

A 74

**Bericht Nr. 541**

## **Anwendung einer Vorkammer beim Ringverfahren**

9024



# Bericht des Technischen Prüfstandes Oppau

**Nr. 541**

### Anwendung einer Vorkammer beim Ringverfahren

Übersicht: Es wurden am DB 6001-Zylinder mit einer Vorkammer von Hirth, verschiedenen Verkammern eigener Fertigung und der Vorkammer eines BMW-Dieselmotors Versuche zur Verbesserung des Klopfverhaltens beim Ringverfahren durchgeführt. Mit einer Ausführung der selbst angefertigten Vorkammern wurde eine allgemeine Erhöhung der Klopfgränze um 1 bis 1,5 Pme erzielt, während im Selbstansaugetrieb gleiche Höchstatlast wie beim Otto-Verfahren und beim Ringverfahren mit direkter Einspritzung erreicht wird. Im allgemeinen zeigte sich, daß die Vorkammer nur in ganz magerem Gebiet ihre eigentliche Aufgabe richtig erfüllt, während bei Verfettung die Vorverbrennung in der Kammer infolge Sauerstoffmangels schlecht ist. Dadurch wird zur Erreichung der jeweiligen Bestleistung die Vorverlegung des  $\alpha$ -Einspritzwinkels notwendig. Mit früherer Einspritzung wird das Klopfverhalten schlechter. Trotzdem scheint nach den Ergebnissen der Klopfversuche diese Art der Zündung besser zu sein als der direkte Strahl. Weitere Versuche müssen klären, ob durch geeignete Änderungen auch die Leistungen in ganz fettem und magerem Gebiet, wo die Leistung der direkten Einspritzung bis jetzt nur von der Hirth-Vorkammer erreicht wurde, verbessert werden können.

Abgeschlossen am: 15.5.43 d.  
Bearbeiter: Dipl.-Ing. Weib  
Die vorliegende Ausfertigung enthält:  
7 Textblätter  
10 Bildblätter  
1 Anhang

## Verteller

| Nr. | am | Empfänger | Nr. | am | Empfänger |
|-----|----|-----------|-----|----|-----------|
|     |    |           |     |    | 9025      |

Anwendung einer Vorkammer beim Ringverfahren

Zweck der Versuche:

Beim Vorkammer-Verfahren des Dieselmotors ist ein Teil des Verbrennungsraumes (etwa 20 bis 25%) durch eine Verengung vom Hauptbrennraum abgeschieden. Von dem dort eingespritzten Kraftstoff verbrennt ein kleiner Teil und der entstehende Überdruck bläst unter stark verstäubender und wirbelnder Wirkung das aufbereitete Gemisch durch die eingeschnürte Stelle in den Hauptbrennraum hinüber. In den vorliegenden Versuchen sollte geklärt werden, ob beim Ringverfahren durch eine ähnliche Aufbereitung des brennenden R-Stoffes getrieben vom Otto-Kraftstoff eine Verbesserung insbesondere der Klopfeligenschaften gegenüber dem Otto-Betrieb und der direkten R-Stoff-Einspritzung eintritt.

Durchführung der Versuche:

Es wurde zunächst eine Vorkammer von Hirth (Blatt 3) verwendet die sich bei den tigen Versuchen mit pumpenloser R-Stoff-Einspritzung als brauchbar erwiesen hatte (Bericht Hirth Nr. E-200-147 vom 30.7.41). Sodann wurden Vorkammern verschiedener Form mit 8 bis 10 cm Inn. hergestellt, von denen einige auf Blatt 2 mit Einbauvorrichtung aufgezeichnet sind. Die äußeren Abmessungen dieser Einsätze waren durch den verfügbaren Platz in der Zylinderbohrung vorgeschrieben; sie wurden in die Haltevorrichtung mit 0,3 mm Spiel eingesetzt, so daß die Wärmeabstrahlung nach außen unterbrochen war. Die Temperatur der Hirth Vorkammer wurde außen an der Wand (Blatt 1), die Wandtemperatur der am Prüfstand hergestellten Vorkammer Einsätze mit einem eingetauchten Thermoelement nach Blatt 2 gemessen. Die Regelung der Vorkammertemperatur erfolgte durch Anblasen mit Preßluft.

Die Indizierung der Hirth Vorkammer war aus Gründen des konstruktiven Aufbaus nicht möglich. Bei der selbst angefertigten Kammer erfolgte die Druckentnahme zur Quarzdose durch eine seitliche Bohrung mit einer kurzen Leitung. Die Veranlagung der Druckanzeige durch die Leitung konnte in Kauf genommen werden, da es sich nur darum handelte festzustellen, ob in der Vorkammer überhaupt Verbrennungen stattfanden.

Die Versuche wurden am 10-Versuchsmotor, versehen mit einem DB 6001 Zylinder durchgeführt, wobei die Vorkammer mit der Haltevorrichtung in eine waagrechte Bohrung des Zylinders nach Blatt 3 eingeschraubt war. Der verwendete DB-Zylinder der Baureihe A hatte folgende Steuerzeiten:

E.o. 25° v.o.o.T.

A.o. 53° v.o.o.T.

E.o. 70° a.u.o.T.

A.o. 34° a.o.o.T.

Überschneidung 59°

Verdichtung 1:8 (ohne Vorkammer)

Kraftstoff: M4 mit Ausnahme der Versuche auf Blatt 5, wo 3 I verwendet wurde.

Kraftstoffpumpe: Bosch PZ 1/110V 635A, Nocken.

Kraftstoffdüse: Serienmäßige L'Orange 6-Strahlänge Nr. 9 - 215/H

R-Stoff-Pumpe: Bosch PE 1B 60C 100 V.

R-Stoff-Düsen: Bosch DV 2312/1, TP-Düsen 0,3 ø 30° schräg (siehe Blatt 2)

Drehzahl: 3000/Min.

Ladelufttemperatur: 80°C.

### Versuchsergebnisse:

#### 1. Hirth-Vorkammer

Die R-Stoffdüse war hier nach Bild 1 in die schräge Bohrung des Kammerdeckels so eingeschraubt, daß sie gegen die Wand der Vorkammer spritzte. Diese Einbauart hatte bei den Versuchen von Hirth die günstigsten Ergebnisse geliefert. Wie auf Blatt 5 dargestellt ergibt der Versuch, daß die Vorkammer (Bezeichnung der Kurve: Vorkammer-Temperatur veränderlich) im Selbstansaugetrieb etwa dieselbe Höchstleistung wie der Otto-Betrieb und der R-Stoff-Betrieb bei direkter Einspritzung erreicht, im mageren Gebiet jedoch die Leistung früher als bei direkter Einspritzung abfällt. Dabei war der Kühlluftstrom über den ganzen Bereich konstant eingestellt, so daß die Vorkammertemperatur von 280°C mit zunehmendem  $\lambda$  auf 220°C abfiel. In einem weiteren Versuch wurde die Kühlung der Vorkammer nun so geregelt, daß ihre Temperatur sich zwischen 320° und 350°C bewegte. Es ergab sich dabei eine um 0,5p<sub>sp</sub> schlechtere Höchstleistung, jedoch im mageren Bereich eine Annäherung an die Leistung der direkten Einspritzung. In allen folgenden Versuchen wurde daher die Vorkammertemperatur zwischen 280° und 300° geregelt, wobei bemerkt werden soll, daß auch im ganz mageren Gebiet die Kühlluft nie ganz abgestellt zu werden brauchte. Bemerkenswert ist, daß mit der Hirth-Vorkammer im fetten Gebiet der Leistungsabfall später eintritt als bei direkter Einspritzung, und zwar je wärmer die Vorkammer, desto später der Leistungsabfall. Dies ist auch bei den Klopfversuchen der Fall (siehe Blatt 6). Dieses Verhalten der Hirth-Vorkammer scheint auf der Bauart der Kammer zu beruhen, da es bei den später untersuchten Vorkammern nicht mehr auftrat.

