

I-43

Versuche über das Verhalten der Zündkerzen
bei Methanol-Betrieb.

Zusammenfassung.

Bei Methanol-Betrieb treten höhere Temperaturen an den Zündkerzen auf, die zu Glühzündungen führen, sofern die gleichen Kerzentypen wie bei Benzinbetrieb verwendet werden. Bei Anwendung von Kerzen mit höherer Glühfestigkeit macht der Methanolbetrieb keinerlei Schwierigkeiten.

Es wird gezeigt, daß die höchsten Kerzentemperaturen bei Halblast auftreten können, und zwar besonders bei fetter Vergasereinstellung.

Durch Zusätze zu Methanol konnte die Neigung zu Glühzündungen nicht wesentlich beeinflusst werden. Äthylalkohol zeigt eine etwas geringere Neigung zur Glühzündung als Methylalkohol. Bei Methanolbetrieb sind höhere Zündspannungen nötig, als bei Benzol.

Zweck des Versuches.

Bei Betrieb mit Methanol zeigt sich, daß an die Glühfestigkeit der Zündkerzen höhere Anforderungen gestellt werden, als bei Benzinbetrieb. Es wurde schon bei früheren Versuchen mit Renn-Motalin, das aus 60 Teilen Methanol und 40 Teilen Benzin bestand, beobachtet, daß die Elektroden-Temperaturen höher als bei Benzin-Benzol-Betrieb waren, sodaß Zündkerzentypen mit höherer Glühfestigkeit verwendet werden mußten. Die Verhältnisse bei Betrieb mit unvermischem Methanol sollten näher untersucht werden.

Versuchsdurchführung.

An einem 1,2 ltr Opel-Motor wurden Versuche über das Verhalten verschiedener Kerzentypen gemacht. An einem 6/25 PS Adler-Motor wurde der Einfluß von Belastung und Vergasereinstellung auf die Elektroden-Temperaturen untersucht. Weiterhin wurde versucht, durch verschiedene Zusätze zu Methanol die Elektroden-Temperatur zu beeinflussen.

1. Versuche über das Verhalten verschiedener Kerzentypen.

Der 1,2 ltr Opel-Motor wurde bei offener Drossel so belastet, daß er eine Drehzahl von 3 000 erreichte. Hierbei wurden Kerzen von so großer Glühfestigkeit verwendet, daß keine Glühzündungen eintraten. Die Maschine wurde nun mit verschiedenen Kerzentypen ausgerüstet und lief dann vor jedem Versuch drei Minuten lang abgedrosselt bei 950 Umdrehungen. Darauf wurde die Drosselklappe geöffnet, sodaß der Motor auf 3 000 U/min ging. Es wurde nun die Zeit beobachtet, die zwischen Öffnen der Drosselklappe und Eintreten der Glühzündungen verstrich. Die Erscheinung war regelmäßig die, daß die Maschine nur kurze Zeit die volle Leistung abgeben konnte, dann an Drehzahl verlor und schließlich unter heftigem Knallen aus dem Vergaser, stehen blieb. Die Versuche wurden mit folgenden Vergasereinstellungen durchgeführt.

Benzin	Haupt-Düse 95, Trichter 22
Methanol	" " 135, " 22

Als Kerzen kamen Bosch-Kerzen mit Glühwerten von 35, 45, 95 und 145 zur Verwendung. Je höher der Glühwert ist, desto kälter bleibt die Kerze im Betrieb. Der Glühwert wird empirisch durch die Zeit bestimmt, die die Kerzentype in einem besonders hochgetriebenen Motor aushält.

Die Versuchsergebnisse sind aus Blatt 1 zu sehen, wobei die Abszisse der Glühwert der Kerzentypen, als Ordinate die erzielten Laufzeiten aufgetragen wurden. Es zeigt sich, daß die am wenigsten glühfeste Kerze Bosch 35 etwa 3-4 mal solange bei Benzin wie bei Methanol aushält. Die Kerze 45 hält bei Benzinbetrieb bereits unbegrenzt, bei Methanol sind jedoch erst Kerzen über 145 ausreichend. Der Grund, weshalb die Kerze 95 weniger beständig ist, als die Type 45, kann an Zufälligkeiten liegen, denn selbstverständlich sind die Bosch-Glühwerte nur Anhaltswerte.

Fahrversuche bestätigen den Prüfstandsbezug. Die für den 1,2 ltr Opel-Motor vorgeschriebenen Kerzen Bosch M 95 ergaben schon kurz nach dem Anfahren Glühzündungen und erst mit Siemens-Kerzen AG 40, die dem Bosch-Glühwert 175 entsprechen, war einwandfreier Betrieb möglich.

