

Klopfmessungen nach dem DVL-Überladeprüfverfahren.

Von Dr.-Ing. F. Seeber, DVL, Berlin-Adlershof

- Gliederung:
- I. Einleitung
 - II. Streugrenzen von Überladekurven an einem Prüfmotor
 - a) Überwachung der Maschinenanlage
 - b) Beeinflussung von Gestalt und Lage der Klopf-grenzkurven durch verschiedene Fehlerquellen
 - 1. Kraftstoffseitig
 - 2. Versuchstechnisch
 - c) Untersuchungen zur Ermittlung von Streugrenzen
 - 1. Paraffinische bzw. isoparaffinische Kraftstoffe
 - 2. Aromatische Kraftstoffe
 - III. Reproduzierbarkeit von Klopfgrenzkurven an mehreren Prüfmotoren mit identischen Kraftstoffen
 - a) Ergebnisse der ersten Vergleichsversuche(1940)
 - b) Ergebnisse der zweiten und dritten Vergleichsversuche (1.Halbjahr 1941)
 - IV. Folgerungen aus Einzel- und Vergleichsversuchen für die praktische Überladeprüfung

I. Einleitung.

Über das DVL-Überladeprüfverfahren wurde erstmalig vor einem größeren Zuhörerkreis auf der Kraftstoff-Sondertagung der Lilienthal-Gesellschaft in Hamburg im Februar 1939 berichtet. In den Bauvorschriften für Flugmotoren (BVM), Ausgabe Oktober 1940, ist der derzeitig vorgeschriebene Prüfmotor mit dem Prüfzylinder BMW 132 N, sowie die Bedingungen der Prüfverfahren (vereinfachtes- und Grundverfahren) niedergelegt. Eine erste Ergänzung zu diesen Prüfvorschriften, die im Mai 1941 herauskam, war zur weiteren Vereinheitlichung der Überladeprüfung notwendig geworden. Sollte dieser Ergänzungsteil noch nicht allen daran interessierten Anwesenden zugänglich gemacht worden sein, so sei hier nur kurz bemerkt, daß es sich hauptsächlich um folgende Punkte handelt:

- 1) noch genauere Beschreibung des Prüfmotors
- 2) Notwendigkeit der Verwendung eines Hochleistungseichkraftstoffes und

- 3) Einschränkung der bisher angegebenen Fehlergrenzen für vorwiegend paraffinische wie isoparaffinische Kraftstoffe

Das Überladeprüfverfahren wurde zunächst ausschließlich an Hand von zahlreichen Versuchen der DVL aufgebaut. Bisher wurden an dem Prüfstand des Institutes weit über 850 Überladekurven gefahren. Im Laufe der Zeit konnten sich weitere vier Prüfstellen und zwar

der technische Prüfstand Oppau der I.G. Farbenindustrie, die E'stelle Rechlin, die Intava, Hamburg und das Ammoniakwerk Merseburg mit der Überladeprüfung von Kraftstoffen eingehendst beschäftigen. Bei der Angleichung der einzelnen Prüfstände ergaben sich die verschiedensten Schwierigkeiten, die jedoch im Laufe der Zeit z.T. behoben werden konnten, sodaß im Herbst 1940 die ersten Vergleichsversuche vorgenommen wurden. Über den Erfolg dieser, wie neuerer Vergleichsversuche wird später kurz berichtet.

Bei der gemeinsamen Arbeit, das DVL-Überladeprüfverfahren für Zwecke der Forschung, wie zur Abnahmeprüfung zu stabilisieren, haben sich im besonderen zwei Punkte herausgestellt:

- 1) Die genaue Überwachung der gesamten Prüfanlage (dies ist als Vorarbeit für den in Vorbereitung befindlichen Kraftstoffprüfstand außerordentlich wichtig).
- 2) Die genaue Festlegung des gesamten Meßvorganges. Damit soll die Möglichkeit gegeben werden, genauere Streugrenzen ein und desselben Kraftstoffes an verschiedenen Tagen an einem Prüfstand, sowie weiterhin die Reproduzierbarkeit an mehreren Prüfständen festzulegen.

II. Streugrenzen von Überladekurven an einem Prüfmotor.

Die folgenden Ausführungen sollen sich zunächst mit den Streugrenzen von Überladekurven an einem Motor befassen.

a) Überwachung der Maschinenanlage:

Hierzu erst einige Worte über die Überwachung der Maschinenanlage.

Daß vor einer Überladeprüfung eines Kraftstoffes sich der Prüfmotor in einwandfreiem Zustande befinden muß, soll als

Selbstverständlichkeit nur kurz erwähnt werden. Aus den Prüfvorschriften, Abs. 7234, Teil c, 1 bis 4, geht hervor, was zur Prüfung des einwandfreien Zustandes des Prüfmotors notwendig ist.

Die übliche Kontrolle des Maschinenzustandes mit B 4-Kraftstoff im "klopffreien" Gebiet ohne Aufladung Abb.1. -34086- hat sich ebenso wie auch bei der Festlegung der Klopfneigung des Prüfmotors mit dem gleichen Kraftstoff als Zustandsprüfung für eine nachfolgende Untersuchung eines Hochleistungskraftstoffes als ungenügend herausgestellt.

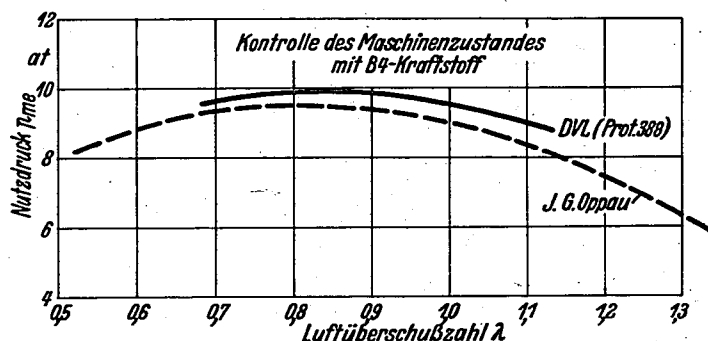


Abb.1: Kontrolle des Maschinenzustandes mit B 4-Kraftstoff.

Die Klopfneigung des Prüfmotors muß für Hochleistungskraftstoffe, also für hohe Überladungen (ab $p_L = \sim 1500$ mm Hg, $p_{me} = 17$ atm) ausschließlich mit einem ebenfalls hochklopf-festen Eichstoff erfolgen. Erst wenn mit diesem Eichstoff die früher gefundene Klopfempfindlichkeit bestätigt wird, kann die eigentliche Hochleistungskraftstoffprüfung beginnen.

Als weiterer wichtiger Punkt ergab sich die Tatsache, daß Überladeprüfungen erst nach genügender Einlaufzeit des Prüfaggregates und zwar nicht nur nach einer erfolgten Grundüberholung, sondern auch nach einem notwendig gewordenen Kolbenwechsel stattfinden dürfen. Wird auf diesen Einlauf zu geringe Aufmerksamkeit verwendet, so läuft man Gefahr, nicht einwandfreie Überladekurven zu erhalten. Beispiele darüber werden später gezeigt.

