

Inhalt: *Godekan als Motorenheizstoff  
bei Einspritzbetrieb.*

Technischer Prüfstand.

Nr. 316.

Bericht *Dipl.-Ing. Schweizer.*  
vom *27. September 1936.*

*I-61*

Gesehen von der Direktion

Zur Kenntnis an:

Empfänger	Ein- gang	Weiter	Unterschrift
28537			

## B e r i c h t

Über

### Dodekan als Motortreibstoff bei Einspritzbetrieb.

#### Zusammenfassung :

Ein als Einspritz-Zündermotor umgebauter 11-l-Motor Typ 19 wurde mit Dodekan betrieben, um die Möglichkeit der Verwendung dieses Stoffes als Treibstoff für Einspritzmotoren mit Fremdzündung zu prüfen. Die Einspritzung geschah in den Saughub. Es gelang, den Motor mit Dodekan zu betreiben, jedoch ist - bedingt durch den mittelsiedenden Charakter des Dodekan (Siedekurve von  $165-195^{\circ}\text{C}$ ) - ein Anfahren bei gewöhnlicher Temperatur nicht möglich. Das Kühlmittel musste hierfür eine Temperatur von mindestens  $50^{\circ}\text{C}$  haben. Bei Vollastbetrieb war bei einer Kühlmitteltemperatur von  $140^{\circ}\text{C}$  die Verwendung eines etwas magereren Gemisches möglich als bei  $80^{\circ}\text{C}$ . Jedoch gelang es bei <sup>beiden</sup> Kühlmitteltemperaturen nicht, den Motor im Leerlauf zu betreiben.

#### Zweck der Versuche.

Der mittelsiedende Kohlenwasserstoff Dodekan sollte als Treibstoff für Einspritzmotoren untersucht werden, um Wege für günstigsten Verbrauch, mittleren Druck und Verbrennungstemperaturen zu erhalten. In diesem Zusammenhang wurde sein Verhalten bei normaler Kühlung ( $80^{\circ}$ ) und Heißerhaltung ( $140^{\circ}$ ) untersucht und die Vorteile des Einspritzbetriebs gegenüber Vergaserbetrieb herausgestellt.

#### Allgemeines:

Der Einspritz-Zündermotor hat gegenüber dem Vergasermotor den Vorteil, dass der Ansaugwiderstand des Motors infolge Fort-

Fall des Vergasers gering sein kann, werden kann. Sobald die Zylinderhöhere Füllung erreicht. Bei Mehrzylindermotoren ergibt sich das weitere Vorteil, dass sich die Gemischzusammensetzung und die Verteilung auf die einzelnen Zylinder vollkommen gleichmäßig verteilen lassen. Offen ist die Frage, zu welchem Zeitpunkt vorteilhaft eingespritzt wird. Bezüglich einer guten Gemischbildung ist die Einspritzung während des Saughubes zunächst als die beste anzusehen und wird bei niedersiedendem, schnell verdampfendem Treibstoff heute vielfach angewandt. Bei hochsiedenden Treibstoffen ist sie jedoch nachteilig, weil der eingespritzte Treibstoff z.B. vom Schmieröl an der Zylinderwand aufsteigt, so wie das beim und eine Schmierölvermischung herbeiführt. Für derartige Treibstoffe wird vorteilhaft die Einspritzung gegen Ende des Verdichtungshubes vorgenommen. Durch besondere Gestaltung des Kolbens im Verbrennungsraum kann eine Trennung von Treibstoff und Schmieröl vermieden werden. Ein derartig konstruierter Motor ist der in Schweden und USA hergestellte Hesselman-Motor. Von diesem Motor wird behauptet, dass er sowohl mit Benzin als auch mit hochsiedenden Kohlenwasserstoffen gleich gut betrieben werden kann. Für den Einspritzbetrieb im Saughub sind klopfenste Treibstoffe ebenso erforderlich wie für den Vergasermotor. Ein Einspritzen während des Verdichtungshubes soll nach schwedischen und amerikanischen Angaben auch klopfender Treibstoffe verwendbar sein. Bei unseren Versuchen konnte dies bisher noch nicht bestätigt werden, im Gegenteil trat auch hier Klopfen auf.

