

**Nur zum Dienstgebrauch
im Geschäftsbereich des Empfängers**

000173

Deutsche Luftfahrtforschung

Untersuchungen und Mitteilungen Nr. 523/5

*Einfluß der Triebwerksgestaltung und der Betriebsbedingungen
auf das Klopfverhalten von Kraftstoffen*

*5. Teilbericht: Versuche am BMW VI-Einzyylinder-Motor, Reihe 9
mit Vergaserbetrieb*

H. H. Berg

Verfaßt bei

Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V.

Institut für Betriebstoffforschung

Berlin-Adlershof

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

000174

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 Verschuß zu halten. Panzer-
verschuß nicht erforderlich.

Einfluß der Triebwerksgestaltung und der Betriebsbedingungen auf das Klopfverhalten von Kraftstoffen.

5. Teilbericht: Versuche am BMW VI-Einzylinder-Motor, Reihe 9, mit Vergaserbetrieb.

Übersicht: Die Untersuchungen stellen eine Fortsetzung der in den Teilberichten 1 bis 3 im einzelnen erläuterten systematischen Messungen dar. Es sollte am BMW VI-Einzylinder-Motor, Reihe 9, der Einfluß des größeren Hubvolumens, der Triebwerksgestaltung und der Betriebsbedingungen auf das Klopfverhalten von 6 Kraftstoffen der OZ 87 und 100 geprüft werden. Die Ergebnisse lassen unterschiedliche Klopfgrenzwerte - gemessen nach dem Verfahren des höchstzulässigen Ladedruckes - erkennen. Ein Vergleich mit anderen Messungen an kleineren Motoren wurde unter dem gleichen Titel in einem Gesamtbericht durchgeführt.

Die Versuche wurden von Ing. W. Geleitsmann gefahren.

Gliederung:

I. Einführung

II. Versuchsgrundlagen

1. Beschreibung der Versuchs- u. Meßeinrichtungen
2. Meßgenauigkeiten und Versuchsbedingungen
3. Versuchskraftstoffe

III. Ergebnisse und Auswertung der Versuche

1. Einflüsse der Triebwerksgestaltung u. der Betriebsbedingungen auf den höchstzulässigen Ladedruck
2. Abhängigkeit des zulässigen Ladedruckes von dem chemischen Charakter der Kraftstoffe

IV. Zusammenfassung

Der Bericht umfaßt:
35 Seiten mit
11 Abb. u. 1 Zahlent.

Institut für Betriebstofforschung
der

Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E.V.

Der Bearbeiter:

H. H. Reyg
H. H. Reyg

Berlin-Adlershof, den 12.6.1939.

BSf 460/4/1

I. Einführung.

Die Untersuchungen am BMW VI-Einzyylinder-Motor sollten dazu dienen, diejenigen Beziehungen aufzufinden, die die Ausnutzungsfähigkeit verschiedener Kraftstoffe bei Anwendung unterschiedlicher Triebwerksformen und Betriebsbedingungen begrenzen. Diese Messungen wurden unter den gleichen Bedingungen, wie die in den Berichten UM 523/1 bis 3 und 6 erläuterten systematischen Versuche an den Motoren: Fiat, DB 600, DVL-Schieber und DVL-Ventil, ausgeführt.⁴⁾ Die große Zahl der möglichen Versuchsreihen zwang zur Begrenzung des Versuchsplanes bezw. der Zahl der Versuchskraftstoffe auf 5 Mischungen der OZ 87 und technisches Iso-Octan der OZ 100.

II. Versuchsgrundlagen.

Eine Vergleichbarkeit der nachbeschriebenen Versuchsergebnisse setzt voraus, daß die einmal gewählten und den tatsächlichen Verhältnissen möglichst entsprechenden Versuchsgrundlagen stets genau eingehalten werden. Nur bei Erfüllung dieser Forderung ist eine Beurteilung der Größe eines jeden Einflusses im einzelnen durchführbar und zwar gleichgültig, ob es sich um solche der Konstruktion, der Betriebsbedingungen oder der Kraftstoffe handelt.

1. Beschreibung der Versuchs- und Meßeinrichtungen:

Die Versuche wurden an einem DVL-Einzyylinder-Motor älterer Ausführung mit einem Original-BMW VI-Flugmotoren-Einzyylinder, Reihe-9, sowie Kolben (VI C 1.0) durchgeführt (Abb. 1). Zur Leistungsmessung war der Motor mit einer Junkers Wasserwirbelbremse (Typ D 4 kk) gekuppelt. Zum Anlassen diente ein regelbarer Drehstrom-Elektromotor, der mittels Klauenkupplung direkt mit der Welle der Wasserbremse verbunden werden konnte. Die Druckluft wurde durch einen Rotationskompressor der Fa. Klein, Schanzlin & Becker (Typ RNG 4 S) erzeugt. Die Messung des Luftverbrauches erfolgte durch einen Drehkolbengasmesser

der Fa. Pintsch A.-G. (Typ 131/6), der vor dem Verdichter angeordnet war. Ein unmittelbar vor dem Vergaser (Typ SUM JFH 60) angebrachter Ausgleichbehälter von 250 Ltr. Inhalt sollte Schwingungen im Ansaugrohr dämpfen. Eine Membrane aus Ballontuch, die durch einen Flansch an dem Ausgleichsbehälter festgespannt wurde, wirkte als Sicherheitsvorrichtung. Zwischen Ausgleichbehälter und Verdichter wurde außerdem ein elektrischer Luftvorwärmer (DVL-Zeichnung Nr. 45239) zwischengebaut. Die durchströmende Luft konnte damit bis auf 130°C aufgeheizt werden. Die Stromaufnahme des Lufterhitzers betrug dann etwa 10,5 kw. Die angesaugte Luft nimmt somit ihren Weg durch den Gasmesser, den Verdichter mit Nachkühler, den Lufterhitzer, den Ausgleichsbehälter und schließlich den Vergaser. Die Abgase wurden durch ein wassergekühltes Rohr zu einem ebenfalls wassergekühlten Schalldämpfer (Hersteller: HAKA-Motoren, Bln.-Baumschulenweg) geleitet, dann mit Frischluft vermischt, mittels Kreisellüfter abgesaugt und ins Freie befördert. Die Abgasanlage arbeitete dadurch stets mit einem Unterdruck von rund 300 WS.

