

Inhalt: Umbau eines Fahrzeug-
Dieselmotors Paumler-Benz,
Küster Okt 67, auf Methanol-Betrieb

Technischer Prüfstand.

Nr. 302

Bericht von Dipl.-Ing. Peuzig
vom 9. März 1976.

I-50A

Gesehen von der Direktion

Zur Kenntnis an:

Empfänger	Ein- gang	Weiter	Unterschrift
28286			

B e r i c h t

über

**Umlauf eines Fahrzeug-Diameters Bahner-Benz, Motor OM 67,
auf Notlauf-Betrieb.**

28387

B e r i c h t

über den

Umbau eines Fahrzeug-Dieselmotors Daimler-Benz, Muster OM 67,
auf Methanol-Betrieb.Zusammenfassung:

Es werden zunächst die Möglichkeiten, einen Fahrzeug-Dieselmotor auf Methanol umzustellen, besprochen und festgestellt, daß in erster Linie Vergaserbetrieb in Frage kommt. Es ist zwar in diesem Fall möglich, die zur Fremdzündung notwendige Zündkerze anstelle der Einspritzdüse anzubringen, bei neu zu liefernden Zylinderköpfen sollte jedoch eine besondere Öffnung für eine Zündkerze vorgesehen sein. Hierdurch wird auch die Möglichkeit offengehalten, die Maschine mit Einspritzung und Fremdzündung zu betreiben. Bei neuen Motoren sollte weiterhin erleichtertes Anbau einer Zündvorrichtung vorgesehen sein.

Als höchstes Verdichtungsverhältnis wurde 1:10,4 erprobt. Bei Verdichtungsverhältnissen von 1:13 an reichen die üblichen Zündvorrichtungen nicht aus, da die zum Durchschlagen des Funkens notwendigen Spannungen entweder nicht erzeugt, oder von den vorhandenen Isolationen nicht beherrscht werden können.

Es wurden Saugrohre für 2 und 3 Vergaser entwickelt. Mit einer Anordnung von 2 Vergasern, die verhältnismäßig leicht angebaut werden können, wurden schließlich 150 PS

bei Verbrüchen von 1800 kcal/PSH ($\eta_{th} = 34,5 \%$) erreicht. Trotzdem die mittleren Arbeitsdrücke erheblich höher als beim Dieselmotor (95 PS) sind, wurden Störungen und Brüche nicht beobachtet.

Es wurde weiterhin festgestellt, daß die Abhängigkeit des Vorsündungswinkels für beste Leistung von der Drehzahl praktisch die gleiche ist wie bei Benzol. Die üblichen Regelvorrichtungen können also Verwendung finden. Ebenso können die üblichen Solex-Düsen Verwendung finden, wobei die Angaben in den Einstelltabellen lediglich mit 1,4 - 1,5 ^{Solex} multipliziert zu werden brauchen. Die zur Verfügung stehenden Vergaser sind jedoch in ihren Abmessungen für die notwendigen großen Durchflußmengen nicht ausreichend.

Zweck des Versuches:

Bei der Fahrt mit heimischen Kraftstoffen hatte Daimler-Benz auf Wunsch des RLM einen 3 t-Lastwagen gemeldet, der mit unvermishtem Methanol betrieben werden sollte.

Dieser Fahrzeug war mit dem Dieselmotor OM 67 ausgerüstet. Wir hatten uns bereit erklärt, auf dem Prüfstand festzustellen, welche Änderungen bei Betrieb mit Methanol notwendig sein würden. Durch verspätete Anlieferung des Motors und verschiedene Mängel war es nicht möglich, diese Arbeiten rechtzeitig durchzuführen. Es wurde deshalb in das Fahrgestell der dem Dieselmotor entsprechende Vergasermaschinen-Typ eingebaut, wobei mit Ausnahme einer Startvorrichtung keine besonderen Vorkehrungen nötig waren.

Zweck der vorliegenden Versuche war, die Umstellung des Motors OM 67 durchzuführen.

Möglichkeiten der Umstellung eines Dieselmotors
auf Methanol-Betrieb.

Für die Umstellung besteht die Möglichkeit, den Motor als Vergasermaschine auszurüsten, oder das Methanol mittels Pumpe in die Zylinder einzuspritzen und das Gemisch mit Zündkerze zu entzünden. Als Dieseltreibstoff ist Methanol seiner geringen Zündwilligkeit wegen nicht geeignet. Folgende Änderungen sind erforderlich:

Einspritzbetrieb:

Zündstromquelle (Magnet- oder Batteriezündung)

Zündkerzen

Einspritzpumpe mit größerer Fördermenge als bei Dieselbetrieb

Vorrichtung zur Regelung der Kraftstoffmenge in Abhängigkeit von der Luftmenge

Drehzahlbegrenzer

Unterlegplatten

Vergaserbetrieb:

Zündstromquelle

Zündkerzen

Ein oder mehrere Vergaser

Drehzahlbegrenzer

Unterlegplatten

Die Verminderung der Verdichtung durch Unterlegplatten zwischen Zylinderkopf und Zylinder ist nötig, da die Zündspannung der üblichen Zündapparate nicht ausreicht, um bei höherer Verdichtung das kalte Kraftstoff-Luftgemisch zu durchschlagen. Bei den Vorversuchen ergab sich, daß bei höherer Verdichtung als etwa 1:11 der Zündstrom außen an den Zündkerzen überschlägt.

Der Umbau auf Einspritzbetrieb ist zweifellos wesentlich teurer und umständlicher, da das Auswechseln der Pumpen, Zylinder und Kolben und die notwendige Einregulierung nicht mit einfachen Mitteln möglich ist. Bisher gelieferte Motoren kön-

nen auf Einspritzbetrieb nicht umgestellt werden, da eine Öffnung für die Zündkerze fehlt. Ob das Beibehalten der für Dieselmotorbetriebe verwendeten Einspritzdüsen möglich ist und welche anderen Ausführungen gegebenenfalls notwendig sind, steht noch nicht fest, da die allgemeinen Erfahrungen über den Einspritzbetrieb noch verhältnismäßig gering sind.

Der Vergaserbetrieb ist dagegen verhältnismäßig leicht zu überblicken und durchzuführen. Anstelle der Diesel-Pumpe wird ein Magnetapparat oder eine Vorrichtung für Antitoriedruckung eingebaut. Bei dem geringen Preis dieser letzteren Vorrichtung wäre es auch denkbar, neue Motoren grundsätzlich mit einer Pumpe mit angebauntem Batteriestandkopf auszurüsten, oder zum mindesten erleichterte Einbaumöglichkeit vorzusehen. Die Diesel-Pumpe verbleibt dann leerlaufend an ihrem Platz und die Regelvorrichtung wird als Drehzahlbegrenzer für Vergaserbetrieb weiterhin benutzt. Bei Vergaserbetrieb können die Zündkerzen anstelle der Diesel-Einspritzdüsen eingebaut werden, wogegen bei Einspritzbetrieb das Unterbringen von Zündkerzen in vorhandenen Maschinen kaum möglich ist und bei neuen Motoren besondere Öffnungen vorgesehen werden müssten. Die letztere Maßnahme dürfte sich grundsätzlich empfehlen, da auch bei Vergaserbetrieb das Unterbringen der Kerzen in besonderen, gut gekühlten Öffnungen vorteilhaft ist.

Bei den vorliegenden Versuchen wurde die Maschine auf Vergaserbetrieb umgestellt, Versuche mit Einspritzung sind jedoch im Gange.

Vorversuche.

Als der OM 67-Motor für die erwähnte Fahrt vorgewickelt worden sollte, traten verschiedene Mängel auf, die nicht so-
gleich beseitigt werden konnten. Es handelte sich hier um Män-
gel an der Zündstromquelle um den Einbau der Zündkerzen, um
Fragen der Gemischverteilung und um Mängel am Zylinderkopf.

Wie aus Blatt 1, Abb. 1, im Vergleich zu Lichtbild 822
hervorgeht, war ursprünglich lediglich anstelle der Einspritz-
düse und deren Halter eine Nülse eingesetzt worden, in die die
Zündkerze eingeschraubt worden war. Für die Nabelausführung
war ein besonderes Rohr in der Abdeckkappe vorgesehen. Es tra-
ten zunächst Schwierigkeiten dadurch auf, daß die scharfen Ein-
drehungen, die zur Aufnahme des Nüselhalters in der Nähe des
Kompressionsraumes dienten, zum Glühen kamen und Glühzündungen
verursachten. Besonders war dies bei der vorstehenden und un-
gekühlten Stelle "A" der Fall, die nach kurzer Betriebszeit
bereits Risse zeigte. Wie in der Abb. 1 durch punktierte Linien
angedeutet, wurden diese Kanten durch Abrunden beseitigt.

Infolge des langen Zündweges war die Verbrennung bei die-
ser Anordnung schlecht. Der nächste, in Abb. 2 dargestellte
Schritt, bestand deshalb darin, die Zündkerze möglichst weit
zum Verbrennungsraum vorzuschieben. Hierzu wurden unterhalb
der Glühkerze neue Sitzflächen eingefräst und eine Büchse ein-
gesetzt. Um diese Büchse möglichst gut zu kühlen, wurde die
Bohrung für die Glühkerze von oben her angebohrt, was jedoch
nicht unbedingt nötig erscheint. Zum Vergleich wurden auch
Zündkerzenbüchsen angefertigt, bei denen die Kerzen weit außen
zu liegen kamen (Blatt 1, Abb. 2). Es zeigte sich, daß die Verbrennung

förmige Zündweg vorhanden war. Versuche ergaben, daß diese Anordnung keine gute Verbrennung ergab und der Motor unregelmäßig lief.

Bei den mit Gas betriebenen Wagen war von Daimler-Benz die Zündkerze in die Bohrung für die Glühkerze eingesetzt worden. Trotz des langen und engen Zündweges sollen die Ergebnisse befriedigend gewesen sein. Bei Methanol-Betrieb war diese auf Blatt 2, Abb.4, dargestellte Anordnung nicht brauchbar.

Wie aus Blatt 3 hervorgeht, besteht in künftigen Fällen die Möglichkeit, die Zündkerze unter Benutzung der für die Düse vorhandenen Eindrehungen unmittelbar anstelle der Einspritzdüsen zu bringen. Allerdings können dann nur 12 mm-Kerzen Verwendung finden. Versuche müssen zeigen, ob die ungekühlte Kante A hierbei keine Schwierigkeiten bietet. Bei einer neuen Ausführung des Zylinderkopfes soll diese, offenbar auch bei Dieseltrieb unangenehme Stelle besser gekühlt sein. Das bei normalen Dieselmotoren nicht vorhandene Rohr zur Kabelausführung kann durch eine einfache Bohrung in der Kappe ersetzt werden. Der isolierte Stab zum Kerzenanschluß bleibt weiterhin notwendig. Die Möglichkeit, die Öffnung für die Glühkerze so auszubilden, daß ohne Abänderungen auch eine normale Zündkerze in weit vorgeschobener Lage eingebaut werden kann, besteht nicht. Bei einer Neukonstruktion sollte eine besondere Bohrung für eine Zündkerze vorgesehen sein, schon um der Möglichkeit Rechnung zu tragen, daß die Düse für Einspritzbetrieb verfügbar bleibt. Die Zündkerze würde wohl am besten Platz finden zwischen den Ventilen mit Zugängigkeit von der Abgasseite des Motors her. Bei neueren Zylinderköpfen, bei denen die Luftansaug-

öffnungen senkrecht nach oben an dem Kopf herumgeführt werden, ist die Unterbringung noch leichter als bei der jetzigen in Lichtbild 822 dargestellten Ausführung.

Versuchsdurchführung:

Der Dieselmotor OM 67 hat folgende Daten:

Zylinderzahl	6
Verdichtungsverhältnis	1:17
Zylinderdurchmesser	110 mm
Kolbenhub	130 mm
Hubraum	7,4 ltr
Leistung	95 PS
Drehzahl	2000 U/min
Hubraum je Zylinder	1235 mm ³

Für den Inhalt des Verbrennungsraumes in ocm ergeben sich mit verschiedenen Unterlagen folgende Werte:

	Blatt 1 Abb.1 Ursprüngliche Ausführung	Blatt 1 Abb.2 Kerze tief		Blatt 2 Abb.3 Kerze oben
Raum über Kolben-Ventilteller	33	33	33	33
Vorkammerraum	100	32	32	79
Stärke der Unterlage mm	(5)	(11,5)	(6,8)	(6,8)
Rauminhalt Unterlage	49	113	66	66
Kompressionsraum	182	178	131	178
Verdichtungsverhältnis	7,8	8,0	10,4	8,0

Es wurden wohl Versuche gemacht mit höheren Verdichtungen, z.B. 1:13, zu fahren, doch reichte dann die zur Verfügung stehende Zündspannung nicht mehr aus, um an den Elektroden das kalte und stark gepresste Gemisch zuverlässig zu durchschlagen. Auch traten häufig Überschläge außen an den Kerzen auf.

Die Anordnung mit 2 Vergasern ist auf Lichtbild 805 zu sehen. Abweichend von der ursprünglichen Anordnung wurde der wagrechte Teil des Saugrohres tiefer gelagert, wodurch die Verbindungen kürzer und gleichzeitig die Vorwärmung durch größere Nähe des Abgasrohres verbessert wurde. Das Abgasrohr mit eingesetzten Vorwärmeröhren ist eine Sonderausführung von Daimler-Benz.

Die Anordnung mit 3 Vergasern ist in den Lichtbildern 803 und 804 dargestellt. Die Vergaser sind unmittelbar an die für den Dieselbetrieb vorgesehenen Luftansaugöffnungen angeschlossen. Eine Vorwärmung ist hier nicht vorgesehen. Diese Anordnung erscheint besonders deshalb vorteilhaft, weil keine Veränderungen und Austausch am vorhandenen Abgasrohr nötig sind.

Abschließend wurden noch Versuche mit einer verbesserten 2 Vergaser-Anordnung (Lichtbild 824) durchgeführt.

Bei den Versuchen wurde Rohmethanol mit einem Wassergehalt von etwa 2 % benutzt und zum Vergleich dieselben Versuche mit unvermishtem Motorenbenzol durchgeführt. Das Methanol enthielt etwa 7 % Isobutylalkohol, so daß der Heizwert 4880 betrug. Daten von reinem Methanol, Aethanol, Benzol und Benzin sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Bemerkenswert ist die starke Volumenvergrößerung von Methanol, durch die Verbrennung/ die eine Ursache für die Mehrleistung ist und die besonders stark bei Einspritzung während des Kompressionshubes in Erscheinung treten wird.

Versuchsergebnisse:

1. Versuche mit 2 Vergasern.
Verdichtung 1:8. Saugrohr 1.

Es wurden zunächst Versuche mit verschiedenen Lufttrichtern gemacht. Ein enger Lufttrichter ergibt gute Zerstäubung, andererseits aber auch Verminderung der Füllung und Leistungsverlust. Weiterer Lufttrichter ergibt bessere Füllung, sofern nicht die Drosselung im Saugrohr überwiegt. Die Zerstäubung wird bei großen Querschnitten schlechter, besonders bei niedrigen Drehzahlen. Nach diesen Gesichtspunkten wurde der Lufttrichter 28 für die folgenden Versuche ausgewählt.

a) Versuche mit verschiedenen Düsen.

Leistung und Verbrauch wurden bei 1500 Umdrehungen und offener Drossel mit verschiedenen Düsen gemessen (Blatt 4). Die Minima der Verbrauchskurven liegen der verschiedenen Gemischheizwerte wegen gegeneinander etwas verschoben. An der Stelle der Verbrauchminima beträgt der Mehrverbrauch bei Benzol etwa 10 %. Die erzielbare Höchstleistung ist bei Methanol 7-8 % höher als bei Benzol.

b) Versuche bei verschiedenen Drehzahlen.

