

Deutsche Kraftfahrtforschung
im Auftrag des Reichs-Verkehrsministeriums

Heft 29

~~27~~

für Wifa. Stäber

Zylinder-
und Kolbenringverschleiß

39 79 - 30 / W / F 0 - 8

Prof. Dr. Georg Beck VDI
Institut für Kraftfahrwesen
an der Technischen Hochschule
Dresden

MM

1939

VDI-Verlag GmbH · Berlin NW 7

Deutsche Kraftfahrtforschung
im Auftrag des Reichs-Verkehrsministeriums

Heft 29

3979-30/WIFO-8

Zylinder-
und Kolbenringverschleiß

Prof. Dr. Georg Beck VDI
Institut für Kraftfahrwesen
an der Technischen Hochschule
Dresden

1939

VDI-Verlag GmbH · Berlin NW 7

INHALTSVERZEICHNIS

1. Ursachen des Zylinderverschleißes	1
2. Durchführung der Verschleiß-Dauerversuche	3
3. Ein Kurzprüfverfahren	10
4. Zusammenfassung	13

Zylinder- und Kolbenringverschleiß

Von Prof. Dr. G. BECK VDI, Dresden

Die Frage des Zylinder- und Kolbenringverschleißes gewinnt mit der Steigerung der Motorleistung durch Erhöhen von Drehzahl und mittlerem Nutzdruck zunehmend an Bedeutung. Dabei ist die Klärung der Verschleißursachen infolge der mannigfaltigen Einflußgrößen sehr erschwert. Allgemein versucht man heute, dem Verschleiß sowohl durch Verbesserung des Schmiermittels einerseits wie des Werkstoffes für Kolbenringe und Zylinder andererseits zu begegnen. Würde sich zwischen Kolben und Zylinder der Zustand der Flüssigkeitsreibung verwirklichen lassen, so wäre die Frage des Werkstoffes von untergeordneter Bedeutung. Da aber beim Lauf des Kolbens im Zylinder weitgehend mit Mischreibung zu rechnen ist, ist die Werkstoffbeschaffenheit für den Verschleiß mitbestimmend.

1. Ursachen des Zylinderverschleißes

Vor Eingehen auf die später folgenden Untersuchungen mögen einige der wesentlichen Einflußgrößen auf den Zylinderverschleiß betrachtet werden. Beim Werkstoff selbst ist außer dessen Gefügebau, Homogenität und Freisein von Spannungen seine Oberflächenhärte und -güte von großer Bedeutung. Für Buchsen und Ringe verwendet man verschleißfeste Legierungen. Durch Nitrieren und auch Verchromen der Buchsen wird hohe Oberflächenhärte angestrebt. Bei den Ringen legt man außer auf die Werkstoffauswahl besonderen Wert auf Gleichmäßigkeit der Ringspannung. In dem Maße, wie der Schmierfilm in der Nähe des Brennraumes zerstört wird, gewinnt die richtige Abstimmung von Buchsen- und Ringwerkstoff an Bedeutung.

Außer dem Werkstoff selbst hat auch seine Gestaltung großen Einfluß auf den Verschleiß. Neben der Art der Ringe und ihrer Anordnung beobachtet man bei Veränderung der Spiele oft starke Veränderungen des Verschleißes. Besonders ungünstig wirken sich wärmebedingte Dehnungsbehinderungen aus, auf die ja bekanntlich das ovale Auslaufen der Zylinderbuchsen bei Reihenmaschinen zurückzuführen ist. Auch zeigt sich an den Stellen des Zylinders bzw. der Buchse, wo diese etwa durch einen Bund oder einen Flansch Veränderungen des Werkstoffquerschnittes aufweisen bzw. eingespannt werden, erhöhter Verschleiß infolge der durch die Verstärkung bedingten Dehnungsbehinderung.

Die größte Bedeutung bez. des Verschleißes kommt dem Schmiermittel selbst zu, was zu einer besonders eingehenden Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiete geführt hat.

Schließlich können die Betriebsbedingungen ausschlaggebend sein. Neben der Frage der Belastung und Drehzahl ist besonders die Betriebstemperatur, Starthäufigkeit und der Staubgehalt der angesaugten Luft bestimmend.

Wegen dieser und noch vieler anderen Einflußgrößen auf den Verschleiß ist es naturgemäß äußerst schwierig, den Einfluß jeder einzelnen Größe genau anzugeben. Es ist deshalb verständlich, daß man bei der großen Zahl von motorischen Verschleißversuchen im In- und Ausland zu sehr verschiedenen Ergebnissen kommt, wobei auch die Frage, ob dem Prüfstands- oder dem Fahrversuch der Vorzug gegeben werden soll, häufig sehr strittig ist. Wenn dem Fahrversuch einerseits der Vorzug zu geben ist, weil er den praktischen Fall des Verschleißes verwirklicht, so haftet ihm andererseits der Nachteil an, daß die Betriebsbedingungen hierbei nicht genügend definiert sind. Insbesondere gilt das bez. des Staubanfalles, der bei hinreichender Größe den Einfluß aller übrigen Faktoren überragen und bei nicht genauer Kenntnis auch im Vergleichsversuch zu falschen Schlüssen führen kann. Bei den vorliegenden Untersuchungen handelt es sich um Prüfstands-Dauerläufe, deren Versuchsbedingungen in jedem Fall genauestens kontrolliert wurden.

2. Durchführung der Verschleiß-Dauerversuche

Der Verschleiß wurde bei den Buchsen durch Feststellen der Änderung des Buchsendurchmessers mittels Mikrotast und bei den Ringen als Gewichtsabnahme in mg ermittelt und entsprechend dargestellt. Bild 1 zeigt so das Verschleißbild für Ring und Buchse einer Sechszylindermaschine von 2 l Inhalt bei normalen Betriebsbedingungen. Der Verschleiß zeigt folgendes Verhalten: Über der Buchsenlänge folgt der Verschleißverlauf im wesentlichen der Gasdruckkurve. Das trifft um so mehr zu, je länger die Laufzeiten sind, und ist bei geringen Laufzeiten, bei denen sich die Einflüsse der

Ringverschleiß

Buchsenverschleiß

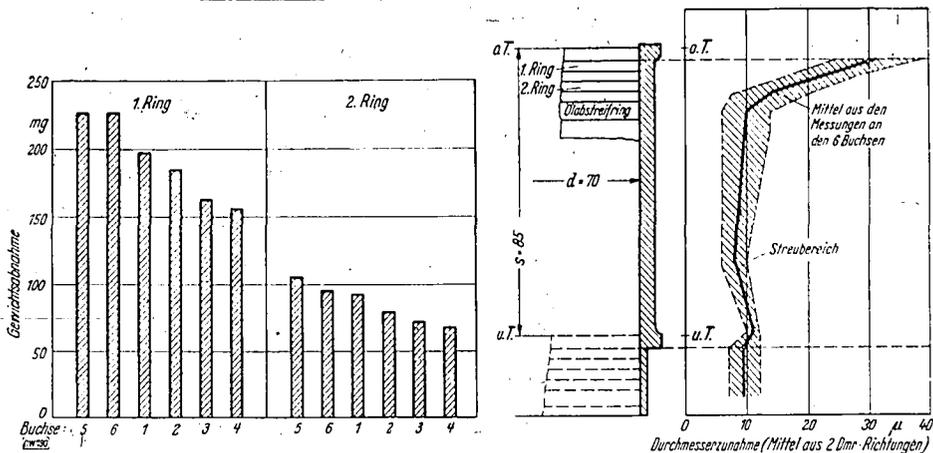
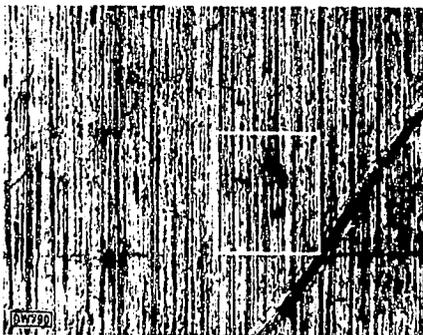
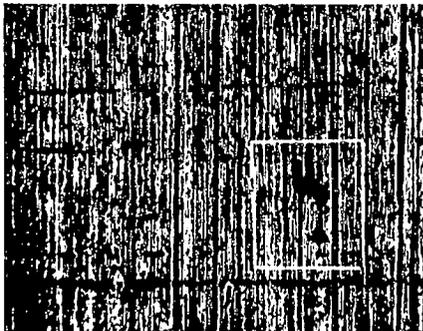


Bild 1. Ring- und Buchsenverschleiß nach 7855 km Kolbenweg (= 20 700 km Wagenweg).

a) nach der Bearbeitung

b) nach 100 h Laufzeit



c) nach 150 h Laufzeit

d) nach 200 h Laufzeit

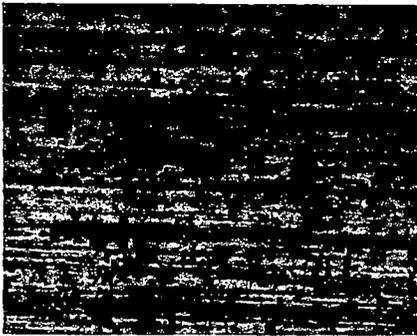
Bild 2. Zylinderverschleiß durch inhomogenen Werkstoff (poröse Stellen weiß umrandet) nach verschiedenen Laufzeiten.

anfänglichen Verformung und des erhöhten Abriebs durch Einlaufen dem eigentlichen Verschleiß überlagern, nicht gleich ausgesprochen. Trotz der Gleichheit der Versuchsbedingungen fallen die Unterschiede des Verschleißes der einzelnen Zylinder gegeneinander besonders auf. Diese Tatsache macht es verständlich, weshalb auch dem Vergleichsversuch eine gewisse Gefahr anhaftet. Bemerkenswert ist, daß trotz der Abweichung des Ringverschleißes der einzelnen Zylinder voneinander der Verschleiß zugeordneter Ringe 1 und 2 in den einzelnen Zylindern gesetzmäßig verläuft. An der Buchse ist ferner der Einfluß des unteren Flansches und der dadurch bedingte höhere Verschleiß an dieser Stelle zu bemerken.

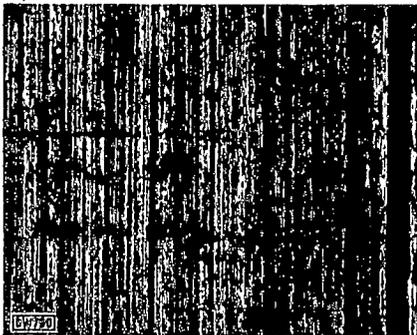
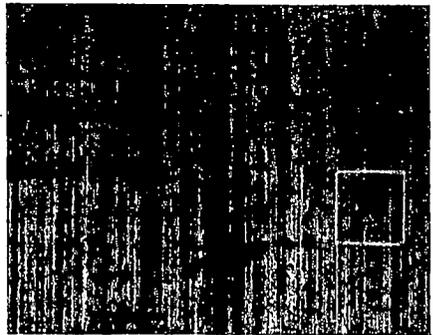
Bild 2 und 3 lassen erkennen, wie poröse Stellen im Werkstoff verschleißerhöhend wirken. Das Bild a stellt jeweils die Buchse nach der Bearbeitung dar. Durch die weiße Umrandung ist eine poröse Stelle kenntlich gemacht. Mit der Laufzeit (Bild b, nach 100 Stunden Laufzeit) beobachtet man Vergrößerung dieser Stelle, wobei sich zwischen den Einzelvertiefungen eine sehr dünne Werkstoffbrücke bildet, die mit zunehmendem Betrieb einbricht und zum Verschleiß wesentlich beiträgt. Besonders deutlich ist diese Erscheinung in Bild 3. Hier ist wieder eine solche poröse Stelle gekennzeichnet, in der ein kleiner Fremdkörper (Form- oder Werkstoffteilchen) eingelagert ist. Nach weiteren 50 Stunden Laufzeit (c) ist dieses Teilchen infolge des zunehmenden Verschleißes vom Kolbenring mitgerissen worden und hat dadurch die deutlich erkennbare Riefe gebildet. Nach weiteren 50 Stunden (d) hat diese Riefe wieder eine gewisse Glättung erfahren, wenn sie auch in ihrem Grunde noch erkennbar ist. Natürlich wird durch derartige poröse Stellen der Verschleiß außerordentlich begünstigt, weshalb auf Porenfreiheit und Dichte des Buchsenmaterials besonders geachtet werden sollte.

Nicht minder bedeutend ist der Einfluß der Oberflächenbearbeitung, deren Verbesserung die verschiedenen Verfahren intensiv anstreben. Bild 4 zeigt Rauigkeiten von Oberflächen verschiedenen Bearbeitungsstandes. Je größer die Oberflächengüte ist, um so geringer ist der Einlaufverschleiß und damit auch die Gefahr der nur allzu häufigen Zerstörungseinleitung von Kolben und Zylinder während der Einfahrperiode.

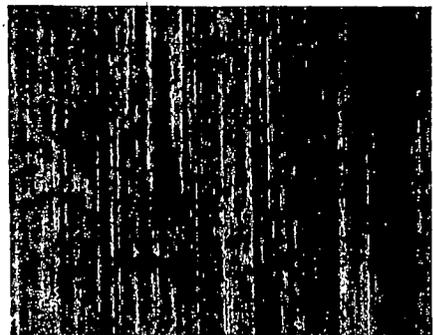
a) nach der Bearbeitung



b) nach 100 h Laufzeit



c) nach 150 h Laufzeit



d) nach 200 h Laufzeit

Bild 3. Zylinderverschleiß durch inhomogenen Werkstoff (poröse Stellen weiß umrandet) nach verschiedenen Laufzeiten.

