

Kraftstoffbewertung im kleinen Einzylindermotor.⁺⁾

Von Ing. Singer, I.G.-Farbenindustrie Ludwigs-
hafen, Technischer Prüfstand.

Das Klopfverhalten von Flugkraftstoffen wird in Deutschland laufend am kleinen Einzylindermotor untersucht und in Oktanzahlen ausgedrückt. Der verwendete Klopfmotor, seine Prüfbedingungen und der Bewertungsmaßstab wurden vorwiegend in Amerika entwickelt. Die für Flugkraftstoffe angewandte Prüfweise ist unter der Bezeichnung "Motor-Methode" überall in der Welt bekannt geworden.

Ursprünglich sollten mit diesem Verfahren nur Flugkraftstoffe mit vorwiegend paraffinischem Aufbau mit und ohne Bleizusatz bewertet werden. Die Einhaltung dieser Einschränkung sollte durch einen Sonderversuch nachgeprüft werden. Hierbei wurde die Probe mit Schwefelsäure gemischt. Blieb die Erwärmung unter einem Grenzwert, so war die Kraftstoffbewertung nach der Motor-Oktanzahl noch zulässig. Insbesondere sind es Aromaten und Olefine bei denen die Motor-Methode nicht angewandt werden sollte. Tatsächlich lehnten dann auch alle größeren Staaten, wie England, Frankreich, Italien und teilweise sogar auch Amerika die scharfen Betriebsbedingungen, die der Motor-Methode zugrunde liegen, ab und bewerten nunmehr ihre Flugkraftstoffe nach mehr oder weniger milderen Prüfweisen. Nur in Deutschland wird die Motor-Methode unverändert bei der Untersuchung von Flugbenzinen angewandt, und es ist somit weiter nicht verwunderlich, wenn mit der steigenden Verwendung von sehr verschiedenartigen Stoffen (Aromaten) die Stimmen sich mehrten, die auf einen Widerspruch zwischen dem Prüfstanbsergebnis und der Erfahrung der Praxis hinwiesen. Deshalb wurden auf dem Technischen Prüfstand schon frühzeitig Versuche durchgeführt mit dem Ziel, einen I.G.-Prüfmotor so zu betreiben, dass mit ihm die gleiche Bewertungsfolge erreicht werden konnte wie an einem großen Einzylinder-Prüfstand für das DVL-Überladeverfahren.

Seit 1937 bis jetzt wurden etwa 700 Kraftstoffe untersucht, wobei im Zuge der Entwicklung des Verfahrens die Prüfbedingungen wiederholt gewechselt worden sind. In besonderen Versuchsreihen wurden die Einflüsse des Ladedruckes, der Drehzahl, der Gemisch- und Kühltemperatur und der Vorzündung geklärt, verschiedene Bauarten von Vergasern und Klopfmeßgeräten erprobt und die in Frage kommenden Bewertungsmaßstäbe auf ihre Brauchbarkeit miteinander verglichen. So entstanden schliesslich Motor und

⁺⁾ s.a. Bericht Nr. 565 des Techn. Prüfstandes Oppau, I.G. Ludwigshafen/Rh.

Verfahren, womit dann im Vergleich mit dem BMW 132 gegen 300 Flugkraftstoffe untersucht worden sind. Um Verwechslungen vorsubeugen, wurde diese neue Untersuchungsmethode am I.G.-Prüfmotor als das "Oppauer-Verfahren" bezeichnet.