Die Beobachtung von Leistung und Verbrauch bei verschiedenen Drehzahlen mit den aus Blatt 4 entnommenen Düsen zeigt Blatt 5 im Vergleich zu den eingetragenen Werten des Dieselmotors für Vollast ein mit der Drehzahl abfallendes Drehmoment. Das Moment als Vergasermotor liegt bei 800 Umdr. um etwa 50 % höher als beim Dieselmotor. Bei 2000 Umdr. sind die Momente gleich groß. Dieses Verhalten ist bezeichnend für den Drosselmotor mit starken Widerständen in der Saugleitung. Die Charak-

teristik ist nicht ungünstig, da beim Fahren auf Steigungen ein Abnehmen der Drehzahl Ansteigen des Momentes bewirkt. Die Maschine wird also am Berg "durchzogen". Der spezifische Verbrauch ist am günstigsten bei 1500 Umdrehungen. Der Mehrverbrauch an Benzol beträgt dort 11 %, die Mehrleistung des Methanols 10 %. Die Verbrauchskurve von Benzol deckt sich mit der des Gasöls beim Dieselmotorbetrieb.

c) Versuche bei verschiedenen Belastungen.

Die Ergebnisse der Verbrauchsmessungen bei verschiedenen Belastungen und Drehzahlen sind auf Blatt 6 dargestellt. Es zeigt sich, daß der Einfluß der Drehzahl bei gleichem Moment auf den Verbrauch verhältnismäßig klein ist, und daß er bei Methanol kleiner ist als bei Benzol. Die günstigste Drehzahl ist bei Benzol 1500, bei Methanol 2000.

Zum Vergleich sind Teillast-Kurven des Motors bei Dieselmotorbetrieb eingetragen, und zwar für die Drehzahlen 1200 und 2000. Man erkennt, daß der Dieselmotor bei geringeren Belastungen bekanntermaßen wirtschaftlicher ist als der Vergasermotor. Bei vollen Belastungen, z.B. 6 kg/cm^2 bei Diesel und 10 kg/cm^2 bei Vergaser ist die letztere Betriebsweise erheblich günstiger. Der Verbrauch im Dieselmotorbetrieb ist von der Drehzahl stark abhängig.

2. Versuche mit 2 Vergasern, Saugrohr 1.
Verdichtung 1:10,4.

a) Versuche mit verschiedenen Düsen.

Blatt 7 zeigt die Ergebnisse bei Anwendung verschiedener Düsen. Infolge der höheren Verdichtung stieg die Höchstleistung von Methanol von $8,6$ auf $9,2 \text{ kg/cm}^2$, also um 7 %. Der

Verbrauch sank von 1990 auf 1850 kcal/PSH, also um ebenfalls 7 %.

b) Versuche bei verschiedenen Drosselzahlen.

Die nach diesen Versuchen angefertigten Diagramme 240 und 150 ergeben in Abhängigkeit von der Drehzahl die in Blatt 8 dargestellten Werte. Die dabei auftretenden Momente liegen etwas höher, als dies nach den Versuchen in Blatt 7 zu erwarten war. Die Höchstleistung stieg von 105 auf 115 PS.

Teillast-Kurven wurden für diesen Verdichtungsgrad nicht durchgeführt, da sie kein anderes Bild ergeben hätten als bei Verdichtung 1:8.

3. Versuche mit 2 Vergasern, Saugrohr 1.
Verdichtung 1:8.

Die Anordnung der Vergaser ist aus Lichtbild 803 und 804 zu ersehen. Es wurde ein Lufttrichter von 20 cm \varnothing benutzt. Wie aus Blatt 9 hervorgeht, ist die Beanspruchung der Vergaser bei dieser Anordnung ungleichmäßiger als bei 2 Vergasern.

Durch Anordnung der auf dem Lichtbild dargestellten Verbindungsleitung gelang es, einen Ausgleich zu schaffen, so daß der Motor gleichmäßig lief.

a) Versuche mit verschiedenen Düsen.

Gegenüber der Anordnung mit 2 Vergasern ist zunächst eine Besserung des Verbrauches festzustellen. Blatt 10 zeigt im Vergleich zu Blatt 4, daß das Minimum der Verbrauchskurven um etwa 100 kcal/PSH gefallen ist. Sehr stark ist die Steigerung des mittleren Arbeitsdruckes um rund 16 %, die durch geringere Drosselung sich erklärt. Der Höchstwert bei Methanol mit 10,2 kg/cm² bei Verdichtung 1:8 liegt höher als bei 2 Vergasern.

mit Verdichtung 1:10,4. Der Verbrauch ist jedoch etwas höher (vgl. Blatt 10 und 7).

b) Versuche bei verschiedenen Drehzahlen.

Bei der Messung von Moment und Verbrauch über die Drehzahl (Blatt 11) ist wegen der geringeren Drosselung ein kleinerer Abfall des Momentes bemerkenswert. Während bei 2 Vergasern (Blatt 5) der Arbeitsdruck zwischen 1000 und 2000 U/min um 30 % sank, ist bei 3 Vergasern der Abfall nur etwa 15 %. Demzufolge stieg die Höchstleistung von 105 auf 125 PS. Die Verbrauchskurve ist im Bereich höherer Drehzahl gleichfalls günstiger geworden als bei 2 Vergasern. Die vergleichsweise eingetragenen Verbrauchskurven des Dieselmotors lassen erkennen, daß der Wirkungsgrad bei Methanol-Betrieb deutlich besser ist als beim Dieselmotor, selbstverständlich nur bei Vollast.

Die Beobachtung des Verbrauches bei weichenen brachte nichts wesentlich Neues und ist deshalb hier nicht wiedergegeben.

4. Versuche mit 5 Vergasern, Saugrohr 2.
Verdichtung 1:10,4.

Die Versuche mit kleinen Lufterrichtern, die in dieser Versuchsreihe durchgeführt wurden, hatten hauptsächlich den Zweck, die Leistung der Maschine auf die Verhältnisse bei Dieselmotor herunterzudrücken.

a) Versuche mit Trichter 26.

Blatt 12 zeigt die Kurve mit verschiedenen Düsen, Blatt 13 die bei verschiedenen Drehzahlen. Die beobachtete Verbrauchsminderung gegenüber den Versuchen mit Verdichtungsverhältnis 1:8 (Blatt 10) beträgt etwa 10 %, die Leistungsteigerung etwa

5 %. Es wurde bei 2000 Umdrehungen eine Leistung von 150 PS erzielt.

b) Versuche mit Trichter 22.
des Verbrauches

Eine Veränderung/ gegenüber den vorhergehenden Versuchen ist kaum festzustellen. Aus den Versuchen mit verschiedenen Düsen (Blatt 14) wurden für die Versuche bei verschiedenen Drehzahlen (Blatt 15) die Düsen 105 bzw. 160 ausgewählt. Ein Vergleich von Blatt 13 und 15 zeigt, daß infolge des kleineren Trichters die Höchstleistung bei Methanol von 150 auf 130 PS gesunken ist. Die Verbrauchskurve für Methanol ~~hing~~ hat ein Minimum bei etwa 1800, was einen Wirkungsgrad von 35 % entspricht. Ein ungünstiger Einfluß der Drosselung auf den Verbrauch ist also nicht eingetreten.

c) Versuche mit Trichter 20.

Wie aus den Blättern 16 und 17 hervorgeht, tritt eine geringe Verschlechterung des Verbrauches ein. Blatt 18 bringt eine Zusammenstellung der Düsenkurven für verschiedene Lufttrichter, die im Gegensatz zu den Leistungsmessungen unmittelbar vergleichbar sind.

Die Versuche mit verschiedenen Lufttrichtern haben also das Ergebnis, daß eine Drosselung der Maschine ohne wesentliche Verbrauchsverschlechterung möglich ist.

Es wurden wohl Versuche angestellt, kleinere und somit billigere Vergaser zu verwenden. Es scheiterte dies jedoch daran, daß kleine Vergaser zu enge Kanäle und ungenügende Querschnitte um den Schwimmer herum haben, so daß nicht genug Methanol zur Düse gebracht werden konnte. Diese Erscheinung trat auch bei den großen Vergasern in der folgende Versuchsreihe

auf:

5. Versuche mit 2 Vergasern, Saugrohr 3.
Verdichtung 1:10,4.

a) Saugrohr und Vergaser.

Nachdem sich gezeigt hatte, daß mit der 3 Vergaser-Anordnung sehr gute Leistungen und Verbräuche erzielt werden konnten, erschien es wünschenswert, auch mit 2 Vergasern Ähnliches zu erreichen. Maßgebend war hierfür die geringeren Kosten und die leichtere Bedienung. Da sich bei der Anordnung mit 3 Vergasern kein Nachteil durch Fehlen der Vorwärmung gezeigt hatte, so sollte zugleich auch versucht werden, eine Anordnung mit 2 Vergasern ohne Vorwärmung zu entwickeln. Während beim Saugrohr 1 (Bild 805) ein Teil des Saugrohres mit dem Abgasrohr zusammengelassen war, würde bei einer Anordnung ohne diese Vorwärmung die Verwendung eines besonderen Abgasrohres überflüssig werden.

Dieses neue Saugrohr 3 für 2 Vergaser ist im Bild 824 dargestellt. Es wurden weite Rohre von 36 mm l.w. benutzt. Die Rohre wurden in gut gerundeten Bogen verlegt, um die bei Saugrohr 1 zweifellos nachteiligen Ecken zu vermeiden.

Bei Beginn der Versuche ergab sich, daß erhebliche Leistungen erreicht werden konnten und hierdurch die beiden Vergaser so hoch beansprucht wurden, daß die Querschnitte oberhalb 1500 Umdrehungen nicht mehr ausreichten, um eine der Drehzahl proportionale Kraftstoffmenge zu liefern. Bei einem Gefälle von 40 cm und einem Schwimrnadelventil von 3,5 mm \varnothing wurden Durchflußmessungen mit folgendem Ergebnis gemacht:

ltr/sec

Ohne Schwimmergehäuse, Ausfluß aus Schwimmerventil	0,151
Mit Schwimmergehäuse, ohne Schwimmer	0,149
Mit Schwimmergehäuse, mit Schwimmer	0,094
" " " " " , mit Ausfräsungen	0,100

Bei einer Höchstleistung von 155 PS bei 2000 Umdrehungen benötigt der Motor eine Methanol-Menge von etwa 0,2 ltr/sec, für einen Vergaser also etwa 0,1 ltr/sec. Die obenstehenden Messungen zeigen, daß das Schwimmerhadelventil selbst unter diesem geringen Gefälle eine ausreichende Menge liefert, und daß das Gehäuse mit Kanülen keine Hemmung darstellt. Bei eingebautem Schwimmer wird jedoch der Durchfluß sehr stark gehemmt, da die Querschnitte um den Schwimmer herum sehr klein sind. Es wurde versucht, durch Ausfräsungen im Schwimmergehäuse diesen Mangel abzustellen, allerdings nur mit geringem Erfolg, wie die letzte Messung zeigt.

Es geht aus diesen Versuchen hervor, daß es notwendig ist, die Konstruktion des Schwimmergehäuses so zu ändern, daß auch bei Methanolbetrieb ausreichende Durchflußmengen gewährleistet sind.

b) Versuche mit verschiedenen Düsen.

Mit den durch Ausfräsungen etwas verbesserten Vergasern wurden Messungen mit verschiedenen Düsen vorgenommen (Blatt 19). Die Messungen wurden sowohl mit Methanol und Benzol als auch mit Äthanol durchgeführt. Man erkennt, daß die Werte für Äthanol zwischen denen von Benzol und Methanol liegen. Mit Methanol wurden Leistungs- und Verbrauchswerte erzielt, die denen der 3 Vergaser-Anordnung gleichkommen (vgl. Blatt 12).

c) Versuche bei verschiedenen Drehzahlen.

Mit den bei dem vorhergehenden Versuch ausgewählten Düsen 150, 200 und 250 wurden Leistungskurven bei vollgeöffneter Drossel gefahren. Es ergibt sich (Blatt 20), daß sich Äthanol wohl günstiger als Benzol, aber ungünstiger als Methanol verhält. Die Kurve für den absoluten Verbrauch zeigt bei Benzol einen der Drehzahl proportionalen Anstieg. Bei Methanol dagegen biegt die Kurve bei höherer Drehzahl nach unten ab, ein Zeichen dafür, daß der Kraftstoffzufluß nicht mehr ausreicht. Die gleiche Erscheinung ist auch bei Äthanol zu beobachten.

Die erzielte Höchstleistung von 150 PS bei einem gleichzeitigen Verbrauch von 1800 kcal/PS_h ist ebenso günstig wie früher mit 3 Vergasern erreicht (Blatt 13). Bei ausreichender Bemessung der Vergaser würde die Höchstleistung zweifellos noch höher sein.

d) Versuche bei verschiedenen Belastungen.

Der Vollständigkeit halber wurden noch die Teillast-Kurven aufgenommen (Blatt 21). Bei Methanol zeigt die Kurve für 1000 Umdr/min einen hohen Verbrauch, was auf ungenügende Zerstäubung zurückzuführen sein dürfte. Bei Anwendung eines kleineren Lufttrichters hätte sich eine Verbesserung erreichen lassen, jedoch mussten die Versuche abgeschlossen werden.

6. Versuche über die Zündeneinstellung.

Bei der jetzt fast allgemein angewandten Batterie-Zündung geschieht die Verstellung des Zündzeitpunktes selbsttätig durch einen eingebauten Regler. Es ist die Frage zu klären, ob die im Regler festgelegte Verstellkurve beim Übergang zum Methanolbetrieb verändert werden muß.

Es wurde deshalb bei mehreren Drehzahlen und offener Drossel die Leistung für verschiedene Vorzündungswinkel bestimmt. Blatt 22 und 23 zeigen die Ergebnisse, die noch mit der 3 Vergaser-Anordnung aufgenommen wurden. Die den Maxima der mittleren Arbeitsdrücke entsprechenden Zündstellungen sind auf den Blättern unten in Abhängigkeit von der Drehzahl dargestellt. Auf Blatt 23 unten sind die Verstellkurven für Benzol und Methanol zusammen eingetragen. Der Kurvenverlauf ist praktisch derselbe. Es liegt lediglich eine unbedeutende Verschiebung um etwa $2-3^{\circ}$ vor.

Die Versuche zeigen also, daß eine Abänderung der normalen Regler nicht nötig ist und höchstens eine Nachregulierung des Zündapparates auf etwas geringere Vorzündung erforderlich ist.

7. Versuche über die Verwendung normaler Solex-Düsen.

Bei den normalen Solex-Vergasern ist die Kompensatorvorrichtung in Form seitlicher Löcher in den Hauptdüsen angebracht. Eine getrennte Regulierung von Kraftstoff und Zusatzluft ist also nicht möglich. Es entsteht die Frage, ob die für Betrieb mit üblichen Kraftstoffen erprobte Zusammenstellung der Kompensatorlöcher mit der Kraftstoffdüse auch für Methanol-Betrieb richtig ist. Die Anordnung ist so getroffen, daß bei üblichen Kraftstoffen bei allen Drehzahlen möglichst gleiche Gemisch-Zusammensetzung erreicht werden. Blatt 24 zeigt, daß dies bei Benzol tatsächlich der Fall ist. Es liegen nämlich bei den Drehzahlen 1000, 1500 und 2000 die Düse 105 stets im Verbrauchminimum. Stimmt nun die Anordnung der seitlichen Luftlöcher für Methanol nicht, so wäre zu erwarten, daß bei verschiedenen Drehzahlen verschiedene Düsen im Verbrauchminimum liegen.