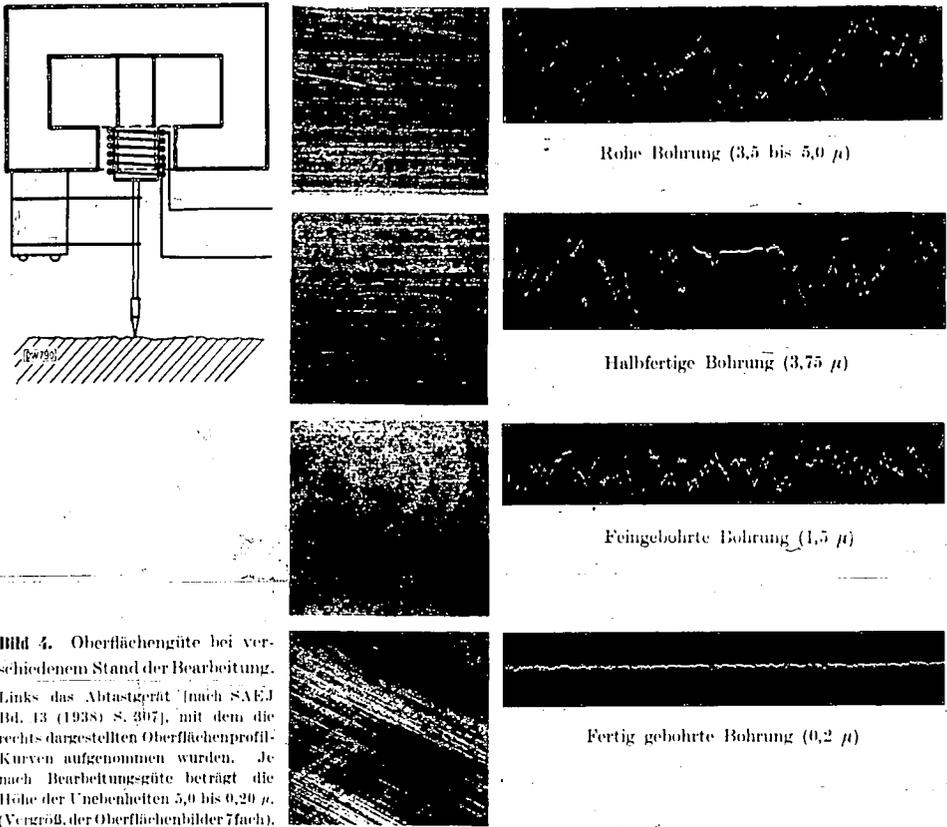


Bild 4. Oberflächengüte bei verschiedenem Stand der Bearbeitung.

Links das Abtastgerät [nach SAEJ Bd. 13 (1938) S. 307], mit dem die rechts dargestellten Oberflächenprofil-Kurven aufgenommen wurden. Je nach Bearbeitungsgröße beträgt die Höhe der Unebenheiten 5,0 bis 0,20 μ . (Vergröß. der Oberflächenbilder 7fach).

Die im Institut durchgeführten Versuche erstrecken sich zunächst auf die Ermittlung des Einflusses der Betriebsbedingungen, insbesondere der **Temperatur und Starthäufigkeit**, wobei für alle Versuche ein paraffinbasiertes Öl verwandt wurde. Als Motor diente der in Bild 5 wiedergegebene flüssigkeitsgekühlte Einzylindermotor von 350 cm³ Inhalt, der bei 2500 U/min mit $\frac{3}{4}$ Belastung lief.

In Bild 6 ist der Verschleiß der Ringe 1 bis 3 in Abhängigkeit vom Kolbenweg als zweckmäßiger Bezugsgröße dargestellt. Nach der Einlaufzeit mit naturgemäß erhöhtem Verschleiß lief die Maschine zunächst 3500 km Kolbenweg mit normaler Kühlmittel-Austrittstemperatur von $t_{KA} = 80$ ($A-B$ in Bild 6). Der Verschleiß nimmt hier bei geringer Steigung fast linear mit dem Kolbenweg zu. Um den Einfluß des Kaltbetriebes und besonders des Kaltstartes zu erfassen, wurde die Maschine nun bei $t_{KA} = 12$ betrieben, wobei des weiteren noch stündlich gestartet wurde ($B-C'$). Wie zu erwarten, steigt der Verschleiß außerordentlich stark. Daß besonders der häufige Kaltstart verschleißbegünstigend ist, zeigt das Absinken des Verschleißes in dem Augenblick, in dem zwar die Kühlmittel-Austrittstemperatur praktisch die gleiche (13) bleibt, indessen bei Wegfall des stündlichen Starts die Maschine von morgens bis abends ununterbrochen durchlief ($C'-D$). Um auch die Wirkung übernormaler Temperatur zu erfassen, wurde schließlich ein Lauf bei $t_{KA} = 140$ angeschlossen ($D-E$). Gegenüber dem Kaltbetrieb wird natürlich der Verschleiß wieder geringer, bleibt indessen noch wesentlich über den Werten, die sich während der ersten 3500 km bei normaler Temperatur ergaben. Offenbar macht sich bei diesem Heißbetrieb — die obere Zylinderwandtemperatur dürfte auf Grund späterer Messungen hier etwa 165 betragen haben — der stärkere thermische Angriff auf den Schmierfilm bereits bemerkbar.

Zu der strittigen Frage, ob die ungeahnt starke Zunahme des Verschleißes bei Kaltbetrieb und besonders häufigem Kaltstart eine Folge der mechanischen Zerstörung des Schmierfilms oder mehr eine Korrosionserscheinung ist, sei Bild 7 gezeigt. Außer dem insgesamt dunklen Untergrund fallen an den oberen Aufnahmen besonders die verschieden verteilten weißen Stellen auf. Das hier sichtbar werdende Phosphid erklärt sich daraus, daß die dunkle Grundmasse durch den Kaltbetrieb eine Anätzung erfahren hat, wobei das Phosphid naturgemäß nicht angegriffen wurde. Damit ist zunächst die Tatsache stark korrosiver Wirkung des Kaltbetriebes belegt. In der 40 mm tiefer liegenden

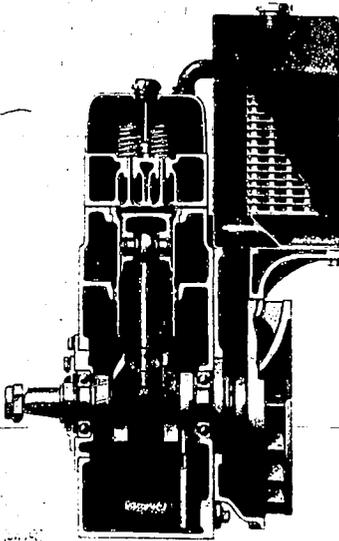


Bild 5. Versuchsmotor.

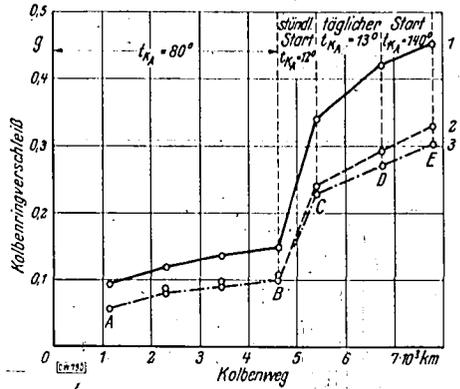


Bild 6. Kolbenringverschleiß bei mehrfach geänderten Betriebsbedingungen (Kühlmittel-Austrittstemperatur und Starthäufigkeit).

Zone ist diese Erscheinung schon fast verschwunden, indessen ist auch hier der Untergrund immer noch sehr dunkel und weist starke Riefenbildung auf. Damit erklärt sich die starke Verschleißzunahme bei Kaltbetrieb folgendermaßen:

Einmal wird der Schmierfilm bei Kaltbetrieb mechanisch dadurch zerstört, daß das Verhältnis von Haftfestigkeit zur Kohäsionskraft offenbar mit fallender Temperatur sinkt. Zum anderen tritt

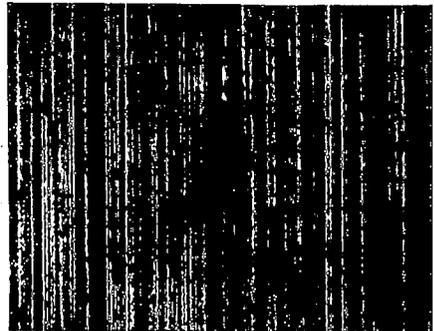
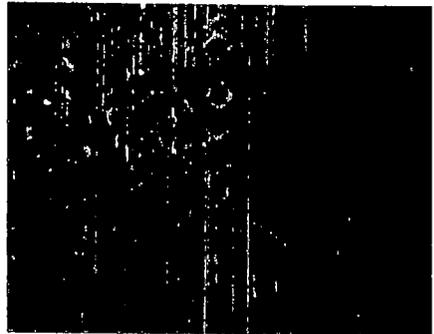
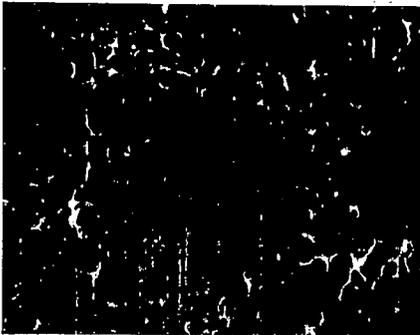


Bild 7. Korrosion am Kolben bei Kaltbetrieb.

Obere Reihe: Oberer Umkehrpunkt des ersten Kolbenringes; untere Reihe: 40 mm unterhalb der oben gezeigten Stelle; links: Richtung Gleitbahndruck; rechts: Richtung Kolbenbolzen. (Vergröß. 50fach).

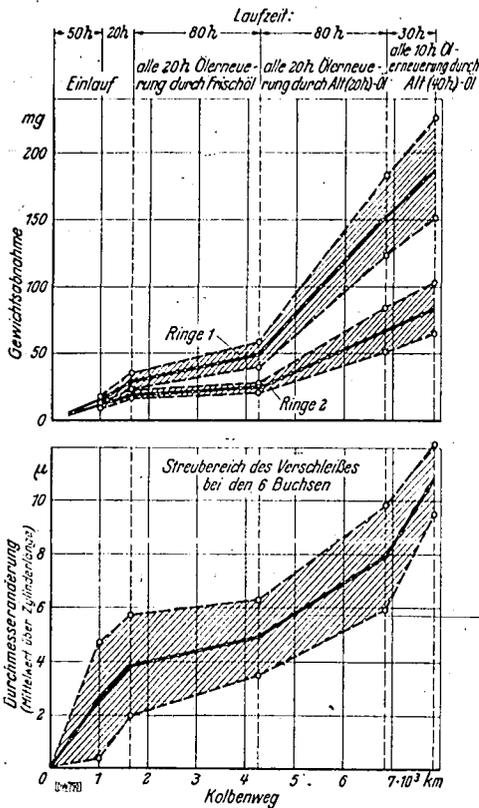


Bild 8. Einfluß der Ölalterung auf den Verschleiß.
Oben: Ringverschleiß; unten: Buchsenverschleiß.
(Der Wagenweg beträgt das 2,64fache des Kolbenweges).

dem 20 Stunden gealterten Öl, das wie bei Versuch 1 bis zur oberen Marke aufgegeben wurde. Nach jeweils 20 Stunden wurde wiederum das Restöl, das also jetzt 40 Betriebsstunden benutzt war, abgelassen und damit gealtertes Öl von 40 Stunden Laufzeit gewonnen. Während dieser zweiten Versuchsreihe steigt nun der Verschleiß gegenüber der ersten wesentlich an. Schließlich wurde ein letzter Lauf mit dem 40 Stunden gealterten Öl durchgeführt, bei dem jedenfalls bei der Büchse ein erneuter starker Anstieg des Verschleißes festzustellen ist. Zwar zeigen die Ringe hier keinen steileren Anstieg, indessen ergibt sich bei einer Mittelwertbildung von Buchsen- und Ringverschleiß gemeinsam auch hier noch eine Verschleißsteigerung.

Das Ergebnis läßt sich dahin zusammenfassen, daß die im motorischen Betrieb eintretende Ölalterung zunehmend eine Verschleißerhöhung bedingt. In der Darstellung wurde nicht nur der Mittelwert des Verschleißes der einzelnen Buchsen und Ringe, sondern absichtlich der beachtliche Streubereich dargestellt. Ursprünglich war nämlich geplant, an dieser Maschine auch Verschleißversuche mit verschiedenen Buchsenwerkstoffen durchzuführen, wobei die in diesem Fall besonders günstige Bauart einen durchgehenden Vergleichslauf mit Buchsen verschiedenen Werkstoffs in einem Lauf gestattet hätte. Daß das zu völlig falscher Bewertung der verschiedenen Werkstoffe hätte führen können, ist dem Streubereich leicht zu entnehmen. Überhaupt wird die Voraussetzung, daß bei einer Mehrzylindermaschine die verschiedenen Zylinder das gleiche Verschleißergebnis liefern werden, auch nicht einmal annähernd zutreffen. Der Grund dafür ist einmal in den verschiedenen Ladungsbedingungen und damit Gasdrücken der einzelnen Zylinder, weiter in der Verschiedenheit der durch die Lagerluft bedingten Spritzmengen und schließlich auch in der durchaus nicht gleichartigen Temperaturverteilung der einzelnen Zylinder zu suchen. Letzteres wurde dadurch nachgewiesen, daß die Temperaturen an verschiedenen Stellen der einzelnen Zylinder mittels Thermoelemente gleichzeitig gemessen wurden, wobei sich Differenzen von mehr als 25° an gleichen Stellen verschiedener Zylinder ergaben.

durch Kraftstoff und Kondensat an den filmgeschwächten Stellen erhöhte Korrosion ein. Die durch diese Korrosion wiederum bedingte Aufrauung und Auflockerung der Grundmasse bedingt eine weitere Steigerung des Verschleißes.

Bei weiteren Versuchen wurden die Betriebsbedingungen konstant gelassen, wobei der Einfluß verschiedener Schmiermittel auf den Verschleiß geklärt werden sollte. Dabei interessierte zunächst die Frage der Ölalterung. Für die Versuche diente die eingangs erwähnte Sechszylindermaschine. Diese lief mit 3200 U/min bei etwa $\frac{3}{4}$ Last, wobei die Kühlwasser-Austrittstemperatur 90° betrug. Als Schmiermittel diente ein gemischtbasisches Öl. Die Bedingungen für die Versuche, deren Ergebnisse für Ringe und Buchsen in Bild 8 wiedergegeben sind, waren folgende:

Zunächst lief die Maschine ein; diese Phase ist durch einen stärkeren Verschleiß in Form des Einlaufverschleißes in Bild 8 zu erkennen. Nach ungefähr 1700 km Kolbenweg — der Wagenweg beträgt hier das 2,64fache der Kolbenweges — begannen die eigentlichen Ölalterungsversuche. Dabei wurde zunächst Frischöl bis zur oberen Marke aufgegeben und nach jeweils 20 Stunden Laufdauer das Restöl abgelassen. Auf diese Art wurde eine größere Menge 20 Stunden gealterten Öles gewonnen. Der Lauf für diese erste Versuchsreihe erstreckte sich von etwa rd. 1700 bis 4250 km Kolbenweg. Der Verschleiß ist erwartungsgemäß gering, wie Bild 8 zeigt. Nun wurde die zweite Versuchsreihe durchgeführt mit

Weitere Versuche dienten der Klärung des Einflusses, den sowohl Öle verschiedener Herkunft wie insbesondere verschiedene Zusätze auf den Verschleiß haben. An Ölen wurde ein paraffin-, naphthen-, asphalt- und gemischtbasisches verwendet. Weiter wurde bei dem gemischtbasischen Öl der Einfluß von zusätzlicher Frischölschmierung, die am unteren Totpunkt in Höhe der Ringe vorgesehen war, und der Zusatz von Rizinus und Graphit als Grasinol untersucht. Die Ergebnisse sind für die Ringe in Bild 9 dargestellt. Darnach steigt der Verschleiß vom paraffinbasischen über das asphalt- und naphthenbasische zum gemischtbasischen an. Bemerkenswert ist hier das Verschleißverhältnis zwischen erstem und zweitem Ring, das als ein gewisser Maßstab für die Temperaturbeständigkeit des Öles angesprochen werden kann. Wie der untere Teil des Bildes 9 zeigt, gestatten sowohl die Zusatzschmierung wie besonders die Zugabe von Rizinus und Graphit eine wesentliche Verringerung des Verschleißes. Die Ergebnisse deuten einerseits in die Richtung der Zwangschmierung, andererseits, da der Rizinusverwendung der Nachteil der Verklebung anhafet, in die Richtung des Graphitzusatzes, wobei allerdings die noch offene Frage des evtl. Versetzens von Leitungen noch der Klärung bedarf. Jedenfalls gestatten die zuletzt genannten Maßnahmen, die mangelnde Schmierfilmdicke bzw. deren thermische Zerstörung im Bereich des Brennraumes wesentlich auszugleichen, wie aus der starken Annäherung der Verschleißcharakteristik zwischen erstem und zweitem Ring ersichtlich ist.

