

Nur für den Dienstgebrauch

000607

Deutsche Luftfahrtforschung

Forschungsbericht Nr. 1244

Das DVL-Durchblasverfahren zur Prüfung des Dauerverhaltens von Betriebsstoffen

W. Glaser

Verfaßt bei

Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V.

Institut für Betriebsstoffforschung

Berlin-Adlershof

Zentrale für wissenschaftliches Berichtswesen
über Luftfahrtforschung (ZWB)
Berlin-Adlershof / Fernruf 63 82 11

000608

Zur Beachtung!

Dieser Bericht ist bestimmt für die Arbeiten im Dienstgebrauch des Empfängers. Der Bericht darf innerhalb dieses Dienstgebrauchs nur an Persönlichkeiten ausgehändigt werden, die aus dem Inhalt Anregungen für ihre Arbeiten zu schöpfen vermögen.

Verwendung zu Veröffentlichungen (ganz oder teilweise) sowie Weiterleitung an Persönlichkeiten außerhalb des Dienstgebrauchs des Empfängers ist ausgeschlossen.

Der Bericht ist unter Stahlblechverschluß

mit Patentschloß zu halten.

000609-

Das DVL-Durchblasverfahren

zur Prüfung des Dauerverhaltens von Betriebsstoffen.

Übersicht: Es wird über Versuche an einem kleinen flüssigkeitsgekühlten Zweitaktmotor berichtet, die zur Entwicklung des DVL-Durchblasverfahrens führten. Das Verfahren ermöglicht es, die Geschwindigkeit der Rückstandsbildung in der Kolbenringnut am laufenden Motor zu beobachten. - Die Prüfung verschiedener Schmierstoffe nach diesem Verfahren brachte den bisherigen Erfahrungen mit diesen Ölen (Prüfung im BMW 132- und Siemens-Ölprüfmotor) entsprechende Ergebnisse.

- Gliederung:
- I. Einleitung
 - II. Motor und Prüfstand
 - III. Vorversuche zur Beobachtung des Kolbenringsteckens
 - IV. Entwicklung des Durchblasverfahrens
 - a) Versuche bei konstanter Drosselstellung
 - b) " " " veränderlicher "
 - V. Anwendung des Durchblasverfahrens
 - 1. Ausgangsbedingungen
 - a) Versuchsvorbereitung
 - b) Betriebsbedingungen und Versuchsdurchführung
 - c) Auswertung der Versuchsergebnisse und Reproduzierbarkeit
 - 2. Prüfung verschiedener Schmierstoffe
 - 3. Vergleich mit Prüfergebnissen am BMW 132-Einzylinder-Motor
 - VI. Kritik und Ausblick
 - VII. Zusammenfassung
 - VIII. Schrifttum

Der Bericht umfaßt:

37 Seiten mit
13 Abbildungen und
4 Zahlentafeln

Institut für Betriebsstoffforschung
der
Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E.V. *S.*

Der Bearbeiter:

W. Glaser

W. Glaser

Berlin-Adlershof, den 17.7.40
BSf 501/42 (270/1)

1. Einleitung.

=====

Das Dauerverhalten von Betriebsstoffen für die Luftfahrt, insbesondere die Neigung zum Kolbenringstecken, wurde bisher durch Versuche am Flugmotoren-Einzyylinder untersucht. Als Maß für die Bewertung diente jeweils die Laufzeit bis zum Festgehen der Kolbenringe bei bestimmten, während des ganzen Versuches stets gleichgehaltenen Betriebsbedingungen. Durch die neuerdings gemachte Feststellung, daß zur Bewertung eines Betriebsstoffes ein einzelner Versuchslauf nicht genügt, sondern daß durch mehrere Läufe die Abhängigkeit der Laufzeit von der Temperatur bestimmt werden muß, ¹⁾²⁾ wurde der Umfang der an sich schon verhältnismäßig kostspieligen und zeitraubenden Prüfungen noch wesentlich vergrößert.

Es liegt daher nahe, diese Untersuchungen durch entsprechende Versuche in kleineren Motoren zu ersetzen und damit Kosten und Zeit für derartige Prüfungen zu sparen. - Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, daß nicht jeder Motor für derartige Dauerprüfungen verwendet werden kann. Die Ausarbeitung eines geeigneten Verfahrens würde meist dadurch erschwert bzw. unmöglich gemacht, daß eine oder mehrere der nachfolgend aufgestellten Forderungen nicht zufriedenstellend erfüllt werden konnten:

- ~~1) Ausreichende Betriebssicherheit bei hoher thermischer Belastung.~~
- 2) Gute Überwachbarkeit und Reguliermöglichkeit der Betriebsbedingungen.
- 3) Möglichkeit, den Zeitpunkt des Kolbenringsteckens feststellen zu können.
 - a) durch Beobachtung des Leistungsabfalles;
 - b) " " " " Gasdurchtritts
- 4) Gute Reproduzierbarkeit der einzelnen Versuche.

Da diese Forderungen in ihrer Gesamtheit nicht ohne weiteres bei jedem Motor erfüllt werden können und die Anwendung des üblichen Dauerprüfverfahrens an kleinen Motoren umfangreiche Änderungen und Vorversuche erforderte, war es interessant, festzustellen, inwieweit

ein Zweitaktmotor für solche Untersuchungen geeignet ist.

Abgesehen vom Arbeitsverfahren schien ein derartiger Motor wegen seiner großen Betriebssicherheit und Einfachheit in Handhabung und Betrieb besonders vorteilhaft zu sein. Die Tatsache, daß bei einem Zweitakter mit Gemischschmierung Kraftstoff und Schmierstoff in inniger Berührung miteinander in der Kolbenringnut zur Wirkung kommen, ließ erwarten, daß damit die beiden Betriebsstoffe in ihrer Wechselwirkung aufeinander besonders gut geprüft werden können.

II. Motor und Prüfstand.

Für die Versuche wurde ein flüssigkeitsgekühlter DKW-Motor von 300 ccm Hubraum verwendet. Die Kennwerte dieses Motors sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt. Er arbeitet nach dem bekannten Zweitaktverfahren mit Kurbelgehäuseladung und Umkehrspülung.

Der gesamte Aufbau des Prüfstandes ist aus Abb. 1 ersichtlich. Zur Leistungsaufnahme dient eine Junkers Wasserwirbelbremse. Das zu messende Drehmoment wird durch eine Schnellwaage angezeigt. (Diese verhältnismäßig teure Waage ist allerdings für die Anwendung des später beschriebenen Durchblasverfahrens nicht unbedingt notwendig und kann durch einfachere Mittel ersetzt werden, da hierbei stets gleiche Leistung eingehalten wird). Dabei muß erwähnt werden, daß bei allen Versuchen eine sehr genaue Leistungsmessung vorgenommen wurde ($\pm 0,01$ PS), was selbstverständlich nur bei einwandfreiem Zustand der Bremse und Waage möglich war.

Das Kühlsystem war als Umlaufkühlung (Thermosyphon) ausgebildet. Das infolge der Erwärmung im Motor aufsteigende Kühlmittel (Äthylenglykol) floß in einen wassergekühlten Rückkühler. Die Umlaufmenge wurde durch ein vor dem Eintritt in den Zylinder liegendes Ventil reguliert. Mit dieser Einrichtung war es möglich, zu Beginn der Versuchsläufe den Kühlmittelumlauf solange voll-

~~kommen zu unterbinden, bis die gewünschte Temperatur erreicht war und dann erst durch allmähliches Öffnen den Umlauf in die Wege zu leiten. Damit wurde eine sehr schnelle Erwärmung des Motors (in zwei bis drei Minuten) und eine äußerst genaue Regelung der Kühltemperatur erreicht, was sich auf die Durchführung und Reproduzierbarkeit der Versuche sehr günstig auswirkte.~~

~~Der Betriebsstoffverbrauch konnte durch eine in die Hauptdüse eingebaute Regulirnadel geändert werden. Zur Einstellung und Überwachung der Zündung wurde ein Glimmlampen-Zündzeitpunktanzeiger der üblichen Bauart verwendet (vgl. Abb.2). Da eine Änderung des Zündzeitpunktes während des Betriebes in manchen Fällen +) erforderlich war, wurde die Zündung dadurch verstellbar gemacht, daß das ganze Magnetsystem einschl. Unterbrecher, wie aus Abb.3 hervorgeht, um seine Mittelachse drehbar angeordnet wurde.~~

~~Zur Überwachung der Betriebstemperaturen dienten DVL-Thermoelemente.³⁾ Und zwar wurde die Verbrennungsraumtemperatur durch ein in den Zylinderkopf (anstelle des Zischhahns) eingebautes Element gemessen, während das Auspuffthermoelement im Auspuffkrümmer, etwa 30 bis 40 mm hinter den Auslaßschlitzen, angebracht war.~~

~~Um den Einfluß schwankender Ansauglufttemperaturen auszuschalten, war in den Ansaugschalldämpfer eine elektrische Luftvorwärmung eingebaut.~~

~~Da Zylinderkopf und Kolben in manchen Fällen etwas unterschiedlich waren, mußte die Verdichtung ($\xi = 5,0$) durch Auswechseln der Unterlagen zwischen Zylinder und Kurbelgehäuse gleichgehalten werden.~~

~~Ebenso wie bei den Versuchen am BMW 132-Einzylinder-Motor wurden für jeden Lauf neue Kolbenringe verwendet. Der Aufbau des Prüfstandes gestattet es, den Mo-~~

~~+) Z.B. springt der Motor beim Durchblasverfahren des öfteren schlecht an (mangelhafte Kompression), wenn nicht mit hoher Vorzündung angefahren wird.~~

tor sofort nach dem Anfahren voll zu belasten, ohne daß irgendwelche Beschädigungen (z.B. Kolbenfressen) eintreten. Selbstverständlich ist dies nur mit eingefahrenem Motor möglich.

III. Vorversuche zur Beobachtung des Kolbenring-
steckens.

Zunächst wurde der Versuch unternommen, ebenso wie bei dem bisher ausgearbeiteten Verfahren am Flugmotoren-Einzyylinder, den Zeitpunkt des Kolbenringfestgehens durch einen unter Umständen auftretenden Leistungsabfall zu beobachten. Es zeigte sich jedoch, daß vorübergehende, sehr verschiedenartig auftretende Leistungsschwankungen mit dem Kolbenringstecken nicht in Zusammenhang gebracht werden konnten. Die Kolbenringe gingen stets verhältnismäßig früh fest, was jedoch weder durch plötzliches noch durch allmähliches Abfallen der Leistung zu erkennen war. Auch bei Fortsetzung des Laufes mit festgegangenem Ring trat selbst nach mehr als 10 Stunden kein Leistungsabfall oder Kolbenfresser auf.

Parallel mit diesen Untersuchungen wurde der Ladedruck beobachtet und z.T. laufend niedergeschrieben. Aber auch hiermit konnte der Zeitpunkt des Festgehens der Kolbenringe nicht festgestellt werden. Der Ladedruck zeigte in bestimmten Fällen plötzliche Änderungen oder Schwankungen, die aber nicht ausreichend reproduzierbar waren und nicht auf das Ringstecken zurückgeführt werden konnten.

Ebenso wurde versucht, durch genaue Überwachung der verschiedensten Temperaturen (Kurbelgehäuse, Ladeluft, Zylinderwand, Verbrennungsraum, Auspuff und Kühlmittel) irgendwelche Anhaltspunkte für den Zustand der Kolbenringe zu finden. Aber auch dies war ohne zufriedenstellenden Erfolg.