2. Versuche über die Kerzentemperaturen bei verschiedenen Belastungen.

Bei diesen Versuchen am 6/25 PS Adler-Motor wurden Zündkerzen verwendet, bei denen die Mittelelektroden als Thermoelement (Chromnickel-B Thermominus) ausgebildet waren. An isoliert aufgestellten Millivoltmetern konnte während des Betriebes die Kerzentemperatur beobachtet werden. Die Versuche wurden so gefahren, daß bei konstanter Drehzahl von 1200 U/min. durch Öffnen der Drosselklappe verschiedene Belastungen eingestellt wurden.

Es wurden folgende Versuchsreihen durchgeführt:

	Hauptdüse	Leerlaufdüse	Trichter
Leuna 615	{ 85	45	20
	{ 95	45	20
	{ 105	45	20
Methanol	{ 125	70	20
	{ 135	70	20
	{ 145	70	20

Die Zündung wurde jeweils auf den günstigsten Wert eingestellt.

Aus den Ergebnissen auf Blatt 2 ist zu ersehen, daß die Kerzentemperatur bei Benzinbetrieb mit wachsender Belastung gleichmäßig ansteigt, um etwa bei halber Belastung einen Höchstwert zu erreichen. Die offensichtlich zu kleine Düse 85 ermöglichte den Betrieb nur etwa bis zu $P_m = 2 \text{ kg/cm}^2$.

Bei Methanolbetrieb steigen die Temperaturen gleichfalls an, um etwa bei $4,5 \text{ kg/cm}^2$ einen Höchstwert zu erreichen, der über dem von Benzin liegt. Mit weiter wachsender Belastung sinken dann die Temperaturen, um nach einem Minimum wiederum anzusteigen. Diese Erscheinung zeigt sich bei allen drei Vergasereinstellungen und wurde auch bei mehreren anderen Versuchsreihen einwandfrei festgestellt. Die Erklärung kann darin gesucht werden, daß unter bestimmten Verhältnissen im Motor eine Zerlegung des Methanols in der Nähe der heißen Zündkerzen stattfindet. ^{x)}

3. Versuche bei verschiedenen Belastungen und Mischungsverhältnissen.

28131

Es wurde versucht die Bedingungen näher festzulegen, unter denen in dieser Maschine ein solcher wärmeverbrauchender Zerfall eintritt. Hierbei wurde bei konstanter Drehzahl (1600) und konstanter Belastung das Mischungsverhältnis geändert, wobei ein Vergaser mit verstellbarer Düse benutzt wurde. Gleichzeitig wurde die Luftmenge gemessen. Der Druckverlust durch die Drosselscheibe wurde durch ein vorgeschaltetes Gebläse ausgeglichen.

Aus den Blatt 3 ist zu ersehen, daß die Luftmengen sowohl bei magerem als auch bei fettem Gemisch zunehmen, da die Drosselkloppe in beiden Fällen weiter geöffnet werden mußte, um

x) Blatt 2 unten zeigt den Wärmeverbrauch in kcal/PSH abhängig vom mittl. Druck, bei höherer Belastung ist praktisch kein Unterschied vorhanden. -5-

die konstante Belastung zu erreichen. Die Minima der Mengenkurven, die dem Gemisch für Höchstleistung entsprechen, liegen ungefähr auf der Linie $\lambda = 0,7$; bei geringen Belastungen auf $\lambda = 0,8$. Die Maxima der Kerzentemperaturen (Blatt 4) liegen bei geringen Belastungen auf der Seite des Luftmangels und wandern bei zunehmender Belastung in die Gegend des Luftüberschusses. Die höchsten Temperaturen werden bei mittleren Belastungen von 3,5 und 4,6 kg/cm^2 erreicht, wie sich dies auch beim vorhergehenden Versuch erwies. Die Auspufftemperaturen wachsen mit zunehmender Belastung und zunehmendem Luftüberschuß. (Blatt 5)

4. Versuche mit Zusatzmitteln.

Es wurde nun versucht, das Auftreten hoher Kerzentemperaturen durch Zusätze zu Methanol, zu vermeiden. Ähnlich wie bei Versuch 1 wurde der 6/25 PS Adler bei 2 000 Umdrehungen voll belastet, dann die hierbei benutzten Kerzen AG 40 gegen Bosch M 35/2 ausgewechselt. Nach einer jeweiligen Einlaufzeit von 2 Minuten bei 1 000 Umdr. wurde die Drossel geöffnet und die Zeit zwischen Durchgang bei 1 500, Stehen bei 2 000 und Zusammenbruch mit Rückgang auf 1 800 abgestoppt. Die Versuchsergebnisse sind aus folgender Tabelle erkenntlich:

<u>Kraftstoff</u>	<u>Zusatz</u>	<u>Laufzeit</u>	
Methanol	0	37	
"	1% Amylnitrit		59
"	0	35	
"	1% Butylnitrit		34
"	1% Tetralinperoxyd		36
"	10% Diazetylen		25
"	0	31	
"	0,2% Ethylfluid		28
"	0,2% Eisenkarbonyl		25
"	Kobaltkarbonyl (gesättigt)		24
"	Molybdänkarbonyl	"	25
"	2% Nickelkarbonyl		21
"	0	35	
"	5% Benzol		33
"	10% Isobutylalkohol		21
"	2% Formamid		42
Ethylalkohol	0	71	
Leuna	0		keine Glühzündung