Da neuerdings auch dem Kraftstoffeinfluß auf den Verschleiß erhöhte Bedeutung zukommt, wurden entsprechende Versuche mit der in Bild 10 wiedergegebenen Versuchsanordnung durchgeführt. Zu diesem Zwecke wurden zwei 350 cm³ luftgekühlte Motorradmotoren auf Verschleißmotoren insofern umgebaut, als einmal statt der luftgekühlten Zylinder solche mit nassen Buchsen verwandt wurden und weiter ein Höchstmaß an Gewähr für Gleichheit der Betriebsbedingungen durch Einbau verschiedener Kontroll- und Regelgeräte für den Parallelauf geschaffen wurde. Zunächst interessierte der Einfluß klopfäquivalenter Mengen von Bleitetraäthyl und Eisenpentacarbonyl im Vergleich zum Kraftstoff ohne Zusatz. Die in Bild 11 für Buchse und Ringe wiedergegebenen Ergebnisse zeigen, daß der Verschleiß vom unvermischtem Kraftstoff über den mit Blei versetztem zu dem mit Eisen vermischtem ansteigt. Da die Maschinen bei einem Dauerlauf mit 3500 U/min und $\frac{3}{4}$ Last sehr reichlich geschmiert wurden, kommt für den Verschleiß im wesentlichen nur der obere Teil des Zylinders in Frage. Hier ist ja aber auch der Verschleiß maßgebend dafür, ob der Zylinder noch brauchbar ist. Auf die gute Übereinstimmung zwischen dem Verschleiß der Buchse und dem der Ringe sei besonders hingewiesen. Tatsächlich besteht eine weitgehende Proportionalität zwischen dem Verschleiß im

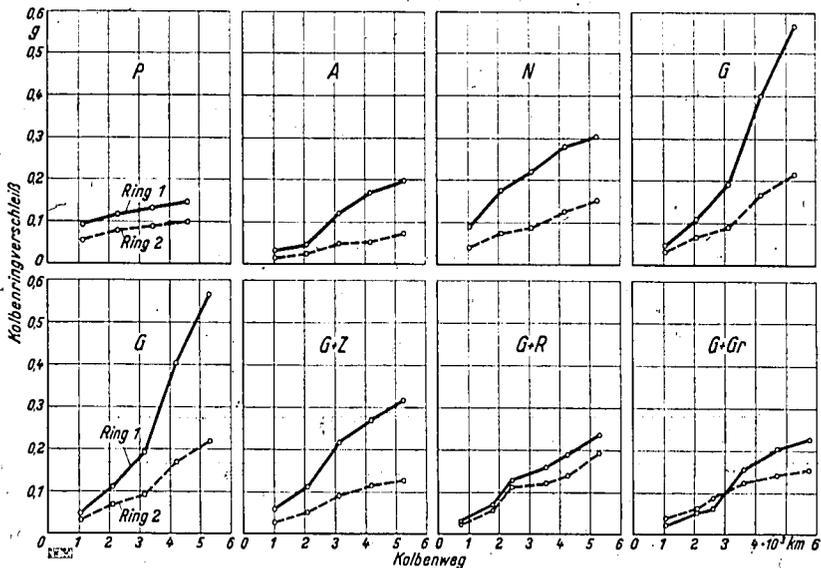


Bild 9. Verschleiß an den Ringen 1 und 2 in Abhängigkeit vom Schmiermittel.

P paraffinbasisches Öl,
A asphaltbasisches Öl,
N naphthenbasisches Öl,Gr Graphit

G gemischtbasisches Öl,
Z Zusatz von Frischöl,
R Rizinusöl,Gr Graphit



Bild 10. Anordnung zur Untersuchung des Kraftstoffeinflusses.

oberen Buchsenteil und dem Ringverschleiß, weshalb es im allgemeinen vertretbar ist, sich gelegentlich auf den Ringverschleiß als Maß zu beschränken. Diese Übereinstimmung trifft aber nicht mehr zu, wenn die Schmierung so weit abnimmt, daß die Schmierfilmdicke über der ganzen Buchsenlänge, also auch in dem thermisch geringer beanspruchten Teil, zahlenmäßig noch unbekannte Mindestmaße unterschreitet. Man beobachtet dann eine starke Annäherung der einzelnen Ringverschleißwerte an einen gemeinsamen Wert, ein Beweis dafür, daß der Einfluß der thermischen Zerstörung des Schmierfilms in Brennumlinie zurücktritt hinter dem Einfluß eines durch mangelnde Gesamtschmierung allgemein erhöhten Verschleißes.

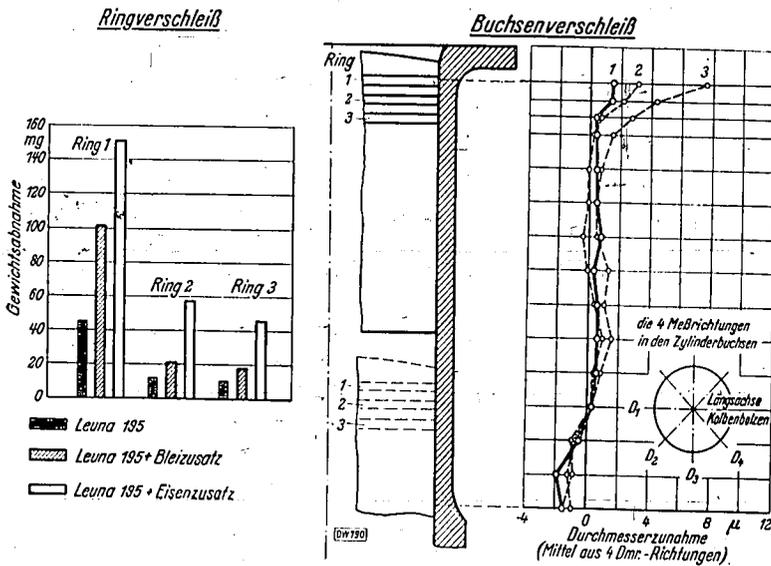
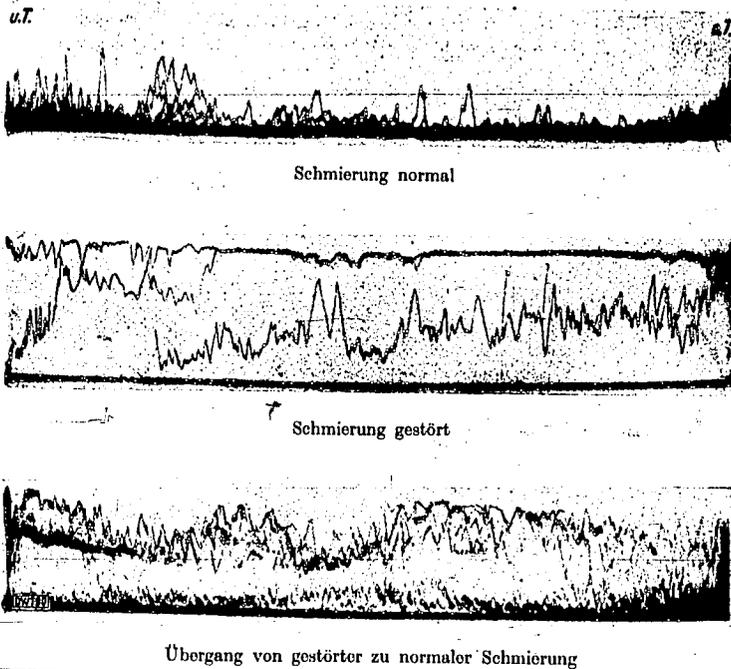


Bild 11. Ring- und Buchsenschleiß beim Betrieb mit Antiklopfmitteln nach 240 Stunden Laufzeit (20 000 km Wagenweg).
 Kurven in dem Bild rechts: 1 Leuna 195; 2 Leuna 195 + Bleizusatz; 3 Leuna 195 + Eisenzusatz

Bild 12. Stromübergang vom Kolben auf den Zylinder nach dem ursprünglichen Verfahren.



3. Ein Kurzprüfverfahren

Überblickt man die besprochenen Versuche und Ergebnisse, so ist anzunehmen, daß man auf dem Wege des Dauerversuchs den Zylinder- und Ringverschleiß mehr und mehr wird klären können. Dabei darf allerdings nicht übersehen werden, daß ganz abgesehen von dem großen Zeit- und Kostenaufwand für derartige Dauerversuche die umfassende Bereitstellung von grundsätzlichen Erkenntnissen durch die Vielfältigkeit der Verschleißeinflußgrößen sehr erschwert ist. Dazu kommt weiter, daß bis heute eine einheitliche Prüfmaschine für den Verschleiß — nicht zuletzt wegen der notwendigen Berücksichtigung aller Faktoren — nicht besteht. Es liegt deshalb nahe, statt des Dauerlaufes eine andere Methode zur grundsätzlichen Beurteilung der Schmier- und Verschleißverhältnisse zu suchen. Einen besonderen Anlaß dazu gab im Rahmen der umfangreichen Verschleißversuche des Instituts folgende Beobachtung: An den Verschleißversuchen des Bildes 10, die unter Einsatz aller Erfahrungen und Meßgenauigkeit unter gleichen Betriebsbedingungen gleichzeitig einliefen, wurden nach Beendigung des Laufes sehr starke Verschleißunterschiede nicht nur örtlich, sondern auch im Gesamtwert festgestellt. Diese auch sonst gemachte Beobachtung trifft zwar nur auf die Einfahrperiode zu. Der Grund konnte bei der ausgesprochenen Gleichheit der Maschinen im kalten Zustand nur darin zu suchen sein, daß im Betriebszustand wesentliche Unterschiede, und zwar besonders hinsichtlich der Schmierfilmstärke, bestanden haben mußten. Denn bei dem gewählten engen Spiel konnte trotz äußerer Gleichheit schon durch geringe Unterschiede in der Wärmeverteilung und den Dehnungsverhältnissen der Fall eintreten, daß sich die eine Maschine schon stark der Grenzschmierung annäherte, während die andere im wesentlichen noch günstigeren Bedingungen unterlag. Natürlich ist bei einem Dauerversuch diese Erscheinung erst nach dem abgeschlossenen Lauf und nicht schon während des Betriebes zu beobachten.

Um diesen Mängeln künftig zu begegnen, erstrebte man die Schaffung einer Kurzprüfmethode, die eine Beobachtung der Schmierungsverhältnisse und damit Schlüsse auf den Verschleiß während des Betriebes gestatten sollte. Der dabei beschrittene Weg bedient sich der Stromübergangsmessung zwischen Kolben und Zylinder. Nach Vorversuchen an durch einen Schmierfilm getrennten planparallelen Platten wurden zunächst an einer von außen angetriebenen Schmierprüfmaschine, die aus einem alten Motor entwickelt war, Messungen angestellt. Der Kolben trug anfangs keine Ringe. Es handelte sich also zunächst nur um die grundsätzliche Frage nach der evtl. Brauchbarkeit des gewählten Meßprinzips. Bild 12 zeigt die Meßergebnisse.

Bild 13 befindet sich auf Seite 11.

Bild 14 und 15. Ergebnisse der Stromübergangsmessungen vom Kolben auf den Zylinder nach dem in Bild 13 dargestellten Verfahren bei verschiedenen Betriebsbedingungen.

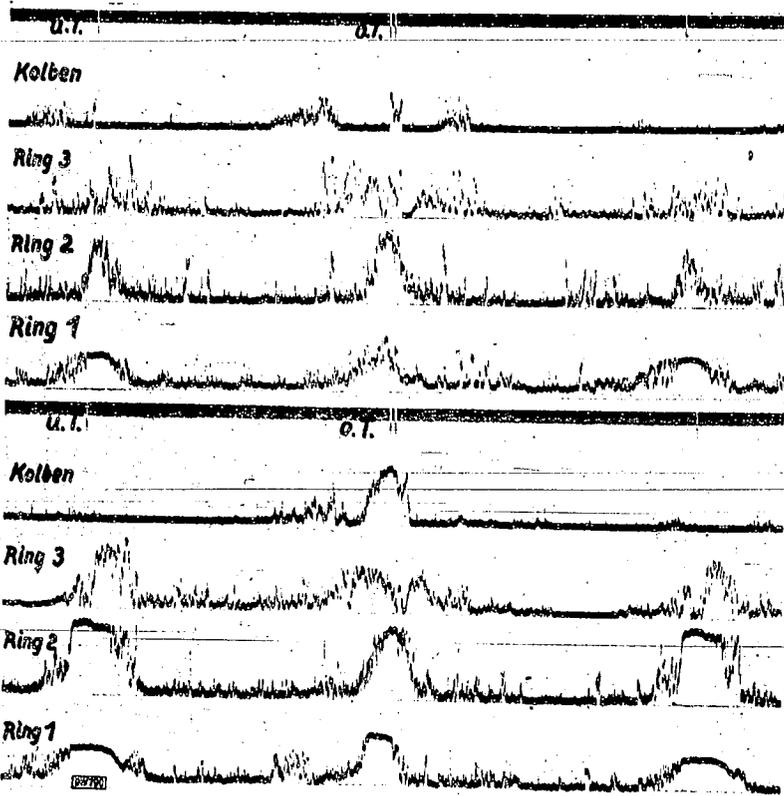


Bild 14. $n = 300$ U/min und verschiedener Gegendruck.

