

Bericht Untersuchung von Fließ-
kraftstoffen im Feld-Prüfstand

Technischer Prüfstand Op.

Nr. 416.

H 14

Verfasser Ing. Singer

Tag 9. März 1940.

Gesehen von der Direktion

Zur Kenntnis an:

Empfänger	Ein- gang	Weiter	Unterschrift

7019

I.G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft,
Ludwigshafen am Rhein
Techn. Abt. Nr. 200
Bericht Nr. 416

B e r i c h t

über die

Untersuchung von Flugkraftstoffen im I.G.-Faktortor.

7020

B e r i c h t

über die

Untersuchung von Flugkraftstoffen im I.G.-Prüfmotor.

Zusammenfassung:

Die Betriebsbedingungen eines I.G.-Prüfmotors wurden geändert. Hierbei wurde gefunden, daß dieser in seinen Meßwerten sehr lenkbar ist und daß von allen untersuchten Kraftstoffen die bleihaltigen Aromatenbenzine am empfindlichsten auf wechselnde Betriebsbedingungen ansprechen. Drei typische Benzine bewertet der I.G.-Prüfmotor in gleicher Reihenfolge wie der I.G.-Versuchsmotor mit dem BMW-Zylinder 132 H. Das Ergebnis zeigt die Brauchbarkeit des Verfahrens an sich. Die endgültigen Prüfbedingungen müssen durch weitere Vergleichsversuche noch festgelegt werden.

Allgemeines:

Die im I.G.-Prüfmotor nach der Motormethode gefundene Bewertung von Fliegerkraftstoffen deckt sich nicht immer mit den Erfahrungen der Praxis. Dies kann auch nicht für alle Fälle erwartet werden, weil seit der Einführung der motorischen Klopfwertbestimmung zu den damals üblichen Flugkraftstoffen und -motoren neue Typen gekommen sind, wodurch heute der Aufbau von Fliegerbenzinern mannigfaltiger und die Betriebsbedingungen der Motoren unterschiedlicher als früher geworden sind (Benzine mit Zusatz an Aromaten, verzweigten Paraffinen, Ketonen, Bleiteträthyl. Motoren mit Überladung unter verschiedener Gebläselufttemperatur, Regalvergaser mit Einstellung für "Vollast und Reiseflug"). Diese mangelnde Übereinstimmung macht sich besonders bei den hochklopfesten Kraftstoffen und den zugehörigen Motoren bemerkbar, die beide erst in der jüngeren Zeit entwickelt wor-

den sind. Dazu kommt, daß das Klopfen als solches im Prüfmotor auf eine andere Weise festgestellt wird als im Vollmotor. Hier wird unter Klopfen jegliche Änderung von dem normalen Verbrennungsablauf verstanden, während im Prüfmotor das Klopfen noch mehr oder weniger nach der auftretenden Lautstärke beurteilt wird.

Aus diesen Gründen wird ~~konkurrenzbestimmend~~ ^{angestrebt}, außer der herkömmlichen Messung der Flugkraftstoffe nach der Motor-Oktanzahl noch zusätzlich deren Verhalten in einem solchen Prüfstand/^{zu}bestimmung, der in Aufbau und in den Betriebsbedingungen dem in Frage kommenden Flugmotor möglichst nahe kommt. Die so erhaltenen Werte sind überaus wertvoll für das betreffende Motorenmuster, lassen sich jedoch nur unter Vorbehalt auf Flugmotoren anderer Bauart und Betriebsweise übertragen. Da die Untersuchungen an solchen großen Einzylinderprüfstellen sehr kostspielig und zeitraubend sind und außerdem eine größere Kraftstoffmenge zu Untersuchungszwecken voraussetzt, wurde versucht, einen normalen I.G.-Prüfmotor ~~her~~ ^{so} abzustimmen, daß er verschiedenartige Kraftstoffe in gleicher Reihenfolge bewertet, wie der auf dem Techn. Prüfstand verwendete große I.G.-Versuchsmotor mit dem 132 N. Daß zum Abstimmen auf andere Motorenmuster gegebenenfalls wieder andere Betriebsbedingungen im Prüfmotor gesucht und gefunden werden müssen, versteht sich von selbst.

Die Bewertung verschiedenartiger Kraftstoffe am Prüfmotor und am großen Einzylinder-Prüfstand bei Beginn dieser Versuche ~~gemacht~~ zeigt Bild 1. Hier wurden Stoffe mit normaler Klopfestigkeit, die am großen Einzylinderprüfstand klopfgleich ^{*)} waren, am Prüfmotor nach der Research- und nach der Motor-Methode untersucht. Ausgehend von dem Kraftstoff a als Bezugsbenzin zeigt nun Bild 1, daß die Motor-Methode alle Kraftstoffe unterbewertet. Beim Übergang auf die weniger strenge Research-Methode werden erwartungsgemäß besonders die Mischungen des gleichen Bezugsbenzins mit Pinakolin, Aromatenextrakt und Benzol bevorzugt.

*) Wo waren bei 650 mm QS Überladung und sonst gleichen Bedingungen durch Zusätze klopfgleich gemacht worden.

Das gleiche gilt in etwas schwächerem Maße für das aromatenhaltige und verbleite Borneo-Benzin. Kaum beeinflusst vom Wechsel in der Prüfmethode werden außer der Mischung mit Isopropyläther nur die verbleiten Benzine e und h. Das Gesamt-ergebnis zeigt also, daß im Vergleich zu dem am 12. 132 K ermittelten Werte die Research-Methode zwar etwas richtigere Werte gibt als die Motor-Methode, daß aber auch sie bei Bleibenzinen versagt.

Der weitere Untersuchungsgang bestand also im Auffinden von Betriebsbedingungen, welche besonders die ^{Bewertung der} Klopfestigkeit von Bleibenzinen verbessert.

Versuchseinrichtung:

Ein I.G.-Prüfmotor wurde für veränderlichen Mißdruck eingerichtet (Bild 2). Zur Aufladung wird dem Werknetz Druckluft entnommen und über einen Windkessel und Vergaser dem Motor zugeführt. Zur Messung der Luftmenge sitzt im Innern des Windkessels eine Luftpumpe. Relative Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur sind messbar. Über ein Druckminderventil strömt die Luft in den druckfesten Vergaser (Bild 3). Zwei Kraftstoffbehälter können wahlweise durch einen Umschalthahn mit der zugeordneten Nadeldüse verbunden werden. Mittels einer Meßkugel wird der Kraftstoffverbrauch abgestoppt. Eine elektrische Heizung kann entweder vor oder hinter dem Vergaser angebaut werden, wodurch entweder die Luft oder das Gemisch vorwärmbar ist. Wenn während des Versuches die Motordrehzahl rasch geändert werden soll, wird die Maschine mit einer Gleichstrom-Pendel-dynamo gekuppelt. Soll jedoch über einen längeren Zeitraum die Drehzahl unveränderlich bleiben und damit das Versuchspersonal von der Beobachtung der Motordrehzahl entlastet werden, so arbeitet das Prüfgerät am zweckmäßigsten auf einen Drehstrom-Kurzschlußläufer von gleichbleibender Drehzahl, wobei durch verschieden große Riemenscheiben die Drehzahl des Prüfgerätes einstellbar ist. Der Verbrennungsvorgang kann über einen piezo-elektrischen Indikator und Braunsche Röhre beobachtet werden; die Klopfstärke kann außer durch Abhören noch

durch den Springstiftapparat oder durch die Braunn'sche Röhre beurteilt werden. In seinem Klopfverhalten wird der Kraftstoff entweder durch Ändern des Verdichtungsverhältnisses, wie üblich, oder durch Ändern des Einlaßdruckes beeinflusst. Das Verdichtungsverhältnis wird in üblicher Weise an der Skala des Prüfgerätes, der Einlaßdruck an einem Quecksilber-Manometer abgelesen, dessen Skala zuvor in Einklang mit dem jeweiligen Barometerstand gebracht worden ist und deshalb den Druck in mm QS abs. angibt. Der Einlaßdruck ist durch ein Überströmventil am Windkessel einstellbar und wird kurz vor dem Einlaßventil gemessen.