Blatt 25 zeigt jedoch, daß dies nicht der Fall ist. So liegt die Düse 160 bei allen Drehzahlen im Verbrauchsminimum.

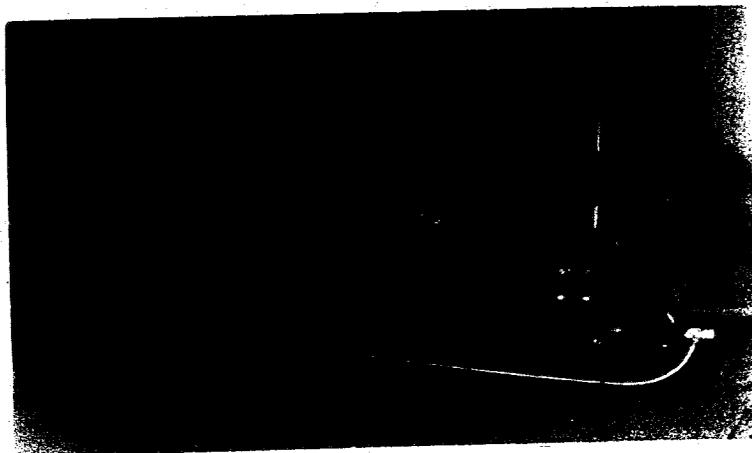
Das Ergebnis ist also, daß bei Methanolbetrieb die üblichen Solex-Düsen verwendet werden können. Zugleich wurde die Erfahrung bestätigt, daß die Düsenquerschnitte bei Umstellung auf Methanol lediglich im Verhältnis der Heizwerte vergrößert zu werden brauchen. Dies bedeutet, daß die in den Vergaser-Einstelltabelle für Benzin enthaltenen Düsendurchmesser nur mit 1,4 - 1,5 multipliziert zu werden brauchen, um die Einstellung für Methanol zu erhalten.

Anlagen: 3 Blatt Abbildungen
1 Tabelle
25 Diagramme.

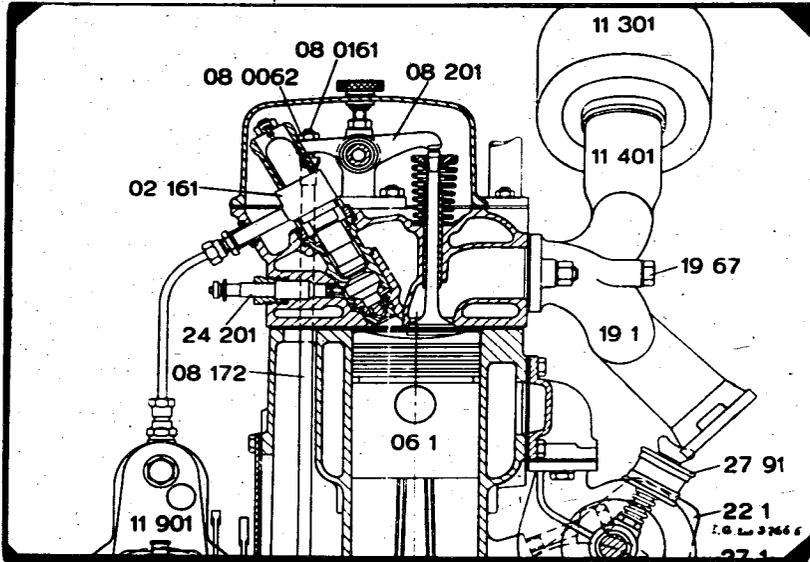
Perry



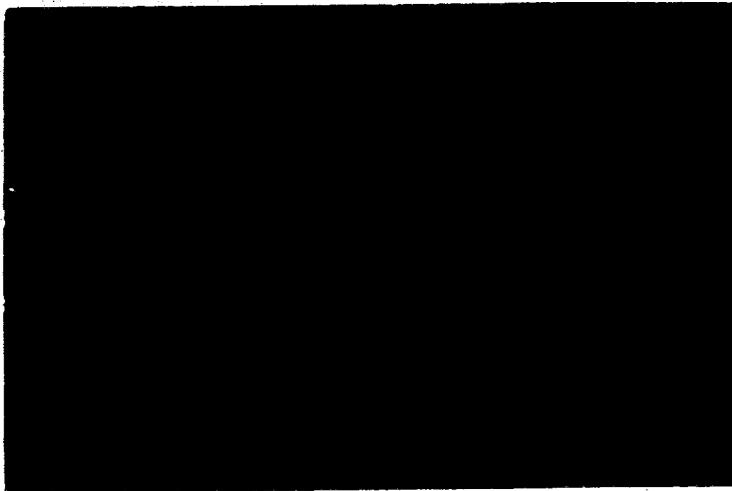
Lichtbild Nr. 803 - Saugrohr 1
3 Ventile, die unmittelbar an jeden Zylinder-
block angeschlossen sind.



Lichtbild Nr. 804 - Saugrohr 2
Ansicht von oben.



Lichtbild Nr. 822
 Ausrüstung für Dieselmotor.



Lichtbild Nr. 805 - Saugrohr 1.
 Anordnung mit 2 Vergasern und Vorwärmung durch be-
 sondere Gestaltung des Abgaschra.



Lichtbild Nr. 824 - Saugrohr 3
Verbesserte Anordnung mit 2 Vergasern ohne
Vorwärmung.

28469

Kraftstoff	Benzin	Benzol	Aethanol	Methanol
Formel	$C_{8,5} H_{18}$	$C_6 H_6$	$C_2 H_5 OH$	$CH_3 OH$
Molekulargewicht	120	78	46	32
Spez. Gewicht $\frac{kg}{lfr}$	0,750	0,875	0,790	0,795
Viskosität CP bei $20^\circ C$	0,40	0,67	1,20	0,60
Spez. Wärme	0,5	0,41	0,65	0,61
Siedepunkt		80	78	65
H/C	Atomverhältnis	2,12	1,0	3,0
	Gewichtsverhältnis	0,177	0,083	0,25
Heizwert (unterer)	$\frac{kcal}{kg}$	10400	9600	6450
	$\frac{kcal}{lfr}$	7800	8400	5090
	$\frac{kcal}{kg\ Luft}$	700	727	717
Luft- Bedarf.	$\frac{kg\ Luft}{kg\ Kraftstoff}$	14,9	13,2	9,00
	$\frac{m^3\ Luft}{kg\ Kraftstoff}$	12,62	11,12	7,59
	$\frac{m^3\ Luft}{lfr\ Kraftstoff}$	9,42	9,73	5,89
Volumen Vergröß. bezogen auf:	<u>anges. Luft + Kraftst.-Dampf</u> (Vergasenbetrieb)	6,0	1,5	7,0
	<u>angesaugte Luft</u> (Einspritzbetrieb)	7,4	4,3	14,7
CO ₂ max.	14,8	17,6	15,0	15,3
Verbrennungs- Wasser	$\frac{kg\ Wasser}{kg\ Kraftstoff}$	1,35	0,69	1,18
	$\frac{kg\ Wasser}{1000\ kcal}$	0,130	0,072	0,182
Verdampfungs- Wärme bei $760\ mm\ Hg$	$\frac{kcal}{kg}$	~80	95	210
Temperaturerniedrigung beim Verdampfen des theoretischen Gemisches.	20°	26°	74°	122°
Dampfgehalt im vollkomme- nen Gemisch. Volumen % zusätzlich	1,60	2,74	6,6	28410 12,3
Teildruck des Kraftstoff- dampfes in % d. Gesamtdruckes				

Tabelle 1

T. A. / V.

Techn. Zeitschr. 1936

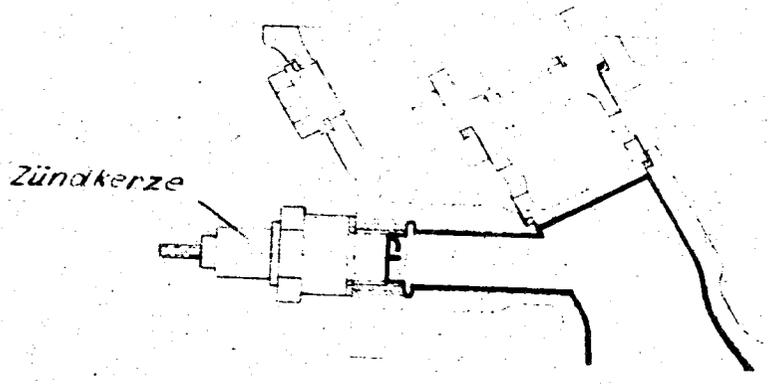
Die Zündkerze...

Abb. 3



Anordnung der Zündkerze in der Zylinderkopf-
 der Gültigkeit der Zündkerze nach Abb. 1-4
 nach Abb. 1-4 in der Zylinderkopf-
 baren. Besch.

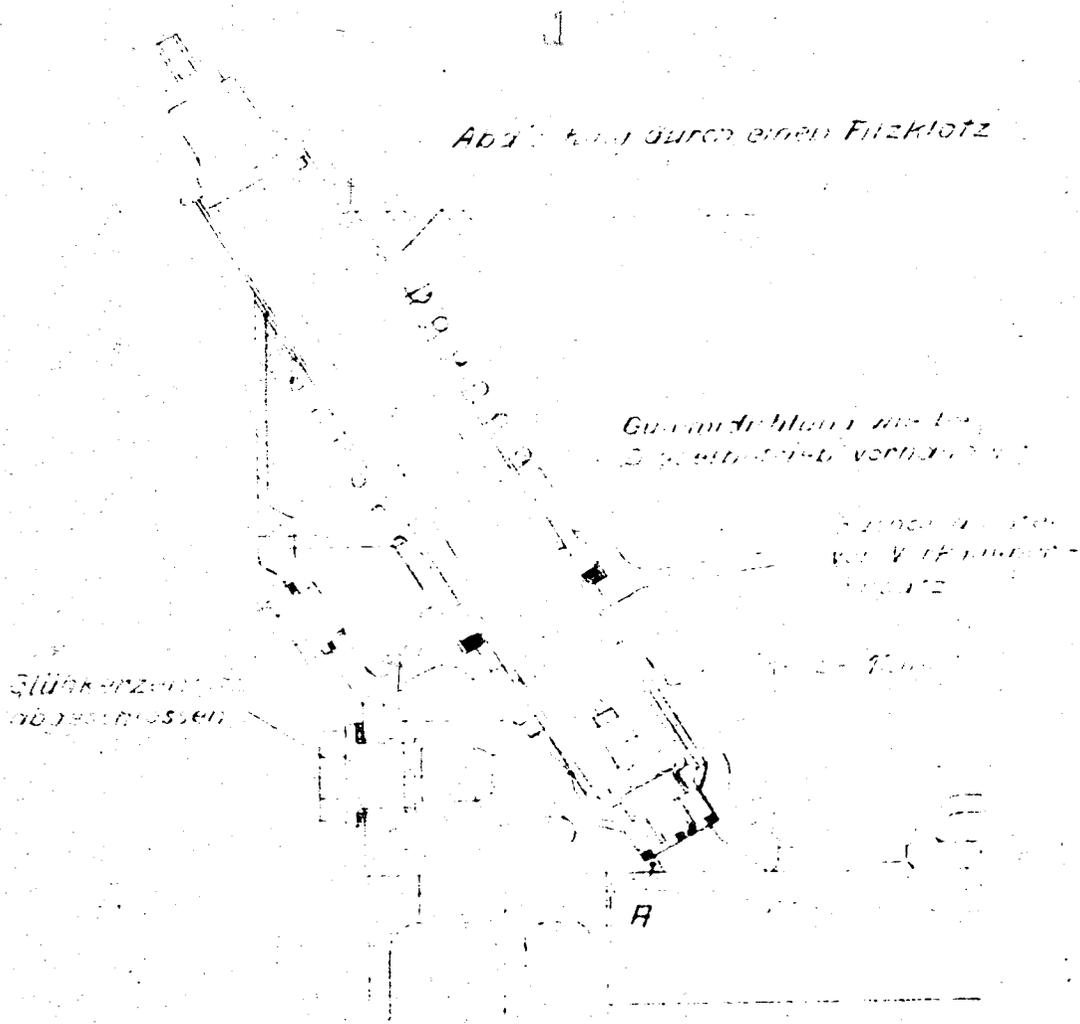
Abb. 4



Gesünder
 versch. Luftspfen.

28412

Umbauvorschlag für Dieselmotor DM 67
Zylinderkopfbohrung mit Einspritzpumpe



Bei neu zu liefernden Zylinderköpfen sollte unbedingt eine besondere Bohrung für die Zündkerze vorgesehen sein. Die Düsenöffnung bleibt dann für etwaigen Einspritzbetrieb verfügbar.