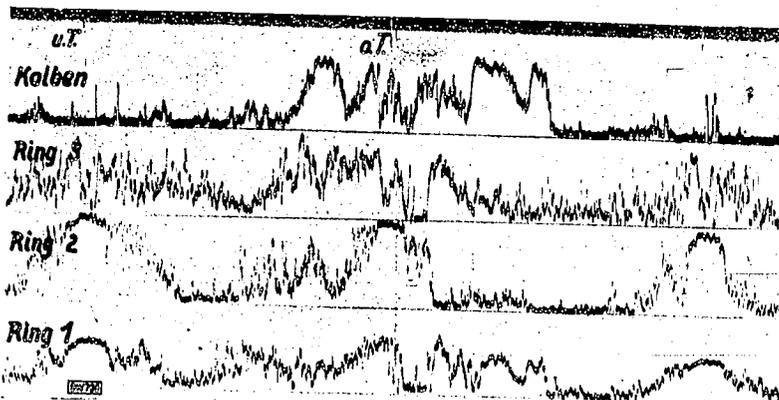


Bild 15. Gleicher Gegendruck und $n = 500$ U/min (vgl. hierzu den oberen Teil des Bildes 14 mit $n = 300$ U/min).

P. Überladbarkeit.

I. DVL-Überladeprüfverfahren

7230

Begriffsbestimmung.

Die Überladbarkeit bei Klopfbeginn ist eine Kenngröße für Flugmotorenkraftstoffe zur Verwendung in Zündermotoren. Sie gibt an, welcher abs.Ladedruck p_1 oder welcher mittlere Nutzdruck p_{me} in einem Motor bei Klopfbeginn unter den für den verwendeten Motor geltenden Prüfbedingungen mit dem betreffenden Kraftstoff erzielt werden kann.

Als Klopfbeginn wird das erste hörbare Klopfen (Zahl der scharfen Klopfschläge etwa 6 bis höchstens 10 in der Minute) bezeichnet.

Die Überladbarkeit bei Klopfbeginn ist entweder in der Größe des abs.Ladedruckes P_1 (mm QS) oder in der Größe des mittleren Nutzdruckes p_{me} (kg/cm^2) bei Klopfbeginn anzugeben.

7231

Allgemeines über das DVL-Überladeprüfverfahren.

Das DVL-Überladeprüfverfahren besteht aus der Prüfung der Überladbarkeit bei Klopfbeginn in Abhängigkeit von dem Luftverhältnis (λ) und der Ladelufttemperatur (t_1). Das Überladeprüfverfahren ist demnach ein "Mehrpunkt-Verfahren" im Gegensatz zum "Einpunkt-Verfahren" (wie z.B. dem Motorverfahren zur Bestimmung der OZ), bei denen die zu prüfende Eigenschaft des Kraftstoffes nur bei einem einzigen Betriebszustand festgestellt wird.

Die Überladeprüfung erfolgt nur noch nach den Bedingungen des "vereinfachten Verfahrens". Das früher ebenfalls angewendete "Grund-Verfahren" (Prüfung bei Bestzündung usw.) wird nicht mehr durchgeführt, es hat nur noch historische Bedeutung (vgl. BVM-Vorschriften Ausgabe 1940, 7232).

7232

Vereinfachtes Verfahren.

Das vereinfachte Verfahren besteht aus der Prüfung der Überladbarkeit bei Klopfbeginn im Bereich des Luftverhält-

nisses $\lambda = 0,7$ bis $\lambda = 1,3$ und zwar bei der Ladelufttemperatur $t_1 = 130^\circ\text{C}$ und bei einem für den verwendeten Prüfmotor festgelegten Zündzeitpunkt. Wird abweichend davon bei einer anderen Ladelufttemperatur ^{oder} / Zündzeitpunkt gemessen, so ist besonders darauf hinzuweisen.

7233

Allgemeines über die Durchführung der Überladeprüfung.

a) Zusammensetzung des zu prüfenden Kraftstoffes.

Vor der Prüfung ist die Zusammensetzung des zu prüfenden Kraftstoffes (Gehalt an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, s. 7250 u. ff.) zu ermitteln und daraus der theoretische Luftbedarf m_{th} für die Verbrennung dieses Kraftstoffes zu berechnen.

b) Prüfeinrichtung.

Zur Prüfung ist ein Einzylindermotor zu verwenden. Diese erfolgt entweder in der DVL-Kraftstoffprüfanlage (Bau DVL oder Nachbau Famo) mit Blockaufbau oder in der älteren Anlage mit Vollmotorengehäuse Stern-Aufbau. Die Wahl des Bremsaggregates ist hierbei für alle Anlagen freigestellt.

c) Zustand des Prüfmotors.

Bei Beginn der Prüfung ist der Prüfmotor auf einwandfreien Zustand zu untersuchen:

1) Zunächst ist die Einhaltung der für den betreffenden Motor vorgesehenen Einstellungen (s. Prüfbedingungen), sowie die Dichtheit der Ventile und Kolben (Kompressionsprüfung) nachzuprüfen, danach ist bei stehendem Motor und geschlossenem Einlaßventil die Dichtheit der Ladeleitung zu prüfen: bei einem Überdruck in der Ladeleitung von 500mm QS dürfen die Leckverluste höchstens 10 l/min betragen.

2) Der Motor ist mit einem beliebigen für den Motor geeigneten Kraftstoff warm zu fahren. Nach einer genügend langen Einlaufzeit (Beachtung der in den Prüfbedingungen - s. 7235 - vorgeschriebenen Schmierölaustrittstemperatur) muß die Gewähr gegeben sein, daß der Zustand der Prüfanlage einwandfrei ist. Hierbei ist besonders zu beachten, daß die abgegebene Leistung ohne Überladung stets die gleiche ist (zulässige Abweichung ± 1 kg). Nach erfolgtem Zylinder-

oder Kolbenwechsel ist zum Nachweis einer guten Übereinstimmung die Beziehung $p_{me} = f(p_1)$, die sich bei der Klopfprüfung ergibt, sowie die Luftdurchsatzkennlinie $G \text{ kg/h} = f(p_1)$ aufzustellen und zu beachten.

3) Im Anschluß an die Vorprüfung nach 2) ist die Klopfneigung des Prüfmotors durch Messung der Überladbarkeit bei Klopfbeginn eines Vergleichskraftstoffes festzustellen; als Vergleichskraftstoff sind je nach der zu erwartenden Klopfestigkeit des zu prüfenden Kraftstoffes Überlade-B4^{+) +} oder Eich-C3^{+) +} zu verwenden. Diese Feststellungen sind in gleicher Weise, wie für den zu prüfenden Kraftstoff unter 7233e angegeben, durchzuführen.

Sind diese Prüfungen in dem betreffenden Prüfmotor schon früher durchgeführt worden, so genügt bei der täglichen Prüfung die Feststellung der Überladbarkeit des Vergleichskraftstoffes bei Klopfbeginn bei 4 über einen Bereich von $\lambda = 0,7$ bis 1,2 verteilten Meßpunkten. Aus diesen Kontrollpunkten werden möglichst allmonatlich die Eichkurven für Überlade-B4 und Eich-C3 aufgestellt. Die Klopfneigung des Prüfmotors gilt als einwandfrei, wenn die so gemessene Überladbarkeit des Vergleichskraftstoffes von der ursprünglich festgestellten Überladbarkeit nicht mehr abweicht als unter 7233/f angegeben.

d) Prüfung des Kraftstoffes.

Ist der Zustand des Prüfmotors nach (c) einwandfrei und der Prüfmotor warmgefahren, so ist auf den zu prüfenden Kraftstoff umzuschalten und nach Erreichen des Beharrungszustandes, frühestens jedoch nach 5 Minuten, unter den vorgeschriebenen Bedingungen des vereinfachten Verfahrens (s. 7232) der erste Meßpunkt einzustellen.

Für die Durchführung der Prüfung hat sich die nachstehend beschriebene Reihenfolge der Messungen als vorteilhaft erwiesen und zwar aus Gründen des Temperatur-Beharrungszustandes.

Bei der Prüfung eines Kraftstoffes unbekannter Klopfestigkeit wird der ungefähr zu erwartende Ladedruck ein-

^{+) Die Eichstoffe werden über das RLM, GL/A-M II, angefordert.}

gestellt und das Gemisch soweit vermagert bis Klopfen eintritt. Tritt kein Klopfen ein, so wird der Ladedruck gesteigert bis der gewünschte Zustand erreicht ist. Ohne Durchführung einer eigentlichen Messung wird das Gemisch weiterhin vermagert und der Ladedruck um 150 bis 200 mm QS erhöht. Bei diesem Ladedruck wird der erste Meßpunkt eingestellt, der etwa bei $\lambda = 1,2$ liegen soll. Sodann werden die weiteren Meßpunkte stufenweise ermittelt bis ungefähr $\lambda = 0,7$ erreicht ist.

Der Klopfzustand wird bei den Prüfungen im allgemeinen durch Abhören ermittelt; die Verwendung eines zuverlässig arbeitenden Klopfmeßgerätes ist jedoch freigestellt. *)

Bei der Durchführung der Prüfungen sind folgende Messungen bzw. Ablesungen zur Berechnung vorzunehmen (s.a. Prüf-vordruck Nr.1):

1. Drehzahl und Drehmoment zur Feststellung der Leistung.
2. Ladedruck zur Feststellung der Überladbarkeit.
3. Ladeluftmenge und Kraftstoffverbrauch zur Feststellung des Luftverhältnisses.
4. Ladeluft-, Auspuff-, Zylinder- u. Kerzenringtemperatur zur Prüfung des Wärmezustandes des Motors.
5. Sonstige Werte, wie Kühl- und Schmierstofftemperatur usw., welche zur Feststellung, ob sämtliche Prüfbedingungen eingehalten sind, erforderlich sind.

Zur Einstellung des Kraftstoffluftverhältnisses ist die Verwendung eines Abgasprüfgerätes vorteilhaft.

e) Darstellung der Prüfergebnisse.

Soll die Überladbarkeit in der Größe des absoluten Ladedruckes p_1 angegeben werden (s.a. 7230), so sind die p_1 -Werte der einzelnen Meßpunkte in Abhängigkeit von dem Luftverhältnis in dem Prüfvordruck Nr.2 einzutragen. Durch die Meßpunkte ist dann eine Kurve zu legen, aus welcher schließlich die p_1 -Werte für die gleichfalls in dem Prüf-vordruck Nr.2 vorgesehene Tabelle zu entnehmen sind. Soll die Überladbarkeit in der Größe des mittleren Nutzdruckes p_{me} angegeben werden, so sind die p_{me} -Werte der einzelnen Meßpunkte zu errechnen, dann ist - wie für die p_1 -Werte angegeben - zu verfahren.

*) Dieses Gerät muß jedoch auf 6 bis 10 Klopfschläge/Minute geeicht sein.

In diese Darstellungen sind ferner neben der aus einer größeren Anzahl von Messungen gewonnenen Eich-Kurve des entsprechenden Vergleichskraftstoffes (vgl. a.7233/o/3) auch die am gleichen Tage gefundenen Kontrollpunkte einzutragen.

Außerdem können im Bedarfsfall die p_1 - bzw. p_{me} -Werte auch in Abhängigkeit von dem spezifischen Kraftstoffverbrauch (b) bzw. vom Einspritzvolumen (q_v) dargestellt werden. Die Laderleistung ist weder bei der Berechnung des Nutzdruckes noch bei der des spezifischen Kraftstoffverbrauches zu berücksichtigen.

f) Fehlergrenzen

Die Fehlergrenzen der Überladbarkeit betragen bei Einhaltung einer Klopfschlagzahl von 6 bis 10 scharfen Klopfschlägen in der Minute:

Bei Angabe der Überladbarkeit in der Größe des abs. Ladedruckes p_1 :

± 3 v.H. für vorwiegend paraffinische Kraftstoffe

± 6 v.H. für vorwiegend aromatische Kraftstoffe

Bei Angabe der Überladbarkeit in der Größe des mittleren Nutzdruckes p_{me} :

± 4 v.H. für vorwiegend paraffinische Kraftstoffe

± 6 v.H. für vorwiegend aromatische Kraftstoffe

II. Durchführung der Überladeprüfung im DVL-

Kraftstoffprüfmotor mit BMW 132-Zylinder.

7234 Prüfeinrichtung.

Die Überladeprüfung erfolgt nunmehr einheitlich im DVL-Kraftstoffprüfmotor (Bau DVL und Nachbau Pamo) mit BMW 132-N-Zylinder. Bis zur endgültigen Inbetriebnahme sämtlicher Prüfstandsanlagen mit dem DVL-Kraftstoffprüfmotor bei allen Untersuchungsstellen ist für die Übergangszeit auch die ältere Bauart der Überladeanlage mit BMW 132 N-Zylinder mit sogenanntem Sternaufbau für die Abnahmeprüfungen zugelassen. Ein Beispiel über den Aufbau und die Anordnung des DVL-Kraftstoffprüfstandes einschließlich seiner Hilfsaggre-

gate ist aus dem UM-Bericht 1070 der DVL zu entnehmen^{*)}.

Die Anordnung für die gesamte Anlage ist hierbei jeder Untersuchungsstelle freigestellt. Verbindlich für die Durchführung des DVL-Überladeprüfverfahrens ist jedoch die in Abb.1 wiedergegebene Anordnung des An- und Absaugsystems. Besonders ist darauf zu achten, daß nunmehr ausschließlich die neue Form des Ansaugkrümmers (Zeichnung 32952) zu verwenden ist, mit der sich daran anschließenden Drossel und dem Einlaßstutzen mit der Ringmeßstelle für den Ladeluftdruck. Auspuffseitig muß ebenfalls der vorgeschriebene Auslaßkrümmer und der Zwischentopf vorgesehen sein.

Bis zur alleinigen Durchführung des DVL-Überladeprüfverfahrens im DVL-Kraftstoffprüfmotor ist (wie schon oben erwähnt) für den BMW 132 N-Zylinder ein serienmäßiges Gehäuse des BMW 132 A-Motors zu verwenden, an dem 8 Zylinderöffnungen mit Blindflanschen zu versehen sind; auf die dem Ölsumpf gegenüberliegende Zylinderöffnung ist ein serienmäßiger BMW 132 N-Zylinder zu setzen; als Kurbelbetrieb ist dann die BMW 132-Kurbelwelle mit für Einzylinderbetrieb ausgewuchteten Gegengewichten, sowie mit dem Hauptpleuel und einem geeigneten Schwungrad zu verwenden. Die Ölbohrungen für die Nebenpleuel, sowie die nichtbenutzten Öffnungen des Gehäuses sind gegen Ölaustritt zu verschließen. Die in der Kurbelwelle vorgesehene Hauptdüse muß offen bleiben. Die Ölrücklaufleitungen von den Ventilkammern des Zylinders sind zum Steuergehäuse (vorderer Gehäuseteil) zu führen. Das Gehäuse ist auf einen geeigneten Sockel zu befestigen (weitere Einzelheiten über diesen Aufbau s. BVM-Vorschriften, Ausgabe Oktober 1940).