Das Bild 24 zeigt die Versuchsanlage. Gegenüber der üb-

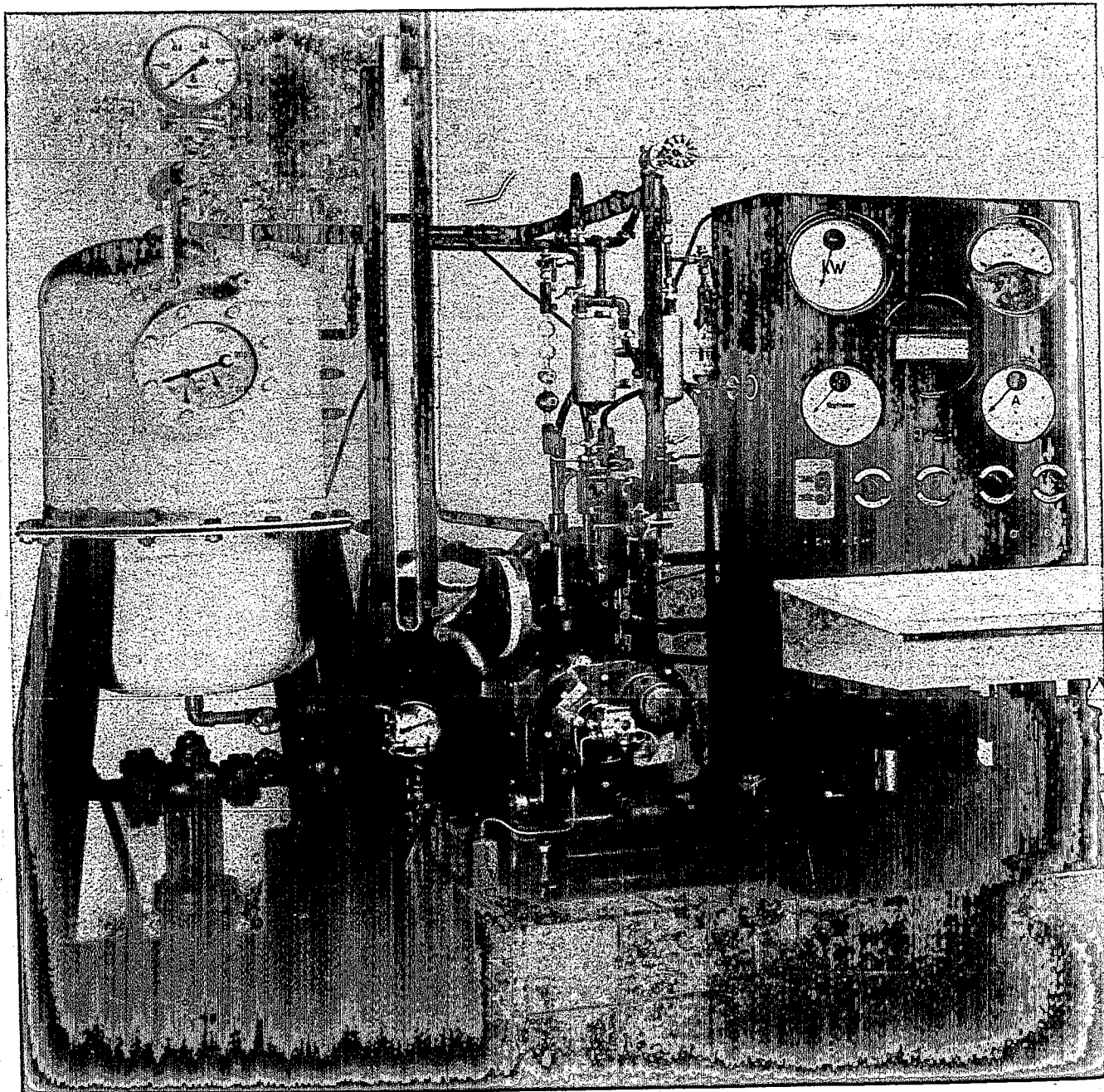


Abb.24:

Versuchsanlage für das Oppauer-Verfahren

lichen Ausführung des I.G.-Prüfmotors wurden folgende Änderungen bzw. Ergänzungen vorgenommen:

- 1.) Anbau eines Windkessels mit Luftuhr und Druckminderventil zum Anschluss an das Werkdruckluftnetz.
- 2.) Anbau eines druckdichten Vergasers mit Meßkugel zur Kraftstoffmessung.
- 3.) Klopfanzeige durch eine Quarzdose statt durch einen Springstiftapparat.
- 4.) Austausch der Zündkerze gegen eine solche mit höherem Glühwert.
- 5.) Neueichung der Oktanzahlscheibe am Motor entsprechend den geänderten Verhältnissen.
- 6.) Anbau der notwendigen Thermometer und Manometer.

Zu weitergehenden Messungen wurde der Motor noch mit einer Gleichstrom-Pendelmaschine ausgerüstet, die aber zu Untersuchungen nach dem Oppauer-Verfahren allein nicht benötigt wird. Die Meßgeräte auf der rechten Seite der Schalttafel dienen dieser zusätzlichen Einrichtung.