28132

Die angegebenen Laufzeiten, die Mittelwerte aus wenigstens 3 Versuchen darstellen, zeigen, daß die Glühzündungen durch Zusatzmittel nur wenig beeinflusst werden konnten. Günstige Wirkungen wurden bei Amylnitrat beobachtet. Dieser Stoff beschleunigt den Ablauf der Verbrennung und drückt sehr wahrscheinlich die Zeitdauer der höchsten Temperaturen herab. Butylnitrit und Tetralinperoxyd zeigen allerdings keine besondere Wirksamkeit. Antiklopfmittel, die den Verbrennungsverlauf abbremsen, haben einen merklich ungünstigen Einfluß. Vorteilhaft wirkt auch Formamid. Äthylalkohol verhält sich etwas günstiger als Methylalkohol.

5. Versuche über die Durchbruchspannungen.

Bei den verschiedenen Versuchen mit Methanol war auf dem Prüfstand immer wieder beobachtet worden, daß der Zündstrom zeitweilig nicht an den Elektroden, sondern außen vom Kabelanschluss zur Kerzenfassung überging. Diese Erscheinung ließ auf hohen Durchbruchwiderstand des Methanol-Luftgemisches schließen.

Zur genaueren Untersuchung wurde ein Einzylindermotor von 500 ccm Hubvolumen mit veränderlicher Verdichtung benutzt, der mit offener Drossel bei 1 000 Umdr./min. betrieben wurde. Die Zündspannung wurde mit Hilfe einer ionisierten Funkenstrecke gemessen, die parallel zur Zündkerze geschaltet war. Die Messung hoher Spannungen ist bekanntlich recht schwierig und wenig zuverlässig. Im vorliegenden Falle kommt noch das nicht absolut genaue Arbeiten des Unterbrechers hinzu.

Das auf Blatt 6 dargestellte Ergebnis läßt immerhin erkennen, daß bei Methanolbetrieb erheblich größere Spannungen auftreten. Die Messungen wurden bei Zündstellungen von 0 - 30° Vorzündung

durchgeführt. Bei Zündung im Totpunkt, also bei höchstem Kompressionsdruck treten die größten Spannungen auf, die bei höherer Verdichtung für Benzol und Methanol annähernd gleich sind. Auch bei großer Vorzündung nähern sich die Werte. Es kann dies in der mit Abnehmen der Spannung zunehmenden Unsicherheit der Messung liegen. Bei so zeitiger Zündung begann aber auch die Maschine zu hämmern, sodaß also der Arbeitsprozess nicht mehr normal verlief. Die Durchbruchspannungen mit Luft, also bei Abschalten des Kraftstoffes und Fremdantrieb des Motors ergeben die höchsten Spannungen. Die Kompressionstemperaturen sind wegen Fehlen der heißen Restgase offenbar niedriger.

Schlussfolgerungen.