*) zu beziehen durch DVL, Institut für Betriebstoffforschung, Berlin-Adlershof

7235 Prüfbedingungen:

Der Prüfmotor ist unter nachstehenden Bedingungen zu betreiben:

- a) Verdichtungsverhältnis: $\epsilon = 1:6,5$
- b) Drehzahl: 1600 ± 10 U/min
- c) Überdruck u. Temperatur der Kühlluft: Der Überdruck der Kühlluft (im Kühlluftschaft) beträgt $p_k = 300 \text{WS}$, wobei durchschnittlich die Kühllufttemperatur $30^\circ\text{C} \pm 5$ betragen soll. Druck u. Temperatur der Kühlluft sind an den in Abb.1 gekennzeichneten Stellen zu messen.
- d) Schmierstoff: Intava-Grünring oder ein gleichwertiges synthetisches Öl(+)
- e) Schmierstoffdruck: $5,0 \pm 0,2 \text{ kg/cm}^2$
 Dabei Schmierstoffumlauf bei Blockgehäuse: etwa 360 l/h
 u. bei Sterngehäuse: etwa 1200 "

Der Schmierstoffdruck ist bei Anlagen mit Sterngehäuse an der am Vollmotor vorgesehenen Stelle zu messen.

- f) Schmierstofftemperatur
 am Eintritt: $70 \pm 2^\circ\text{C}$
 am Austritt: höchstens $80 \pm 2^\circ\text{C}$

- g) Kolbenkühlung: Beim Blockmotorenaufbau muß auf die Anordnung der beiden Ölspritzdüsen zur Kühlung des Kolbens besonders geachtet werden. Die Stellung der Düsen muß so sein, daß der Ölstrahl, wenn der Kolben sich im oberen Totpunkt befindet, gerade neben dem Kolbenbolzen noch vorbei geht. Dies gibt die Gewähr, daß der Kolbenboden mit genügend Öl benetzt wird. Die genaue Einstellung wird dadurch erreicht, daß der Winkel zwischen dem Ölstrahl und der Senkrechten ca. 12° beträgt. Lochdüsendurchmesser $\phi_{3,1} 0 \text{mm}$.

- h) Einspritzpumpe: Die angebaute Einspritzpumpe soll eine Exzenterpumpe sein. Folgende Einspritzpumpentypen kommen hierfür in Frage:
 PZ 2/...V1024 a3 od. PZ 1/...V1024 a3
 PZ 2/...V 637/1

Stempeldurchmesser: 10,11 od. 12 mm; dementsprechend heißt es dann anstelle der ...100, 110 oder 120.

+) Der Schmierstoff ist nur über das RLM, GL/A-M II, zu beziehen.

- f) Verstellung der Einspritzpumpe : Mittels Handgestänge od. Bowdenczug bzw. elektr. Fernsteuerung
- g) Einspritzdüse : Bosch DE 40 N 60 M 6
- h) Einspritzdruck : 60 kg/cm²
- i) Förderbeginn der Einspritzpumpe : 18° KW n.o.T. (auf Schwungrad eingestellt)
- l) Länge der Einspritzleitung : ca. 800 mm
- m) Zündmagnete : FJ 1 R 36 und FJ 1 L 36
- n) Unterbrecher-Kontaktabstand : 0,4 mm
- o) Zündkerzen : Bosch W 260 T 1
Elektrodenabstand 0,4 mm (abweichend vom Anlieferungszustand)
- p) Zündzeitpunkt : Der Zündzeitpunkt ist an beiden Zündmagneten mittels Zündzeitpunktanzeiger auf Schwungradscheibe einzustellen. Bei der Prüfung nach den Bedingungen des vereinfachten Verfahrens beträgt er 30° KW v.o.T.
- r) Ventilzeit :

	Einlaß	Auslaß
Öffnet etwa	20 v.o.T.	76 v.u.T.
schließt etwa	77 n.u.T.	21 n.o.T.
Überschneidung	: etwa 40 bis 45° KW +)	
- s) Ladelufttemperatur : 130°C (s. 7232)

Die Ladelufttemperatur ist mittels eines Widerstandsthermometers (Schenkellänge 150 mm) an der vorgeschriebenen Stelle (Abb. I) in der Ladeleitung zu messen. Der Luftausgüßrichter ist zweckmäßig gegen Strahlung zu isolieren.

Die Abweichungen von der vorgeschriebenen Ladelufttemperatur sollen nicht mehr als ± 2°C betragen.

- t) Sonstige Prüfbedingungen:
 - s. Beschreibung des DVL-Einzylinder-Prüfstandes bzw. Handbuch für den BMW 132 N-Flugmotor.

7236 Vorbereitungen zur Durchführung der Prüfung.

- a) Kraftstoffmenge
Zur Bestimmung der Überladbarkeit bei einer Ladelufttemperatur werden etwa 25 bis 30 Ltr. Kraftstoff benötigt.
- b) Untersuchung des Zustandes des Prüfmotors: s. 7233/c
- c) Anlassen und Anhalten des Prüfmotors
Das Anlassen und Anhalten des Prüfmotors ist in der für Einzylinderprüfstände üblichen Art vorzunehmen. Näheres

+ Die Festlegung der Steuerzeiten hat mit dem im BMW-Handbuch angegebenen Ventilspiel zu erfolgen.

über die Bedienung der kombinierten ^{elektro}-hydraulischen Bremsanlage ist der gesonderten Beschreibung und Bedienungsanweisung Teil I und II zu entnehmen. +)

Vor dem Anlassen ist das im Behälter befindliche Schmieröl in geeigneter Weise anzuwärmen (z.B. mittels Tauchsieder). Zum Anlassen und Warmfahren kann ein beliebiger Kraftstoff der Oktanzahlklasse 87 verwendet werden.

Nach dem Anhalten ist der Motor zur Vermeidung von Korrosionsschäden in den Betriebspausen von Hand so zu drehen, daß beide Ventile geschlossen sind.

7237 Durchführung der Prüfung.

Die Drossel der Ladeleitung ist bei Bestimmung der Überladbarkeit stets voll zu öffnen. Im übrigen ist die Prüfung nach 7233/e durchzuführen.

7238 Anweisung für die Instandhaltung des Prüfmotors.

Nach je etwa 50 bis 100 Betriebsstunden, sowie nach Prüfungen mit sehr hohen Ladedrücken ist der Zylinder abzunehmen und sind die Ventile auf Dichtheit zu prüfen.

Nach je etwa 100 Betriebsstunden ist die gesamte Prüfeinrichtung eingehend nachzuprüfen. Dabei ist besonders zu beachten:

- a) Prüfung der Einspritzpumpe und Einspritzdüse (auf Förderbeginn, Druck und Zerstäubung)
- b) Prüfung der Zündkerzen auf Elektrodenabstand
- c) Prüfung der Temperaturmeßgeräte

Der Schmierstoff ist nach 50 höchstens 100 Betriebsstunden vollständig zu erneuern. Nach höchstens je 500 Betriebsstunden ist eine Grundüberholung der gesamten Prüfeinrichtung erforderlich.



+) zu beziehen von der DVL, Bln.-/dlershof, Abt. Vertrieb

RIM/GL 3 V B
BVM/Flugm.-Kraftstoffe

Entwurf
Bauvorschriften für Flugmotoren
(BVM)

3. Ergänzungs-Entwurf

(August 1939)

zu den

Prüfvorschriften für Flugmotoren-Kraftstoffe
zur Verwendung in Otto-Motoren

(Ausgabe April 1938)

Reichsluftfahrtministerium
Generalluftzeugmeister

I n h a l t s a n g a b e

O. Heizwert.

- 7225 Prüfeinrichtung
7226 Durchführung der Prüfung

P. Überladbarkeit bei Klopfbeginn nach dem DVL-Überladeprüfverfahren (nach v. Philippovich-Seeber).

I. Allgemeines.

- 7230 Überladbarkeit bei Klopfbeginn
7231 Allgemeines über das DVL-Überladeprüfverfahren
7232 Vereinfachtes DVL-Überladeprüfverfahren
7233 Bestimmung der Überladbarkeit bei Klopfbeginn
 nach dem DVL-Überladeprüfverfahren

II. Bestimmung der Überladbarkeit bei Klopfbeginn im
BMW-132-Einzylindermotor nach dem DVL-Überladeprüfverfahren.

- 7235 Prüfeinrichtung
7236 Prüfbedingungen
7237 Vorbereitungen zur Durchführung der Prüfung
7238 Durchführung der Prüfung
7239 Anweisung für die Instandsetzung des Prüfmotors

III. Bestimmung der Überladbarkeit bei Klopfbeginn im
DB 6001-Einzylindermotor nach dem DVL-Überladeprüfverfahren.

(Noch in Bearbeitung).

Unbefugte Verwendung ist strafbar eine Schadenersatzpflicht

0. Heizwert.

7225

Prüfeinrichtung.

Als Prüfeinrichtung ist das Berthelot-Mahler-Kroeker-Kalorimeter (s. DIN DVM 3716) mit den nachstehend angegebenen, von der DVL entwickelten Änderungen zu verwenden:

Zur Aufnahme der Kraftstoffprobe dient ein Gefäßchen aus V₂A-Stahl, dessen Abmessungen aus Abb. 1 zu ersehen sind. Das Gefäßchen ist mit einem Collodiumhäutchen (etwa 2 cm²) und dem darüber gestülpten Überzugsring (s. Abb. 1) zu verschließen.

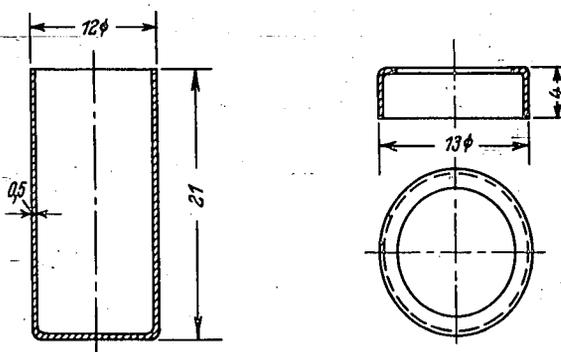


Abb. 1: Gefäßchen aus V₂A-Stahl
mit Überzugsring

Die Befestigung des Gefäßchens am Deckel der Bombe ist aus Abb. 2 zu ersehen.

Zur Zündung der Kraftstoffprobe ist ein Nickelindraht (0,1 mm Durchmesser, etwa 6 cm lang) zu verwenden.

Unbefugte Verwendung ist strafbar und schadenersatzpflichtig

7226

Durchführung der Prüfung.

Die Prüfung ist nach DIN DVM 3716 mit den nachstehend angegebenen Änderungen durchzuführen: Der mit dem einen Ende an dem Zündpol des Bombendeckels (s. Abb. 2) befestigte Nickelindraht ist mit seinem freien Ende so durch den Überzugsring zu führen, daß eine enge Berührung zwischen dem Draht, dem Collodiumhäutchen und der Gefäßwandung entsteht. Die enge Berührung ist für die Zündung des Collodiums und damit der Kraftstoffprobe erforderlich.

Bei der Auswertung ist die Verbrennungswärme des Collodiums mit 2500 cal/g in Rechnung zu setzen. Die Verbrennungswärme des Nickelindrahtes, von dem nur etwa 1 cm verbrennt, kann vernachlässigt werden, da sie nur etwa 0,6 bis 0,8 cal beträgt.

Fehlergrenze: ± 10 cal.

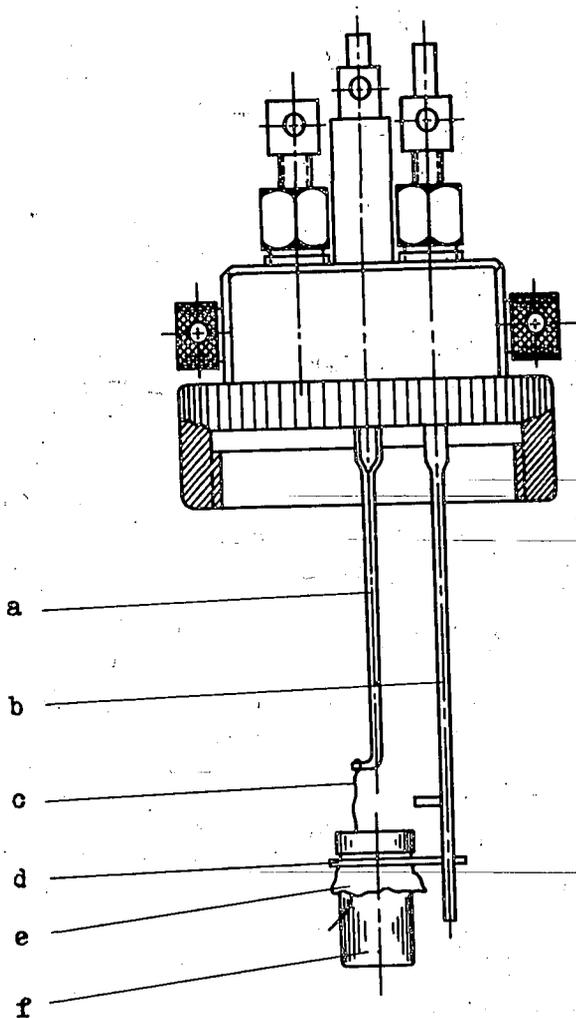


Abb. 2: Bombendeckel

- | | |
|------------------------------|--|
| a) Zündpol | d) Haltering |
| b) Sauerstoff-
einführung | e) Colloidium-
häutchen |
| c) Zünddraht | f) Gefäßchen aus
V ₂ A-Stahl |

P. Überladbarkeit bei Klopfbeginn nach dem
DVL-Überladeprüfverfahren (nach v. Philippovich-Seeber).

I. Allgemeines.

7230

Überladbarkeit bei Klopfbeginn.

Die Überladbarkeit bei Klopfbeginn ist eine Kenngröße für Flugmotoren-Kraftstoffe zur Verwendung in Ottomotoren. Sie gibt an, welcher mittlere Nutzdruck p_{me} in einem Motor bei Klopfbeginn unter den für den verwendeten Motor geltenden Prüfbedingungen mit dem betreffenden Kraftstoff erzielt werden kann.

Als Klopfbeginn wird das erste hörbare Klopfen (Zahl der scharfen Klopfschläge: etwa 6 bis höchstens 10 in der Minute) bezeichnet.

Die Überladbarkeit bei Klopfbeginn ist in der Größe des mittleren Nutzdruckes p_{me} (kg/cm^2) bei Klopfbeginn anzugeben.

7231

Allgemeines über das DVL-Überladeprüfverfahren.