Versuchsdurchführung und- ergebnis:

Um die Frage zu klären, ob das Klopfverhalten von Kraftstoffen sich ändert, je nachdem diese bei sonst gleichbleibenden Prüfbedingungen durch Verdichtungsänderung oder durch Überladen zum Klopfen gebracht werden, wurde ein handelsübliches Stanavo-Flugbenzin nacheinander mit steigenden Zusätzen an techn. Oktan Motorenbenzol, Tolnol, Xylol, Isopropyläther und Bleitetraäthyl versetzt. Von den so erhaltenen Mischungen wurde zunächst in üblicher Weise die Oktanzahl nach der Motor-Methode bestimmt, wobei der Vorschrift entsprechend die Klopfstärke durch Ändern des Verdichtungsverhältnisses eingestellt wurde. Die so erhaltenen Werte sind auf Bild 4 in 6 Kurven dargestellt. Nun wurden die gleichen Mischungen dadurch zum Klopfen gebracht, daß bei unverändertem Verdichtungsverhältnis 6:1 der Einlaßdruck bis zur gleichen Klopfstärke wie zuvor gesteigert wurde, wobei aber alle anderen Prüfbedingungen, insbesondere die der Vergasereinstellung auf größte Klopfstärke, unverändert eingehalten worden sind. Die so erhaltenen Werte zeigen die Kurven nach Bild 5. Aus dem Vergleich der Kurvenscharen nach Bild 4 und 5 ergibt sich:

Überladen allein, ohne gleichzeitige Änderung einer anderen Betriebsbedingung, bringt keinen wesentlichen Unterschied in der Oktanzahl des Kraftstoffes.

Aus den bei diesen Versuchen gewonnenen Unterlagen läßt sich nach Bild 6 der Zusammenhang zwischen Oktanzahl und Verdichtungsverhältnis, nach Bild 7 zwischen Oktanzahl und Einlaßdruck angeben. Bei dem I.G.-Prüfmotor entspricht hier- nach in dem untersuchten Meßbereich 1 Oktanzahl etwa 0,1 Verdichtungseinheit bzw. 15 mm QS Unterschied im Einlaßdruck.

Die weiteren Versuche galten der Änderung der Betriebsbedingungen für die Untersuchungen am I.G.-Prüfmotor, um damit den Verhältnissen des Flugmotors et- was näher zu kommen. Sie führten schließlich zu folgenden vorläufigen Daten, wo- bei die früheren Werte in Klammern beige ^{ge}gt sind:

a) Ventilzeiten	E öffnet	19° v.o.T.	{ 6° n.o.T. }
	E schließt	76° n.u.T.	{ 7° v.u.T. }
	A öffnet	69° v.u.T.	{ 12° v.u.T. }
	A schließt	21° n.o.T.	{ 6° v.o.T. }
b) Ventilhub	E	5,8 mm	{ 3,2 mm }
	A	5,1 mm	{ 3,1 mm }
c) Zündstellung		32° v.o.T.	(22° v.o.T.)
d) Kühltemperatur		zeitw. 100°C	(150°C)
e) Gemischtemperatur		" 100°C	(150°C)
f) Drehzahl		900/min	(900/min)
g) Einlaßdruck		1000 mm QS	(Atmosphärendruck)
h) Zündkerze		Bosch W 225 T 1	(DM 145 T 1)

a) und b) ergeben zusammen bessere Spülungsverhältnisse und erhöhen damit den Einfluß des Benzin-Luftverhältnisses.

c), d) und e) wurden mit Rücksicht auf eine gute Bewertung von Kraftstoffen mit Ungesättigten und Aromaten überprüft.

f) wurde im Hinblick auf den Meßbereich des Gerätes möglichst nieder gehalten.

g) wurde gewählt, um den Meßbereich des Prüfmotors zu erhöhen.

h) ergab sich aus der erhöhten Beanspruchung der Zündkerze bei hohem Ein- laßdruck.

Die weiteren Versuche wurden zunächst ohne Überladung durchgeführt. Sie sollten schlenmässig den Einfluss der Luftüberschusszahl auf die Oktanzahl verschieden klopfester Kraftstoffe klarstellen. Verwendet wurden hierzu Benzine mit vorwiegend paraffinischem bzw. aromatischem Charakter sowie verbleite Aromatenbenzine. Diese Stoffe wurden gemäß der in der Anlage aufgeführten Prüfweise untersucht; das Ergebnis selbst ist in Bild 8 und 9 wiedergegeben. Während nach Bild 8 die untersuchten Kraftstoffe mit einer Grundoktanzahl von rd. 70 gleichmässig durch die Luftüberschusszahl beeinflusst werden, zeigt Bild 9 bei ähnlichen Kraftstoffen, aber höherer Grundoktanzahl, daß verbleites aromatenhaltiges Benzin dem stärksten Einfluß des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses unterliegt. Die Begründung dürfte in der höheren ^{thermischen} Beanspruchung der hochklopfesten Kraftstoffe zu suchen sein, die sich auf Benzine von verschiedenartigem Aufbau ungleich auswirkt. Aus diesen Versuchen folgt:

Der Einfluß der Luftüberschusszahl (des Verbrauchs) auf die Oktanzahl ist abhängig von Aufbau des untersuchten Kraftstoffes und von seiner Klopfestigkeit. Aromatenhaltige Bleibenzine von hoher Klopfestigkeit sind am empfindlichsten auf eine Änderung im Benzin-Luft-Verhältnis.

Auf Bild 10 ist der Zusammenhang zwischen der Durchflußzeit, dem Verbrauch und der Luftüberschusszahl angegeben. Der Einfachheit halber wurde in den meisten Abbildungen die Durchflußzeit als Maßstab für das Mischungsverhältnis gewählt.

