

Bericht *Trückverlauf in der Dieselmachine bei Gasöl in Heizölprodukten. Einfluß von Verdichtung und Einspritzpunkt.*

Technischer Prüfstand Op.

Nr. 363.

*T 17*

Verfasser *Ing.-Ing. Köhler.*

Tag *10. November* 1938.

*I-88*

Gesehen von der Direktion

Zur Kenntnis an:

Empfänger	Ein-gang	Weiter	Unterschrift
28949			

I.G.Farbenindustrie Aktiengesellschaft  
Ludwigshafen a.Rh.  
Technischer Prüfstand Op 200  
Bericht Nr.363

- 0 -

B e r i c h t

über

Druckverlauf in der Dieselmachine bei Gasöl und 2 Hydrierprodukten.

Einfluß von Verdichtung und Einspritzzeitpunkt.

28950

B e r i c h t

über

Druckverlauf in der Dieselmachine bei Gasöl und 2 Hydrierprodukten,  
Einfluß von Verdichtung und Einspritzzeitpunkt.

Zusammenfassung:

Es werden bei verschiedenen Verdichtungen und mehreren Einspritzzeitpunkt-Einstellungen Zündverzug, Druckerstiege, Spitzendruck und Auspufftemperatur gemessen. Die Versuche wurden mit Gasöl, einem Steinkohlen-Dieselöl aus der Hydrierung in Ludwigshafen und einem Braunkohlenmittelöl aus der Hydrierung in Leuna durchgeführt.

Die erste Versuchsreihe wurde bei konstanter Verdichtung und veränderter Einspritzung, die zweite bei veränderter Verdichtung und fest eingestellter Einspritzung und die dritte bei veränderter Verdichtung und Einspritzung ausgeführt, wobei die Zündung stets im Totpunkt erfolgte. Die hierbei gefundenen Beziehungen sind in Schaubildern aufgezeichnet. Zündverzug und Zündzeitpunkt sind für den Verbrennungsablauf in erster Linie maßgebend. Aber offenbar macht sich auch die Herkunft des Kraftstoffes aus der aromatischen Steinkohle, oder aus der mehr paraffinischen Braunkohle auch nach der Hydrierung noch bemerkbar, insbesondere auf die Steilheit des Druckerstieges bei der Verbrennung.

Zweck der Versuche:

Bei der Untersuchung eines Kraftstoffes in der Dieselmachine begnügt man sich meistens mit der Bestimmung seiner Zündwilligkeit, gewöhnlich in Cetanzahlen angegeben. Zweck der nachstehenden Versuche ist, den gesamten

Verbrennungsverlauf von verschiedenen Kraftstoffen zu untersuchen.

### Versuchsprogramm:

Für die Durchführung der Versuche wurde folgendes Programm festgelegt:

Eine kleine Reihe von Dieselkraftstoffen wird bei mehreren Verdichtungen und verschiedenen Einspritzzeiten in der Dieselmachine gefahren und hierbei Zündversug, Druckanstieg, Spitzendruck und Auspufftemperatur gemessen. Die Versuche wurden bei den am I.G.-Prüfdiesel bei der Cetanzahlbestimmung üblichen Versuchsbedingungen durchgeführt, nämlich bei

$n = 900 \text{ U/min}$   
Einspritzmenge - 50 gcm in 3 Min.  
Kühltemperatur - 100 °C.

Es wurde stets die volumengleiche Kraftstoffmenge eingespritzt, da, auf das Volumen umgerechnet, sämtliche verwendeten Kraftstoffe den gleichen Heizwert haben.

Die Versuche wurden bei verschiedenen Verdichtungen und Einspritzzeiten durchgeführt, da diese in der Praxis die größere Bedeutung haben. In weiteren Versuchen, die in einem späteren Bericht mitgeteilt werden, soll auch der Einfluß anderer Betriebsbedingungen, z.B. der Einfluß der Kühlwassertemperatur, der Drehzahl und der Ansaugluft auf den Verbrennungsablauf, bestimmt werden.

### Auswahl der Kraftstoffe.

Zur Untersuchung gelangten die drei wichtigsten Vertreter unserer Kraftstoffe, nämlich

1. Standard-Gasöl D 423.
2. Steinkohlen-Dieseköl D 420 (721 H) aus einer Hydrieranlage in Lu.
3. Braunkohlensmittelöl D 369 aus einer Hydrieranlage in Leuna.

Die Analysendaten dieser Kraftstoffe sind in den Anlagen mitgeteilt.

### Versuchseinrichtung.

Die Versuche wurden an unserem I.G.-Prüfdiesel Nr. 1 durchgeführt. Seine Daten sind:

Bohrung	95 mm $\varnothing$
Hub	150 mm
Hubraum	1063 ccm

Im Zylinderkopf sind genügend Bohrungen zum Anbringen der benötigten Meßgeräte vorhanden.

Von wesentlichem Einfluß auf den Verbrennungsablauf im Motor ist die Ausbildung des Verbrennungsraumes und des angewandten Einspritzverfahrens. Die Form des Verbrennungsraumes vom I.G.-Prüfdiesel, der bekanntlich direkte Einspritzung hat, ist im Schaubild TPr S 237 aufgewiesen. Der Kraftstoff wird seitwärts in eine kugelig ausgebildete Nische im Kolbenboden eingespritzt. Die direkte Einspritzung gibt im Gegensatz zum Vorkammer-Verfahren am besten ein Urteil über den Kraftstoff ab. Die Vorkammer ist ein konstruktives Mittel, um den Motor für den Kraftstoff unempfindlich zu machen.

Die Meßgeräte zur Messung des gesamten Druckverlaufes sind die gleichen wie die zur Bestimmung der Cetanzahl im I.G.-Prüfdiesel. Der Einspritzzeitpunkt wird mittels eines Unterbrechers, der ein auf dem Schwungrad mitlaufendes Glühlämpchen steuert, bestimmt. Der Druckverlauf wird durch einen piezoelektrischen Indikator auf dem Leuchtschirm einer Braun'schen Röhre aufgezeichnet und darauf beobachtet. Die Messungen wurden bei  $45^\circ$  Seitenablenkung vorgenommen, für die fotografische Aufnahme wurde des besseren Verständnisses der Diagramme wegen  $90^\circ$  Seitenablenkung gewählt, da es bei diesen Diagrammen nur auf eine Beobachtung und keine Auswertung ankommt.

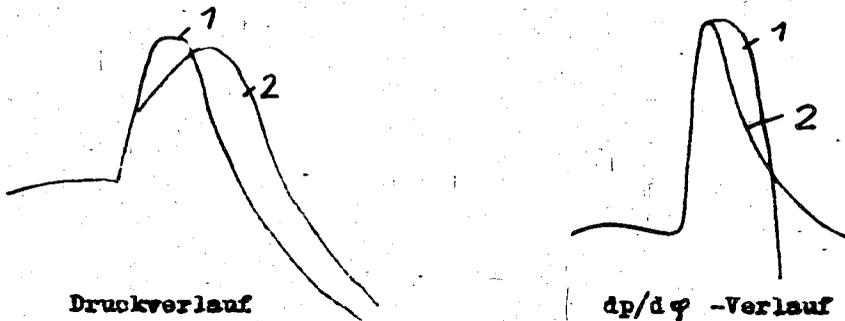
Die Eichung der Druckdose wurde in der laufenden Dieselmachine mit den

-4-

\*) Kraftstoffprüfung im I.G.-Prüfdiesel, Ber.Nr.338 des Techn.Prüfstandes, und Betriebsvorschrift, beide von Dipl.-Ing.L.Köhler.

DVL-Höchstdruckmesser vorgenommen. Die Schaltung dieser Anordnung ist aus dem Schaubild TPr S 238 ersichtlich. Beim DVL-Druckmesser geht die Nachzeichnung der Druckdose schneller vonstatten als mit unserem Eichgerät, wo die Maschine jedesmal vorher abgestellt werden muß. Durch das Abstellen der Maschine werden die Versuchsergebnisse beeinträchtigt. Der piezo-elektrische Indikator wurden durch einen Spannungsgleichhalter auf konstante Betriebsspannung eingestellt und dadurch Fehler, die durch die schwankende Netzspannung des Werks hervorgerufen werden, möglichst klein zu halten.

Aus dem geeichten Indikatordiagramm werden Zündverzögerung, Druckanstieg und Spitzendruck abgelesen. Die Messung des Druckanstieges hätte auch mit einem  $dp/d\varphi$ -Geber oder durch Differenzieren der Druckspannung vorgenommen werden können. Solche  $dp/d\varphi$ -Diagramme sind jedoch schwer auszuwerten, da nicht nur die Höhe des Ausschlages, sondern auch die Form der  $dp/d\varphi$ -Kurve berücksichtigt werden müssen. In folgender Skizze ist für 2 Druckverlauf-Diagramme, die anfangs beide den gleichen steilen Druckanstieg aufweisen und erst danach voneinander abweichen, der Verlauf des Druckanstieges  $dp/d\varphi$  aufgezeichnet.