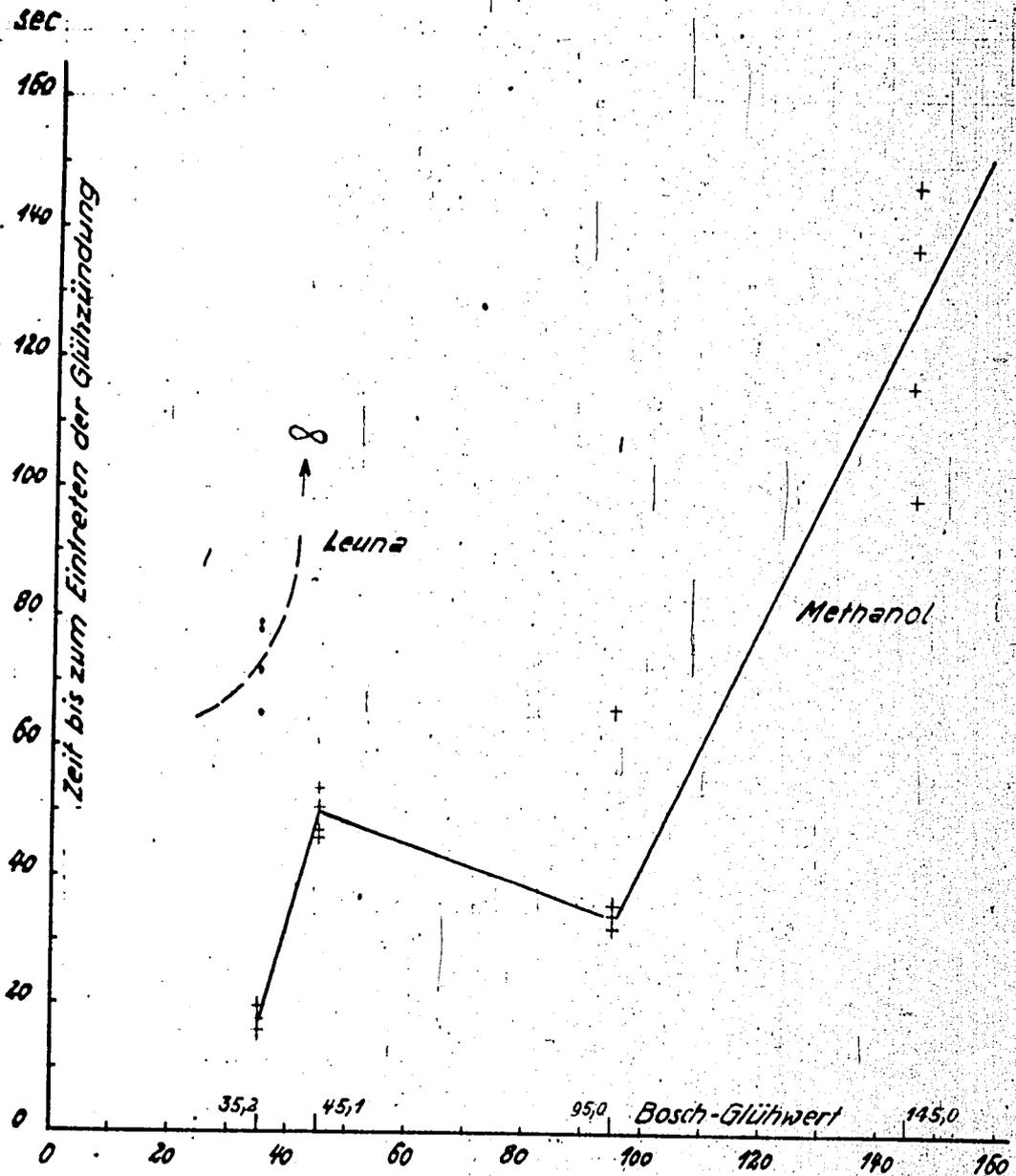
Die Kerzenschwierigkeiten durch Glühzündungen können praktisch ohne weiteres dadurch behoben werden, daß Kerzentypen von höherer Glühfestigkeit in Anwendung kommen. Die bei derartigen Kerzentypen bei Benzinbetrieb bestehende Gefahr des Verrußens und Veröhlens liegt bei Methanolbetrieb offensichtlich nicht vor. Im praktischen Fahrbetrieb wurden derartige Mängel auch bei Verwendung sehr glühfester Kerzen nicht beobachtet.

Die höhere Durchbruchspannung kann aufgebracht werden, durch Hochleistungs-Zündspulen, die von Bosch für hochverdichtende Motoren entwickelt wurden. Auf gute Isolation der Kabelanschlüsse muß geachtet werden.

Anlagen: 6 Kurvenblätter.

Verhalten von verschiedenen Kerzentypen bei Benzin- u. Methanolbetrieb

- Bei Methanolbetrieb treten Glühzündungen auf bei Kerzentypen, die bei Benzinbetrieb keine Störungen zeigen.



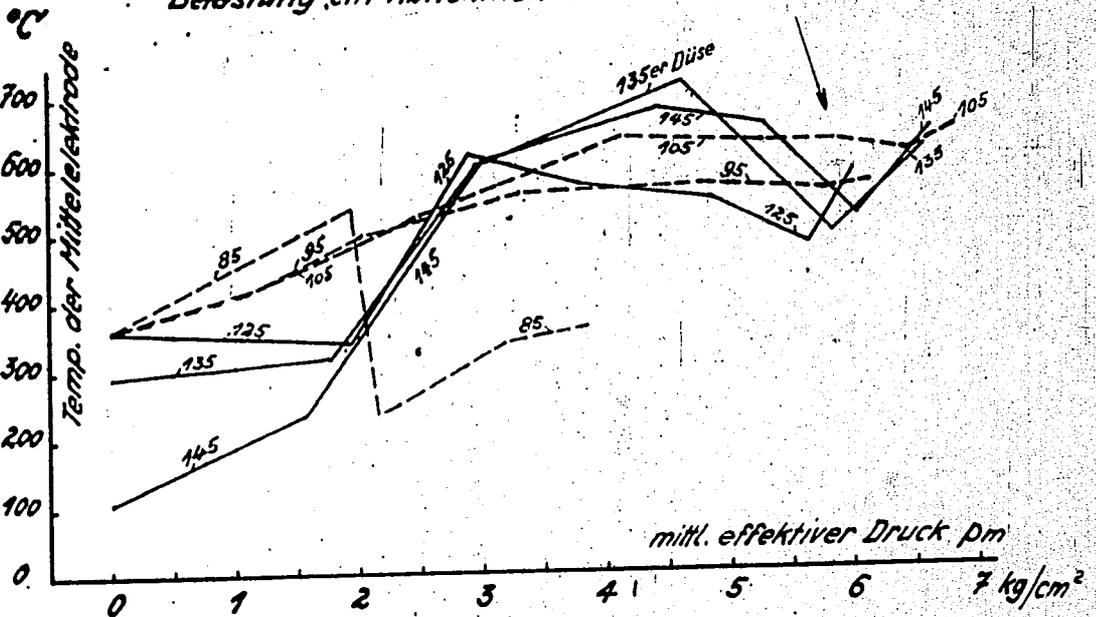
28135

22.6.35 Jor

Temperatur der Mittelelektrode
[Methanol]

