001880

Die Überladeprüfung im NSU-Motor der Ruhrbenzin A.G. Oberhausen-Holten.

Von Dr.-Ing. Fr. S c h a u b
Ruhrbenzin Aktiengesellschaft, Oberhausen-Holten.

Vor 2½ Jahren wurde bei der Ruhrbenzin der Aufbau eines Kleinmotoren-Überladeprüfstandes in Angriff genommen. Es sollte dadurch die Möglichkeit geschaffen werden, mit einer geringen, für die Laboratoriumsherstellung tragbaren Probemenge die Überladbarkeit von Flugkraftstoffen zu ermitteln. Die Bewertung sollte soweit als möglich mit der DVL-Prüfung im BMW-Motor übereinstimmen, da diese heute für die Beurteilung der Flugkraftstoffe in Deutschland maßgebend ist. Seit etwa einem Jahr ist der Überladeprüfstand der Ruhrbenzin im Betrieb und es wurden bisher mehr als 600 Überladekurven aufgenommen. Ein 2. Prüfstand der gleichen Art wurde vor kurzem fertiggestellt.

Der Aufbau dieser Prüfstände ist grundsätzlich der gleiche wie der des DVL-Überladeprüfstandes und die Prüfung erfolgt nach dem gleichen Verfahren wie dort. Unsere Entwicklungsarbeit an diesen Prüfständen ist zwar nicht abgeschlossen, aber ich komme der Aufforderung der DVL gerne nach, hier über die jetzt vorliegenden Erfahrungen und Ergebnisse zu berichten.

Als Versuchsmotor wählten wir den NSU 501 OSL-Motor. Dies ist ein im Viertakt arbeitender luftgekühlter Kraftradmotor mit einem Hubvolumen von etwa 500 ccm. Die Bohrung beträgt 80 mm, der Hub 99 mm.

Die Luft wird durch Filter und Gasuhr von einem Kompressor angesaugt und verdichtet. Von dort geht sie durch einen Ölabscheider und an elektrischen Heizelementen vorbei zum Motor. Zwischen Druck- und Saugseite des Kompressors ist eine Verbindung durch ein regelbares Ventil hergestellt. Mit diesem wird der Ladedruck und die dem Motor zugeführte Luftmenge eingestellt.

Der Kraftstoff wird ins Ansaugrohr eingespritzt. In diesem Punkt besteht ein Unterschied gegenüber dem BMW-132-Einzylinder. bei welchem die Einspritzung direkt in den Zylinder erfolgt. Der Kraftstoffeinspritzbetrieb musste erst entwickelt werden, da der Motor normalerweise mit Vergaser arbeitet. Einspritzpumpe und Düse lieferten die Firma Bosch. Aus den recht günstigen Kraftstoffverbrauchs- und Luftüberschusszahlen, die erzielt werden, kann geschlossen werden, dass die Gemischbildung und die Kraftstoffverteilung und -Ausnützung gut sind. Im mageren Gebiet liegt der Verbrauch zwischen 180 und 190 gr/PSh und bei Luftüberschusszahlen von 1,3 bis 1,5 ist der Überladebetrieb noch ohne weiteres möglich.

Es wurden auch Versuche mit direkter Einspritzung in den Verbrennungsraum und zwar bei verschiedenen Anordnungen der Einspritzdüse und mit verschiedenen Strahlformen durchgeführt. Die Überladekurven waren bei den günstigsten Anordnungen der direkten Einspritzung ins Ansaugrohr, wie die Abb.1 zeigt. Dort sind für 5 verschiedenartige Kraftstoffe die Überladekurven, die bei Einspritzung ins Saugrohr und bei direkter Einspritzung erzielt wurden, aufgetragen. Die beim Kraftstoff H und G angedeuteten grösseren Abweichungen entsprechen den grösseren Streuungen, die sich bei diesen Stoffen ergeben hatten. Die Kraftstoffverbräuche waren - eigentlich gegen die Erwartung - nicht nennenswert niedriger und bei ungünstiger Abstimmung von Ventilsteuer- und Einspritzzeiten eher ungünstiger als bei der Einspritzung in das Saugrohr. Da sich also bei der Einspritzung in den Zylinder keine wesentlichen Vorteile gezeigt haben und mit Rücksicht auf die Unannehmlichkeit, die das nachträgliche Anbringen der Bohrung für die Einspritzdüse in den verrippten Zylinderkopf bedeutet, bevorzugen wir heute die Einspritzung ins Ansaugrohr.