Trotzdem beide Druckdiagramme verschieden aussehen, ist die  $dp/d\varphi$ -Spitze gleich hoch. Es wäre ein Irrtum, wenn man allein die Höhe der Druckanstieg-Spitze messen würde, sondern es muß noch die Dauer dieses steilen Druckanstieges mitberücksichtigt werden. Die Ausmessung des mittleren  $dp/d\varphi$  aus dem Druckverlauf-Diagramm erscheint deshalb als das einfache Verfahren.

## Ergebnis der Versuche:

Verdichtung unverändert.  
Einspritzbeginn verändert.

Der I.G.-Prüfdiesel wurde auf eine normale Verdichtung 15:1 eingestellt und der Einspritzbeginn in Stufen von 5 bis 30 Kw. im Bereich von 0 bis 30° verstellt. Von den 3 Kraftstoffen Gasöl, Steinkohlen-Dieselöl und Braunkohlennittelöl wurden Zündverzug, Druckanstieg, Spitzendruck und Auspufftemperatur gemessen. Diese sind auf Blatt T 259 in Abhängigkeit von Einspritzzeitpunkt aufgetragen.

Der Zündverzug ändert sich mit dem Einspritzzeitpunkt und hat für jeden Kraftstoff den kleinsten Betrag wenn die Einspritzung so eingestellt ist, daß die Zündung <sup>nahe</sup> am Totpunkt erfolgt. Beginnt die Einspritzung zuvor oder danach, so nimmt der Zündverzug zu. Bei Gasöl wurde der kleinste Zündverzug - etwa 6° Kw. - erhalten, wenn die Düse bei 6° Kw. öffnete. Der Zündverzug stieg auf über 15° Kw. an, wenn die Einspritzung auf 30° Kw. voreingestellt wurde. Beim Braunkohlennittelöl, das von den drei Kraftstoffen den größten Zündverzug aufweist, sind die entsprechenden Daten: kleinster Zündverzug von 12,5° Kw. bei 15° Voreinspritzung, und 23° Zündverzug bei 30° Voreinspritzung. Das Anwachsen des Zündverzuges bei früherer Einspritzung kann damit begründet werden, daß beim Einspritzen des Kraftstoffes in den Zylinder die Kompressionsluft noch nicht ihren höchsten Verdichtungszustand erreicht hat und Lufttemperatur und Luftdruck noch verhältnismäßig niedrig sind. Der Kraftstoff braucht eine bestimmte Zeit zu seiner thermischen Aufbereitung, die stark vom Zustand der Kompressionsluft beeinflusst wird. Je höher Temperatur und Druck sind, je kleiner wird der Zündverzug. +)

Der Druckanstieg  $dp/d.f$  hat bei großer Voreinspritzung seinen höchsten Wert, der bei 30° Einspritzbeginn über 15 at/Kw. im I.G.-Prüfdiesel beträgt

+ ) Bei späterer Einspritzung macht sich die Expansion schon bemerkbar.

und damit sehr hoch liegt. Je später die Einspritzung erfolgt, umso kleiner wird der Druckanstieg, d.h. je weicher läuft die Maschine. Der Druckanstieg unter den 3 Probekraftstoffen ist in ähnlicher Weise wie der Zündverzögerung verschieden. Braunkohlennittelöl hat entsprechend dem größeren Zündverzögerung auch den höheren Druckanstieg. Für ein noch auszulassiges  $dp/d\varphi$  von 7,5 at/Kw. am I.G.-Prüfdiesel liegt der Einspritzbeginn bei allen drei Kraftstoffen zwischen 15 und 20° Kw., wobei beim Braunkohlennittelöl später als beim Gasöl eingespritzt werden muß. †)

Der Spitzendruck bei der Verbrennung ist bei großer Voreinspritzung am höchsten und nimmt mit Späterlegung der Einspritzung stetig ab. Der Höchst- druck ist von der bis zum Totpunkt verbrannten Kraftstoffmenge abhängig. Bei zu später Einspritzung kann der Verbrennungsdruck unter das Kompressionsdruck- Maximum herabsinken.

Die Auspufftemperaturen werden etwas geringer, wenn man früher ein- spritzt, was wohl auf die größeren Wärmeübergangsverluste und auf die Tatsache zurückzuführen ist, daß im Expansionshub nur noch wenig Kraftstoff verbrennt.

Als günstigste Einspritzzeit für die drei Kraftstoffe darf man unter den vorgegebenen Betriebsverhältnissen etwa 15° Kurbelwinkel annehmen, da hierbei alle drei Kraftstoffe noch praktisch gleich gut verbrannt werden kön- nen.

2.) Einspritzbeginn konstant.  
Verdichtung verändert.

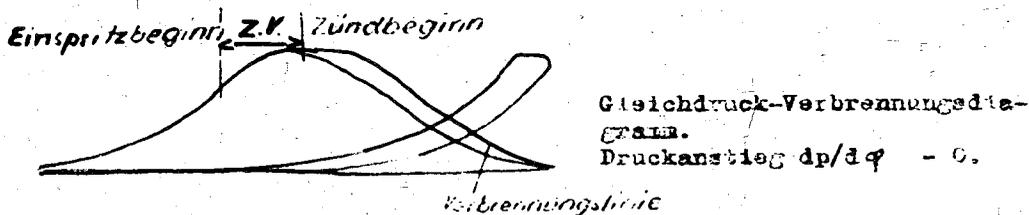
Diese Versuchsreihe ahmt die Verhältnisse an verschieden hoch verdichte- ten Motoren mit festeingestellter Einspritzung nach. Der Einspritzbeginn wurde auf 18° v.o.T. eingestellt. Für mehrere Verdichtungen von 25:1 bis 11:1 wurden Zündverzögerung, Druckanstieg, Spitzendruck und Auspufftemperatur gemessen. Die er- haltenen Ergebnisse sind für Gasöl und die beiden Hydrieröle auf Blatt TPr S

†) Erfolgt die Zündung erst im Expansionshub, so ist  $dp/d\varphi$  für alle Kraftstoffe nahezu gleich.

240 aufgezichnet.

Der Verbrennungsablauf wird wesentlich von der Verdichtung beeinflusst.

Der Zündverzug wächst bei sämtlichen Kraftstoffen mit kleiner werdender Verdichtung. Solange er noch kleiner ist als  $18^\circ$  Kurbelwinkel, d.h. solange noch die Zündung v.o.T. erfolgt, steigen die Zündverzugs-Kurven nur langsam an. Verringert man die Verdichtung mehr, so steigt der Zündverzugs rascher. Die Reihenfolge der Zündverzugs bleibt die gleiche wie in der ersten Versuchsreihe bei konstanter Verdichtung. Der Druckanstieg ist bei allen 3 Kraftstoffen bei hoher Verdichtung über 23:1 nahezu gleich und beträgt etwa  $5 \text{ at}/^\circ\text{Kv}$ . Mit kleiner werdender Verdichtung steigt er stetig an und erreicht sein Maximum mit etwas über  $10 \text{ at}/^\circ\text{Kv}$ , wenn die Zündung kurz vor Totpunkt einsetzt. Bei noch geringerer Verdichtung fällt er rasch ab und wird kleiner als Null. Ein solches Druckverlauf-Diagramm hat dann die nachstehend abgebildete Form:



Die Ursache für den verhältnismäßig hohen Druckanstieg bis über  $5 \text{ at}/^\circ\text{Kv}$ , wenn die Zündung v.o.T. erfolgt, rührt daher, daß bei der zu frühen Zündung im Kompressionshub die hoch erhitzten Gase noch weiter verdichtet werden. Umgekehrt wird bei der Zündung nach o.T. der Druckanstieg durch den bereits wieder abgleitenden Kolben erniedrigt. Der Druckanstieg im Expansionshub ist deshalb stets kleiner. Auf dem Blatt TPr S 241 ist in Abb. 1 der Druckanstieg in Abhängigkeit vom Zündverzugs aufgetragen. Aus dem Kurvenverlauf für die 3 Kraftstoffe Gasöl, Steinkohlen-Dieselöl und Braunkohlennittelöl ersieht man, daß bei gleichem Zündverzugs über  $20^\circ\text{Kv}$  der Druckanstieg von Gasöl und Braunkohlennittelöl geringer ist als von Steinkohlen-Dieselöl. Offenbar macht sich die Herkunft

des Kraftstoffes aus der aromatischen Steinkohle oder aus der mehr aromatischen Braunkohle auch nach der Hydrierung noch bereikbaar. Die Paraffine haben bei der Verbrennung eine geringere Vorpalungsgeschwindigkeit als die Aromaten.

Der Spitzendruck steht, wie wieder aus Blatt TPr S 240 ersichtlich ist, in enger Beziehung zum Kompressionsdruck. Er steigt mit gleicher Weise mit dem Kompressionsdruck. Erst bei geringer Verdichtung, wenn die Zündung noch o.T. einsetzt, sinkt der Verbrennungsdruck rasch ab und kann kleiner als der Verdichtungsdruck werden.

Die Erhöhung des Druckes über den Kompressionsdruck bei der Verbrennung ist auf Blatt TPr S 240, Abb. 3, aufgetragen. Über einen großen Verdichtungsbereich bleibt die Druckerhöhung die gleiche. Erst wenn die Zündverzögerung mehr als  $20-25^\circ$  beträgt, tritt eine merkliche Druckerhöhung ein.