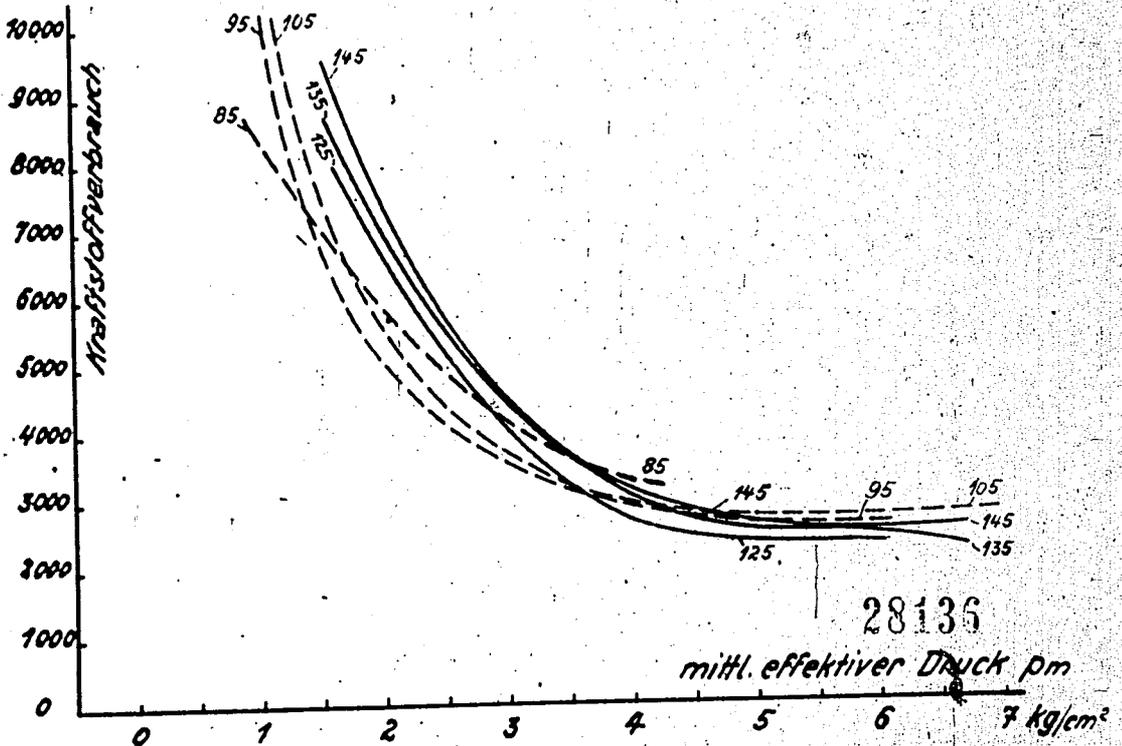
— Methanol 675
--- Leuna 615

Bei Methanolbetrieb zeigt sich bei hoher Belastung ein Abnehmen der Kerzentemperatur