Die Kühlung des Motors erfolgt durch ein Zentrifugalgebläse. Die Motorleistung wird von einer Wasserwirbelbremse aufgenommen und in der üblichen Weise gemessen. Bei der nicht wesentlich verschieden von denen bei Einspritzung

001882

Überladeprüfung wird das gleiche Verfahren wie das der DVL angewandt. Ich setze voraus, dass dieses bekannt ist und brauche nicht weiter darauf einzugehen.

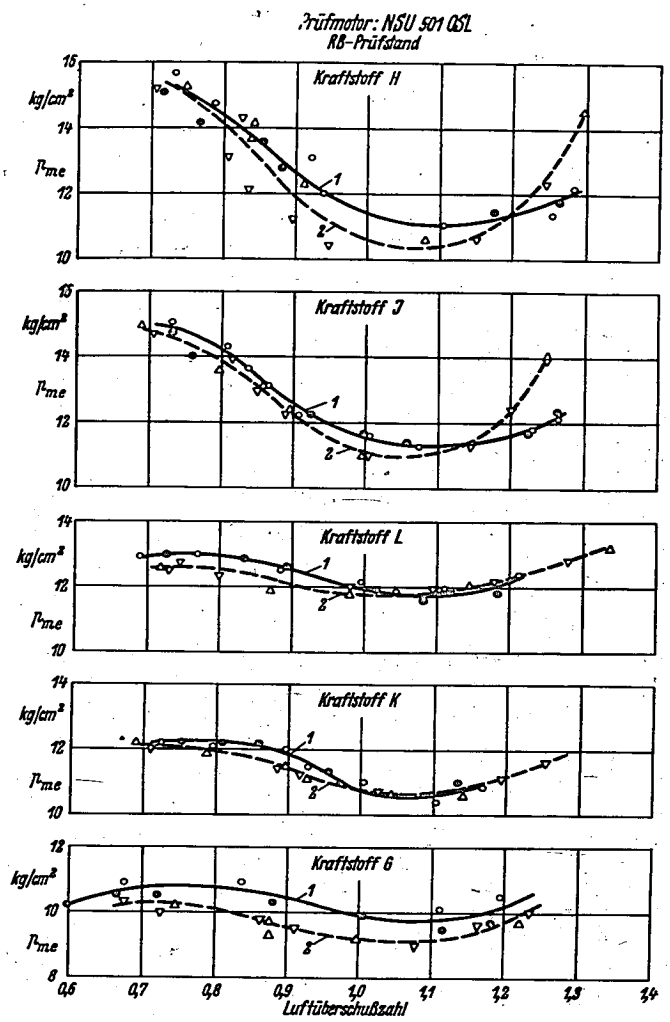

Abb.1. Vergleich der Überladekurven bei Einspritzung in das Ansaugrohr und Einspritzung in den Zylinder (BS-Standard-kraftstoffe)

1. Einspritzung in das Ansaugrohr ____ Prüfdatum 27.2.41
" 2.3.41
2. Einspritzung in den Zylinder __ _ " 14.1.41
" 22.1.41

Im Laufe der Entwicklung stellte sich eine Reihe von Änderungen am Motor als für den Überladebetrieb notwendig oder zweckmäßig heraus. Mit solchen Änderungen konnte von vornherein gerechnet werden, wenn man bedenkt, dass bei der Prüfung moderner Flugkraftstoffe die mittleren effektiven Drücke das 2-3fache gegenüber der Belastung betragen, für die die Maschine von haus aus vorgesehen und konstruktiv gezüchtet war. Neben den Bemühungen zur Schaffung ausreichender Betriebssicherheit beschäftigen uns die Ermittlung der Streugrenze und deren Einengung und der Versuch, die Ergebnisse an die des BMW 132-Zylinders anzugleichen.