In praktischen Betrieb ist es erwünscht, den Druckanstieg ein gewisses Maß nicht übersteigen zu lassen und trotzdem eine gute Druckerhöhung zu haben. Wenn man im I.G.-Prüfdiener bei  $18^\circ$  Vereinspitze nur einen Druckanstieg unter  $7,5 \text{ at}/^\circ\text{Kv}$ . zulässt, so ist, wie sich aus den Abb. 1 und 2 herauslesen läßt, die Verdichtung so einzustellen, daß bei Verwendung von Gasöl der Zündverzögerung unter  $1^\circ$  oder über  $18^\circ$  beträgt. Die Druckerhöhung ist trotzdem die gleiche wie wenn man an dem dazwischen liegenden schädlichen Bereich mit höherem Druckanstieg fahren würde.

Abb. 3 zeigt für die 3 Kraftstoffe diese Beziehung zwischen Druckanstieg und Druckerhöhung. Die Unterschiede unter den 3 Kraftstoffen sind nicht groß. Die Auspufftemperaturen fallen mit höherer Verdichtung, wie aus Blatt TPr S 240 zu ersehen ist. Erfolgt die Zündung erst nach dem o.T., so geht, in gleicher Weise wie der Verbrennungsdruck absinkt, die Auspufftemperatur in die Höhe.

Um einen weichen Lauf des Motors zu haben, darf stets nur der Kraftstoff verwendet werden, für welchen die Maschine eingestellt wurde. Bei Verwendung eines schlechteren Kraftstoffes kann starkes Klopfen und damit eine erhöhte Beanspruchung der Triebwerksteile eintreten.

3.) Verdichtung und Einspritzzeitpunkt verändert.  
Zündung im Totpunkt.

Für mehrere Verdichtungen von 25:1 bis 11:1 wurde der Einspritzzeitpunkt so eingestellt, daß stets im Totpunkt Zündung erfolgte. Die für die 3 Kraftstoffe Gasöl, Steinkohlen-Dieselloil und Braunkohlennittelöl gemessenen Daten des Druckverlaufes bei der Verbrennung sind auf dem Kurvenblatt TPr S 242 in Abhängigkeit von der Verdichtung aufgetragen.

Bei dieser Versuchsreihe ist die Voreinspritzung stets ebenso groß wie der Zündversug. Aus dem Verlauf der Kurven für Zündversug, Druckanstieg, Spitzendruck und Auspufftemperatur ergibt sich folgendes:

Die Unterschiede der Zündversüge werden mit größer werdender Verdichtung immer kleiner und die 3 Kurven nähern sich einem kleinsten Wert, der für die 3 Kraftstoffe bei etwa  $3^{\circ}$  Kw. liegen dürfte. Verringert man die Verdichtung, so nimmt der Zündversug ähnlich der vorhergehenden Versuchsreihe stetig zu. Für die 3 Kraftstoffe ergibt sich eine Schaar von Zündversugskurven, die mit kleiner werdender Verdichtung auseinander strebt. Braunkohlennittelöl hat den rascher ansteigenden Zündversug, beim Gasöl weicht dieser wesentlich langsamer an. Für  $\epsilon = 25:1$  wurden bei Braunkohlennittelöl  $8,5^{\circ}$  Zündversug gemessen und bei Gasöl  $4^{\circ}$  Kw. Bei  $\epsilon = 14:1$  betrug der Zündversug für Braunkohlennittelöl schon über  $30^{\circ}$  Kw. und bei noch geringerer Verdichtung hätte der Kraftstoff nicht mehr gezündet. Gasöl dagegen hat bei  $\epsilon = 14:1$  erst  $13^{\circ}$  Zündversug und sündet auch bei einer Verdichtung von 11:1 noch. Im Dieselmotoren-Betrieb beträgt der Zündversug meist zwischen 10 und  $20^{\circ}$  Kurbelwinkel. Das be-

deutet, wenn man die Ergebnisse an I.G.-Prüfdiesel vorab zusammen faßt, daß bei Gasöl eine Verdichtung von 16:1 bis 12:1 notwendig wäre, beim Steinkohlen-Dieselmot eine solche von 20:1 bis 15:1, und für Braunkohlensmotoren die Verdichtung 25:1 bis 18:1 betragen. Bei Anwendung anderer Drehzahlen muß die Verdichtung noch etwas höher gewählt werden.

Der Druckanstieg  $\frac{dp}{d\varphi}$  ist, wie die  $\frac{dp}{d\varphi}$ -Kurven zeigen, in erster Linie vom Zündverzug abhängig. Er ist bei gleicher Verdichtung von 25:1 recht klein wegen des geringen Zündverzuges. Im Augenblick der Zündung ist erst wenig Kraftstoff in den Zylinder gelangt, der bei seiner Entzündung die gesamte Kompressionsluft aufheizen und den Druck merkbar steigern muß. Mit abnehmender Verdichtung steigt der Druckanstieg entsprechend der bis zur Zündung eingespritzten Kraftstoffmenge mehr und mehr an. Praktisch läßt man den Druckanstieg eine bestimmte Grenze, die Klopfgrenze, bei welcher das Klopfen der Maschine beginnt, sich störend bemerkbar zu machen, nicht überschreiten. Wenn man diese Klopfgrenze im I.G.-Prüfdiesel mit 7,5 at/°Kf. annimmt, so darf der Zündverzug bzw. die Vereinspritzung nicht höher als 15 bis 18°Kv. für die 3 verwendeten Kraftstoffe gewählt werden.

Auf dem Kurvenblatt TPr S 243 ist der Druckanstieg nochmals in Abhängigkeit vom Zündverzug aufgetragen. Der Druckanstieg ist beim Steinkohlen-Dieselmot, wie bereits bei der Versuchsreihe mit fest eingestelltem Einspritzzeitraum beobachtet wurde, auch hier steiler als beim Gasöl und beim Braunkohlensmotoren. Als wahrscheinliche Ursache wurde bereits der aromatische Ursprung des Steinkohlendieselmot genannt, der sich auch noch nach der Hydrierung bemerkbar macht. Im allgemeinen gehen Zündverzug und Druckanstieg parallel.

Der Spitzendruck ist, wie Blatt TPr S 242 zeigt, nicht allein vom Zündverzug und Kompressionsdruck abhängig. Für jeden Kraftstoff gibt es ein Verbrennungsdruck-Maximum, wenn die Drucksteigerung am größten ist, /Auf Blatt TPr S 243

ist in Abb. 2 und 3 die Druckerhöhung bei der Verbrennung in Abhängigkeit von Zündverzug und vom Druckenstieg aufgetragen. Abb. 2 zeigt, daß die Druckerhöhungskurve bei 25 bis 30° Zündverzug ein Maximum hat und dann wieder abfällt. Dieses Maximum liegt bei Gasöl tiefer als bei Steinkohlen-Dieselöl und Braunkohlensmittelöl. In Abb. 3, wo die Druckerhöhung, abhängig vom Druckenstieg aufgetragen ist, ergibt sich ebenfalls für die Druckerhöhung ein Maximum für alle 3 Kraftstoffe, das bei etwa 18 at/<sup>o</sup>Kw. liegt.

Die Ursache für die Bildung des Scheitels ist von Abb. 2 und 3 durch den wohl in der Kraftstoffverteilung und der Wärmehin- im Zylinder suchen. Das Maximum wird erreicht, wenn unmittelbar um den Totpunkt die größtmögliche Kraftstoffmenge verbrennen kann, d.h. wenn unter den gegebenen Umständen die Bedingungen das Verhältnis von Kraftstoff und Luft am günstigsten ist. Da das Maximum der Druckerhöhung beim Gasöl nicht so hoch ist wie bei Steinkohlen-Dieselöl und Braunkohlensmittelöl, dürfte von der verschieden hohen Verdichtung herrühren. Bei gleichem Zündverzug ist für Gasöl die Verdichtung geringer als für die beiden anderen Kraftstoffe.

Die Auspufftemperaturen sind während der gesamten Versuchszeit für jeden Kraftstoff nahezu konstant geblieben und steigen erst an, wenn die Verbrennung bei zu geringer Verdichtung schlecht wird. Trotzdem bei jedem Arbeitspiel stets praktisch die gleiche Wärmemenge in den Zylinder zugeführt wurde, sind die Auspufftemperaturen verschieden hoch. Gasöl und Braunkohlensmittelöl haben fast gleiche Auspufftemperatur. Dagegen ist die von Steinkohlen-Dieselöl etwas niedriger. Es ist bemerkenswert, daß Steinkohlen-Dieselöl einerseits die geringere Auspufftemperatur und andererseits den steileren Druckenstieg hat. Diese Beziehung wurde auch bei anderen Kraftstoffen bereits festgestellt.

Leistung des Motors bei den 3 Versuchsreihen.

Auf dem Kurvenblatt TPr S 243 ist die Leistung bei den drei Versuchsreihen aufgezeichnet.

Bei der ersten Versuchsreihe - Verdichtung konstant, Einspritzbeginn verändert -, war die gemessene Leistung bei etwa  $22-25^{\circ}$  Voreinspritzung am größten und wurde etwas kleiner, wenn die Einspritzung wesentlich früher oder später erfolgte.