Die infolge der zur Zeit herrschenden Verhältnisse oft nur schwer einzuhaltenden Überholungs- und Kontrollarbeiten des gesamten Prüfstandes müssen, wie die BVM-Vorschrift unter 7932 angibt, trotzdem unbedingt eingehalten werden, da sonst nur allzu leicht Fehlmessungen auftreten.

Daß sämtliche augenblicklich zur Überladeprüfung herangezogenen Prüfmotoren, besonders bei der Verwendung des meist aus Ersatz- und Ausschussteilen zusammengebauten BMW 132-Prüfaggregates mit Sterngehäuse, aufeinander abgestimmt sein müssen, ist Grundvoraussetzung für eine einwandfreie Kraftstoffprüfung. Beispiele hierfür gibt die Geschichte der Octanzahlmessung in genügender Auswahl.

b) Beeinflussung von Gestalt und Lage der Klopfgrenzkurven durch verschiedene Fehlerquellen:

In welchem Maße die Gestalt und Lage einer Klopfgrenzkurve durch verschiedene, oft nicht genügend beachtete Einflüsse verändert werden kann, zeigen die folgenden Ausführungen.

1. Kraftstoffseitig bedingte Einflüsse:

Voraussetzung für jede exakte Kraftstoffprüfung ist die Garantie einer tatsächlich einwandfreien Probeentnahme des Kraftstoffes. Schon hier schleichen sich die verschiedensten Fehlermöglichkeiten ein. Auch die Wahl nicht geeigneter Transportgefäße kann, wenn z.B. eine Probe längere Zeit lagern muß, zu dem schon öfters beobachteten Bleiausfall führen. Deshalb sollten Kraftstoffproben soweit möglich, grundsätzlich unverbleit angeliefert werden, wobei jedoch dann beachtet werden muß, daß bei der später zu erfolgenden Aufbleiung (kurz vor der Überladeprüfung) eine genaue Gesamtmengenabmessung notwendig ist. Welche Verschiebung der Klopfgrenzkurve - z.B. bei einem B 4-Stoff - eintreten kann, wenn der Bleitetraäthylgehalt nicht genau eingehalten wird, zeigt das folgende Bild 2 - 34087 -.

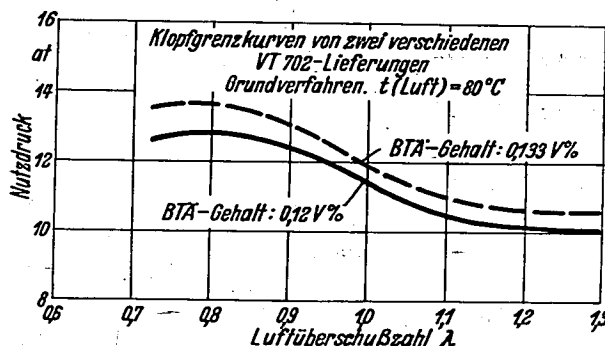


Abb. 2: Einfluß verschiedenen BTA-Gehaltes.
Klopfgrenzkurven von zwei verschiedenen VT 702-Lieferungen.

Beide Kraftstoffe wurden der DVL vom Herstellerwerk als mit 0,12 Vol.-% BTÄ versetzt angeliefert. Die Überprüfung des BTÄ-Gehaltes ergab nach mehreren Verfahren und wiederholten Messungen einmal 0,12, das andere Mal 0,131 Vol.-% BTÄ. Bei 20% Kraftstoffüberschuß beträgt die Hebung der Kurve $0,8 \text{ kg/cm}^2$ Nutzdruck, bei 10% Luftüberschuß $0,5 \text{ kg/cm}^2$. Diese Feststellungen mußten auch bei verschiedenen C 3-Produkten, die der DVL verbleit zur Prüfung angeliefert wurden, gemacht werden.

Ferner hat sich im Laufe der Zeit die Sitte eingebürgert, bei laufenden Qualitätsmessungen an Hand der Beziehung zwischen spezifischem Gewicht und dem H_2 -Gehalt das theoretische Mischungsverhältnis L_0 aus einer Tafel abzulesen. Dieses Verfahren ist jedoch bei hocharomatischen Kraftstoffen, wie dies im Bild 3 - 34085 - gezeigt wird, mit Vorsicht anzuwenden.

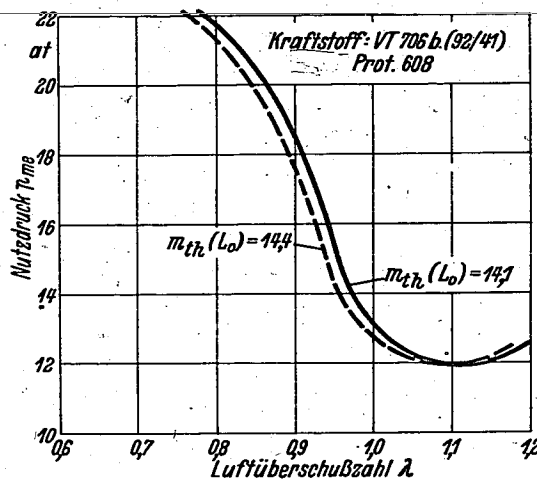


Abb. 3: Verschiebung der Klopfgrenzkurve durch Änderung des theoretischen Mischungsverhältnisses.

Wird der rechnerischen Auswertung z.B. statt 14,1 kg Luft/kg Kraftstoff "14, 4" zu Grunde gelegt, so verlagert sich die Kennkurve um einen merklichen Betrag. Bei 10% Kraftstoffüberschuß kann z.B. eine Hebung bzw. Senkung des Nutzdruckes von ca. $0,9 \text{ kg/cm}^2$ eintreten (dieser Wert liegt schon außerhalb der Fehlergrenze). Deshalb ist besonders bei Entwicklungsstoffen, sowie bei Produkten, deren fabrikationsmäßiger Anfall Schwankungen unterworfen sind, die Beziehung H_2 -Gehalt - spez. Gewicht mit Vorsicht anzuwenden.

2. Versuchstechnisch bedingte Einflüsse:

Die Gestalt und Lage einer Klopfgrenzkurve wird naturgemäß auch dann beeinflusst, wenn verschiedene Hilfsgeschäfte nicht genau den Prüfvorschriften entsprechen. Ferner sollen die nachfolgend angeführten Beispiele Unterlagen dafür geben, inwieweit sich die Streugrenzen von Klopfgrenzkurven einengen lassen.

Die Prüfbedingungen der BVM schreiben Magnetzündung vor. Soweit mir bekannt ist, arbeiten jedoch einige Prüfstellen mit Batteriezündung. Es interessierte daher, welchen Einfluß beide Zündungsarten auf die Klopfgrenzkurve haben.

Bild 4 - 34090 - zeigt diesen Einfluß für einen B 4-Kraftstoff und für einen Hochleistungskraftstoff. Die Versuche wurden hintereinander gefahren und jeweils die gleichen Kerzen verwendet.

