

A 14

Bericht Nr. 460

**Notwendige und günstigste R-Stoffmengen
bei Ring-Betrieb am Jumo-Zylinder 211 A.**

8336



**I. G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUDWIGSHAFEN AM RHEIN**

Geheime Kommandosache

Bericht des Technischen Prüfstandes Oppau

Nr. 460

Notwendige und günstigste R-Stoffmenge bei Ringbetrieb

am Juno-Zylinder 211 A

Übersicht: Die Versuche ergaben, dass die zum Betrieb nötige R-Stoffmenge bis 1/4-Last mit $5 \text{ mm}^3/\text{Hub}$ ($\approx 10\%$ der Gesamtkraftstoffmenge) ausreicht. Die für Leistung und Verbrauch günstige Menge fällt jedoch nur im Vollastgebiet annähernd mit der kleinstmöglichen Menge zusammen. Im Teillastgebiet liegt die wirtschaftliche R-Stoffmengenhöhe über der notwendigen. Bis etwa Halblast liegt sie bei $20-25 \text{ mm}^3/\text{Hub}$ ($\approx 10-15\%$ der Gesamtkraftstoffmenge), von da an steigt sie bis auf $50-55 \text{ mm}^3/\text{Hub}$ bei einem Luftüberschuss von 2,5.

Für den in der Praxis befahrenen Bereich bei einem Luftüberschuss von 0,85 bis 1,8 wird man mit $20-25 \text{ mm}^3/\text{Hub}$ R-Stoff (entsprechend 5-15% der Gesamtkraftstoffmenge) auskommen.

Abgeschlossen am: 1. Mai 1941

Bearbeiter: Dipl. Ing. Leib

Die vorliegende Ausfertigung 21 enthält

7 Textblätter

8 Bildblätter

Verteiler

Nr.	am	Empfänger	Nr.	am	Empfänger
1		Argus, Berlin, Dr. Christian,	11		Luftkriegsakademie Gatow,
2		BMW, München, Dr. Löhner,			Prof. Dr. Holfelder,
3		BMW, Spandau, Dr. Stieglitz,	12		RLM, GL 5/II, Dr. Keilpflug,
4		DB., Stuttgart, Dr. Schmidt,	13		RLM, Abt. LC 2, Dr. I. Gebrhardt,
5		DVL, Dipl. Ing. Caronelli,	14		RLM, Abt. LC 3, Dr. Stiebling,
6		DVL, Dr. v. Philippowich,	15		TH, Berlin, Prof. Dr. Teibniz,
7		K*stelle Rechling, Dr. I. Lange,	16		TH, Dresden, Prof. Dr. Pauer,
8		Hirth, Stuttgart, Dr. Bentelo,	17		Dir. Dr. Müller-Gunrad,
9		Junkers, Dessau, Dr. Gerlach,	18		Dipl. Ing. Fenzig,
10		Junkers, Dessau, Dr. Idichte,	19		Techn. Prüfstand
			20		Dipl. Ing. Hoffmann, Dr. E.
			21		Stuttgart-Untertürkheim

8337

Notwendige und günstigste R-Stoffmengen bei

Ring-Betrieb am Jumo-Zylinder 211 A

Zweck der Versuche.

Es war im Versuch bei verschiedenen Lastzuständen festzustellen bei welcher R-Stoffmenge je Hub bei verschiedenem Luftüberschuss die jeweils besten Leistungen und Verbräuche erreicht werden. Gleichzeitig war die Mindestmenge an aufgewendeten R-Stoff zu bestimmen, bei welcher ein aussetzerfreier Betrieb noch möglich ist.

Durchführung der Versuche.

Die Versuche wurden am I.G.-Versuchsmotor, versehen mit einem Jumo-Zylinder 211 A, durchgeführt. Die einzelnen Hauptdaten des Motors gehen aus Tabelle 1 hervor. Die Anordnung der Nüssen zeigt Bildblatt 1.

Es wurde nun durch Einstellung der Hauptkraftstoffmenge ein bestimmter Lastzustand eingestellt, und die eingespritzte R-Stoffmenge allmählich solange vermindert, bis Aussetzer auftraten und somit ein einwandfreies Rundlaufen nicht mehr möglich war. Dabei wurden die Messungen jeweils bei einer so grossen R-Stoffmenge begonnen, bei der durch Vergrössern keine Leistungssteigerung mehr und durch Verrin-ern der Einspritzmenge zunächst auch noch kein Leistungsabfall auftrat.

Ergebnis der Versuche.

1.) Notwendige Mindestmenge.

Es wurden bei acht verschiedenen Lastzuständen mit festgehaltenen Bi-Menge je eine R-Stoffregelkurve gefahren. Auf Blatt 2, Abb. 2, sind die Leistungen über die aufgewendeten R-Stoffmengen aufgetragen. Man sieht,

dass bei Vollast (oberste Kurven) die Leistung von der R-Stoffmenge kaum beeinflusst wird, bis sie bei einer Menge von $8 \text{ mm}^3/\text{Hub}$ in einem scharfen Knick abfällt. Bei $7 \text{ mm}^3/\text{Hub}$ ist dann die Grenze erreicht, von wo ab Aussetzer auftreten. Je niedriger nun die Leistung wird, d.h. also mit ärmerem Gemisch, desto weniger scharf wird dieser Knick im Leistungsverlauf ausgeprägt. Dafür tritt aber der Leistungsabfall immer früher ein, bis bei einem p_{me} von 2, entsprechend einem $\lambda = 4,5$ schon bei $60 \text{ mm}^3/\text{Hub}$ abwärts die Leistung abzunehmen beginnt. Da hier der Anteil der R-Stoffmenge an der Gesamt-Brennstoffmenge sich zwischen 40 und 50 bewegt (s.a.Bl.5), so ist eine Veränderung der R-Stoffmenge naturgemäss auch von stärkerem Einfluss auf die Leistung als im fetten Gebiet mit etwa 5% R-Stoff-Anteil.