Bei der zweiten Versuchsreihe, bei welcher die Einspritzung konstant blieb und die Verdichtung verändert wurde, änderte sich die Leistung praktisch nur wenig. Die Leistung wird mit geringerer Verdichtung höher, da der mechanische Wirkungsgrad günstiger wird.

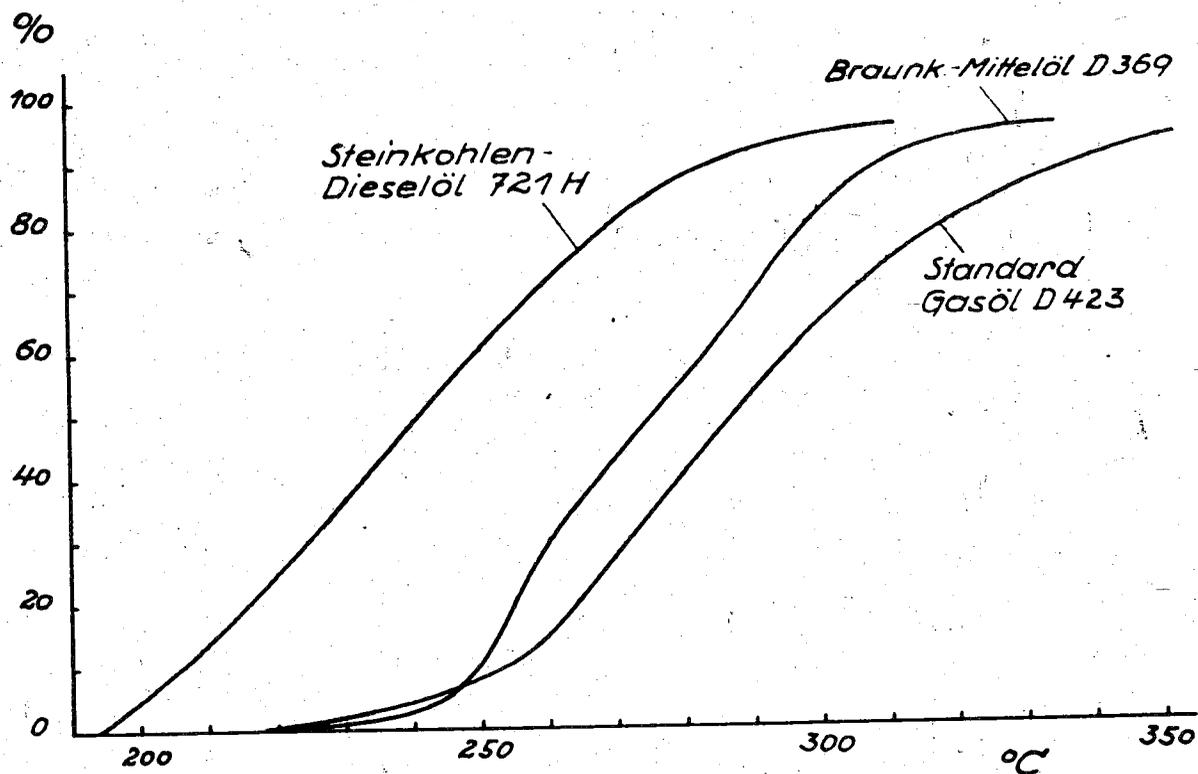
Bei der dritten Versuchsreihe - Verdichtung und Einspritzung verändert, Zündung im Totpunkt -, nahm die Leistung mit kleiner werdender Verdichtung und größer werdender Voreinspritzung stetig zu und erreichte ihr Maximum kurz vor der geringsten Verdichtung, bei der der Kraftstoff noch im Dieselmotor noch ohne Aussetzer verbrennt. Man darf annehmen, daß, wie sich aus den Druckverlauf-Kurven ergibt, der Druckunterschied zwischen Spitzendruck und dem Kompressionsdruck wesentlichen Einfluß auf die Leistungsabgabe und den indizierten Wirkungsgrad hat.

Anlagen: 3 Kraftstoffanalysen.  
8 Kurvenblätter  
3 Blatt Diagramme.

*M.P.*

*H. L. L.*

## Diesekraftstoffanalyse Siedekurven



28963

TPr S 245

Zum Bericht Nr 363 vom 10.11.38

N 2482-16

Analysendaten der benutzten Öle.

Nr. des Öles Herkunft	D 369 Braunk. Leuna	D 423 Amerik. Gaoil	H 72 Hochdruck Lu
Flammpunkt (o.T.)	108	108	80
Viskosität b. 20° in cst.	5,27	5,72	2,85
Kristallisationsbeginn bei 0°	- 11	- 11	0
Mit KCH-Öl gemischt, Ausscheidung ?	Ja	nein	nein
Asche %	0,0305	0,17	0,0
Conradsontest %	0,388	0,085	0,0
Elementaranalyse:			
% C	86,12	86,17	86,80
% H	10,60	13,67	12,66
% S	0,57	0,17	0
Unterer Heizwert H <sub>u</sub>	9 679	10 221	10 106
Cetanzahl	28	46	37
Brechung n D/20	1,52 1)	1,4735	1,4800
Spez.Gew. 20/4	0,920	0,845	0,870
vor Sulfierung	0,8965		
nach " (90%ige Säure)			
u. Destillation	0,819	0,839	0,863
" " (96%ige Säure)			
Siedegrenze (5 % und 95 %-Punkt)	245-330	242-350	200-305
Kennziffer + Fraktionsziffer	279+42	318+67	243+50
Mittl. Siedepunkt (50 %-Punkt)	275	290	240
Mittl. Molgewicht aus mittl. Siedepunkt	215	230	185
Allgemeine Formel	C <sub>n</sub> H <sub>n</sub> 2n-8,5	C <sub>n</sub> H <sub>n</sub> 2n-2	C <sub>n</sub> H <sub>n</sub> 2n-3
Jodzahl			
1) nach Hanus (40 Min.)	34,5	2,9	7,1
2) aus Bromzahl nach Söhney (40 Min.)	30,5	2,5	3,2
3) " " nach Kaufmann (120 Min.)	0 2)	5,1	6,0
(420 " )	0 3)	7,3	8,0

1) wegen der starken Farbe des Öles nicht genau  
 2) einschl. substituiertem Br.: 91  
 3) " " " : 112

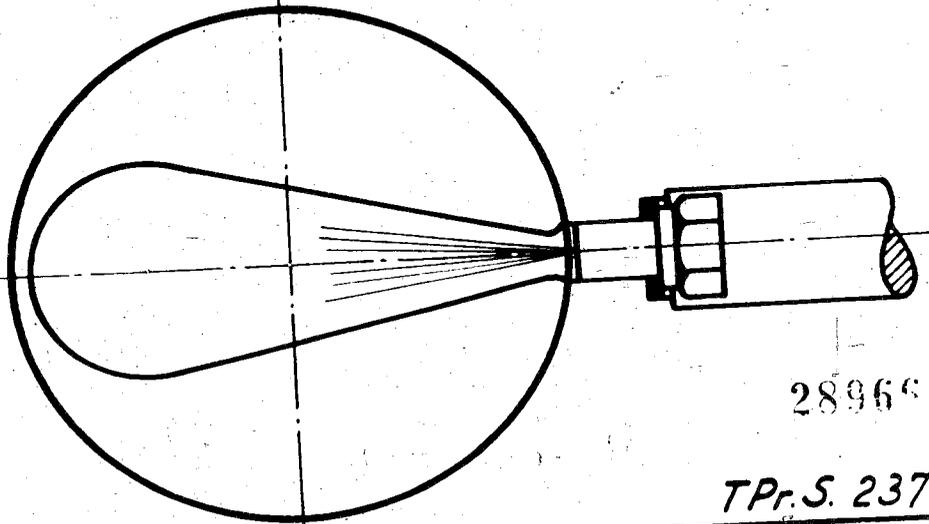
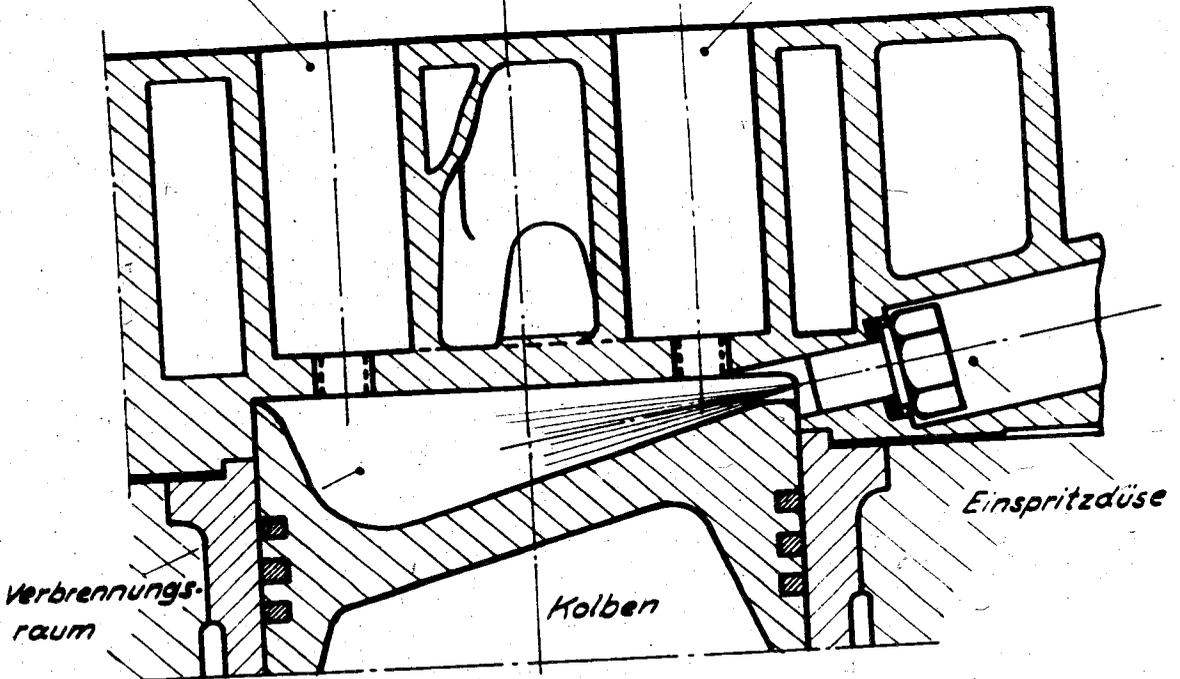
Nr. des Öles Herkunft	D 369 Frank. Leuna	D 423 Amerik. Gasöl	H 721 Hochdruck Lu
Theoret. max. Anilinpunkt 4)	93	95	38
Gefundener Anilinpunkt vor Sulfierung 5)	28,5 (65,6)	71,6	44
" " nach " (90%ige Säure) 6)	88,1 (53,6)		
" " " Sulfierung (96%ige Säure)	86,5	83,9	61,5
Kresot % (mit NaOH)	2,0	2,0	3,5
Olefine % aus Sulfierung (90%)	29 6)	5	4,5
aus Siedzahl u. mittl. Mol-Gewicht nach Kaura	11,6	9	5
" " " " Sibney	23	2	2
" " " " Kaufmann	0	4	4,4
Olefine + Aromaten % einschl. Phenolen aus Sulfierung (96%)	66,8	16,5	20,5
Aromaten % aus Vol.-Differenz d. 90- u. 96er Sulfierung	38 6)	11,5	19
" " " Anilinpunktdifferenz 6) (90%ig)	47		
" " vor und nach Sulfierung (96%ig)	73	23	28
" " aus Änderung der Dichte: unsulf. u. 96%ige Säure-sulf. sulf. 90% 2) u. 96%ige Säure	84 56	5	6
" " aus Brechung u. Elementaranalyse	56 7)	9	22
Naphtene % aus Anilinpunkt nach Sulfierung 4)	11	42	16,5 8)
Paraffine % aus 100-% Naphten-% sulf. 96 %	22	4	0