28413

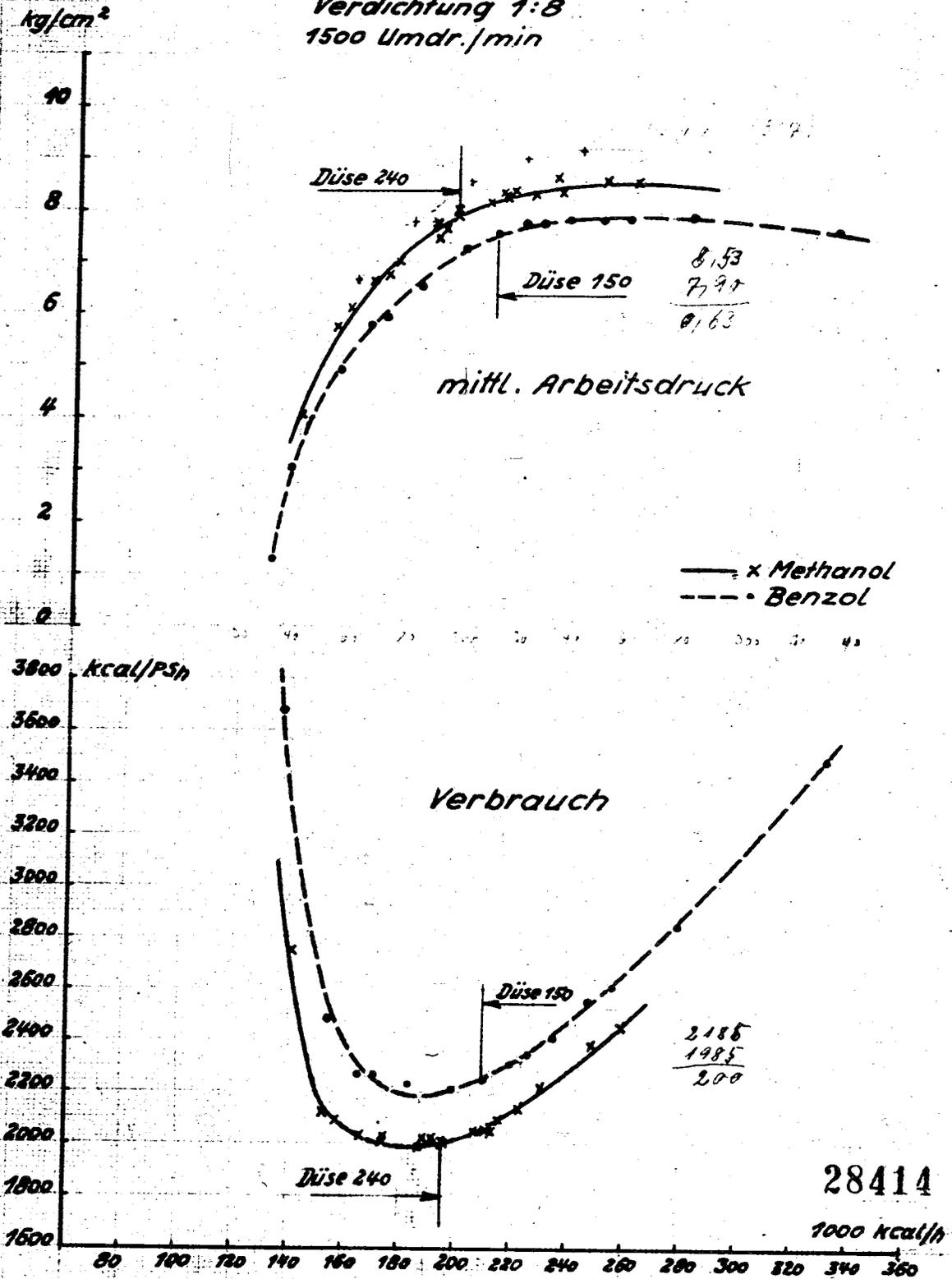
Versuche mit verschiedenen Düsen

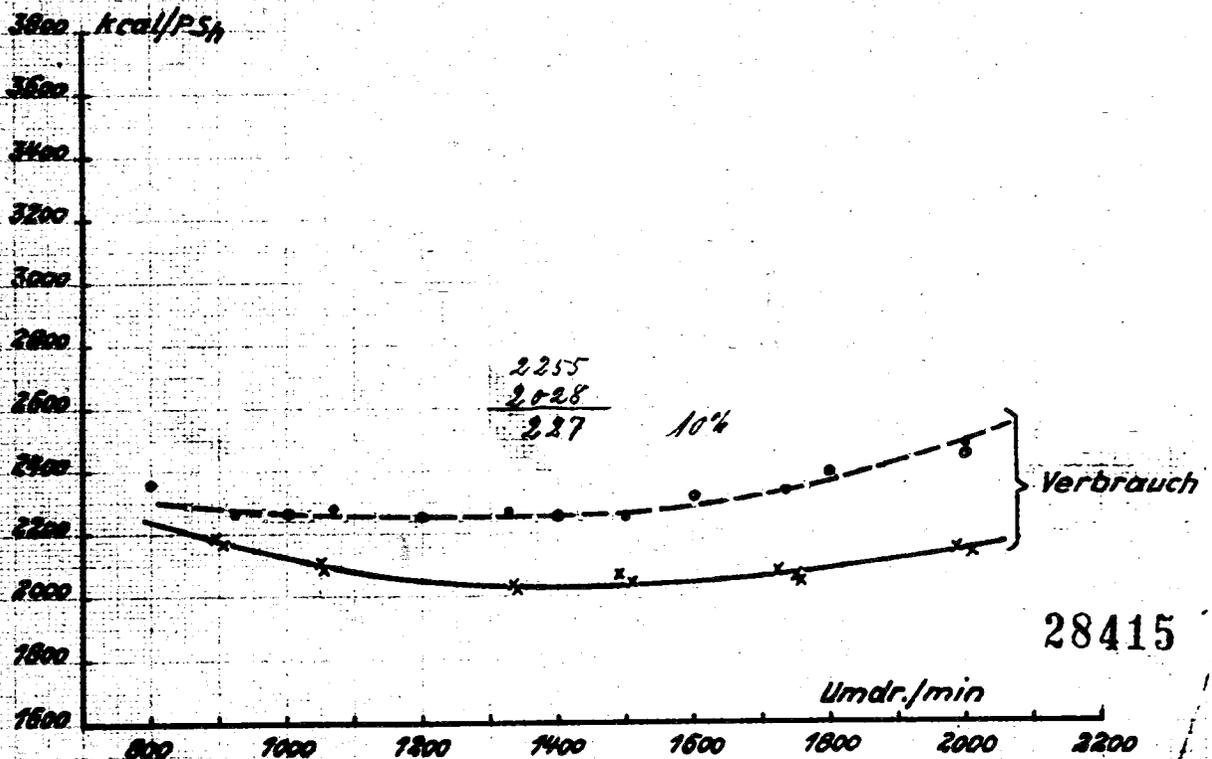
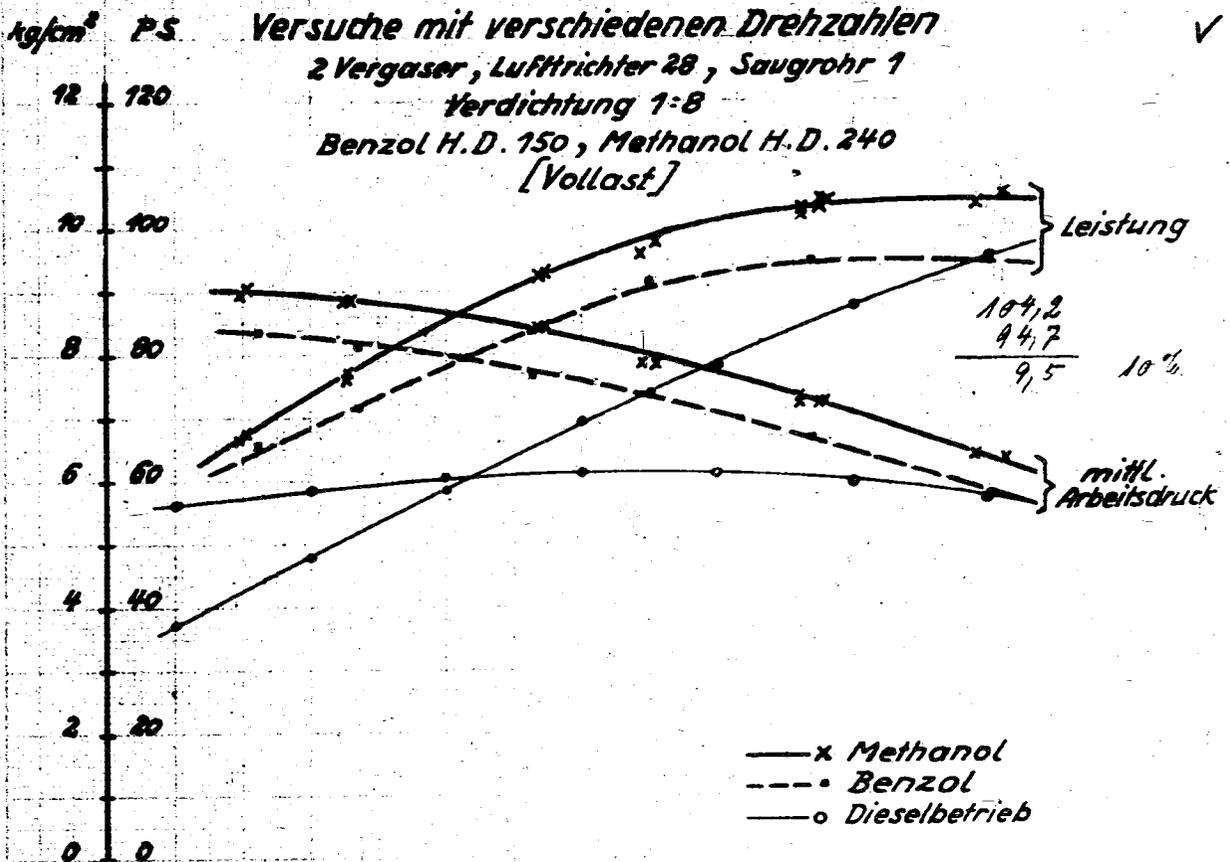
2 Vergaser, Lufttrichter 28, Saugrohr 1

Verdichtung 1:8

1500 Umdr./min

✓





Versuche bei verschiedenen Belastungen

2 Vergaser, Lufttrichter 28, Saugrohr 1

Verdichtung 1:8

Benzol H.D. 150, Methanol H.D. 240

Benzol

kcal/PS_h

4000
3800
3600
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
3800
3600
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600

- 1000 Umdr./min
- - - x 1350 " "
- · - · o 1500 " "
- · - · Δ 1750 " "
- · - · □ 2000 " "

Methanol

n = 2000

n = 1200

Dieselbetrieb

28416

mittl. Arbeitsdruck

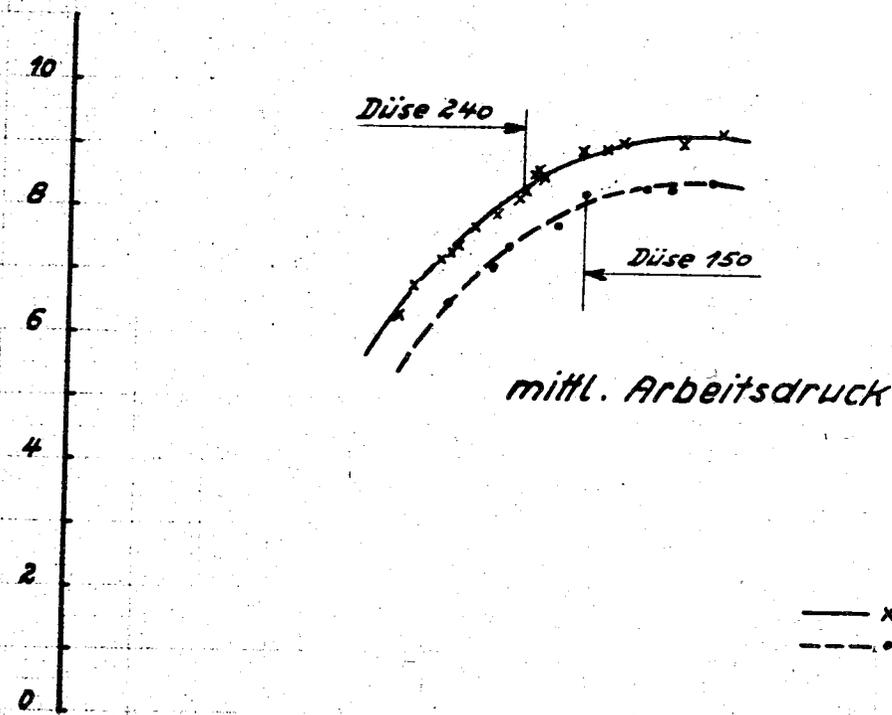
kg/cm²

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Versuche mit verschiedenen Düsen
 2 Vergaser, Lufttrichter 28, Saugrohr 1
 Verdichtung 1:10,4
 1500 Umdr./min

✓

kg/cm²



3600 kcal/PS_h

3400

3200

3000

2800

2600

2400

2200

2000

1800

1600

Verbrauch

80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360

1000 kcal/h

28417

Düse 240

Düse 150

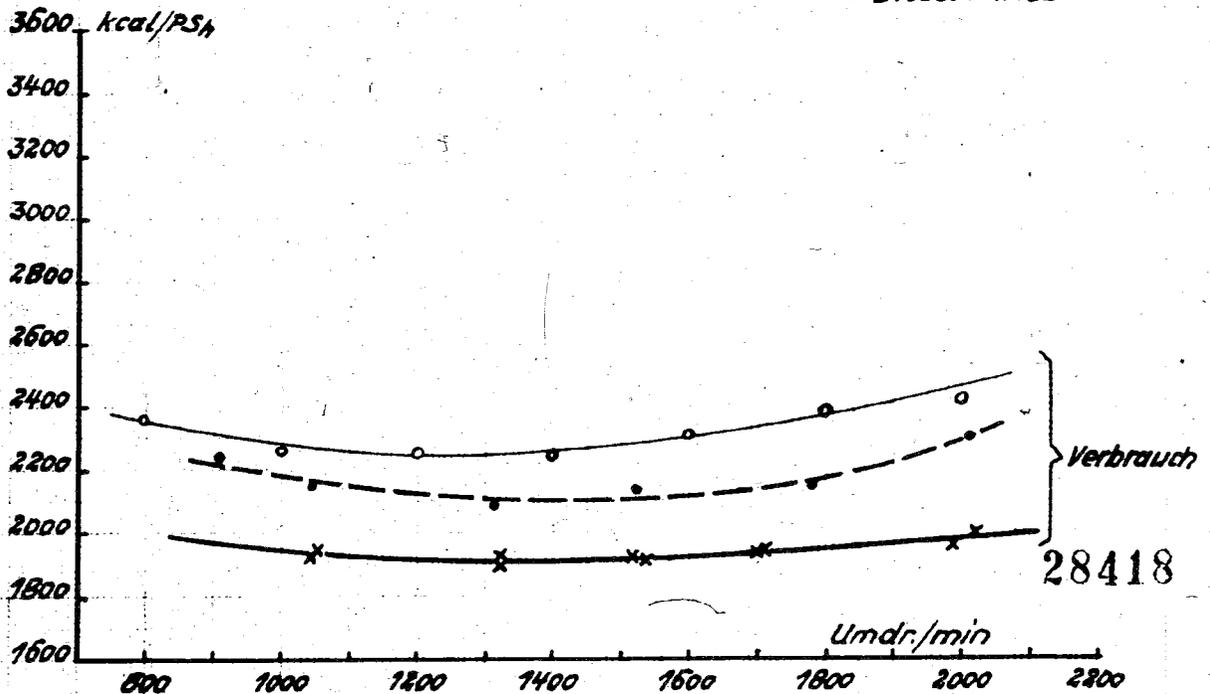
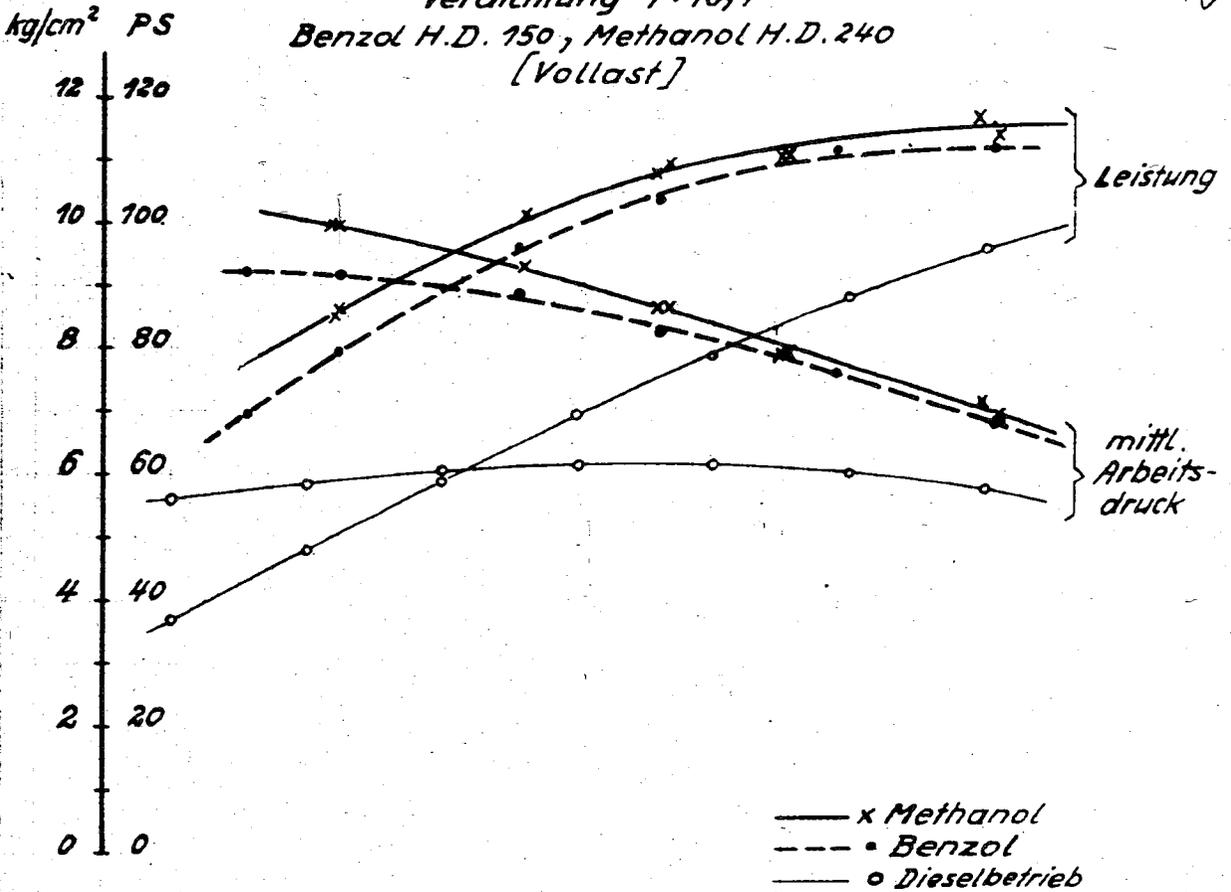
Versuche mit verschiedenen Drehzahlen