Da angenommen werden mußte, daß bei festgegangenem ersten Ring die beiden übrigen noch genügend abdich-

ten, sodaß Leistung und Ladedruck nicht beeinflusst werden, wurden die Untersuchungen mit einem Sonderkolben, der nur einen Ring hatte, wiederholt. Es zeigte sich, daß auch hiermit nur unwesentlich vorteilhaftere Beobachtungen in Bezug auf das Ringstecken gemacht werden konnten. Interessant war dabei die Feststellung, daß der Kolben zwar heißer wurde, aber der Motor dieselbe Dauerleistung wie vorher abgab und nur bei Spitzenlast etwas ungünstiger arbeitete.

IV. Entwicklung des Durchblasverfahrens.

Alle diese soeben geschilderten Untersuchungen zeigten, daß das Ringstecken am Zweitaktmotor ohne deutliche äußere Merkmale auftritt. Zu diesem Ergebnis waren auch verschiedene andere Stellen gekommen, sodaß der Versuch, den Zweitakter in seiner üblichen Ausführung für die Prüfung der Betriebsstoffe auf ihre Neigung zum Ringstecken zu verwenden, aufgegeben wurde.

Wenn man trotzdem diesen vorteilhaft und einfach arbeitenden Motor zur Betriebsstoffdauerprüfung verwenden wollte, mußte von dem bisher üblichen Weg, eine Bewertung auf Grund der Laufzeit bis zum Eintreten des Ringsteckens auszusprechen, abgegangen und auf einer anderen Grundlage weitergearbeitet werden:

Bei dem Vorgang des Kolbenringsteckens bilden sich in der Nut allmählich soviel Rückstände, daß der Ring nicht mehr frei beweglich ist und daher nicht mehr genügend abdichten kann. Die Folge davon ist das Durchblasen der Verbrennungsgase in das Kurbelgehäuse. Sorgt man aber von Anfang an dafür, daß ein geringer Teil der Verbrennungsgase am Kolbenring vorbei durch die Nut in das Kurbelgehäuse durchblasen kann und daß diese Verbindungen durch die sich allmählich bildenden Rückstände verstopft werden, so dürfte die Zeit, in der ein bestimmter Grad der Verstopfung erreicht ist, ebenfalls ein Maß für die Art und Geschwindigkeit der Rückstandsbildung

sein. Der Motor wird zu Beginn des Versuches wegen der mangelnden Kompression eine sehr schlechte Leistung haben, die allmählich mit der Geschwindigkeit, mit der das Durchblasen der Gase durch die gebildeten Rückstände unterbunden wird, steigt und müßte schließlich einen Endwert annehmen, der der Leistung bei festgegangenem Ring ohne Verbindung zum Kurbelgehäuse entspricht. Dieser Gedankengang führte zur Entwicklung des "DVL-Durchblasverfahrens zur Prüfung des Dauerverhaltens von Betriebsstoffen".

a) Versuche bei konstanter Drosselstellung:

An dem bereits erwähnten Sonderkolben wurde die Ringnut nach dem Kolbeninnern hin durchbohrt. Bei dem ersten Versuch hatte die Nut 7 gleichmäßig über den Umfang verteilte Löcher von je 1 mm \varnothing . Trotz der dadurch verursachten geringen Kompression sprang der Motor an und brachte bei voller Drosselöffnung eine Leistung von etwa 3,0 PS_e. Die Leistung stieg dann allmählich und zwar mit der Zeit immer langsamer, um bei einem Wert von 5,2 PS_e ungefähr gleich zu bleiben. Der Befund zeigte, daß sich an den in der Nähe des Auspuffschlitzes liegenden Bohrungen keine Ölkohle abgesetzt hatte. Die Temperaturen waren hier derart hoch, daß sich keine Rückstände bilden konnten. Aus diesem Grunde erreichte der Motor auch nur eine Höchstleistung von 5,2 PS_e.

Einige weitere Versuche bei niedrigeren Temperaturen und verschieden angeordneten Löchern zeigten dann, daß die Leistung am gleichmäßigsten anstieg und den größten Endwert erreichte, wenn die Durchbohrungen nur an den Stellen der stärksten Ölkohlebildung angebracht waren. Daher hatte die Kolbenmutter bei den nachfolgend behandelten Versuchen nur noch drei Bohrungen (1 mm \varnothing), die bei 275°, 290° und 320° (Ringstoß liegt stets bei 305°⁺) lagen.

Mit dieser Anordnung wurden zunächst 3 Versuche mit gleichen Betriebsstoffen und unter den gleichen Betriebsbedingungen gefahren. In Abb. 4 ist der Verlauf dieser Untersuchungen in Abhängigkeit von der Zeit aufgetragen. Daraus

+) Die Lage der Bohrungen wird hier in Winkelgrad angegeben (Kolbenumfang = 360°), wobei 0° über der Mitte des Auspuffschlitzes liegt; 0-180° = Richtung d. Kolbenbolzenachse.

~~ist zu ersehen, daß der Anstieg der Leistung besonders zu Beginn der Versuche noch beträchtlich streut, daß aber trotzdem schon eine gewisse Übereinstimmung der Kurven vorhanden ist.~~

~~Um festzustellen, ob bereits nach diesem Verfahren eine Bewertung der Betriebsstoffe in bezug auf ihre Neigung zur Rückstandsbildung möglich ist, wurden anschließend unter den gleichen Bedingungen verschiedene andere Öle gefahren. Aus Abb. 5 ist zu ersehen, daß die einzelnen Öle außerordentlich große Unterschiede in ihrem Verhalten zeigen. Die Feststellung, daß sie sehr verschiedene Endwerte in der Leistung gebracht haben, ist darauf zurückzuführen, daß sich bei einigen Ölen nur ein Teil der Bohrungen zugesetzt hatte; an den übrigen Löchern hatte infolge der hohen Beanspruchung überhaupt keine Ablagerung von Rückständen stattgefunden.~~

~~Diese an sich schon recht erfreulichen Untersuchungsergebnisse zeigen jedoch, daß eine genaue und zufriedenstellende Bewertung bei der in Abb. 4 gezeigten Reproduzierbarkeit noch nicht möglich ist. Z.B. würden die beiden Öle Grünring und Rotring noch nahezu innerhalb des Streubereiches fallen oder zum mindesten nur eine unklare Bewertung zulassen, obwohl ihr Verhalten nach der Prüfung im Flugmotoren-Einzyylinder beträchtliche Unterschiede ergab. Die in Abb. 5 dargestellten Kurven zeigen aber, daß auf diese Weise eine gewisse Beurteilungsmöglichkeit vorhanden ist, sodaß der eingeschlagene Weg als grundsätzlich richtig anerkannt werden kann. Es war daher für die Weiterentwicklung des Verfahrens wichtig, einerseits die Reproduzierbarkeit der einzelnen Versuche zu verbessern und andererseits einen Weg zu finden, die Versuchsergebnisse so auszuwerten, daß sie mit der Praxis in Verbindung gebracht werden können. Aus diesem Grunde war nun eine größere Anzahl von Versuchen notwendig, bei denen die verschiedensten Betriebsbedingungen in ihrem Einfluß auf die obigen Forderungen untersucht wurden. Es würde zu weit führen, alle Läufe im einzelnen zu beschreiben; daher werden nachfolgend nur diejenigen behandelt,~~

die zum Ziele geführt haben.

b) Versuche bei veränderlicher Drosselstellung:

Bei den soeben erwähnten Versuchen war die Drehzahl veränderlich (vgl. Abb. 4); und zwar wurde sie zu Beginn einer jeden Untersuchung auf etwa 2500 U/min. eingestellt. Sie stieg dann während des Versuches entsprechend der Leistungssteigerung. Da jedoch die einzelnen Öle verschieden hohe Endwerte erreichten (vgl. Abb. 5), war die Enddrehzahl und daher auch die Durchschnittsdrehzahl sehr unterschiedlich. Gleichzeitig konnte beobachtet werden, daß damit auch die Verbrennungsraumtemperatur und der Ladedruck sehr verschiedene End- und Mittelwerte ergaben. Außerdem wurde die Leistung und Drehzahl selbstverständlich auch durch die Schwankungen des Luftzustandes beeinflusst. Ein Vergleich einzelner Öle untereinander würde daher selbst bei guter Reproduzierbarkeit ein falsches Bild ergeben, da sie ja je nach ihrer Neigung zur Rückstandsbildung thermisch und mechanisch verschieden beansprucht worden sind.

Aus diesem Grunde mußte unbedingt für eine stets gleiche thermische und mechanische Beanspruchung der Betriebsstoffe bei allen Untersuchungen gesorgt werden. Diese Forderung konnte am besten dadurch erfüllt werden, daß die Leistung bei gleicher Drehzahl durch allmähliches Schließen der Drossel über den ganzen Versuch gleichgehalten wurde. Es zeigte sich, daß auch die übrigen Temperaturen nur in geringen Grenzen schwankten. Die Veränderung der Drossel in Abhängigkeit von der Zeit ist ein ebenso gutes Maß für den Grad der allmählichen Leistungssteigerung und hat den Vorteil, daß alle Bedingungen, während des ganzen Versuches gleichgehalten werden können. Abb. 6 u. 7 geben einen Überblick über den Verlauf zweier in dieser Art durchgeführter Untersuchungen. Die Drosselkurve verläuft anfangs sehr steil, um dann allmählich flacher zu werden und schließlich in eine nahezu gerade Linie überzugehen. Es ist verständlich, daß von einer gewissen Zeit ab ein absolut gerader Verlauf der

~~Kurve nicht immer erreicht werden kann (vgl. Abb. 7). Durch entsprechende Auswertung des Versuches (vgl. Abschnitt V, 1, C) können diese Unregelmäßigkeiten jedoch ausgeglichen werden. Diese Änderung der Drosselstellung, die ja dem Ansteigen der Leistung entspricht, kann unmittelbar als Maß für Art und Verlauf der Rückstandsbildung in der Ringnut angesehen werden; die Kurve muß daher umso steiler verlaufen, je mehr die verwendeten Betriebsstoffe zur Rückstandsbildung neigen. Schmierstoffe, die im Siemens-Ölprüfmotor oder BMW 132-Einzyylinder lange Laufzeiten ergeben hatten, müßten hier flache Kurven und umgekehrt diejenigen mit kurzen Laufzeiten steile Kurven bringen. Ebenso müßte die Temperatur die Steilheit der Drosselkurve in ähnlicher Weise wie die Laufzeiten bis zum Kolbenringstecken beeinflussen.~~

V. Anwendung des Durchblasverfahrens.

1. Ausgangsbedingungen:

~~Nachdem die bisherigen Versuche gezeigt hatten, daß der eingeschlagene Weg zum Ziele führt, war es nunmehr Aufgabe, die Bedingungen festzulegen, durch die die beste Reproduzierbarkeit bei möglichst einfacher Versuchsvorbereitung und Durchführung zu erreichen war.~~

a) Versuchsvorbereitung:

~~Zunächst wurde die günstigste Zahl und Art der Nutdurchbohrungen ermittelt. Eine größere Anzahl von Versuchen führte ungefähr zu folgendem Ergebnis:~~

- (1) Größe der Bohrungen: Zu kleine Bohrungen setzen sich zu schnell zu, sodaß der Leistungsanstieg bzw. das Schließen der Drossel zu eilig vorgenommen werden muß und daher nur oberflächlich erfolgen kann. Zu große Bohrungen dagegen bewirken ein zu starkes Durchblasen der Verbrennungsgase und damit eine derartige Erwärmung der umgebenden Teile, daß die Rückstände entweder nicht zur Bildung kommen oder wieder weg-

brennen bzw. von den Gasen mitgerissen werden. - Bei einer Größe der Bohrungen von 1,0 mm Durchmesser ergaben sich die günstigsten Versuchsergebnisse, weshalb diese Bohrung auch für die weiteren Untersuchungen beibehalten wurde.

