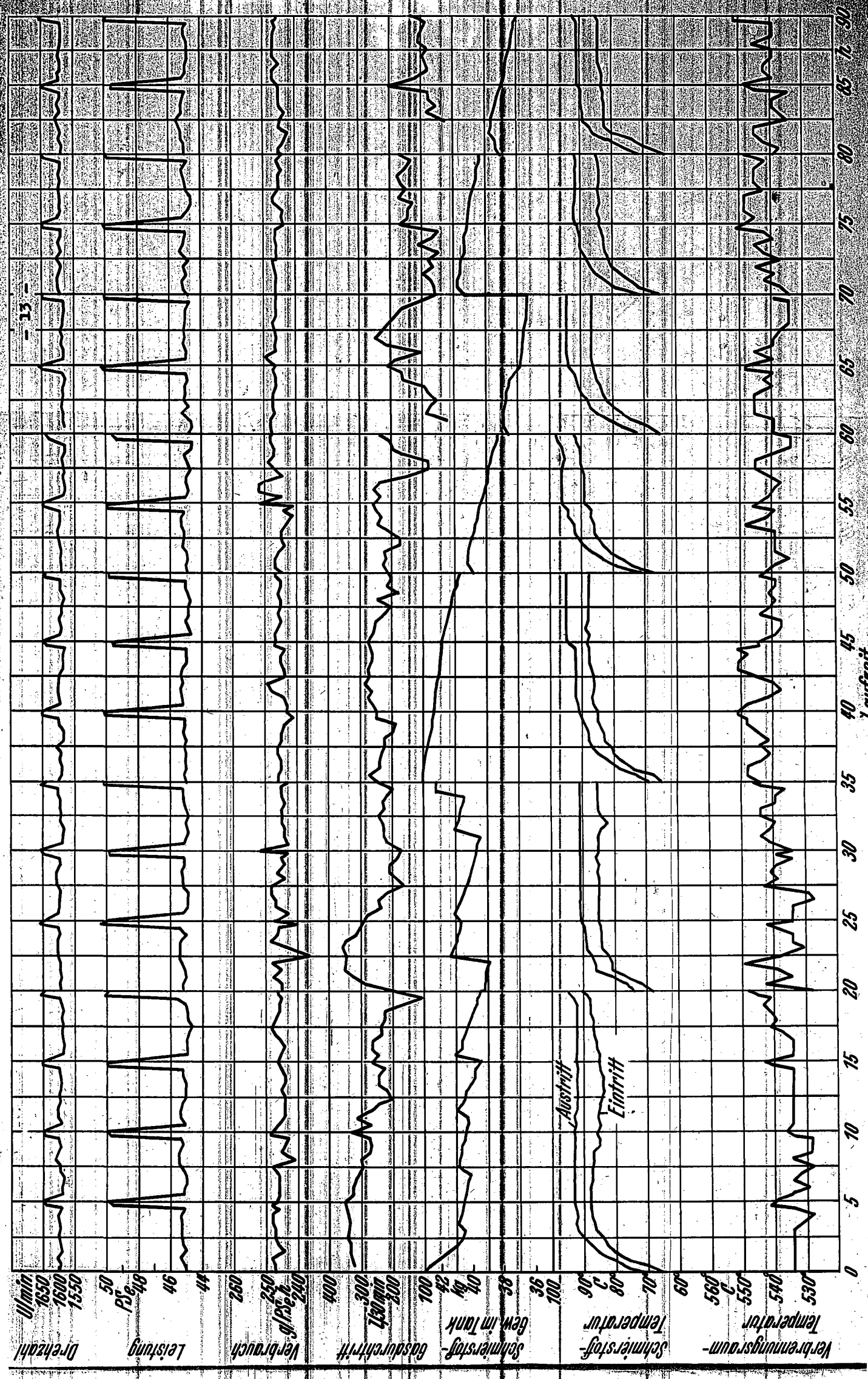