Die Erscheinung, dass von einer bestimmten R-Menge an keine Leistungssteigerung trotz Verstärkung der R-Stoff-inspritzung mehr eintritt, ist zunächst nicht erklärlich. Betrachtet man den Verlauf der Auslassstemperaturen (Blatt 3, Abb.4), so sieht man, dass diese bei rasch werdender R-Stoffmenge (d.h. bei kleiner werdenden Gesamt- λ) besonders im $3/4$ - und $1/2$ -Lastgebiet stark ansteigen, was auf Nachverbrennung schließen lässt. Mit abnehmender R-Stoffmenge fallen sie zunächst langsam um bei dem Punkt, wo die Leistung stärker zu sinken beginnt, in einem Knick abzufallen, d.h. das Gemisch verbrennt nur noch teilweise und gelangt unverbraunt in den Auspuff. Diese Erscheinung soll in eingehenderen Versuchen später untersucht werden.

Verbindet man die Versuchspunkte, die mit der jeweils kleinsten R-Stoffmenge erhalten wurden (strich-punktierte Linie auf Abb.2), so erhält man für jede Last die zum Betrieb notwendige Mindestmenge an R-Stoff. Diese liegt bis zu einem $p_{me} = 3 \text{ kg/cm}^2$ ($\lambda = 2,1-2,2$) bei etwa $5 \text{ mm}^3/\text{Hub}$ und dann bei weiterer Vermagerung stark anzusteigen. Bei dem letzten Versuch ohne Bl. betrug dann die R-Stoffmenge die nötig war, um die Leerlaufleistung zu erreichen, $66 \text{ mm}^3/\text{Hub}$. Die Drehzahl war aber dann auf 1500 U/min abgesunken. Die für den Motor notwendige Leerlaufmenge bei 2000 U/min be-

trag etwa $85 \text{ mm}^3/\text{Hub}$. Zur Darstellung der Abbildungen sei noch folgendes bemerkt: Auf Abb. 2 sind zu den einzelnen R-Stoffregelkurven die Luftüberschusswerte, bezogen auf Bi allein dazugeschrieben, da diese Kurven ja mit festgehaltener Bi-Menge erhalten wurden. Im folgenden sind die Kurven wie auf jedem Blatt wiederkehren, mit fortlaufenden kleinen Buchstaben a-h bezeichnet. Auf Blatt 3 sind in einer Tabelle die zugehörigen Bezeichnungen zusammengestellt.

2.) Günstigste R-Stoffmenge.

Um die für Leistung und Verbrauch günstigste R-Stoffmenge festzustellen, sind auf Blatt 3 (Abb. 4) für die einzelnen R-Stoffregelkurven die Verbrauchs- und p_{mg} -Werte über dem Luftüberschuss aufgetragen. Im fetten Gebiet bei geringem R-Stoff-Anteil am Hauptkraftstoff hat eine Veränderung der R-Stoffmenge geringen Einfluss auf den Luftüberschuss des Gemisches. Die Leistung bleibt hier zunächst auch konstant, um dann plötzlich abzukippen. Mit abnehmender Luft jedoch erstrecken sich die R-Stoffregelkurven infolge des zunehmenden R-Stoff-Anteils auf weitere Luftüberschussgrenzen, und desto weniger stark gekrümmt verlaufen die Leistungskurven. Legt man nun an ~~es~~ diese Kurvenschar eine Umhüllende, so erhält man die bei jedem λ erreichbaren Bestleistungen. In gleicher Weise ist bei dem Verbrauch zu verfahren: Die Hüllkurve um die einzelnen Verbrauchsachseisen ergibt die Kurve besten Verbrauchs bei jedem Luftüberschuss. Dabei fallen nur bis zu einem $\lambda = 2,1$ die Bestwerte der Regelkurven annähernd mit den Umhüllenden zusammen. Von da ab ist nämlich der Verbrauchsanstieg so stark, dass die Verbrauchsschleifen sich überschneiden, sodass ein verbrauchsabhängig schlechter Punkt einer etwas fetteren Kurve immer noch bessere Werte ergibt als der beste Punkt einer mageren Kurve. Die Umhüllende lehnt sich deshalb an den mageren Ast der einzelnen Verbrauchsschleifen an.

Zu den gleichen Ergebnissen kommt man, wenn man, wie auf Blatt (Abb. 5) dargestellt, über den Verbrauch die Leistungen aufträgt. Die Hüllkurve gibt hier den bei einer bestimmten Leistung erreichbaren Mindestverbrauch an.

Die Punkte, an denen sich die K-Stoffregelkurven mit der Umhülle berühren, sind also die Punkte höchster Leistung bzw. niedrigsten Verbrauches für den jeweiligen Lastzustand. Da aber die im Versuch erhaltenen Kurven auf eine längere Strecke besonders bei grossem Luftüberschuss der Umhüllenden anliegen, wurde jeweils ein Stück der grössten Käh zwischen K-Stoffregelkurve und Hüllkurve ausgewählt und dessen Grenze in den Kurven auf Blatt 2 übertragen. Man erhält somit über den ganzen befahrenen Lastbereich ein Gebiet, in welchem Bestleistung erzielt wird. Verfährt man ebenso beim Verbrauch, so decken sich die Grenzen für günstigste Leistung und geringsten Verbrauch im wesentlichen. ~~Die Bestleistung ist es natürlich an besten, wenn man sich an die rechte Grenze hält, d.h. der Motor wird mit der K-Stoffmenge betrieben, bei der die Leistung nicht mehr steigt, während niedrigster Verbrauch dann erzielt wird, wenn die Leistung schon etwas abgenommen hat, entsprechend der linken Grenze.~~ Aus Blatt 2, Abb. 2, ist ersichtlich, dass es nur im Vollastgebiet angängig ist, den Motor mit der geringstmöglichen K-Stoffmenge zu fahren, während überall sonst eine erheblich grössere K-Stoffmenge nötig ist, um wirtschaftlichen Betrieb zu erzielen. Denn nur im fetten Gebiet ist das Bi-Luftgemisch so leicht entzündlich, dass eine sehr kleine Zündquelle ausreicht, um die Verbrennung einzuleiten. Je magerer das Gemisch wird, desto grösser muss die K-Stoffmenge sein um den ganzen Verbrennungsraum zu durchdringen und überall Zündquellen hinzutragen. Bei sehr mageren Gemischen nähern sich die notwendigen und wirtschaftlichen K-Stoffmengen wieder, denn hier ist die aufgewendete Bi-Menge unbedeutend. Der K-Stoff ist Träger der Leistung, ~~wo~~ die grosse Menge bei ausreichendem Luftüberschuss besser als bei reichen Bi-Gemisch verbrennt. Der Motor läuft annähernd nach dem Dieselverfahren. Betrachten wir den Verlauf der Voreinspritzwinkel (Blatt 5, Abb. 6 und 7), so sehen wir, dass bei fetten Bi-Gemischen mit abnehmender K-Stoffmenge der Voreinspritzwinkel des K-Stoffes stark ansteigt. Dafür ist die Verdünnung mit Bi und die damit verbundene Verminderung der Zündwilligkeit ausschlaggebend. Im mageren Gebiet (von Gesamt- $\lambda = 1,9$ ab), wo wir uns dem Dieseltreibetrieb nähern, ist der Zündver-
(sodass nur ein gemeinsames Gebiet angegeben wurde

