

B24

**Geheim**

G 11

050198

**Deutsche Luftfahrtforschung**

**Forschungsbericht Nr. 893 / 2**

*Das Siedeverhalten von Flugmotorenkraftstoffen*

*O. Widmaier*

Verfaßt bei

**Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren  
an der Technischen Hochschule**

**Stuttgart**

Zentrale für wissenschaftliches Berichtswesen bei  
der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V.,  
Berlin-Adlershof. Fernruf: 63 82 11

42

000199

Dieser Bericht ist geheim zu behandeln.  
Wer diese Geheimhaltungspflicht verletzt,  
setzt sich der Gefahr strafrechtlicher Ver-  
folgung und schwerer Bestrafung aus.  
Panzerschluß erforderlich!

000200

Das Siedeverhalten  
von  
Flugmotorenkraftstoffen.

Bericht aus dem

---

Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren  
an der Technischen Hochschule Stuttgart.

---

Institutsleiter:



W. Kamm.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Rahmen des  
Forschungsprogramms des

Reichsluftfahrtministeriums

durchgeführt.

Das Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren an der Technischen Hochschule Stuttgart dankt an dieser Stelle dem Herrn Reichsluftfahrtminister für die zur Durchführung der Forschungsaufgabe gegebene Unterstützung.

000201

Das Siedeverhalten von Flugmotorenkraftstoffen.

Übersicht:

Zur Prüfung von Flugmotorenkraftstoffen hinsichtlich des Siedeverhaltens wurden Versuche durchgeführt, die den in der Höhe herrschenden Bedingungen Rechnung tragen. Die Siedekennzahl kann bei beliebiger Unterdruck-Destillation errechnet werden, sofern sie bei gewöhnlichem Luftdruck bekannt ist. Das daraus entwickelte Destillationsverfahren in 3 Druckstufen wurde an 5 Kraftstoffen erprobt, wobei übersichtliche Ergebnisse erzielt wurden.

Gliederung:

- I. Bisherige Erkenntnisse und Ziel der Versuche.
- II. Physiko-chemische Eigenschaften der zu untersuchenden Kraftstoffe.
- III. Gerät zur Destillation von Flugmotorenkraftstoffen.
- IV. Versuchsdurchführung.
  - 1.) Siedeverhalten von Kraftstoffen unter Änderung der Kühltemperatur und des Luftdrucks.
  - 2.) Siedeverhalten von Kraftstoffen unter Änderung des Druckes während der Destillation bei gleichbleibender Kühltemperatur.
- V. Versuchsergebnisse des Destillationsverfahrens im abgeänderten ASTM-Gerät.
  - a) Siedebeginn und Starteigenschaft
  - b) Siedeverlauf
  - c) Siedeschluss.
  - d) Destillationsrückstand.
  - e) Siedekennzahl.

- VI. Ergebnisse des Destillations-Schnellverfahrens  
für Flugmotoron-Kraftstoffe.
- VII. Zusammenfassung.

Der Bericht umfaßt:

35 Seiten mit  
16 Abbildungen und  
7 Zahlentafeln

Abteilungsleiter:

*P. Riekert*

P. Riekert

Bearbeiter:

*O. Widmaier*

O. Widmaier

Stuttgart, den 18. Januar 1939

Br.

### I. Bisherige Erkenntnisse und Ziel der Versuche.

Durch das im FB 893/1 angeführte Destillationsverfahren für Flugmotorenkraftstoffe konnte das Siedeverhalten bei verschiedenen Luftdrücken festgelegt werden. Dieses Verfahren wurde verbessert und hatte zum Ziel, die Siedekennzahl von Kraftstoffen bei beliebiger Unterdruck-Destillation aus den Werten bei Bodenverhältnissen rechnerisch zu ermitteln. Weiter sollte während der Destillation von 100 cm<sup>3</sup> Kraftstoff in drei Druckstufen gearbeitet werden, um so das Siedeverhalten in Abhängigkeit des Druckes vereinfacht bestimmen zu können.

### II. Physiko-chemische Eigenschaften der zu untersuchenden Kraftstoffe.

Für die Versuchsdurchführung wurden folgende Kraftstoffe ausgewählt:

- 1.) Bleibenzin 1 (handelsüblicher Flugmotorenkraftstoff)
- 2.) Bleibenzin 2 ( " " " " )
- 3.) Benzin 3 (Kraftstoff mit Oktanzahl 41)
- 4.) Benzin 4 (handelsüblicher Automobilkraftstoff ohne Alkohol)
- 5.) Benzin 5 (handelsüblicher Automobilkraftstoff ohne Alkohol)

Es ist zu bemerken, dass "Bleibenzin 1 und 2", sowie "Benzin 4" schon im ersten Teilbericht Nr. 893/1 verwendet wurden. Da die Kraftstoffe jedoch späteren Lieferungen entstammen, treten bei den physiko-chemischen Werten geringe Unterschiede auf. Die physiko-chemischen Werte sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt.