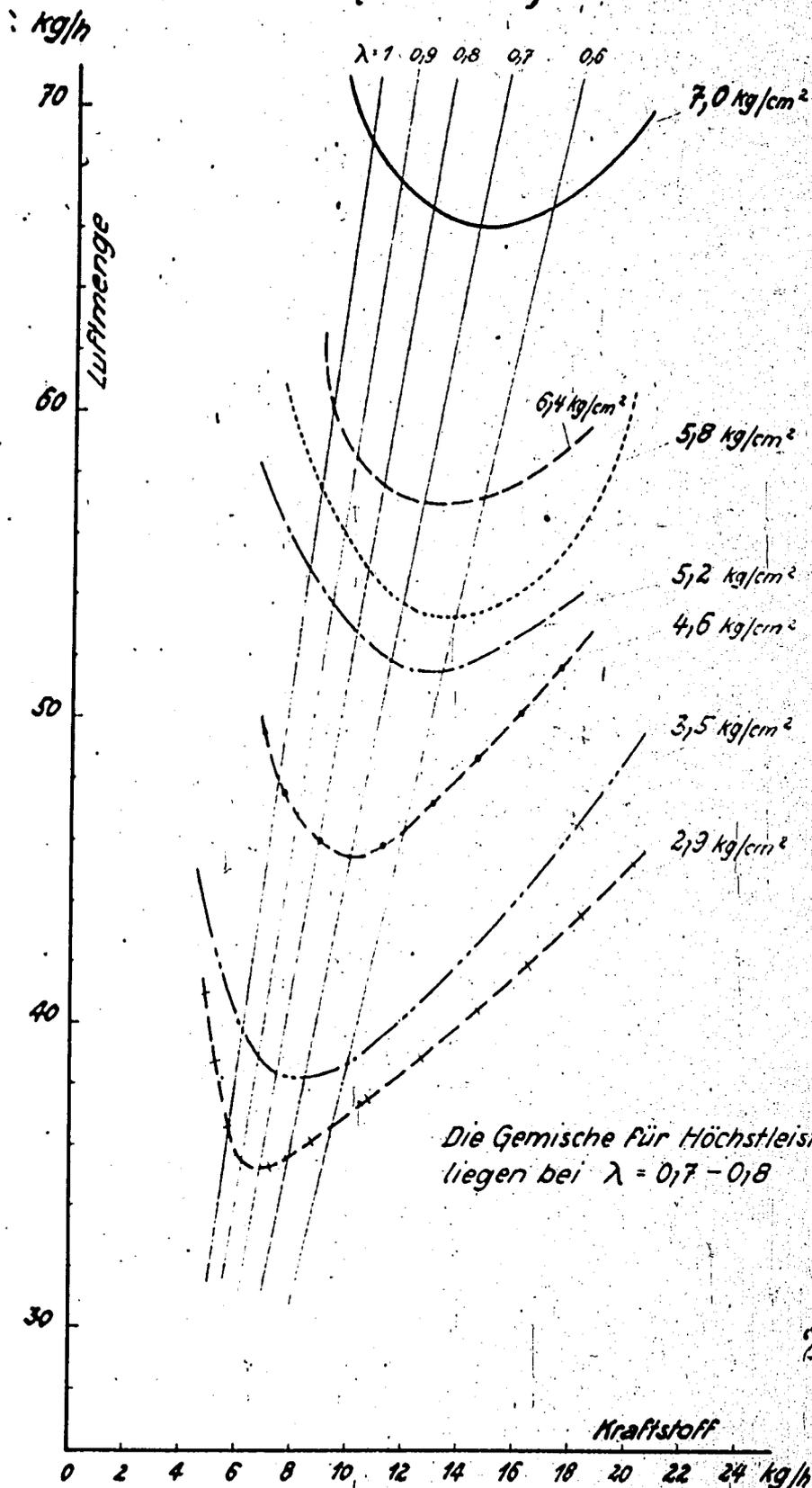
kcal/PSH

Kraftstoffverbrauch



28136

Luftmengen bei verschiedenen Belastungen
u. Mischungsverhältnissen
[Methanol]