zug des R-Stoffes unabhängig von der Menge und der Voreinspritzwinkel liegt dauernd bei etwa 90° K/.

Trägt man die Luftüberschusszahlen der einzelnen Versuche über der R-Stoffmenge auf, so erhält man die Darstellung auf Blatt 2, Abb. 3. Man kann hier die für ein beliebiges λ notwendige und wirtschaftliche R-Stoffmenge ablesen. Denkt man sich hier die einzelnen R-Stoffregelkurven mit immer weiter abnehmender R-Stoffmenge verlängert, so erreichen diese bei $0 \text{ cm}^3/\text{Hub R-Stoff}$ die Ordinate bei einem λ -Wert, der mit dem auf Bi allein bezogenen λ -Wert, errechnet aus den Versuchen, übereinstimmt.

Auf Blatt 6 ist das Verhältnis der R-Stoffmenge zur Bi-Menge für jeden Versuch über dem Luftüberschuss aufgetragen. Man sieht, dass der notwendige R-Stoffanteil bis zu einem $\lambda = 2$ unter 5% bleibt, während der wirtschaftliche Anteil bei etwa 5% beginnend, im ganz mageren Gebiet mit 60-80% endet. Auf Blatt 6, Abb. 8 und 9 ist das Verhältnis der R-Stoffmenge zur Bi-Menge, auf Blatt 7, Abb. 10 und 11 der Anteil des R-Stoffes an der Gesamtbrennstoffmenge aufgezeichnet. Die notwendigen R-Stoffmengen sind wieder durch eine strich-punktierte Linie, der wirtschaftliche Anteil durch eine schraffierte Fläche angegeben. Man sieht, dass bis $1/2$ -Last (entsprechend $\lambda = 1,8$) der notwendige R-Stoffanteil an der Gesamt-Kraftstoffmenge unter 5%, der wirtschaftliche Anteil unter 15% bleibt.

Tabelle 1

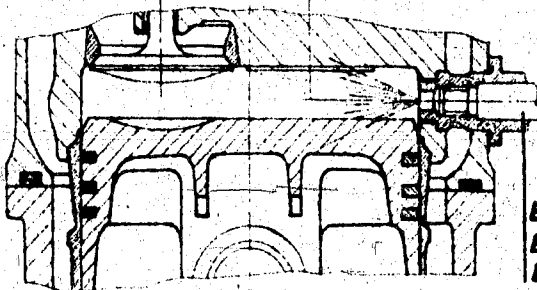
Hauptdaten des Motors.

Hauptkraftstoff:	CV2b+0,12% Pb $H_u = 10000 \text{ kcal/kg}$
Hauptkraftstoffdüse:	Bosch DV2313/4, Zapfen 45°
Hauptkraftstoffpumpe:	Bosch PZ 1/100 V 635a
R-Stoff:	R 300 ($H_u = 6880 \text{ kcal/kg}$, $0,91 \text{ kg/l}$ theor. Luftbed. = $9,33 \text{ kg/l}$)
R-Stoff-Düse:	Bosch DV 2311 (Einlochdüse $0,4 \text{ } \phi$)
R-Stoff-Pumpe:	Bosch PE 1 B, 6 mm Kolben ϕ
Verdichtung:	1:8
Ventilzeiten:	E. 0.13 ⁰ v. o. T. A. 0.46 ⁰ v. n. T. E. 0.48 ⁰ n. u. T. A. 0.32 ⁰ n. o. T.
Druck an der Nockenkl.:	760 mm Hg.
Einspritzwinkel St.	35° K $\neq$ n. o. T.
R-Stoff	Bestwert
Öltemperatur:	80-90 ⁰ C
Drehzahl	2000 U/min

Düsenanordnung (R-Stoff-Regelkurven am Jumo 211 A)

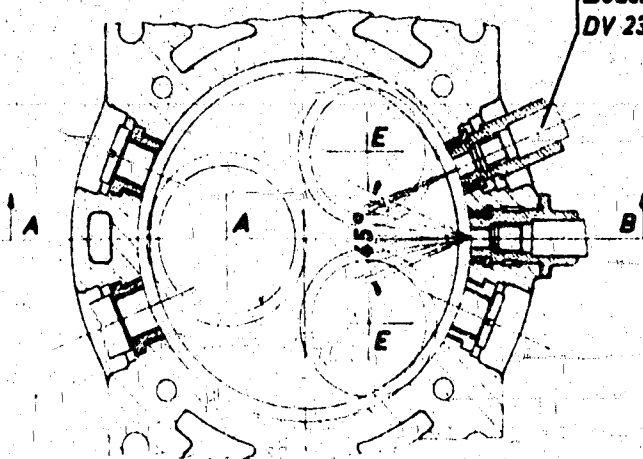
Abb. 1

Schnitt A-B



Benzin:
Bosch-Zapfendüse
DV 2313/4, 45° (109)

R-Stoff:
Bosch-Einlochdüse
DV 2311, 0,4° (114)