Die benötigte R-Stoffmenge beträgt mit 10 cm³/Hub für jeweilige Bestleistung über den ganzen Bereich etwa die Hälfte der Menge bei direkter Einspritzung. Es ist jedoch, besonders im fetten Gebiet, auch mit wesentlich geringeren Mengen (4-5 cm³/Hub) ein einwandfreier Betrieb möglich. Während bei direkter Einspritzung der Voreinspritzwinkel bei 70 bis 80° liegt, war bei Vorkammerbetrieb

eine Vorverlegung der R-Stoff Einspritzung auf mindestens  $100^\circ$  KW notwendig, ohne daß bei noch früherer Einspritzung bis  $200^\circ$  KW v.o.T. eine Leistungsverminderung eingetreten wäre. Diese Tatsache ist überraschend, da beim Dieselmotor mit Vorkammer keine wesentliche Vergrößerung des Zündverzuges gegenüber der direkten Einspritzung eintritt. Die Erklärung hierfür ergibt sich, wie weiter unten beschrieben, aus dem Verbrennungsverlauf.

Auf Blatt 6, Bild 1 und 2 sind die mit der Hirth-Vorkammer erhaltenen Klopfgrenzkurven für B4 über dem Verbrennungsdruck  $\lambda$  aufgetragen. Man sieht, daß die Vorkammer sowohl wie direkte Einspritzung in magerem Gebiet unter und im fetten Gebiet über der Otto-Leistung liegen. Wie schon vorher bemerkt, kann jedoch mit der Vorkammer wesentlich mehr vorfettet werden, so daß bei einem  $\lambda = 0,7$  (Maximum der Otto-Kurve) eine Verbesserung von ungefähr  $1,2 p_{\text{eff}}$  (Blatt 6, Bild 2) eintritt. In Bild 1 tritt der gleiche Wert bei einem Verbrauch von  $260 \text{ g/PS h}$  auf.

### 2. Vorkammer eigener Herstellung

Um den Einfluß von Inhalt und Gestalt der Kammer aufzuzeigen, wurden verschiedene Ausführungen untersucht. Die auf Blatt 2 dargestellten Vorkammerentwürfe schwanken im Inhalt zwischen 6 und 10 cm<sup>3</sup>, der Durchmesser an der engsten Stelle zwischen 4 und 8 mm. Es wurden verschiedene R-Stoffdrücken eingesetzt — geradeaus- und schrägspritzende, Loch- und Zapfendüsen —, die jedoch keine wesentlichen Unterschiede in ihren Verhältnissen zeigten. Die beste Leistung wird wie bei der Hirth-Vorkammer mit einer Einspritzmenge von 10 cm<sup>3</sup>/Hub und einem Vorstellwinkel zwischen  $100^\circ$  und  $200^\circ$  v.o.T. erhalten. Die mit diesen Vorkammern erhaltenen Klopfgrenzkurven sind auf Blatt 7 aufgetragen und ergeben für die Ausführung 1 - 4 ähnliche Klopfgrenzkurven wie die Hirth-Vorkammer, im Vergleich mit dem Betrieb schlechterer Klopfleistung bei Luftdruckverhältnis  $\lambda = 1$  im fetten Gebiet (Leistung im fetten Gebiet ( $\lambda = 0,7$ )). Die durch die Anordnung (Nr. 5) mit der engsten Stelle am Vorkammerausgang ist offenbar ungeeignet, wie aus Bl. 7, Bild 3 hervorgeht.

Höhere Klopfleistung als der Otto-Motor auch im mageren Gebiet ergibt die Ausführung 5 (Bild 2, Blatt 7), bei welcher eine mehrfach zusammenbohrte Zylinderplatte eingeschrumpft war, welche die Vorkammer in 2 Räume unterteilt. Hier liegt die Klopfgrenze allgemein um etwa  $1 p_{\text{eff}}$  bei  $\lambda = 0,7$  (Otto-Maximum) sogar um  $1,4 p_{\text{eff}}$  höher als der Otto-Betrieb. Bei einer Verbrunnungskurve ohne Überlappung wurde mit dem Vorkammerentwurf 5 gleiche Leistung wie bei direkter Einspritzung und Otto-Betrieb erreicht (Blatt 8), es tritt jedoch im fetten und im mageren Gebiet ein etwas früherer Leistungsabfall ein.

Die günstigste R-Stoffmenge beträgt hier wieder 10 cm/Hub. Wird sie auf 20 cm/Hub vergrößert, (Blatt 6, Bild 2), so verschlechtert sich das Klopfverhalten und die Klopfgrenze wird auf das Minimum der Otto-Kurve in mageren Bereich herabgedrückt.

### 3. Vorgänge in der Vorkammer:

Der anomal frühe Einspritzzeitpunkt bei der Vorkammer gab Veranlassung, die Verbrennungsvorgänge im Indikatordiagramm aufzunehmen. Auf Blatt 9 sind für die Vorkammer 5, die sich am günstigsten erwiesen hatte, mehrere Druck-Kurbelwinkeldiagramme der Vorkammer bei verschiedenen Luftüberschuß aufgetragen. Das Diagramm ist von links nach rechts zu lesen und zeigt zunächst die Verbrennung in der Vorkammer, sodann den Druckverlauf im Hauptbrennraum der sich mit geringer Verzögerung der Vorkammer mitteilt. Man sieht daß in ganz magerem Gebiet ( $\lambda = 2$ ) ein plötzlicher Druckanstieg in der Vorkammer einsetzt und der Hochdruck in der Vorkammer den des Hauptbrennraums übersteigt. Je mehr am Kraftstoff eingespritzt wird, desto weiter schiebt sich sowohl auf den Bestwert eingestellte Einspritzzeitpunkt vor (von  $100^\circ$  v. d. T. bei  $\lambda = 2$  auf  $130^\circ$  bei  $\lambda = 1$ ). Der Druckanstieg in der Vorkammer wird immer flacher bis bei einem  $\lambda = 0,9$  nur noch eine sehr geringe Druckänderung in der Vorkammer festgestellt ist. Dabei ist freilich der Druck im Hauptbrennraum infolge Gemischverschlechterung gesunken. Offenbar findet dann infolge Sauerstoffmangels nur noch eine sehr schwache Verbrennung in der Vorkammer statt, wodurch die Entzündung der Ladung verzögert und die Vorverlegung des Einspritzzeitpunktes notwendig wird.

Ein kurzer Versuch, durch Vorgeben einiger Bohrungen der Hauptkraftstoffdüse in der Nähe der Vorkammer mögliches neues Gemisch herzustellen, führte nicht zum Erfolg, doch konnte die Erreichung geschichteter Ladung eine vollkommenere Arbeitsweise der Vorkammer zur Folge haben. Immerhin zeigen die Klopfgrenzkurven, daß diese Zündung trotzdem besser ist als der direkte Strahl, da offenbar die Aufbereitung des R-Stoffes in der heißen Vorkammer schon eine gleichmäßigere Verbrennung im Hauptbrennraum zur Folge hat.