Die Kennzeichen des Versuchsmotors sind folgende:

| | |
|---------------------|--|
| Bohrung | 160 mm Ø |
| Hub | 180 " |
| Hubraum | 3,619 Ltr. |
| Verdichtung | veränderlich |
| Anzahl der Ventile: | 3 Ausführungen |
| Einlaßventil 1 | natriumgefülltem Schaft, Schaft |
| Auslaßventil 1 | u. Kopf und vollem Schaft |
| Vergaser | Sum Typ JFH 60 |
| Zündanlage | 2 Magnete Typ Bosch, Typ FF 2/1x2 RLS 338 |
| Zündkerzen | Bosch DM 200 G 1 und DM 220 G 1 |
| Ölpumpe | Zahnradpumpe d. Fa. Neidig, Mannheim |
| Öldruck | ca. 6at |
| Kühlung | Äthylen-Glykol |

Steuerzeiten:

| | | | |
|-----------------|----|---------|--------|
| Einlaß öffnet | 6 | Gr.K.W. | v.o.T. |
| Einlaß schließt | 40 | " " | n.o.T. |
| Auslaß öffnet | 45 | " " | v.o.T. |
| Auslaß schließt | 12 | " " | n.o.T. |

Ventilüberschneidung 18 Gr.K.W.

Diese Zeiten ergeben sich bei einem Ventilspiel von 0,25 mm für das Einlaßventil und 0,5 mm für das Auslaßventil.

Mit Hilfe von DVL-Thermoelementen konnte die mittlere Verbrennungsraum- und Auspufftemperatur gemessen werden.¹⁾ Die Kühlstofftemperatur, sowie die Temperatur vor dem Vergaser wurden mit Quecksilberthermometer und die Schmierstofftemperaturen mit Flüssigkeitsfernthermometern gemessen. Die Motordrehzahl, sowie der Kraftstoffverbrauch wurden durch den DVL-Stichzähler bzw. das geeichte DVL-Meßgefäß ermittelt. Der Ladedruck vor dem Einlaßventil konnte an einem quecksilbergefüllten U-Rohre abgelesen werden. Zur Vereinfachung des Meßvorganges wurde der Luftüberschuß mit Hilfe der DVL-Abgasprüfer²⁾ eingestellt. Die Feststellung des Zündzeitpunktes geschah am DVL-Zündpunktanzeiger (DVL-Zeichng.-Nr. 45 304).

2. Meßgenauigkeit und Versuchsbesindungen:

Bezüglich der Meßgenauigkeit ergaben sich für den BMW 6-Einzylinder-Motor insgesamt annähernd etwa die gleichen Werte wie beim Fiat-Motor (s.2. Teilbericht).³⁾ Diese mußten in einigen Punkten etwas weiter gewählt werden, da der Betrieb mit der Junkers Wasserwirbelbremse nicht immer die gleiche sichere Regelung wie bei elektrodynamischer Leistungsmessung zuließ. Die Betriebsbedingungen wurden in folgenden Grenzen verändert:

| | |
|-----------------------|------------------|
| 1) Verdichtung | 5,0 bis 7,3 |
| 2) Zündung | 5 bis 40° v.o.T. |
| 3) Luftüberschußzahl | 0,6 bis 1,4 |
| 4) Ladelufttemperatur | 35 " 130°C |
| 5) Kühlstoff- " | 60 " 140 " |
| 6) Drehzahl U/min. | 1100 " 1750 |

Die schließlich eingehaltenen Versuchsbedingungen sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt und entsprechen ebenfalls denjenigen des Fiat-Einzylinder-Motors.

3. Versuchskraftstoffe:

Die Bestimmung der chemisch-physikalischen Daten der Kraftstoffe erfolgte in der gleichen im zweiten Teil beschriebenen Art; die Werte sind in Tafel 2 aufgetragen (s.a. Abb. 7 im 2. Teilbericht). Abweichend von den früheren Untersuchungen wurde noch reines technisches Iso-Octan mit OZ 100 geprüft, dessen chemischer Charakter rein paraffinisch bzw. isoparaffinisch ist.

III. Ergebnisse und Auswertung der Versuche.

=====

Der Versuchsmotor ist in seinem normalen betrieblichen Verhalten aus früheren Untersuchungen genügend bekannt. In Abb. 2 sind daher nur die Kennlinien des nicht-klopfenden Motors in Abhängigkeit von der Drehzahl aufgetragen und zwar für volumetrischen Wirkungsgrad, Leistung, mittleren eff. Nutzdruck und Drehmoment.