Das Bleibenzin wurde nun eingehender untersucht. Frühere Versuche (Bericht Nr. 353) hatten ergeben, daß Benzine mit Ungesättigten und Aromaten weniger bleiempfindlich sind als Benzine mit paraffinischer oder naphthenischer Grundlage. Dies wurde auch bei den Versuchen bestätigt, bei denen in üblicher Weise das Benzin-Luft-Verhältnis auf stärkstes Klopfen eingestellt war; aus Bild 11, auf

dem die Verbesserung der Oktanzahl durch die Änderung des Kraftstoffdurchlaufes dargestellt ist, ergibt sich jedoch folgendes:

In oberen Oktanzahlbereich sprechen verbleite Benzine mit aromatischem Charakter stark auf eine Änderung der ^{Gemischzusammensetzung} an. Dies ist bei Bleibenzinen auf paraffinischer Basis weniger der Fall.

Diese Versuche wurden, wie erwähnt, mit gleichbleibendem Einlaßdruck durchgeführt. Um dessen Einfluß auf die Mischungsempfindlichkeit der Kraftstoffe zu klären, wurden je ein verbleites Aromatenbenzin mit einem unverbleiten Paraffinbenzin verglichen, und zwar einmal mit veränderlichem, das andere mal mit festem Einlaßdruck. Das in Bild 12 und 13 angegebene Meßergebnis zeigt für die Methode mit veränderlichem Einlaßdruck eine etwas größere Mischungsempfindlichkeit des verbleiten Aromatenbenzins gegenüber dem vergleichsweise untersuchten Paraffinbenzin. Diese unterschiedliche Mischungsempfindlichkeit zwischen bleihaltigen Aromatenbenzinen und bleifreien Paraffinbenzinen ist nie unabhängig von der Höhe des Einlaßdruckes.

Um festzustellen, inwieweit die Ergebnisse dieses umgebauten I.G.-Prüfmotors mit den Werten übereinstimmen, die am großen I.G.-Versuchsmotor mit dem Flugmotorenzylinder Bl III 132 N erhalten worden sind, wurden an beiden Stellen je ein Paraffinbenzin, ein Aromatenbenzin und ein verbleites Aromatenbenzin untersucht, die zuvor im I.G.-Prüfmotor auf die gleiche Klopfestigkeit von 90 MOZ abgestimmt worden waren. Nachdem als Ergebnis eines Vorversuches die Gemisch- und Kühltemperatur von 100° auf 150° erhöht worden war, wurden dann die in Bild 14 ^{enthaltenen} ~~erhaltenen~~ Kurven erhalten. Ein Vergleich mit den gestrichelt eingezeichneten Werten des großen Einzylinderprüfstandes zeigt, daß von beiden Prüfmotoren die Reihenfolge der untersuchten 3 Kraftstoffe die gleiche ist. Auch der Verlauf der Kurven zeigt eine befriedigende Übereinstimmung. Beim paraffinischen Kraftstoff liegt die Kurve am I.G.-Prüfmotor höher. In weiteren

Versuchsreihen mit Stoffen von verschiedensten Aufgaben soll nun die Anzeigefähigkeit dieses Prüfverfahrens untersucht werden.

Anlagen: TPr 3 653-660
1 Anhang.

Prüfung

Klopffestigkeit am normalen J.G. Prüfmotor gegenüber dem J.G. Versuchsmotor

(mit Zylinder BMW 132-N u. 650mm QS Überladung)

- a Bi 705b + ET100
- b Bi 705b + Pinakolin
- c Bi 705b + Isopropyläther
- d Bi 705b + Aromatenextrakt
- e Bi 705b + Bleitetraäthyl
- f Bi 705b + Motorenbenzol
- g Borneo-Bi, verbleit
- h Bi 702 + Bleitetraäthyl

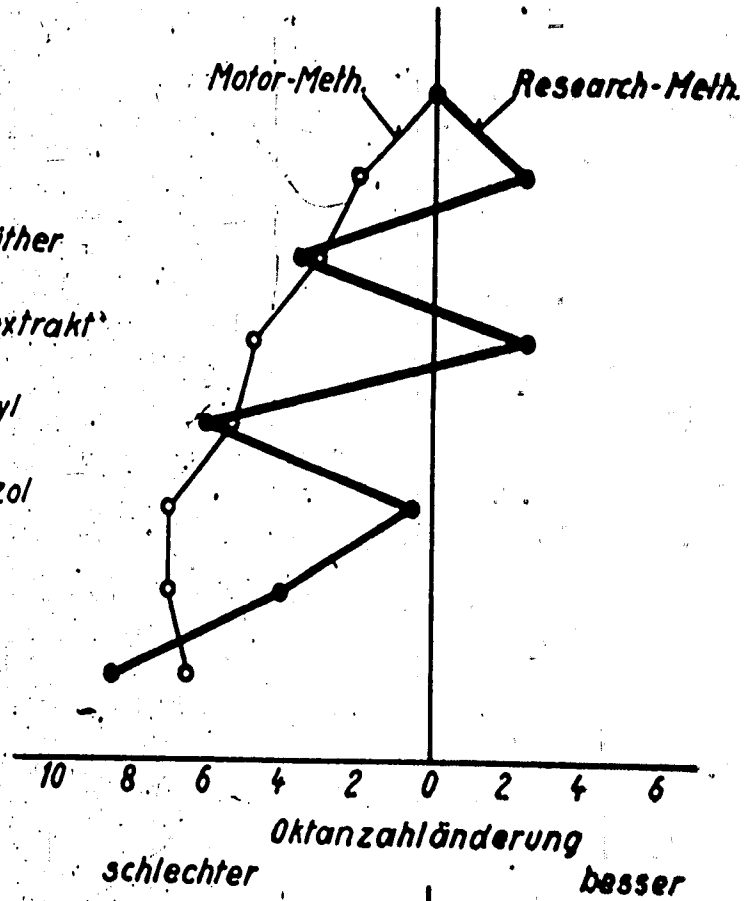
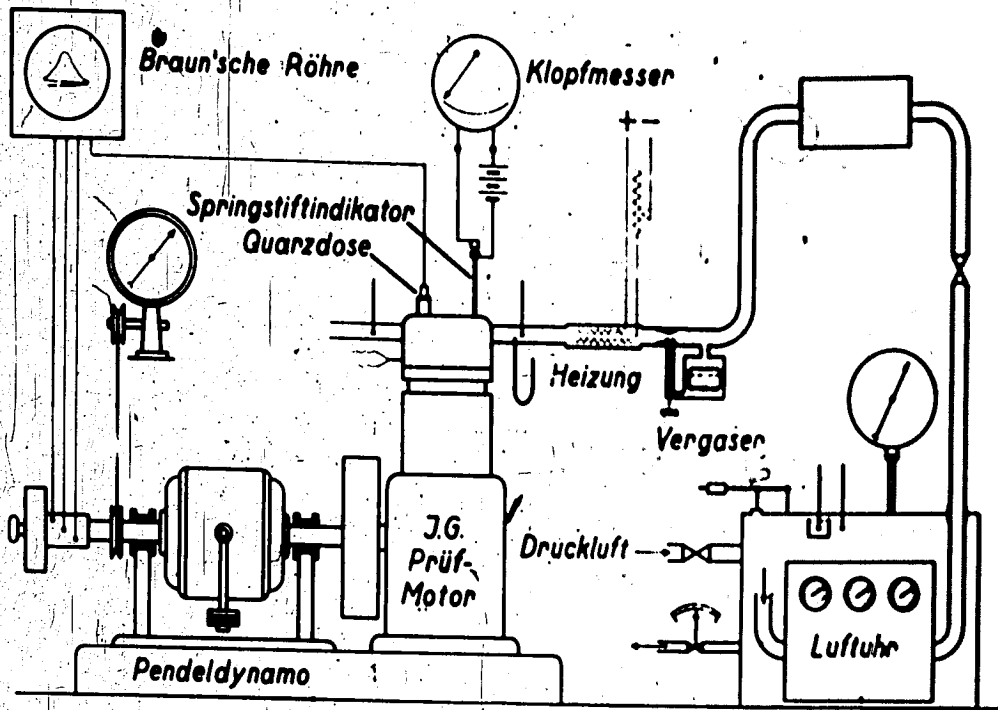