Diese Anlage ist auf Bild 25 schematisch dargestellt. Gegen-

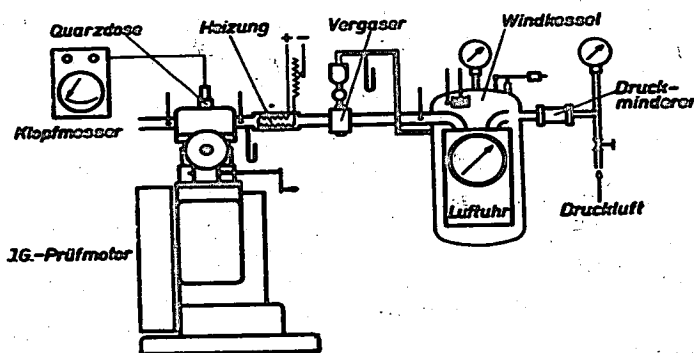


Abb.25: Versuchsanlage für das Oppauer-Verfahren

Motordaten

Bohrung 65mm, Hub 100mm, Hubraum 332ccm, Verdichtung 40:1 - 150:1
 n=600, Zündung 22°, Kühltemperatur 100°, Gemischtemperatur 125°
 Einlaßdruck 1000mm Q.S. konstant

über den Betriebsbedingungen bei der üblichen OZ-Bestimmung nach der Motor-Methode wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- 1.) Drehzahl 600/min (wie bei R.M.)
- 2.) Vorzündung 22° - unverändert
- 3.) Kühltemperatur - 100°C (wie bei R.M.)
- 4.) Gemischtemperatur - 125°C
- 5.) Einlaßdruck - 1000 mm Q.S.
- 6.) Vergasereinstellung veränderlich zwischen $\lambda = 0,7$ und 1,2.

Die Bedingungen liegen also zwischen denen der Motor- und der Research-Methode.

Das Meßverfahren lehnt sich stark an die Klopfwertbestimmung mit Hilfe der Oktanzahlscheibe an und ist folgendes:

Durch Einstellen des Verdichtungsverhältnisses wird die Probe auf leichte Klopfstärke (wie bei der Oktanzahlbestimmung) gebraucht, sodass der Zeiger des Klopfmessers die Zahl 50 erreicht. Hierbei ist der Vergaser auf größte Klopfstärke eingestellt, also etwa $\lambda = 1$. Das Klopfverhalten der Probe kann an der Oktanzahlscheibe abgelesen werden. Zur Bestimmung des Luftverhältnisses wird der Kraftstoffverbrauch an einer 25 ccm - Meßkugel abgestoppt und der zugehörige Luftverbrauch über die Luftuhr abgelesen.

Dann wird fetteres Gemisch eingestellt. Demzufolge vermindert sich die Klopfstärke und der Zeiger des Klopfmessers geht zurück. Man erhöht nun das Verdichtungsverhältnis so lange, bis der Zeiger des Klopfmessers wieder die Zahl 50 erreicht und liest dann die zweite Oktanzahl an der Scheibe ab. In üblicher Weise wird das Luftverhältnis bestimmt.

Auf diese Weise bestimmt man etwa 6 bis 8 Oktanzahlen in den Grenzen von etwa $\lambda = 0,7$ bis 1,2. Ihre Auftragungen in ein Schaubild ergeben die Beziehung $OZ : \lambda$. Das Aufstellen eines solchen Kurvenzuges dauert etwa $\frac{7}{4}$ Stunden. Man benötigt hierzu etwa 500 ccm Kraftstoff und kann die Meßgenauigkeit zu etwa ± 1 OZ annehmen. Mit der gleichen Meßanlage lassen sich dann auch noch Änderungen der Betriebsbedingungen Oktanzahlen nach der Research- oder Motor-Methode bestimmen.

Da die Meßwerte über die Oktanzahlscheibe abgelesen werden, ist es wichtig, deren Anzeige etwa halbtägig auf ihre Richtigkeit nachzuprüfen. Es ist dies leicht möglich und geschieht ohne nennenswerten Zeitverlust dadurch, dass man durch einen Umschalthahn von der Probe umschaltet auf ein geeignetes Einstellbenzin von bekannter Oktanzahl, z.B. mit der OZ 100, und auch jetzt das Verdichtungsverhältnis auf einen Zeigerausschlag - 50 einstellt. Im Bedarfsfalle ist die Oktanzahlscheibe nach dem gewählten Beispiel auf OZ 100 nachzustellen.

