

Künstliche und motorische Schmieröläalterung.

Von Dr.-Ing. Widmaier, FKFS, Stuttgart - U.

Übersicht:

Bei allen Prüfverfahren<sup>1)</sup> - 7) kommt es darauf an, die Schmieröläalterung in möglichst kurzer Zeit zu erhalten. Dies geschieht hauptsächlich durch Temperaturerhöhung und Zutritt von Sauerstoff bei verschiedener Zeitdauer. Die gealterten Öle werden dann je nach dem Verfahren hinsichtlich der Asphaltbildung, der Zähigkeit, der Verkokungsneigung, der Harzbildung, der Neutralisations- oder Verseifungszahl beurteilt.

Die einzelnen Verfahren streben an, daß die Alterungswerte mit den im Motorbetrieb erhaltenen Werten übereinstimmen, was allerdings bis heute noch nicht erreicht wurde.

Die einfachsten Geräte zur Schmieröläalterung sind das DVL- und das Noack-Gerät. Während das erstere hinsichtlich des Einflusses verschiedener Werkstoffe geprüft wurde, ist am Noack-Gerät der Einfluß von Temperatur, Sauerstoffmenge und Alterungsdauer auf die Rückstandsbildung verschiedener Öle festgestellt worden. Einige Versuche wurden auch mit dem Indiana-Gerät durchgeführt.

Gliederung:

- I. Künstliche Alterung von Schmierölen
  - 1. Schmieröläalterung im Indiana-Gerät
  - 2. Schmieröläalterung im Noack-Gerät
  - 3. Schmieröläalterung nach der DVL in Schalen aus verschiedenem Werkstoff
  - 4. Einfluß verschiedener Gase auf die Schmieröläalterung
- II. Alterung im Einzylinder-Motor
- III. Vergleich zwischen künstlicher und motorischer Alterung von Schmierölen
  - 1. Noack-Verfahren und Motor
  - 2. DVL-Verfahren und Motor
- IV. Zusammenfassung

1,042

## I. Künstliche Alterung von Schmierölen.

Bei einigen Schmierölen verschiedener Zusammensetzung wurden folgende Alterungsverfahren erprobt:

1. Schmierölalterung im Indiana-Gerät
2. Schmierölalterung im Noack-Gerät
3. Schmierölalterung nach der DVL in halbkugelförmigen Schalen aus verschiedenem Werkstoff.

Nach der Indiana-Methode<sup>1)</sup> werden 300 cm<sup>3</sup> Oel ununterbrochen 45 Stunden lang bei 172°C unter Einleiten von 10 Liter Luft/h gealtert und danach der Gehalt an Asphalt festgestellt.

Nach Noack<sup>2)</sup> wird die Alterungsprüfung bei 250°C während einer Stunde bei einem Unterdruck von 20 mm WS durchgeführt. Es wird dann die gebildete Menge an Asphalt- und Erdölharz bestimmt.

Nach der von der DVL<sup>3)</sup> angeführten Alterungsmethode wird das Oel bei bestimmten Temperaturen ohne Luft- bzw. Sauerstoffdurchfluß gealtert.

### 1. Schmierölalterung im Indiana-Gerät.

Im Indiana-Gerät wurde für 6 verschiedene Oele die gebildete Gesamtmenge an Asphalt- und Erdölharz jeweils nach der Alterung bestimmt. Werden die Temperaturen von 100 und 135°C geändert, so treten für die Oele Nr. 1, 2 und 5 keine großen Unterschiede ein (Bild 1), eine stärkere Zunahme erfährt das gefettete Oel Nr. 3, dessen Rückstandsmenge von 2,2 Gewichts-% auf 4,6 Gewichts-% ansteigt. Bei Erhöhung der Temperatur auf 175°C treten bei sämtlichen Oelen wesentlich größere Verschmutzungen auf. Auffallend ist hierbei die sehr schnelle Alterung von Oel Nr. 1.

Die durch die einzelnen Oele geleitete Luftmenge ist für die Alterung unwesentlich. Bei einer Luftzufuhr von 10, 15 und 20 Liter/h treten, wie Bild 2 zeigt, keine bedeutenden Unterschiede auf.