8344

Abb. 2

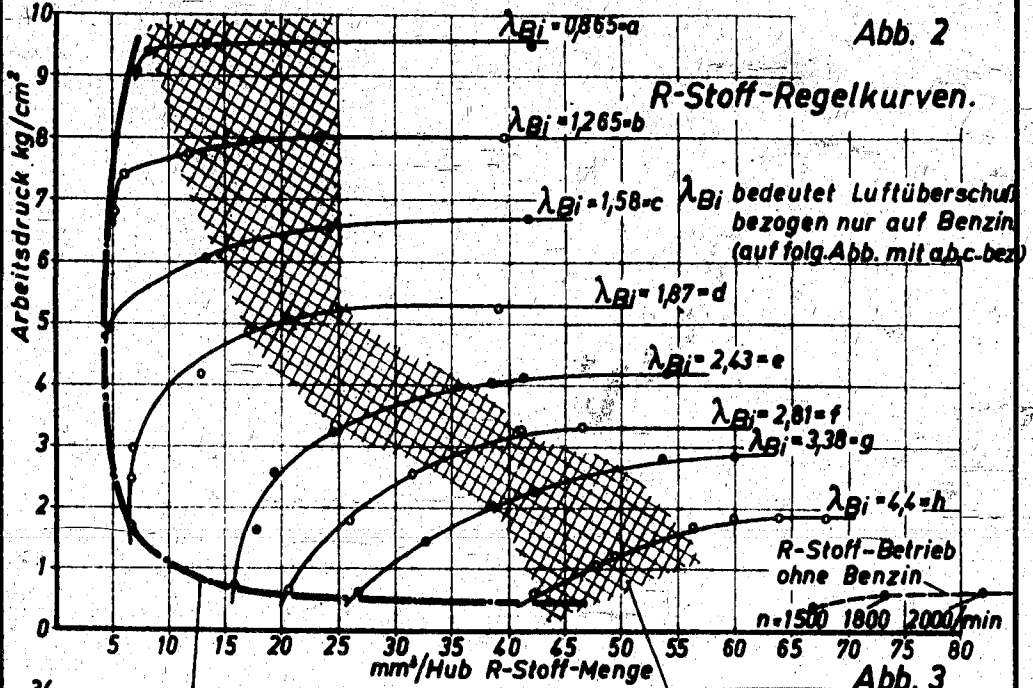