Es ist auch möglich, und wurde früher von uns durchgeführt, die Oktanzahl statt durch Ablesen durch Einklammern zwischen zwei

bekannte Bezugskraftstoffe zu erhalten. Das Meßergebnis wird hiernach zwar etwas genauer, aber die Versuchsdauer unverhältnismäßig größer.

Zu dem Verfahren ist noch folgendes zu bemerken:

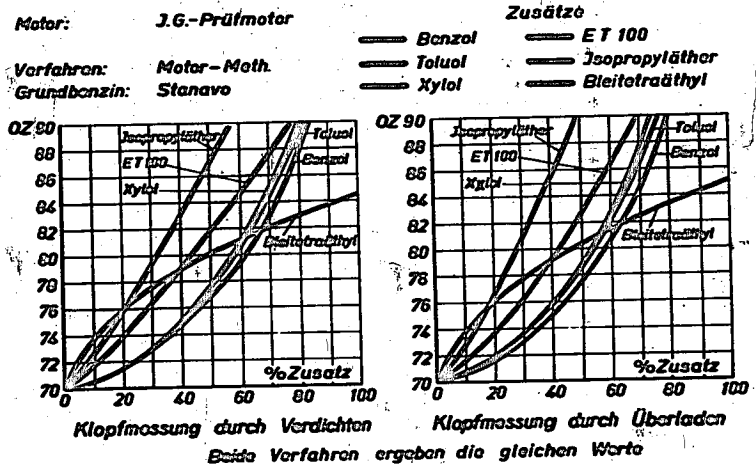
1.) Die Oktanzahl als Maßeinheit ist leicht verständlich und stellt die Verbindung her zwischen dem Oppauer-Verfahren und den üblichen Prüfweisen nach der Research- und Motor-Methode. Ihre Vorzüge gegenüber einer Motorengröße als Maßeinheit sind bekannt, sodass darauf nicht näher eingegangen zu werden braucht.

2.) Die Prüfbedingungen der Vorzündung, Kühl- und Gemischtemperatur sowie der Drehzahl wurden gewählt, um die richtige Reihenfolge der Kraftstoffbewertung für den unteren Scheitel der Klopfkurve sicherzustellen.

3.) Die Prüfbedingungen hinsichtlich des gleichbleibenden Einlassdruckes von 1000 mm QS wurde gewählt, um den Meßbereich nach oben nicht zu beschränken. Können nur Kraftstoffe bis etwa 100 OZ, also vom C 3-Typ zur Untersuchung, so könnte ohne Überdruck und damit mit einer einfacheren Versuchsanlage gearbeitet werden.

Auf das Meßergebnis selbst hat die Größe des Einlassdruckes keinerlei Einfluß, wie frühere Untersuchungsergebnisse (vgl. Bild 26) gezeigt haben.

Abb.26: Kraftstoffbewertung durch Verdichten u. Überladen



Es wurde hier ein Stanavo-Flugbenzin mit sehr verschiedenartigen Stoffen, wie Benzol, Toluol, Xylol, ET 100, Isopropyläther und Bleitetraäthyl, versetzt und von diesen Mischungen das Klopffverhalten bestimmt. Das eine Mal wurde in üblicher Weise die Klopfstärke erreicht durch Ändern des Verdichtungsverhältnisses, wobei also der Einlassdruck unverändert blieb. Das andere Mal blieb das Verdichtungsverhältnis konstant und die Klopfstärke wurde durch entsprechende Einstellung des Einlassdruckes erzielt. Selbstverständlich blieben alle anderen Einflüsse, wie Drehzahl, Kühltemperatur,

Gemischtemperatur, Vorzündung und Vergasereinstellung auf größte Klopfstärke völlig unverändert. Das Ergebnis zeigt, dass beide Verfahren zur gleichen Bewertung der Kraftstoffe gekommen sind, womit also ein Einfluss der Ladehöhe auf das Meßergebnis nicht nachzuweisen war.