Versuchsanordnung:

Die Versuchsanordnung ist aus dem Schema Blatt 1 und dem Lichtbild Blatt 2, Abb.1 zu ersuchen. Der Motor, der 95 mm Bohrung

und 150 mm Hub hat, trägt einen Zylinderkopf mit kegelförmigem Verbrennungsraum (s. Blatt 2, Abb. 2). In der Mitte des Kopfes befindet sich die Einspritzdüse und oben die Zündkerze. Die Düse ist eine Bosch-Düse mit der Bezeichnung DN 45 S 2 und die Kerze eine Siemens-Kerze AG 70. Der in die Boschpumpe eingebaute Pumpenkolben hat 6 mm  $\phi$ . Der Motor ist mit Diäthylenglykol gekühlt, damit auch mit Heisskühlung von 140°C gefahren werden kann. Der Düsenhalter ist zur Vermeidung von Überhitzung eigens mit fließendem Wasser gekühlt.

Versuchsdurchführung:

Die Verdichtung betrug bei einem Vorversuch mit Methanol 1:9,7 und bei den Hauptversuchen 1:7,2. Bei diesen wurden bei einer Drehzahl von 1200, 1400 und 1600 U/min bei vollgeöffnetem und  $\frac{1}{6}$  offenem Ansaugrohr Versuchsreihen mit normaler Kühlung (80°C) und Heisskühlung (140°C) durchgeführt. Einspritzbeginn war 60° n.o.T. im Saughub. Hierbei wurde die mit 75 atü eingespritzte Treibstoffmenge jeweils soweit verringert, bis Aussetzer infolge zu mageren Gemisches die Messungen unmöglich machten. Die Zündung war stets auf Bestleistung eingestellt. Das vom Motor abgegebene Drehmoment wurde an einer Wendelbremse und die Drehzahl durch Messen der während des Durchflusses einer abgemessenen Treibstoffmenge erfolgten Umdrehungen festgestellt.

Die wichtigsten Daten der verwendeten Treibstoffe sind aus nachstehender Tabelle ersichtlich.

	Formel	Siedekurve °C	Heizwert $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$	Oktanzahl nach Motorprobe	spez. Gew.
Methanol	CH <sub>3</sub> OH	65+75°	4650	---	0,79
Dodekan	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	165+185°	10200	96	0,744
Benzol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	um 80°	9500	105	0,873

### Versuchsergebnisse:

Die im Vorversuch mit Methanol als Treibstoff gefundenen Versuchswerte sind auf Blatt 3, dargestellt. Die Verdichtung betrug bei diesem Versuch 1:9,7. Der Versuch hatte den Zweck, den günstigsten Einspritz-Zeitpunkt festzustellen. Praktisch ergaben sich für die verschiedenen Einspritzpunkte  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $90^\circ$  und  $150^\circ$  n.o.T. in Saughub und bei Einstellung des Verhältnisses von Treibstoff: Luft auf günstigsten Verbrauch annähernd die gleichen Werte, während bei Treibstoffüberschuss die spätere Einspritzung  $90^\circ$  und  $150^\circ$  etwas mehr Leistung als die Einspritzung  $30^\circ$  n.o.T. und in o.T. brachte. Beachtenswert ist, dass die Auspufftemperatur beim Einspritzen im o.T. höher lag, als bei späterer Einspritzung. Es ist dies auf Nachbrennen während der Expansion zurückzuführen, was wahrscheinlich seine Ursache darin hat, dass der Treibstoff unmittelbar auf den Kolben trifft, seine Verteilung und Verdampfung in der Luft ungenügend wird und zu spät erfolgt.

Zum Verständnis der Versuche mit Dodekan ist zu sagen, dass je magerer das Brennstoff-Luftgemisch wurde, desto weniger stabil das Verhalten des Motors war und dass schliessliche Aussetzer auftraten. Auf den letzten Teil der ausgezeichneten Kurven trifft das teilweise schon zu.

Auf Blatt 4 sind die Versuchsergebnisse mit Dodekan bei vollgeöffneter und auf Blatt 5 bei gedrosselter Ansaugluft aufgetragen.

Wie ersichtlich, ist bei vollgeöffneter Drosselklappe und hoher Kühlmitteltemperatur die Einstellung eines magereren Gemisches möglich, was auf die schnellere Verdampfung und bessere Gemischbildung - begünstigt durch die hohe Zylindertemperatur -

zurückzuführen ist. Bei Teillast (Blatt 5) welche durch Drosselung der Ansaugluft herbeigeführt wurde, sind kaum Unterschiede in der Gemischbildung bei 80 und 140° Kühlmitteltemperatur vorhanden. Dies ist auf die geringeren Teildrücke der Luft infolge der Drosselung zurückzuführen.