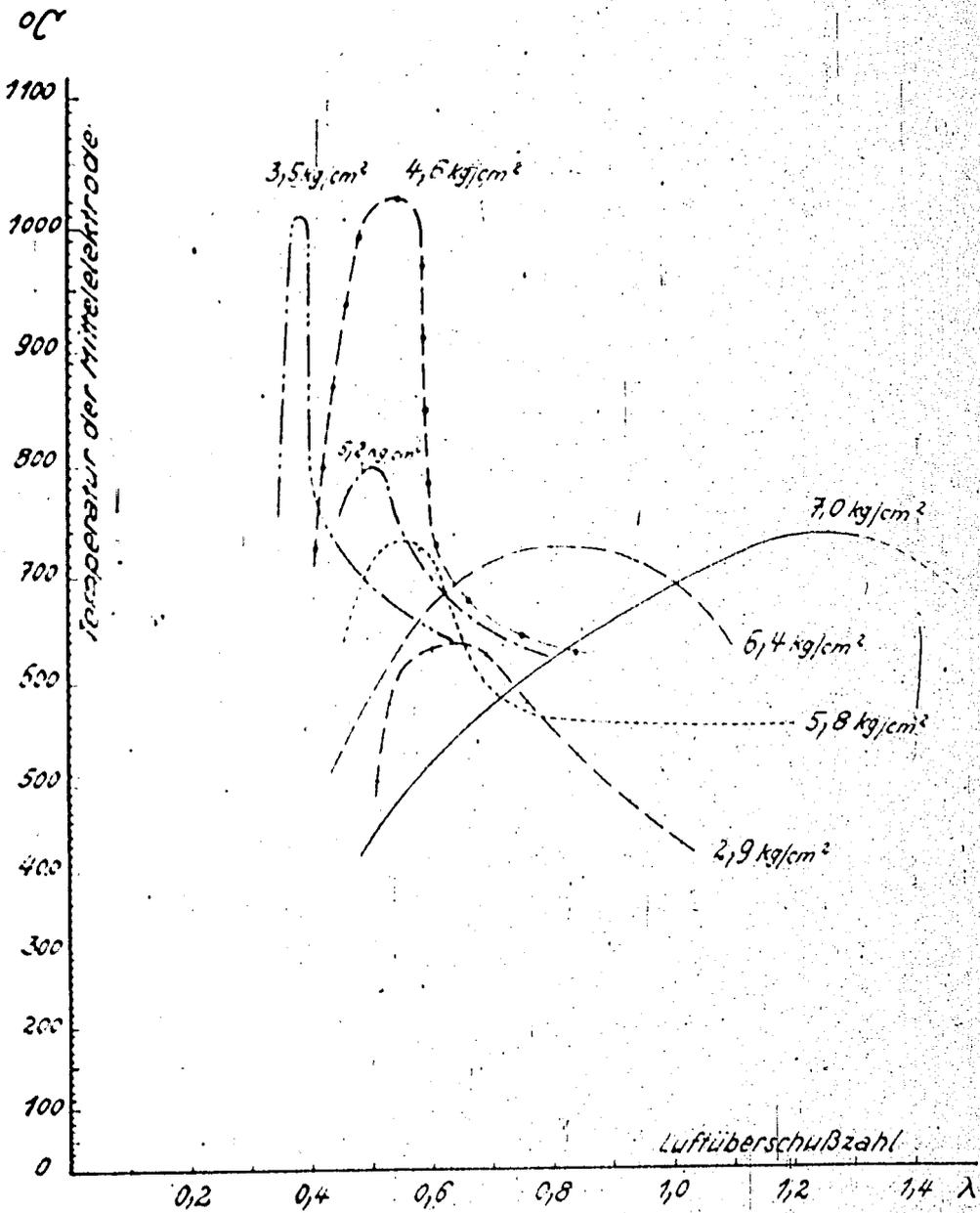


Die Gemische für Höchstleistung
liegen bei $\lambda = 0,7 - 0,8$

28137

Kerzentemperatur [Methanol]

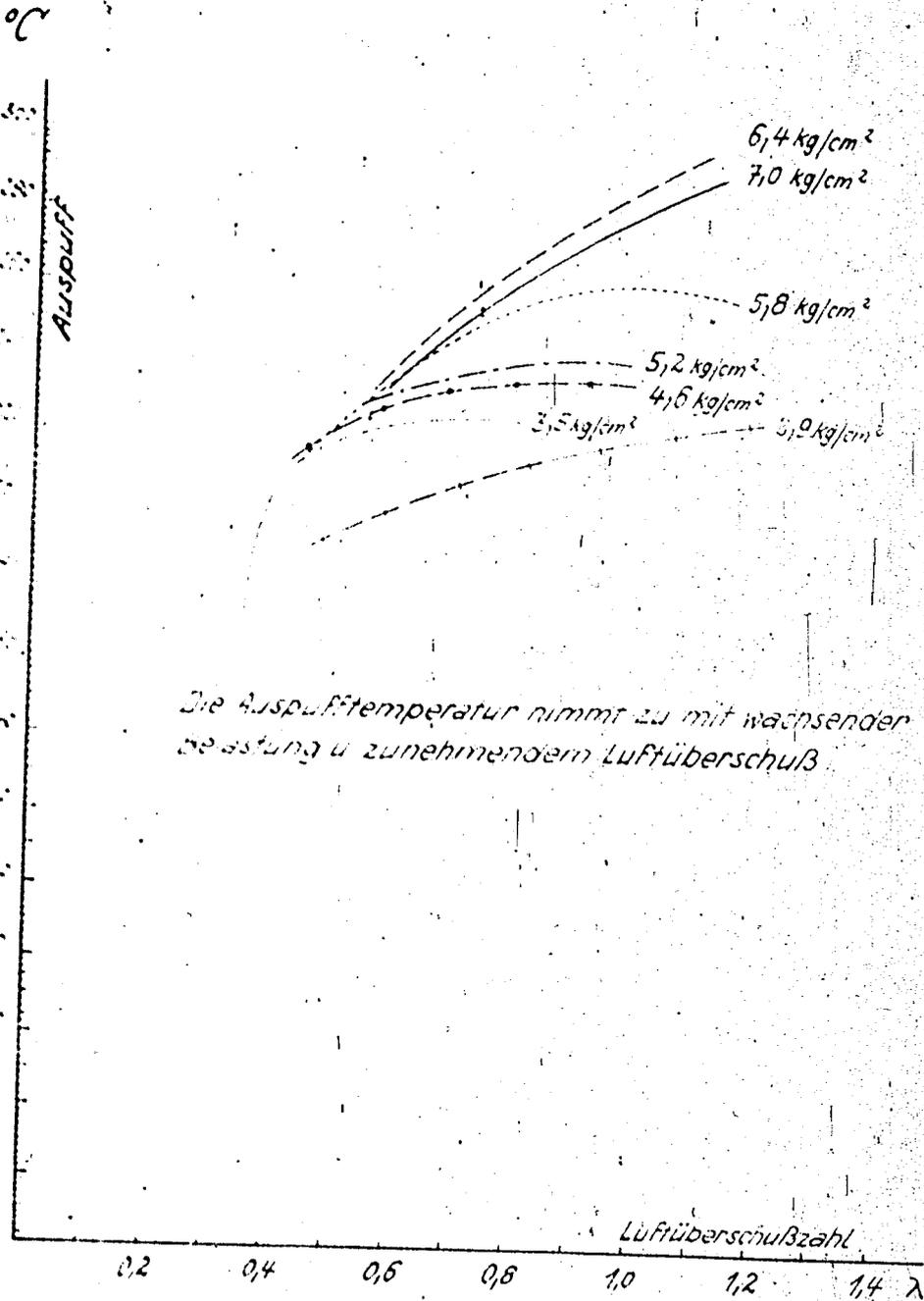
*Die höchsten Kerzentemperaturen werden bei fetter
Vergasereinstellung u. mittlerer Belastung erreicht.*