1. Einflüsse der Triebwerksgestaltung und der Betriebsbedingungen auf den höchstzulässigen Ladedruck:

Das Klopfverhalten wurde nach dem DVL-Überladeverfahren durch Abhören der harten Klopfschläge bei Einhaltung des höchstzulässigen Ladedruckes bestimmt. Dabei wurden die Betriebsbedingungen (1 bis 6 s.S.4) bei Veränderung nur jeweils einer Bedingung konstant gehalten. Die Klopfprüfungen sollten unter den schärfsten Beanspruchungen von Motor und Kraftstoff vorgenommen werden, um damit die Grenze ihrer Ausnutzungsmöglichkeit feststellen zu können.

Der geringste Ladedruck wurde bei den Betriebsbedingungen der Tafel 1 bei vollgeöffneter Drossel gemessen (s. Abb. 3). Durch Schließen der Drossel wurde, infolge der dann zunehmenden Wirbelung auch im Verbrennungsraume, eine

wesentlich höhere Überladbarkeit erreicht. Gleichzeitig stieg auch der mittlere eff. Nutzdruck bzw. fiel der spezifische Verbrauch, während die mittleren Temperaturen von Auspuff und Verbrennungsraum nahezu unverändert blieben.

Der Einfluß der Ventilkonstruktion wurde unter Verwendung von 3 verschiedenen Auslaßventilkegeln untersucht, die in Abb.4 dargestellt sind. Der Austausch der Ventile war durch Auswechseln der bronzenen Ventilführungsbuchsen leicht möglich. Die Klopfgrenzkurven der Abb.5 lassen, abgesehen von der Zündungsabhängigkeit, keine Verbesserung im Klopfverhalten erkennen (die Ursachen für die Abweichungen bei veränderlicher Zündung konnten nicht eindeutig ermittelt werden). Diese gegenüber den Messungen am Fiat-Einzylinder-Motor (s.2. Teilbericht) auffallenden Ergebnisse lassen sich durch die konstruktive Gestaltung des Zylinderkopfes und insbesondere der Auslaßventilführungen erklären. In Abb.6 ist der Zylinderkopf im Schnitt dargestellt. Es zeigt sich dabei, daß der mit dem Zylinderkopf verschweißte Stutzen für die Ventilführung nur einseitig gekühlt ist. Der zur Wärmeleitung verfügbare Querschnitt ist also sehr gering, sodaß selbst von einem heißeren Schaft keine nennenswert größeren Wärmemengen abgeführt werden können. Damit kann auch die Temperatur des Ventilkopfes nur eine unbedeutende Veränderung erfahren. Das Klopfverhalten, das von heißen Stellen im Verbrennungsraum und insbesondere vom Auslaßventile beeinflusst wird, ist daher in allen 3 Fällen nahezu gleichartig.

2. Abhängigkeit des zulässigen Ladedruckes von dem chemischen Charakter der Kraftstoffe:

Die für die Beurteilung des Klopfverhaltens von Motor und Kraftstoff bedeutsamsten Einflüsse werden durch die Veränderung der Betriebsbedingungen verursacht. Die Größe dieser Einflüsse wird nachfolgend an Untersuchungen mit 6 verschiedenen Kraftstoffen erläutert. Bei allen Kraftstoffen wurde eine Verdichtung von $\epsilon = 7,3$, bei den Kraftstoffen Nr.1, 6 und 9, außerdem $\epsilon = 6,5$ benutzt (auf die

Untersuchung des Einflusses der Verdichtungsänderung wurde verzichtet, da dieser aus den Messungen an anderen Motoren bekannt war.) Ferner lassen die Werte der Abb. 5 auf ein gleiches, mit den früheren Messungen übereinstimmendes Verhalten schließen.

Die Veränderung der Vorzündungseinstellung führt in Abb. 7 zu sehr steil abfallenden Klopfgrenzkurven. Ihre Neigung ist bei den aromatischen und alkoholhaltigen Kraftstoffen Nr. 1, 8 u. 9 etwas größer als bei den paraffinischen und naphthenischen (stärkere Einflüsse des chemischen Charakters der Kraftstoffe wurden an anderen Motoren gefunden und sind im Gesamtbericht 4) erläutert).

Die Beurteilung des Klopfverhaltens von Motor und Kraftstoff läßt sich wohl am sichersten durch Veränderung der Gemischzusammensetzung erreichen. In Abb. 8 sind Klopfgrenzkurven bei Verdichtung $\epsilon = 7,3$ und $6,5$ dargestellt, bei denen die aromatischen und alkoholhaltigen Kraftstoffe ebenfalls etwas steilere Kurvenformen verursachen. Der Tiefstpunkt der Ladedruckkurve wird in allen Fällen zwischen einem Luftüberschuß von $\lambda = 1,0$ und $1,1$ erreicht, d.h. also bei den wirtschaftlichsten Gemischen. Eine gute Beurteilungsmöglichkeit geben auch die Werte des mittleren eff. Nutzdruckes, während aus dem Verlauf der Temperaturen von Auspuff und Verbrennungsraum keine sicheren Schlüsse gezogen werden können. Entgegen den Erwartungen konnte mit technischem Iso-Octan keine höhere Überladbarkeit als mit den Kraftstoffen der OZ 87 erreicht werden. Die Gründe für dieses abweichende Verhalten konnten bisher nicht mit Bestimmtheit festgestellt werden.

Die Veränderung der Ladelufttemperaturen ergibt ein der Zündungsabhängigkeit (Abb. 7) ähnliches Klopfverhalten, d.h. starke Abnahme der Überladbarkeit bei höheren Lufttemperaturen (Abb. 9). Auch hier wirkt sich der chemische Charakter der Kraftstoffe in der gleichen vorbeschriebenen Weise aus. Diese Ergebnisse stimmen mit denjenigen am Fiat-Einzyylinder-Motor 2) überein.