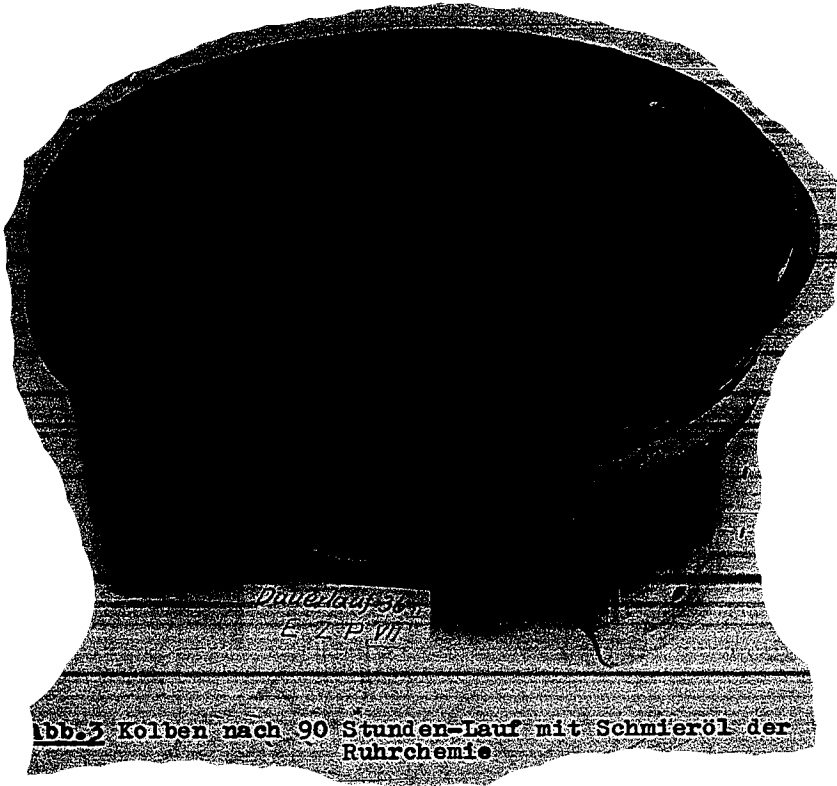