- (2) Zahl der Bohrungen: Die Zahl der Bohrungen muß gering gehalten werden, da die Gase einen möglichst einfachen Weg über die Nut zum Kurbelgehäuse nehmen sollen.
- (3) Lage der Bohrungen: Wie schon in Abschnitt IV a (S.7) erwähnt, war es vorteilhaft, die Bohrungen an den Stellen der stärksten Rückstandsbildung in der Nut vorzunehmen. Da diese Stellen jedoch mit der Temperaturbeanspruchung und der Art des Betriebstoffes wandern, mußte aus einer Reihe von Versuchen die günstigste Lage ermittelt werden: Für alle weiteren Untersuchungen wurde daher mit je einem Loch (1,0 mm ϕ , s. oben) bei 262° und 298° +) gefahren (vgl. a. Zahlentafel 2).

Es sei an dieser Stelle nochmals erwähnt, daß der für die Versuche verwendete Kolben nur eine Ringnut mit einem Ring hat.

Einen ähnlichen Einfluß wie die Größe der Bohrungen hatte auch das seitliche Spiel des Kolbenringes: Die regelmäßigsten und eindeutigsten Kurven erreichte man bei einem seitlichen Spiel von 0,15 mm. Um stets von gleichen Bedingungen auszugehen, wurde für jeden Lauf ein neuer Ring verwendet, der mit dem obigen Spiel durch Abschleifen jeweils in die Nut eingepaßt wurde.

b) Betriebsbedingungen und Versuchsdurchführung:

Die dem Durchblasverfahren zu Grunde gelegten Betriebsbedingungen sind in Zahlentafel 2 zusammengestellt.

Zu Beginn eines jeden Versuches wurde der Kühlmittelumlauf vollkommen unterbunden und mit vollge-

+) Vgl. Bemerkung auf S.7

öffneter Drossel angefahren. Sodann wurde möglichst schnell durch Schließen der Drossel und Einregulieren der Belastung die erforderliche Leistung und Drehzahl eingestellt. Nachdem das Kühlmittel die gewünschte Temperatur erreicht hatte, wurde es durch langsames Öffnen des Absperrventiles in Umlauf gesetzt. Hierbei treten anfangs noch - je nach der Geschicklichkeit des Bearbeiters - geringe Schwankungen der Kühltemperatur auf, die aber schon nach kurzer Zeit zum Stillstand kommen. Auf diese Weise ist es möglich, den Motor in kürzester Zeit (2 bis 4 Minuten) auf die nötigen Betriebsbedingungen zu bringen, die dann während des ganzen Versuches stets gleichgehalten werden.

Da geringe Schwankungen der Leistung und Drehzahl auch bei sorgfältigster Versuchsdurchführung unvermeidlich sind, kann ein sofortiges Ausgleichen einer Leistungsänderung durch Nachregulieren der Drossel unter Umständen irreführend sein. Es hat sich daher als vorteilhaft erwiesen, erst dann die Drosselstellung zu ändern, wenn die Leistung einen bestimmten Grenzwert erreicht hat. Als Grenzen wurden die Werte 3,90 und 3,95 PS_e festgelegt; d.h. es wurde erst dann auf den Ausgangswert (3,90 PS_e) zurückreguliert, wenn die Leistung 3,95 PS_e erreicht war.

c) Auswertung der Versuchsergebnisse und Reproduzierbarkeit:

Um die Grenzen der Reproduzierbarkeit festzulegen, wurden zunächst mehrere unter gleichen Bedingungen und mit den gleichen Kraftstoffen durchgeführte Läufe miteinander verglichen. Abb. 8 zeigt als Ergebnis die Abhängigkeit der Drosselstellung von der Laufzeit bei 4 gleichartigen Versuchen; und zwar sind dabei diejenigen Punkte miteinander verbunden, bei denen jeweils auf die Leistung von 3,90 PS_e zurückreguliert wurde. Es ist daraus zu ersehen, daß die einzelnen Punkte nur verhältnismäßig wenig streuen. Auch die Steilheiten der geradlinig verlaufenden Teile der Kurven unterscheiden sich nur wenig. - Da die Versuche an verschiedenen Tagen gefahren wurden und somit durch den Einfluß des Luftzustandes die Tagesleistung unterschiedlich

war, sind die Kurven z.T. etwas gegeneinander verschoben. Diese Tatsache zeigt, daß bei der Auswertung nicht die allgemeine Lage der Kurve, sondern nur deren Steilheit von einer bestimmten Laufzeit ab gewertet werden darf.

Da die Auswertung einerseits möglichst exakt erfolgen soll und andererseits eine gefühlsmäßige Beurteilung der Steilheit zu sehr von der Willkür des Bearbeiters abhängt, soll hier eine diese Unsicherheit ausschaltende rechnerische Auswertung in Vorschlag gebracht werden:

Die Erfahrung hat gezeigt, daß nach etwa einer Stunde vom Versuchsbeginn ab die Art der Rückstandsbildung nahezu gleichmäßig, d.h. die Drosselkurve ungefähr geradlinig wird. Deshalb bleiben bei der rechnerischen Auswertung die ersten 60 Minuten unberücksichtigt. Von diesem Zeitpunkt ab werden die von den Verbindungslinien der einzelnen Punkte und der Horizontalen gebildeten Winkel bestimmt und aus der Gesamtheit dieser Winkel der Mittelwert errechnet. Dieser mittlere Winkel ist ein Maß für die Steilheit der Kurve und somit auch für die Bewertung des zu prüfenden Betriebstoffes.

Der von der Verbindungslinie zweier aufeinanderfolgender Punkte und der Horizontalen gebildete Winkel φ errechnet sich folgendermaßen:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{(d_1 - d_2) \cdot a}{t_2 - t_1}$$

dabei ist: d_1 = Drosselstellung bei Punkt 1 in Skalenteilen

t_1 = Laufzeit hierzu in Minuten

d_2 = Drosselstellung bei Punkt 2 in Skalenteilen

t_2 = Laufzeit hierzu in Minuten

a = Maßstab +)

Der mittlere Winkel (Wertungswinkel) α wird dann:

$$\alpha = \frac{\varphi_1(t_2 - t_1) + \varphi_2(t_3 - t_2) + \varphi_3(t_4 - t_3) + \dots + \varphi_n(t_n - t_{n-1})}{t_n - t_1}$$

wobei $t_1 = 60$ ist.

+) In Abb. 2 u. Zahlent. 3 ist $a = 20$ (20 Min. entspr. 1 Skalenteil).

Der besseren Übersicht wegen ist in Zahlentafel 3 der Berechnungsgang für die in Abb. 8 wiedergegebenen Drosselkurven niedergelegt. Danach erhält man folgenden mittleren Winkel: $\alpha = 35,5^\circ$, $\alpha = 35,0^\circ$, $\alpha = 34,9^\circ$ und $\alpha = 35,5^\circ$. Diese Ergebnisse lassen auf eine überraschend gute Reproduzierbarkeit der Versuche schließen. Trotzdem dürfen diese nur sehr geringen Unterschiede nicht bei allen Untersuchungen als Maßstab angesehen werden. Wie die in Abschnitt V, 2 behandelten Versuchsergebnisse zeigen, treten in einigen Fällen Streuungen auf, die die obigen Grenzen der Reproduzierbarkeit übersteigen (vgl. Abb. 12). Die Gründe hierfür dürften wohl darin zu suchen sein, daß noch nicht genügend bekannt ist, inwieweit das Ergebnis bezw. der Winkel α durch Schwankungen der Versuchsbedingungen (Zündung!) beeinflußt wird. Es ist beabsichtigt, durch eine später durchzuführende Reihe von Untersuchungen diese Frage noch näher zu klären, wodurch die Reproduzierbarkeit wohl noch wesentlich verbessert werden kann. - Vorerst sollen daher Schwankungen der Versuchsergebnisse um $\pm 1,5^\circ$ noch als zulässig erachtet werden.

Alle nachfolgend behandelten Versuche sind nach dem soeben angeführten Verfahren rechnerisch ausgewertet worden.

2. Prüfung verschiedener Schmierstoffe.

Um festzustellen, inwieweit die mit Hilfe des Durchblasverfahrens bestimmten Bewertungen mit den bisherigen Erfahrungen übereinstimmen, wurden nunmehr einige Öle geprüft, deren Verhalten im BMW 132-Einzyylinder-Motor bekannt war. Ebenso wie neuerdings im Flugmotoreinzyylinder ⁴⁾ wurde auch hier jeder Schmierstoff bei verschiedenen Kühltemperaturen geprüft: Abb. 9 zeigt die Drosselkurven bei mehreren Temperaturbeanspruchungen für den Schmierstoff Stanavo 100, Abb. 10 desgleichen für Rotring D und Abb. 11 für Aero Shell mittel. In Zahlentafel 4 sind die Ergebnisse der Auswertung der einzelnen Versuche zusammengestellt.

Wie schon am Schluß des Abschnitts IV b (vgl. S.10) erwähnt, entsprechen steile Drosselkurven kurzen Laufzeiten im BMW 132-Ölprüfmotor und umgekehrt. Ein sehr kleiner Winkel ist also sehr langen Laufzeiten gleichzusetzen, der Winkel $\alpha = 0$ würde daher der Laufzeit unendlich entsprechen. Aus diesem Grunde dürfte es als richtig erachtet werden, wenn man nicht den Winkel α , sondern dessen ctg als Wertungsmaßstab betrachtet. Trägt man die "Steilheit" (ctg α) in Abhängigkeit von der Kühltemperatur auf, so erhält man die in Abb.12 dargestellten Kurven. Der Schmierstoff Stanavo 100 zeigt bei den verschiedenen Kühltemperaturen nur geringe Unterschiede in der Steilheit; der Verlauf der Kurve ist zunächst fallend, um bei etwa 130°C Kühltemperatur ein Minimum zu erreichen und dann wieder zu steigen. Der Versuch bei 150°C brachte ein aus der allgemeinen Kurventendenz herausfallendes Ergebnis. Die Richtigkeit dieses Wertes muß angezweifelt werden, insbesondere, da alle anderen Punkte den Kurvenverlauf sehr eindeutig anzeigen. Eine Wiederholung des Versuches dürfte die nötige Klärung bringen.

Als wesentlich temperaturempfindlicher erwies sich der Schmierstoff Rotring D, der bei niedrigen Kühltemperaturen sehr flache Drosselkurven ergab, um dann sehr schnell steil zu werden; bei etwa 127°C wird ein Minimum erreicht, sodas die Werte jenseits dieser Temperatur wieder zunehmen.