- 4) nach Bestushew, Erdöl und Teer 9, 159 ff.  
 5) eingeklammerte Werte nach Verdünnung 1:1 mit RCH-Öl vom A.P. 86,6 (sul. 90,0)  
 6) anschließend Destillation nach Riesenfeld und Bante.  
 7) ungenau wegen der starken Färbung.  
 8) Die direkte Berechnung gibt den unmöglichen Wert von 91 %.

# Zylinderkopf des I.G. Prüfdiesel I

Bohrung für D.V.L. Druckmesser

Bohrung für Quarzdose

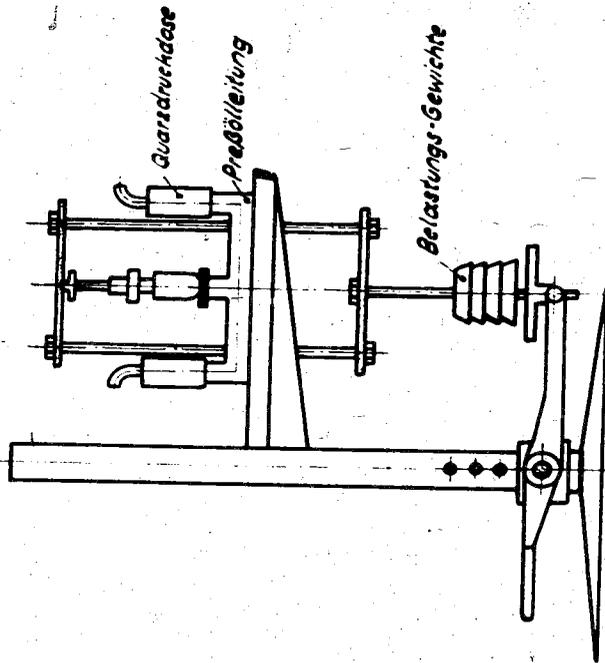


28966

TPr.S. 237

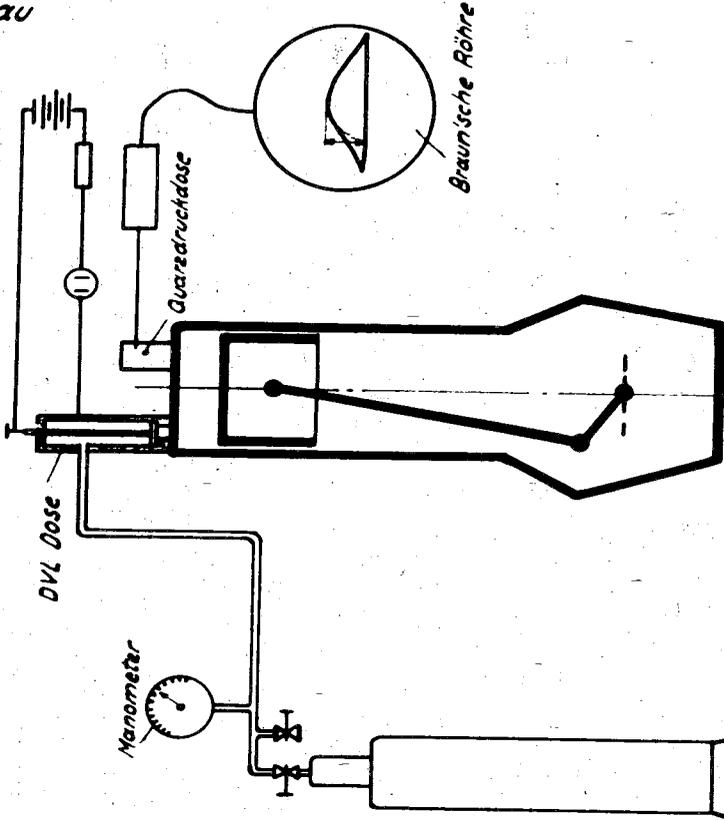
Geräte zur Eichung der Druckdose.

Statisches Eichgerät



Die Druckdose wird mit Preßöl  
statisch belastet und geeicht.