2 Vergaser, Lufttrichter 28, Saugrohr 1

Verdichtung 1:10,4

Benzol H.D. 150, Methanol H.D. 240

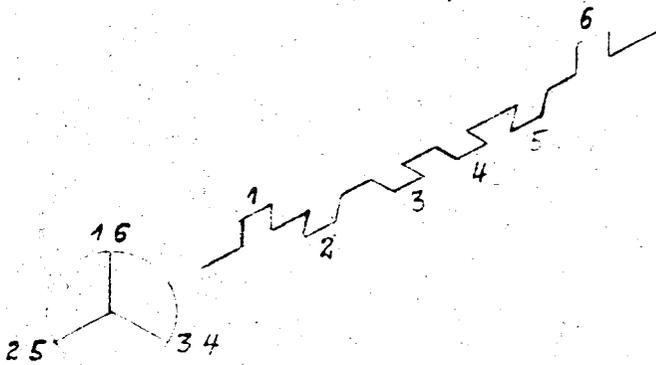
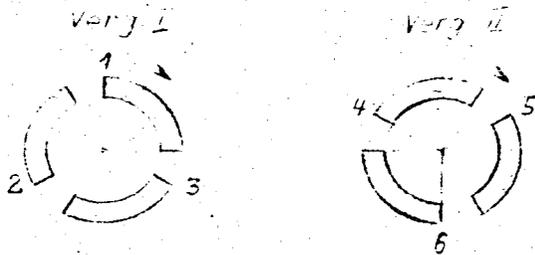
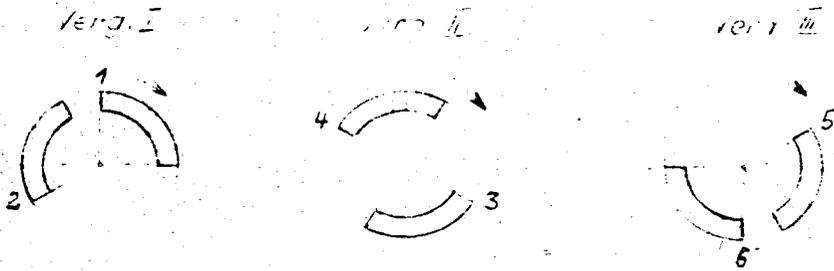
[Vollast]



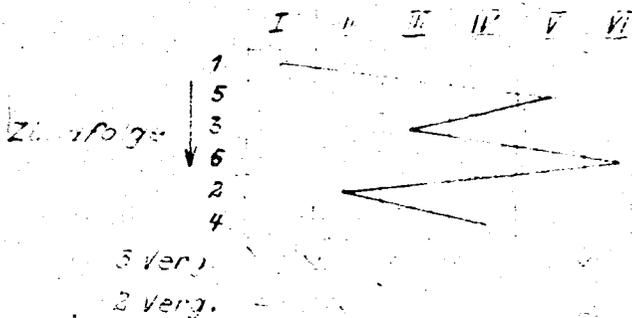
28418

Schematische Darstellung der Saugzeiten Blatt Nr. 9

Einzelventile mit Kugelventilventilen
[4. 1954 11.]



Zylinder

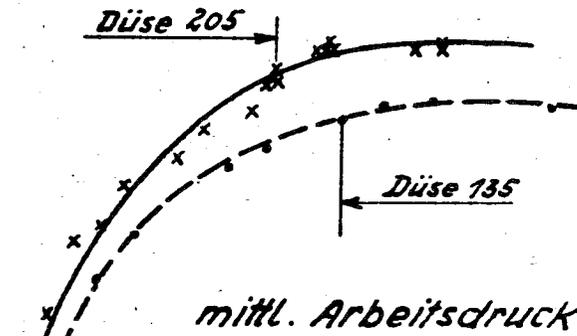


28419

Versuche mit verschiedenen Düsen
 3 Vergaser, Lufttrichter 26, Saugrohr 2
 Verdichtung 1:8
 1500 Umdr./min

kg/cm²

12
10
8
6
4
2
0

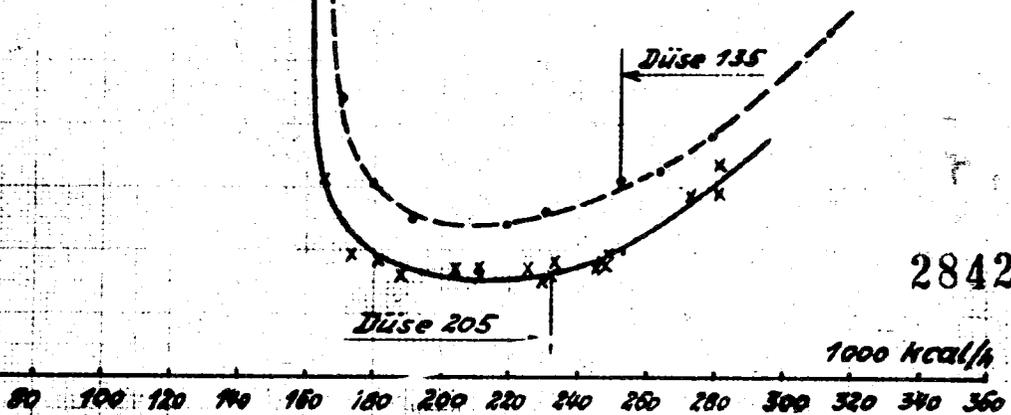


— x Methanol
 - - • Benzol

3800 kcal/PS_h

3600
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600

Verbrauch



28420

PS
110

T.A./V.

Techn. Prüfstand Op. 200

Blatt Nr. 11

kg/cm²

12 120
10 100
8 80
6 60
4 40
2 20
0 0

Leistung

mittl. Arbeitsdruck

Versuche mit verschiedenen Drehzahlen
3 Vergaser, Lufttrichter 26, Saugrohr 2
Verdichtung 1:8
Benzol H. D. 135, Methanol H. D. 205
[Vollast]

3800 kcal/PS_h

3600
3400
3200
3000
2800
2500
2400
2200
2000
1800
1600

— x Methanol
- - - • Benzol
— o Dieselbetrieb

Verbrauch

28421

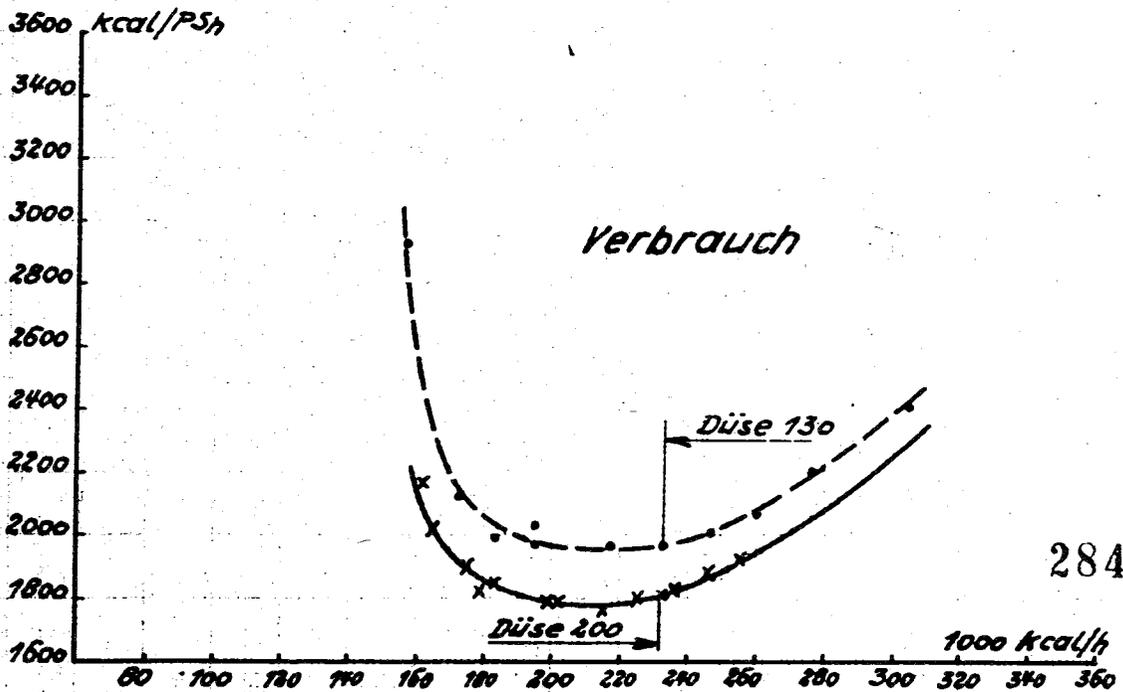
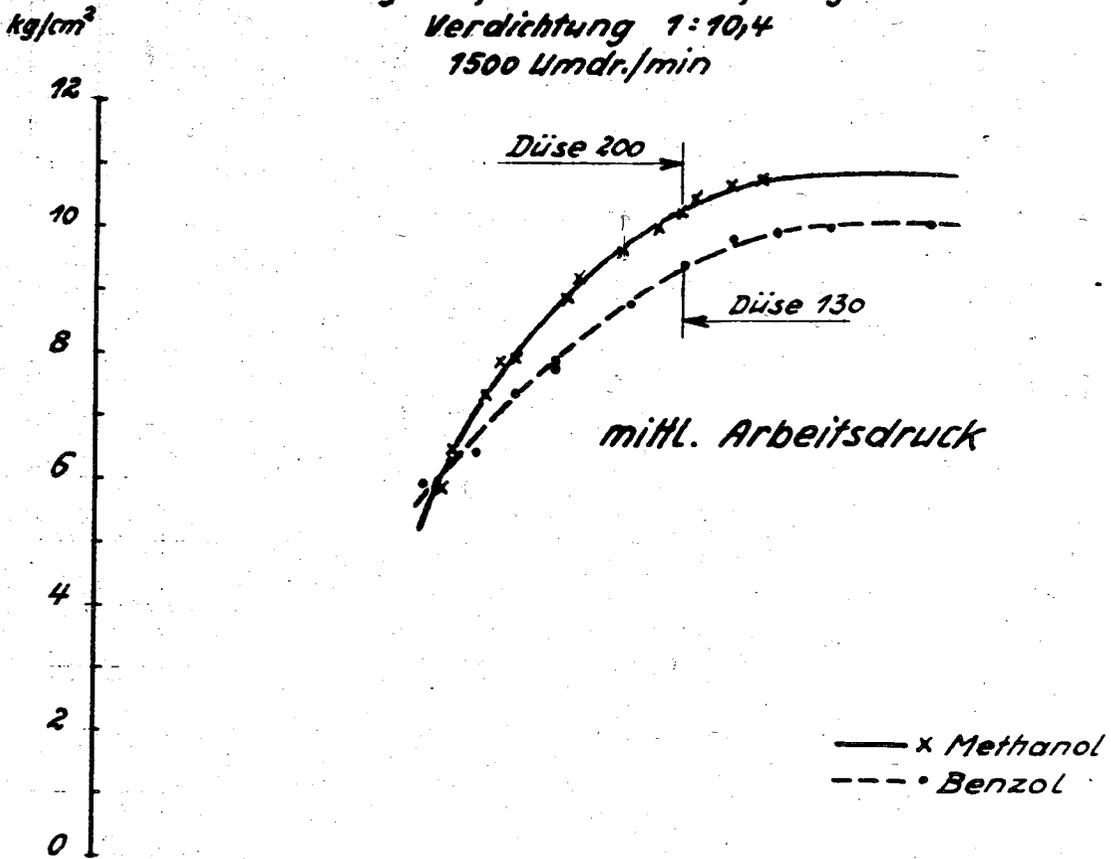
Umdr./min

800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200

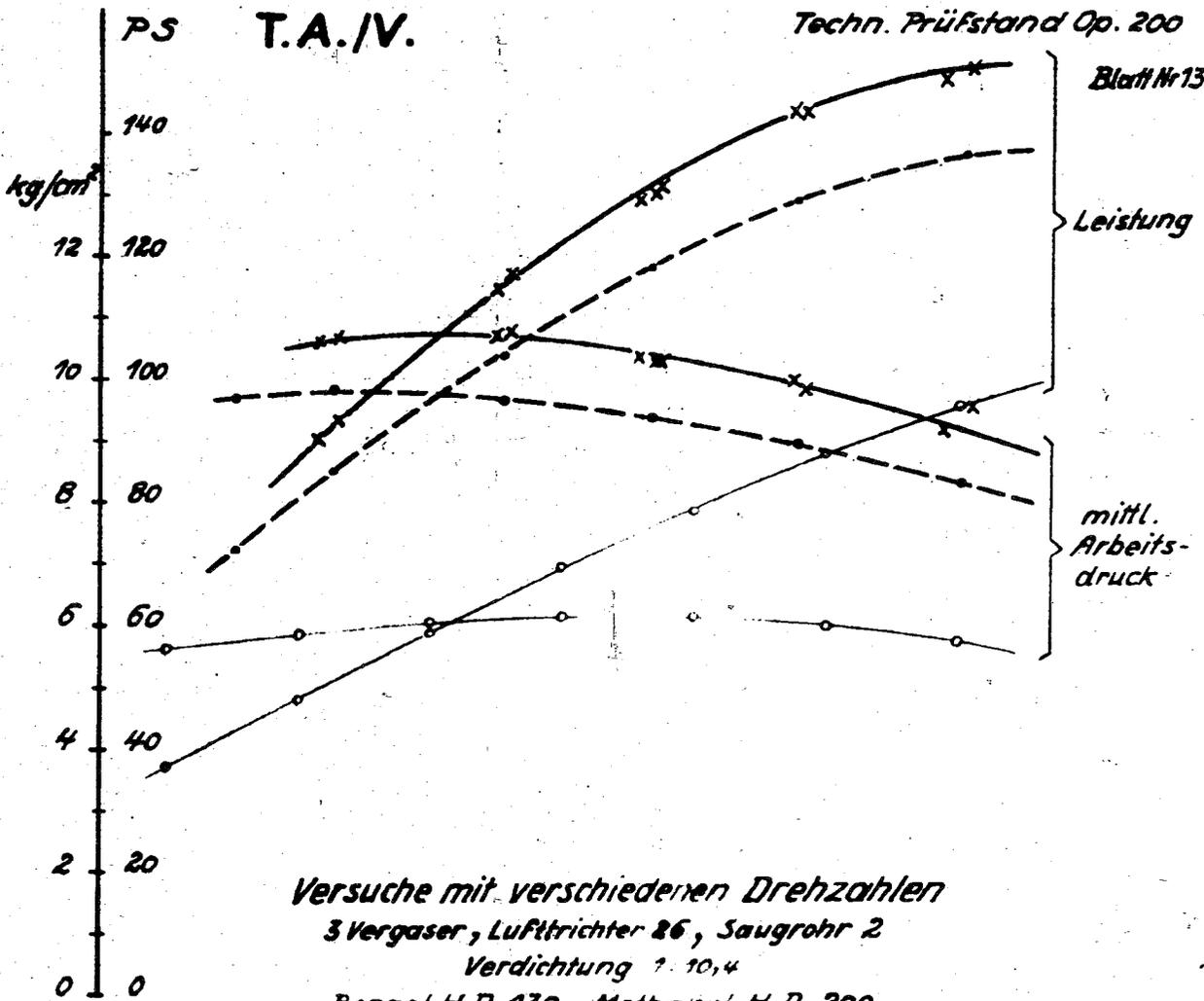
Zum Bericht v. 9. III. 36.