Einen ähnlichen Verlauf haben die Versuche mit Aero-Shell mittel ergeben, jedoch mit dem Unterschied, daß die hierbei erhaltene Kurve (Abb.12) im niedrigeren Temperaturgebiet liegt. Interessant ist dabei das Verhalten bei hohen Temperaturen: Es wurde festgestellt, daß die Kurve nach dem Erreichen des Minimums ebenfalls wieder steigt, um dann aber von einem bestimmten Wert an (etwa 110°C) bei weiterer Erhöhung der Kühltemperatur äußerst schnell abzufallen. - Der Verlauf dieser Kurve dürfte mit der Art der Rückstandsbildung in Abhängigkeit von der Temperaturbeanspruchung zusammenhängen. Mit steigender Temperatur wächst zunächst die Menge der

~~gebildeten asphaltartigen Rückstände. Von einer bestimmten Beanspruchung ab halten diese weichen Ablagerungen dem thermischen Angriff nicht mehr stand und brennen zum Teil weg oder kommen nicht zur Bildung, 5)6) was eine Verlängerung der Laufzeiten bzw. ein Flacherwerden der Drosselkurve beim Durchblasverfahren zur Folge hat. Gleichzeitig mit diesem Vorgang beginnt aber auch mit steigender Temperatur die Ablagerung sehr harter Rückstände, sodaß dann die Menge der Gesamtrückstände erneut steigen muß. Von hier ab tritt daher ein erneutes Fallen der Kurve - Laufzeit bzw. Steilheit in Abhängigkeit von der Temperatur - ein. Damit werden auch die in früheren Berichten niedergelegten Beobachtungen bestätigt. +) Über den Charakter der Rückstände, sowie über laboratoriumsmäßige Versuche zur genauen Klärung dieses Vorganges wird von anderer Stelle berichtet werden. Der obige Hinweis mag daher zur Erläuterung der motorisch festgestellten Versuchsergebnisse vorerst genügen.~~

~~3. Vergleich mit Prüfergebnissen am BMW-132-Einzylinder-Motor.~~

~~Um einen Vergleich vornehmen zu können, sind in Abb. 13 die Laufzeiten in Abhängigkeit von der Kerzenringtemperatur bei der Prüfung im BMW 132-Einzylinder-Motor für die entsprechenden Öle aufgetragen. Allerdings wurden diese Versuche mit einem anderen Kraftstoff (Shell-Ethyl-87) durchgeführt (vgl. a. Zahlent. 2). Außerdem wurde Röttring und nicht Rotring D unter Verwendung anderer Kolbenringe, die bei 265°C Kerzenringtemperatur eine um etwa 1 Std. längere Laufzeit ergeben, untersucht. Trotzdem ist eine Ähnlichkeit der Kurven sowohl in ihrer Tendenz als auch in der Lage der kritischen Temperaturen zueinander festzustellen. - Vergleicht man die Verhältnisse der "Steilheiten" bei der Kühltemperatur von 90°C miteinander, so ergibt sich eine sehr gute Übereinstimmung mit den bisherigen Laufzeiten bei 265°C Kerzenringtemperatur im BMW 132-~~

~~+) Vgl. FB 1177 7), Verhalten von CV 4b und UM 574 4), Versuch-Nr. 70~~

und Siemens-Ölprüfmotor:

Schmierstoff	Steilheit b. 90°C	Verhältnis d. Steilheiten ++)	Laufzeit im BMW 132- u. Siemens-Ölprüfmotor
Stanavo 100	2,05	6,0	6¼ bis 6½ Std.
Rotring D	2,93 +)	8,6	8½ " 9 "
Aero Shell mittel	1,06	3,1	3 " 3½ "
NP 2	1,47	4,3	4¼ " 4½ "

+) Mittelwert ++) z.B. $\frac{2,05}{2,93} = \frac{6,0}{8,6}$

VI. Kritik und Ausblick.

Es wäre von besonderem Interesse, die Prüfung nach dem Durchblasverfahren mit dem s.Zt. für die Versuche im BMW 132-Ölprüfmotor verwendeten Kraftstoff zu wiederholen. Da jedoch die einzelnen Lieferungen in ihrer Zusammensetzung oft sehr unterschiedlich sind (schwankender Aromaten- und Bleigehalt), lassen sich derartige Vergleichswerte nur mit vollkommen gleichen Erzeugnissen einwandfrei durchführen. Untersuchungen mit nachträglich beschafftem Kraftstoff dürften daher Unsicherheiten bringen, die dann doch durch andere Vergleichsversuche mit Kraftstoffen aus der gleichen Lieferung geklärt werden müßten. Es ist selbstverständlich, daß die Frage, ob das Durchblasverfahren die Prüfung im BMW 132-Einzylinder-Motor vollkommen ersetzen kann, durch weitere Forschungsarbeiten geklärt werden wird. Aufgabe dieses Berichtes ist es jedoch, zunächst nur den Stand der Versuche mitzuteilen und den Nachweis zu erbringen, daß Betriebsstoffdauerprüfungen nach dem Durchblasverfahren möglich sind, die eine ähnliche Bewertung wie bisher zulassen.

Die hier angeführte Art der Versuchsauswertung, sowie die Angaben über die Reproduzierbarkeit gleichartiger Versuche lassen selbstverständlich noch manche Änderung und Verbesserung zu. Die Weiterentwicklung des Verfahrens wird voraussichtlich einen noch eindeutigeren Verlauf der

Drosselkurven bringen, wodurch auch die Auswertung wesentlich erleichtert wird. Insbesondere dürfte dann auch die Frage geklärt werden, von welcher Laufzeit ab eine Beurteilung in allen Fällen vorgenommen werden kann und welcher Zustand für den Abschluß eines Laufes maßgebend ist.

Der Wert des Verfahrens liegt insbesondere darin, daß es an einem kleinen, sehr betriebssicher arbeitenden Motor angewendet werden kann und außerordentliche Ersparnisse an Zeit und Material mit sich bringt. Die nachfolgende Zusammenstellung veranschaulicht ganz besonders die Vorteile des Verfahrens.

Vorteile des DVL-Durchblasverfahrens

	Durchblas- Verfahren	BMW 132-Einzylinder- Motor
1. Kürzere Versuchsdauer	je Lauf 4 - 5 Std.	statt 4 - 50 Std.
2. Kürzere Vorbereitungszeit	je Lauf 3 "	" 15 "
3. Geringerer Kraftstoffverbrauch	je Lauf 15 Ltr.	" 80 - 800 Ltr.
4. Geringere Ölmenge	je Lauf 4 "	" 25 "
5. " Betriebskosten	je Lauf 50 RM	" 500 RM
6. Kosten f. Prüfstandsbeschaffung	etwa 1500 RM	" etwa 30.000 RM

Die Möglichkeit, auch gute Betriebsstoffe, die nach der bisherigen Untersuchungsart lange Laufzeiten ergeben, in kurzer Zeit (4 bis 5 Std.) prüfen zu können, macht das Verfahren überall da besonders anwendbar, wo nur geringe Mengen zur Verfügung stehen oder eine dringende Prüfung gefordert wird. Außerdem sei hierbei auch auf den geringen Raumbedarf des Prüfstandes hingewiesen.

Selbst wenn die zukünftigen Versuche keine einwandfreie Verbindung zu den Prüfungsergebnissen am BMW 132-Einzylinder-Motor bringen werden, kann das Verfahren für Voruntersuchungen in großer Zahl angewendet werden, so daß nur noch die interessantesten Ergebnisse im Flugmotoren-Einzylinder überprüft werden müßten.

Die Tatsache, daß die Betriebsbedingungen beim Durchblasverfahren, insbesondere die Kühltemperaturen, in wesentlich engeren Grenzen gleichgehalten werden können, ermöglicht es, den Verlauf der Kurven durch eine größere Anzahl von Versuchen bei kleinen Temperaturabständen bei weitem deutlicher als bisher zu bestimmen und dabei auch die Wechselwirkung zwischen Kraftstoff und Öl genauer zu beobachten.

VII. Zusammenfassung.

Es wird über Versuche an einem kleinen flüssigkeitsgekühlten Zweitaktmotor berichtet, welche die Anwendung dieses Motors zur Betriebstoffdauerprüfung zum Ziele hatten. Da hierbei der Vorgang des Kolbenringsteckens nach den bisher bekannten Methoden (Beobachtung von Leistungsabfall und Gasdurchtritt) nicht zufriedenstellend erfaßt werden konnte, wurde ein neues Verfahren entwickelt, das es gestattet, die Geschwindigkeit der Rückstandsbildung in der Kolbenringnut am laufenden Motor zu beobachten.

Die Untersuchung verschiedener Schmierstoffe nach diesem Verfahren brachte den bisherigen Erfahrungen mit diesen Ölen (Prüfung im BMW 132- und Siemens-Ölprüfmotor) entsprechende Ergebnisse. Die Vorteile, die dieses neue Verfahren gegenüber den bisherigen Untersuchungsmethoden (große Zeit- und Materialersparnis) bringt, lassen erwarten, daß dadurch in Zukunft die Prüfung am Flugmotoren-Einzylinder ersetzt oder zum mindesten erleichtert und verkürzt werden kann.

VIII. Schrifttum

- 1) A.v.Philippovich, Die motorische Betriebstoffprüfung und Vorschläge zu ihrer weiteren Gestaltung, Öl und Kohle, 15.Jahrg.(1939) Heft 28, S.551/556
- 2) W.Glaser, Der Einfluß der Betriebsbedingungen auf das Kolbenringstecken bei der Betriebstoffdauerprüfung, Luftfahrtforschung, Bd.16 (1939) Lfg.8, S.438/446, vgl.a.DVL-Bericht FB-1022, 7.2.39
- 3) H.H.Berg, DVL-Thermoelement, ATZ 1939, Heft 7
- 4) H.Schökel, Die Schmierstoffprüfung im BMW 132 F-Einzylindermotor, DVL-Bericht UM 574, 18.4.39
- 5) A.v.Philippovich, Neuere Untersuchungsverfahren zur Bestimmung der Rückstandsbildung von Motorenölen, DVL-Jahrbuch 1933, S.VI, 36/42
- 6) M.Richter, Laboratoriumsmäßige Prüfung von Schmierölen auf ihre Neigung zum Kolbenringverkleben, Luftwissen Bd.5, (1938) Nr.6, S.213/18
- 7) W.Glaser, Untersuchung des Dauerverhaltens verschiedener Hochleistungskraftstoffe, DVL-Bericht FB 1177 vom 21.2.40

000619

Zahlentafel 1

Motor-Kennwerte

Motor	DKW
Hersteller	Auto-Union
Baumuster	EW 301
Bohrung	74 mm \varnothing
Hub	68 mm
Hubvolumen	292 ccm
Leistung (max)	6,5 bis 7 PS _e
Drehzahl	3000 U/min
Höchst-drehzahl	3400 "
Verdichtung	1:5,0 (s. Seite 4)
Zündung	verstellbar
Vergaser	Einhebelvergaser Frano-VG-V mit verstellbarer Hauptdüse
Kühlung	Thermosyphon (regelbar)
Kühlmittel	Aethylenglykol
Bremsmittel	Junkers Wasserwirbelbremse Type B-2-K

Zahlentafel 2

Betriebsbedingungen beim DVL-Durchblasverfahren.