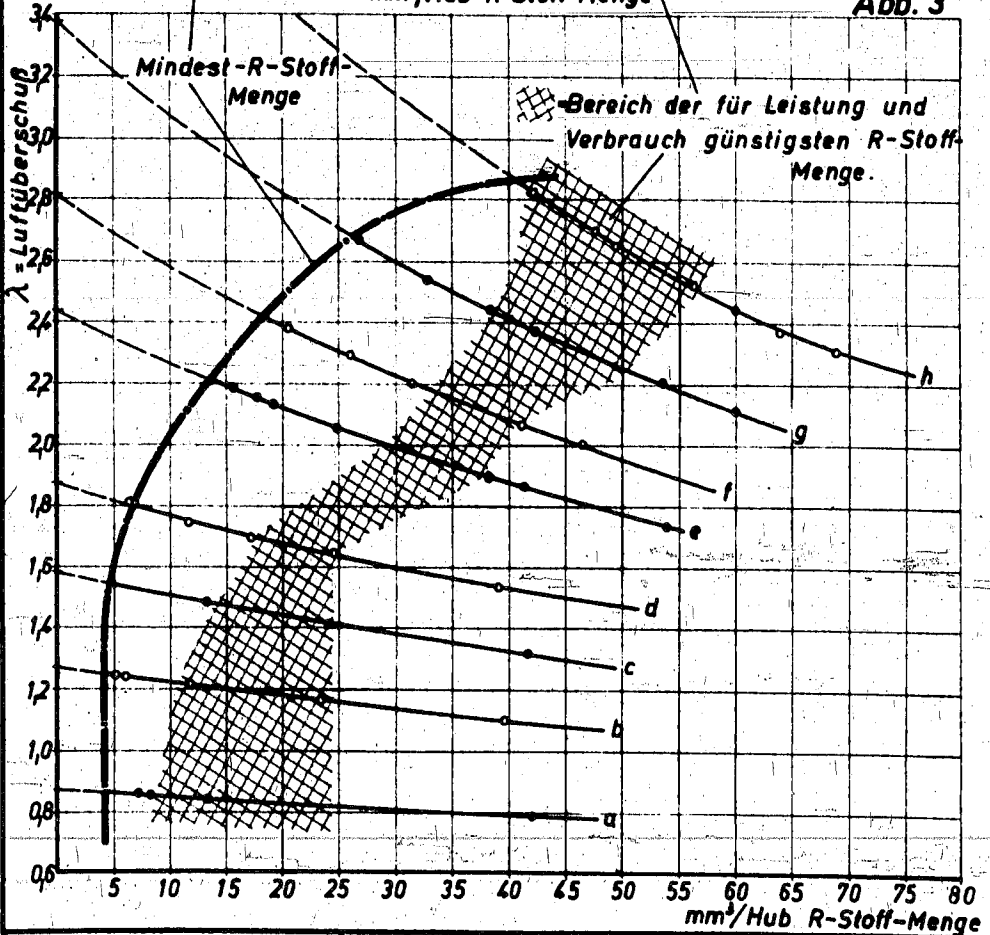
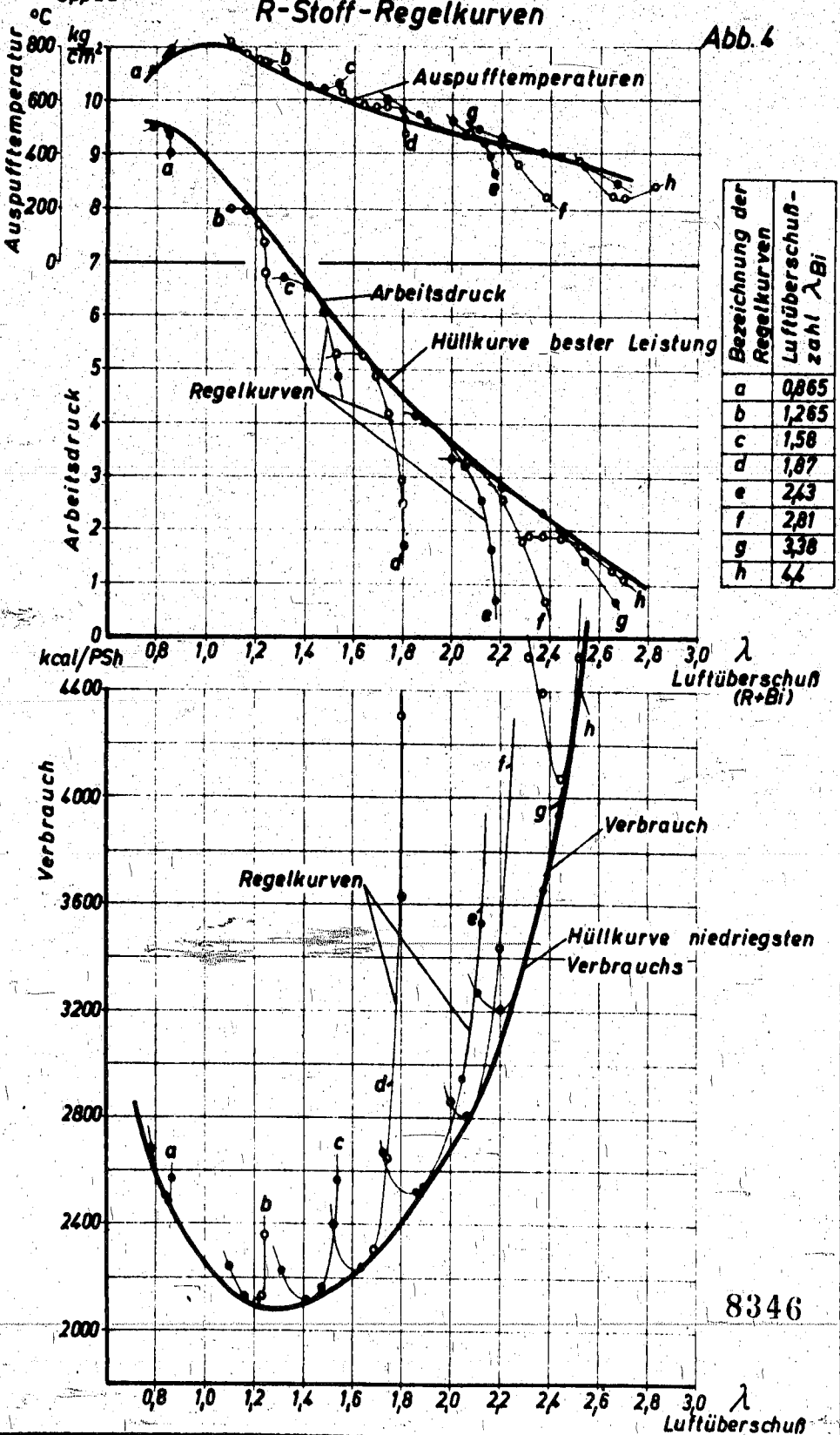