TLD 1071

Versuche mit verschiedenen Düsen
 3 Vergaser, Lufttrichter 26, Saugrohr 2
 Verdichtung 1:10,4
 1500 Umdr./min



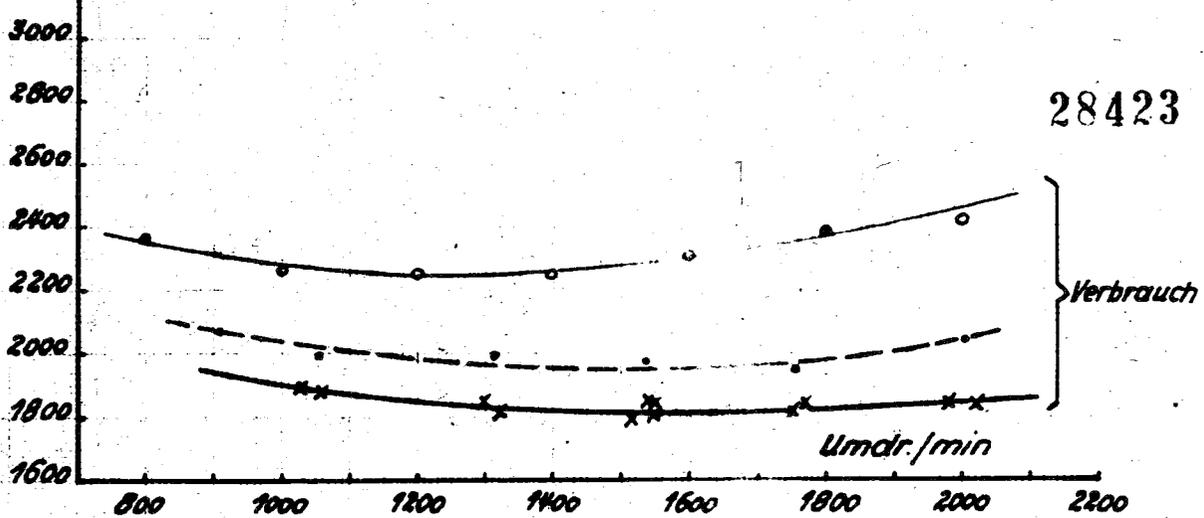
28422



Versuche mit verschiedenen Drehzahlen
 3 Vergaser, Lufttrichter 26, Saugrohr 2
 Verdichtung 1:10,4
 Benzol H.D. 130, Methanol H.D. 200
 [Vollast]

3600 kcal/PS_h

—x— Methanol
 - - - • Benzol
 —o— Dieselbetrieb



28423

Versuche mit verschiedenen Düsen

3 Vergaser, Lufttrichter 22, Saugrohr 2

Verdichtung 1:10,4

1500 Umdr./min

kg/cm²

12

10

8

6

4

2

0

Düse 160

Düse 105

mittl. Arbeitsdruck

— x Methanol

- - - • Benzol

3600 kcal/PS_h

3400

3200

3000

2800

2600

2400

2200

2000

1800

1600

Verbrauch

Düse 105

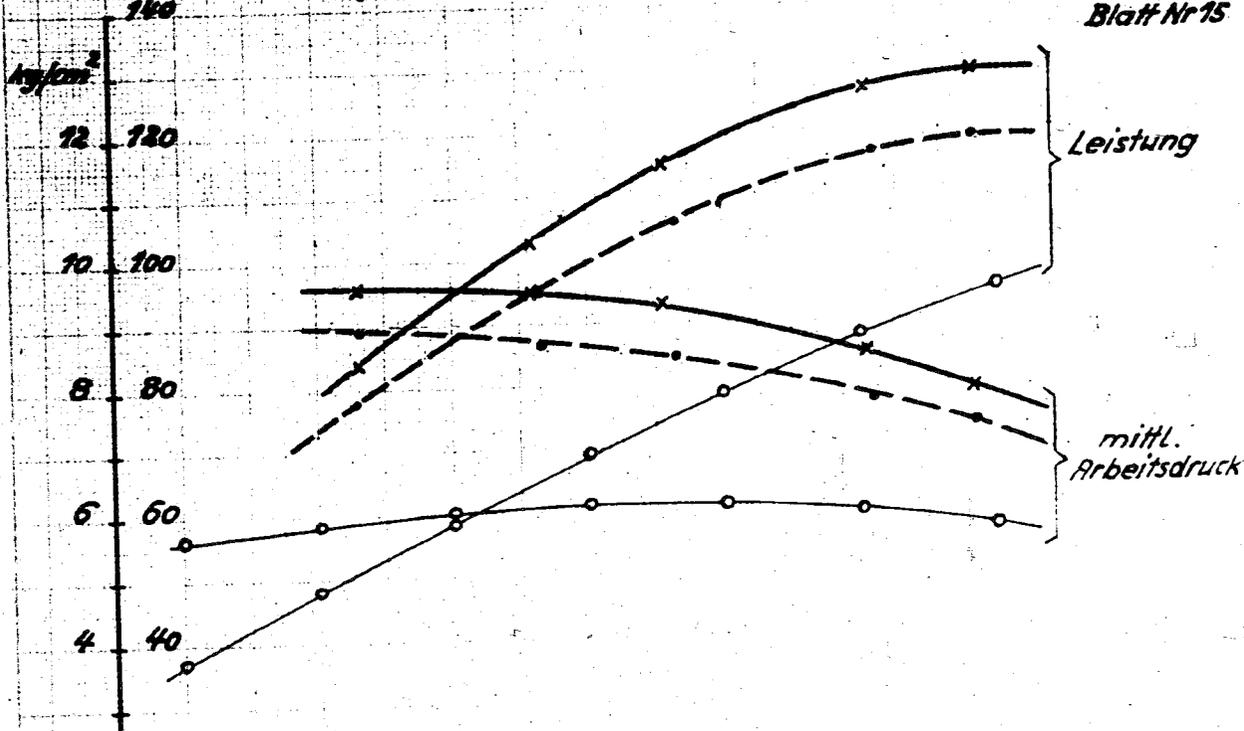
Düse 160

28424

1000 kcal/h

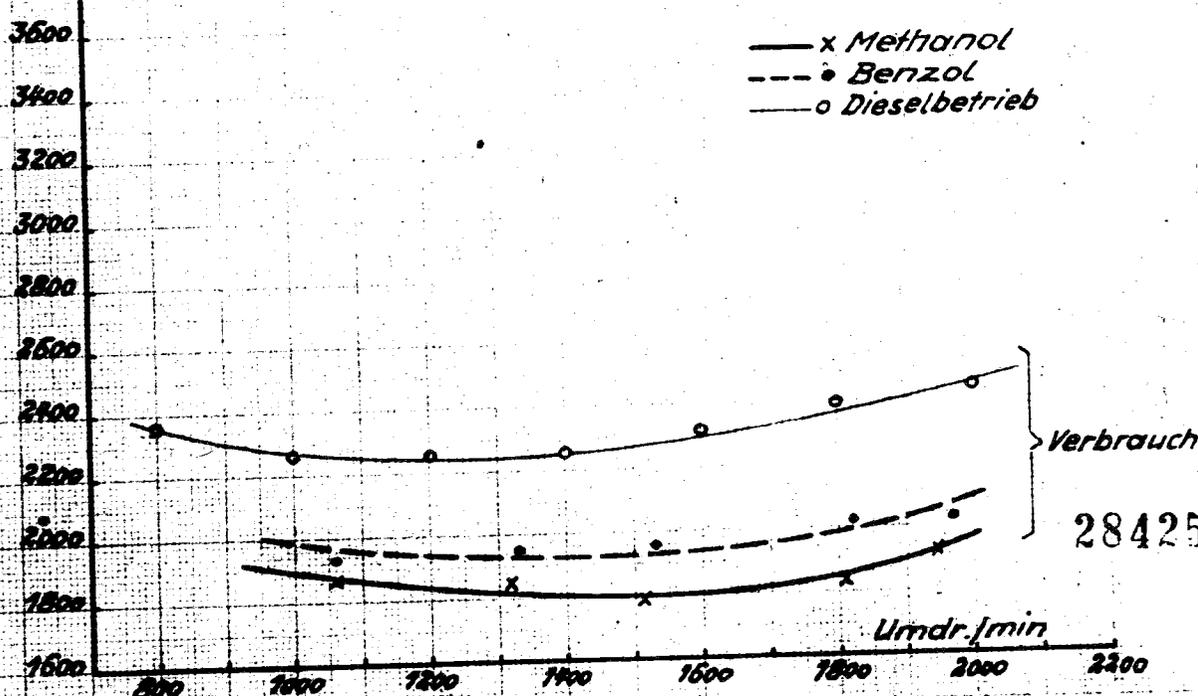
80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360

PS T.A./V.



Versuche mit verschiedenen Drehzahlen
 3 Vergaser, Lufttrichter 22, Saugrohr 2
 Verdichtung 1:10,4
 Benzol H.D. 105, Methanol H.D. 160
 [Vollast]

3800 kcal/PS_h



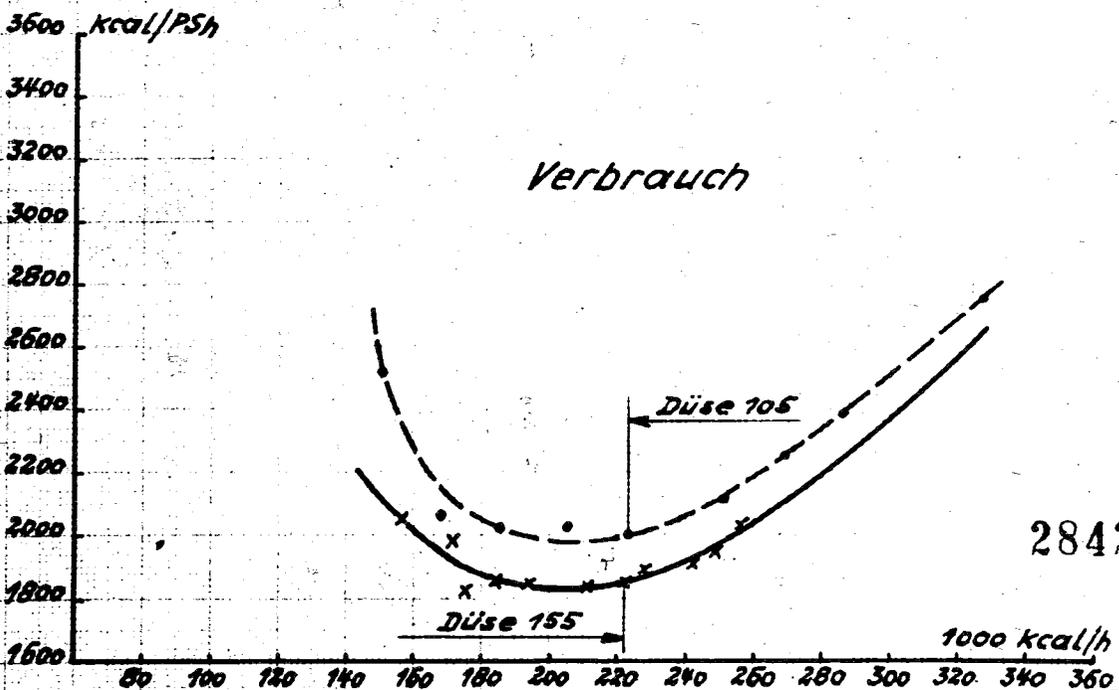
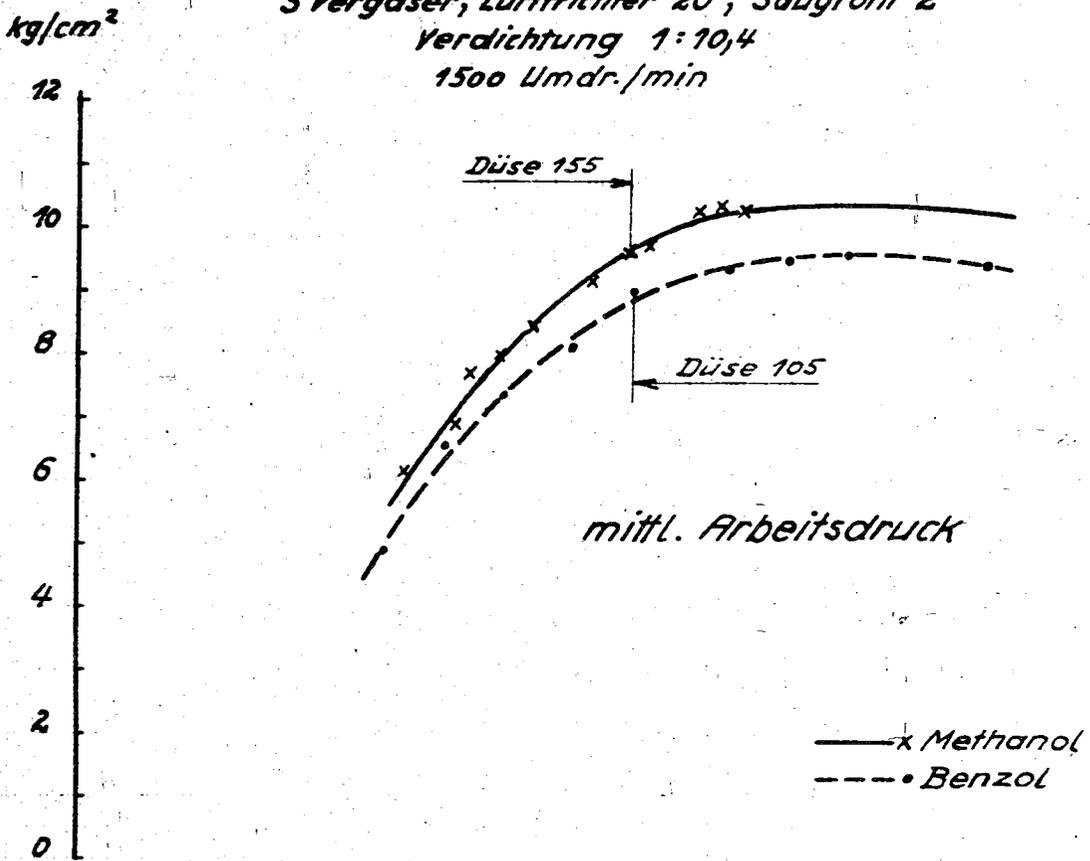
28425