### 4. Versuche an Dieselmotor

Da von der bekannten Verbrennungsvorgänge in der Dieselvorkammer abweichenden Vorgänge geben Veranlassung vergleichende Versuche an Dieselmotor mit der für diesen entwickelten Vorkammer durchzuführen. Um die Verhältnisse bei Benzingebe zu untersuchen, wurde an Saugrohr eines stationären 1 Ltr. - Dieselmotors (Bauart MWM, KD 15) ein Vorgaser befestigt, so daß während des Betriebes Otto-Gemisch angesaugt werden konnte. Der Motor ist serienmäßig mit einer Vorkammer

von ungefähr  $23 \text{ cm}^3$  Inhalt ausgerüstet. Diese ist, wie auf Blatt 4 aufgezeichnet, senkrecht so im Zylinderkopf eingebaut, daß sie an der Seite des Brennraumes sitzt. Durch 2 Bohrungen von 3 mm Durchmesser gelangt der brennende Kraftstoffstrahl von der Vorkammer in den Hauptbrennraum. In die seitlich angebrachte Bohrung, welche beim Anlassen zur Aufnahme des Zündpapiers dient, war die Quarzdose, bzw. bei Temperaturmessung ein Thermoelement eingeschraubt, womit die mittlere Gastemperatur in der Vorkammer gemessen wurde. Es wurde nun zunächst bei reinem Dieselmotorbetrieb, also ohne Benzinsugabe indiziert und zwischen B-Stoff und Gasöl als Treibstoff kein wesentlicher Unterschied im Diagramm festgestellt. Diagramm 1 auf Blatt 9 zeigt den reinen Dieselmotorbetrieb (Vorkammer und Hauptbrennraumdiagramm sind hier übereinander gezeichnet). Etwa  $20^\circ$  v.o.T., also  $6^\circ$  nach Einspritzbeginn erfolgte die Zündung und ein plötzlicher Druckanstieg in der Vorkammer, der in Schwingungen abklingt bis sich der Verbrennungsdruck im Brennraum der Vorkammer mit etwa  $5^\circ$  Versögerung mitgeteilt hat. Wird nun gleichzeitig Otto-Gemisch angesaugt (Diagramm k - m) so tritt hier dasselbe ein, wie bei den vorigen Versuchen am Flugmotor: Der in der Vorkammer auftretende Verbrennungsdruck wird zunehmender Verfettung des Gemisches immer geringer, da die Verbrennung infolge Sauerstoffmangel schwächer wird. Wenn trotzdem die Temperatur in der Vorkammer mit der Benzinsugabe steigt, so ist dies auf die wachsende Belastung des Motors zurückzuführen. (Die Temperatur bei Dieselmotorbetrieb, Diagramm 1, kann nicht mit dem folgenden verglichen werden, da hier die Verdichtung von  $\epsilon = 16$  auf  $\epsilon = 8$  gemindert wurde, um nach Möglichkeit gleiche Verhältnisse wie am Otto-Motor herzustellen). Die Voreinspritzung war bei den verschiedenen Zuständen, wie beim Dieselmotorbetrieb unveränderlich auf  $28^\circ$  v.o.T. eingestellt.

Die auch hier mit Benzinsugabe schwächer werdende Verbrennung in der Vorkammer des Dieselmotors zeigt, daß dieses Verhalten keine Eigenart unserer versuchsmäßig hergestellten Vorkammer ist. Trotzdem wurde, um mögliche bauliche Fehler der selbst hergestellten Vorkammern auszuschalten, die Originalkammer des Dieselmotors in den Flugmotorsylinder eingebaut, wobei darauf geachtet wurde, daß die Abmessungen die gleichen wie am Dieselmotor Mähgen (Blatt 4, Bild 2).

Bei den auf Blatt 10 dargestellten Aufnahmen, des <sup>in</sup> Verbrennungsverlaufs der HNH-Vorkammer im Flugmotor, wurden der Druck in der Vorkammer und im Hauptbrennraum gleichzeitig mit 2 Quarzdosen verschiedener Richtung gemessen, so daß die beiden Drücke in unterschiedlichem Maßstab aufgetragen sind. In Wirklichkeit sind beide Druckmaxima praktisch gleich. Es zeigte sich bei den Versuchen, die mit drei Voreinspritzwinkeln  $70^\circ$ ,  $120^\circ$  und  $180^\circ$  durchgeführt wurden, daß mit dieser Vorkammer mit dem normalen Voreinspritzwinkel von  $70^\circ$  v.o.T. ein aussetzsfreier Betrieb

möglich ist, wobei eine starke Vorverbrennung in der Vorkammer stattfindet (Blatt 10 rechte Spalte). Eine Voreinspritzung der R-Stoff-Einspritzung auf  $120^\circ$  (mittlere Spalte) und  $180^\circ$  (linke Spalte) ergibt, wie bei den früheren Versuchen, bessere Leistung (höherer Druck im Hauptbrennraum bei gleichem  $\lambda$ ), hat jedoch zur Folge, daß der Druckanstieg zwar etwa  $10^\circ$  früher als bei der späten Einspritzung erfolgt, dafür aber wesentlich schwächer ist. Es scheint, daß durch die frühe Einspritzung bereits ein Teil des R-Stoffes in den Hauptbrennraum gelangt ist, bevor die Zündung in der Kammer eintritt.

Vergleicht man die Leistungen an der Klopfgrenze, (Blatt 11, Bild 1) bei den verschiedenen Einspritzzeitpunkten ( $180^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $170^\circ$  v.o.T.) so liegt mit späterer Einspritzung die Klopfgrenze höher, d.h. die stärkere Vorverbrennung in der Kammer verbessert die Klopf Eigenschaften. Die Otto-Kurve wird jedoch von der Dieselvorkammer nur im fetten Gebiet überschritten. Im Vergleich der Leistungskurven bei Normaldruck schneidet jedoch die späte Einspritzung schlechter ab (Blatt 11, Bild 2). Im mageren Gebiet sinkt die Leistung mit abnehmendem Voreinspritzwinkel ab. Bei  $70^\circ$  v.o.T. treten schon bei  $\lambda = 1$  Aussatzer auf, ohne daß die Höchstlast des Otto-Motors erreicht wird. Desgleichen wird bei  $120^\circ$  die Grenze bei  $\lambda = 0,9$  und bei  $180^\circ$  bei  $\lambda = 0,8$  erreicht. Zur Erreichung der Höchstleistung ist also, wie auch aus den Diagrammen aus Blatt 10 hervorgeht, eine frühe R-Stoffeinspritzung notwendig. Die mit der Vorkammer des Dieselmotors durchgeführten Versuche ergeben also gegenüber den versuchsmäßig hergestellten Vorkammern keine Verbesserung des Klopfverhaltens.

90281

### Zu Blatt 5

Hauptkraftstoffe:  $C_1$ , Einspritzbeginn  $30^\circ$  n.o.T., Düse L'Orange 6-Strahl  
Ladeluft:  $80^\circ C$ , 760 mm Hg  
R-Stoffe:  
1. Direkte Einspritzung:  $20 \text{ mm}^3/\text{Hub}$ , Einspritzbeginn  $80^\circ$  v.o.T.  
Düse: Bosch 0,3  $\phi$  x 1  
2. Hirth-Vorkammer:  $10 \text{ mm}^3/\text{Hub}$ , Einspritzbeginn  $120^\circ$  v.o.T.  
Düse: Bosch 0,3  $\phi$  x 1  
Otto-Versuche: Zündung  $38^\circ$  v.o.T.

### Zu Blatt 6

Hauptkraftstoffe:  $B_4$ , Einspritzbeginn  $30^\circ$  n.o.T., Düse L'Orange 6-Strahl  
Ladeluft:  $80^\circ C$ , Druck veränderlich  
R-Stoffe:  
1. Direkte Einspritzung:  $20 \text{ mm}^3/\text{Hub}$ , Einspritzbeginn  $80^\circ$  v.o.T.  
Düse: Bosch 0,3  $\phi$  x 1  
2. Hirth-Vorkammer:  $10 \text{ mm}^3/\text{Hub}$ , Einspritzbeginn  $120^\circ$  v.o.T.  
Düse: Bosch 0,3  $\phi$  x 1  
Otto-Versuchs: Zündung  $38^\circ$  v.o.T.