Von der Grösse der Streuungen geben schon die Werte der Abb.1 einen Begriff, da jede Kurve durch je 2 Messreihen ermittelt wurde. Es scheint, dass die Abweichungen bei aromatischen oder alkoholhaltigen Kraftstoffen grösser sind als bei paraffinischen. Zur Erläuterung der Streugrenzen zeige ich noch Bild 2, wo wesentlich mehr Messungen mit gleichem Kraftstoff vorlagen und aufgetragen sind. Hier wird der Streubereich etwas weiter. Bei ihrer Betrachtung ist zu berücksichtigen, dass sich unsere Betriebserfahrungen am NSU-Überlademotor heute erst auf eine verhältnismäßg kurze Zeit erstrecken. Wenn heute die Streuungen am NSU-Motor vielleicht noch etwas grösser sind als im BMW 132-Zylinder, so glaube ich doch, dass dies grundsätzlich nicht der Fall zu sein braucht.

Im allgemeinen wird man bei der Überladeprüfung mit ähnlichen Schwierigkeiten in Bezug auf Streuungen zu rechnen haben, wie sie von den Klopfmotoren her hinreichend bekannt sind, und die wohl darauf zurückgeführt werden müssen, dass Druck und Temperatur im Kraftstoffluftgemisch am Ende der Verdichtung geringe Abweichungen erfahren können, ohne dass dies nach aussen erkenntlich wird.

Neben der selbstverständlichen Voraussetzung, dass die motorischen Bedingungen ausreichend konstant bleiben müssen, erscheint es für eine befriedigend enge Streugrenze wichtig , dass der Betriebszustand des Motors einwand-

001884

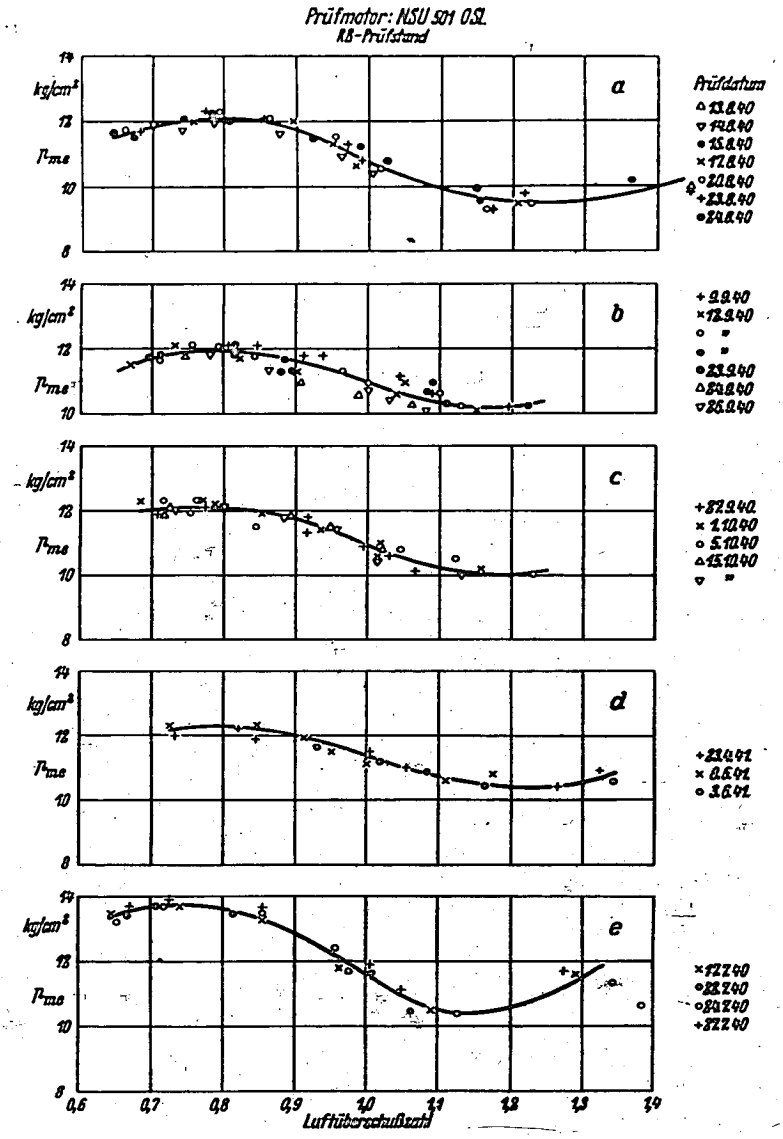

Bild 2. Beispiele für wiederholt unter gleichen Bedingungen gefahrene Überladekurven zur Beurteilung der Streugrenzen.

a) - d) Kraftstoff VT 702
e) " VT 705

frei ist. Hier ist nach unseren Erfahrungen besonders auf die Güte der Ventilsitze zu achten.