Versuche mit verschiedenen Düsen

3 Vergaser, Lufttrichter 20, Saugrohr 2

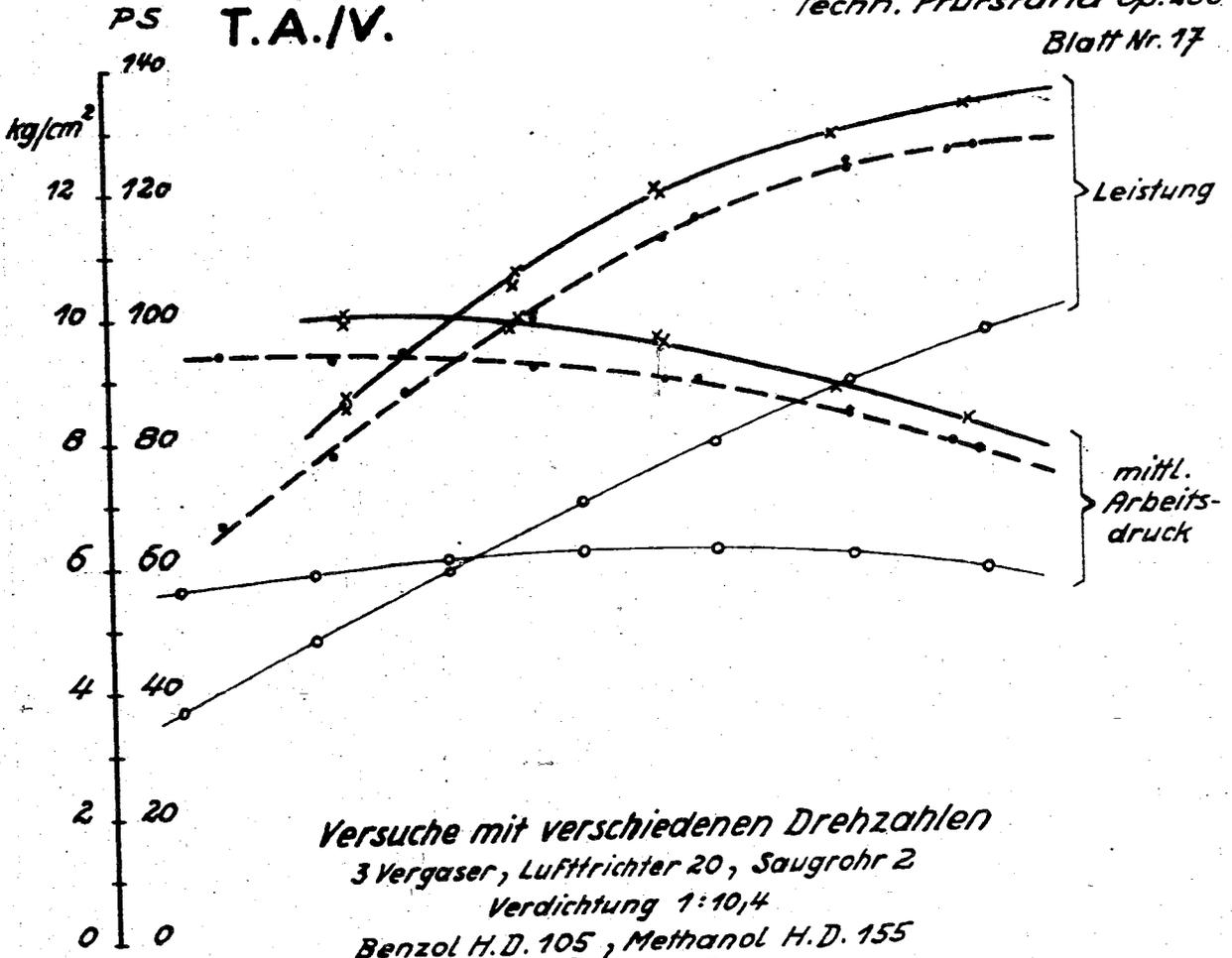
Verdichtung 1:10,4

1500 Umdr./min

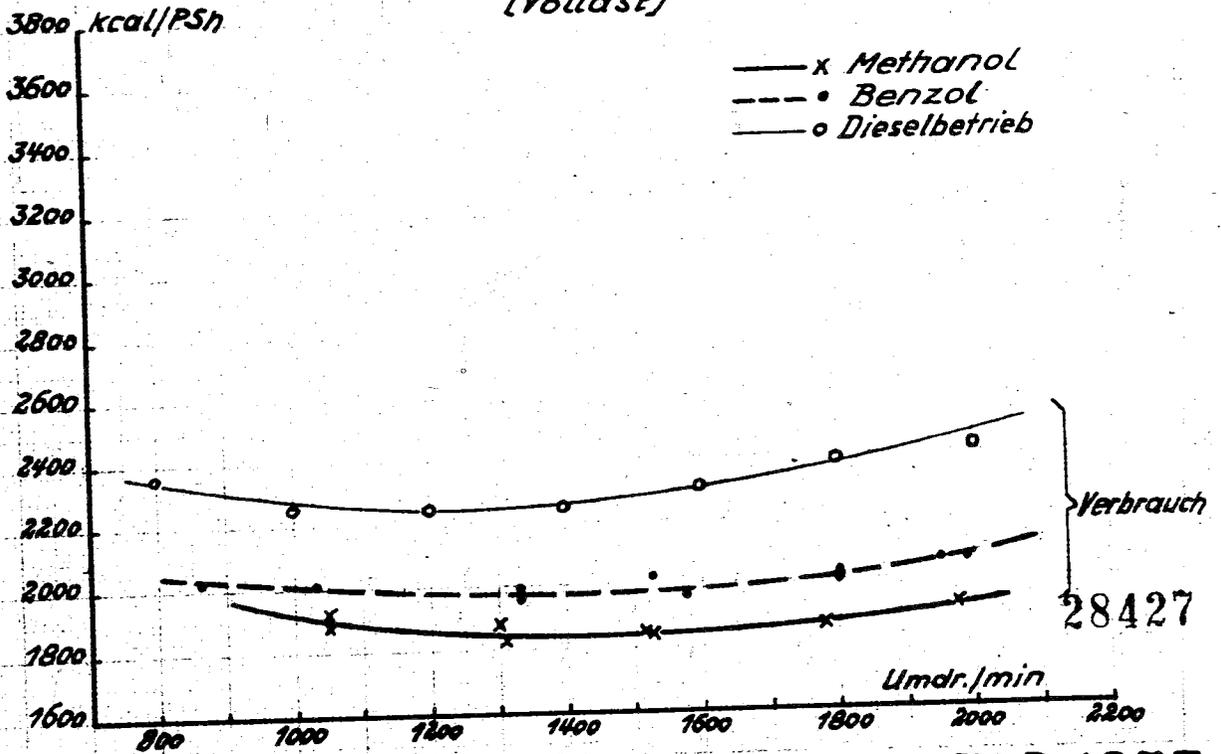


28426

T.A./V.



Versuche mit verschiedenen Drehzahlen
3 Vergaser, Lufttrichter 20, Saugrohr 2
Verdichtung 1:10,4
Benzol H.D. 105, Methanol H.D. 155
[Vollast]



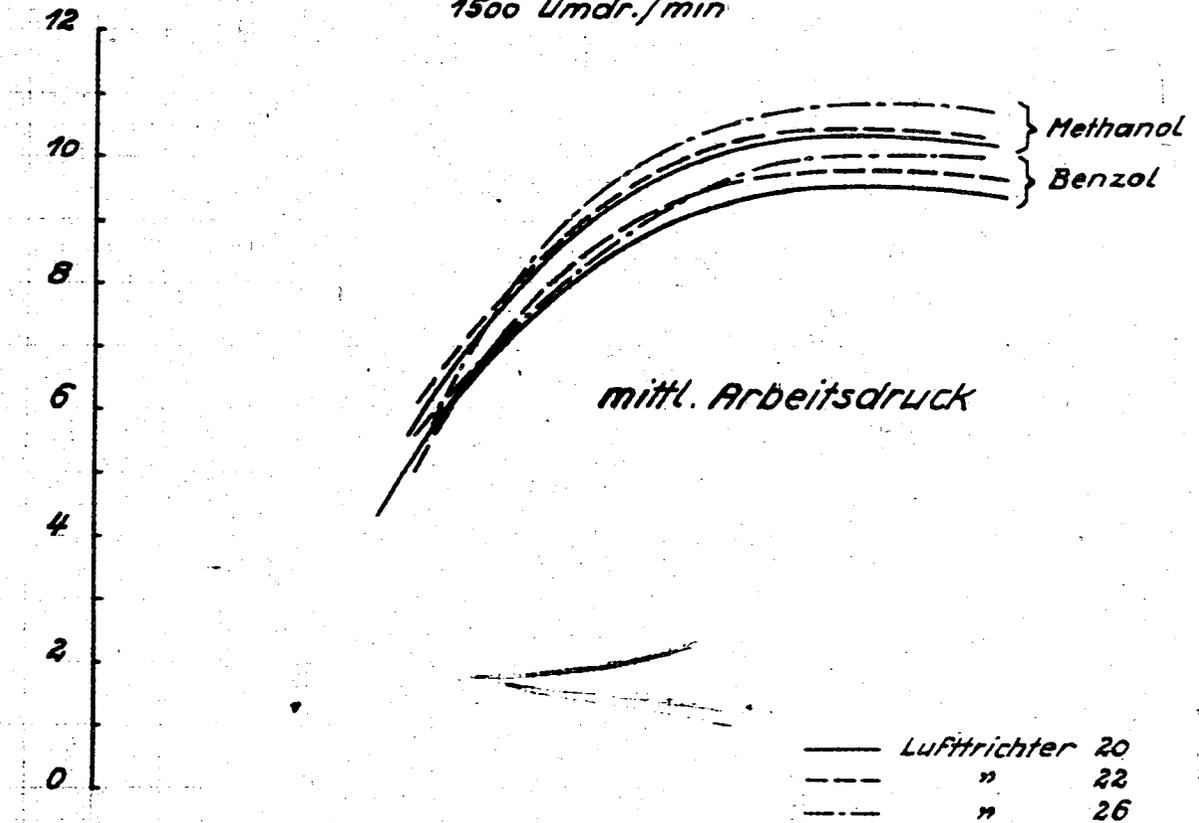
Versuche mit verschiedenen Düsen

3 Vergaser, Saugrohr 2

Verdichtung 1:10,4

1500 Umdr./min

kg/cm²



3600 kcal/PS_h

3400

3200

3000

2800

2600

2400

2200

2000

1800

1600

Verbrauch

Benzol

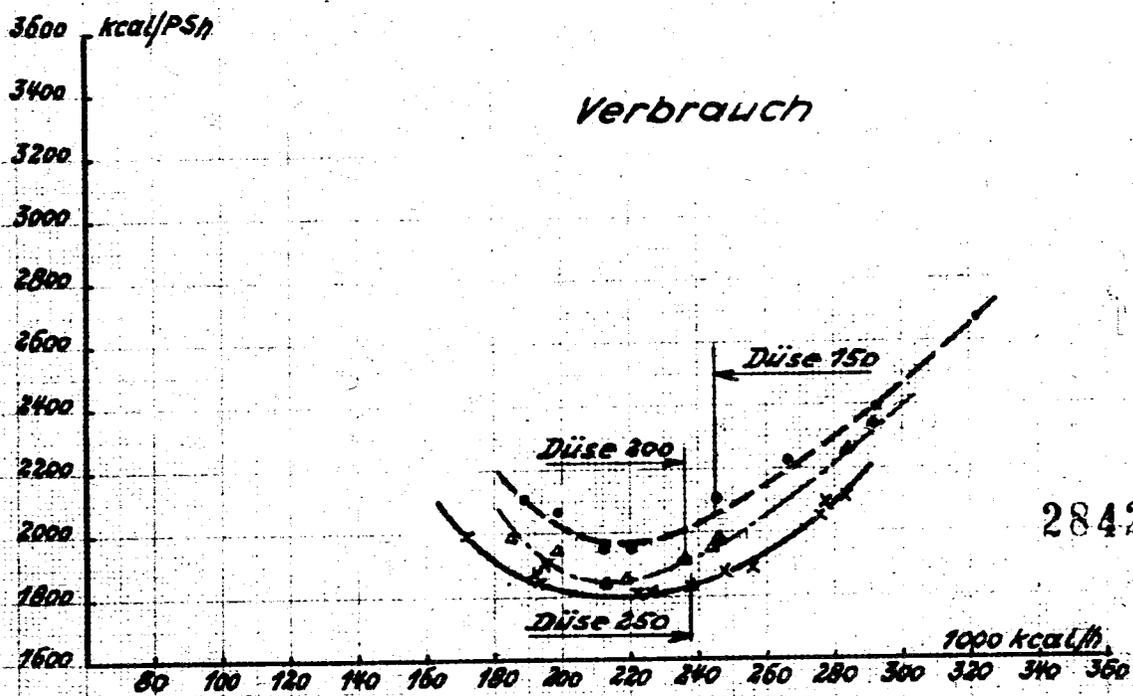
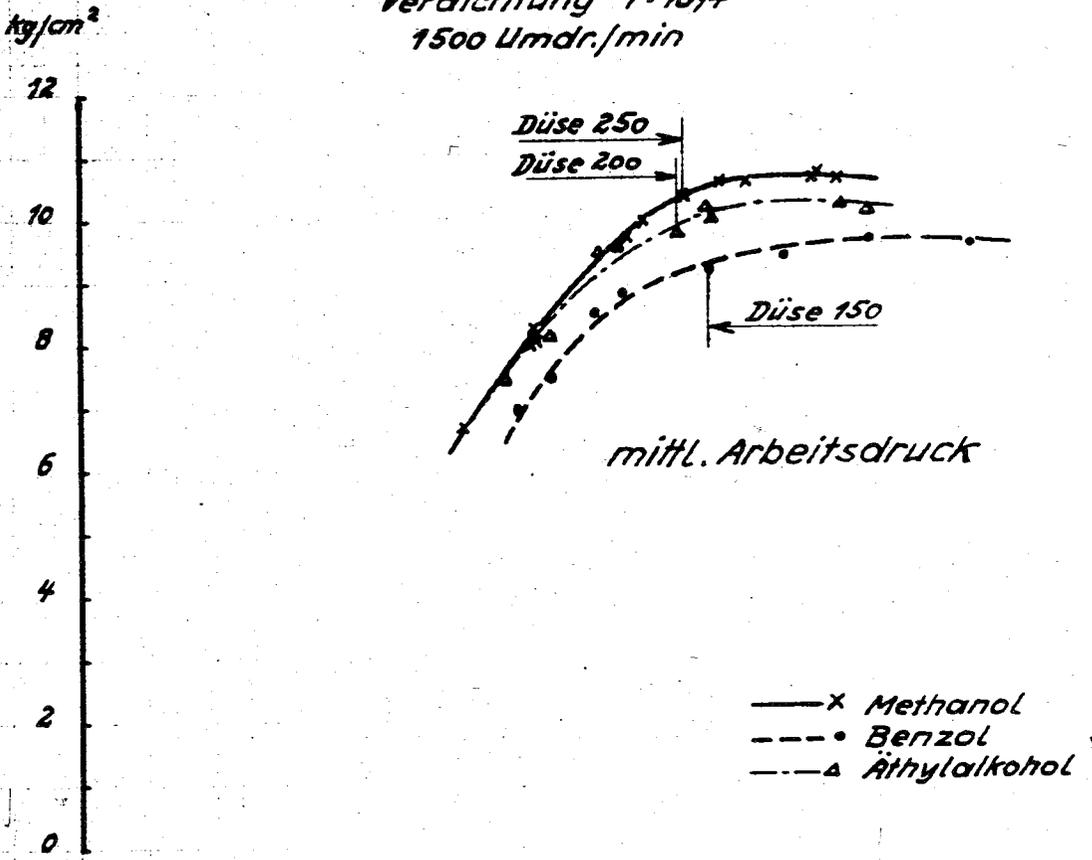
Methanol