### Zu Blatt 7

Hauptkraftstoffe:  $B_4$ , Einspritzbeginn  $30^\circ$  n.o.T., Düse L'Orange 6-Strahl  
Ladeluft:  $80^\circ C$ , Druck veränderlich  
R-Stoffe:  
1. Direkte Einspritzung:  $20 \text{ mm}^3/\text{Hub}$ , Einspritzbeginn  $80^\circ$  v.o.T.  
Düse: Bosch 0,3  $\phi$  x 1  
2. Vorkammerversuch mit Einsätzen eigener Anfertigung:  
 $20$  bzw.  $10 \text{ mm}^3/\text{Hub}$ , Einspritzbeginn  $200^\circ$  v.o.T.  
Düse: eigene Anfertigung TP 0,3,  $30^\circ$   
Otto-Versuchs: Zündung  $38^\circ$  v.o.T.

### Zu Blatt 8

Hauptkraftstoffe:  $B_4$ , Einspritzbeginn  $30^\circ$  n.o.T., Düse L'Orange 6-Strahl  
Ladeluft:  $80^\circ C$ , 760 mm Hg  
R-Stoffe:  
1. Direkte Einspritzung:  $20 \text{ mm}^3/\text{Hub}$ , Einspritzbeginn  $80^\circ$  v.o.T.  
Düse: Bosch 0,3  $\phi$  x 1  
2. Vorkammer Nr. 5  
 $10 \text{ mm}^3/\text{Hub}$ , Einspritzbeginn  $200^\circ$  v.o.T.  
Düse: TP 0,3,  $30^\circ$   
Otto-Versuchs: Zündung  $38^\circ$  v.o.T.

Zu Blatt 9

**Linke Seite:** CCM-Motor DB 6001, Zylinder, Diagramm a - h  
**Hauptkraftstoff:** B4, Einspritzbeginn  $30^{\circ}$  n.o.T., Düse L'Orange 6-Strahl  
**Ladeluft:**  $80^{\circ}\text{C}$ , 760 mm Hg  
**R-Stoff:** Vorkammer Nr. 5  
 $10 \text{ mm}^3/\text{Hub}$ , Einspritzbeginn  $100^{\circ}, 130^{\circ}, 180^{\circ}$  v.o.T.  
 Düse: TP 0,3,  $30^{\circ}$   
**Rechte Seite:** MWM-Diesel (KD 15), Diagramm i - m  
 B4-Zugabe mittels Vergaser (B4)  
**Ansaugluft:** Raumtemperatur, Atmosphärendruck  
**R-Stoff:** Eingespritzt in serienmäßige Vorkammer  
 $11 \text{ mm}^3/\text{Hub}$ , Einspritzbeginn  $28^{\circ}$  v.o.T.

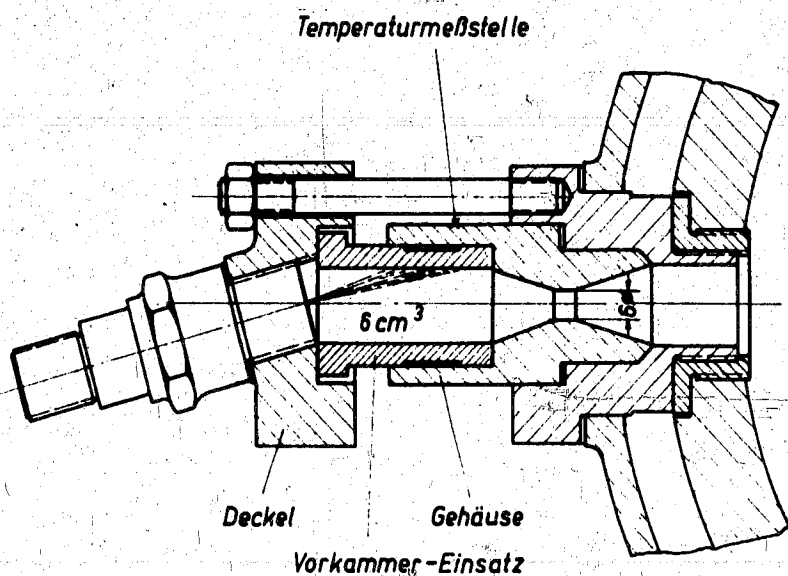
Zu Blatt 10

**Hauptkraftstoff:** B4, Einspritzbeginn  $30^{\circ}$  n.o.T., Düse: L'Orange 6-Strahl  
**Ladeluft:**  $80^{\circ}$ , 760 mm Hg  
**R-Stoff:** MWM-Vorkammer  $10 \text{ mm}^3/\text{Hub}$ , Einspritzbeginn:  
 $180^{\circ}$  v.o.T. (Diagramm a - c)  
 $120^{\circ}$  v.o.T. (Diagramm f - h)  
 $70^{\circ}$  v.o.T. (Diagramm l - p)  
 Düse: Bosch 0,3  $\phi$  x 1

Zu Blatt 11

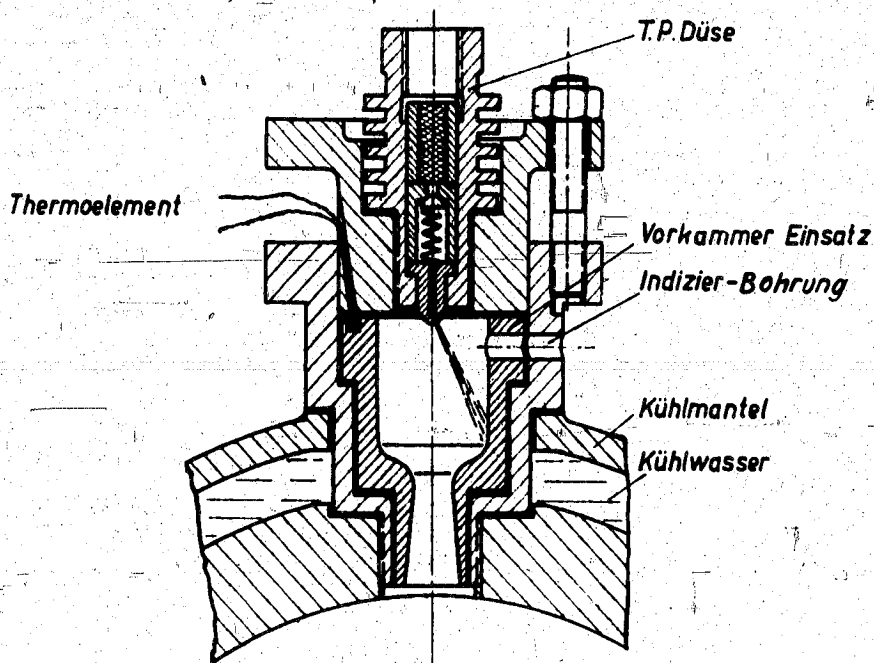
**Hauptkraftstoff:** B4, Einspritzbeginn  $30^{\circ}$  n.o.T., Düse: L'Orange 6-Strahl  
**Ladeluft:**  $80^{\circ}$ , 760 mm Hg  
**R-Stoff:** MWM-Vorkammer  $10 \text{ mm}^3/\text{Hub}$ , Einspritzbeginn:  
 $180^{\circ}$  v.o.T.  
 $120^{\circ}$  v.o.T.  
 $70^{\circ}$  v.o.T.  
 Düse: Bosch 0,3  $\phi$  x 1  
**Otto-Versuch:** Zündung  $38^{\circ}$  v.o.T.