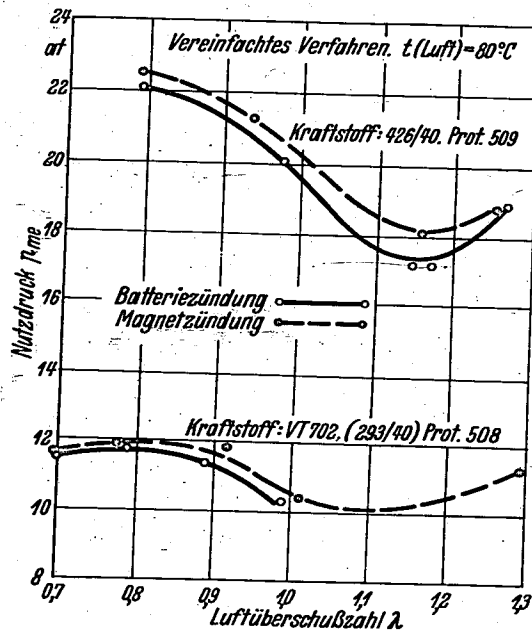


Abb. 4: Einfluß von Batterie- und Magnetzündung auf die Klopfgrenzkurven.

Die Tatsache des Einflusses der verschiedenen Zündungsarten könnte damit erklärt werden, daß bei der Batteriezündung ein stärkerer, intensiver Zündfunken gebildet wird, dessen Zündintensität sich bei hohen Drücken stärker auswirkt als bei niedrigeren. Daher ist der Einfluß bei einem

B 4-Kraftstoff weniger groß als bei dem Hochleistungskraftstoff. Die gemessene Abweichung beträgt im Umkehrpunkt der Kurve ungefähr $0,7 \text{ kg/cm}^2$.

Eine weitere Beeinflussung der Klopfgrenzkurve z.B. eines C 3-Kraftstoffes erfolgt durch Änderung des Elektrodenabstandes der Zündkerze. Die in den Prüfvorschriften angegebene Zündkerze W 260 T mit einem normalen Elektrodenabstand von $0,7 \text{ mm}$ führte bei höheren Überladungen sehr oft zu Zündungsschwierigkeiten (Aussetzer). Diese traten nicht mehr auf, nachdem der Elektrodenabstand auf $0,4 \text{ mm}$ herabgesetzt wurde. Mit dieser Änderung wurde ein besseres Überspringen des Zündfunkens bewirkt und ein evtl. Ausblasen des zu schwachen Funkens verhindert. Der Einfluß des verschiedenen Elektrodenabstandes auf die Verlagerung der Klopfgrenzkurve zeigt Bild 5 - 34092 - . In den Prüfvorschriften wurde unter 7236 o der entsprechende Zusatz aufgenommen.

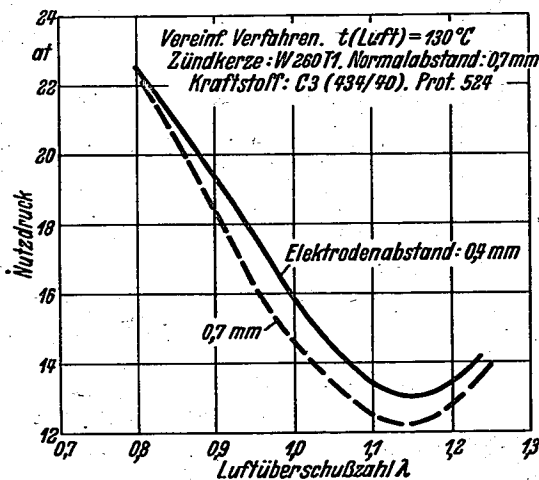


Abb. 5: Änderung der Klopfgrenzkurve durch verschiedenen Elektrodenabstand der Zündkerze.

Werden abweichend von den Prüfvorschriften andere Verbindungsleitungen zwischen Ausgleichbehälter und Einlaß des Prüfmotors verwendet, so können besonders im Umkehrpunkt starke Verschiebungen der Klopfgrenzkurve eintreten. Bis zur endgültigen Einführung des kommenden Kraftstoffprüfstandes muß das in den Prüfvorschriften angegebene Verbindungsstück zur Überladeprüfung verwendet werden, auch wenn dasselbe vom schwingungstechnischen Standpunkt aus gesehen, nicht voll befriedigen sollte.

Die Nichteinhaltung des vorgeschriebenen Kühlluftdruckes von 200 mm WS führt bei dem BMW 132 N-Einzylinder erst bei sehr starken Änderungen zu meßbaren Unterschieden Bild 6 - 34083 -.

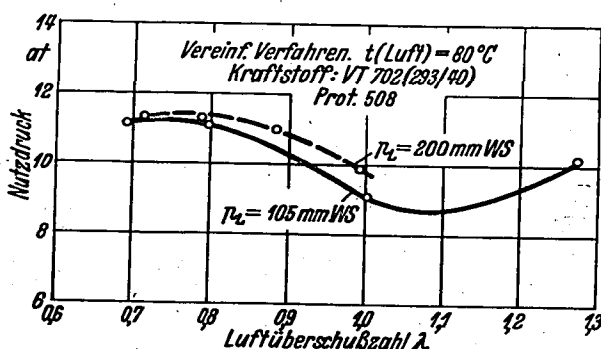


Abb. 6: Einfluß des Kühlluftdruckes.

Erwähnt sei hier noch, daß ein Schließen der Drosselklappe um 10° , sowie die Änderung des Öldruckes zwischen 5 und 7 kg/cm^2 sich bei der Aufnahme einer Klopfgrenzkurve nicht genügend bemerkbar macht. Inwiefern Änderungen des Öldruckes außerhalb dieser Grenzen eine Veränderung der Klopfgrenzkurven bedingen, wurde bisher nicht untersucht.

Gelegentlich der Durchführung der ersten Vergleichsversuche nach dem Überladeprüfverfahren zeigte sich bei der Klärung der Frage, warum die Klopfgrenzkurve der DVL und der I.G. Oppau nicht übereinstimmten, daß infolge der Verwendung von Einbauteilen die von verschiedenen Lieferanten bezogen wurden, Bauteile nicht gleicher Art verwendet worden waren. Die Hauptöldüse in der Kurbelwelle war bei der DVL geöffnet, bei dem technischen Prüfstand geschlossen. Welchen Einfluß die offene bzw. die geschlossene Öldüse bei Verwendung identischer Kraftstoffe besitzt, zeigt Bild 7 - 34091 -. In der BVM-Vorschrift wurde auf die Verwendung der offenen Hauptdüse besonders hingewiesen.

Von großer Bedeutung ist ferner für die Verlagerung der Klopfgrenzkurve die Kolbeneinlaufzeit. Bild 8 - 34093 - zeigt die Klopfgrenzkurve eines CV 2b-Kraftstoffes bei einer ungenügenden Kolbeneinlaufzeit von 4 Std. Die gestrichelte Kurve zeigt ihrerseits die nach genügender Einlaufzeit des

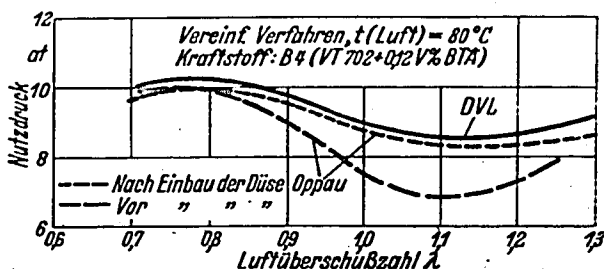


Abb. 7: Hebung der Klopfgrenzkurve durch Einbau der Düse in die Kurbelwelle.