Besondere Schwierigkeiten bietet die Forderung, die Bewertung verschiedenartiger Kraftstoffe im NSU-Motor mit

der eines anderen - in unserem Falle des BMW 132-Zylinders - im Einklang zu bringen. Es ist von den Flugmotoren her bekannt, dass die zulässigen Lade- und mittleren effektiven Drücke verschiedenartiger Kraftstoffe nicht bei jedem Motortyp im gleichen Verhältnis zueinander stehen und dass sie im gleichen Motor wieder von den Betriebsbedingungen in verschiedenem Maße abhängen. Die Bewertung in einem Prüfmotor, wie z.B. dem BMW 132, kann somit zunächst willkürlich erscheinen. Die Wahl desselben und die der Prüfbedingungen erfolgen jedoch in erster Linie nach dem Gesichtspunkt, eine Bewertung der Kraftstoffe zu erhalten, die deren Verhalten im praktischen Flugbetrieb der Vollmotoren möglichst sicher und zuverlässig wiedergibt. Im Zuge der Weiterentwicklung der Motoren und Kraftstoffe muss damit gerechnet werden, dass eines Tages andere Bewertungen notwendig erscheinen als es heute der Fall ist. Dann müssen auch im Kleinmotor wieder andere Überladebilder angestrebt werden.

Bei dem Versuch, die Bewertung des NSU-Überlademotors an die des BMW 132-Zylinders unter den gegenwärtig gültigen Bedingungen soweit als möglich anzugleichen, und um auch in Zukunft vielleicht nötigen Änderungen der Bedingungen gerecht werden zu können, erscheint es erforderlich, festzustellen, in welchem Sinne und in welchem Maße die Überladekurven durch Änderung der Betriebsgrössen beeinflusst werden können. In dieser Absicht wurden zahlreiche Versuche bei der Ruhrbenzin durchgeführt. Für eine Reihe von Vorversuchen verwendeten wir zunächst einen B 4 Kraftstoff und später für die Hauptversuche 5 vom Institut für Betriebstofforschung der DVL gelieferte Stoffe, die folgende Zusammensetzung haben:

G) 75% ET 100 + 25% Fliegerbi.
H) 75% Mot.Bo. + 25% Fliegerbi.
I) 47% Äthanol + 53% Fliegerbenzin
K) Flieger-Bi + 1,2 ccm^3/ltr. BTÄ
L) ET 100, rein.

Wie verschiedenartig die Kraftstoffe auf die Ansaugluft-temperatur, den Zündzeitpunkt und das Verdichtungsverhält-

001886

nis reagieren, geht aus den Abbildungen 3 und 4 hervor.

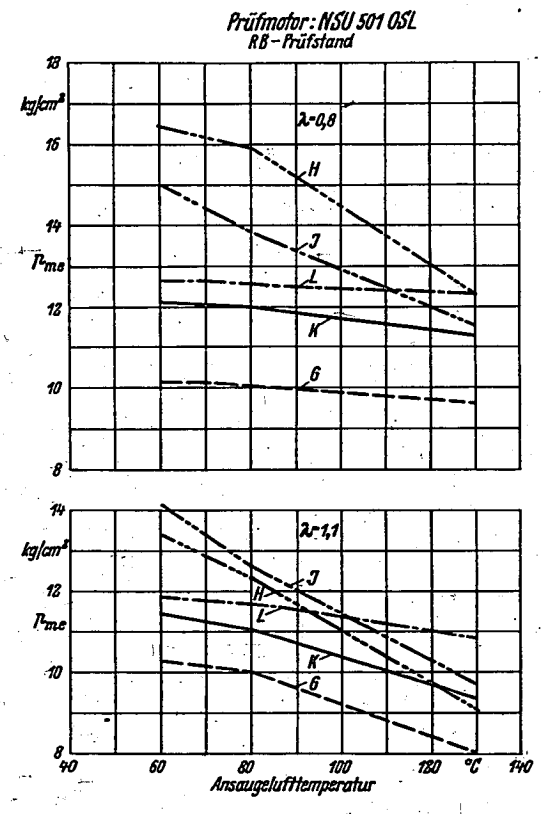

Abb.3. Abhängigkeit der Ladedrücke von der Ansaugluftttemperatur für λ 0,8 und 1,1 (5 BS-Standardkraftstoffe)