Kolben	: Sonderkolben mit nur einer Nut
Lage der Bohrungen:	bei 262° und 298° +)
Leistung	: 3,90 bis 3,95 PS _e
Drehzahl	: 3000 + 10 U/min
Zündung	: 30° v.o.T.
Verdichtung	: $\xi = 5,0$
Seitl. Spiel des Kolbenringes	: 0,15 mm
Kraftstoff	: VT 702 + 0,12 Vol.-% Pb
Gemisch	
Schmierstoff-Kraftstoff:	1:20
Betriebsstoffver- brauch	: 500 ± 20 g/PS _e h
Kühlstoff	: Aethylenglykol
Kühlmitteltemperatur	
Eintritt	: 12 bis 30°C ++)
Austritt	: verschieden
Ansauglufttemperatur:	23 bis 25°C
<u>Dabei stellten sich folgende Temperaturen ein:</u>	
Verbrennungsraumtemperatur:	550 bis 620°C ++)
Auspufftemperatur	: 470 bis 480 "

+) s. Bemerkung auf S. 11

++) je nach Höhe der Kühlmittelaustrittstemperatur

000620

Zahlentafel 3

Beispiel für die Versuchsauswertung (vgl. Abb.8)

$$\alpha = \frac{\varphi_1(t_2-t_1) + \varphi_2(t_3-t_2) + \varphi_3(t_4-t_3) + \dots + \varphi_n(t_n-t_{n-1})}{t_n - t_1}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{(d_1-d_2) \cdot 20}{t_2-t_1} \quad t_1 = 60$$

Lauf 144

t	d	tg φ	φ	φ(t _{x+1} - t _x)
60	34,14	0,9091	42° 16'	1050° 400'
85	33,0	1,000	45° 0'	1350° 0'
115	31,5	1,000	45° 0'	1350° 0'
145	30,0	0,5085	26° 57'	1534° 3363'
204	28,5	0,5556	29° 3'	1044° 108'
240	27,5			
				Σφ(t _{x+1} -t _x) = 6328° 3871'

$$\alpha = \frac{6328^{\circ} 3871'}{180} = 35^{\circ} 31'$$

Lauf 146

t	d	tg φ	φ	φ(t _{x+1} - t _x)
60	34,95	0,7273	36° 2'	936° 52'
86	34,0	0,8205	39° 22'	1521° 858'
125	32,4	0,7273	36° 2'	1188° 66'
158	31,2	1,000	45° 0'	630° 0'
172	30,5	0,8824	41° 26'	1394° 884'
206	29,0	0,4167	22° 37'	1056° 1776'
254	28,0			
				Σφ(t _{x+1} -t _x) = 6725° 3636'

$$\alpha = \frac{6725^{\circ} 3636'}{194} = 34^{\circ} 59'$$

Zahlentafel 3
(Fortsetzung)

Lauf 161

t	d	tg φ	φ	φ · (t _{x+1} - t _x)
60	34,25	0,3922	21° 25'	273° 325'
73	34,0	0,6667	33° 41'	990° 1230'
103	33,0	1,053	46° 29'	874° 551'
122	32,0	1,053	46° 29'	874° 551'
141	31,0	0,8333	39° 48'	936° 1152'
165	30,0	0,7143	35° 32'	980° 896'
193	29,0	0,4878	26° 0'	1066° 0'
234	28,0			
				$\sum \varphi \cdot (t_{x+1} - t_x) = 5993^\circ 4705'$

$$\alpha = \frac{5993^\circ 4705'}{174} = 34^\circ 54'$$

Lauf 169

t	d	tg φ	φ	φ · (t _{x+1} - t _x)
60	34,75	0,6897	34° 36'	544° 576'
76	34,2	1,200	50° 12'	1000° 240'
96	33,0	0,9524	43° 36'	903° 756'
117	32,0	0,6452	32° 50'	992° 1550'
148	31,0	0,5263	27° 45'	1026° 1710'
186	30,0	0,6667	33° 41'	990° 1230'
216	29,0			
				$\sum \varphi \cdot (t_{x+1} - t_x) = 5455^\circ 6062'$

$$\alpha = \frac{5455^\circ 6062'}{156} = 35^\circ 27'$$

000621

- 25 -

Zahlentafel 4

Ergebnisse der Untersuchung verschiedener Schmier-
stoffe nach dem Durchblasverfahren.
(Auswertungsschema vergl. Zahlentafel 3)

Lauf-nr.	Schmierstoff	Kühltemp. °C (Austritt)	S t e i l h e i t α	ctg α
163	Stanavo 100	90	26° 0'	2,050
164	"	110	27° 14'	1,943
165	"	130	27° 51'	1,893
166	"	150	30° 32'	1,695 ?
168	"	165	27° 7'	1,953
149	Rotring D	90	19° 13'	2,869
191	"	90	18° 29'	2,992
150	"	110	32° 1'	1,599
208	"	110	33° 30'	1,511
151	"	130	37° 33'	1,301
152	"	150	31° 11'	1,652
154	"	165	26° 36'	1,997
160	Aero Shell mittel	63	31° 0'	1,664
159	"	70	33° 34'	1,507
155	"	90	43° 18'	1,061
156	"	110	26° 0'	2,050
157	"	130	38° 35'	1,253
158	"	150	50° 3'	0,8376
144	NP 2	90	35° 31'	1,401
146	"	90	34° 59'	1,429
161	"	90	34° 54'	1,433
169	"	90	35° 27'	1,405

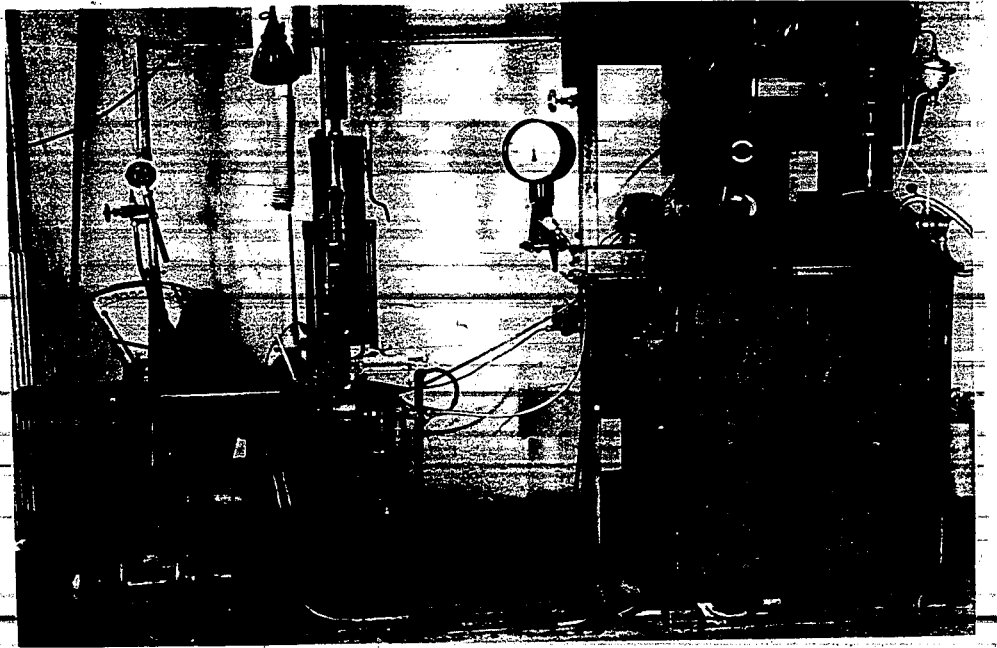


Abb.1 DKW-Prüfstand für das DVL-Durchblasverfahren.
(Foto-Nr. 31 404)

000622

- 27 -

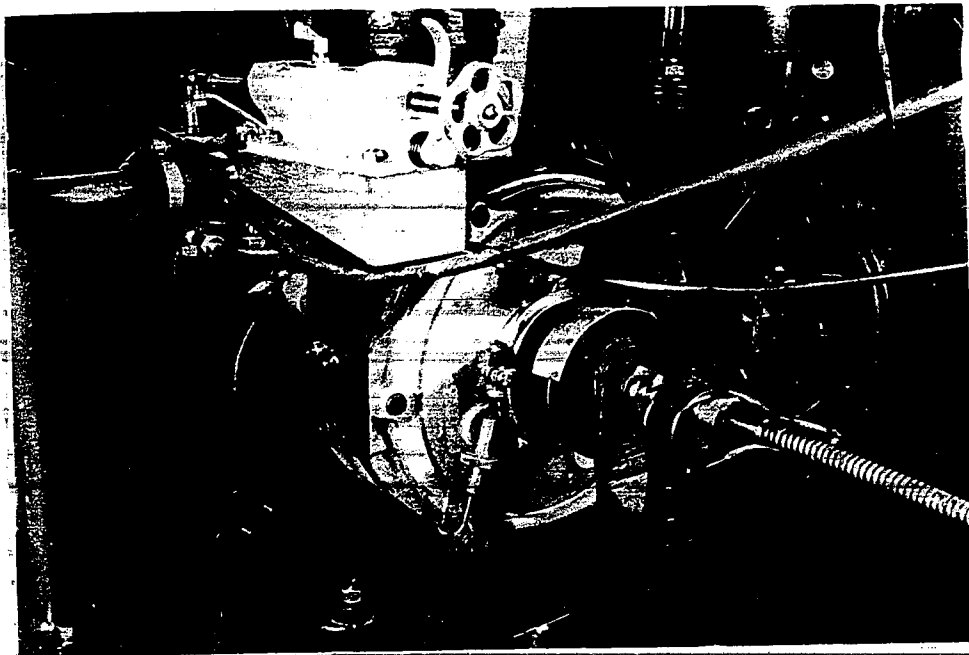


Abb. 2 Ansicht des Kurbelgehäuses mit Zündzeitpunktanzeiger und Zündverstellvorrichtung.
(Foto-Nr. 31 402)

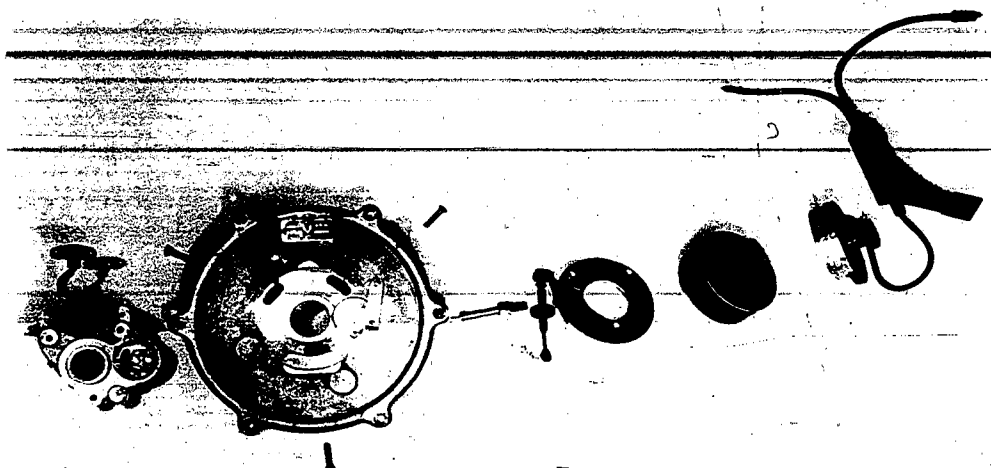


Abb. 3 Zündzeitpunktanzeiger und Zündverstellvorrichtung zerlegt.
(Foto-Nr. 31 403)