Das DVL-Überladeprüfverfahren besteht aus der Prüfung der Überladbarkeit bei Klopfbeginn in einem geeigneten Einzylinder-Prüfmotor in Abhängigkeit von folgenden Einflußgrößen:

- a) der Ladelufttemperatur t_L und zwar für $t_L = 35, 80$ und 130°C ,
- b) der Luftüberschußzahl und zwar für den Bereich $\lambda = 0,7$ bis $\lambda = 1,3$.

Die Prüfungen nach a) und b) sind unter den für den verwendeten Prüfmotor geltenden Prüfbedingungen und jeweils bei Bestzündung vorzunehmen, d.h. bei einer solchen Einstellung des Zündzeitpunktes, die bei dem betreffenden Kraftstoff und den jeweiligen Werten der Einflußgrößen nach a) und b) jedoch ohne Überladung und bei nichtklopfendem Betrieb die beste Leistung ergibt.

Das DVL-Überladeprüfverfahren ist demnach ein "Mehrpunkt-Verfahren" im Gegensatz zu "Einpunkt-Verfahren" (wie z.B. dem Motor-Verfahren zur Bestimmung der Oktan-Zahl), bei denen die zu prüfende Eigenschaft des Kraftstoffes nur bei einem einzigen Betriebszustand festgestellt wird.

7232

Vereinfachtes DVL-Überladeprüfverfahren.

Zur Prüfung bereits nach dem DVL-Überladeprüfverfahren geprüfter Kraftstoffe kann im Einvernehmen mit der Prüfstelle das vereinfachte DVL-Überladeprüfverfahren angewendet werden. Es besteht in der Prüfung der Überladbarkeit in Abhängigkeit von der Luftüberschubzahl und zwar für den Bereich $\lambda = 0,7$ bis $\lambda = 1,3$ jedoch bei nur einer Ladelufttemperatur ($t_L = 80^\circ\text{C}$).

7233

Bestimmung der Überladbarkeit bei Klopfbeginn nach dem DVL-Überladeprüfverfahren.

- a) Zusammensetzung des zu prüfenden Kraftstoffes.
Zu Beginn der Prüfung ist die Zusammensetzung des zu prüfenden Kraftstoffes (Gehalt an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff) zu ermitteln und daraus der theoretische Luftbedarf für die Verbrennung dieses Kraftstoffes zu bestimmen.

Bei der Prüfung nach 7232 kann die Zusammensetzung sauerstofffreier Kraftstoffe aus dem spezifischen Gewicht des Kraftstoffes bestimmt werden (s. Abb. 3).

- b) Prüfeinrichtung.

Zur Prüfung ist ein Einzylinder-Otto-Motor mit Kraftstoff-Einspritzung und während des Betriebes ohne Drehzahländerung des Motors veränderlicher Aufladung zu verwenden. Außer den für den Betrieb des Einzylinder-Motors erforderlichen Anlagen wie Kühl-, Schmierstoff- und Auspuff-Anlagen sowie einer geeigneten Einrichtung zur Abbremsung des Motors (Pendelmaschine oder Wasserbremse usw.) sind folgende Einrichtungen zur Durchführung der Prüfung erforderlich:

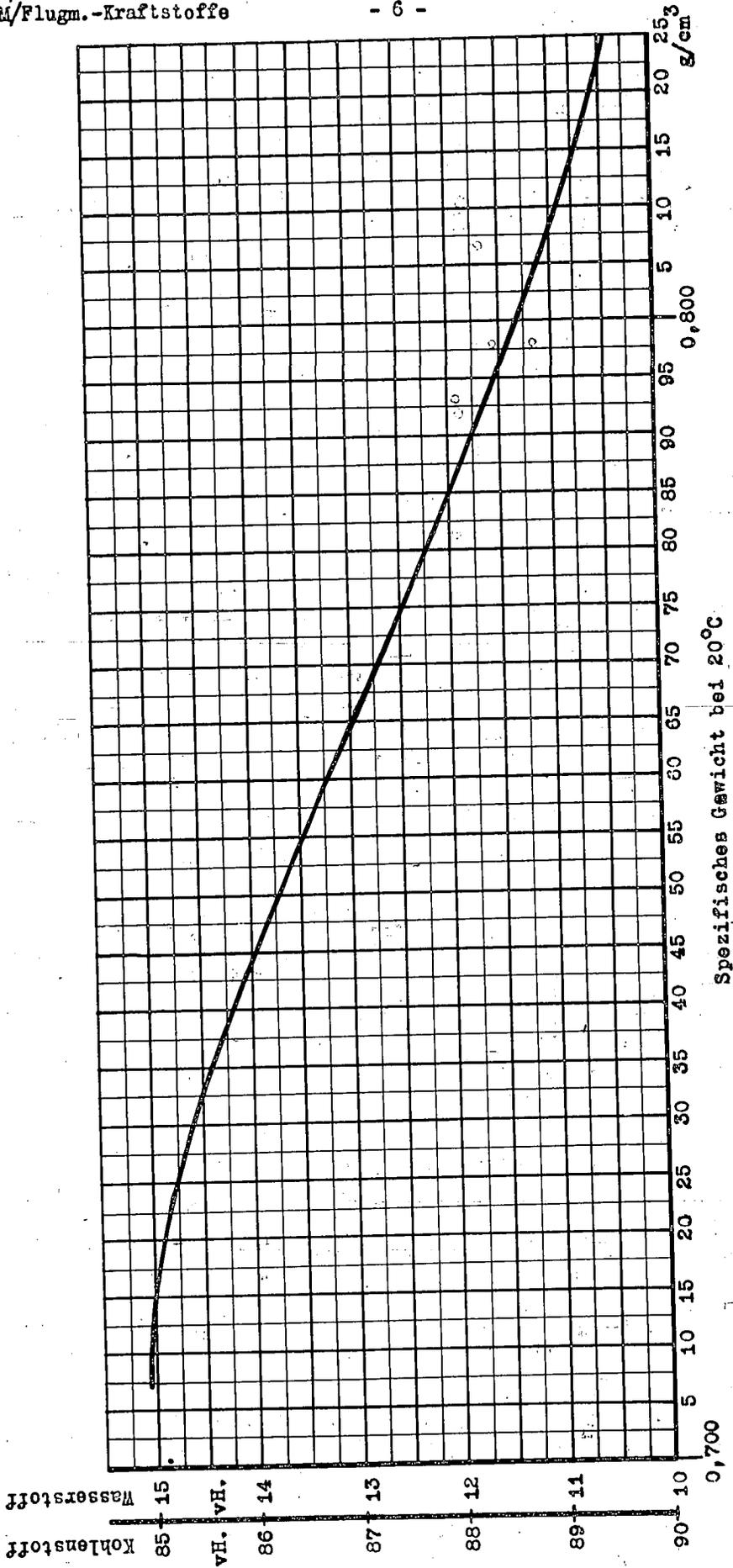


Abb. 3: Zusammensetzung sauerstofffreier Kraftstoffe abhängig vom spezifischen Gewicht bei 20°C

- 1) Eine Luftvorwärme-Einrichtung zur Erwärmung der Ladeluft entsprechend 7231/a.
 - 2) Einrichtungen zum Messen der dem Motor zugeführten Ladeluftmenge und der Kraftstoffmenge (auch wenn ein Abgasprüfgerät zur Messung der Luftüberschußzahl vorhanden ist).
 - 3) Eine Umschalteinrichtung zum wahlweisen Betrieb des Motors mit verschiedenen Kraftstoffen.
- c) Zustand des Prüfmotors.

Bei Beginn der Prüfung ist der Prüfmotor auf einwandfreien Zustand zu untersuchen:

- 1) Zunächst ist die Einhaltung der für den betreffenden Motor vorgesehenen Einstellungen (s. Prüfbedingungen) nachzuprüfen. Danach ist bei stehendem Motor und geschlossenem Einlaßventil die Dichtheit der Ladeleitung zu prüfen: Bei einem Überdruck in der Ladeleitung von 500 mm QS dürfen die Leckverluste höchstens 10 l/min betragen.
- 2) Der Motor ist mit einem beliebigen, für den betreffenden Motor geeigneten Kraftstoff anzulassen und warmzufahren. Sodann ist seine Leistung bei kloppfreiem Betrieb ohne Überladung (Ladedruck = 760 mm QS, Ladelufttemperatur = 80°C) in Abhängigkeit von der Luftüberschußzahl für den Bereich $\lambda = 0,7$ bis $\lambda = 1,3$ bei Verwendung des Kraftstoffes VT 702 mit 0,12 vH Bleigehalt ^{+) als Vergleichskraftstoff unter den für den betreffenden Motor geltenden Prüfbedingungen festzustellen.}

Ist die Leistung des betreffenden Motors für den Bereich $\lambda = 0,7$ bis $\lambda = 1,3$ schon früher bestimmt worden, so genügt die Aufnahme der Lei-

<sup>+) Zu beziehen von: Ammoniakwerk Merseburg,
Leunawerke/Kr. Merseburg,
Abt. Hydrierung.</sup>

stung bei e i n e r beliebigen Luftüberschußzahl. In diesem Falle darf bei einwandfreiem Zustand des Motors die gemessene Leistung um nicht mehr als $\pm 1,5$ vH von der ursprünglich festgestellten Leistung bei der gleichen Luftüberschußzahl abweichen; andernfalls ist der Motor als nicht einwandfrei anzusehen.

- 3) Im Anschluß an die Vorprüfung nach 2, ist die Klopfneigung des Prüfmotors durch Messung der Überladbarkeit bei Klopfbeginn mit dem unter 2) angegebenen Vergleichskraftstoff festzustellen. Diese Feststellung ist in gleicher Weise, wie für den zu prüfenden Kraftstoff unter 7233/e angegeben, durchzuführen.

Ist diese Prüfung an dem betreffenden Prüfmotor schon früher durchgeführt worden, so genügt die Feststellung der Überladbarkeit des Vergleichskraftstoffes bei e i n e r beliebigen Luftüberschußzahl. Die Klopfneigung des Prüfmotors gilt als einwandfrei, wenn die Abweichung des mit dem Vergleichskraftstoff erreichten mittleren Nutzdruckes p_{me} von dem ursprünglich festgestellten Nutzdruck nicht mehr als $\pm 0,20$ kg/cm² beträgt.

- d) Aufnahme der Bestzündungs-Kurve.

Ist der Motor nach den Prüfungen gemäß 7233/c als einwandfrei anzusehen, so ist mit dem zu prüfenden Kraftstoff die Bestzündungs-Kurve aufzunehmen, d. h. es ist diejenige Einstellung des Zündzeitpunktes, welche die beste Leistung ergibt, für mindestens 3 verschiedene Luftüberschußzahlen ($\lambda = 0,7$ bis $\lambda = 1,3$) ohne Überladung (Ladedruck = 760 mm QS, Ladelufttemperatur = 80°C) bei kloppfreiem Betrieb zu ermitteln.

Ist für einen Kraftstoff, dessen Zusammensetzung der des zu prüfenden Kraftstoffes ähnlich oder gleich ist, schon früher die Bestzündungs-Kurve auf-

genommen worden, so kann im Einvernehmen mit der Prüfstelle auf die Aufnahme der Bestzündungs-Kurve des zu prüfenden Kraftstoffes verzichtet werden.

Bei der Prüfung nach 7232 unterbleibt die Aufnahme der Bestzündungs-Kurve.

e) Prüfung des Kraftstoffes.

Die Überladbarkeit bei Klopfbeginn erreicht bei einer bestimmten Luftüberschußzahl einen Geringstwert. Die Prüfung der Überladbarkeit ist so vorzunehmen, daß von der den Geringstwert ergebenden Luftüberschußzahl aus zunächst mit kleiner werdender Luftüberschußzahl und anschließend von der gleichen Luftüberschußzahl mit größer werdender Luftüberschußzahl geprüft wird. Erfahrungsgemäß liegt der Geringstwert der Überladbarkeit für handelsübliche sauerstofffreie Kraftstoffe bei einer Luftüberschußzahl von etwa $\lambda = 1,05$ bei sauerstoffhaltigen Kraftstoffen bei kleineren λ -Werten

Ist der Prüfmotor warmgefahren, so ist auf den zu prüfenden Kraftstoff umzuschalten und nach Erreichen des Beharrungszustandes, frühestens jedoch nach 5 Minuten bei einer der nach 7231/a vorgesehenen Ladelufttemperaturen - beim vereinfachten DVL-Überladeprüfverfahren bei $t_L = 80^\circ\text{C}$ - die dem Geringstwert der Überladbarkeit entsprechende Luftüberschußzahl und der dazu gehörige Bestzündungswert einzustellen; anschließend ist der Ladedruck bis zum Klopfbeginn zu steigern.

Durch die Ladedrucksteigerung wird die Luftüberschußzahl vergrößert; die Zündeneinstellung ist nun entsprechend der vergrößerten Luftüberschußzahl nachzuregeln (Bestzündung s.7231). Gegebenenfalls sind dann Ladedruck und Zündzeitpunkt zur Erreichung des Klopfbeginns nochmals zu verändern.

Nach der endgültigen Einstellung des Klopfbeginns sind folgende Messungen vorzunehmen:

- 1) Drehzahl und Drehmoment zur Feststellung der Leistung
- 2) Ladedruck zur Feststellung der Überladbarkeit.
- 3) Anzeige des Abgasprüfgerätes (soweit vorhanden) zur Feststellung der Luftüberschußzahl.

- 4) Ladeluftmenge und Kraftstoffverbrauch zur Feststellung bzw. Nachprüfung der Luftüberschußzahl.
- 5) Ladeluft-, Auspuff- und Zylinderkopftemperatur (soweit vorgesehen: mittlere Temperatur im Verbrennungsraum) zur Prüfung des Wärmezustandes des Motors.
- 6) Sonstige Werte wie Kühl- und Schmierstofftemperaturen usw., welche zur Feststellung, ob sämtliche Prüfbedingungen eingehalten sind, erforderlich sind.

Nach Durchführung der ersten Messung ist der Ladedruck zur Schonung des Motors soweit zu verringern, daß der Motor kloppfrei arbeitet. Ist die Luftüberschußzahl aus der Anzeige eines Abgasprüfgerätes ermittelt worden, so ist nun zunächst die Luftüberschußzahl aus Ladeluftmengenmessung und Kraftstoffverbrauchsmessung zu errechnen. Besteht ein Unterschied zwischen der angezeigten und der errechneten Luftüberschußzahl, so ist nur die errechnete zu verwenden.

Anschließend sind bei kleiner werdenden Luftüberschußzahlen weitere 3 bis 4 Messungen in der angegebenen Weise vorzunehmen. Danach ist der Motor ungefähr 5 Minuten bei einer Luftüberschußzahl wie bei der ersten Messung ohne Überladung und kloppfrei zu betreiben, um einen Wärmeausgleich zu erzielen. Zum Schluß sind weitere 2 bis 3 Messungen mit größer werdender Luftüberschußzahl vorzunehmen.