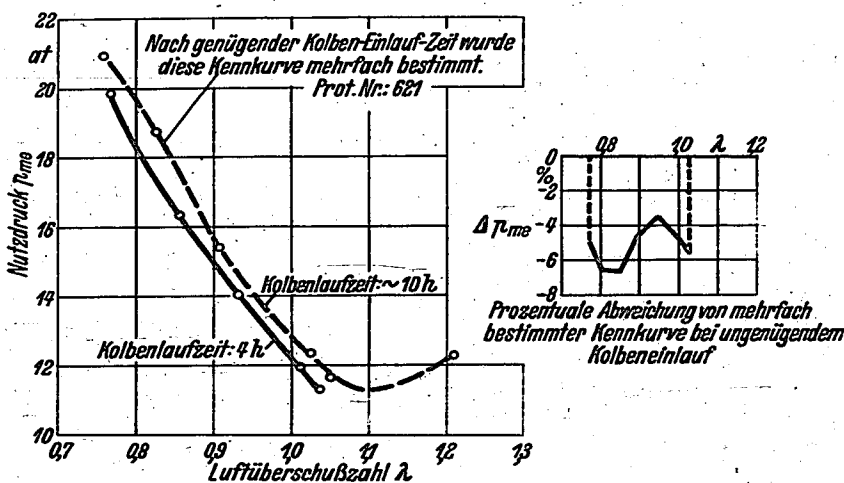


Abb. 8: Einfluß der Kolbeneinlaufzeit.

Kolbens mehrmals bestimmte Klopfgrenzkurve. Durch die Nichteinhaltung einer Mindestkolbeneinlaufzeit von ca. 8 Std. können daher Fehler bis zu etwa 6% auftreten.

c) Untersuchungen zur Ermittlung von Streugrenzen:

Nachdem nun einige der wichtigsten Einflußmöglichkeiten auf die Lage der Klopfgrenzkurve kurz gestreift werden konnten, soll nun an Hand einiger weniger Beispiele gezeigt werden, welche Streugrenzen bei typischen Kraftstoffen gleicher Lieferung bzw. verschiedener Lieferung sich ergeben, wenn die Prüfbedingungen so genau wie möglich eingehalten werden. Bemerkt sei zuvor noch, daß die in den Prüfbedingungen angegebenen Fehlergrenzen sich fast ausschließlich auf Versuchsunterlagen stützen, die in der DVL mit paraffinischen und iso-paraffinischen Stoffen bzw. Kraftstoffen mit einem Aromatengehalt von nicht mehr als 30% gemacht wurden.

1. Paraffinische und isoparaffinische Kraftstoffe:

Nach Durchführung mehrfacher Meßreihen konnte auf neue festgestellt werden, daß die Streugrenzen für paraffinische bzw. iso-paraffinische Kraftstoffe sich innerhalb des bisher angegebenen Wertes von $\pm 2\%$ Nutzdruck halten. Diese Feststellung wird mit dem Bilde 9 - 34084 - belegt.

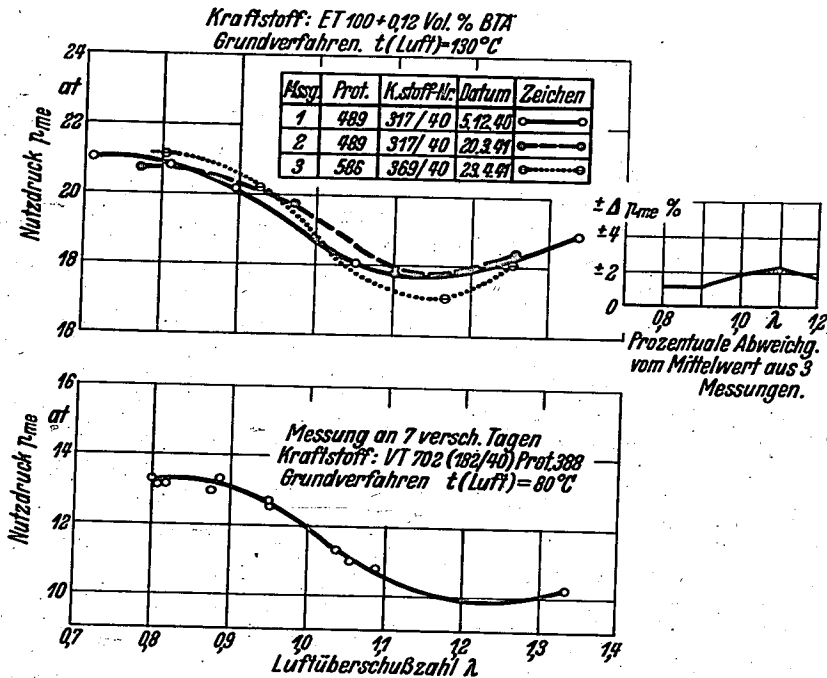


Abb. 9: Streugrenze von ET 100 + 0,12 Vol. % BTÄ u. B 4 an einem Prüfmotor.

An dieser Stelle muß nun noch folgendes eingefügt werden: Neben der Feststellung der prozentualen Abweichung des Nutzdruckes an der Klopfgrenze vom Mittelwert aus den verschiedenen Messungen interessiert vor allem auch die bei den einzelnen Messungen bestehende Abhängigkeit zwischen dem Ladedruck und der gemessenen Kraftstoffmenge Q in $\text{mm}^3/\text{Arbeitspiel}$.

Diese Abhängigkeiten werden in einigen nun folgenden Bildern neben der sonst gewohnten Darstellung der Klopfkurven gezeigt. Damit soll belegt werden, daß bei gleichem Ladedruck, der stets einwandfrei eingestellt werden kann, die je Arbeitsspiel geförderte Kraftstoffmenge bei Wiederholungsmessungen um bis zu $\pm 4\%$, bezogen auf den Mittelwert, schwanken kann. Diese Fehler können herrühren:

- (a) von ungenauer Dosierung der Kraftstoffmengen
- (b) von bisher nicht kontrollierten Leckverlusten
- (c) von ungleichmäßiger Zerstäubung
- (d) von verschiedenem Füllungsgrad und des damit veränderten thermodynamischen Zustandes während der Klopfprüfung.

2. Aromatische Kraftstoffe:

Nach neueren DVL-Versuchen mit Kraftstoffen von mehr als 35 Vol.% Aromaten und Ungesättigten ist nun die bisher in den Prüfvorschriften angegebene Fehlergrenze von $\pm 2\%$ des Nutzdruckes für derartige Stoffe nicht einzuhalten.

Bild 10 - 34088 - zeigt für einen Hochleistungskraftstoff 92/41 (VT 706) die an 6 verschiedenen Tagen aufgenommenen Klopfgrenzkurven.