Die Verbrauchszahlen in Abhängigkeit von der Leistung sind auf Blatt 6 wiedergegeben. Die günstigsten Verbrauchszahlen sind bei beiden Kühlmitteltemperaturen etwa die gleichen. Die niedrigere Kühlmitteltemperatur ist jedoch von Nachteil insofern, als mit ihr das Verbrauchsminimum näher an der Aussetzergrenze liegt.

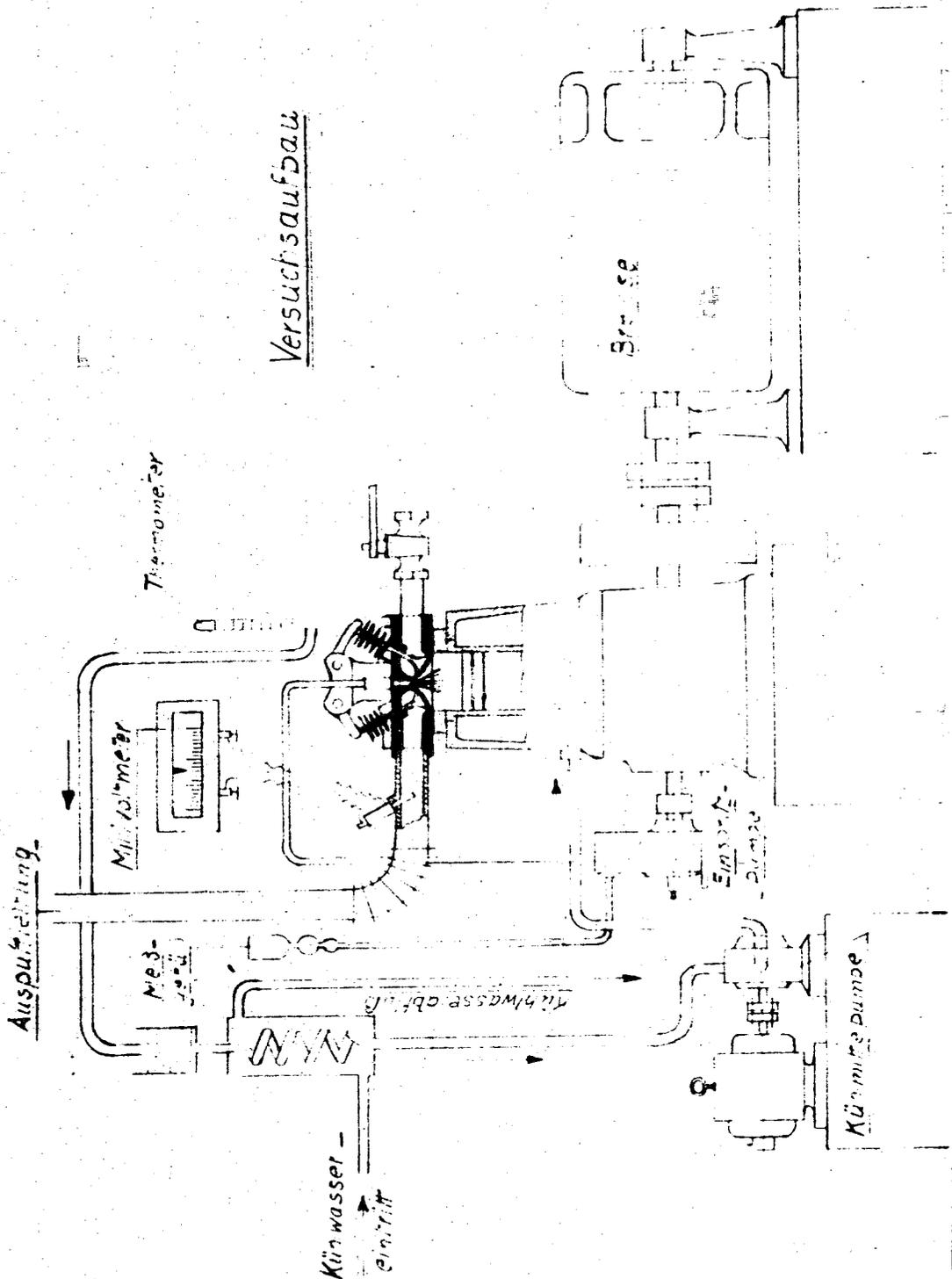
Auf Blatt 7 sind die Ergebnisse eines Versuches mit Vergaser am gleichen Motor und bei der gleichen Verdichtung mit Benzol als Treibstoff aufgetragen. Der Lufttrichter im Vergaser hatte 21 mm  $\varnothing$ . Auf die Drosselung der Ansaugluft im Vergaser ist es im wesentlichen zurückzuführen, dass Leistung und Verbrauch soviel ungünstiger als beim Einspritzbetrieb sind. Durch grösseren Lufttrichter liesse sich dieser Unterschied wohl verringern, jedoch nicht beseitigen.