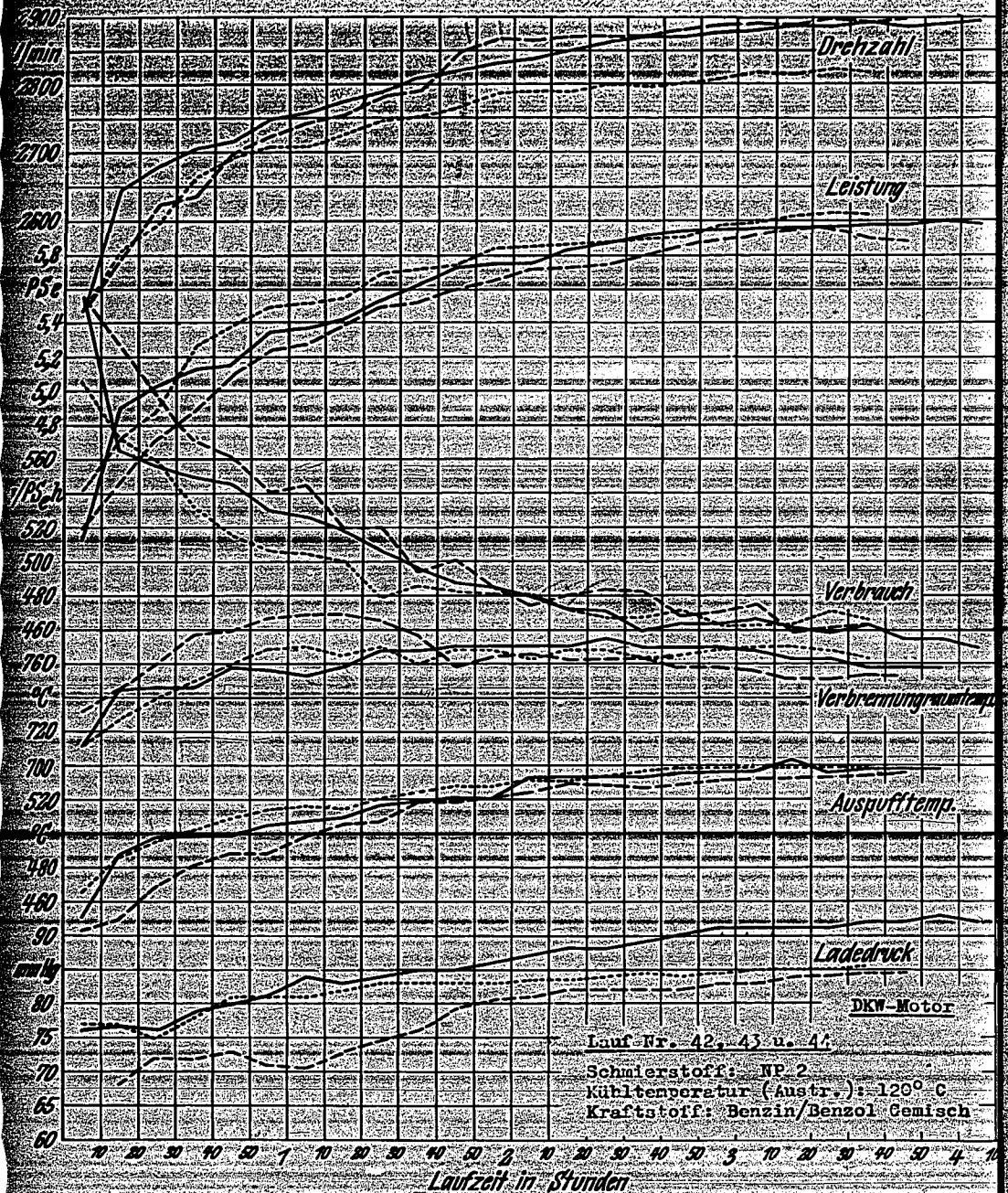
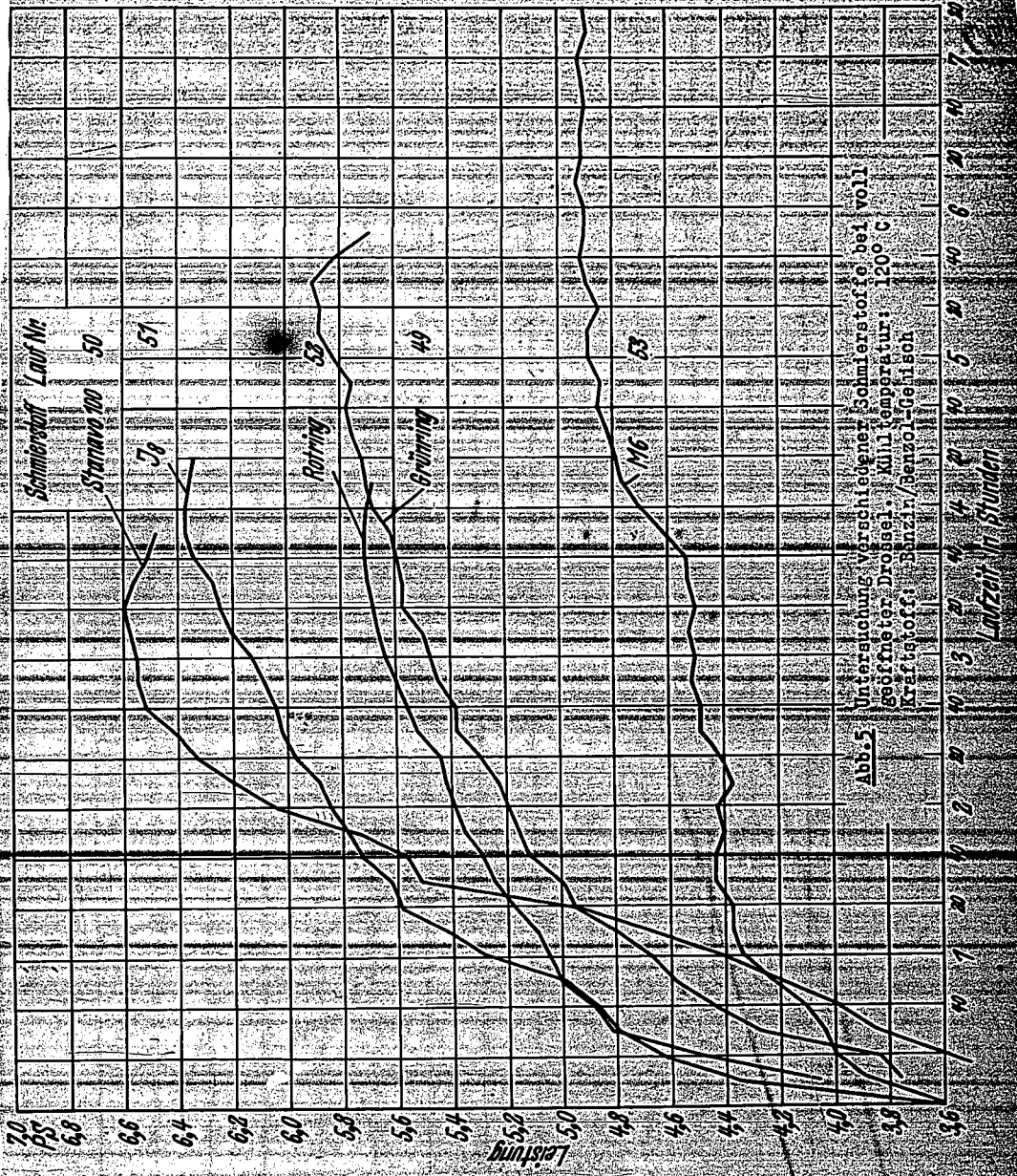


Abb. 4 Verlauf von 3 unter gleichen Bedingungen gefahrenen Versuchen mit vollgeöffneter Drossel.



Schmierstoff Lauf Nr.

Stamms Nr. 50

58

51

53

40

56

53

Abb. 5

Untersuchung verschiedener Schmierstoffe bei voll geöffneter Drossel. Mühltemperatur: 120° C. Kraftstoff: Benzol/Benzol-Gehölz

Laufzeit in Stunden

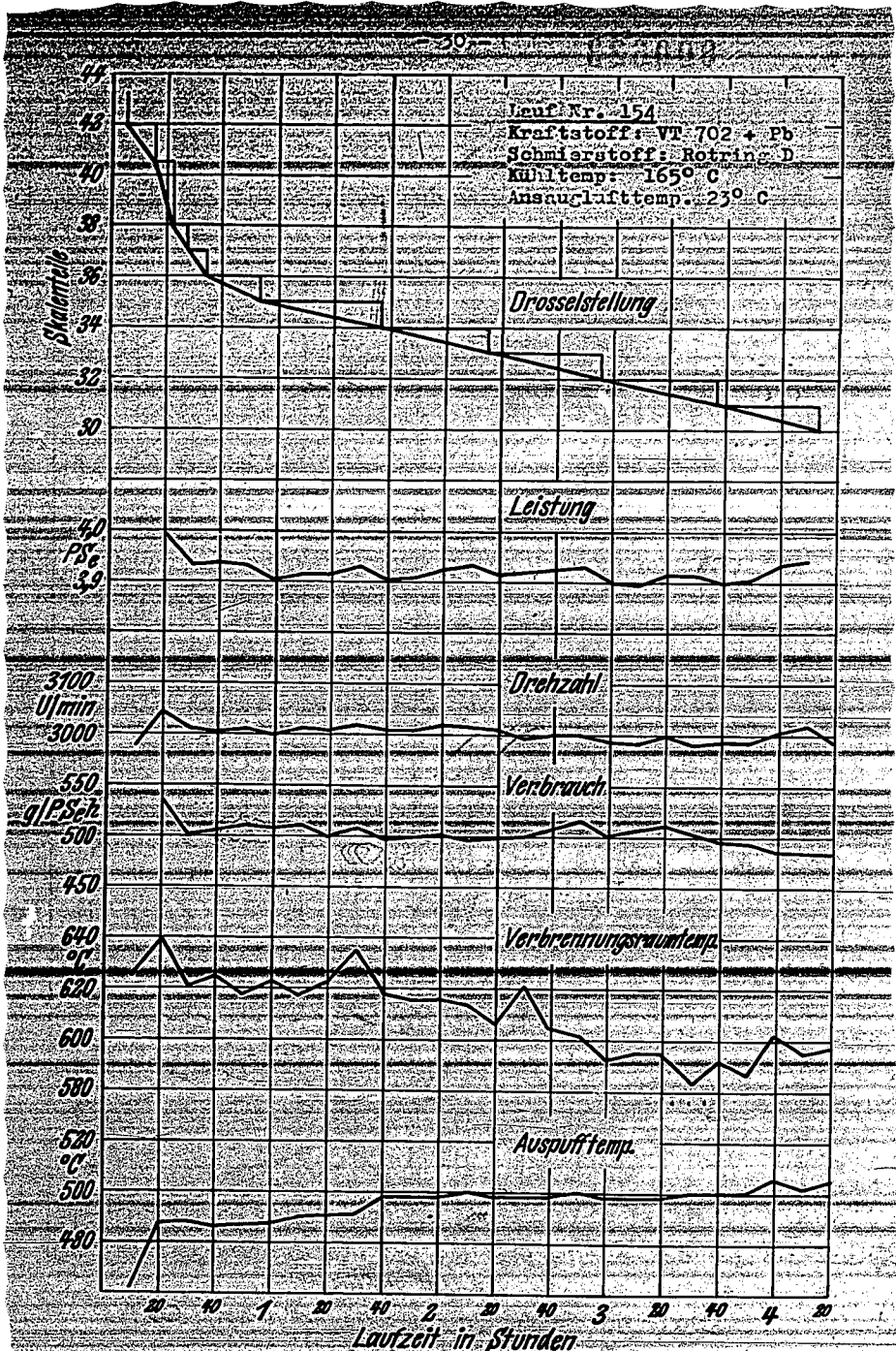


Abb.6. Verlauf der Untersuchung des Schmierstoffes Rotring D bei 165° C Kühltemperatur