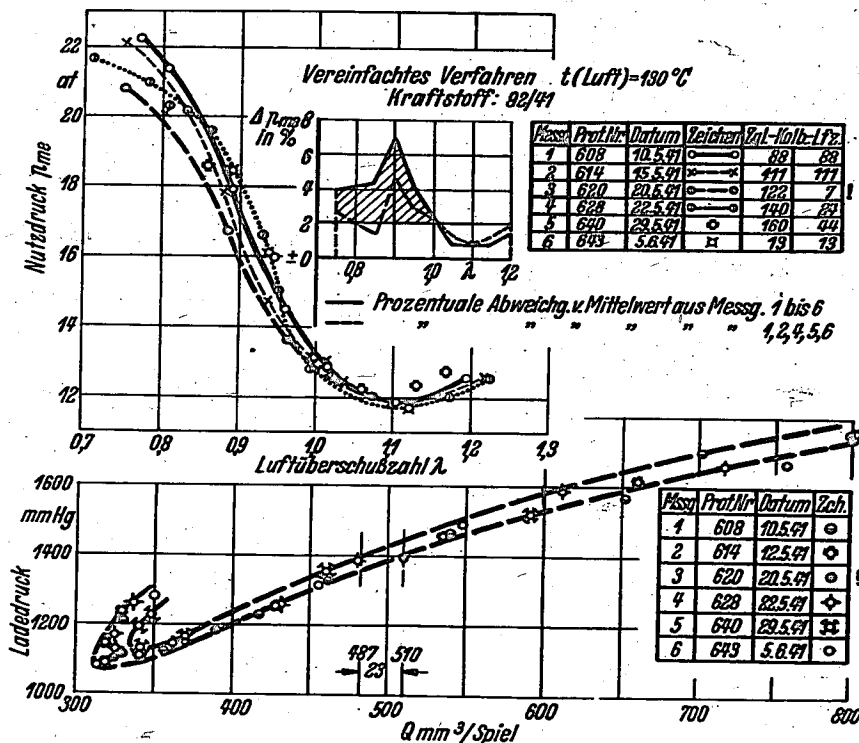


Abb. 10: Streuungen der Klopfgrenzkurven eines VT 706 Kraftstoffes an einem Prüfmotor.

Wie aus der Nebenfigur hervorgeht, ergeben sich über dem gesamten geprüften Luftüberschußzahlbereich Abweichungen vom Mittelwert der 6 Messungen bis zu $\pm 7\%$. Wie jedoch aus der Zylinder- und Kolbenlaufzeitenangabe zu ersehen ist, muß die Messung 3 aus dem Gesamtbild herausgenommen werden, da die Klopfgrenzkurve infolge zu geringer Einlaufzeit des Kolbens zu tief bestimmt wurde. Es ergibt sich dann im Höchstfalle eine Abweichung von ca. $\pm 4\%$. Ferner sind auf diesem Bilde die für verschiedene Meßpunkte erhaltenen Ladedrücke in Abhängigkeit von den Q-Werten aufgezeichnet. Sämtliche hier durchgeführten Messungen wurden mit derselben Düse, Pumpe und den gleichen Pumpenstempeln durchgeführt. Bei einem Ladedruck von 1400 mm Hg wurden bei 2 aufeinanderfolgenden Tagen Q-Werte gefunden, die um ca. $23 \text{ mm}^3/\text{Spiel}$ voneinander abweichen. Dies entspricht einer Abweichung von $\pm 2,3\%$, bezogen auf den mittleren Q-Wert, dies bedeutet andererseits wiederum eine λ -Verschiebung von 0,885 auf 0,93 bei gleichem Ladedruck.

Ähnliche Ergebnisse zeigt Bild 11 -34081 - für einen CV 2b-Kraftstoff. Auch hier gilt dasselbe wie das für das vorhergehende Bild Gesagte.

Diese Tatsachen gaben Veranlassung, in den Prüfvorschriften folgenden Zusatz bei der Fehlergrenzenangabe hinzuzufügen: Für vorwiegend aromatische Kraftstoffe, d.h. solche mit 35% und mehr Aromaten sind die Fehlergrenzen mit der Prüfstelle zu vereinbaren.

III. Reproduzierbarkeit von Klopfgrenzkurven an mehreren Prüfmotoren mit identischen Kraftstoffen.

a) Ergebnisse der ersten Vergleichsversuche (1940):

Nachdem außer der DVL weitere 3 Prüfstellen über einen Überladeprüfmotor mit dem Prüfzylinder BMW 132 verfügten, die ersten Vorversuche beendet waren, wurden die ersten Vergleichsversuche mit identischen Kraftstoffen, die von der DVL zum Versand gebracht wurden, verabredet. Und zwar sollten die Prüfungen mehrmals nach jeweils ca. 20 Betriebs-

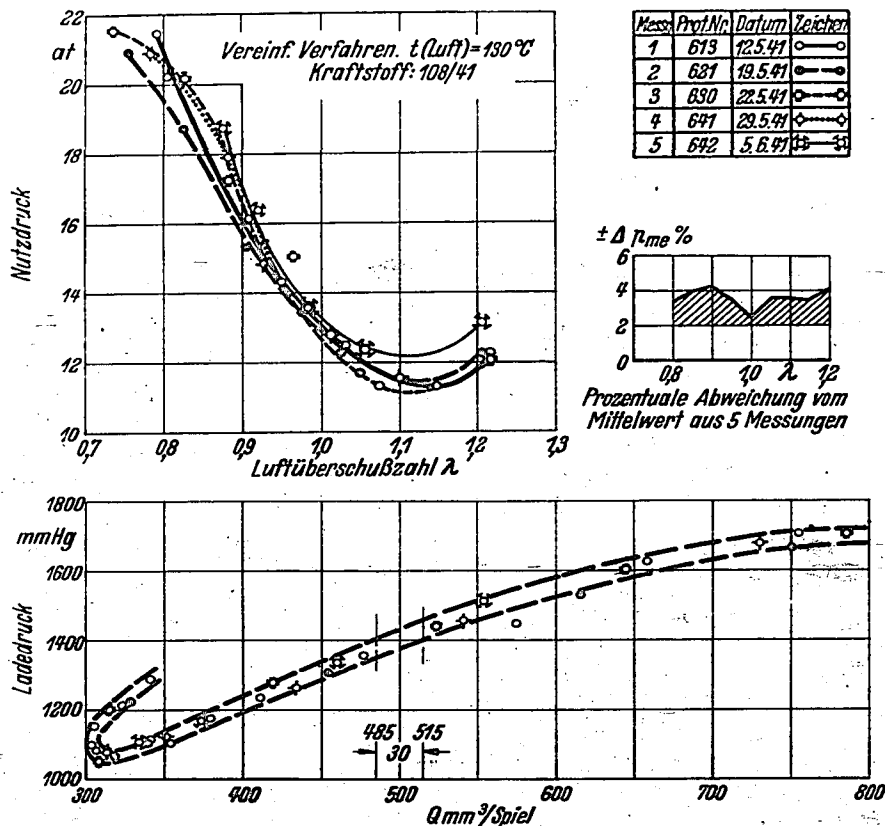


Abb.11: Streuungen der Klopfgrenzkurven eines CV 2b-Kraftstoffes an einem Prüfmotor.

stunden vorgenommen werden. Außer der Angabe der einzuhaltenen Prüfbedingungen erfolgten keine weiteren Verabredungen. Bemerkt sei noch, daß der Prüfstand Merseburg nicht mit einem Sterngehäuse, wie die anderen Prüfstellen arbeitete, sondern mit einem DVL-Einzylindergehäuse. Die Prüfbedingungen wurden nach Angabe der einzelnen Prüfstellen überall innegehalten mit Ausnahme einer geringeren Umdrehungszahl des Prüfstandes Merseburg, der mit 1500 U/Min. arbeitete.