Was die günstigsten Verbräuche anbetrifft, so liegen diese bei Einspritzbetrieb mit Dodekan etwa bei 2100 Kcal/PSH, während sie beim Vergaserbetrieb mit Benzol bei 2400 Kcal/PSH liegen. Bei Methanol, das allerdings bei einer Verdichtung von 9,7 eingespritzt wurde, ist der Verbrauch am günstigsten; er geht bis auf 1900 Kcal/PSH herunter. Rechnet man jedoch diesen Verbrauch auf die Verdichtung  $\xi = 7,2$  entsprechend dem gegenüber einer Verdichtung von  $\xi = 9,7$  bei einer angenommenen  $\kappa$  (=Exponent der Polytrope) von 1,3 um 11,15% verringerten theoretischen Wirkungsgrad des Otto-Prozesses um, so erhält man 2140 Kcal/PSH, einen Verbrauch, der

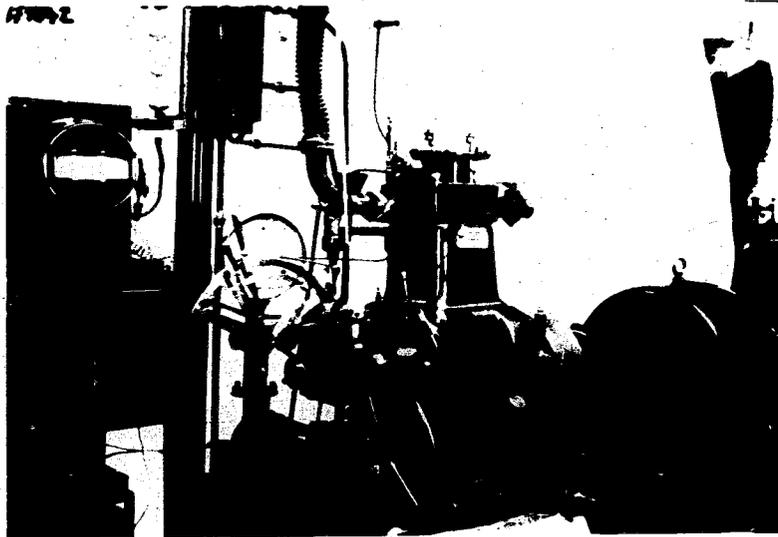
noch etwas ungünstiger als der bei Dodekan liegt.

Der mittlere wirksame Kolbendruck ist bei Dodekan in seinem Größtwert nahezu unabhängig, von der Drehzahl und beträgt etwa 3,3 atü. Bei Methanol, das die höhere Verdichtung hatte, ist der mittlere Druck etwa 10 atü. Bei Vergaserbetrieb mit Benzol zeigt sich deutlich die Abhängigkeit des mittleren Druckes von der Drehzahl; mit zunehmender Drehzahl steigen die Drosselverluste und es fallen die mittleren Drücke von 3,2 atü bei 1200 U/min auf 6,6 bei 1600 U/min. Bei Teillastbetrieb mit Dodekan, wo  $\frac{5}{6}$  des freien Querschnittes des Luftansaugrohres abgedeckt waren, zeigt sich naturgemäß dasselbe.