Bei Erhöhung der Kühlstofftemperatur von 60 auf 140°C nimmt die Überladbarkeit bei Kraftstoff Nr.1 etwas ab (Abb.10). Im Gegensatz hierzu steigt der zulässige Ladedruck mit steigender Drehzahl (Abb.11). Dieser Einfluß wird vermutlich durch stärkere Wirbelung der frischen Ladung verursacht.

IV. Zusammenfassung.

=====

Die Untersuchung des Klopfverhaltens am B.M. VI-Einzylinder-Motor wurde nur mit Vergaserbetrieb ausgeführt. Die Betriebsbedingungen wurden in Übereinstimmung mit früheren Untersuchungen an Einzylinder-Motoren mit kleinerem Hubvolumen gewählt. Die Ausnutzungsfähigkeit von Motor und Kraftstoff wurde nach dem DVL-Überladeverfahren durch Ermittlung des höchstzulässigen Ladedruckes an der Klopfgrenze bestimmt. Als Klopfgrenze wurden 3 bis 6 harte Klopfschläge durch Abhören festgelegt. Die Versuchsergebnisse weisen auf die großen Einflüsse von Motorenbauart, Betriebsbedingungen und Kraftstoff bezüglich des Klopfverhaltens hin und lassen etwa folgende Schlüsse zu:

- a) Der geringste zulässige Ladedruck wird bei Vollgas gemessen.
- b) Die Verwendung natriumgefüllter Auslaßventilkegel läßt in diesem Motor keine höheren Ladedrücke zu.
- c) Mit zunehmender Verdichtung fällt die Überladbarkeit stark ab.
- d) Eine Vergrößerung der Vorzündung ergibt fast die gleiche Abnahme wie bei c).
- e) Die Veränderung der Gemischzusammensetzung führt zu Klopfgrenzkurven, die etwa zwischen Luftüberschuß = 1,0 und 1,1 einen geringsten Wert erreichen.
- f) Die Steigerung der Ladelufttemperatur ergibt eine starke Abnahme der Überladbarkeit.
- g) Die Veränderungen von Kühlstofftemperatur und Drehzahl haben gegenüber den vorerwähnten Bedingungen auf die Überladbarkeit einen wesentlich kleineren Einfluß.

- b) Der chemische Charakter der Kraftstoffe äußert sich bei den Aromaten und Alkoholen in größerer Steilheit der Kurven. Im vorliegenden Falle wurde für alle Kraftstoffe der OZ 87 und 100 die geringste, aber an sich gleich große Überladbarkeit bei einem Luftüberschuß von etwa 5% erreicht. Damit wird erneut auf die Unterschiede zwischen der Bewertung der Kraftstoffe im CFR-Prüfmotor und im großen Versuchsmotor hingewiesen.

Durch das bei den vorbeschriebenen Versuchen angewendete DVL-Überladeverfahren wird unter gegebenen Bedingungen die Grenze der Ausnutzungsfähigkeit von Motor und Kraftstoff ermittelt. Das Verfahren ist nicht an einen "Prüfmotor" gebunden, sondern kann unmittelbar im Ein- bzw. Mehrzylinder-Motor benutzt werden.

Schrifttum

- 1) H.H.Berg, DVL-Thermoelement, ATZ 1939 Jg.41, Heft 7, S.198
- 2) H.H.Berg, Untersuchung eines neu entwickelten Abgasprüfers (System H. & B., Bauart DVL); Forschungsarbeit (BSf 500/55) FB 982
- 3) H.H.Berg, Versuche am Fiat-Einzylinder-Prüfstand mit Kraftstofffeinspritzung, Forschungsarbeit BSf 500/69,2
- 4) H.H.Berg, Einfluß der Triebwerksgestaltung und der Betriebsbedingungen auf das Klopfverhalten von Kraftstoffen, Gesamtbericht FB 1034, März 39