Hier sind für die 5 genannten Kraftstoffe die mittleren effektiven Drücke für die Luftüberschusszahlen 0,8 und 1,1 abhängig vom Zündzeitpunkt, Verdichtungsverhältnis und der Ansaugluftttemperatur aufgetragen. Die Linien stellen Mittelwerte aus mehreren Kurven dar. Ähnliche Abhängigkeiten für den BMW-Motor sind schon durch das Institut für Betriebstoffor-

schung der DVL bekannt geworden. Es ist erkennbar, dass die aromaten- und alkoholhaltigen Kraftstoffe H und I auf Änderung dieser Betriebsgrössen verhältnismäßig empfindlich sind, während G,K und L bei denen es sich um Stoffe mehr paraffinischer Natur handelt, wesentlich schwerer zu beeinflussen sind.

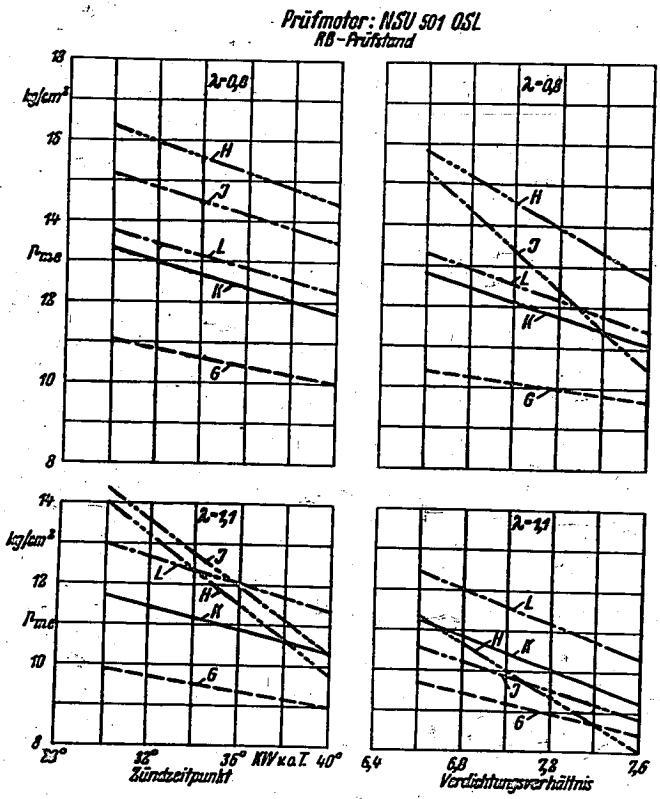

Abb.4. Abhängigkeit der Ladedrücke vom Zündzeitpunkt und Verdichtverhältnis für λ=0,8 und 1,1 (5 BS-Standardkraftstoffe).

001888

Neben den oben angeführten Einflüssen ändern auch die Kühlung des Zylinderkopfes und des Auslassventiles und der Ort der Einspritzung die Überladekurven der einzelnen Kraftstoffe in verschiedenem, wenn auch bei manchen Kraftstoffen geringem Maße. Auch hier waren verständlicherweise die aromaten- und alkoholhaltigen Stoffe am empfindlichsten.

Die Einflüsse der Drehzahl und der Ventilsteuerzeiten, wurden an einzelnen Kraftstoffmustern ebenfalls beobachtet. Es liegen aber noch nicht genügend Ergebnisse vor, um nähere Angaben zu machen.