## Einbau des Halters für die Hirth-Vorkammer in den DB 6001 Zylinder

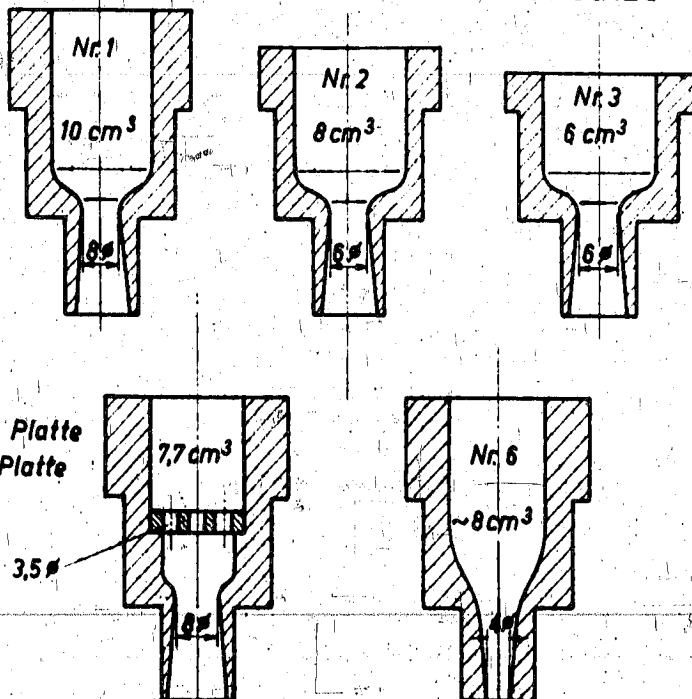


9031

# Einbau des Halters für die Vorkammer in den DB 6001 Zylinder

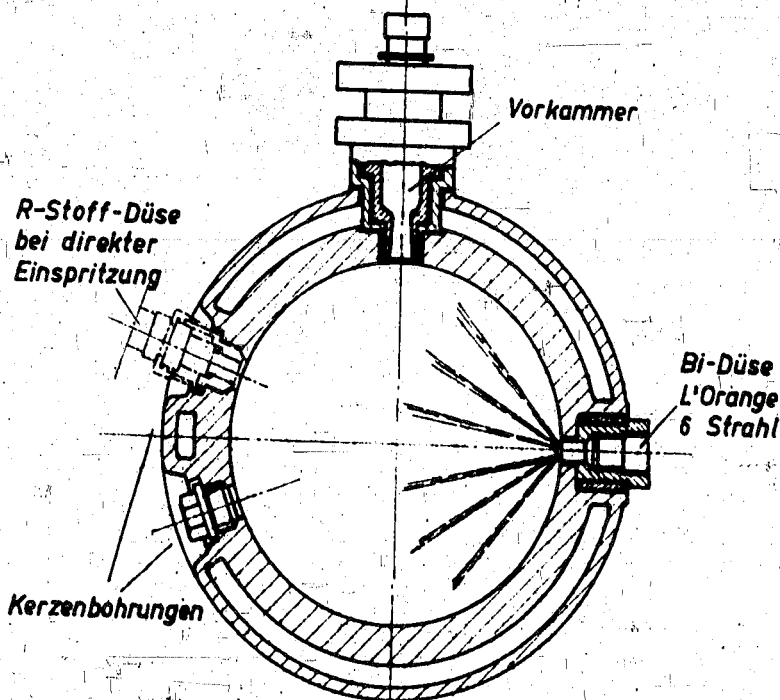
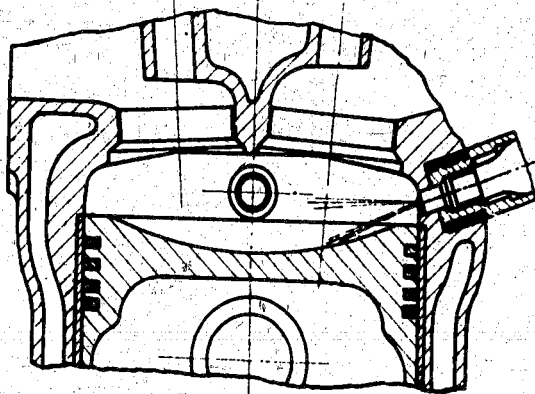


## Verschiedene Vorkammer-Einsätze



9032

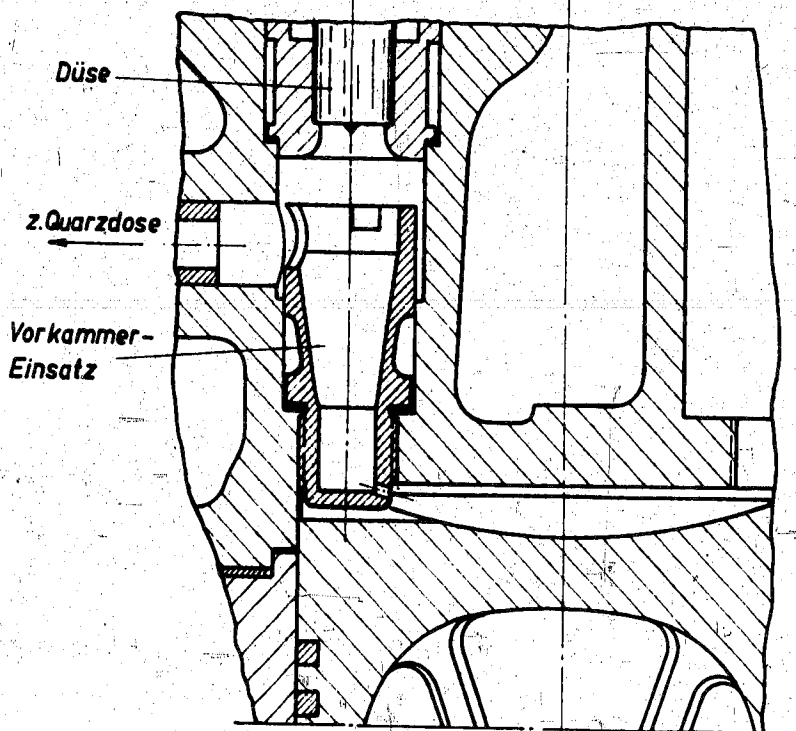
# Einbau der Vorkammer in den DB 6001 Zylinder



9033

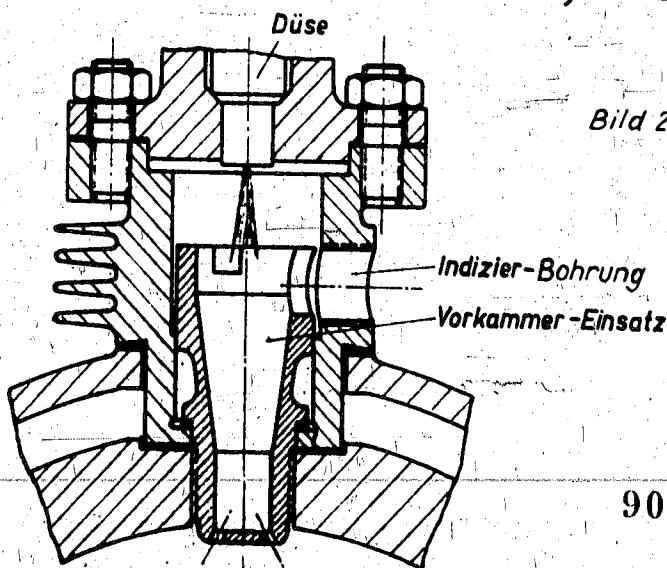
# Einbau der MWM-Vorkammer in den Dieselmotor KD 15