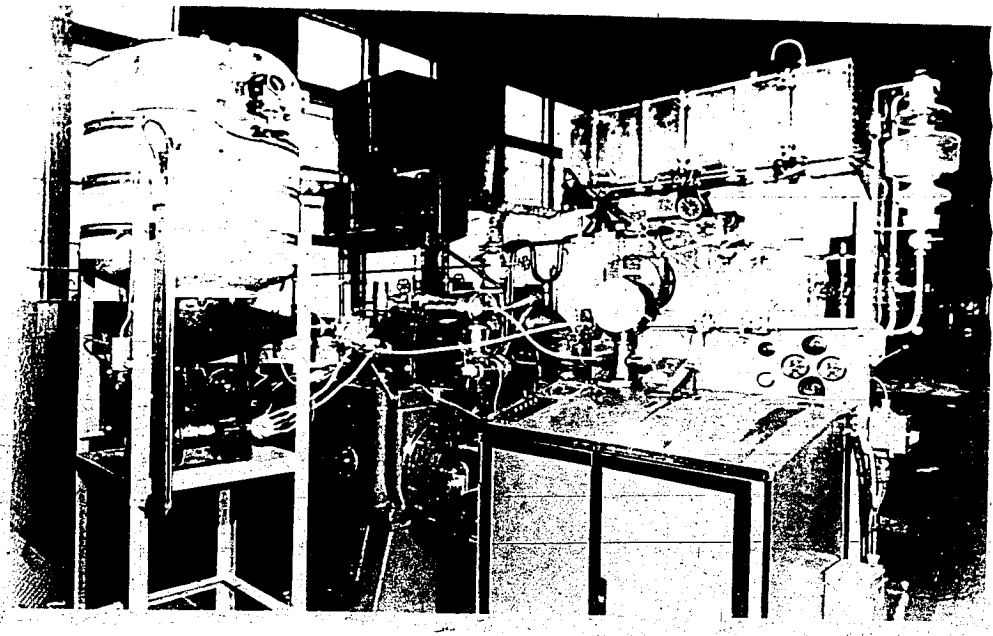
Tafel I
Versuchsbedingungen

| Motor | Kraftstoff | Versuchsprotokoll | im Bericht | | Verdichtung | Zündung | Luftüber-schub-zahl λ | Ladede-tempe-ratur $^{\circ}\text{C}$ | Kühl-tempe-ratur $^{\circ}\text{C}$ | Dreh-zahl | Bemerkungen | |
|---|------------|-------------------|------------|--------|-------------|---------|-------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------|---|----------------------------|
| | | | Nr. | K.-Nr. | | | | | | | | |
| BMW VI 52P VII R 9 Einylinder-Motor | 1 | 615 | 5 | 699 | 7,3 | 22 | veränd. | 100 | 80 | 1600 | Kopf u. sechssteif. Auslassventilkegel mit Matrizen gefüllten Schaft des Auslass-ventilkegels | |
| | 1 | 467, 471, 575 | 5 | 594 | veränd. | 22 | 0,9 | 100 | 80 | 1600 | | |
| | 1 | 468 | 5,7 | 578 | 7,5 | 22 | veränd. | 100 | 80 | 1600 | | |
| | 1 | 467 | 5,8 | 521 | 7,5 | 22 | veränd. | 100 | 80 | 1600 | | |
| | 1 | 467 | 5,9 | 581 | 7,5 | 22 | 0,9 | veränd. | 80 | 1600 | | |
| | 1 | 574 | 10 | 583 | 7,5 | 22 | 0,9 | 100 | veränd. | 1600 | | |
| | 1 | 574 | 11 | 582 | 7,5 | 22 | 0,9 | 100 | veränd. | 1600 | | |
| | deagl. | 1 | 472 | 7 | 578 | 6,5 | veränd. | 0,9 | 100 | 80 | | 1600 |
| | deagl. | 1 | 471 | 8 | 521 | " | 22 | veränd. | 100 | 80 | | 1600 |
| | deagl. | 1 | 471 | 9 | 581 | " | 22 | 0,9 | veränd. | 80 | | 1600 |
| | deagl. | 1 | 574 | 5 | 695 | 7,5 | 22 | 0,9 | 100 | 1600 | | Verdicht. 4. Zylinderkegel |
| deagl. | 1 | 615 | 5 | 688 | veränd. | 22 | 0,9 | 100 | 80 | 1600 | mit weissen Schaft des Auslassventil-kegels | |
| deagl. | 1 | 594 | 5 | 529 | 7,5 | veränd. | " | " | " | " | mit Matrizen gefüllten Schaft des Auslass-ventilkegels | |
| deagl. | 1 | 615 | 5 | 600 | " | 22 | 0,9 | veränd. | " | " | deagl. | |
| deagl. | 1 | 588 | 5 | 661 | " | 22 | 0,9 | veränd. | " | " | deagl. | |
| deagl. | 6 | 470 | 7 | 579 | 7,5 | veränd. | 0,9 | 100 | 80 | 1600 | mit Matrizen gefüllten Schaft des Auslass-ventilkegels | |
| deagl. | 6 | 442 | 8 | 522 | " | 22-26 | veränd. | " | " | " | deagl. | |
| deagl. | 6 | 464 | 9 | 580 | " | 22 | 0,9 | veränd. | " | " | deagl. | |
| deagl. | 6 | 482 | 7 | 579 | 6,5 | veränd. | 0,9 | 100 | 80 | 1600 | deagl. | |
| deagl. | 6 | 485 | 8 | 522 | " | 25 | veränd. | " | " | " | deagl. | |
| deagl. | 6 | 482 | 9 | 580 | " | 23 | 0,9 | veränd. | " | " | deagl. | |
| deagl. | 7 | 169 | 7 | 579 | 7,5 | veränd. | 0,9 | 100 | 80 | 1600 | deagl. | |
| deagl. | 7 | 422 | 8 | 522 | " | 20 | veränd. | " | " | " | deagl. | |
| deagl. | 7 | 423 | 9 | 580 | " | 25 | 0,9 | veränd. | " | " | deagl. | |
| deagl. | 8 | 468 | 7 | 579 | 7,5 | veränd. | 0,9 | 100 | 80 | 1600 | deagl. | |
| deagl. | 8 | 457 | 8 | 522 | " | 20-24 | veränd. | " | " | " | deagl. | |
| deagl. | 8 | 465 | 9 | 580 | " | 21 | 0,9 | veränd. | " | " | deagl. | |
| deagl. | 9 | 469 | 7 | 579 | 7,5 | veränd. | 0,9 | 100 | 80 | 1600 | deagl. | |
| deagl. | 9 | 441 | 8 | 521 | " | 22 | 0,9 | veränd. | " | " | deagl. | |
| deagl. | 9 | 461 | 9 | 581 | " | 22 | 0,9 | veränd. | " | " | deagl. | |
| deagl. | 9 | 484 | 7 | 579 | 6,5 | veränd. | 0,9 | 100 | 80 | 1600 | deagl. | |
| deagl. | 9 | 485 | 8 | 521 | " | 22 | 0,9 | veränd. | " | " | deagl. | |
| deagl. | 9 | 484 | 9 | 581 | " | 22 | 0,9 | veränd. | " | " | deagl. | |
| deagl. | 5 | 470 | 7 | 578 | 7,5 | veränd. | 0,9 | 100 | 80 | 1600 | deagl. | |
| deagl. | 5 | 459 | 8 | 521 | " | 26 | 0,9 | veränd. | " | " | deagl. | |
| deagl. | 5 | 465 | 9 | 581 | " | 26 | 0,9 | veränd. | " | " | deagl. | |