Die Versuche wurden mit den Kraftstoffen C 3 und VT 706 von allen 4 Prüfstellen mit B 4 und ET 110 nur von dem techn. Prüfstand Oppau und der DVL durchgeführt. Das Bild 12 - 34089 - zeigt zunächst die Ergebnisse der Prüfungen mit den beiden Hochleistungskraftstoffen. Die Messungen mit VT 706 und C 3 konnten nicht befriedigen.

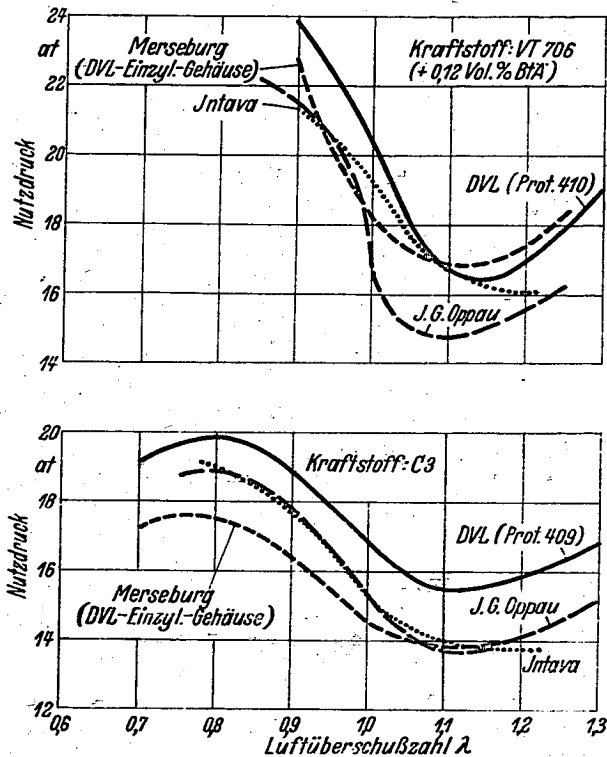


Abb. 12: Vergleichsversuche im EZP BMW 132 N. (Stern).
1. Versuchsreihe.

Bild 13 - 34082 - zeigt die Klopfgrenzkurven für den Kraftstoff ET 110 und B 4. Diese Kurven für ET 110 weisen einen immerhin parallelen Verlauf auf.

Nach diesen ersten Vergleichsversuchen fand ein reger Gedankenaustausch zwischen den einzelnen Prüfstellen statt; so konnte z.B. durch einen praktischen Versuch die schon früher erwähnte Hebung der Kennkurve der I.G. Oppau durch die Öffnung der Öldüse in der Kurbenwelle ermöglicht werden.

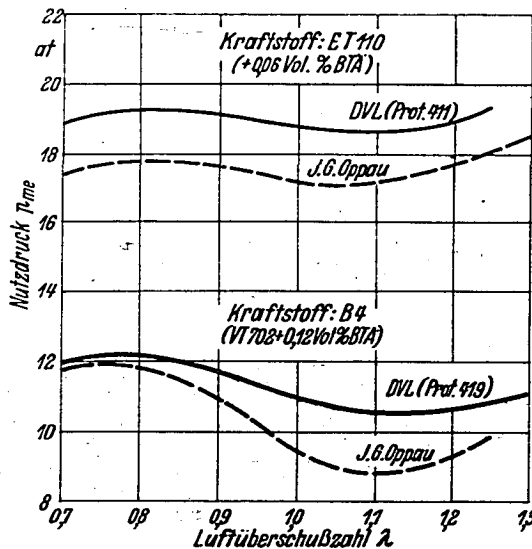


Abb.13: Vergleichsversuche im EZP BMW 132 N (Stern).
1. Versuchsreihe

Es erfolgten ferner die verschiedensten Abgleichungen hinsichtlich des Aufbaues der Prüf- und Hilfsgeräte. Erwähnenswert ist noch die Tatsache, daß die wenigsten Unstimmigkeiten bei der Aufstellung der Kennkurven auf die verschiedenen Prüfer zurückzuführen waren.

b) Ergebnisse der zweiten und dritten Vergleichsversuche (1. Halbjahr 1941):

Die zweite Vergleichsversuchsreihe wurde von allen 5 Prüfstellen im April und Mai dieses Jahres unter den Bedingungen des vereinfachten Verfahrens bei 130°C Ladelufttemperatur mit den Hochleistungskraftstoffen CV 2b und C 3 durchgeführt. Die Stoffe wurden schon verbleit von der Wifo einheitlich versandt.

Bild 14 - 34095 - zeigt die Ergebnisse der Prüfung des Kraftstoffes CV 2b. Der Kurvenverlauf von 4 Prüfstellen ist im Luftüberschußzahlbereich von ca. 0,9 bis 1,2 ziemlich einheitlich. Wie dies auch aus der Auftragung des Nutzdruckes über der Kraftstoffmenge zu ersehen ist. Da von den auswärtigen Prüfstellen nur Oppau Überladewerte in mm Hg angab,