### 2. Schmierölalterung im Noack-Gerät.

Die Schmieröle wurden nun im Noack-Gerät gealtert und die Menge an Erdöl- und Asphaltharz vor und nach der Alterung bestimmt.

Die Alterungsneigung der untersuchten Schmieröle wird in Bild 3 gezeigt. Hieraus sieht man, daß jedes Oel eine andere Temperaturabhängigkeit hat. Leider lassen sich die meisten Werte nicht mit den Indiana-Werten vergleichen.

Durch Aenderung der zugeführten Luftmenge werden - wie schon im Indiana-Gerät in bezug auf die Harzbildung festgestellt - auch im Noack-Gerät nur unwesentliche Unterschiede in der Alterung der Oele erhalten (Bild 4). Die Erdöl- und Asphaltharzmenge wird mit Ausnahme des Oeles Nr. 1 bei verschiedenem Luftdurchsatz kaum beeinflusst.

### 3. Schmierölalterung nach der DVL in Schalen aus verschiedenem Werkstoff.

Die Alterungsbestimmung von Schmierölen nach dem DVL-Verfahren wurde im Institut in halbkugelförmigen Schalen aus Glas, Porzellan, Aluminium und Kupfer durchgeführt. Der Werkstoff wurde deshalb verschieden gewählt, um gleichzeitig die einzelnen Unterschiede erfassen zu können. Die Aufarbeitung der gealterten Oele wurde nach Noack vorgenommen und jeweils die Menge an Harz und Asphaltstoffen angegeben. Die Ergebnisse zeigen für die einzelnen Oele deutliche Unterschiede (Bild 5).

Der Werkstoff spielt jedoch für die Ergebnisse der Alterungszahlen keine wesentliche Rolle. Allerdings muß dabei erwähnt werden, daß ohne Sauerstoff bzw. Luftdurchfluß gearbeitet wurde. Sobald durch das Schmieröl Sauerstoff bzw. Luft geleitet wird, werden z.Tl. sehr unterschiedliche Werte erhalten.

Die gealterten Oelproben wurden auch noch hinsichtlich ihrer Verkokungsneigung untersucht und erstaunlicherweise wurde auch hier die Feststellung gemacht, daß die Wahl des Werkstoffes durchweg gleichgültig ist. Zwischen dem Harzgehalt und der Verkokungsneigung kann - wie Bild 5 zeigt - eine Abhängigkeit abgeleitet werden.

### 4. Einfluß verschiedener Gase auf die Schmierölalterung.

Zur Prüfung des Einflusses verschiedener Gase auf die Alterungsneigung von Schmierölen wurden 250 cm<sup>3</sup> Oel in einem geschlossenen Rundkolben auf 50, 100 und 250°C erhitzt und unter Einleiten von Stickstoff, Kohlensäure und Sauerstoff ständig gerührt. Die Menge an Gas war 50 Liter/Stunde und die Zeitdauer der Einwirkung betrug 3 Stunden.

1,044

Das Bild 6 zeigt, daß sich die bei 50 und 80°C gemessene Zähigkeit nur nach der Sauerstoffbehandlung bei 250°C bedeutend geändert hat. Leitet man den Sauerstoff unter niedrigeren Temperaturen ein, so zeigen sich an den Oelen geringe Aenderungen. Die Zähigkeitsänderung ist allein durch den Sauerstoff bedingt, was durch Versuche bestätigt wurde.

Aber nicht nur die Zähigkeit, sondern auch der Gehalt an Erdöl- und Asphaltharz erfahren mit Sauerstoff eine wesentliche Zunahme. Das Bild 7 zeigt, daß der Erdöl- und Asphaltharagehalt bei Temperaturen von 250°C um rund 500 % vermehrt wurde.

Es erhebt sich nun die Frage, welche Produkte sich aus Sauerstoff und Oel bei der Temperatur von 250°C bilden können. Zweifellos werden es in erster Linie Oxydationsprodukte sein. Suida<sup>8)</sup> hat gezeigt, daß sehr viel chemische Reaktionen im Oel vor sich gehen, wobei sich zahlreiche neue Verbindungen unter dem Einfluß des Sauerstoffs bilden. Diese Oxydationsprodukte können nur sehr schwer im einzelnen erfaßt werden. Eine Möglichkeit zur Ermittlung von Oxydationsprodukten bietet u.U. die Verseifungszahl. Die Verseifungszahlen steigen unter dem Einfluß des Sauerstoffes bei erhöhter Temperatur stark an.