000181

Table 1
 Kennzeichen des Vergleichskraftstoffes, der Ausgangs- und Vorkraftstoffe.

| Nr. | Shell-Bornage extra + 0,07% V. & Methylnethyl | Synthet. Flieger- benzin | Flieger- benzol (special) | Athanal | Techn. Iso- Octan | Synthet. Flieger- benzin + 0,1 V. & Methylnethyl | Synthet. Flieger- benzin + Techn. Iso- Octan | Synthet. Flieger- benzin + Athanal | Synthet. Flieger- benzin + Iso- Octan |
|-----------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|---------|-------------------------|--|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Verdichtungsverhältnis V. & | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Molanzahl | 87 | 67 | 109 | 97 | 97 | 87 | 50/70 | 53/47 | 25/75 |
| Dichte bei 0,20°C | kg/l | 0,759 | 0,716 | 0,875 | 0,792 | 0,699 | 0,716 | 0,702 | 0,750 |
| C | Gew. % | 86,7 | 85,6 | 90,6 | 82,1 | 84,4 | 85,6 | 84,95 | 89,5 |
| H | " | 15,3 | 14,1 | 8,6 | 15,1 | 15,6 | 14,1 | 15,2 | 8,5 |
| O | " | - | - | - | - | - | - | - | - |
| S | " | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Wärmeinhalt bei 0°C | kg/kg | 14,5 | 14,6 | 15,5 | 8,95 | 15,0 | 14,6 | 14,9 | 17,5 |
| Wärmeinhalt bei 20°C | kcal/kg | 10550 | 10600 | 9637 | 6400 | 10458 | 10600 | 10550 | 9900 |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | 1,4508 | 1,4024 | 1,4980 | 1,3620 | 1,3980 | 1,4000 | 1,3990 | 1,4732 |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | 54,5 | 56,8 | - | - | 74,9 | - | - | - |
| Wärmeinhalt bei 20°C | V. & | 52,6 | 7,2 | - | - | - | - | - | - |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | - | 40,8 | - | - | 5,1 | - | 2,2 | 5,8 |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | - | 52,0 | - | - | - | - | 12,2 | 21,6 |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | - | - | - | - | - | - | 15,6 | 10,2 |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | - | - | - | - | - | - | 70,0 | 15,0 |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | 0,02 | - | - | - | - | - | 47,0 | - |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | - | - | - | - | - | - | - | 0,09 |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | 42 | 49 | 81 | 78 | 96 | 70 | 51 | 67 |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | 5,0 | 5 | - | - | - | - | 4,0 | - |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | 9,5 | 16 | - | - | - | - | 16,0 | - |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | 19,5 | 37,5 | - | 99 | - | - | 56,0 | - |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | 35,0 | 49,0 | 56,0 | - | - | 2,0 | 96,0 | 13,0 |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | 51,0 | 62,0 | 79,5 | - | - | 13,0 | - | 55,0 |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | 66,0 | 73,0 | 87,0 | - | 5,0 | 41,0 | - | 76,0 |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | 76,5 | 85,0 | 92,5 | - | 90,0 | 31,0 | - | 85,0 |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | 82,5 | 90,5 | 99,0 | - | 98,0 | 94,5 | - | 91,5 |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | 96,0 | 98,5 | - | - | - | 97,5 | - | 98,0 |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | 98,0 | - | - | - | - | 98,5 | - | - |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | - | 98,0 | - | - | - | - | 98,0 | - |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | - | - | 99,0 | - | - | - | - | 98,0 |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | 91,5 | - | - | - | - | - | - | - |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | 95,0 | - | - | - | - | - | - | - |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | 98,0 | - | - | - | - | - | - | - |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | 1,0 | 1,0 | 0,4 | 0,7 | 1,5 | - | - | - |
| Wärmeinhalt bei 20°C | " | 1,0 | 1,0 | 0,6 | 0,5 | 0,7 | - | - | - |



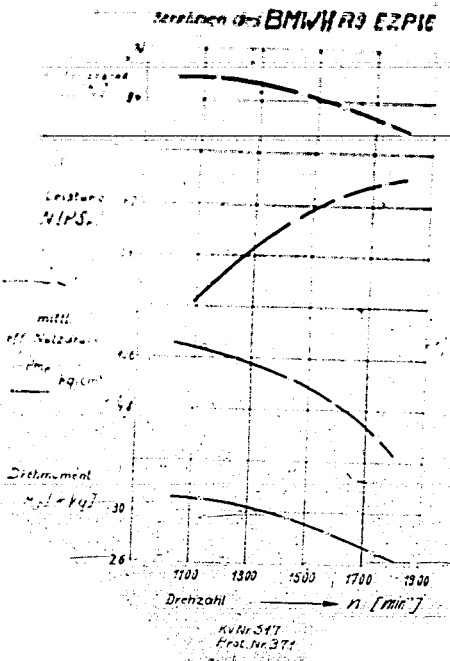


Abb. 2:
K.Nr. 517

BMW VI-Einzyliindermotor, R 9.
 Volumetrischer Wirkungsgrad, Leistung, mittlerer Nutz-
 druck und Drehmoment in Abhängigkeit von der Drehzahl.
 Ladelufttemperatur: $t_a = 25^\circ C$
 " druck : $p_a = 760$ mm Hg
 Drosselstellung : voll auf
 Kraftstoff : Fliegerbenzin OZ 87