Dynamisches Eichgerät

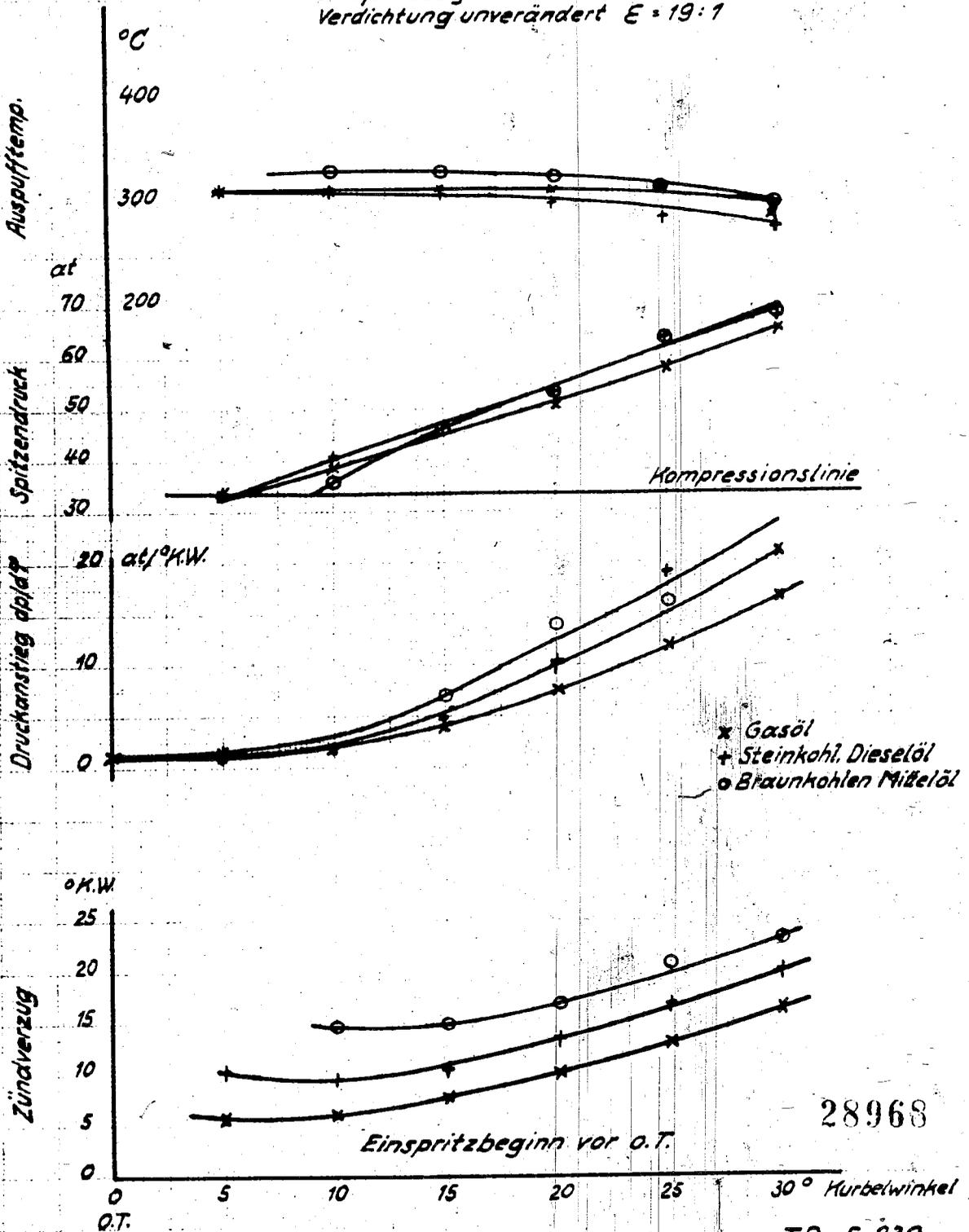


Die Druckdose wird zusammen mit einem D.V.L.  
Druckmesser in einen Zylinderkopf eingeschraubt  
und geeicht.

28967  
TPr. 5. 238

Druckverlauf in der Dieselmachine.

1. Einspritzbeginn verändert  
Verdichtung unverändert  $E = 19:1$

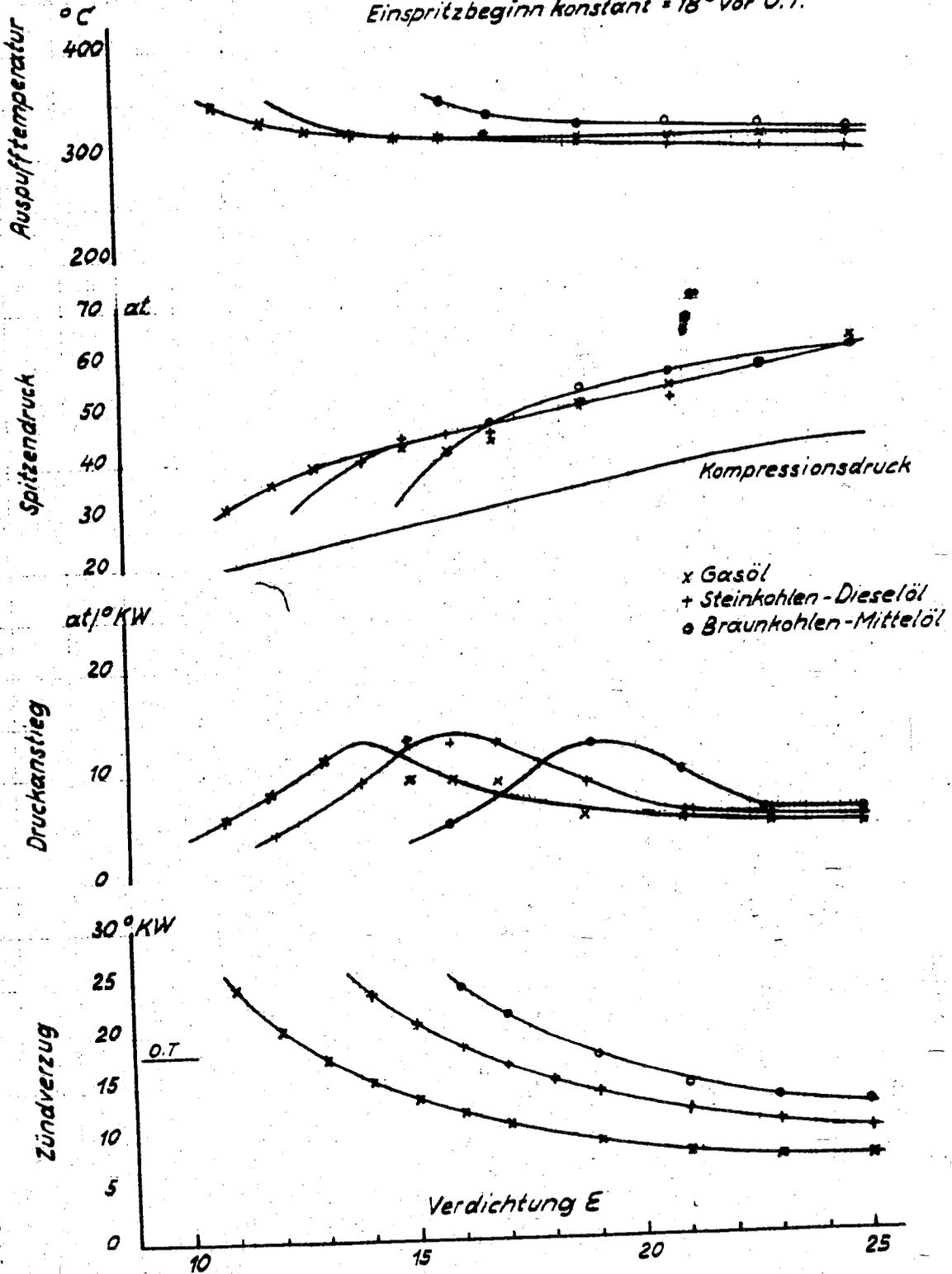


28968

TPr. S 239

N 2400-16

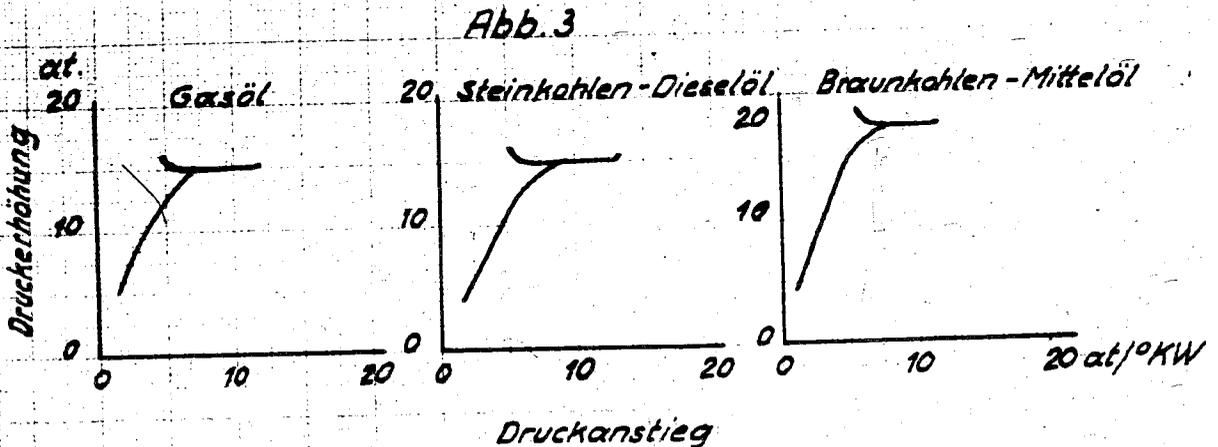
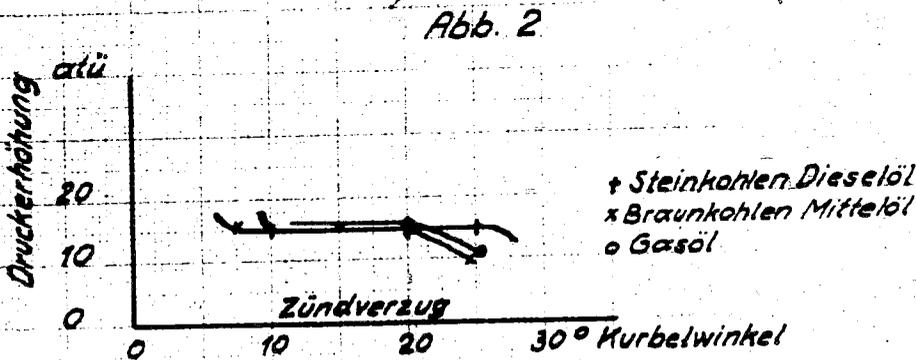
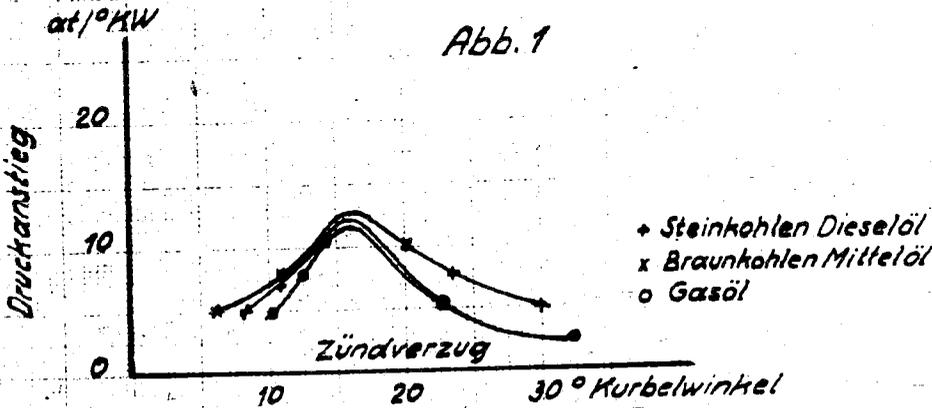
2. Verdichtung unverändert  
Einspritzbeginn konstant = 18° vor O.T.