## II. Alterung im Einzylindermotor.

In einem NSU-Einzylindermotor wurden die bereits im Noack-Gerät eingehend untersuchten Oele Nr. 1, 2 und 5 motorisch gealtert. Zu diesem Zweck wurden 30 Stunden-Dauerläufe durchgeführt, wobei für jeden Lauf derselbe Kraftstoff verwendet wurde.

Bei näherer Betrachtung der Zähigkeitswerte fällt auf, daß bei den Oelen Nr. 1 und 2 eine starke Eindickung gegenüber dem Oel Nr. 5 auftritt (Zahlentafel 1). Da die Betriebsbedingungen für die einzelnen Oele vollkommen gleichgehalten wurden, und der Oelverbrauch nur unwesentlich verschieden war, ist vermutlich diese unterschiedliche Zähigkeitsänderung auf die chemische Zusammensetzung des Schmieröles zurückzuführen.

Die Verkokungsneigung nach Conradson war für die Oele Nr. 1, 2 und 5 ebenfalls sehr verschieden.

Das Oel Nr. 2 nahm in der Verkokungsneigung um 1,73 Einheiten zu, und das Oel Nr. 5 wies mit 0,64 Einheiten die geringste Zunahme der Verkokungsneigung auf.

Der Aschegehalt, der bei den Frischölen praktisch als Null anzusehen ist, nahm bei den im Motor gealterten Oelen durchweg nur in sehr geringem Maße zu. Den höchsten Aschegehalt zeigte das Oel Nr. 1 mit 0,38 Gewichts-%.

Der in den gebrauchten Oelen nach 30 Stunden bestimmte Hartasphaltgehalt liegt in den Grenzen von 0,05 und 0,09 Gew.-%. Diese Zahlen lassen keine Schlüsse für die Schmierölalterung zu, da sie so nieder sind, wie sie bei den Frischölen selbst auftreten können.

Die Erdöl- und Asphaltharzmengung ist bei den gealterten Oelen wieder sehr verschieden. Den höchsten Harzanteil hat das Flugmotorenöl Nr. 2 mit 19,23 Gew.-%. Das an sich für geringere Beanspruchung geltende Fahrzeugmotorenöl Nr. 5 ergibt nach dem 30-Stundenlauf nur 3,85 Gew.-% Harz.

Diese großen Unterschiede ergeben Anlaß zu der Frage, ob die im Motor gebildeten Harze tatsächlich das Schmieröl verschlechtern. Diese Harze könnten andererseits gerade bei hohen Temperaturen noch die Bildung eines Schmierfilms begünstigen, so daß die Harzbildung nicht unbedingt ein einwandfreies Maß für die Schmierölalterung darzustellen braucht.

Der Gehalt an festen Fremdstoffen, die eine wesentliche Rolle im Schmieröl spielen, ist bei dem Oel Nr. 2 mit 0,14 Gew.-% am niedrigsten. Dies würde wieder mit der Erfahrung übereinstimmen, daß es sich um ein gutes Flugmotorenöl handelt, und die Vermutung bestätigen, daß der hohe Harzanteil unter Umständen zur Schmierölfilmbildung beiträgt. Bei den Oelen Nr. 1 und 5 waren die Gehalte an festen Fremdstoffen wesentlich höher.

Nach den Verseifungs- und Neutralisationszahlen, die sehr häufig als Maßstab für die Alterung benutzt werden, würde man das Oel Nr. 2 wieder am schlechtesten beurteilen. Die beste Beurteilung erhielt demnach das Oel Nr. 5.

III. Vergleich der künstlichen Schmierölalterung mit der Alterung von Schmierölen im Motor.

1. Noack-Verfahren und Motor.

Die physikalisch-chemischen Kenndaten der im Noack-Gerät gealterten Schmieröle werden ebenfalls in Zahlentafel 1 mit den im Motor gealterten Schmierölen verglichen. Im Noack-Gerät wurde zunächst bei 250°C 1 Stunde lang mit 20 mm WS Unterdruck gearbeitet.