Abb. 3



R-Stoff-Regelkurven

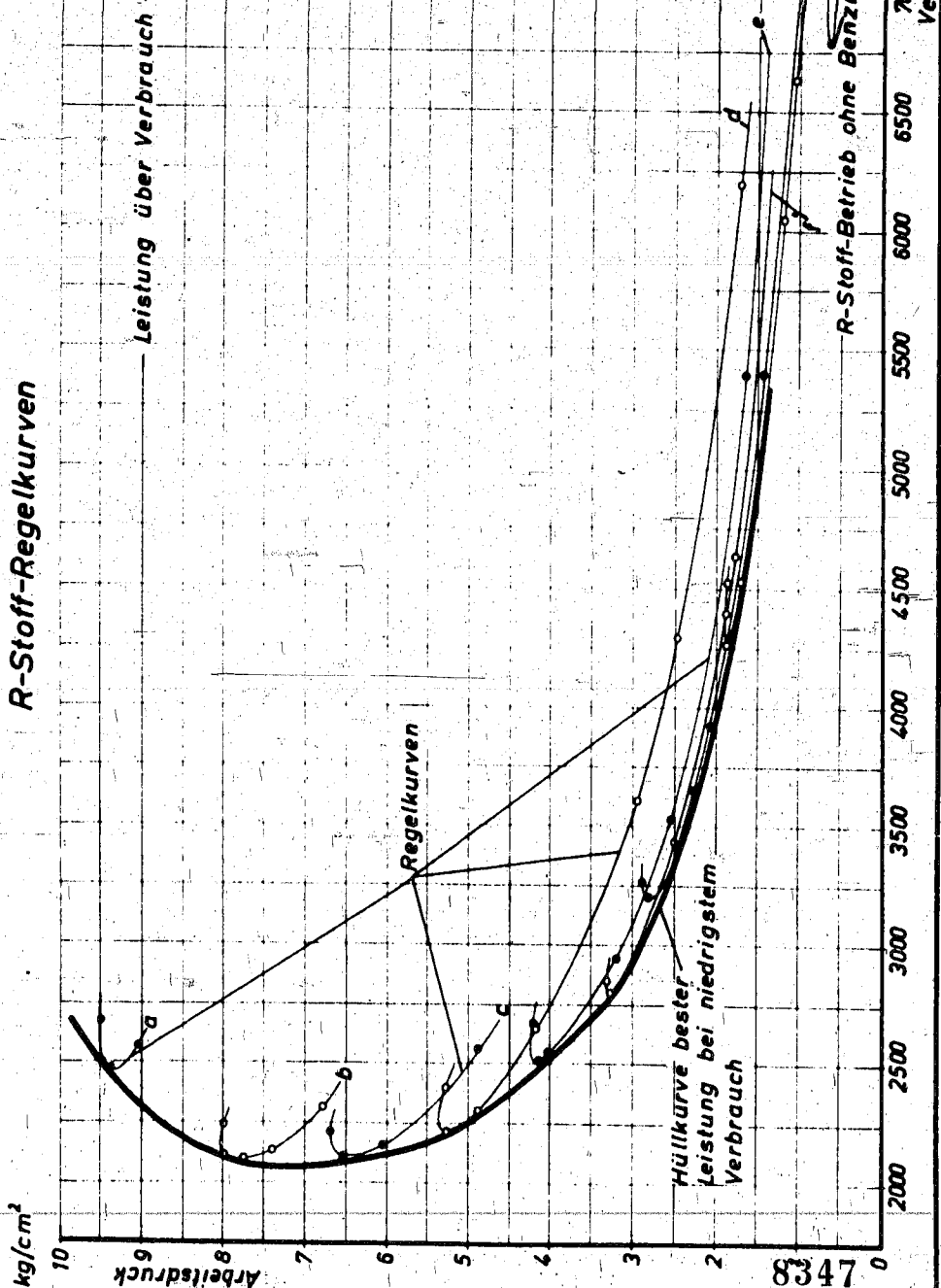
Abb. 4



8346

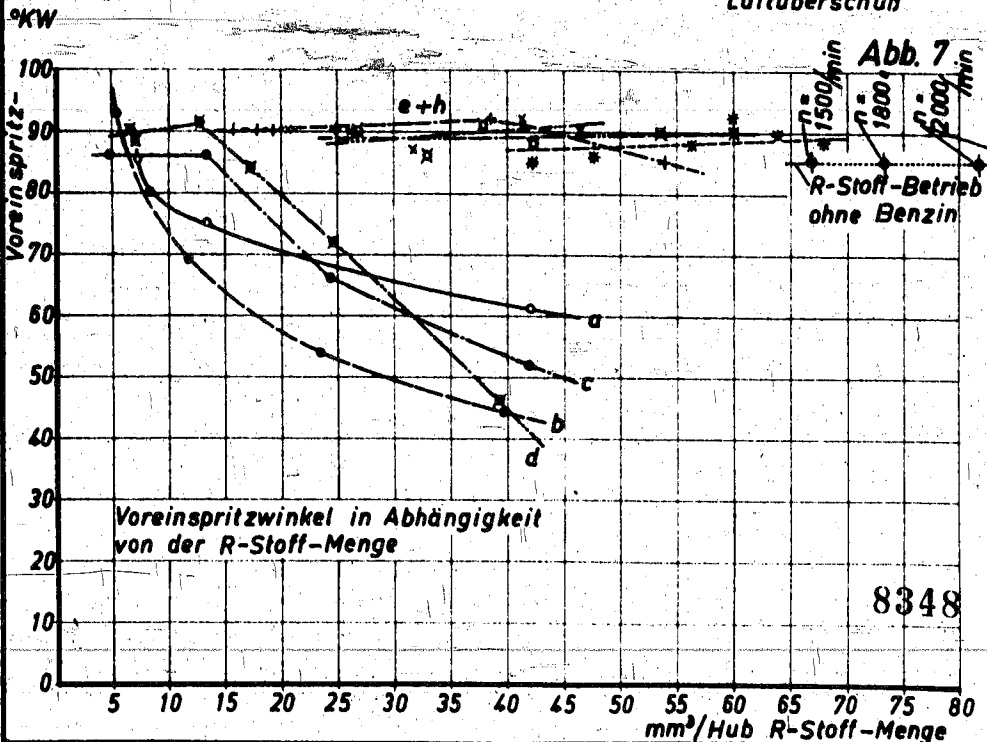
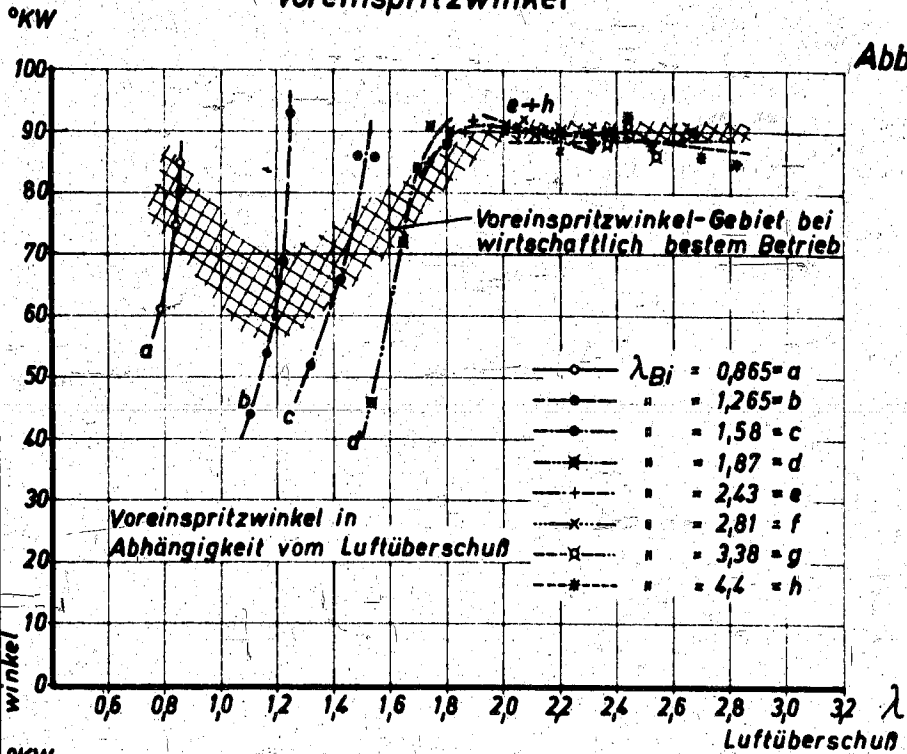
R-Stoff-Regelkurven