Nach Abschluß dieser Meßreihe sind in gleicher Weise die Meßreihen für die beiden anderen Ladelufttemperaturen nach 7231/a zu fahren, sofern nicht das vereinfachte DVL-Überladeprüfverfahren (s. 7232) angewendet wird.

f) Darstellung der Prüfungsergebnisse.

Aus den in der Prüfung nach e) erhaltenen Werten ist der jeweilige mittlere Nutzdruck p_{me} (s.a.

7230) zu errechnen; die einzelnen p_{me} -Werte sind in Abhängigkeit von der Luftüberschußzahl aufzutragen und durch eine Kurve mit einander zu verbinden. In diese Darstellung sind ferner die nach 7233/c/3 gemessenen p_{me} -Werte des Vergleichskraftstoffes einzutragen.

Außerdem können im Bedarfsfalle die p_{me} -Werte auch in Abhängigkeit von dem spez. Kraftstoffverbrauch dargestellt werden; die Laderleistung ist weder bei der Berechnung des Nutzdruckes noch bei der des spez. Kraftstoffverbrauches zu berücksichtigen.

- g) Die Fehlergrenzen der Überladbarkeit betragen bei Einhaltung einer Klopfschlagzahl von 6 bis 10 scharfen Klopfschlägen in der Minute: $\pm 0,20 \text{ kg/cm}^2$.

II. Bestimmung der Überladbarkeit bei Klopfbeginn im BMW-132-Einzyliermotor nach dem DVL-Überladeprüfverfahren.

7235

Prüfeinrichtung.

Der Prüfmotor ist ein luftgekühlter BMW-132-Einzyliermotor mit Kraftstoffeinspritzung (s. Abb. 4 bis 6). Als Gehäuse ist ein serienmäßiges Gehäuse des BMW-132-Flugmotors zu verwenden, an dem 8 Zylinderöffnungen mit Blindflanschen zu verschließen sind. Auf die 9. Zylinderöffnung ist ein serienmäßiger BMW-132-Zylinder (Baureihe F oder N) zu setzen. Das Gehäuse ist auf einem geeigneten Sockel zu befestigen. Eine Ausführungsform zeigen die Abb. 7 (Motor und Sockel), Abb. 8 (Sockel mit Hauptmaßen) und Abb. 9 (Befestigungswinkel mit Hauptmaßen).

Der Zylinder des Prüfmotors besitzt eine Bohrung für die Einspritzdüse und zwei Bohrungen für Zündkerzen; er ist auch mit einer dritten Bohrung mit Zündkerzengewinde zur Aufnahme eines Meßgerätes (z.B. Verbrennungsraum-Thermoelement) zu erhalten. Der Zylinder ist mit den Kühlluftleitblechen zu versehen, die zum Vollmotor der betreffenden Baureihe (F bzw. N) gehören.

Außer dem Prüfmotor umfaßt die Prüfeinrichtung:

Eine geeignete Bremsanlage (z.B. Pendelmaschine, Wasserbremse) die zweckmäßig mit dem Prüfmotor zusammen auf einem gefederten Bett aufzubauen ist.

Eine Kühlluftanlage, die Kühlluft entsprechend den Prüfbedingungen (s. 7236/b) zu liefern vermag.

Eine Überladeanlage bestehend aus:

einem geeigneten, vom Motor unabhängig anzutreibenden Gebläse mit Ölabscheider,

den Ladeleitungen mit einem Ausgleichsbehälter von etwa $0,5 \text{ m}^3$ Inhalt und einer Drossel,

einer Luftvorwärmeeinrichtung,

einer Luftkühleinrichtung (für Prüfung bei $t_L = 35^\circ\text{C}$ und höheren Ladedrücken),

einer Meßuhr zur Luftmengenmessung.

Eine Kraftstoffverteilungsanlage, die Umschaltung auf verschiedene Kraftstoffe während des Betriebes sowie die Messung des Kraftstoffverbrauches ermöglicht.

Eine Schmierstoff-Anlage zur Schmierung der bewegten Teile des Prüfmotors.

Meßeinrichtungen zur Messung der Werte nach 7233/e/1 bis 6.

Soweit eine Abgas-Absauganlage vorgesehen ist, soll diese einen Unterdruck in der Abgasleitung bis zu -300 mm WS einzustellen ermöglichen.

7236

Prüfbedingungen.

Der Prüfmotor ist unter nachstehenden Bedingungen zu betreiben:

a) Drehzahl: 1600 ± 10 U/min.

2 1500 + 50

b) Überdruck und Temperatur der Kühlluft:

Der Überdruck der Kühlluft (Gesamtdruck) im Kühlluftschacht ist so zu regeln, daß sich bei allen Kühlluft-Temperaturen gleiche Kühlwirkung (mittlere Zylinderkopftemperatur: 200 bis 220°C) ergibt. Die Beziehung zwischen Überdruck und Temperatur der Kühlluft ist in Abb. 10 dargestellt.

Druck und Temperatur sind etwa 700 mm von Mitte Zylinder gerechnet zu messen und zwar, falls ein Kühlluft-Gleichrichter vorhanden ist, zwischen diesem und dem Zylinder.

c) Schmierstoff: Intava-"Grünring".

d) Schmierstoffdruck: $5,0 \pm 0,2$ kg/cm².

e) Schmierstofftemperatur: Eintritt: $70 \pm 2^\circ\text{C}$,
Austritt: $85 \pm 2^\circ\text{C}$.

f) Einspritzpumpe:

Für Kraftstoffe mit normalem Heizwert:

Bosch PZ 1/110 409; Stempeldurchmesser: 11 oder 12mm.

Für Kraftstoffe mit geringem Heizwert:

Bosch PZ 2/100 V 604 b; Stempeldurchmesser: Je 10 mm.

g) Regelung der Einspritzpumpe: Mittels Handgestänge.

- h) Einspritzdüse: RLM-Düse S 7 Bosch DE 4 0 N 60 M 5 x.
i) Einspritzdruck: 60 kg/cm².
k) Förderbeginn der Einspritzpumpe: 26 bis 30° Kurbelwinkel nach o.T.

Länge der Einspritzleitung: 800 mm.

- l) Zündmagnete: Bosch I F 1 R 8.
m) Unterbrecher-Kontaktabstand: 0,4 mm.
n) Zündkerzen:

Bei Ladedruck bis zu 1200 mm QS: Bosch DW 220 G 1.
Bei Ladedruck über 1200 mm QS: Bosch W 240 T 6 oder
Bosch W 260 T 1.

Lage der Zündkerzen und Thermoelemente: s. Abb. 4 bis 6.

- o) Zündzeitpunkt: Nach Bestzündungs-Kurve (s. 7233/d).
Bei Durchführung der Prüfung nach 7232 (vereinfachtes DVL-Überladeprüfverfahren) ist die in Abb. 11 dargestellte Bestzündungs-Kurve zu verwenden.

- p) Ventilzeiten:

	Einlaß	Auslaß
öffnet etwa	20° v. o.T.	76° v. u.T.
schließt etwa	77° n. u.T.	21° n. o.T.

Überschneidung: 41°.

- q) Ladelufttemperatur: s. 7231/a bzw. 7232.
Die Ladelufttemperatur ist mittels Quecksilberthermometer oder Thermoelement in der Ladeleitung zu messen und zwar zwischen Ausgleichsbehälter und Drossel in einer Entfernung von etwa 680 mm von der Drossel.

Die Abweichungen von den vorgeschriebenen Ladelufttemperaturen sollen nicht mehr als $\pm 2^{\circ}\text{C}$ betragen.

- r) Druck in der Abgasleitung: + 100 bis - 300 mm WS gegenüber dem äußeren Luftdruck.

- s) Sonstige Betriebsbedingungen: s. Handbuch für den BMW-132-Flugmotor.

7237

Vorbereitungen zur Durchführung der Prüfung.

a) Kraftstoffmengen.

Zur Bestimmung der Überladbarkeit bei e i n e r Ladelufttemperatur werden etwa 35 l Kraftstoff benötigt, für die Aufnahme der Bestzündungs-Kurve etwa 15 l.

b) Untersuchung des Zustandes des Prüfmotors: s.7233/c.

c) Anlassen und Anhalten des Prüfmotors:

Das Anlassen und Anhalten des Prüfmotors ist in der für Einzylinderprüfstände üblichen Art vorzunehmen.

Vor dem Anlassen ist das im Behälter befindliche Schmieröl in geeigneter Weise anzuwärmen (z.B. mittels Tauchsieder). Zum Anlassen und Warmfahren kann ein beliebiger Kraftstoff mit der Oktanzahl 87 verwendet werden.

Nach dem Anhalten ist der Motor zur Vermeidung von Korrosionsschäden in den Betriebspausen von Hand so zu drehen, daß beide Ventile geschlossen sind.

7238

Durchführung der Prüfung.

Die Drossel in der Ladeleitung ist bei Bestimmung der Überladbarkeit stets voll zu öffnen. Im übrigen ist die Prüfung nach 7233/e durchzuführen.

7239

Anweisung für die Instandhaltung des Prüfmotors.

Nach je 50 Betriebsstunden sowie nach Prüfungen mit sehr hohen Ladedrücken ist der Zylinder abzunehmen und sind die Ventile auf Dichtheit zu prüfen.

Nach je 100 Betriebsstunden ist die gesamte Prüfeinrichtung eingehend nachzuprüfen. Dabei ist besonders zu beachten:

a) Prüfung der Einspritzpumpe und Einspritzdüse.

b) Prüfung der Zündkerzen.

c) Prüfung der Luftvorwärme-Einrichtung.

d) Prüfung der Dichtheit der Überlade-Anlage.

e) Prüfung der Temperatur-Meßgeräte.

Unbefugte Verwendung ist strafbar und schadenersatzpflichtig

Der Schmierstoff ist nach mindestens 100 Betriebsstunden vollständig zu erneuern.

Nach je 500 Betriebsstunden ist eine Grundüberholung der gesamten Prüfeinrichtung erforderlich.

Den 28. August 1939
Rr/Ly.

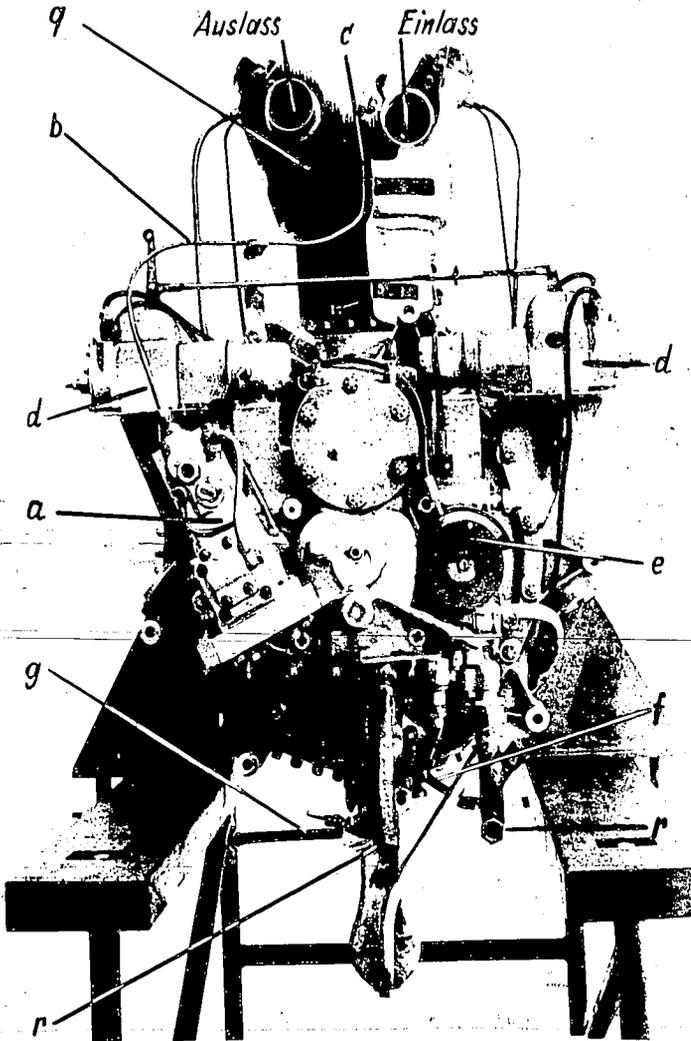


Abb. 4: BMW-132-Einzylindermotor

- | | |
|--------------------------|--|
| a) Einspritzpumpe | f) Öleintritt (zur Ölpumpe) |
| b) Einspritzleitung | g) Ölaustritt (zum Ölkühler) |
| c) Einspritzdüse | q) Thermoelement f. Zylinderkopftemperatur |
| d) Zündmagnet | r) Anschlüsse für Fernthermometer (Öleintritt, Ölaustritt) |
| e) Zündzeitpunktanzeiger | |

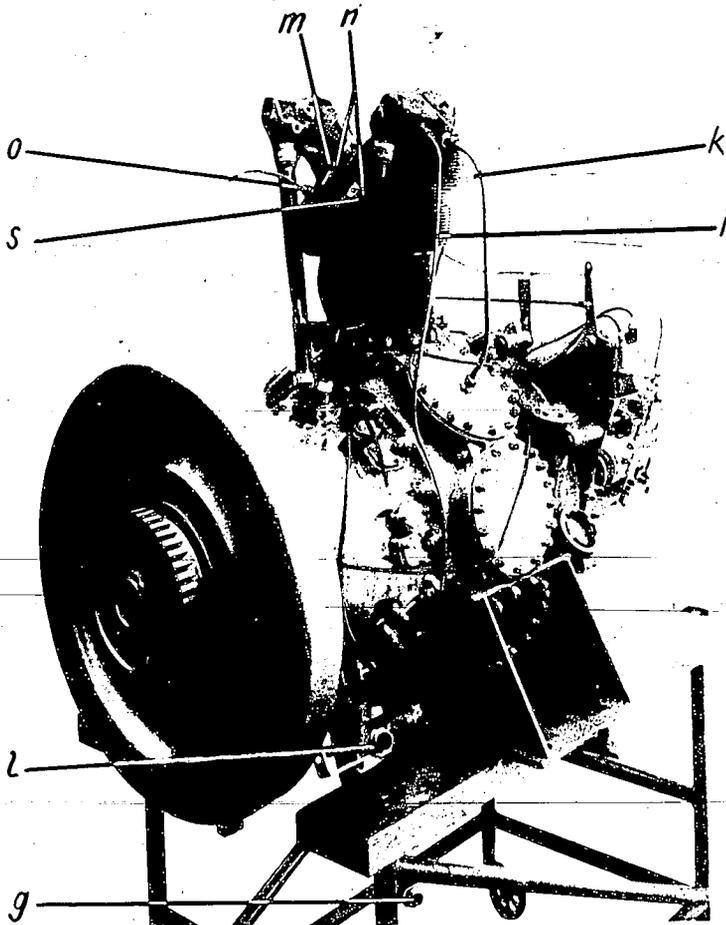


Abb. 5: BMW-132-Einzylindermotor

- | | |
|---|---------------------------------------|
| g) Ölaustritt (zum Ölkühler) | m) Zusätzliche (3.) Zündkerzenbohrung |
| i) Öldruckleitung für Kipphebel und Stoßstangen | n) Zündkerzen |
| k) Ölrücklaufleitung | o) Meßgerät (z.B. Thermoelement) |
| l) Anschluß zum Ölbehälter | s) Kerzenringthermoelement |