28428

1000 kcal/h

80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360

Versuche mit verschiedenen Düsen
 2 Vergaser, Lufttrichter 28, Saugrohr 3
 Verdichtung 1:10,4
 1500 Umdr./min



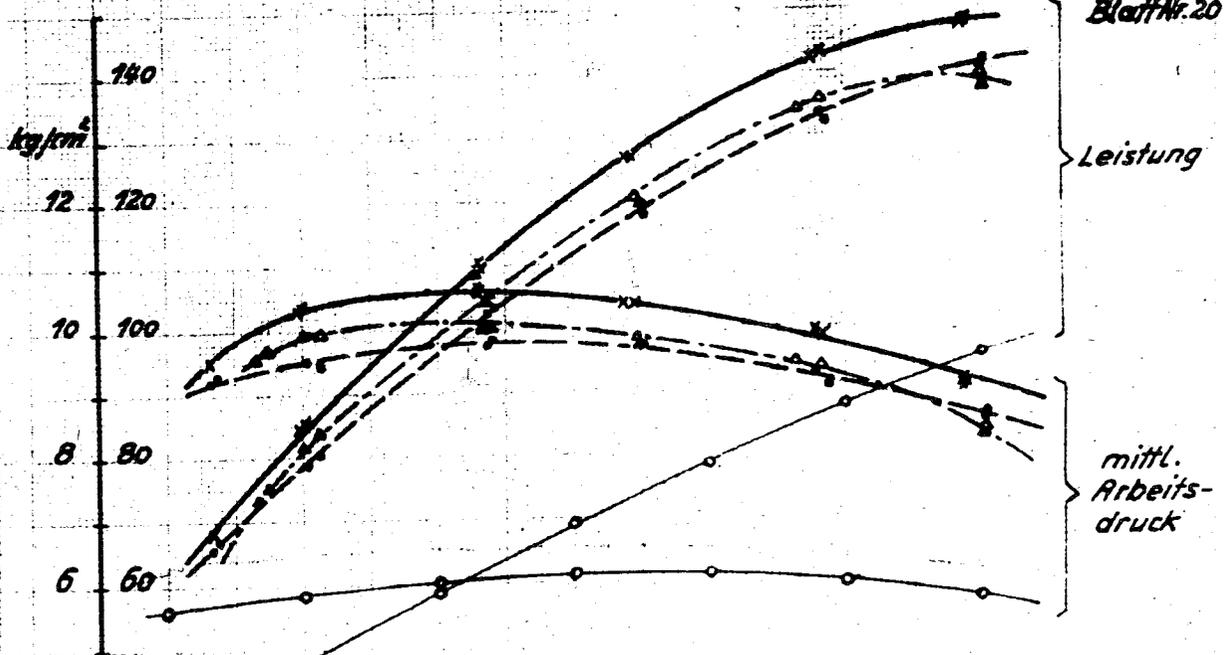
28429

PS

T.A./V.

Techn. Prüfstand Op. 200

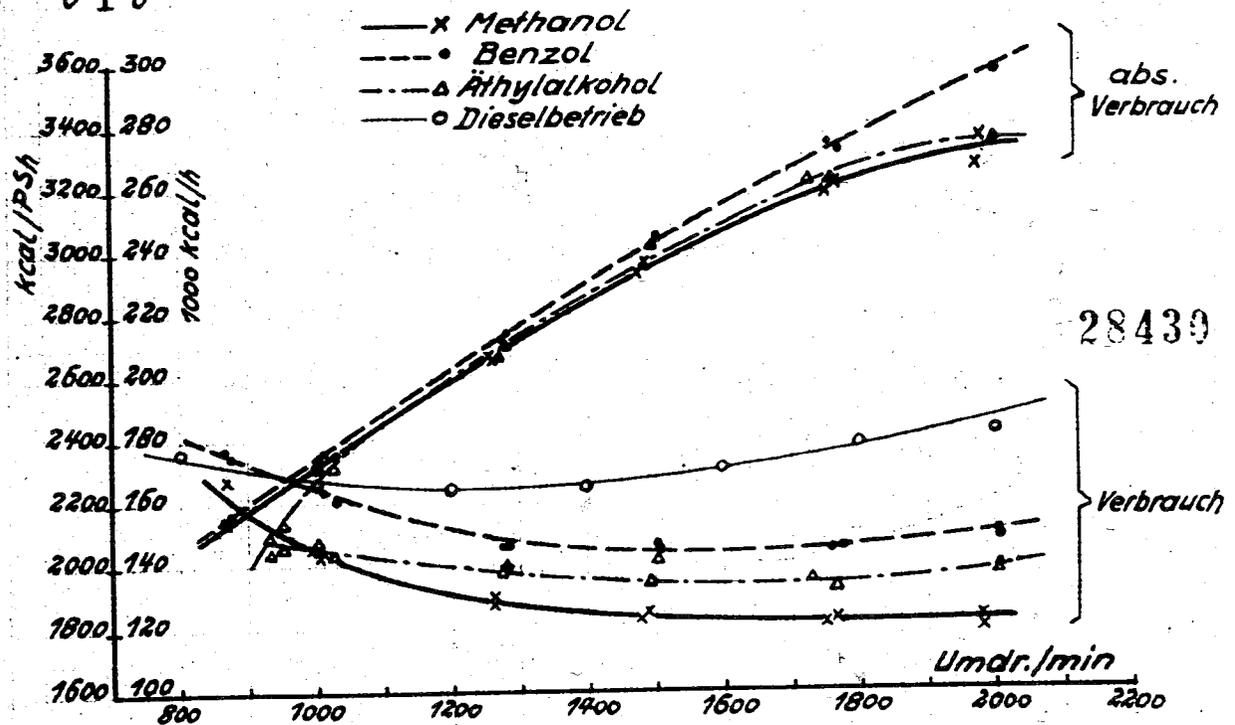
Blatt Nr. 20



**Versuche mit verschiedenen Drehzahlen
[Vollast]**

2 Vergaser, Lufttrichter 28, Saugrohr 3
Verdichtung 1:10,4

Benzol H.D. 150, Methanol H.D. 250, Äthylalkohol H.D. 200



Versuche bei verschiedenen Belastungen

2 Vergaser, Lufttrichter 28, Saugrohr 3

Verdichtung 1:10,4

Benzol H.D. 150, Methanol H.D. 250

Benzol

Methanol

- • 1000 Umdr./min
- - x 1250 " "
- · - o 1500 " "
- · - ▲ 1750 " "
- · - □ 2000 " "

28431

mittl. Arbeitsdruck

kg/cm²

kcal/PS_h

4000
3800
3600
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600

1 2 3 4 5 6 7 8 9

T.A./V.

Techn. Prüfstand Op. 200

Abhängigkeit der Zündstellung von der Drehzahl [Vollast]

3 Vergaser, Lufttrichter 22, Saugrohr 2

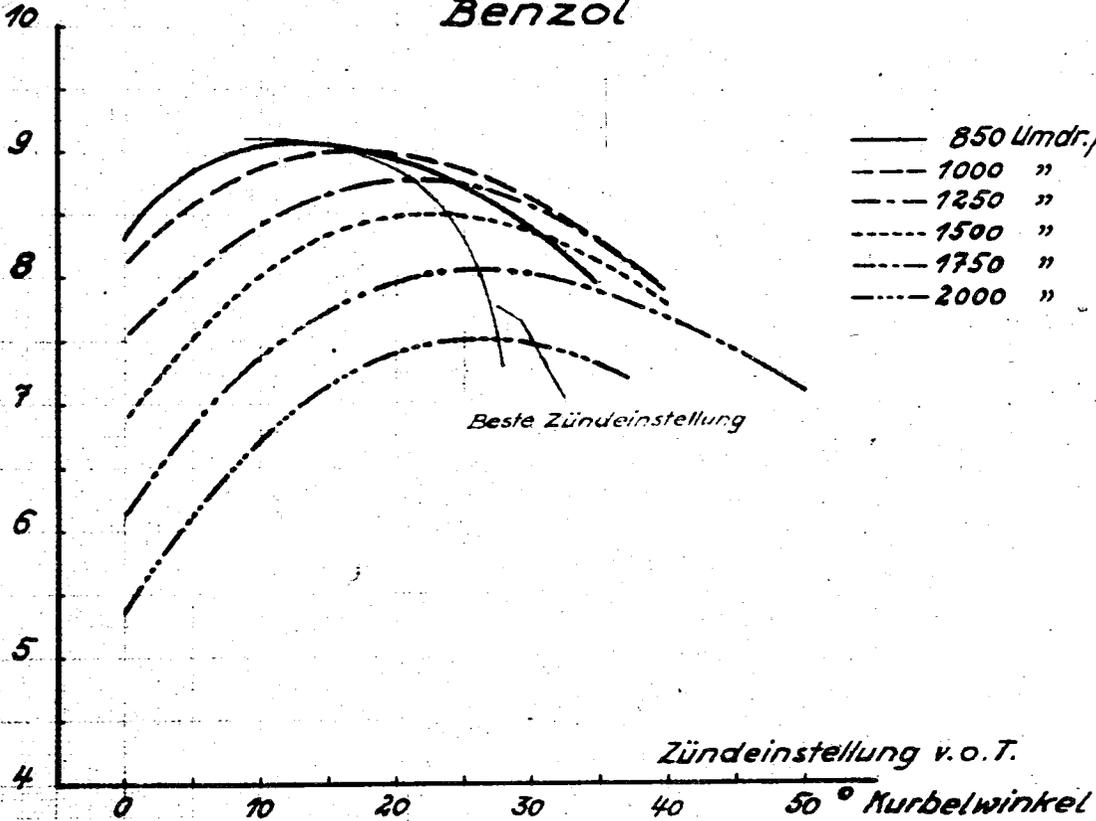
Blatt Nr. 22

Verdichtung 1:10,4

H.D. 105

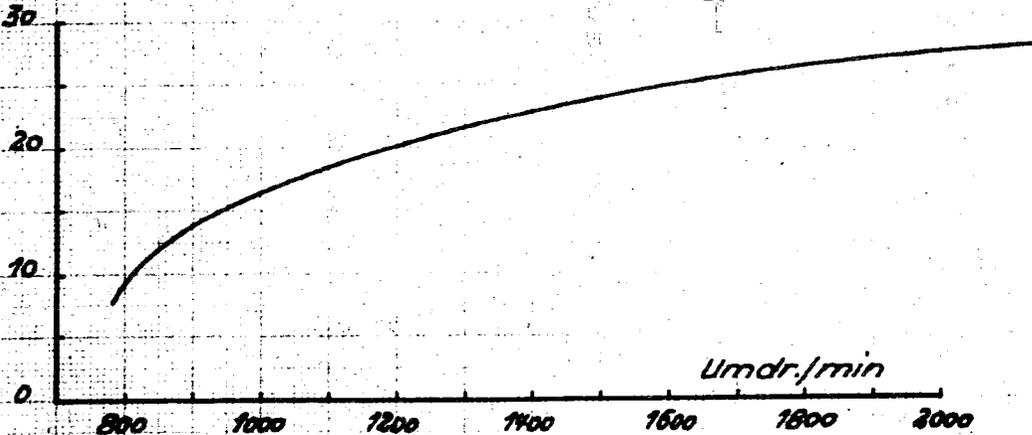
Benzol

kg/cm²



Zünd-
einstellg.

Beste Zündeneinstellung.



28432

T.A./V.

Abhängigkeit der Zündstellung von der Drehzahl
[Vollast]

Blatt Nr. 23

3 Vergaser, Lufttrichter 22, Saugrohr 2
 Verdichtung 1:10,4
 H.D. 160

kg/cm²

Methanol

- 850 Umdr./min
- - - 1000 " "
- · - · 1250 " "
- · · · 1500 " "
- · - · 1750 " "
- · - · 2000 " "

Beste Zündeneinstellung

Zündeneinstellung v.o.T.
 °Kurbelwinkel

Zünd-
 einstellg.

Beste Zündeneinstellung

Benzol

Methanol

28433

Umdr./min

T.A./V.

Versuche mit verschiedenen Düsen
3 Vergaser, Lufttrichter 22, Saugrohr 2
Verdichtung 1:10,4

kg/cm²

12

10

8

6

4

2

0

Düse 105

Düse 105

Düse 105

mittl. Arbeitsdruck

Benzol

- 1000 Umdr./min
- x 1500 " "
- o 2000 " "

3600 kcal/PS_h

3400

3200

3000

2800

2600

2400

2200

2000

1800

Verbrauch

28434

1000 kcal/h

80

100

120

140

160

180

200

220

240

260

280

300

320

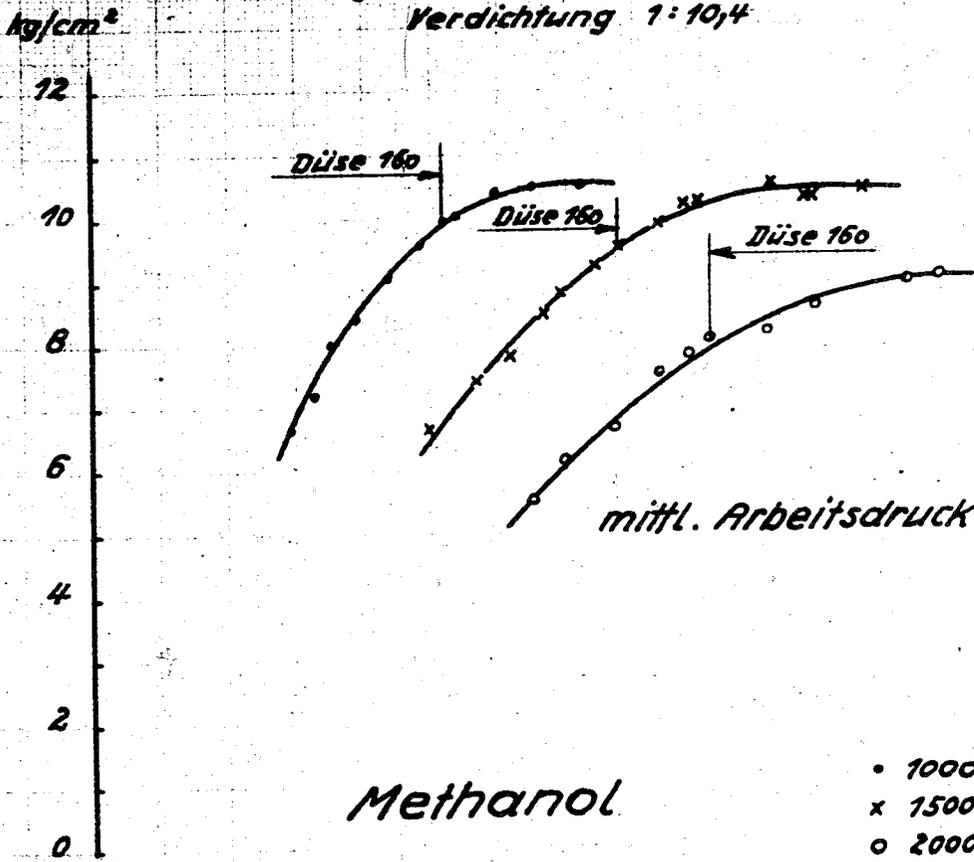
340

360

Zum Bericht v. 9. III. 36.

TLD 1084

Versuche mit verschiedenen Düsen
 3 Vergaser, Luftfrichter 22, Saugrohr 2
 Verdichtung 1:10,4



3600 kcal/PS_h

Verbrauch