Die verhältnigen Gewichte der verwendeten Kraftstoffe, bis auf "Benzin 5" mit 0,7128 bei 20°C, liegen innerhalb der allgemeinen für Flugmotorenkraftstoffe üblichen Grenzen von 0,720 bis 0,761.

Die Brechungszahlen der 5 Kraftstoffe bewegen sich zwischen 1,405 und 1,427 bei 20°C, womit sie wesentlich niedriger liegen als die der aromatenhaltigen Kraft-

stoffe. Die Bestimmung der Brechungszahl dient deshalb zur raschen Reinheitsprüfung.

Der Harzgehalt wurde in der Glasschale bei 110°C und 220°C bestimmt. Durch Anwendung eines Luftstromes konnte die vorgeschriebene Verdampfungszeit von 20 Minuten eingehalten werden. Das Benzin 4 mit 10,4 mg Harz je 100 ccm bei 110°C besitzt den höchsten Harzgehalt.

Die Heizwerte der fünf Kraftstoffe liegen alle etwa in gleicher Höhe.

Wichtig für die Flugmotoren-Kraftstoffe ist der Dampfdruck. Liegt derselbe zu hoch, so tritt leicht Dampfblasenbildung auf. Diese Gefahr kann vor allen Dingen in grossen Höhen auftreten. Die Bestimmung des Dampfdruckes erfolgte nach dem Verfahren von Reid. Von den untersuchten Kraftstoffen weist das Benzin 5 mit 0,60 atm. den höchsten Dampfdruck auf.

Die Dimethylsulfatzahl (Gehalt an Aromaten und Olefinen) ist bei den Bleibenzinen 1 und 2 am grössten, was auf einen erhöhten Gehalt an Olefinen zurückzuführen ist, die eine gute Klopfestigkeit aufweisen. Die kleinste Dimethylsulfatzahl besitzt Benzin 3, das auch als Benzin mit vorwiegend paraffinischen Eigenschaften bekannt ist.

### III. Gerät zur Destillation von Flugmotoren-Kraftstoffen.

Das zur Bestimmung des Siedeverhaltens von Flugmotoren-Kraftstoffen benutzte Gerät ist aus dem normalen ASTM-Gerät entstanden. Dieses unterscheidet sich von dem Engler-Ubbelohde-Gerät grundsätzlich nur dadurch, dass anstelle des Liebig-Kühlers ein eisgekühltes Metallrohr tritt.

Das neue Destillationsgerät ist aus Abb.1 zu ersehen. Hieraus geht hervor, dass an dem ASTM-Gerät ausser dem in 1/10° eingeteilten Messzylinder nichts abgeändert wurde. Der Messzylinder m wurde verlängert und so gebogen, dass durch einen passenden Gummistopfen am Vorstoss eine unmittelbare Verbindung mit dem Kühlrohr möglich war. An der oberen Krümmung des Messzylinders wurde ein kurzes Glasrohr angeschmolzen und mit Ausgleichgefäss a verbunden. Von den am Aufsatz befindlichen drei Hahnen wurde der erste mit der

Destillationsvorlage (Messzylinder), der zweite mit dem Quecksilbermanometer b und der dritte mit der Wasserstrahlpumpe verbunden. Die am Aufsatz noch befindlichen mit Druckschlauch und Klemmschrauben versehenen Kapillaren c dienen zur Einstellung des gewünschten Unterdrucks.

Auf Grund der früher gemachten Erfahrungen ist bei sämtlichen Versuchen kein Druckregler benutzt und die Wasserstrahlpumpe jeweils unmittelbar an die Wasserleitung angeschlossen worden.

#### IV. Versuchsdurchführung.

##### 1.) Siedeverhalten unter Änderung der Kühltemperatur und des Luftdruckes.

In dem oben beschriebenen Gerät wurde zuerst das Siedeverhalten der fünf Kraftstoffe bei gleichbleibender Kühltemperatur von 0°C unter verschiedenen Luftdruckverhältnissen untersucht.

Bei der folgenden Versuchsreihe wurde die Kühltemperatur auf ungefähr -20°C erniedrigt, entsprechend einer Höhe von etwa 5500 m. Diese Temperatur wurde durch eine Kältemischung aus Eis- und Kochsalz (3:1) erhalten. Die Siedekennzahl wurde für sämtliche Druck-Siedekurven ermittelt.