7 Anlagen.



28544

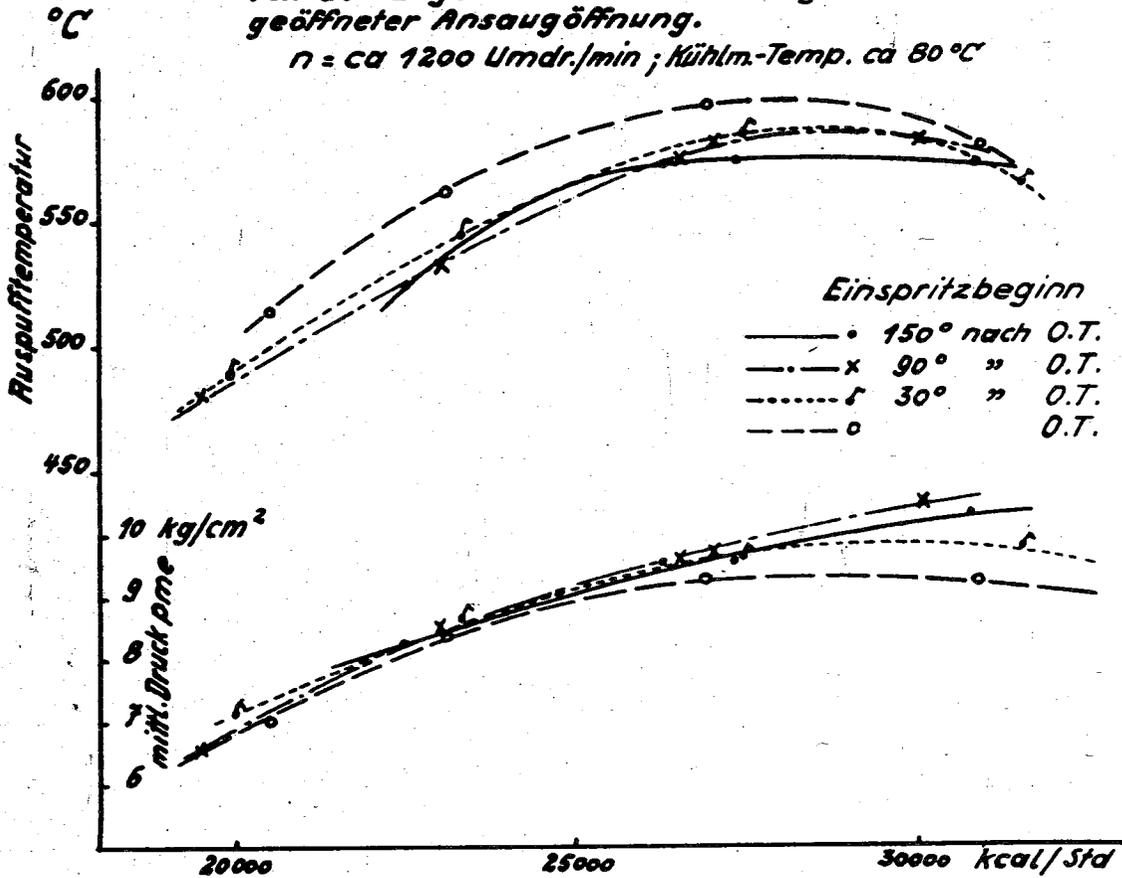


Einspritzbetrieb mit Methanol

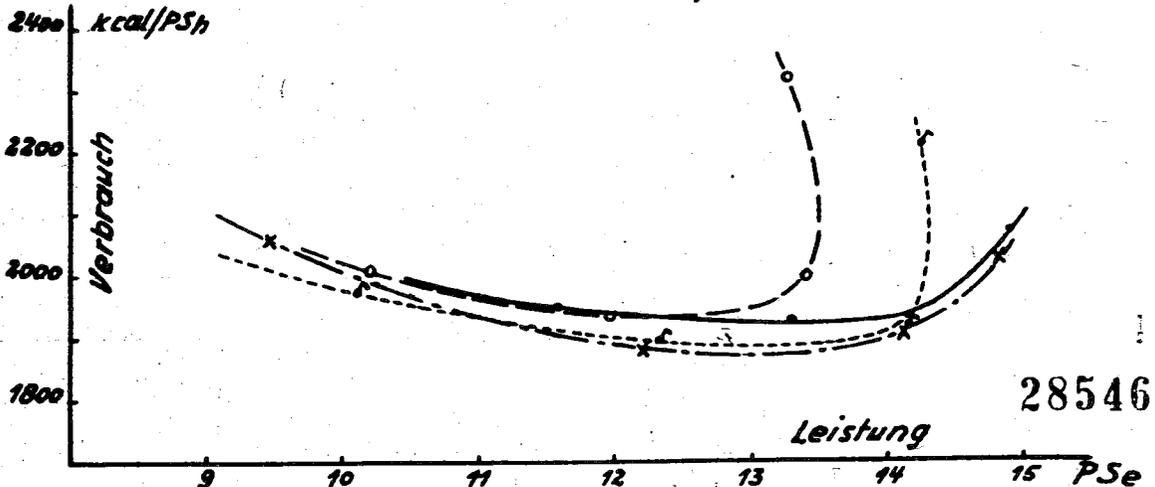
Verdichtung 1:9,7

Mittlerer Druck u. Auspufftemperatur abhängig von der zugeführten Wärmemenge bei vollgeöffneter Ansaugöffnung.