Abb. 5



Voreinspritzwinkel

Abb. 6



R-Stoff-Regelkurven

Abb. 8

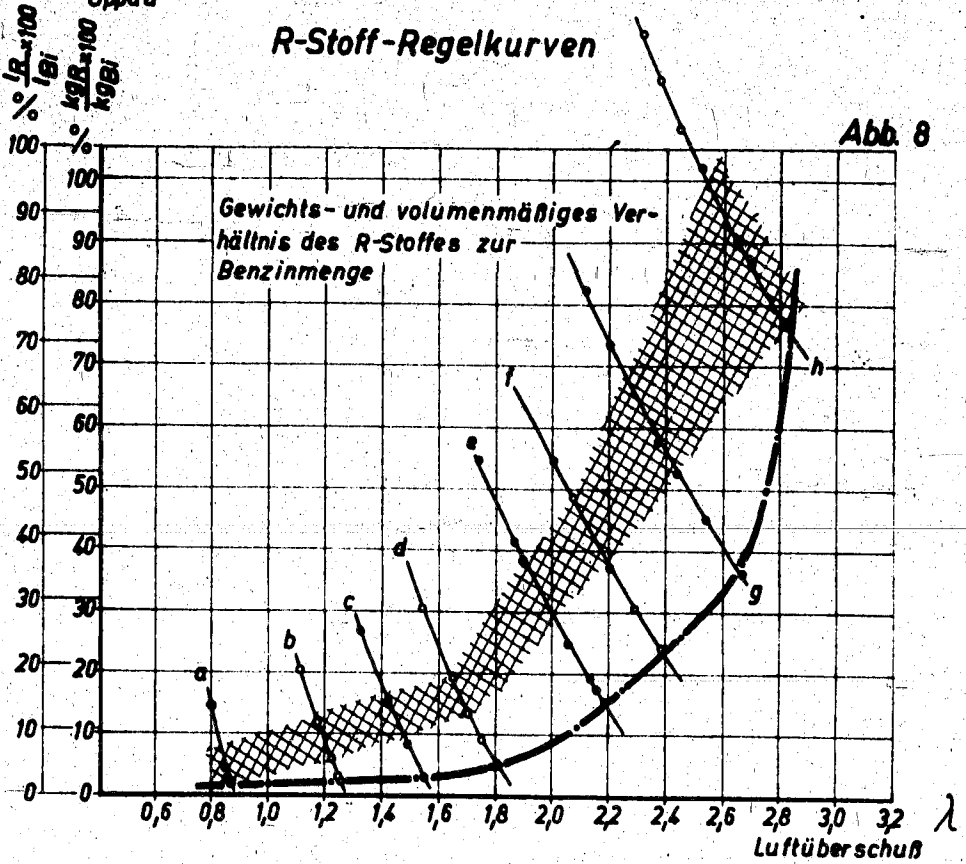
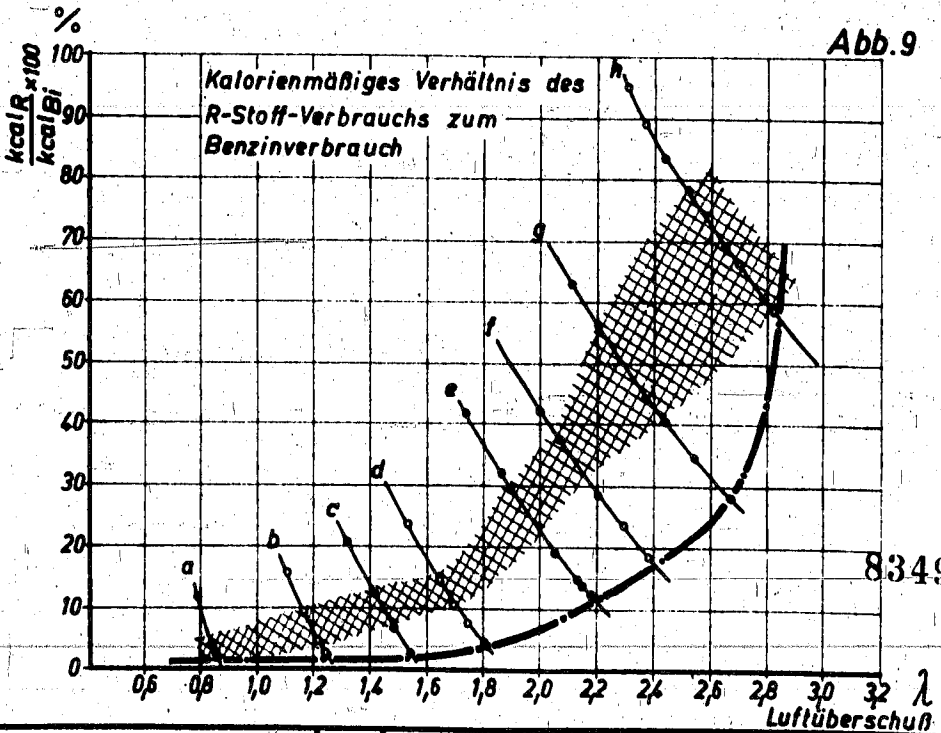