Abb.2 Versuchsverlauf von Dauerlauf 36 II



Abb. 3 Helm mit 10.000.000-100.000.000  
Markenle

000573



**Abb. 3** Kolben nach 90 Stunden-Lauf mit Schmieröl der Ruhrchemie



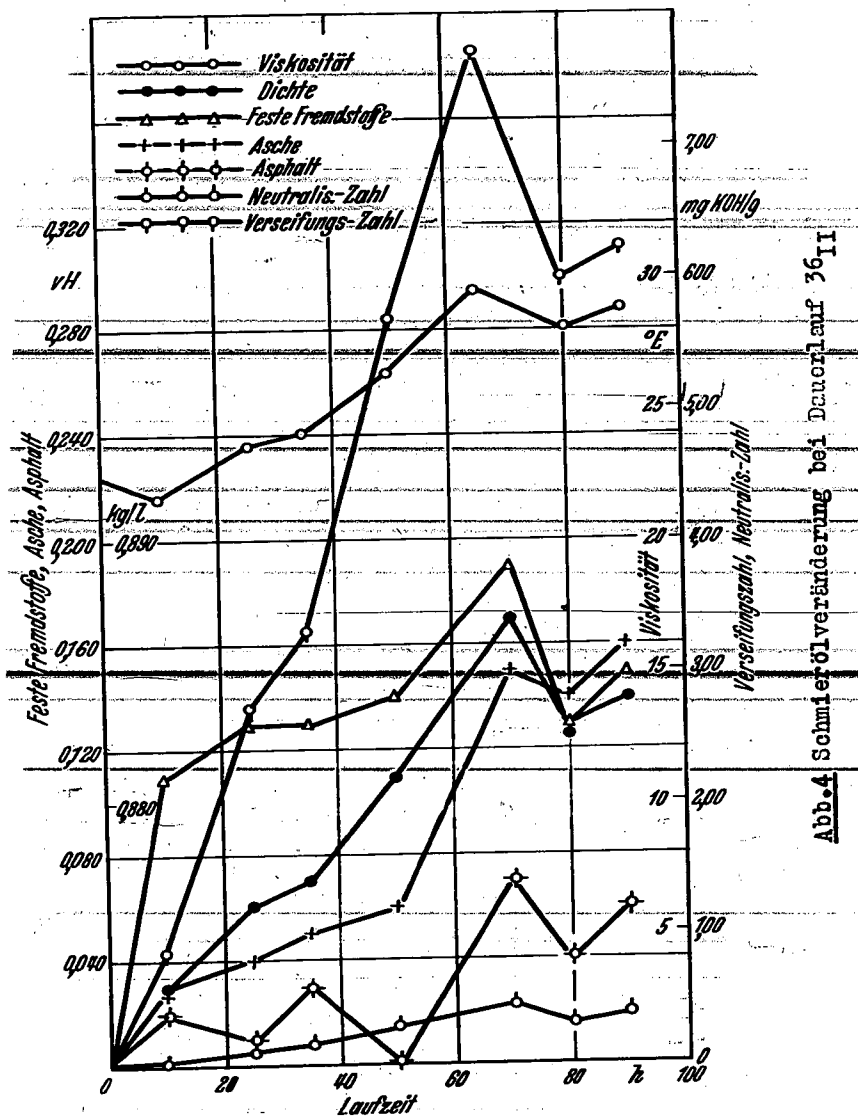


Abb. 4 Schmierölveränderung bei Dauerlauf 3611

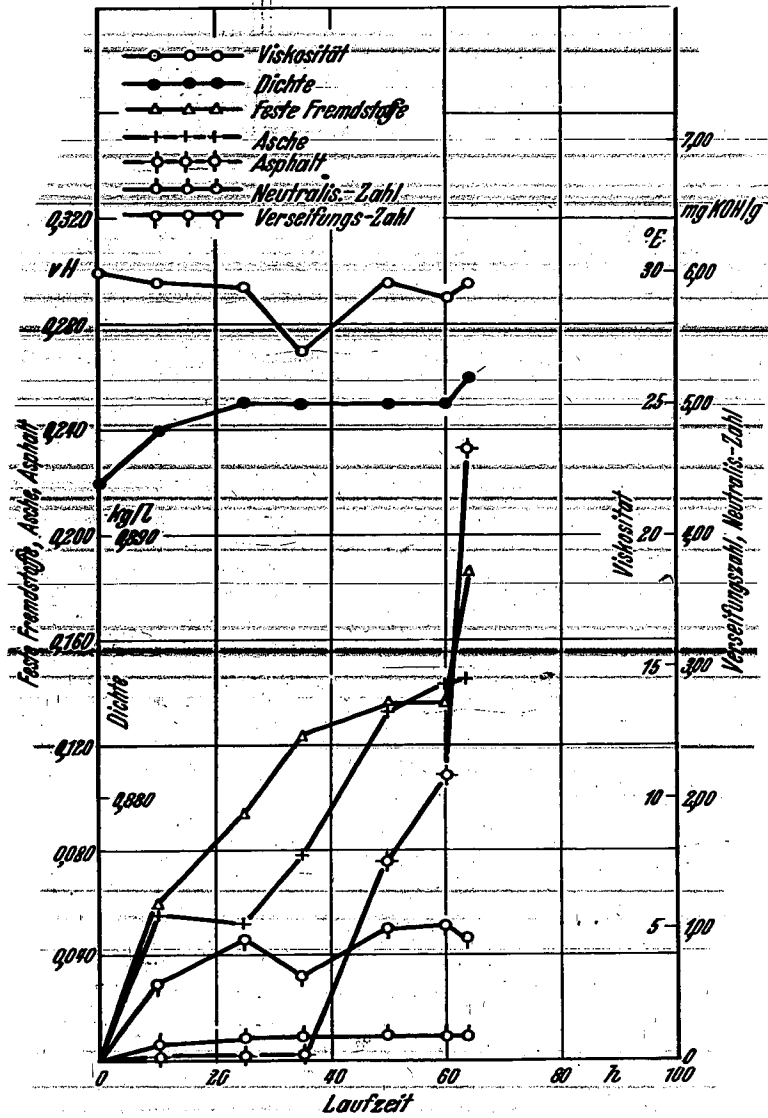
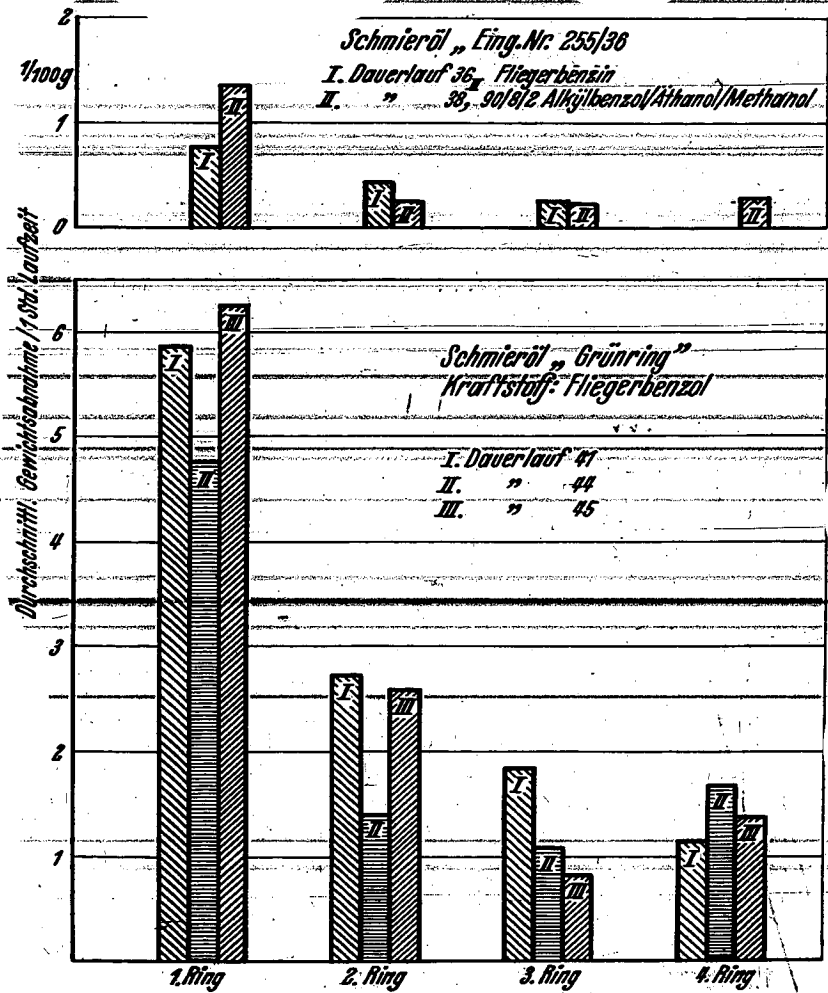