$n = \text{ca } 1200 \text{ Umdr./min}$ ; Kühlm.-Temp. ca  $80^\circ\text{C}$



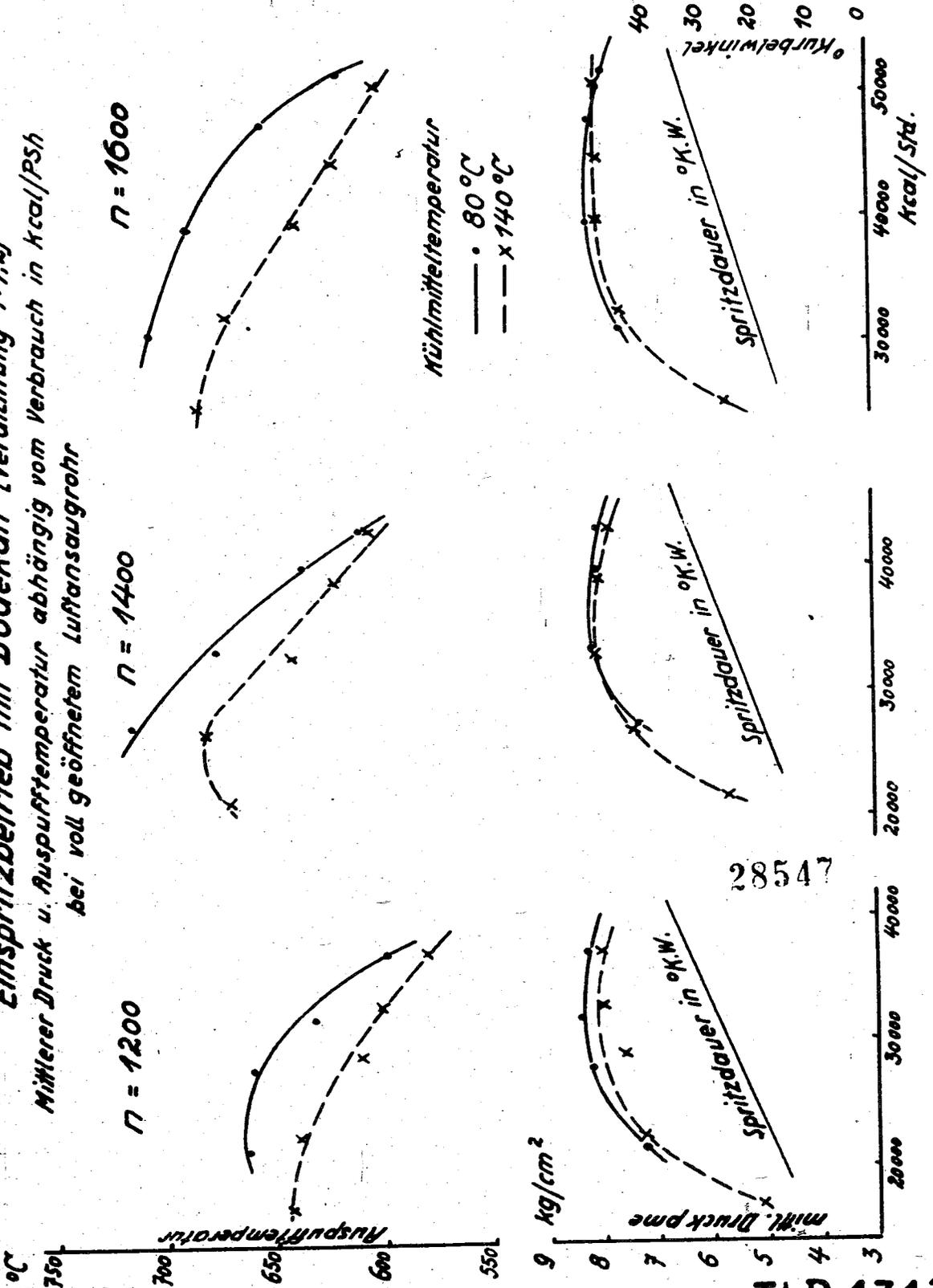
Verbrauch in kcal/PS<sub>h</sub>



28546

**Einspritzbetrieb mit Dodekan [Verdichtung 1:3,2]**

Mittlerer Druck u. Auspufftemperatur abhängig vom Verbrauch in kcal/PSH  
bei voll geöffnetem Luftansaugrohr