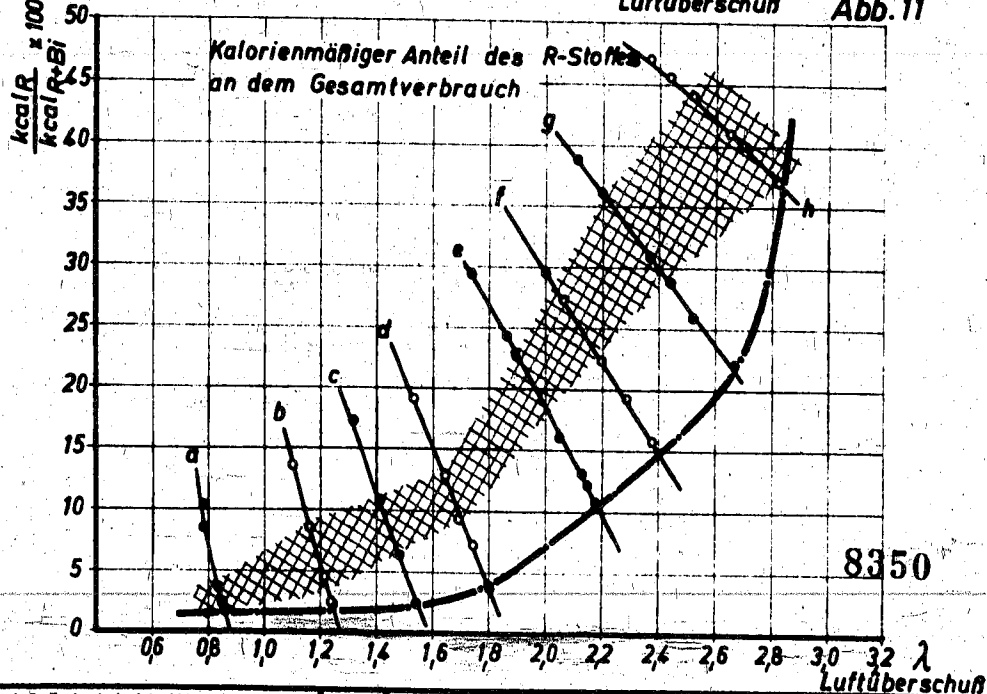
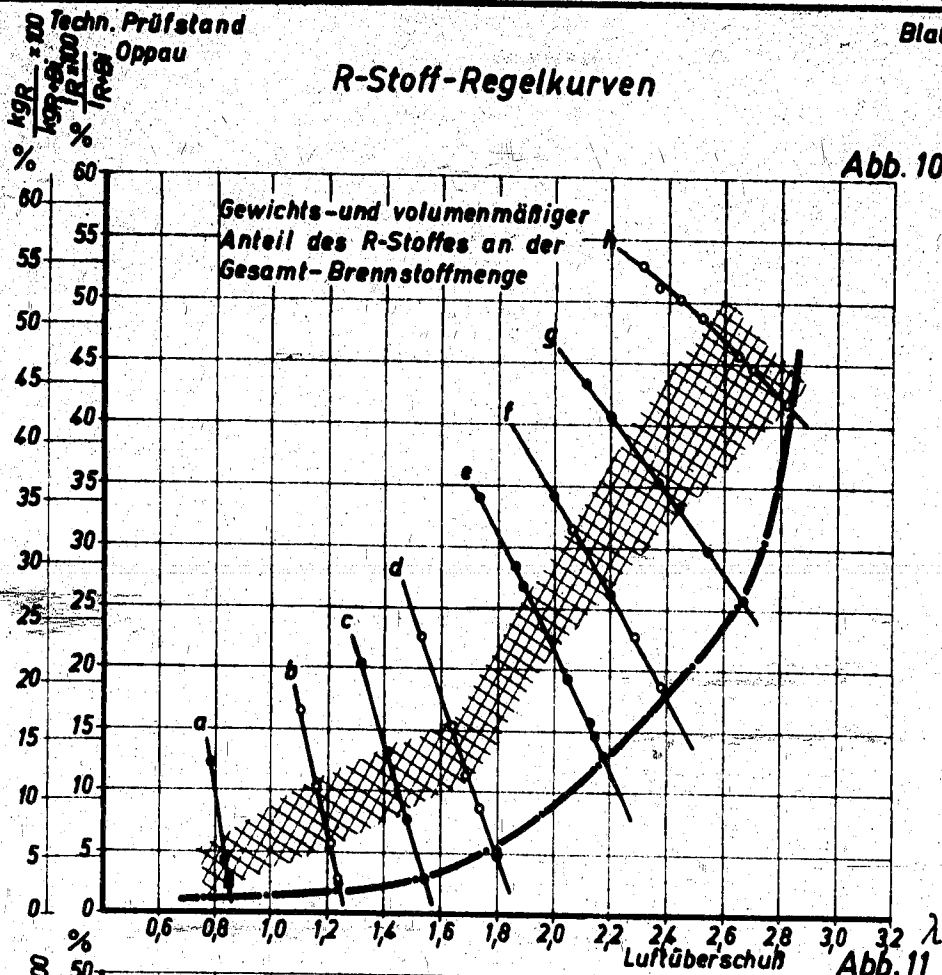
Abb. 9



8349

R-Stoff-Regelkurven

Abb. 10



8350

R-Stoff-Regelkurven

Abb. 12

Gewichts- und volumenmäßiges
Verhältnis der R-Stoff-Menge zur
Benzinmenge

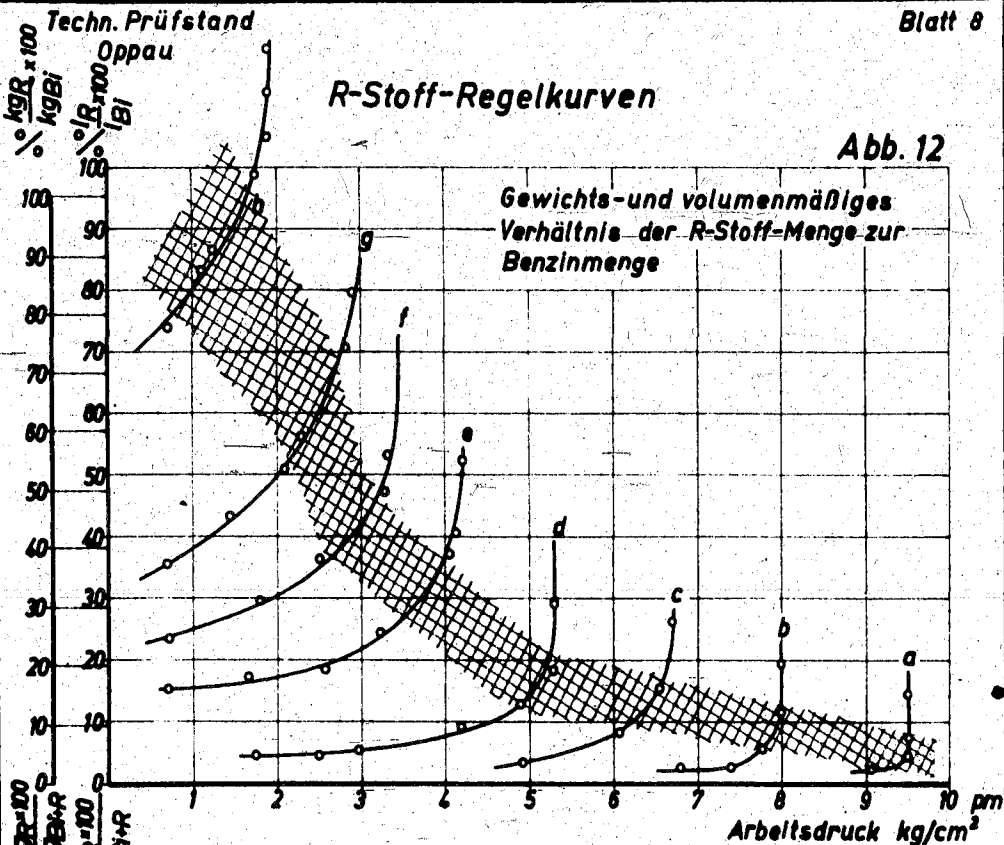


Abb. 13

Gewichts- und volumenmäßiger
Anteil der R-Stoff-Menge an der
Gesamt-Brennstoffmenge