Bild: 1

Linie gleicher Bewertung mit dem BMW 132 - N

7029

5.3.40



Motordaten: Bohrung 65mm, Hub 100 mm, Hubraum 332 ccm,
Verdichtung verstellbar. 4,0 1 - 15,0:1

Bild 2: Schema der Versuchsanlage

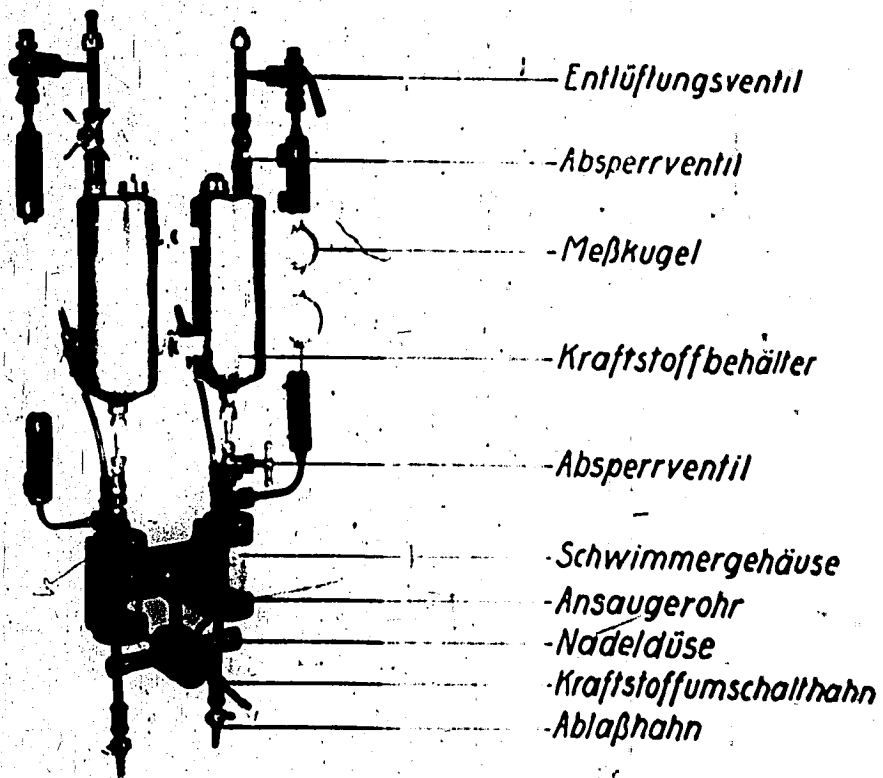


Bild 3: Druckfester Vergaser

7030

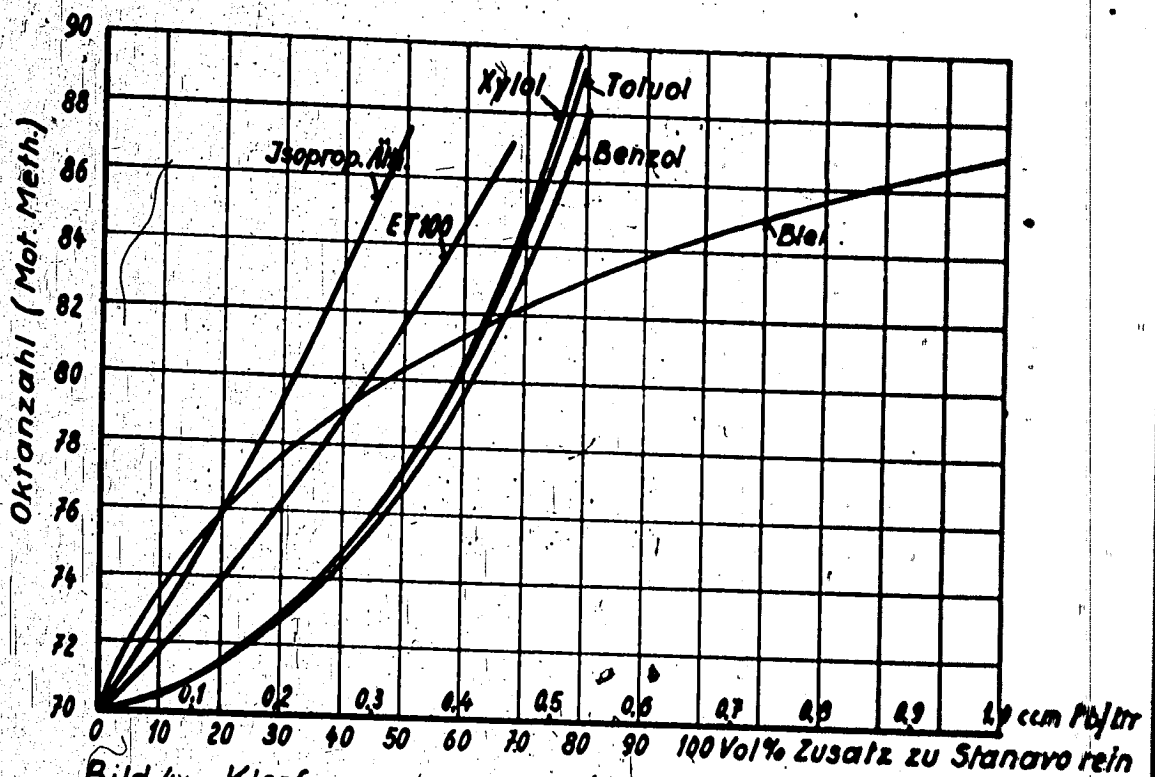


Bild 4: Klopfmessung durch Verdichtungsänderung

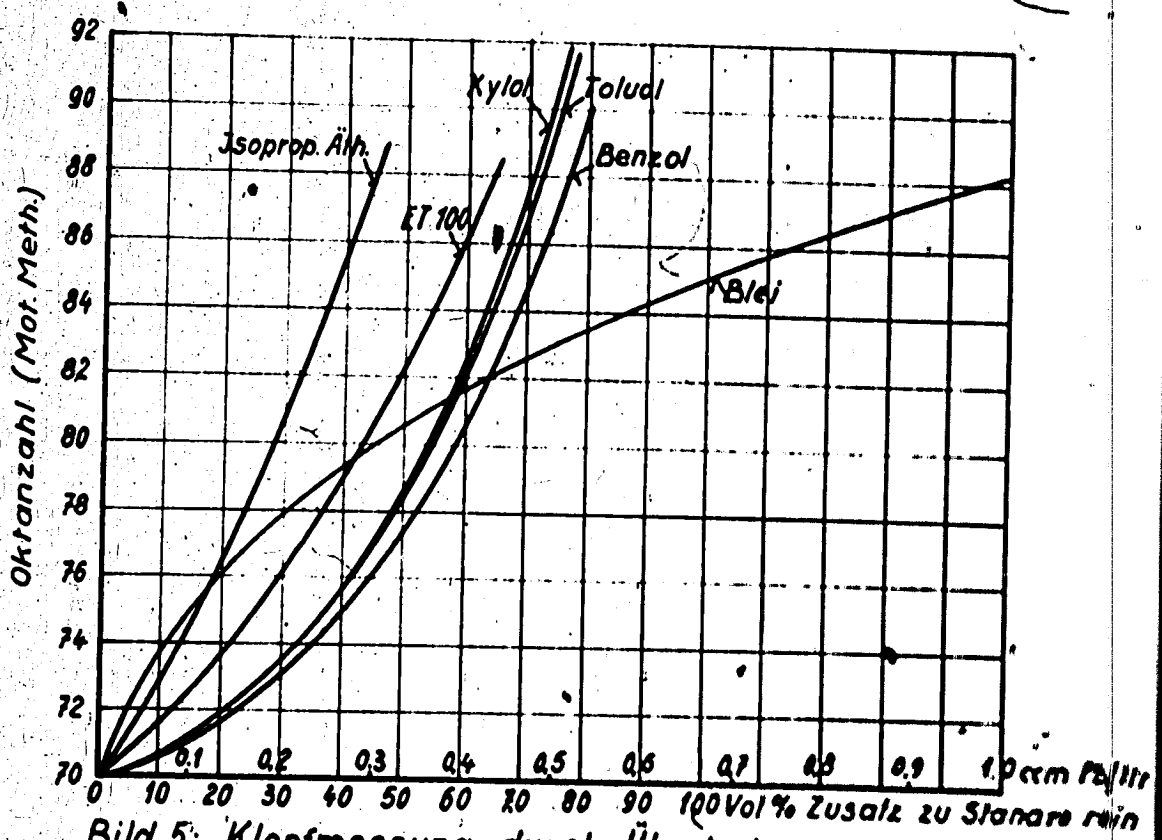