Aus der Vielzahl der Vergleichsversuche zwischen dem I.G.-Prüfmotor und dem BMW 132 bei 130°C seien nun einige charakteristische Ergebnisse gezeigt,

Bild 27 zeigt nach beiden Verfahren die Bewertung von recht unterschiedlichen Kraftstoffen wie ET 100, C2, C3 und B 4. Man erkennt, dass die Übereinstimmung in der Bewertung sehr gut ist und zwar sowohl hinsichtlich der Reihenfolge der einzelnen Proben als auch hinsichtlich des Einflusses der Vergasereinstellung. Im allgemeinen wirkt sich der Einfluss des Luftmangelbetriebes im BMW-Motor etwas stärker aus als am I.G.-Prüfmotor.

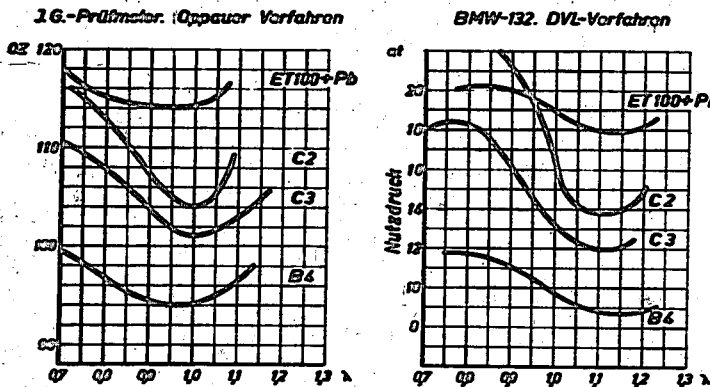


Abb.27: Kraftstoffbewertung nach dem Oppauer- u. DVL-Verfahren

Beide Verfahren bewerten die Kraftstoffe ähnlich

Auch das nächste Bild 28 zeigt eine sehr gute, übereinstimmende Bewertung von verschiedenartigen Kraftstoffen. Es wurde hierbei die Frage gestellt, ob und inwieweit ein Benzin E durch Mischung mit einem anderen Benzin F einem C 3-Kraftstoff angenähert werden kann. Wie man sieht, haben beide Prüfverfahren in gleichem Sinne entschieden, dass innerhalb der Meßgenauigkeit beide Stoffe zwar gleichwertig, aber der C 3-Kraftstoff der etwas überlegene ist.

Wurden bisher Beispiele mit verschiedenartigen Kraftstoffen ausgewählt, so zeigt das nächste Bild 29 drei Kraftstoffe von gleichem Aufbau, aber von verschiedener Herkunft. Auch hier werden die Benzine im gleichen Sinne bewertet.