Abb.5 Schmierölveränderung bei Dauerlauf 9



**Abb.6** Vergleich des Abriebs der Kolbenringe bei verschiedenen Dauerläufen

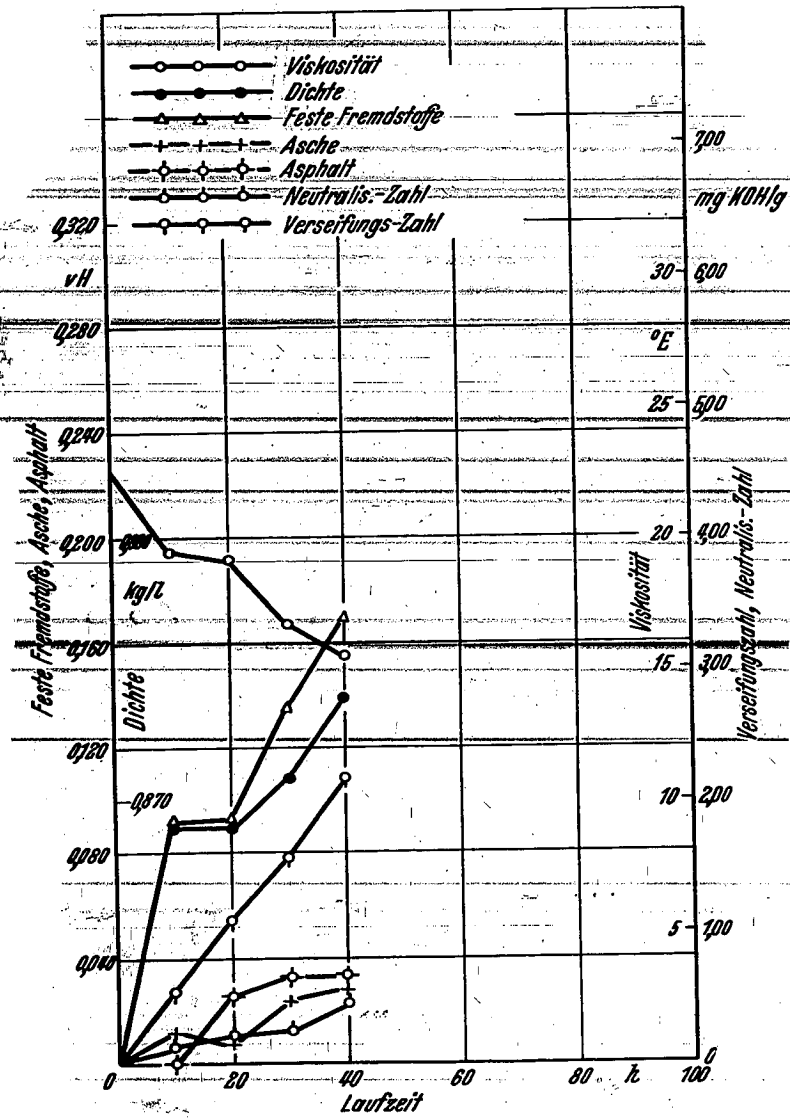


Abb. 7 Schmierölveränderung bei Dauerlauf 37

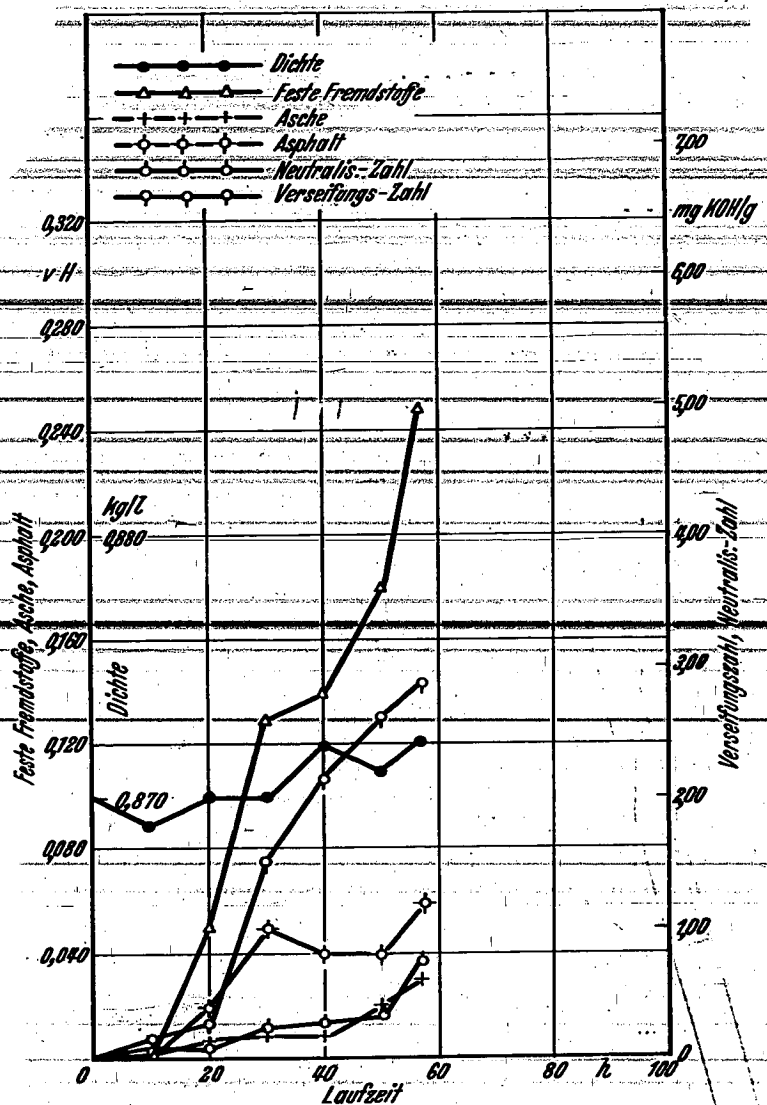


Abb.8 Schmierölveränderung bei Dauerlauf 38