1,046

Hierbei treten in der Zähigkeitsänderung besonders für die Oele Nr. 1 und 2, gegenüber den Motorölproben große Unterschiede auf<sup>9)</sup>. Das Oel Nr. 5 dagegen stimmt in der Zähigkeit etwa überein. Die Verkokungsneigung liegt bei den künstlich gealterten Oelproben durchweg niedriger. Außerdem wird das Oel Nr. 2 im Motor wesentlich mehr verkokt, als der Laboratoriumsversuch im Vergleich mit den Oelen Nr. 1 und 5 angibt.

Große Unterschiede werden auch für die Menge an Erdöl- und Asphaltharz erhalten. Hier wird das Oel Nr. 2 im Motor am stärksten verharzt, während die künstliche Alterung den geringsten Harzgehalt angibt.

Der Verdampfungsverlust, der im Alterungsgerät nach Noack für die 3 Oele sehr verschieden ausfällt, ist im Motor bei den Oelen Nr. 2 und 5 etwa gleich und bei Oel Nr. 1 am höchsten. Das Noack-Gerät gibt dagegen für Oel Nr. 5 die größte Verdampfbarkeit an.

Die Schmierölproben wurden nunmehr im Noack-Gerät unter wesentlich strengeren Bedingungen gealtert, nämlich 4 Stunden lang bei 300°C und 60 WS Unterdruck.

Beim Vergleich sieht man, daß jetzt beispielsweise zu hohe Zähigkeiten gegenüber den Motorölproben erhalten werden.

Die Verkokungsneigung wird für das Oel Nr. 5 ebenfalls weit überschritten. Die Werte für die Oele Nr. 1 und 2 dagegen liegen immer noch unterhalb der im Motor erhaltenen Verkokungswerte.

Die Harzanteile stimmen für die Oele Nr. 1 und 2 etwa überein; eine Ausnahme macht nur das Oel Nr. 5, das im Noack-Gerät mit 26,79 Gewichts-% Harz wesentlich schlechter beurteilt wird als im Motor mit 3,85 Gewichts-%.

Der Verdampfungsverlust ist bei 300°C gegenüber den bei 250°C gealterten Oelproben für die Oele Nr. 1 und 5 auf rund das zehnfache angestiegen, für Oel Nr. 2 noch stärker. Mit dem Motorenergebnis stimmt überein, daß das Oel Nr. 2 den geringsten Verdampfungsverlust aufweist. Das Oel Nr. 5 gleicht sich im Motor dem Oel Nr. 2 sehr stark an, im Noack-Gerät dagegen wird ein wesentlich höherer Verdampfungsverlust angegeben.

## 2. DVL-Verfahren und Motor.

Einfacher ist die künstliche Schmierölalterung nach der DVL mit der Oelalterung im Motor zu vergleichen, da die Alterungswerte den im Motor erhaltenen durch Änderung der Temperatur

0,047

angepaßt werden können. Ein unmittelbarer Vergleich mit verschiedenen Schmierölen ist leider nicht möglich, da die entsprechenden motorischen Versuche noch im Gange sind.

Doch haben die früheren Versuche schon gezeigt, daß die Sauerstoff- bzw. Luftmenge bei der künstlichen Oelalterung eine untergeordnete Rolle spielt und damit das sehr einfache DVL-Verfahren in ähnlicher Weise wie das Noack-Verfahren für die Bestimmung der Alterungsneigung herangezogen werden kann.

#### IV. Zusammenfassung.

Die von Noack und von der DVL vorgeschlagenen Verfahren eignen sich gut zur künstlichen Schmierölalterung. Während beim Noack-Verfahren das Oel unter Luftdurchsatz bei verschiedenen Temperaturen behandelt wird, ist bei dem DVL-Verfahren nur die Temperatur bei der Oelalterung ausschlaggebend.