Bild 1



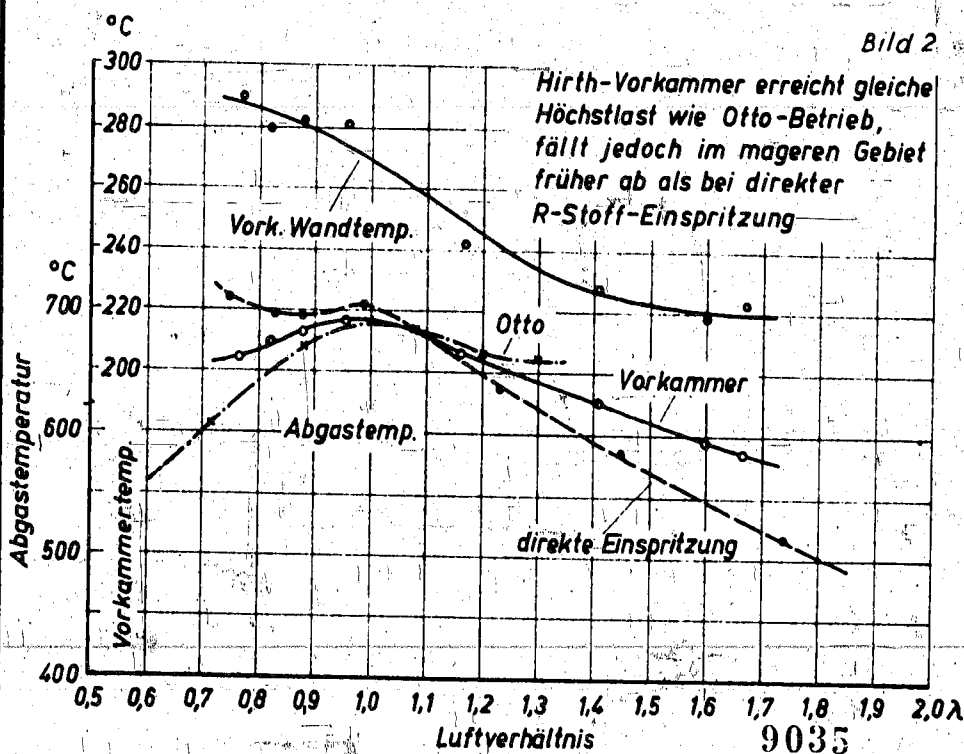
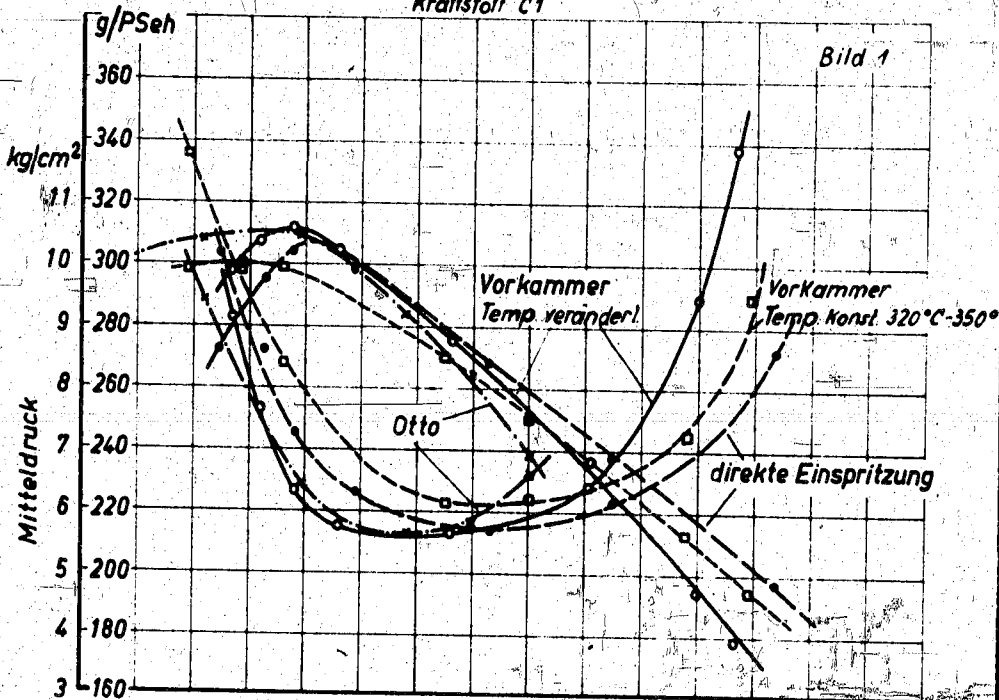
## Einbau der Vorkammer in den DB 6001 Zylinder

Bild 2

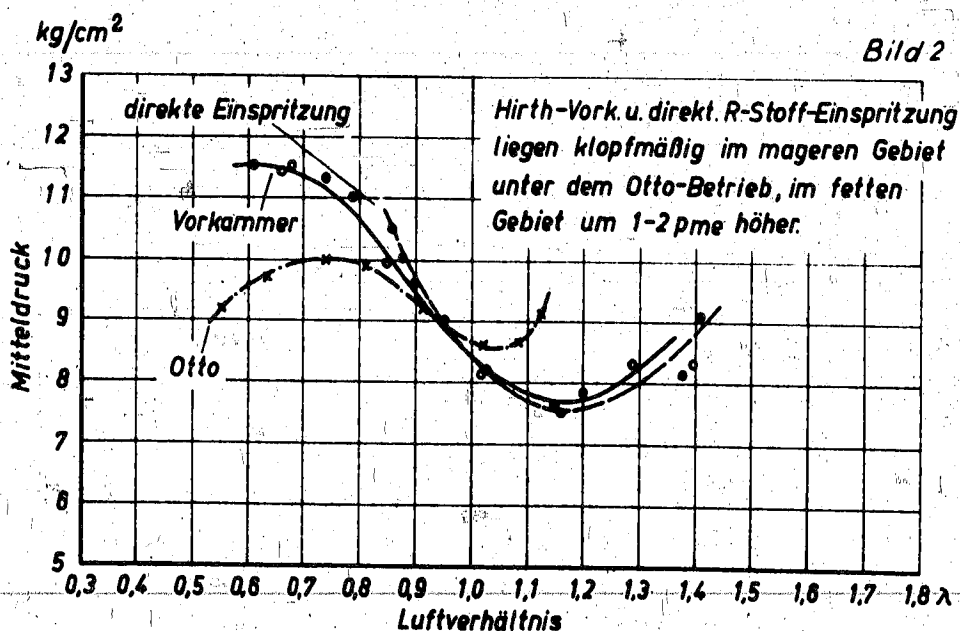
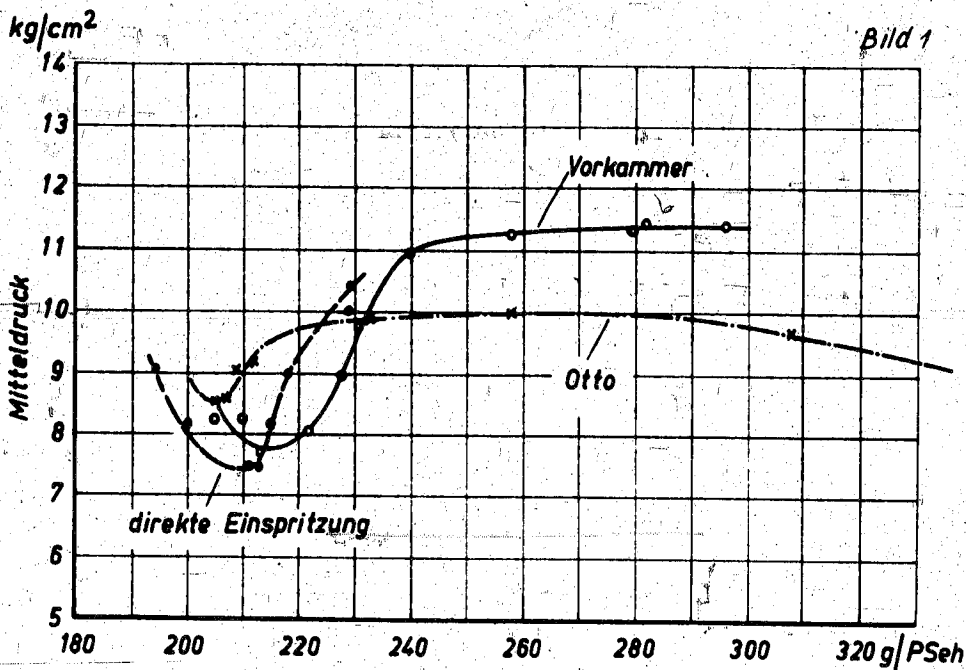