Bild 5: Klopfmessung durch Überladen

Oktanzahlbestimmung durch Verdichten ergibt praktisch die gleichen Werte wie Oktanzahlbestimmung durch Überladen 7031

Zusammenhang zwischen Verdichtung und Überladung

Kraftstoff: Stanavo rein mit Zusätzen

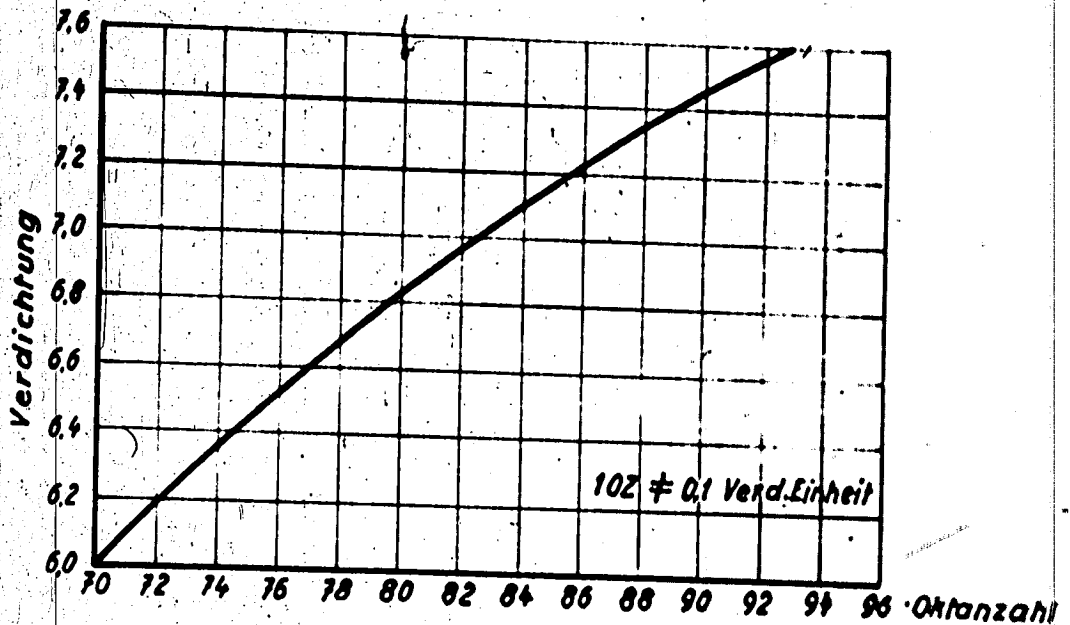


Bild 6: Oktananzahl nach Mot.Meth. $\epsilon = 6.0$ const.

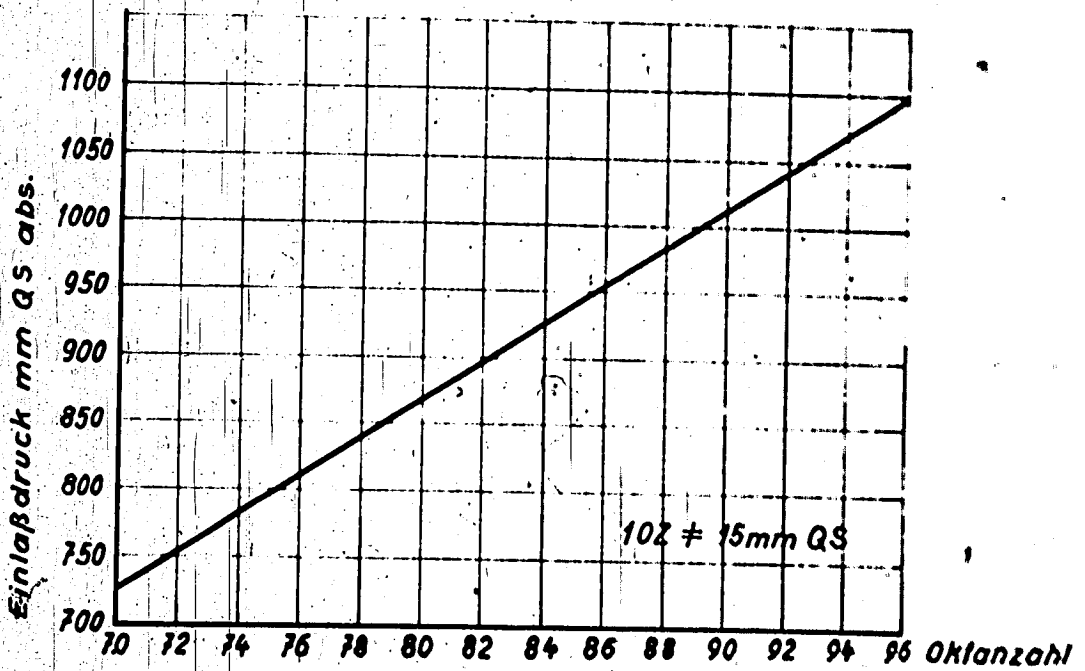


Bild 7: Oktananzahl nach Mot.Meth. Einlaßdruck: 740mm Q.S.