Bei der künstlichen Alterung von Schmierölen sind aber die Versuchsbedingungen, d.h. die gewählten Alterungszeiten, Temperaturen, Sauerstoffkonzentrationen und benützten Werkstoffe von großer Wichtigkeit, da je nach ihrer Wahl die beim Altern auftretenden Kondensations-, - Polymerisations-, -Oxydations- und Spaltreaktionen in verschiedener Weise vor sich gehen. Aus den unter bestimmten Bedingungen gefundenen Ergebnissen können deshalb keine eindeutigen Schlüsse über das Verhalten der Schmieröle im Motor gezogen werden. Für den praktischen Betrieb gelten die Ergebnisse nur dann, wenn bei der künstlichen und motorischen Alterung die gleichen Bedingungen eingehalten werden.

Die im Motor herrschenden Bedingungen sind indessen fortwährenden Änderungen unterworfen, weshalb die Motorschmieröle hinsichtlich ihrer Alterungsbeständigkeit nur sehr schlecht laboratoriumsmäßig beurteilt werden können.

Die Einleitung von im Kurbelgehäuse enthaltenen Gasen in das Schmieröl ergab, daß Sauerstoff bei einer Oeltemperatur von 250°C einen wesentlichen Einfluß ausübt, dagegen Kohlendioxyd und Stickstoff unwirksam bleiben. Zugesezte Metalle, wie Kupfer, Zink und Aluminium, vermehren im allgemeinen den Asphaltgehalt, die Zähigkeit und den Rückstand von Oelen.

Vergleichsergebnisse von künstlich und motorisch gealterten Schmierölproben zeigen, daß in den meisten Fällen keine gute Uebereinstimmung zu finden ist. Eine Uebereinstimmung kann

1,048

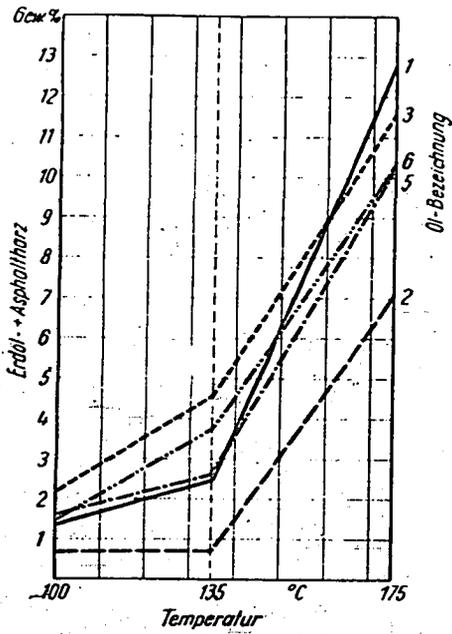
unter Umständen erzielt werden, wenn die in einem bestimmten Prüfmotor bei einem bestimmten Betriebszustand und einem bestimmten Kraftstoff vorliegenden Verhältnisse genauestens auf die Laboratoriumsversuche übertragen werden.

104

Schrifttum.

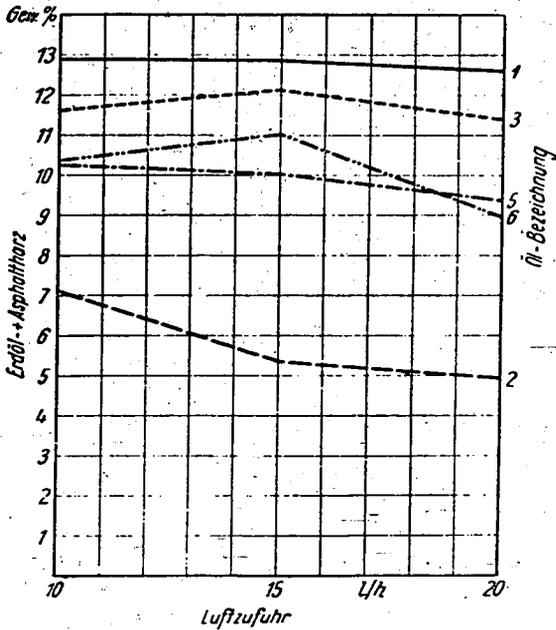
1. D.B. Barnard . E.R. Barnard, T.H. Rogers, B.H. Shoemaker and R.F. Wilkin, Causes and effects of sludge formation in motor oils. SAE-Journal, Bd. 34 (1934), S. 167, 181.
2. K.Noack, Angew.Chemie, Beiheft 28, (1937), S.4.
3. M.Richter, ZWB, F.B. Nr. 654.
4. D.Holde, Kohlenwasserstofföle und Fette, Berlin 1933, S.268.
5. F.Evers und R.Schmidt, Brennstoff-Chemie, Bd.11, (1930) S.214.
6. A.Baader: Erdöl und Teer, Bd. 5 (1929),S.438.
7. F.H.Garner, C.J.Kelly und J.L.Taylor, World Petroleum Congress London 1933, Proc. II (1934), S.448.
8. H.Suida, Oel und Kohle, Bd. 13 (1937),S.201.
9. E.K.Kadmer, Oel und Kohle, Bd.14 (1938), S.152.