000624

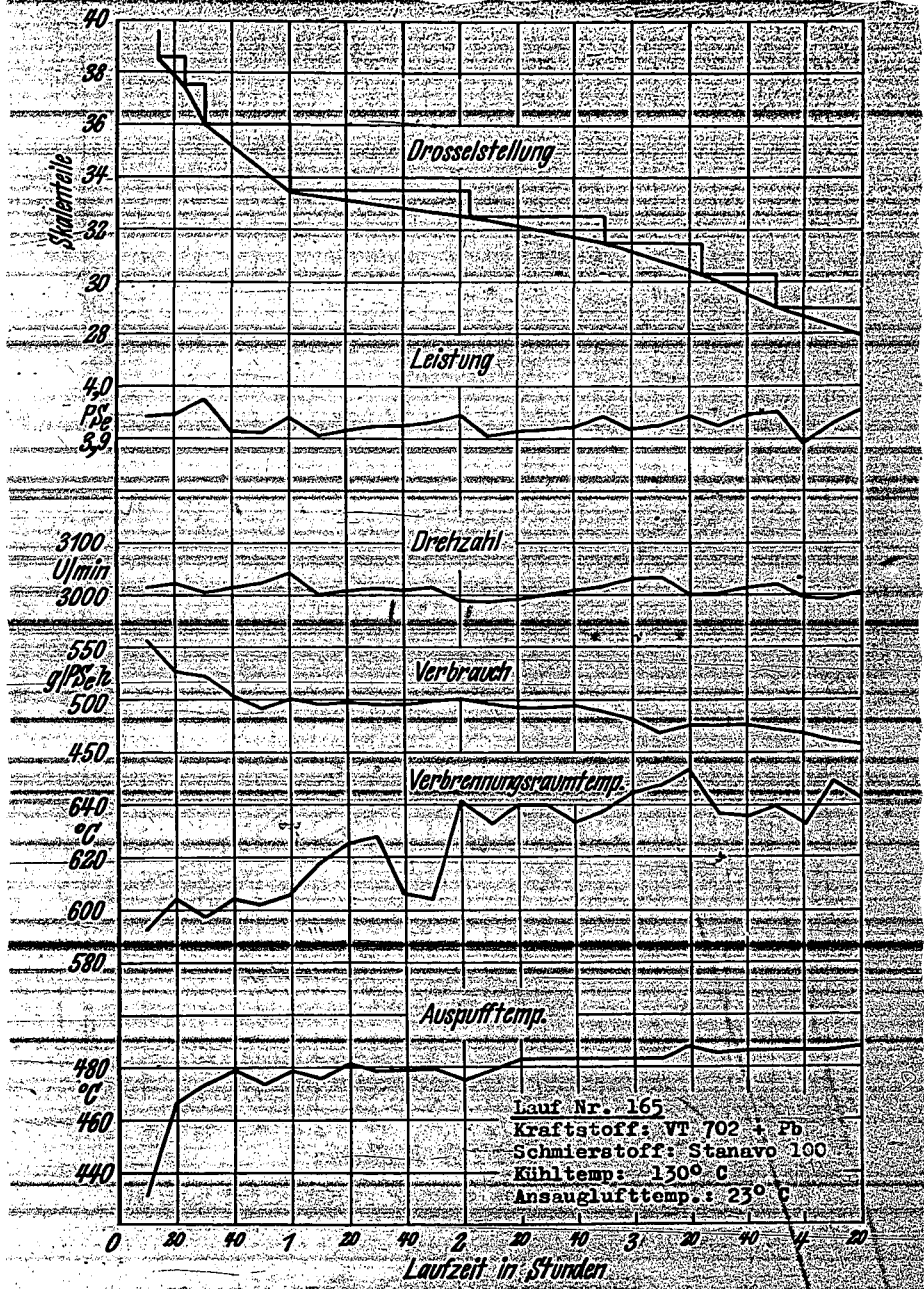


Abb. 7. Verlauf der Untersuchung des Schmierstoffes Stanavo 100 bei 130° C Kühltemperatur.

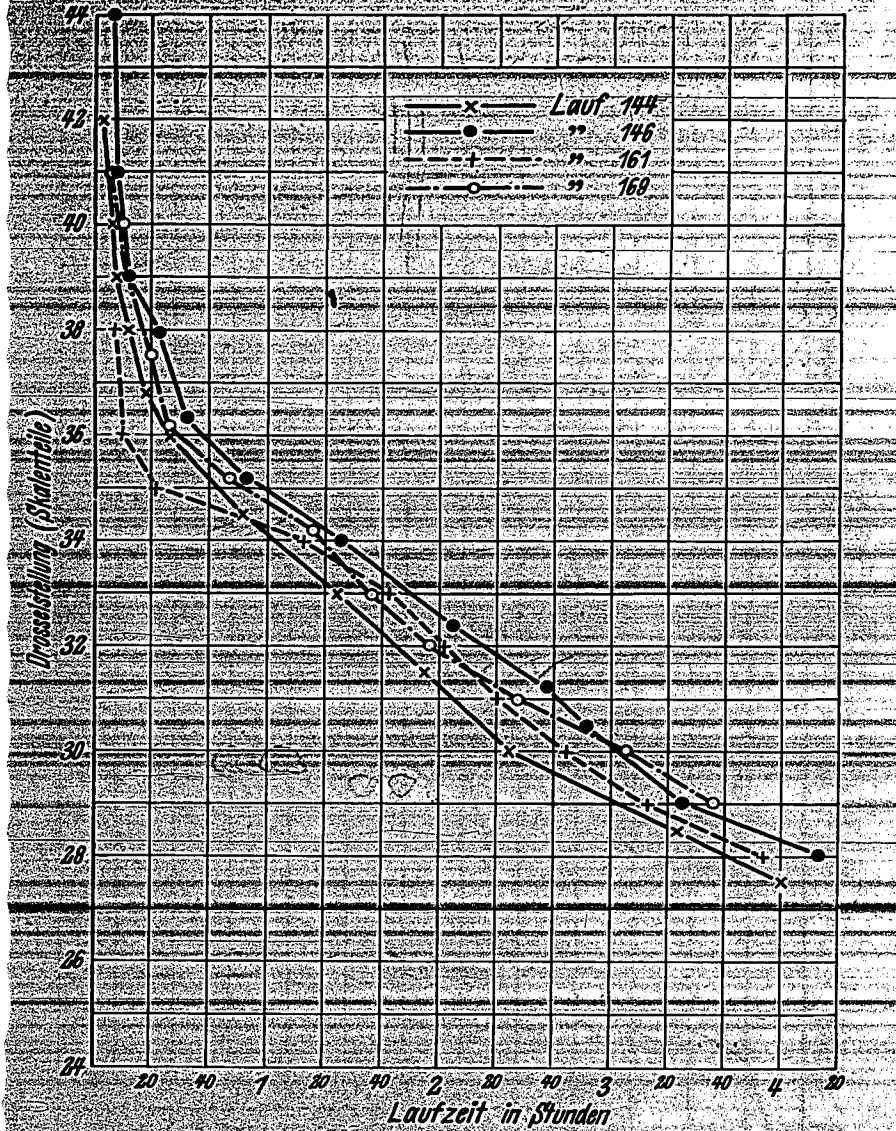


Abb. 8 Drosselkurven von 4 unter gleichen Bedingungen durchgeführten Versuchen.

Kraftstoff: VT 702 + Pb
 Schmierstoff: NP 2
 Kühltemp: 90° C

000625

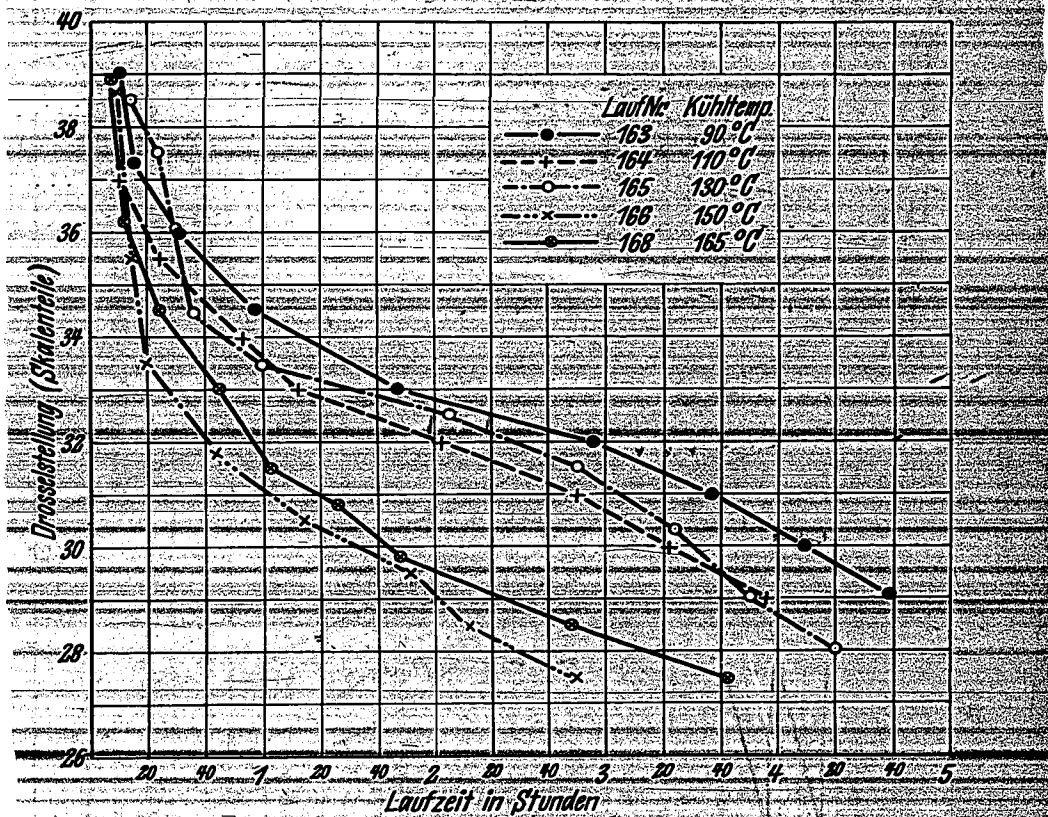


Abb.9 Drosselkurven mit dem Schmierstoff Stanavo 100 bei verschiedenen Kühltemperaturen