Der Zeitpunkt der Kraftstoffeinspritzung war von geringfügiger Bedeutung für die Höhe der Überladekurven. Er liegt bei uns am Anfang des Saughubes, in der Nähe der oberen Totlage des Kolbens. Wesentlich spätere Einspritzung erhöht die Verbräuche. Ausserdem kann durch ungünstige Einspritzzeiten bewirkt werden, dass Kraftstoff durch das Auspuffventil infolge der Ventilüberschneidung verloren geht und dadurch die Überladekurven vorwiegend in waagerechter Richtung verlagert werden. Durch Änderung der Ventilüberscheidung können die Ladedrücke in hohem Maße beeinflusst werden, während die mittleren effektiven Drücke dabei wesentlich geringere Änderungen erfahren. Aus diesem Grunde betrachten wir die erzielbaren mittleren effektiven Drücke als günstigere Vergleichsgrundlage zur Beurteilung der Kraftstoffe als die Ladedrücke.

Da die Arbeiten über den Einfluss der motorischen Bedingungen noch im Gange sind, kann jetzt noch nichts Endgültiges über die erzielbare Annäherung der Ergebnisse an die eines anderen Motors gesagt werden. Als Beispiel für schon erzielte Übereinstimmung zwischen NSU- und BMW-Motor sind in Abb.5 die Überladekurven der 5 genannten Kraftstoffe aus dem NSU-Motor denen des BMW-Motors gegenübergestellt. Man sieht, dass die Angleichung zwar noch nicht vollkommen ist, dass aber eine immerhin ähnliche Bewertung erfolgt. Ich zeige noch als weiteres Beispiel in Abb.6 die Überladekurven von 3 Flugkraftstoffen, die von der DVL im BMW-Motor und von uns gefunden wurden. Die Bedingungen, unter denen diese Werte erzielt wurden, sind in der Zahlentafel einander gegenübergestellt. Beim NSU - Motor verlaufen die Über -

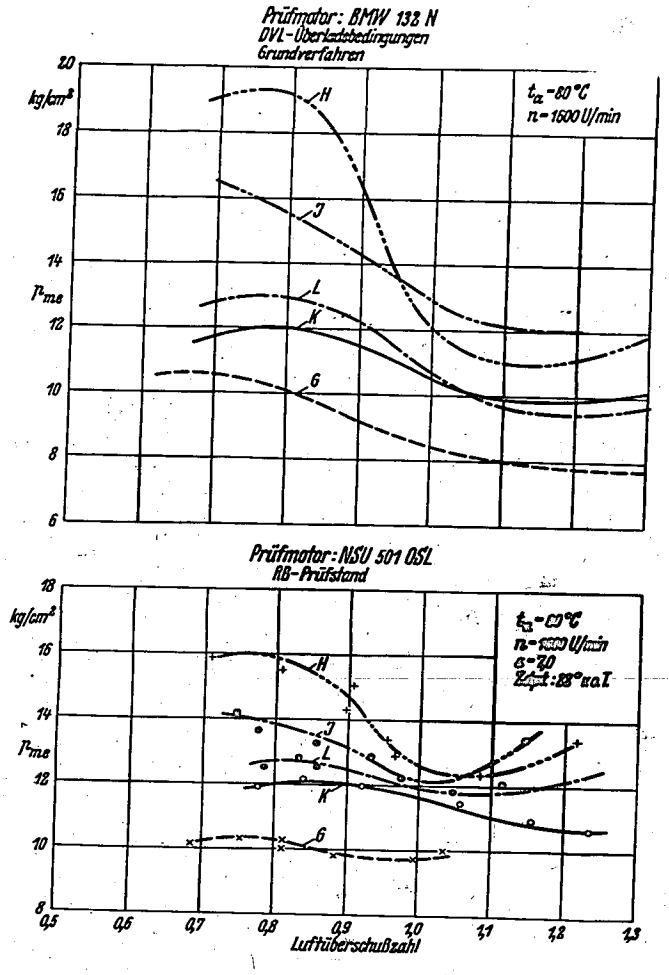

Abb.5. Vergleich der Überladekurven für 5 BS-Standardkraftstoffe aus BMW 132 N und NSU 501 OSL.

ladekurven im allgemeinen etwas flacher und liegen enger beieinander als beim BMW-Motor.