1,050



**Abb.1:** Gehalt an Erdöl- und Asphaltharz von Schmierölen im Indiana-Gerät in Abhängigkeit von der Alterungstemperatur.

Alterungszeit: 45 h  
Luftdurchsatz: 10 Ltr/h



**Abb.2:** Gehalt an Erdöl- und Asphaltharz von Schmierölen im Indiana-Gerät in Abhängigkeit von der zugeführten Luftmenge.

Alterungszeit: 45 h  
Temperatur: 175°C

1251

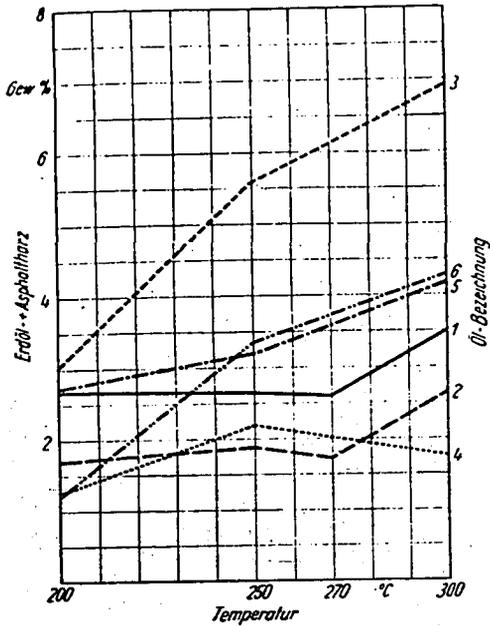


Abb.3: Harzbildung von Schmierölen im Noack-Gerät in Abhängigkeit von der Temperatur nach 1 h bei einem Unterdruck von 20 mm WS.

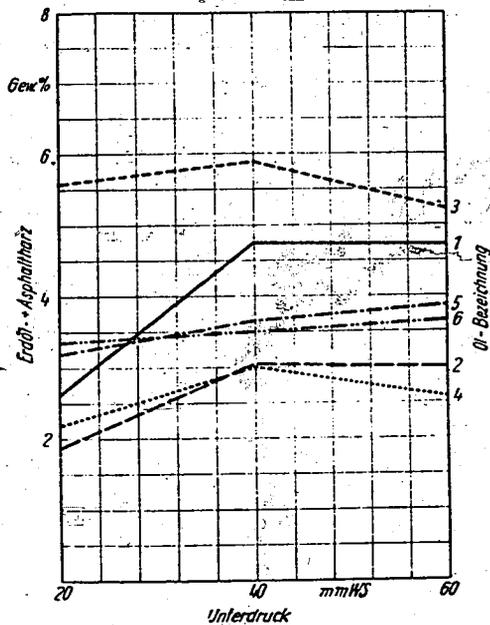


Abb.4: Erdöl- und Asphalt-harz von Schmierölen im Noack-Gerät in Abhängigkeit von der zugeführten Luftmenge nach 1 h bei einer Temperatur von 250°C.

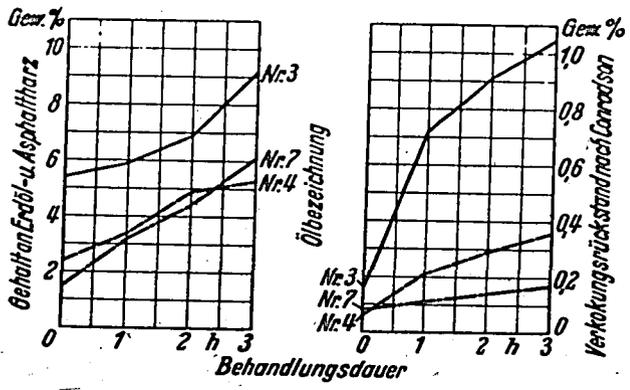


Abb. 5: Harzgehalt u. Verkokungsneigung von Schmierölen vor und nach der DVL-Alterung.