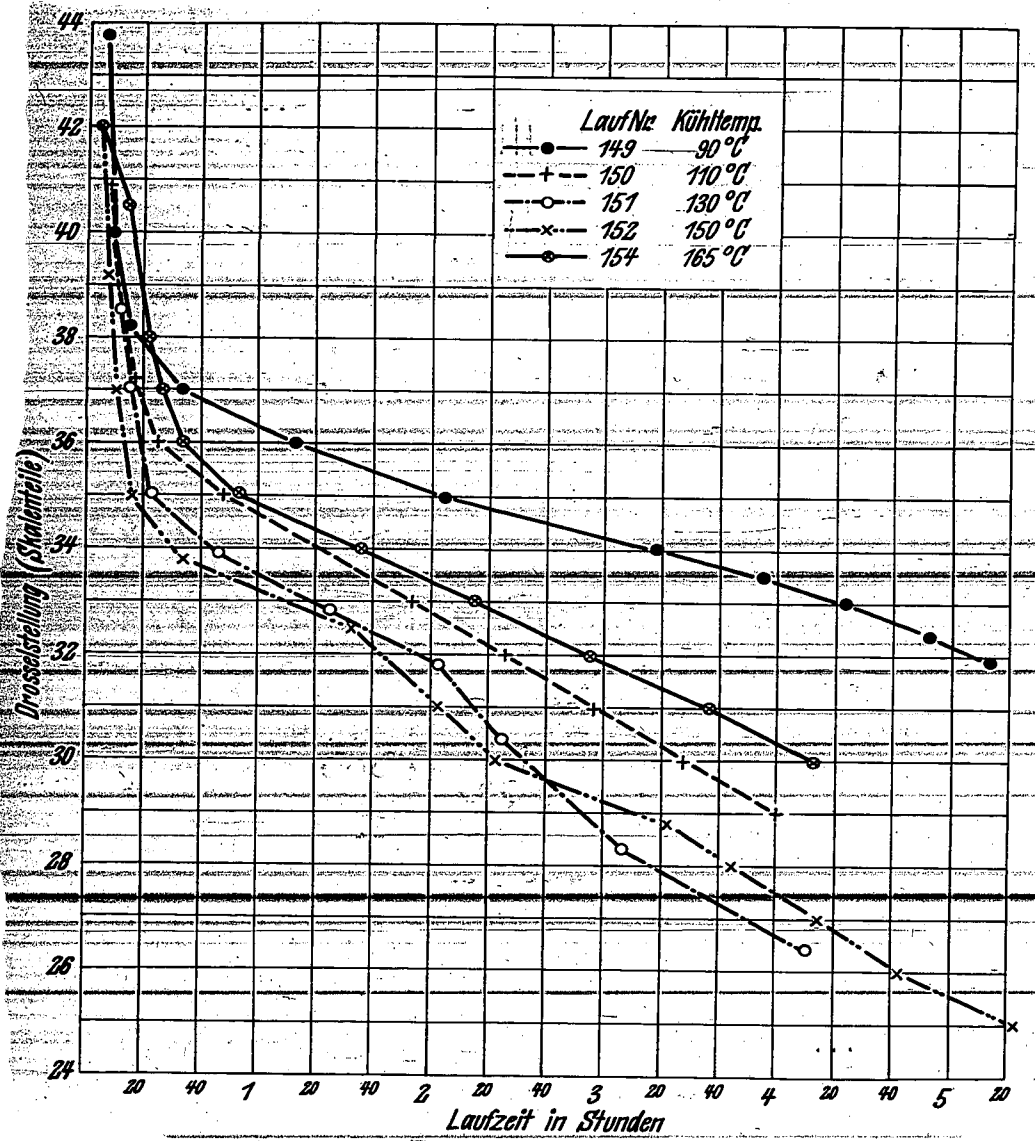


Abb.10 Drosselkurven mit dem Schmierstoff Rotring D bei verschiedenen Kühltemperaturen.

000626

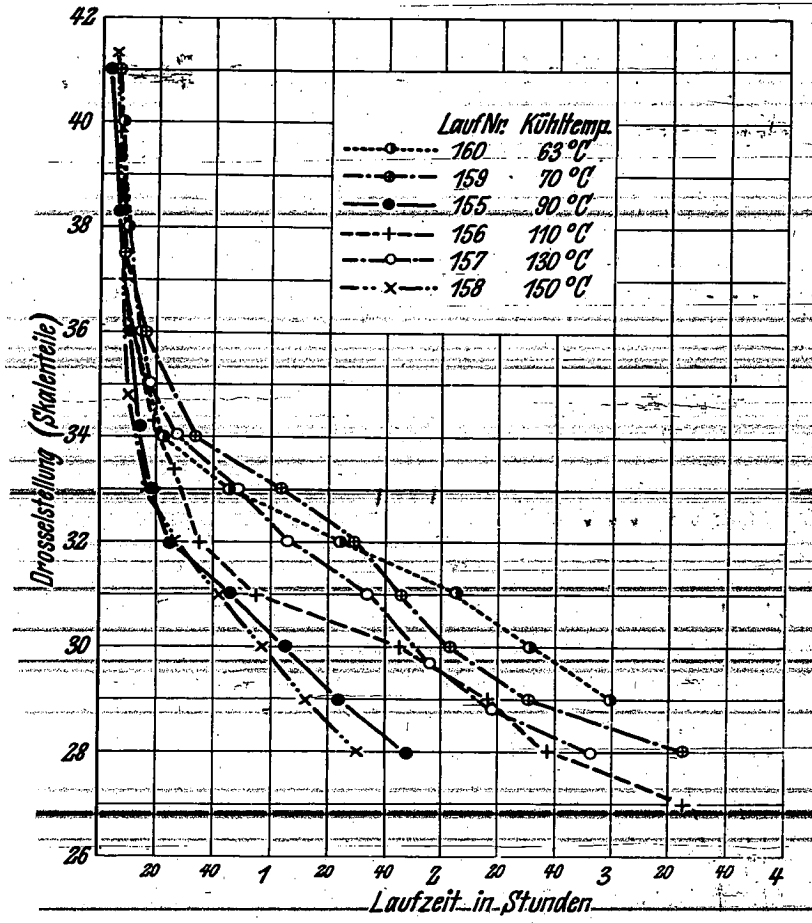


Abb.11 Drosselkurven mit dem Schmierstoff Aero Shell mittel bei verschiedenen Kühltemperaturen.

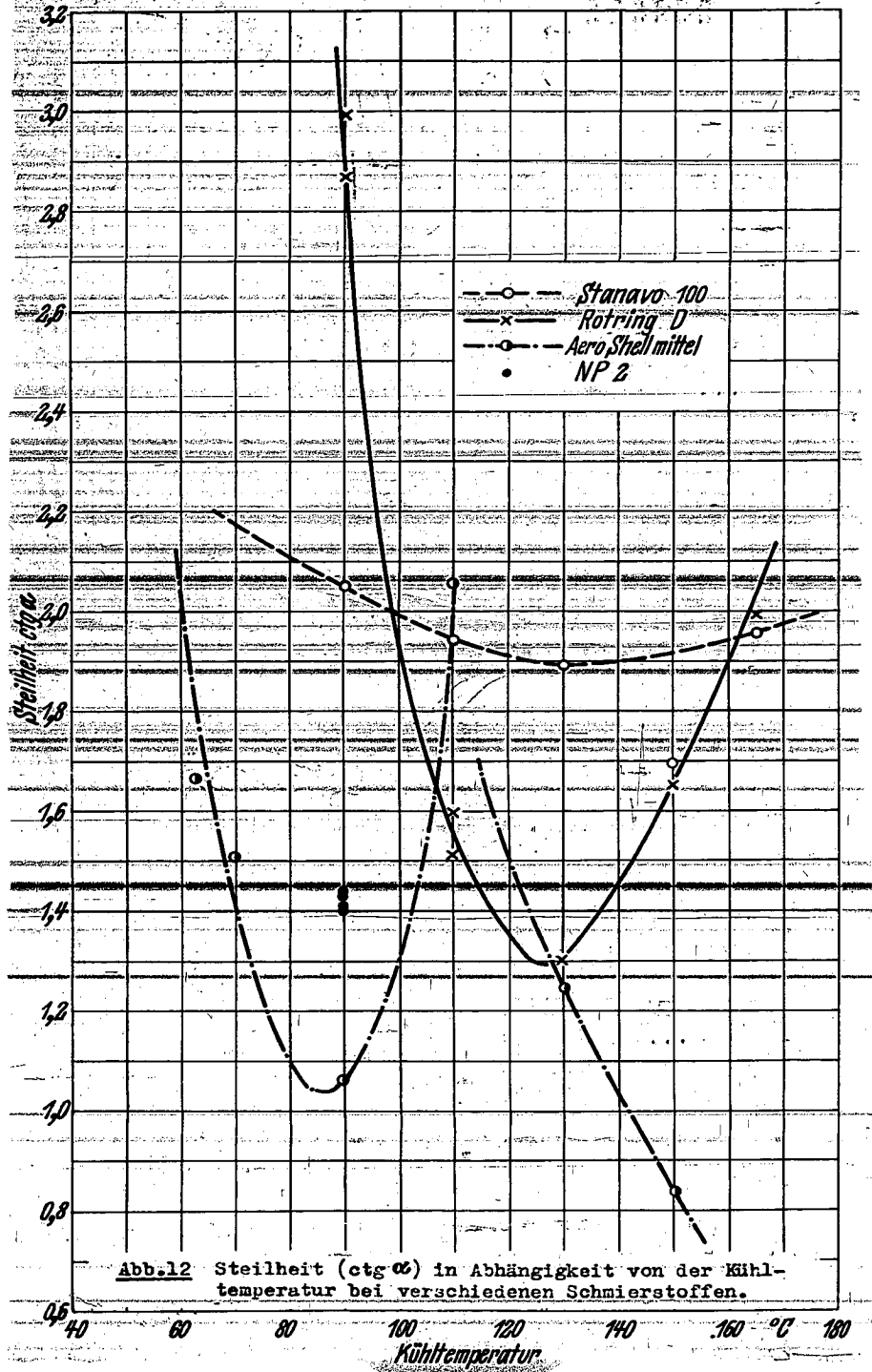


Abb.12 Steilheit (ctg α) in Abhängigkeit von der Kühltemperatur bei verschiedenen Schmierstoffen.

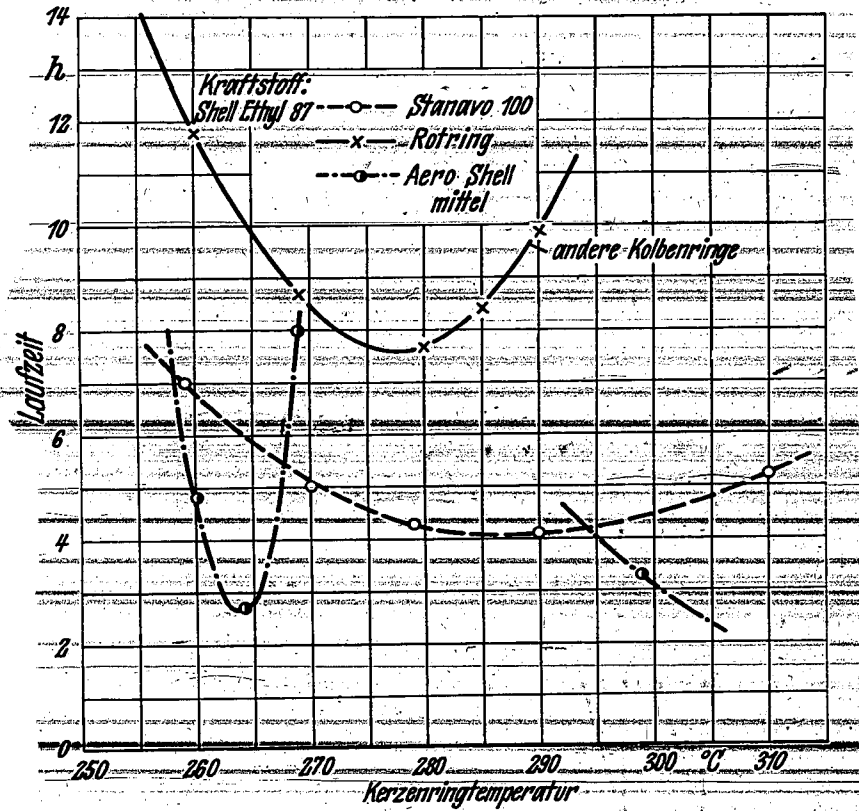


Abb. 13 Laufzeiten in Abhängigkeit von der Kerzenringtemperatur verschiedener Schmierstoffe im BMW 132-Ölprüfmotor.