9034

# Hirth-Vorkammer im Vergl. zu Otto-Betrieb u. direkt. R-Stoff-Einspritzung Kraftstoff C1



Klopfgrenzkurven mit Hirth-Vorkammer  
im Vergl. zu Otto-Betrieb u. direkt. R-Stoff-Einspritzung  
Kraftstoff B 4



9036

# Klopfgrenzkurven mit Vorkammern eigener Anfertigung

Kraftstoff B 4

Bild 1

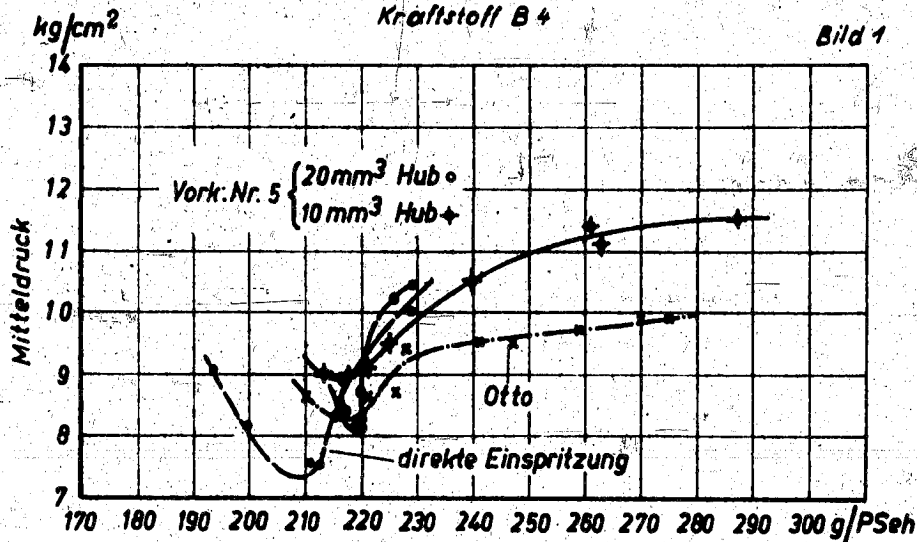


Bild 2

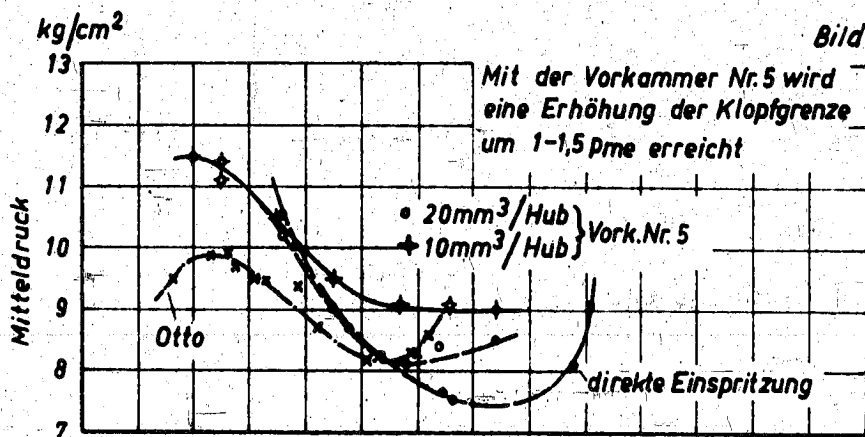
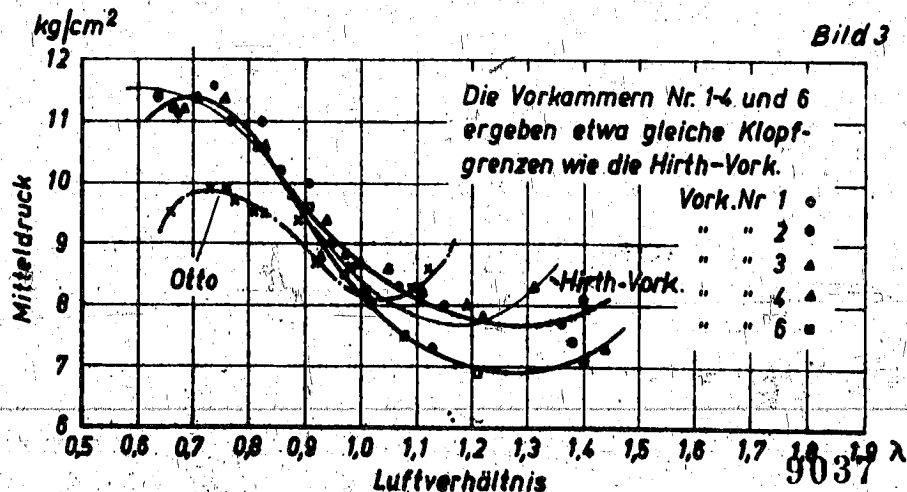
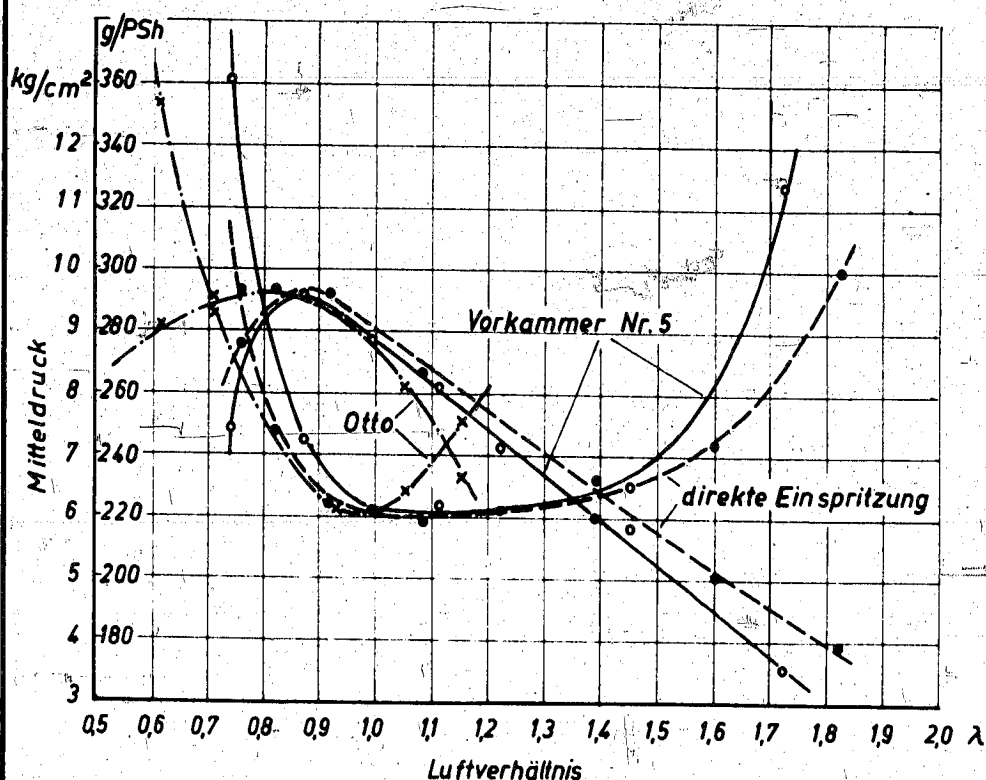