28138

12.6.35.50r

Auspufftemperatur
[Methanol]

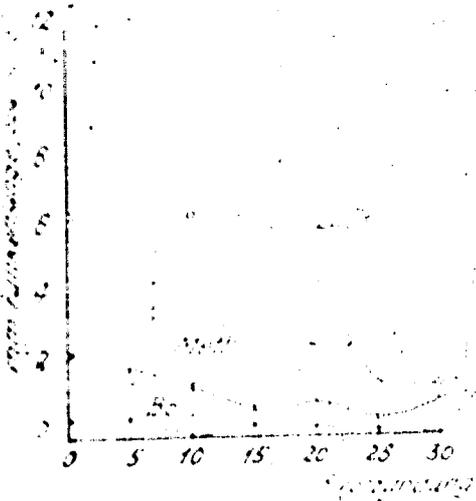


Die Auspufftemperatur nimmt zu mit wachsender Belastung u. zunehmendem Luftüberschuß.

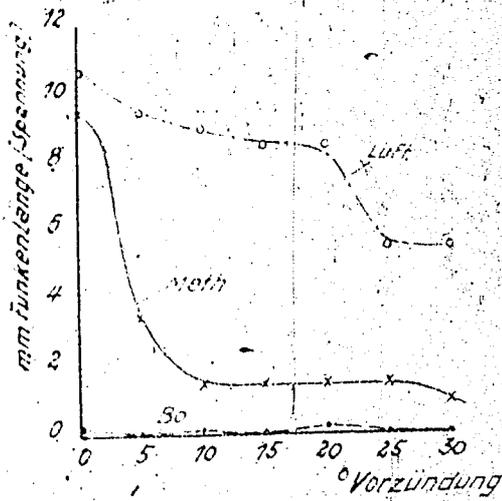
28139

Zündspannungen bei verschiedenen Verdichtungsgraden

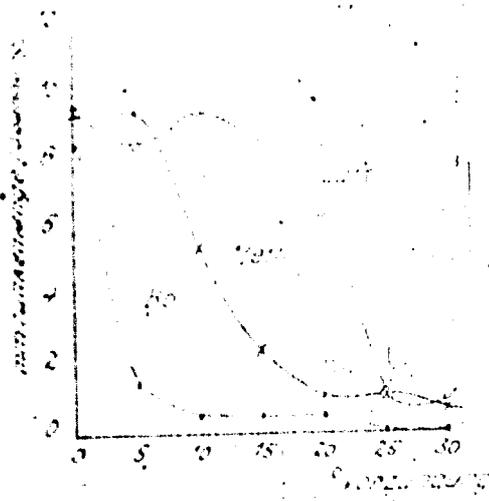
$\epsilon = 6$



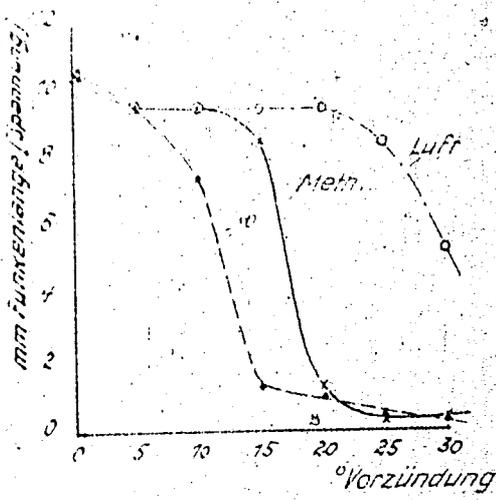
$\epsilon = 8$



$\epsilon = 10$



$\epsilon = 12$



Bei Methanolbetrieb sind höhere Zündspannungen nötig, als bei Benzolbetrieb.

28140

12.6.35.6