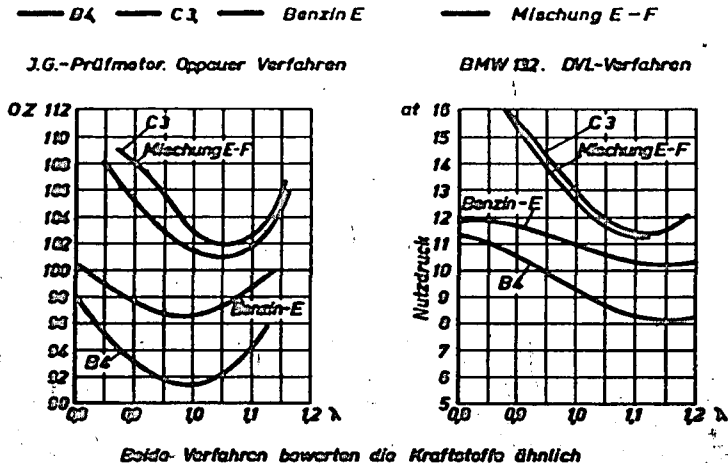


Abb.28: Kraftstoffbewertung nach dem Oppauer- und DVL-Verfahren

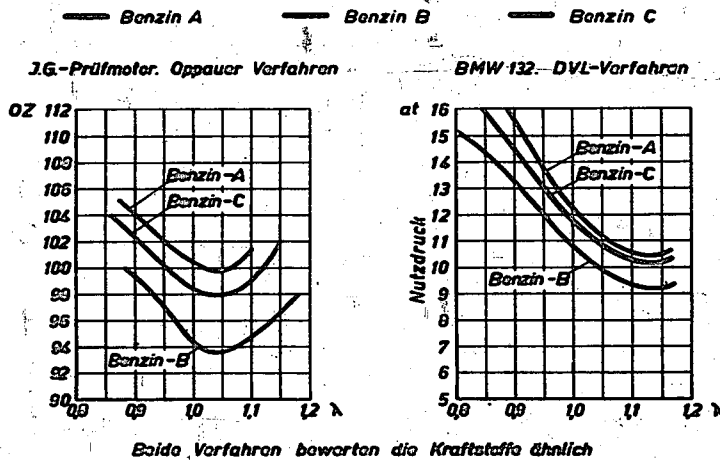


Abb.29: Kraftstoffbewertung nach dem Oppauer- und DVL-Verfahren

Mitentscheidend für die Brauchbarkeit eines Verfahrens ist seine Wiederholbarkeit. Deren Größe zeigt die folgende Darstellung Bild 30 wobei am I.G.-Prüfmotor und am BMW-Motor die gleichen Kraftstoffe B 4 und C 3 jeweils fünfmal untersucht worden sind. Das so erhaltene Streuband ergibt für das Oppauer Verfahren eine höchste Abweichung beim C 3-Kraftstoff von ± 1 OZ, beim B 4-Kraftstoff eine solche von nur $\pm 0,5$ OZ. Die entsprechenden Werte für den BMW-Motor sind $\pm 0,7$ bzw. $\pm 0,4$ p_{mo}-Einheiten. Die am I.G.-Prüfmotor beobachteten Streugrenzen decken sich damit gut mit den bekannten Unterschieden bei der üblichen Oktanzahlbestimmung.

001899

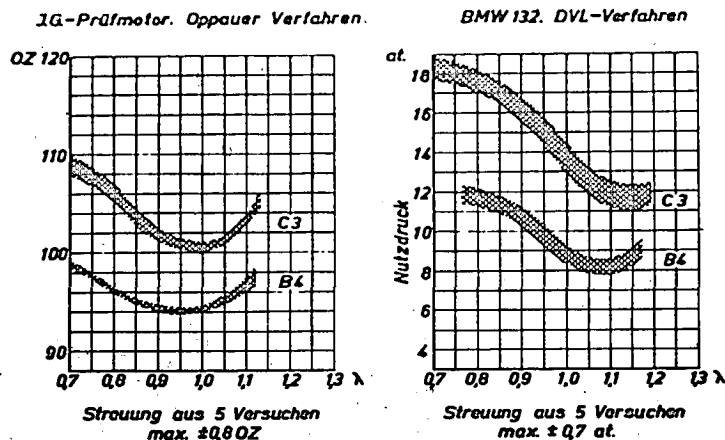


Abb. 30: Streuungen beim Oppauer- und DVL Verfahren

Bei laufenden Untersuchungen von Proben, die gleichzeitig am BMW-Motor und am I.G.-Prüfmotor durchgeführt wurden, konnte festgestellt werden, dass die Messungen am I.G.-Prüfmotor eine zum Teil erhebliche Einsparung an der benötigten Probemenge, am Versuchspersonal und auch an der Versuchsdauer brachten. Da die ganze Anlage einfacher und übersichtlicher gehalten ist, sind die Messungen am I.G.-Prüfmotor leichter und damit auch sicherer durchzuführen. Aufgrund der Messergebnisse sind wir zu der Ansicht gelangt, dass die laufende Kraftstoffprüfung im BMW-Motor auch von einem kleinen Motor, der entsprechend abgestimmt ist, übernommen werden kann.

Wir stellen unsere Erfahrungen gerne zur Verfügung und halten es für zweckmäßig, dass ein kleiner Kreis das Verfahren aufnimmt, um es weiter zu erproben. Durch die bestehende Anlehnung an bereits eingeführte Meßverfahren dürften gute Ergebnisse zu erwarten sein.

Wenn es auch selbstverständlich erscheint, so soll zum Schluss doch noch darauf hingewiesen werden, dass die an einem kleinen Motor erzielten Werte nur so lange und mit den gleichen Vorbehalten auf die Praxis anwendbar sind, als es die Ergebnisse des Einzylinderprüfstandes bleiben, auf welchen der kleine Motor zunächst abgestimmt worden ist. Aufgabe des großen Einzylinderprüfstandes bleibt es also nach wie vor, den Zusammenhang zwischen seinen Messwerten und den Ergebnissen der Praxis sicherzustellen. Ihn für diese Aufgabe freizumachen, bildete, wie schon erwähnt, das Ziel der von uns durchgeführten Messungen.