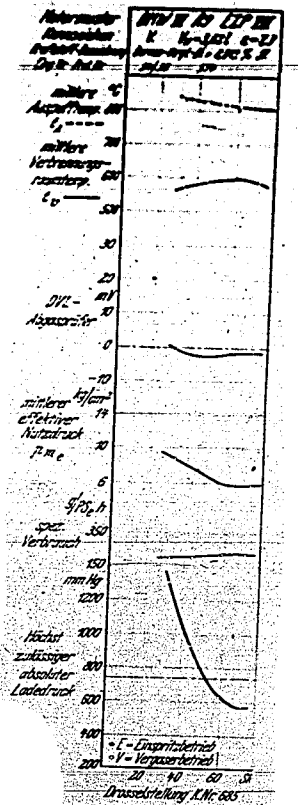


Abb. 3: Einfluß der Drosselstellung auf den zulässigen Ladedruck.

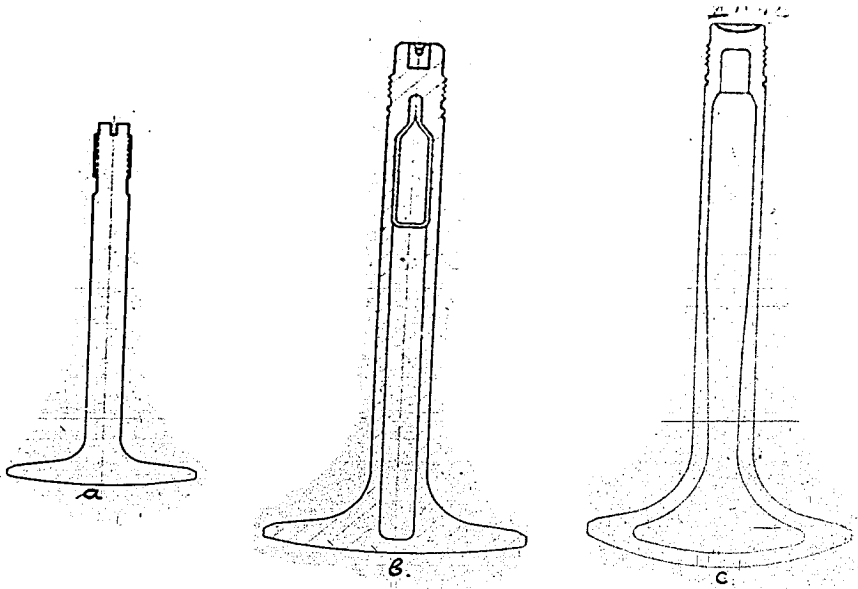


Abb. 4: Auslaßventilkegel für den BMW VI-Zylinder:
a) Vollwandig
b) mit Natrium gefüllter Schaft
c) " " " " und Kopf

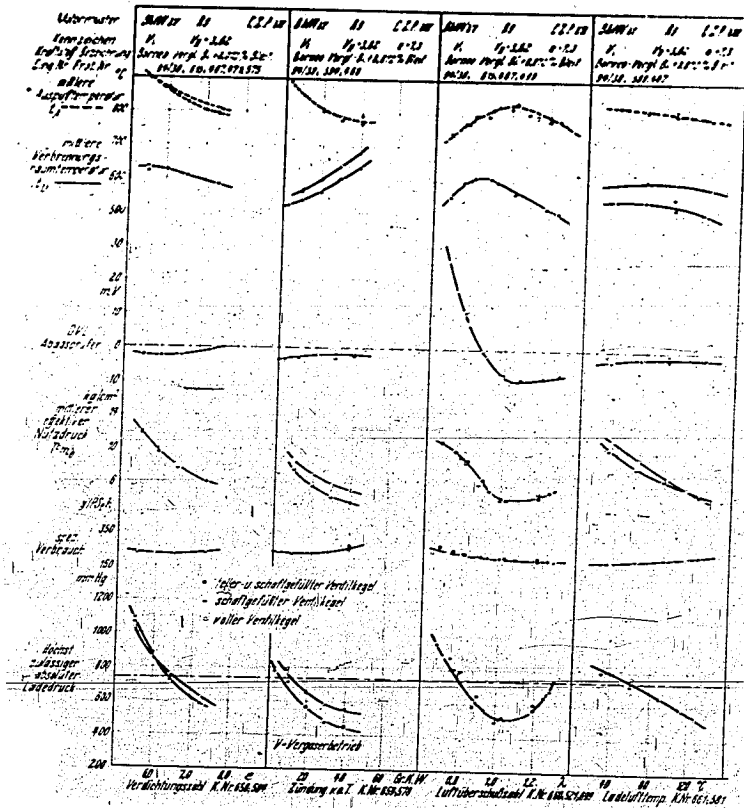
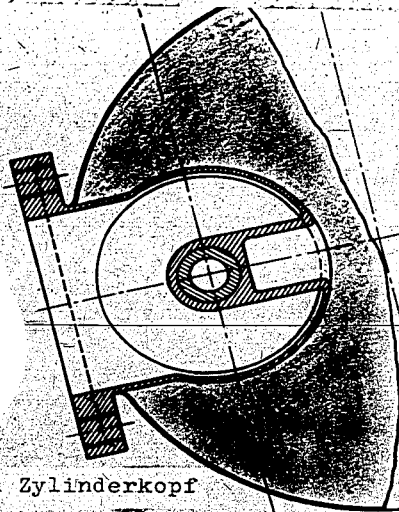
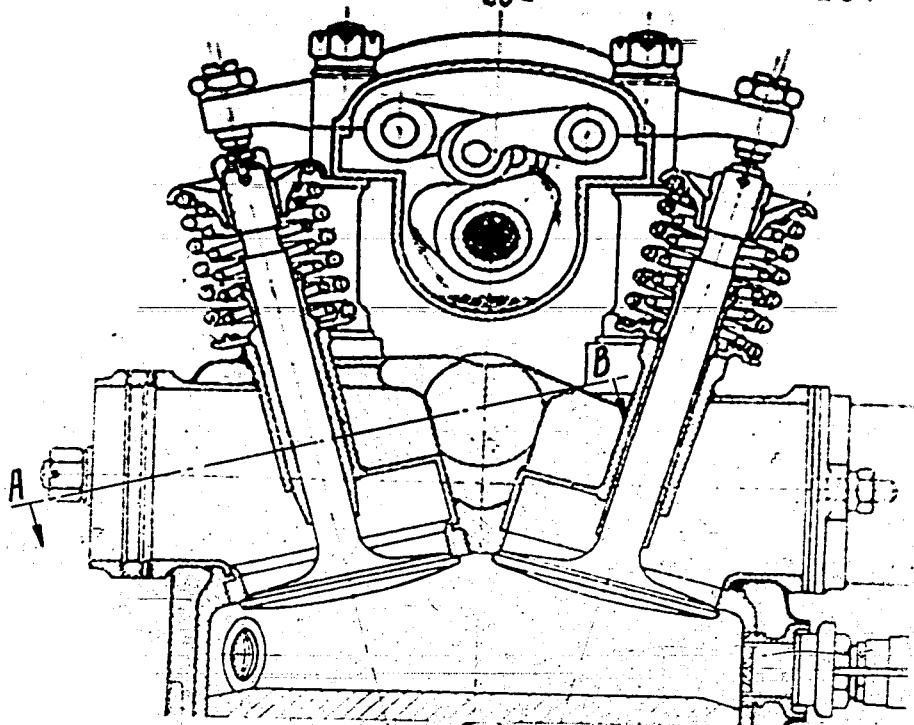