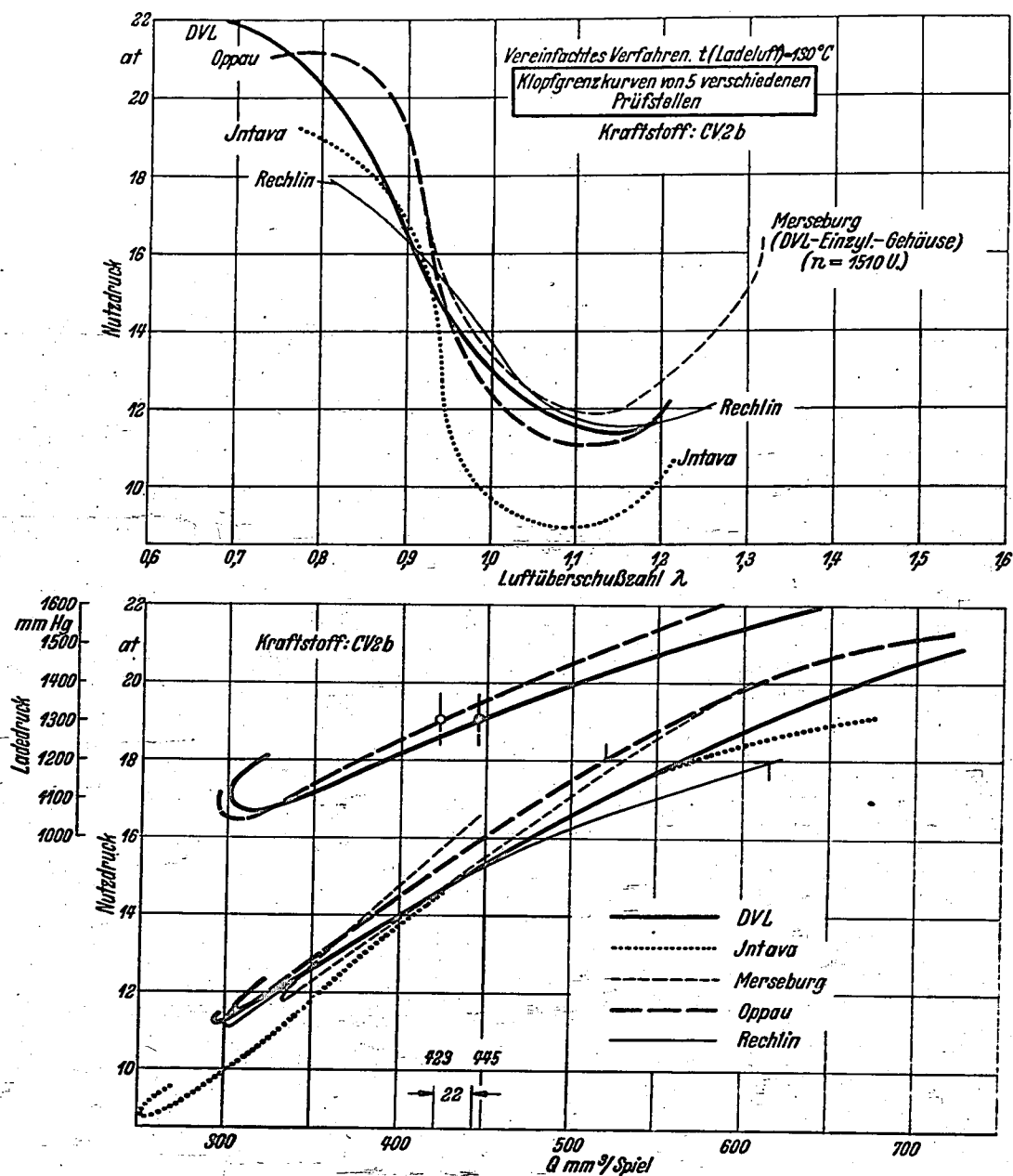


Abb. 14: - Vergleichsversuche im EZP BMW 132 N (Stern)
2. Versuchsreihe

mußte die Auftragung über dem Nutzdruk und nicht über dem Ladedruck erfolgen. Das Abweichen der Kennkurven im stark überfetteten Gebiet ist ziemlich erheblich und muß z.B. bei 18 kg/cm^2 Nutzdruk auf die nicht einheitliche

Kraftstoffverteilung oder Aufbereitung zurückgeführt werden (Unterschied zwischen Kurve von Oppau und Rechlin beträgt $95 \text{ mm}^3/\text{Spiel}$). Bei der Bestimmung der Kennkurve CV 2b von der Intava muß offensichtlich eine Fehlmessung vorliegen. Die Kraftstoffaufbereitung ist für das Gebiet von $\lambda = 0,9$ bis $1,3$ nach der Darstellung p_{m_e} über Q eine von den anderen 4 Prüfstellen vollständig abweichende. - Zusätzlich wurde für die Ergebnisse der DVL und Oppau die Darstellung Ladedruck in Abhängigkeit von Q eingezeichnet.

Das nächste Bild 15 - 34096 - zeigt die Ergebnisse der Prüfung des C 3-Kraftstoffes, die im Gegensatz zur CV 2b-Prüfung als "durchaus befriedigend" angesprochen werden kann. Die Kennkurven der drei Prüfstellen DVL, Rechlin und Intava stimmen gut überein, dies wird auch durch die Darstellung p_{m_e} über Q zum Ausdruck gebracht. Mehr oder weniger parallel dazu verschoben und um ca. 1 kg/cm^2 Nutzdruck höher liegen die Kennkurven von Oppau und Merseburg. Auch diese Feststellung findet ihre Bestätigung bei der Darstellung p_{m_e} über Q . Eigentümlich ist bei dieser Prüfung jedenfalls, daß der technische Prüfstand Oppau z.B. bei einer Kraftstoffmenge von $500 \text{ mm}^3/\text{Spiel}$ um ca. 1 kg/cm^2 Nutzdruck höhere Werte findet als alle übrigen Prüfstellen.

Ergänzend sei noch mitgeteilt, daß bei der Prüfung des C 3-Kraftstoffes bei 18 kg/cm^2 Nutzdruck der Unterschied zwischen Oppau und Rechlin in diesem Falle nur rund $55 \text{ mm}^3/\text{Spiel}$ betrug, bei CV 2b ergab sich bei demselben Nutzdruck ungefähr $95 \text{ mm}^3/\text{Spiel}$.

Das letzte Bild 16 - 34094 - zeigt Ergebnisse der dritten Versuchsreihe mit zwei C 3-Kraftstoffen der Prüfstände DVL und Oppau. Die Kraftstoffe wurden von der DVL dem technischen Prüfstand zugesandt. Die Klopfgrenzkurve der beiden Prüfstellen wurde für den C 3-Kraftstoff 83/41 in der gleichen Größenordnung bestimmt. Die Übereinstimmung ist, verglichen mit der C 3-Prüfung der zweiten Versuchsreihe zwischen DVL und Oppau, weitaus günstiger und zufriedenstellend. Die p_{m_e} -Abweichung beträgt im Umkehrpunkt im Höchsfalle von der gedachten Mittellinie $\pm 3\%$.