Bild 3



# Vorkammer Nr. 5

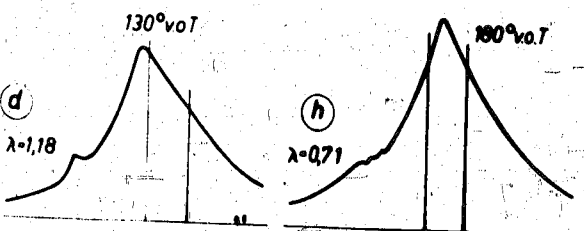
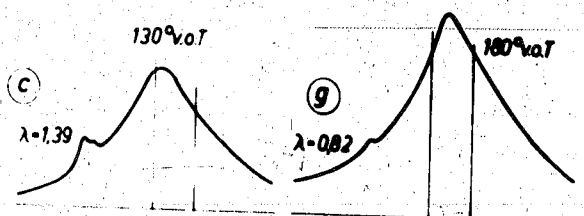
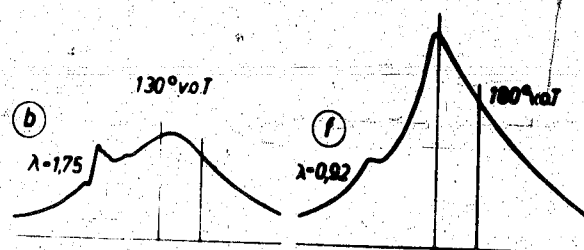
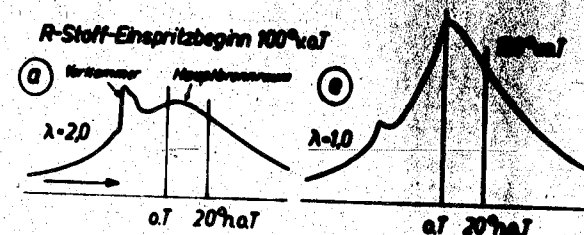
im Vergl. zu Otto-Betrieb u. direkt. R-Stoff-Einspritzung



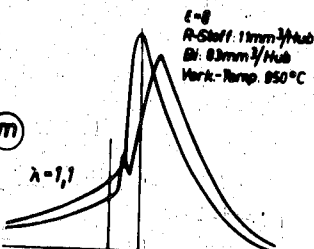
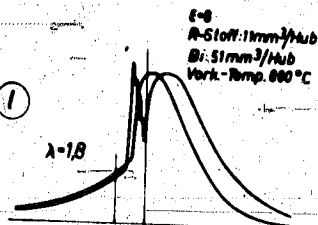
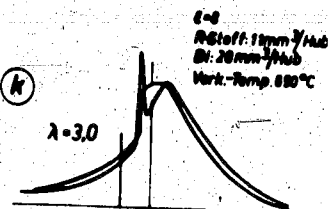
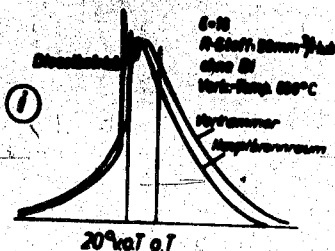
9038

**Druckverlauf**  
**im Otto-Motor (DB 0001)**  
**mit Verk. Nr. 5**

**im Diesel-Motor m. MWP-Verk.**  
**bei BI-Zugabe**



R-Stoffmenge 10mm³/Hub



R-Stoff-Einspritzbeginn 28°voT

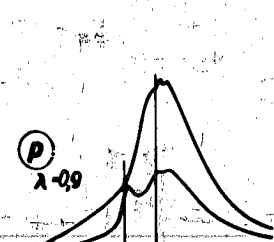
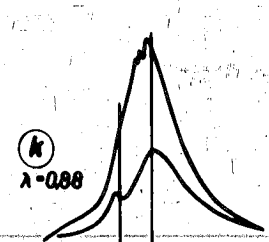
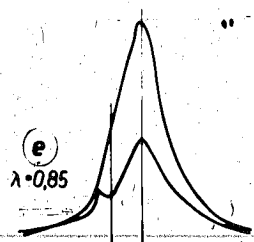
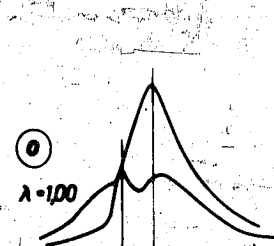
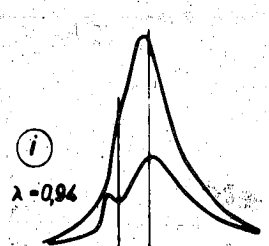
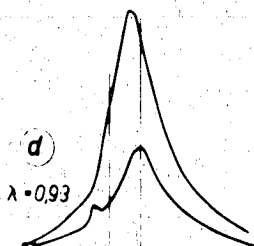
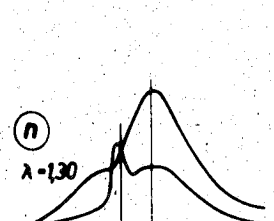
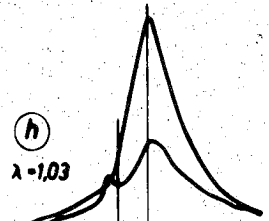
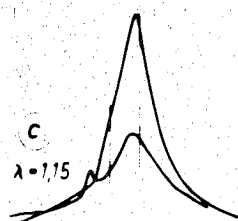
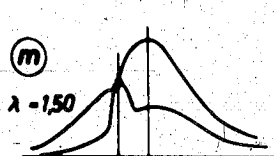
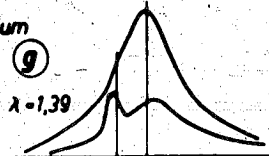
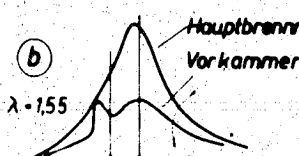
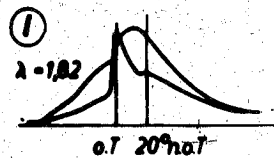
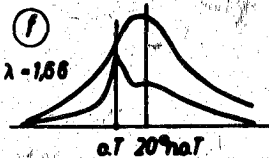
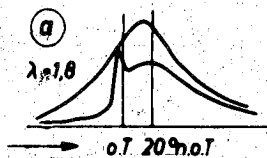
9039

**Druckverlauf im DB 6001 mit eingebauter MWM-Vorkammer.**

R-Stoff-Einspritzbeginn 180° v.o.T

120° v.o.T

70° v.o.T



9040

# Vorkammer des MWM-Dieselmotors im DB 6001

Bild 1

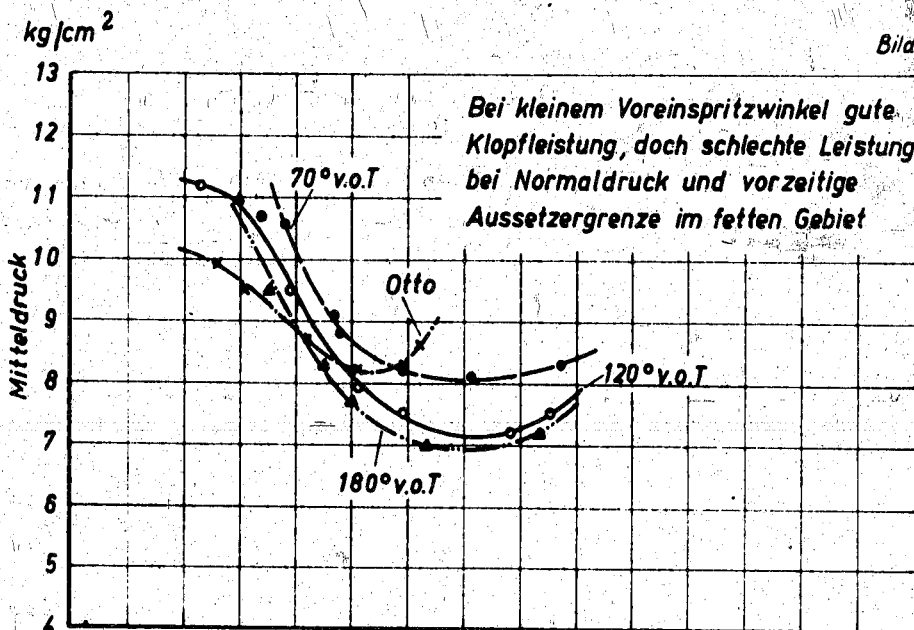


Bild 2