28969

TPr. S 240

Druckanstieg u. Druckerhöhung,  
bei veränderter Verdichtung mit 18° Voreinspritzung.

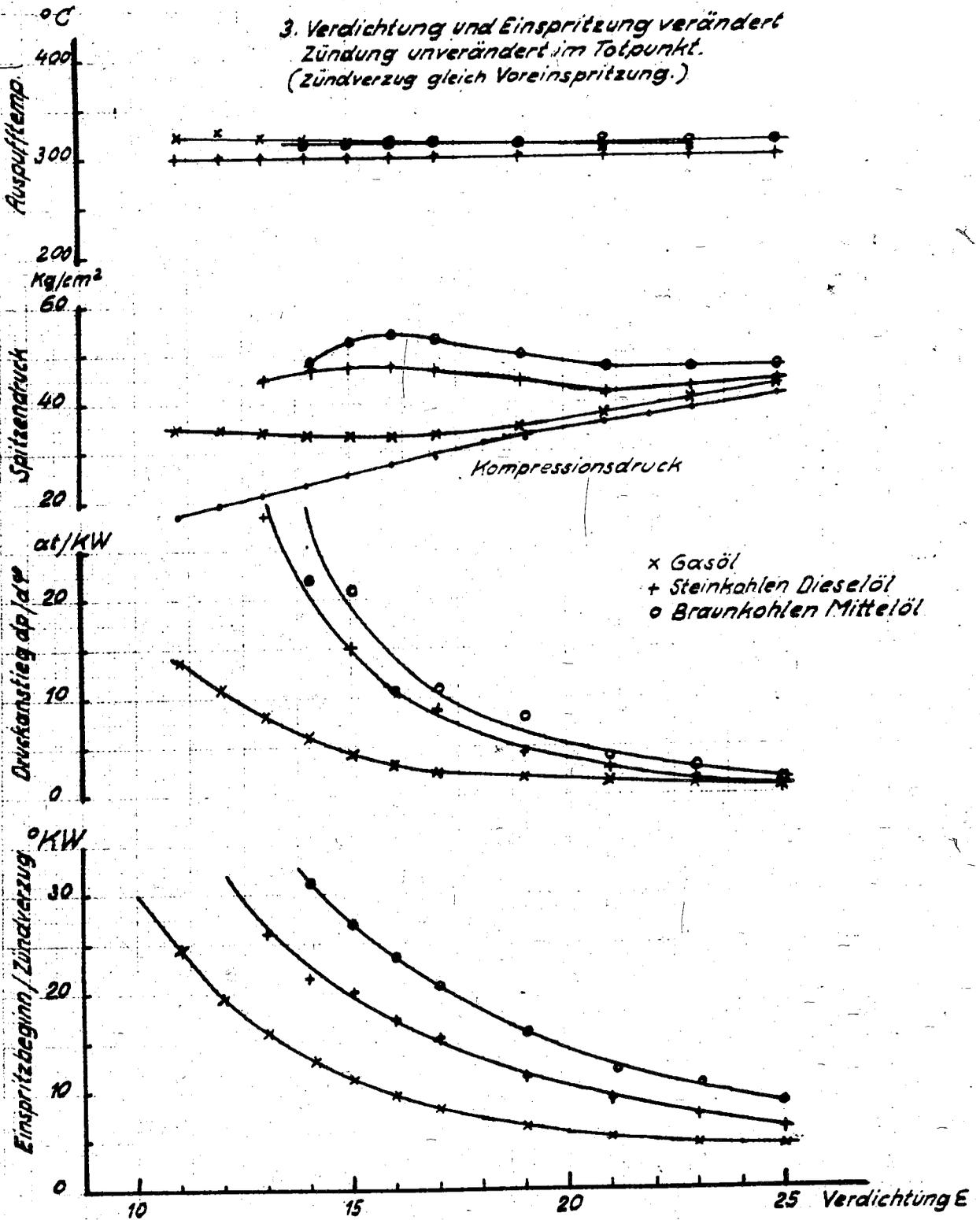


28970

TPr. 5. 241

Druckverlauf in der Dieselmachine.

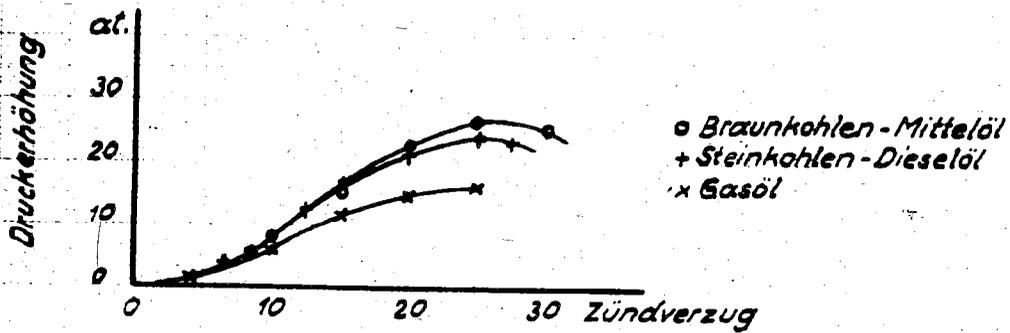
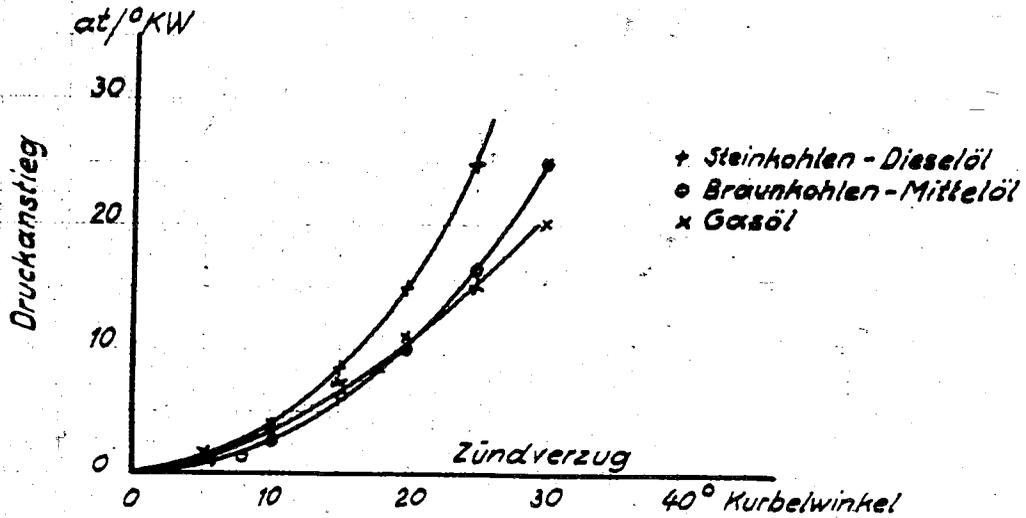
3. Verdichtung und Einspritzung verändert  
Zündung unverändert im Totpunkt.  
(Zündverzug gleich Voreinspritzung.)



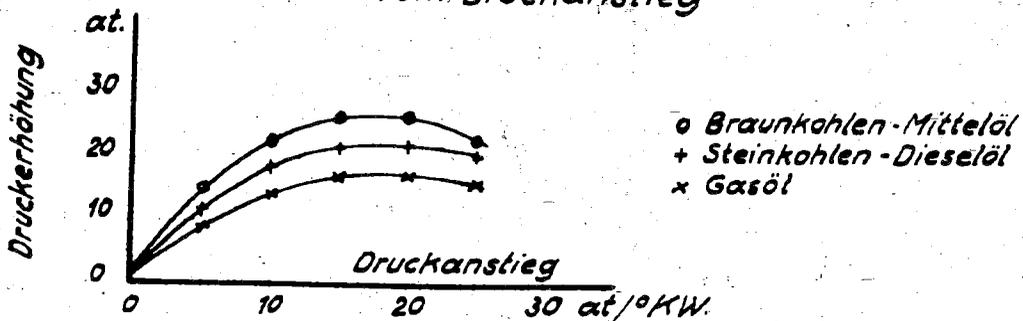
28971

TPr.S. 242

Druckanstieg u. Druckerhöhung  
bei veränderter Verdichtung und Einspritzung  
Zündung und Totpunkt.