Abb. 5: Einfluß der Konstruktion der Auslaßventilkegel auf den zulässigen Ladedruck.



Schnitt A-B

bb.6 Schnitt durch den Zylinderkopf

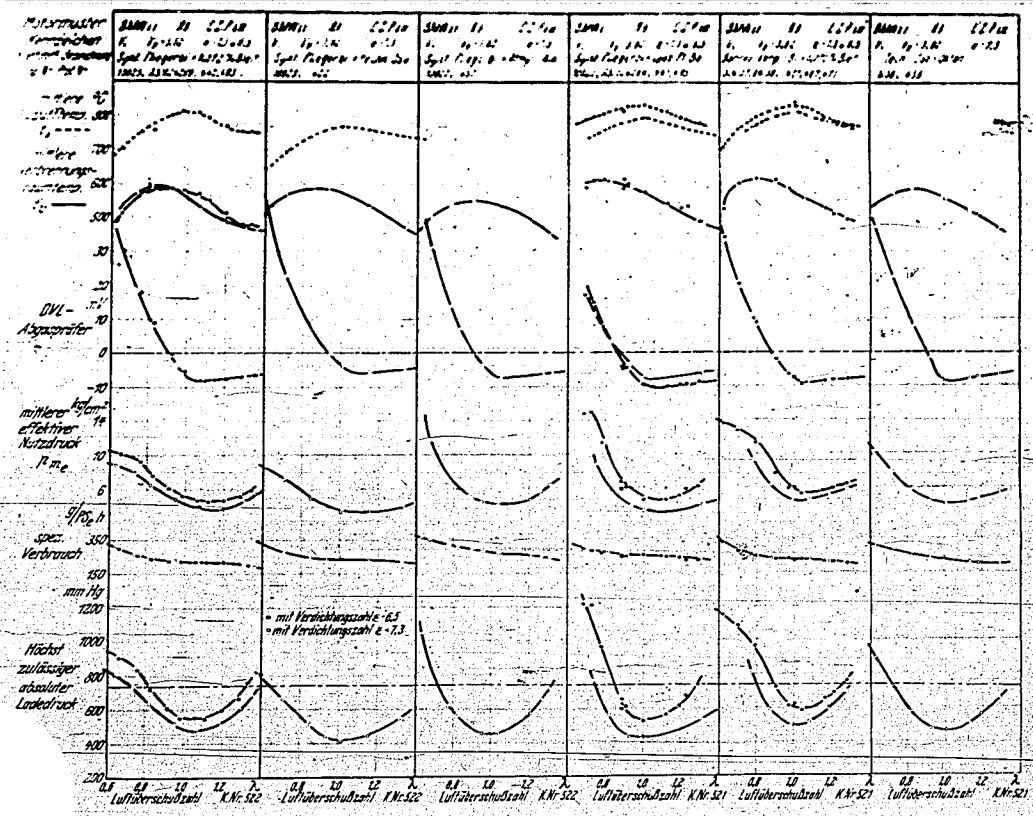


Abb. 8 Überladdbarkeit des BMW-Einzylinder-Motors für verschiedene Kraftstoffe bei veränderlicher Luftüberschußzahl