7032

S. L. G. H.

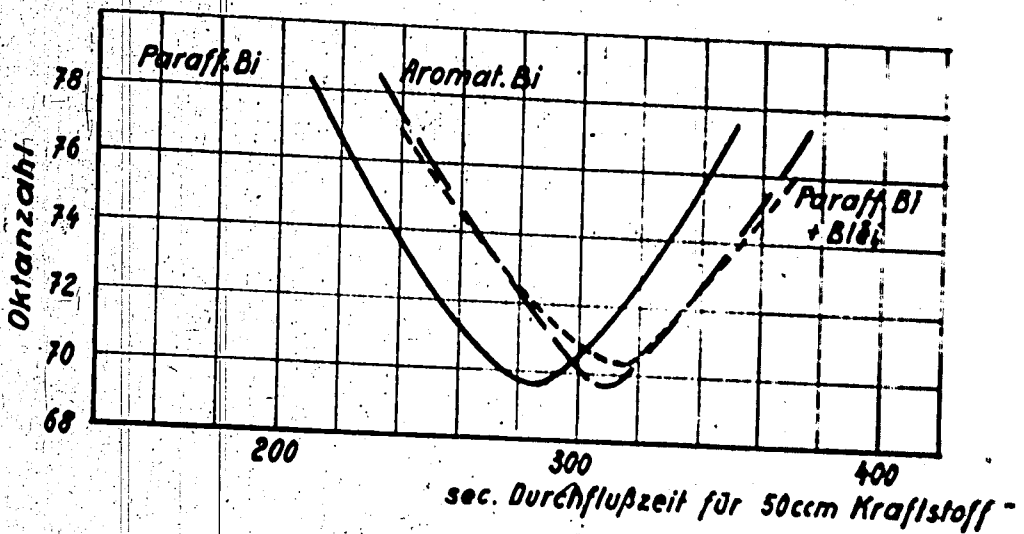


Bild 8

Die Oktanzahl verschiedenartiger Kraftstoffe von geringer Klopfestigkeit wird durch das Kraftstoff-Luft-Verhältnis gleichmäßig beeinflusst.

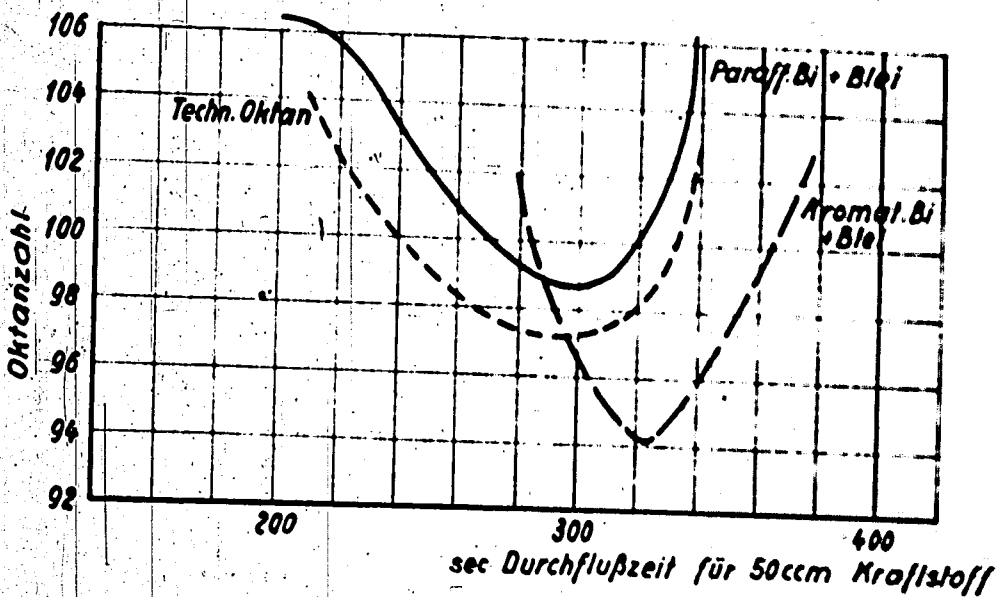


Bild 9

Die Oktanzahl verschiedenartiger Kraftstoffe von hoher Klopfestigkeit wird bei verbleiten aromatenhaltigen Benzin durch das Kraftstoff-Luft-Verhältnis am stärksten beeinflusst.

Durchflußzeit für 50ccm	200		300			400 sec		
Verbrauch in ccm/h	900	800	700	600	500			
λ für Paraffine	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	
λ für Aromaten			0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	

Bild 10: Zusammenhang zwischen der Durchflußzeit, dem Verbrauch und der Luftüberschußzahl. 7033