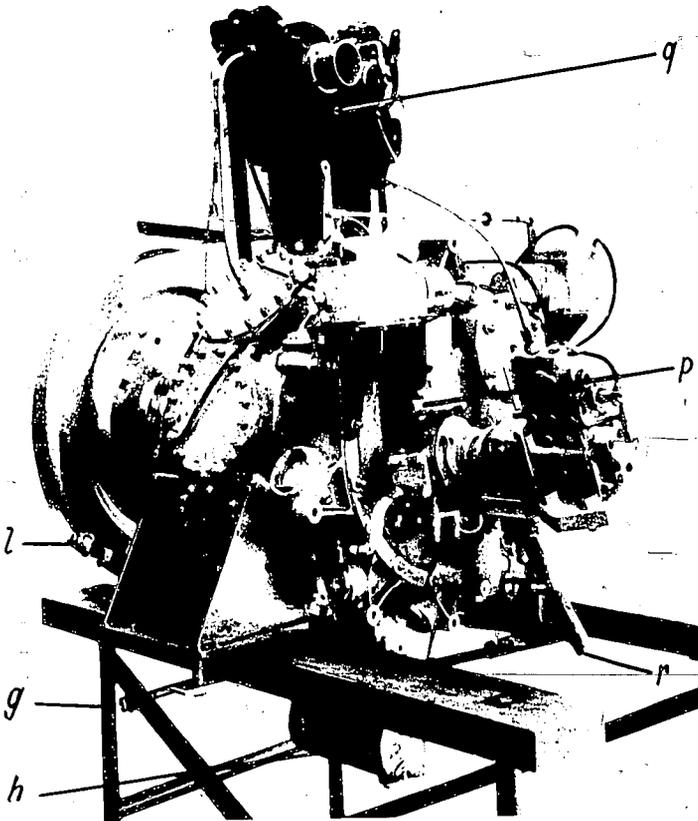


Abb. 6: BMW-132-Einzylindermotor

- | | |
|------------------------------|---|
| g) Ölaustritt (zum Ölkühler) | p) Anschluß für Drehzahlmesser |
| h) Ölsumpf | q) Thermoelement für Zylinderkopftemperatur |
| l) Anschluß zum Ölbehälter | r) Anschluß für Fernthermometer |

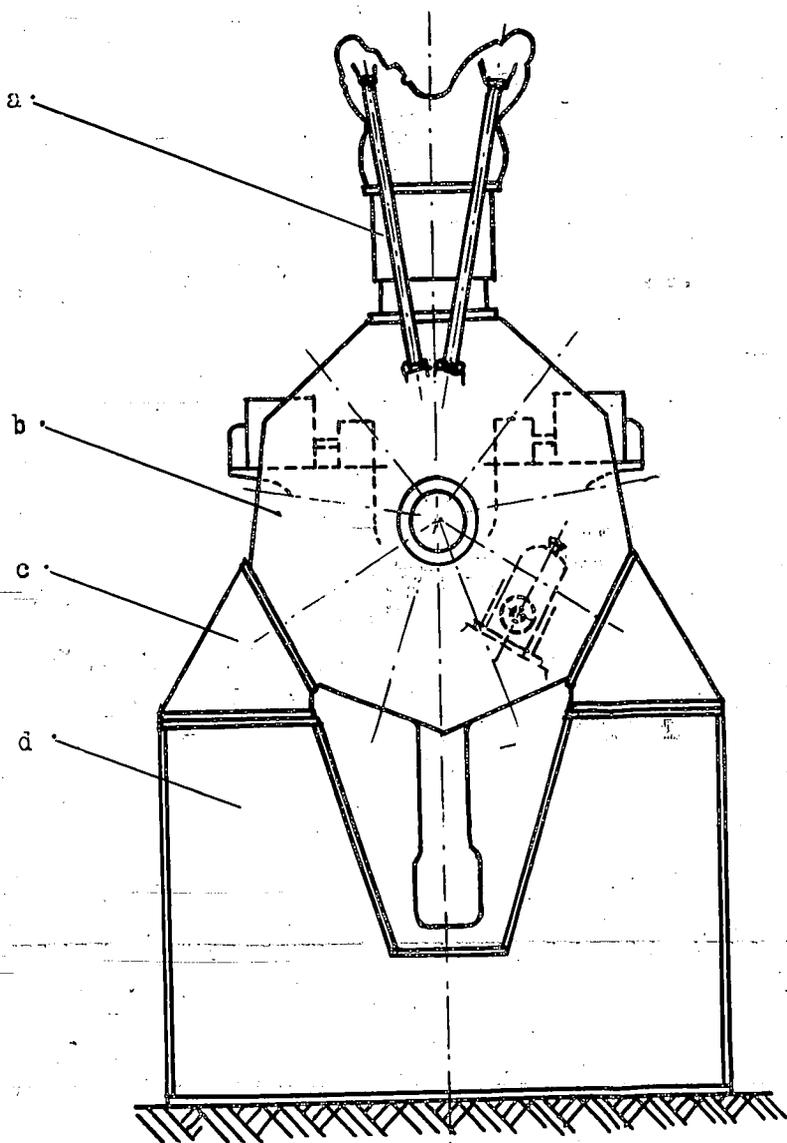


Abb. 7: BMW-132-Einzylindermotor
mit Sockel

- | | |
|-------------|-----------------------|
| a) Zylinder | c) Befestigungswinkel |
| b) Gehäuse | d) Sockel |

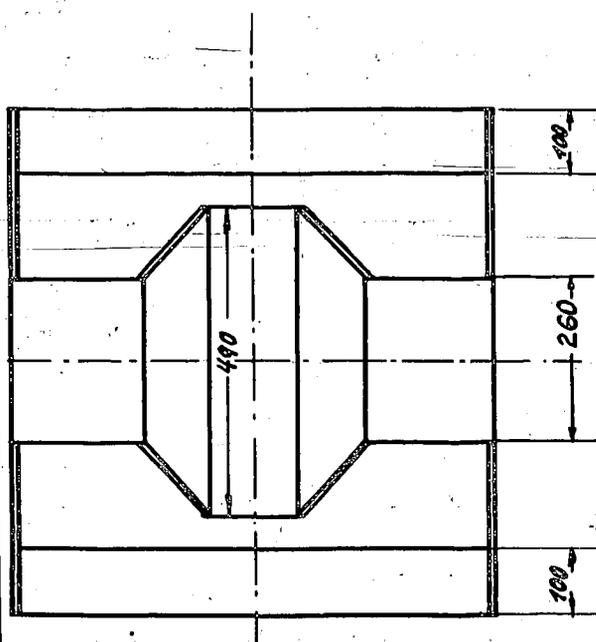
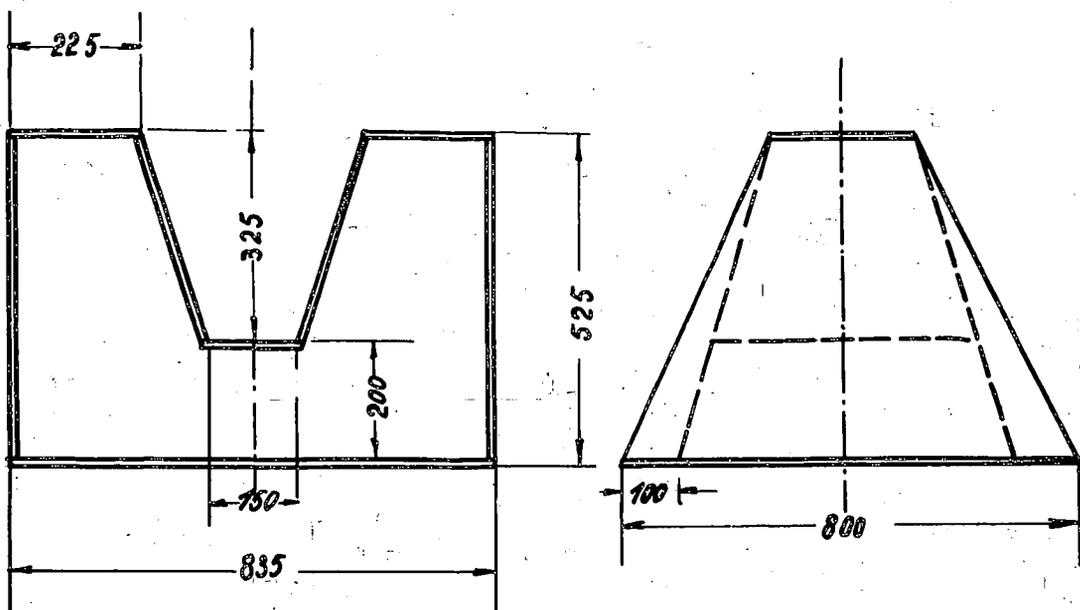


Abb. 8: Sockel
zum BMW-132-Ein-
zylindermotor

RLM/GL 3 V B
BVM/Flugm.-Kraftstoffe
3.Erg.-Entw./Aug.39

zu 7235

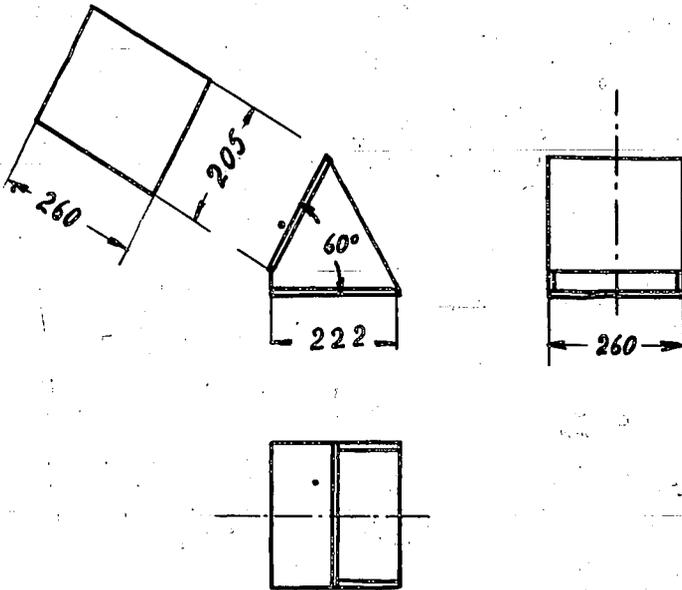


Abb. 9: Befestigungswinkel
zum BMW-132-Einzyliermotor

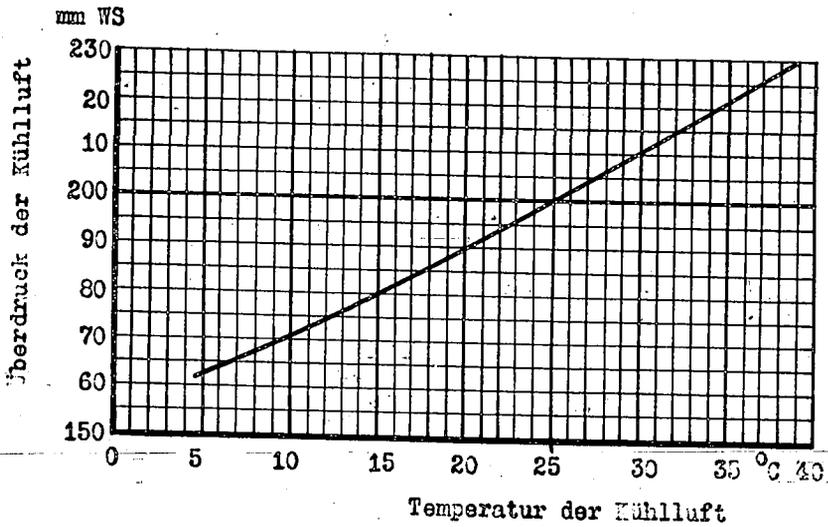


Abb. 10: Überdruck der Kuhlluft für gleiche Kühlwirkung beim BMW-132-Einzylindermotor abhängig von der Temperatur der Kuhlluft

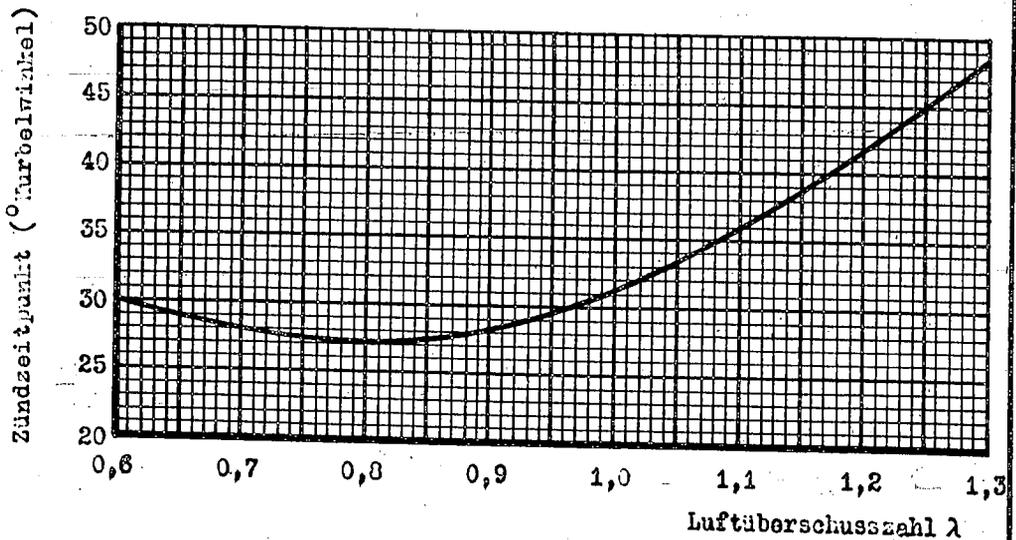


Abb. 11: Bestzündungs-Kurve für den BMW-132-Einzylindermotor (Zündzeitpunkt abhängig von der Luftüberschusszahl)