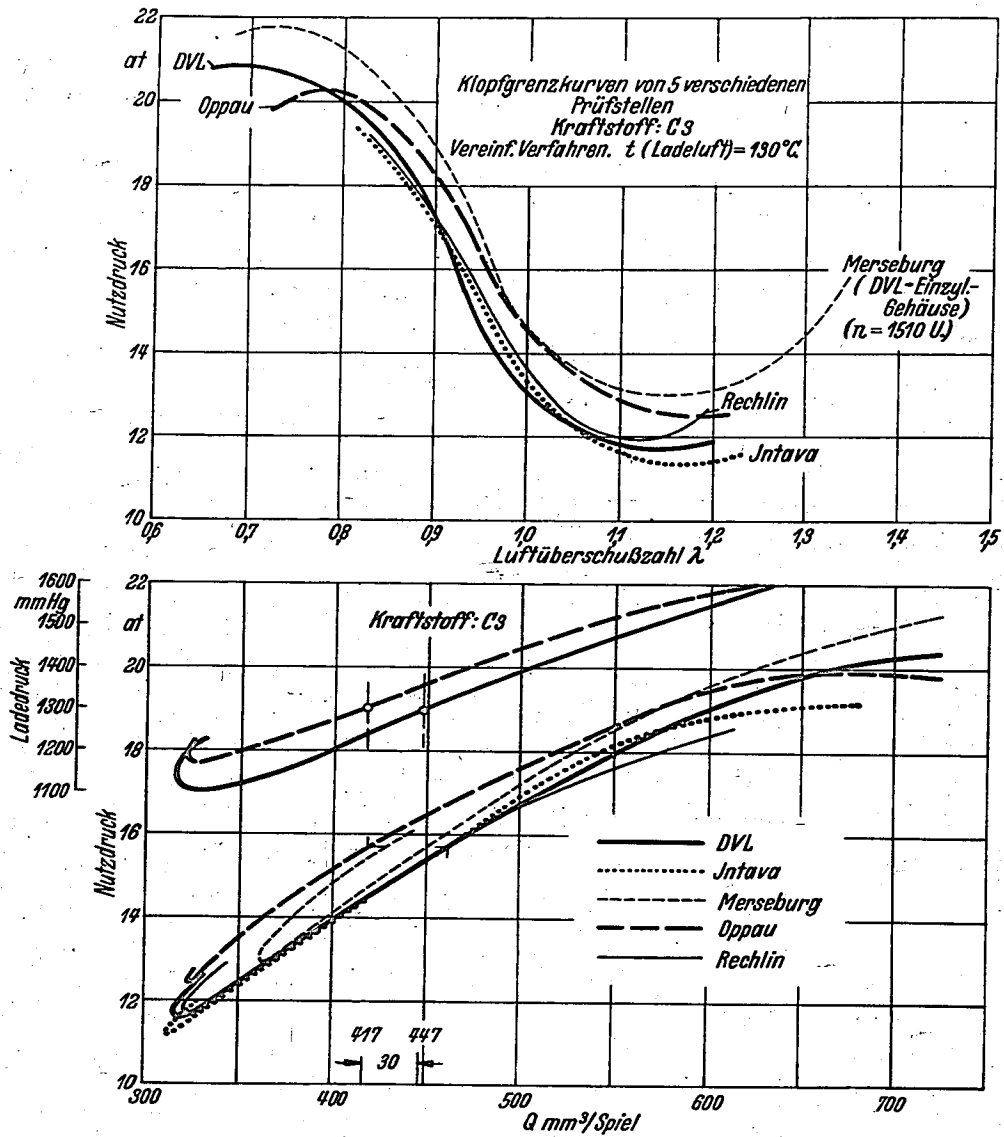


Abb. 15: Vergleichsversuche im EZP BMW 132 N (Stern).
2. Versuchsreihe

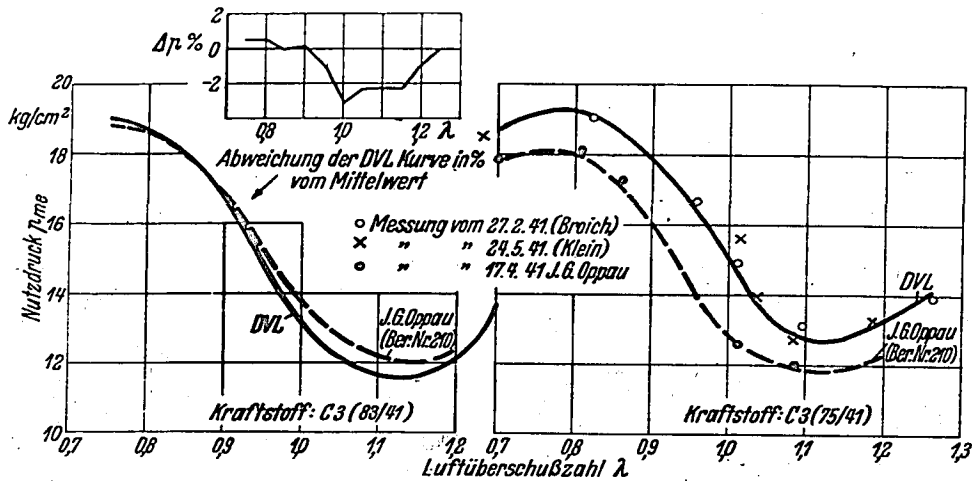


Abb.16: Vergleichsversuche im EZP BMW 132 N (Stern)
3. Versuchsreihe.

Schließlich sei noch bemerkt, daß bei der Prüfung dieses C 3-Kraftstoffes (83/41) die Kraftstoffverteilung bzw. Aufbereitung in beiden Motoren die gleiche war, nur im Tiefstpunkt der Kennkurve lag entsprechend der Klopfgrenzkurve auch die Kennlinie von p_m bzw. p_1 über Q etwas tiefer und zwar um $0,5 \text{ kg/cm}^2$ Nutzdruck.

Ferner zeigt das Bild 16 noch eine Messung eines anderen C 3-Kraftstoffes (75/41). In diesem Falle liegt die Kurve des Oppauer Prüfstandes unterhalb der DVL-Kennkurve. Die DVL-Kurve wurde im Februar und Mai von verschiedenen Bearbeitern gefahren und zeigt denselben Verlauf. Nutzdruck und Ladedruck über den Q -Werten aufgetragen, liegen auf einer gemeinsamen Kurve; die des Oppauer Prüfstandes jedoch entsprechend der tiefer gefundenen Kennlinie zum Koordinatenanfangspunkt verschoben. Ergänzend sei noch bemerkt, daß bei der Bleibestimmung in Oppau statt 0,12 der Wert 0,105 V. % BTÄ gefunden wurde.

IV. Folgerungen aus Einzel- und Vergleichsversuchen für die praktische Überladeprüfung.

Aus den angeführten Einzel- und Vergleichsversuchen im Einzylinderprüfmotor BMW 132 N sind, um eindeutige Ergebnisse für B 4, sowie Hochleistungskraftstoffe nach dem DVL-Überladeprüfverfahren zu erzielen, folgende Punkte zu beachten:

- 1) Die Probeentnahme und der Versand der Kraftstoffe, sowie die Auswahl zweckmäßiger Gebinde muß unter einheitlicher Kontrolle stehen.
- 2) Es wird vorgeschlagen, den zu prüfenden Kraftstoff zweckmäßig erst kurz vor der Prüfung bei der betreffenden Prüfstelle zu verbleien; sollte dies nicht möglich sein, so ist eine Kontrollbestimmung des BTÄ-Gehaltes des verbleit angelieferten Kraftstoffes zweckmäßig.
- 3) Solange Sterngehäuse anstelle des Einzylinderblockes Verwendung finden, sollten Ersatzteile möglichst einheitlich bezogen werden.
- 4) Genaue Überwachung des Gesamtprüfaggregates, im besonderen stete Kontrolle der Kraftstoffaufbereitung, Einhaltung der vorschriftsmäßigen Überholungszeiten, sowie besonders genaue Beachtung des Kolbeneinlaufes tragen zur Erhöhung der Versuchsgenauigkeit bei.
- 5) Als einhaltbare Fehlergrenzen sind nach den erwähnten Versuchen möglich:

Für paraffinische bzw. isoparaffinische Kraftstoffe wie bisher $\pm 2\%$ des Nutzdruckes.

Für Kraftstoffe mit mehr als 35% aromatischen und ungesättigten Anteilen $\pm 4\%$ des Nutzdruckes.

- 6) Unter den obengemachten Voraussetzungen müßten diese Fehlergrenzen bei der Überladeprüfung auch an mehreren Prüfmotoren einzuhalten sein.
- 7) Sollten trotz aller Kontroll- und Versuchsmaßnahmen dennoch Abweichungen bei den einzelnen Prüfstellen sich einstellen, so wären Messungen mit Hilfe des DVL-Druck-

beschleunigungsverfahrens bei der Suche der Fehlerquellen zu empfehlen.

- 8) Zur weiteren Abgleichung der Prüfstände schlägt die DVL die Durchführung einer 4. Versuchsmeßreihe vor.