Dass die Höchstwerte der mittleren effektiven Drücke im NSU-Motor niedriger liegen, wurde von uns zunächst bewusst angestrebt, um das Triebwerk des für ganz andere Zwecke bestimmten Motors zu schonen. In Verbindung mit den von uns am Motor vorgenommenen kleinen Änderungen konnten so Betriebs-

001890

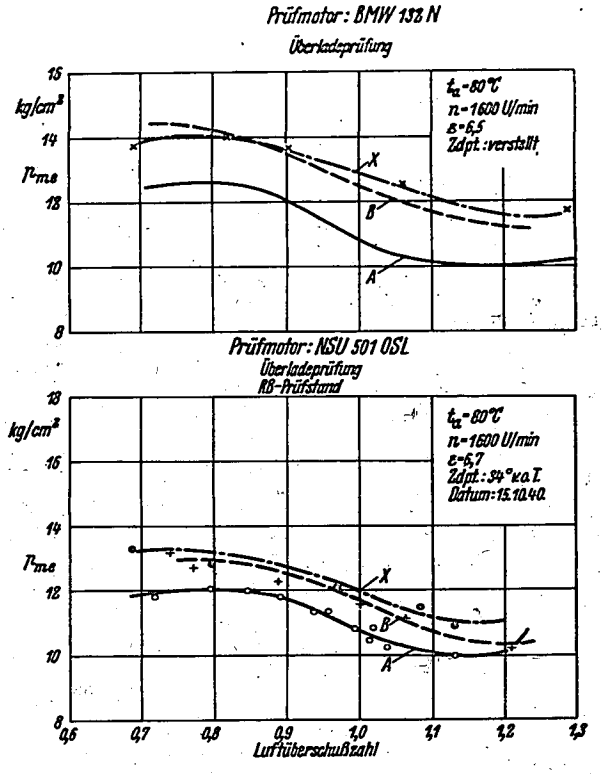

Abb.6. Vergleich der Überladekurven für 3 Flugkraftstoffe, sonst wie 5.

perioden bei ständigem Überladebetrieb von etwa 200 Stunden ohne nennenswerte motorische Störungen erzielt werden. Natürlich erfolgte das Einschleifen der Ventilsitze in kürzeren Abständen und zwar von etwa 20-30 Überladebetriebsstunden. Es erscheint durchaus möglich, durch weitere konstruktive Maßnahmen den Motor auch bei höheren mittleren Drücken mit gleicher Sicherheit zu betreiben. Solche Maß-

nahmen, die am zweckmäßigsten durch die Herstellerfirma erfolgen würden, wären insbesondere dann zu erwägen, wenn sie für eine grössere Anzahl von Motoren in Frage kämen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der NSU-Überladeprüfstand auf dem vorgesehenen Anwendungsgebiet den von uns gestellten Forderungen gerecht geworden ist. Die Entwicklung synthetischer Flugkraftstoffe wurde wesentlich dadurch gefördert, dass es im NSU-Motor möglich gewesen ist, die Überladbarkeit von Laboratoriums-Proben festzustellen, deren Herstellung in Mengen von 20-30 ltr., wie sie im Flugmotoren-Einzylinder benötigt werden, praktisch unmöglich gewesen wäre. Neben der geringen Probemenge von 2-3 ltr. ergeben sich als weitere Vorzüge gegenüber dem Flugmotoren-Einzylinder, die niedrigen Anlagekosten, die bei uns etwa RM 10-12.000 pro Prüfstand betrugen, sowie die einfachere Handhabung bei Montage und Betrieb.

Zahlentafel

Vergleich der Betriebsgrößen bei der Überladeprüfung im BMW 132-(DVL) und NSU 501 OSL-Motor (Ruhrbenzin.)

		DVL	RB
Motor		BMW 132	NSU 501 OSL
Zylinderzahl		1	1
Bohrung	mm	155	80
Hub	mm	160	99
Hubvolumen	ltr.	3,076	0,494
Verdichtungsverhältnis		1:6	1:7
Kühlung		Luftkühlung	Luftkühlung
Gemischbildung		Einspritzung in den Zylinder	Einspritzung in das Ansaugrohr
Einspritzbeginn		25° n.o.T.	10°KW n.o.T. (Saugbeginn)
Zündpunkt		veränderlich	konstant, 22° v.o.T.
Drehzahl		1600	1600
Ansaugluftemperatur	°C	80	80
Bewertungsgrößen		p_{me}, Ladedruck bei Klopfbeginn(10 Schläge/min)	p_{me}, Ladedruck bei Klopfbeginn (10 Schläge/min)
Bezugsgröße		Luftüberschusszahl	Luftüberschusszahl
Klopfmessung		Abhören	Abhören