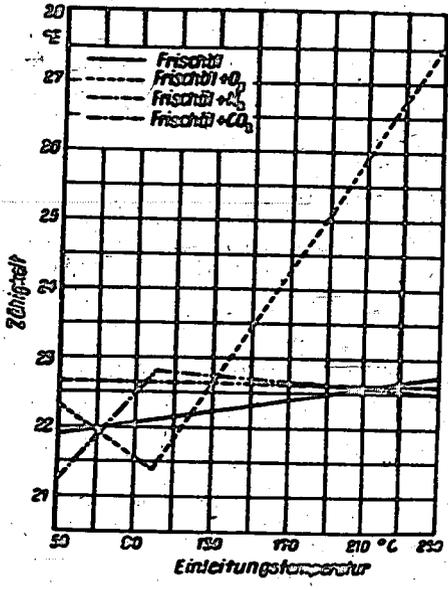
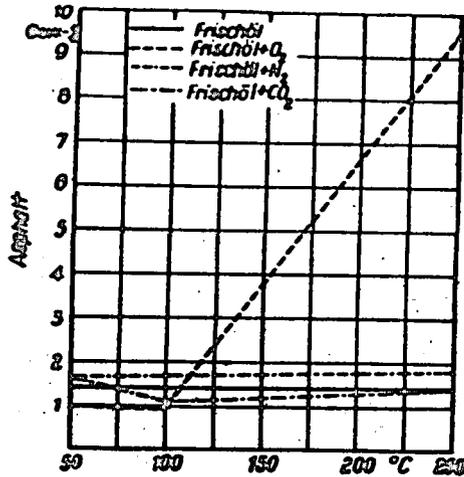


Abb. 6: Änderung der Zähigkeit von Rotringöl (Öl Nr. 4) bei verschiedenen Gasen und Einleitungs-temperaturen.



**Abb. 7:** Erdöl- und Asphaltharzgehalt in Abhängigkeit von der Temperatur und der eingeleiteten Gase bei Rotringöl (Öl Nr.4).

	Frischöle			Im Motor gealterte Proben			Im Noack-Gerät gealterte Proben bei 250°C (1 h) 20 mm WS			Im Noack-Gerät gealterte Proben bei 300°C (4 h) 60 mm WS		
	Nr.1	Nr.2	Nr.5	Nr.1	Nr.2	Nr.5	Nr.1	Nr.2	Nr.5	Nr.1	Nr.2	Nr.5
Zähigkeit bei 50°C °E	23,08	23,08	10,84	34,9	35,02	13,14	24,1	24,38	12,25	43,3	43,8	60,3
Zähigkeit bei 100°C °E	34	33	2,13	4,38	4,17	2,52	3,49	3,33	2,26	5,4	4,9	5,7
Verkokungsneigung nach Conradson Gew. %	1,12	0,26	0,44	3,8	1,99	1,08	1,19	0,28	0,55	2,04	1,35	4,39
Aschengehalt Gew. %	0,03	0,02	0,004	0,38	0,22	0,25	-	-	-	-	-	-
Hartasphalt Gew. %	0	0	0	0,07	0,05	0,09	-	-	-	-	-	-
Harzgehalt Gew. %	1,99	0,76	1,09	10,24	13,2	3,85	2,6	1,9	3,2	9,12	18,22	25,79
Verdampfungsverlust Gew. % bezw. g/h	-	-	-	31	18	21	2,4	1,3	6,2	29,69	24,31	63,69
Feste Fremdstoffe Gew. %	0,01	0	0	0,51	0,14	0,33	-	-	-	-	-	-
Verseif.-Zahl mg KOH/g	0,17	0,6	0,25	5,33	12,09	1,82	-	-	-	-	-	-

**Zahlent. 1:** Physikalisch-chemische Kennwerte der unter verschiedenen Bedingungen gealterten Schmierölproben.