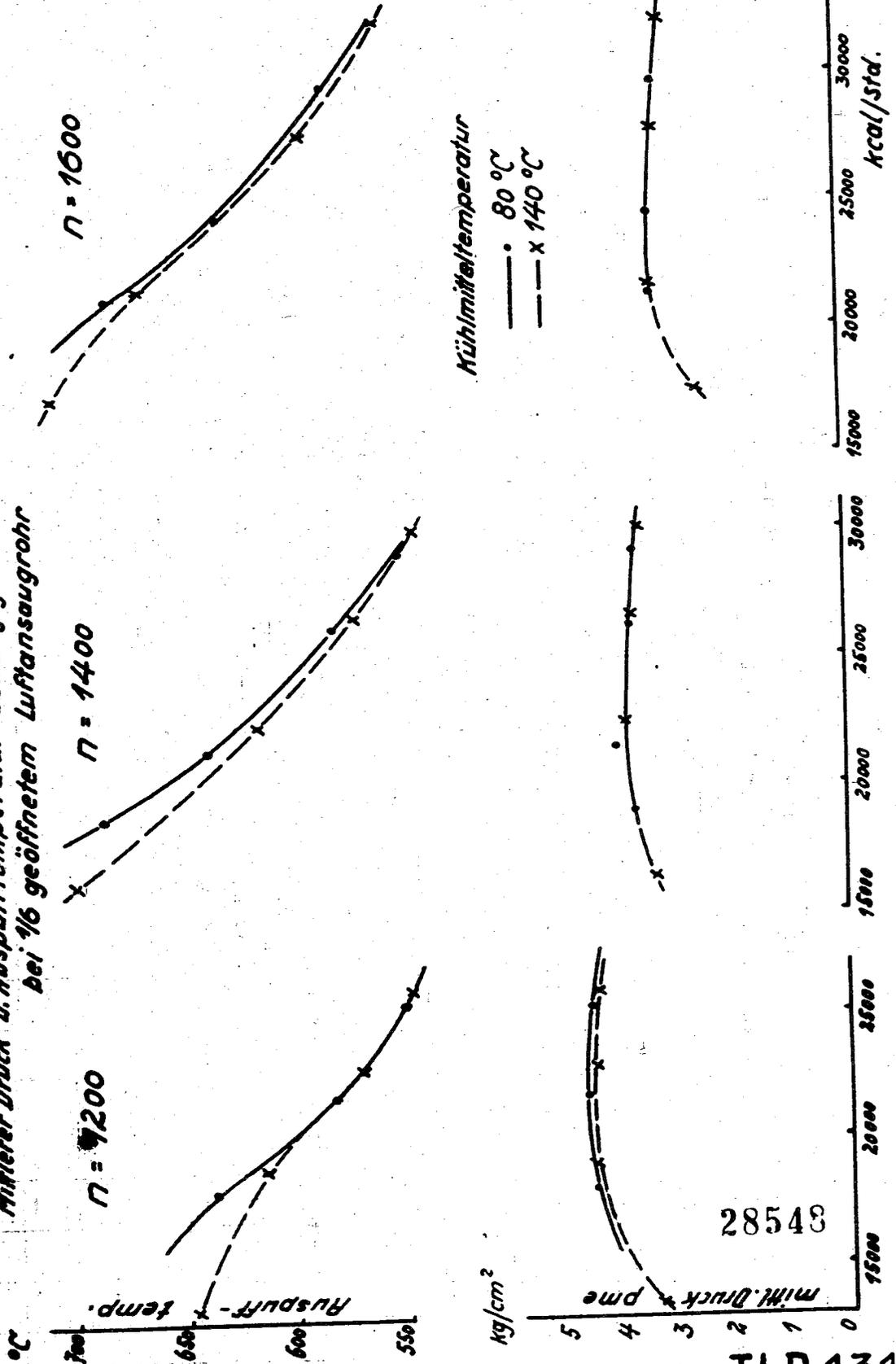


28547

T.A./V.