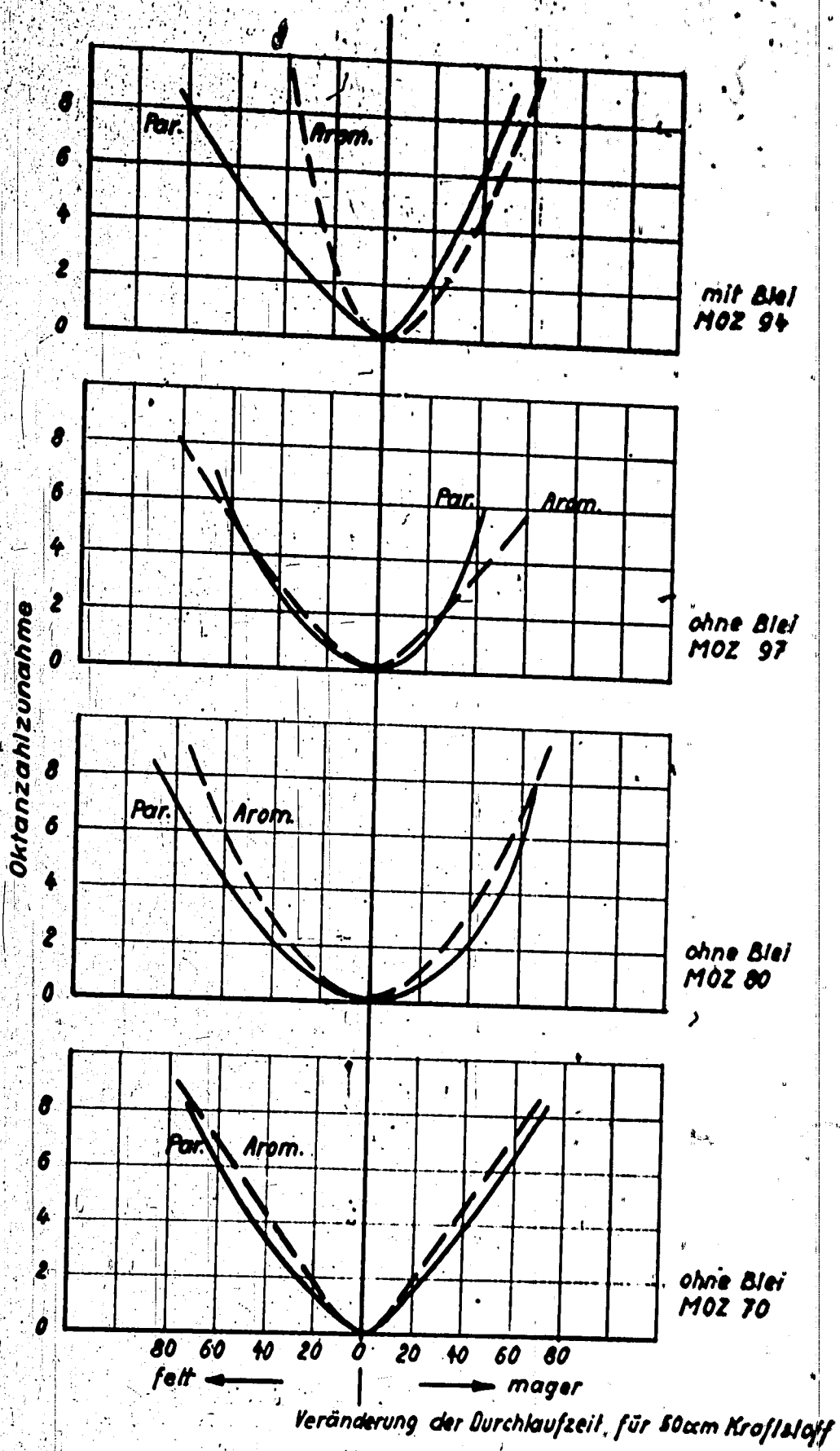


Bild 11

Aromatenhaltige Bleibenzine mit hoher Klopfestigkeit sind am empfindlichsten auf Änderung in der Luftüberschußzahl.

7034

S. 200

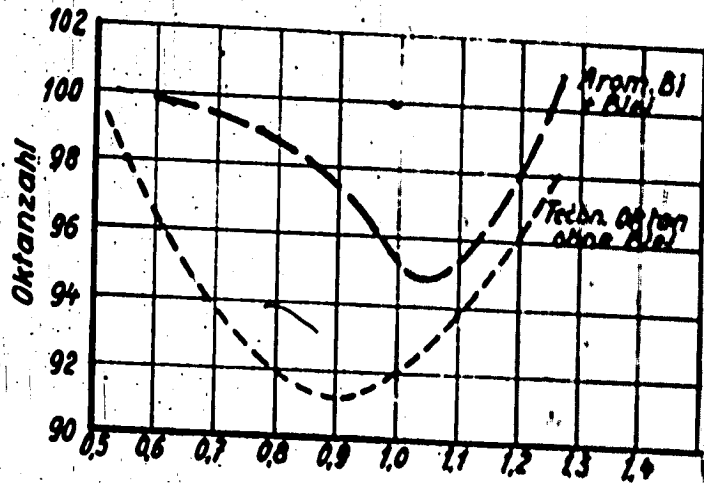


Bild 12: Oktanzahl bestimmt durch Veränderung des Einlaßdruckes. $\epsilon = 7,0 \text{ const.}$

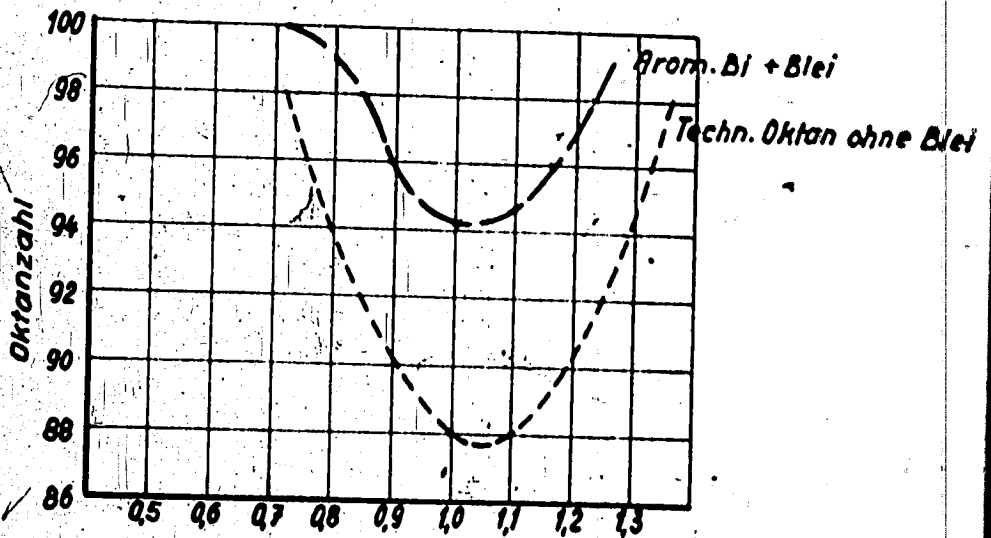


Bild 13: Oktanzahl bestimmt durch Veränderung von ϵ Einlaßdruck = 800 mm QS abs., const.

Das aromatenhaltige Bleibenzin hat eine größere Mischungsempfindlichkeit als das bleifreie Paraffinbenzin, und zwar sowohl beim Überladen als auch beim Verdichten