Druckerhöhung in Abhängigkeit  
vom Druckanstieg

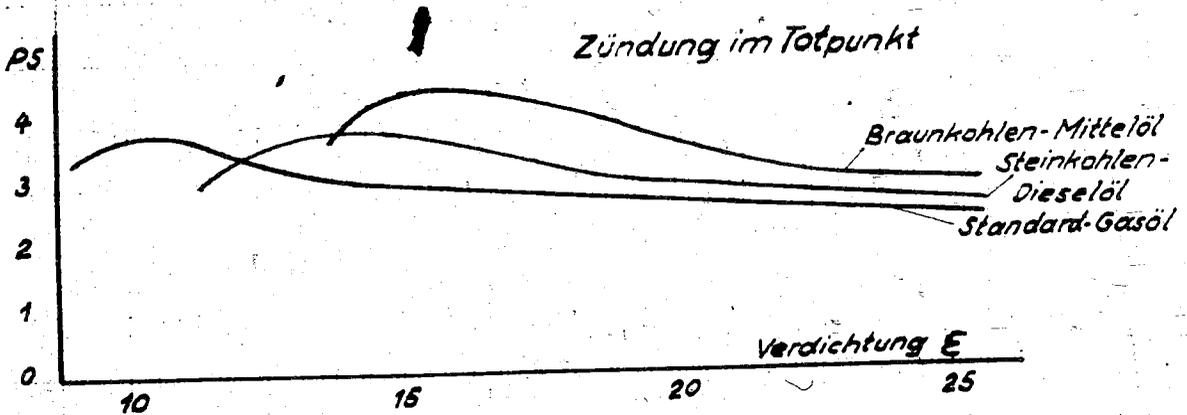
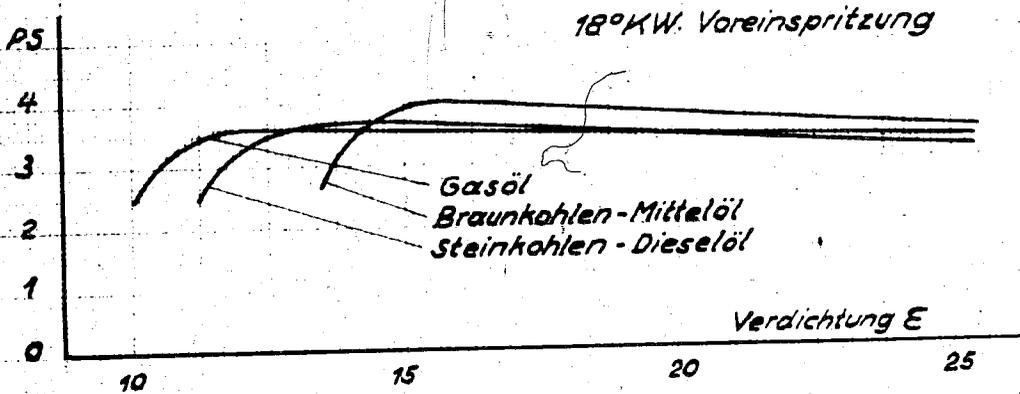
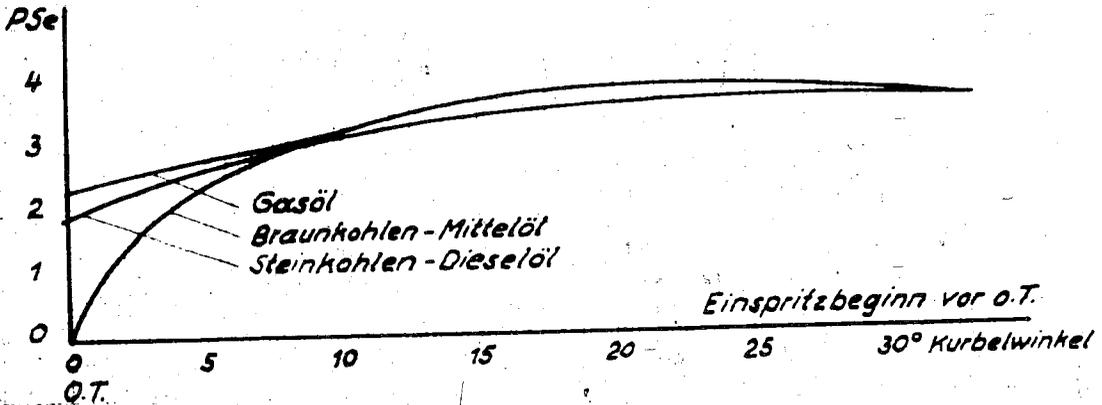


28971/1 TPr. 5 243

# Leistung der Dieselmachine in Abhängigkeit von Verdichtung und Einspritzung

Verbrauch 1 l / Std  
Kühltemperatur 100°C

Verdichtung  $\epsilon = 19:1$

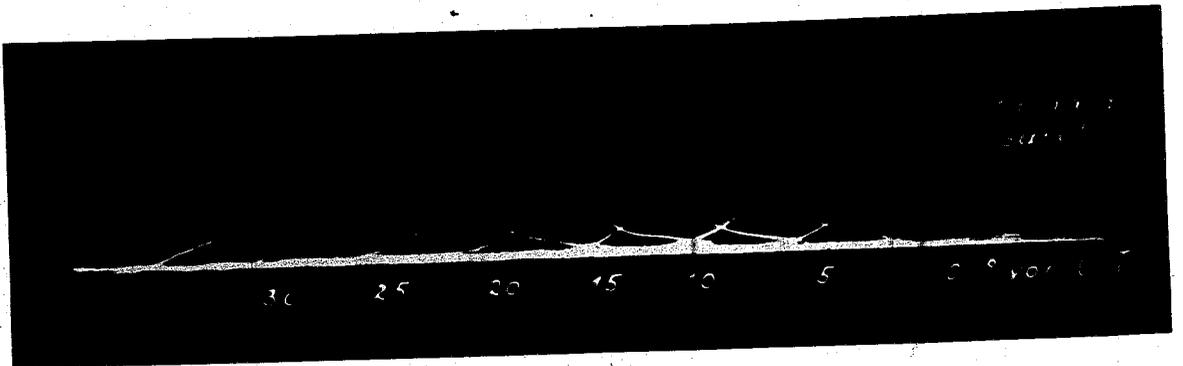


28972 TPr. S. 244

# 180° K.W. Diagramme v. Druckverlauf in der Dieselmachine

1. Einspritzbeginn verändert

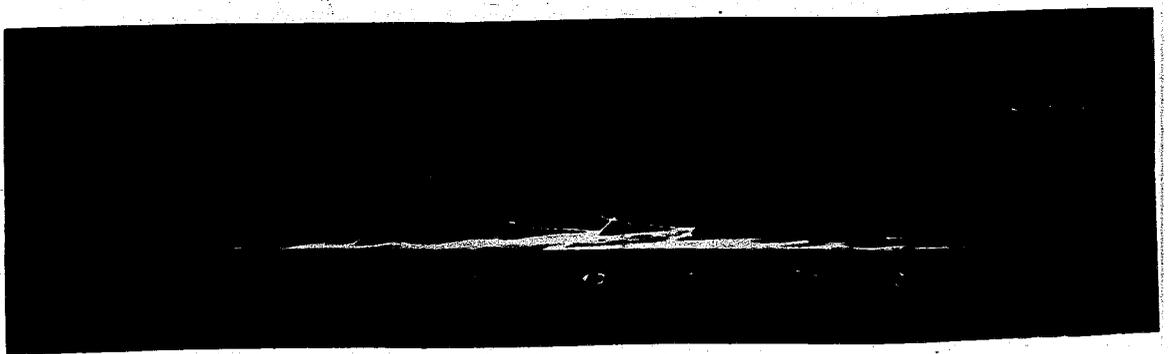
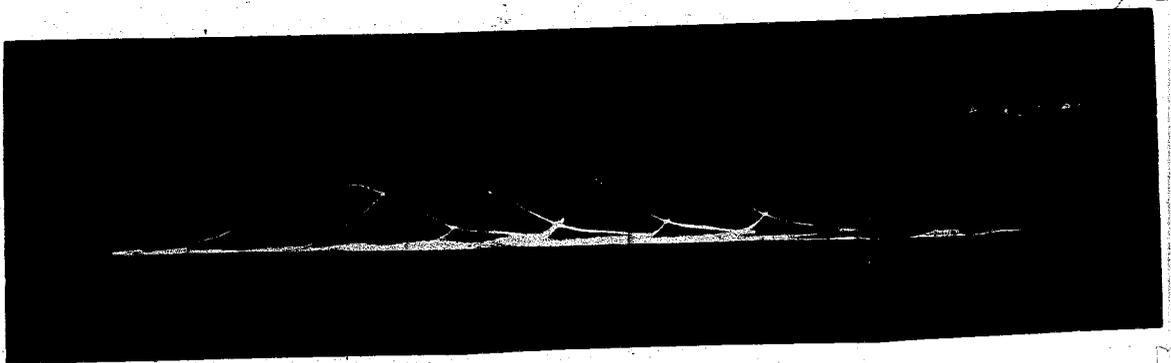
Verdichtung unverändert  $\epsilon = 19:1$



180° K.W. Diagramme v. Druckverlauf in der Dieselmachine

2. Verdichtung verändert

Einspritzbeginn konstant = 18° vor O.T.



*180° K.W. Diagramme v. Druckverlauf in der Dieselmachine*

*3. Verdichtung u. Einspritzung verändert*

*Zündung im Totpunkt*