Techn. Prüfstand Op. 200  
Blatt Nr. 5

Einspritzbetrieb mit Dodekan [Verdichtung 1:7,2]  
Mittlerer Druck u. Auspufftemperatur abhängig vom Verbrauch in kcal/PSh  
bei 1/6 geöffnetem Luftansaugrohr



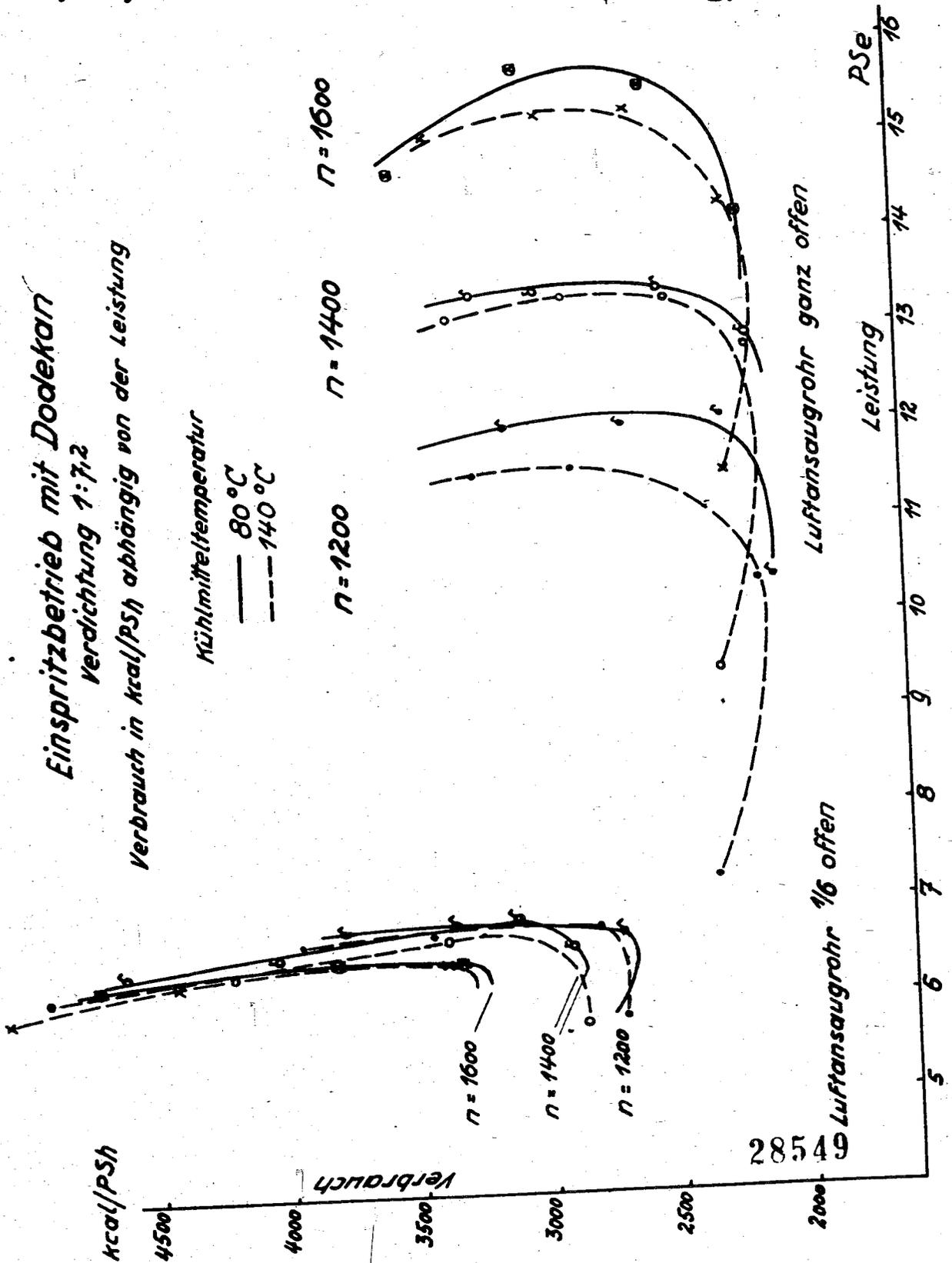
**Einspritzbetrieb mit Dodekan**

Verdichtung 1:7:2

Verbrauch in kcal/PS<sub>h</sub> abhängig von der Leistung

Kühlmitteltemperatur

— 80 °C  
- - - 140 °C



Vergaserbetrieb mit Benzol

Verdichtung 1:7,2

Mittlerer Druck u. Auspufftemperatur abhängig von der zugeführten Wärmemenge

Kühlm.-Temp. ca 80°C