7035

8.3.40

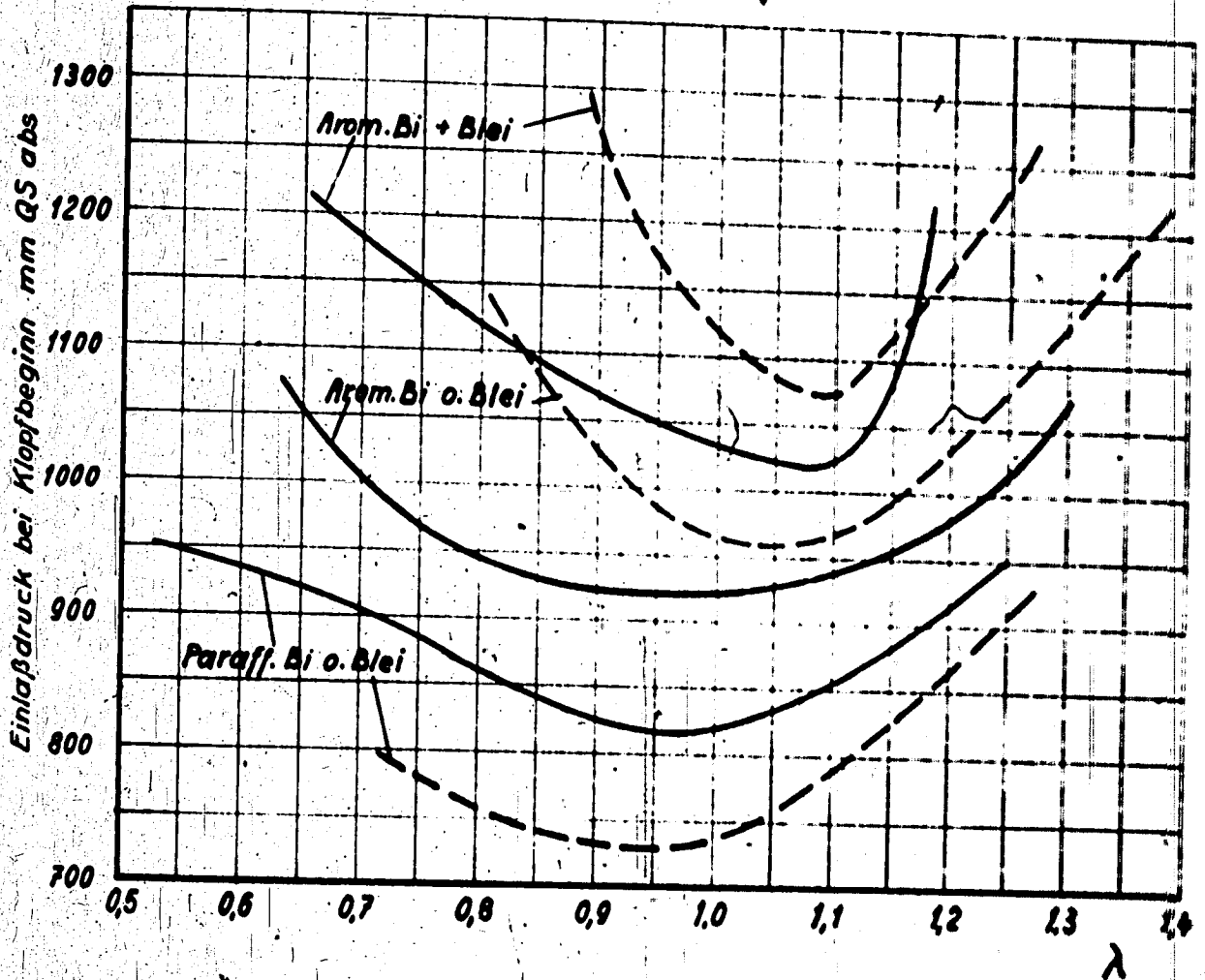


Bild 14

— Kleiner Einzylinderprüfstand
- - - Großer " " "

Die Bewertungsreihenfolge der 3 untersuchten Stoffe von 90 MOZ Klopf-
festigkeit ist am kleinen Einzylinderprüfstand die gleiche wie am großen
Einzylinderprüfstand.

7036/1

8.3.40

Durchführung der Klopfwertbestimmungen.

1.) Nach dem Eingrenzungsverfahren.

Dieses Verfahren kann sowohl beim Arbeiten mit dem Verdichtungsverhältnis als auch beim Arbeiten mit dem Einlaßdruck angewandt werden.

Die Benzinprobe wird über das Verdichtungsverhältnis (Einlaßdruck) zum Klöpfen gebracht. Die nachstellbare Nadeldüse wird auf größte Klopfstärke vom größten Anschlag am Klopfmesser eingestellt. Die Probe wird nun in üblicher Weise durch zwei entsprechende Vergleichsrichtungen aus dem zweiten Schritt eingegrenzt und hieraus die Oktanzahl bestimmt. Man wird die Nadeldüse der Benzinprobe etwas fetter eingestellt, wodurch die Klopfstärke nachläßt und der Zeigerausschlag zurückgeht. Ist dieser Ausschlag zu groß, so muß durch Erhöhen des Verdichtungsverhältnisses (Einlaßdruck) die nach dieser Weise Klopfstärke wieder hergestellt werden. Die Nadeldüse der Vergleichsrichtung bleibt unverändert auf größte Klopfstärke stehen. Deshalb muß jetzt die durch Erhöhen der Gasereinstellung klopfester gewordene Probe durch zwei neue Vergleichsrichtungen eingegrenzt werden, die etwas klopfester sind als die niedrigste der ersten Bestimmung. Hierdurch erhält man den Klopfwert der Probe auf einer in gleicher Weise bestimmt man den Klopfwert der zwei noch fetter, nämlich auf etwas magerer eingestellten Benzinprobe.

Bei diesen Versuchen erwies es sich als zweckmäßig, den Versuch mit einer etwas größeren Klopfstärke als sonst üblich zu beginnen, d.h. etwa mit dem Anschlag am Klopfmesser von etwa 80 bis 90 entsprechend. Durch die nachfolgende Überfettung und Vermagierung wird die Klopfstärke und damit der Zeigerausschlag geringer, und man kann so in den meisten Fällen ohne ein Nachregeln der Verdichtung (des Einlaßdruckes) auskommen. Von der manuellen Klopfstärkenbestimmung

des Vergasers ausgehend, welche die geringste Klopfestigkeit der Probe ergibt, erfolgt nach dem ersten Überfetten am zweckmäßigsten gleich die Umstellung auf das erste Vermagern, um dieselbe Vergleichsmischung wie beim Überfetten verwenden zu können. Das beschriebene Untersuchungsverfahren, das zwar genau, aber etwas umständlich ist, kann auf diese Weise etwas rascher durchgeführt werden. Die auf Bild 8, 9, 12 und 13 dargestellten Ergebnisse wurden auf diese Weise gefunden.

2.) Nach dem höchstzulässigen Einlaßdruck.

Hierbei wird bei feststehendem Verdichtungsverhältnis 3,5:1 die Benzinprobe durch Steigern des Einlaßdruckes zum Klopfen gebracht, und zwar bei verschiedenen Stellungen der Nadeldüse. Der jeweils erreichbare höchstzulässige Einlaßdruck ist ein Maßstab für die Klopfestigkeit des Kraftstoffes. Im Gegensatz zum Arbeiten mit unverändertem Einlaßdruck wird hier die Benzinprobe durch Abhören auf gleiche Klopfstärke gebracht, weil durch das Verstellen des Einlaßdruckes die Empfindlichkeit des Springstiftapparates geändert wird und deshalb gleichhohe Zeigerausschläge nicht gleiche Klopfestigkeit bedeuten lassen. Da nun der höchstmögliche Einlaßdruck auch vom allgemeinen Zustand des Prüfactors abhängt, so muß dieser besonders überwacht werden. Dies geschieht am zweckmäßigsten in der Weise, daß man in gleicher Weise wie bei der Probe von Vergleichsmischungen die Mischungsempfindlichkeit feststellt. Bei unverändertem motorischem Zustand muß dann die gleiche Vergleichsmischung innerhalb der üblichen Meßgenauigkeit dieselbe Kurve für die Mischungsempfindlichkeit ergeben. Bei der Verwendung von Echbenzinen als Vergleichsmischung kann dann die zunächst in mm QS Einlaßdruck angegebene Klopfestigkeit in Oktanzahlen umgerechnet und überprüft werden. (Vgl. Bild 6).

Dies zweite Verfahren gestattet ein rasches Arbeiten. Da als Versuchsergebnis eine Motorgröße angegeben wird, und da die einzustellende Klopfgleich-

heit von der subjektiven Beurteilung des Beobachters abhängt, sind die so ermittelten Werte etwas weniger genau als beim ersten Verfahren. Die auf Bild 14 angegebenen Werte sind über den Einlaßdruck bei Klopfbeginn bestimmt worden.

~~14/1~~ fingen