##### 2.) Siedeverhalten von Kraftstoffen unter Änderung des Druckes während der Destillation bei gleichbleibender Kühltemperatur.

Auf Grund der oben angeführten Versuche, die ziemlich viel Zeit in Anspruch nehmen, wurde eine bei allen Benzinen ähnliche Abhängigkeit der Siedekennzahl vom Druck während der Destillation gefunden. Sodann wurden Versuche durchgeführt, bei denen der Destillationsvorgang in drei Druckstufen vorgenommen wurde. Während des Uebergangs zum nächst niedrigen Druck wurde die Beheizung des Destillationskolbens jeweils kurz unterbrochen.

Es wurde zunächst destilliert bis 25 ccm bei 746-756 mm Hg-S  
 " " " " " 55 " " 597-605 " "  
 " " " " " z.Schluss " 421,5-430 " "

Bei Benzin 4 wurde der Versuch gemacht, zu destillieren  
 bis 25 ccm bei 751,5 mm Hg-S  
 " 55 " " 456,5 " "  
 " z.Schluss" 218,5 " "



Die Durchführung der Destillation bei dem grössten Druckunterschied war jedoch schwierig. Einmal ging bei dem Uebergang von der 2. zur 3. Unterdruckstufe eine grosse Menge an Destillat ruckartig über und in der Vorlage trat starkes Schäumen auf, was die Gefahr mit sich brachte, dass geringe Anteile des Destillates in das Ausgleichgefäss mitgerissen wurden. Ausserdem war der mittlere Bereich etwas zu kurz. Aus diesem Grunde wurde als endgültige Versuchsreihe folgende gewählt:

|                          |       |   |     |         |
|--------------------------|-------|---|-----|---------|
| bis 25 ccm Destillat bei | 738,5 | - | 752 | mm Hg-S |
| " 60 " " " "             | 483,5 | - | 494 | " "     |
| " z.Schluss " " "        | 296   | - | 315 | " "     |

#### V. Versuchsergebnisse des Destillationsverfahrens im abgeänderten ASTM-Gerät.

~~Es sei erwähnt, dass auch bei der Durchführung der~~  
neuen Versuchsreihen zwischen Anfang und Ende einer Destillation oftmals Druckschwankungen von 3 - 5 mm auftraten. ~~Wie aber bereits im ersten Teilbericht Nr. 893/1 schon festgestellt wurde und wie aus den Siedekurven deutlich hervorgeht, haben diese Schwankungen keinerlei Einfluss auf die Ergebnisse.~~

Aus der Zahlentafel 2 ist zu ersehen, dass die Destillationsverfahren I bei 0°C und II bei -20°C praktisch gleiche Siedebeginnwerte liefern, im Gegensatz dazu weichen die Ergebnisse der Engler-Destillation (Verfahren E) zum Teil etwas ab.

Die Zahlentafel 3, die den 10 Vol.v.H.-Punkt der untersuchten Kraftstoffe angibt, zeigt bei sämtlichen drei Destillationsverfahren gut übereinstimmende Ergebnisse. Deshalb werden künftig die Ergebnisse des einfacheren Verfahrens I zur Bewertung herangezogen.

#### a) Siedebeginn und Starteigenschaft.

In Zahlentafel 2 sind die Temperaturen bei Siedebeginn für verschiedene Drücke zusammengestellt. Bezogen auf gleichen Druckunterschied treten etwa gleiche Unterschiede der Siedebeginntemperaturen für die einzelnen

Kraftstoffe auf, was theoretisch bedingt ist. Es besteht unter Umständen auch die Möglichkeit, dass bei dem einen oder anderen Kraftstoff die niedersiedenden Bestandteile schon vor der Messung weggingen.

Für einen Flugmotorenkraftstoff ist das Startvermögen von grosser Bedeutung. Dies kommt bei der Siededestillation in dem Gehalt an leichtsiedenden Bestandteilen zum Ausdruck.

Es sind deshalb in Zahlentafel 3 die nach Übergang von 10 Vol.v.H. erreichten Temperaturen festgehalten. Das Verfahren mit Eiskühlung und das mit einer Kältemischungskühlung liefern etwa dieselben Werte. Die besten Starteigenschaften würden demnach "Benzin 5" mit  $58,5^{\circ}\text{C}$  und "Benzin 4" mit  $64,5^{\circ}\text{C}$  jeweils bei 10 Vol.v.H. Destillat haben. Das "Benzin 3" ergab dagegen mit  $82^{\circ}\text{C}$  beim 10 Vol.v.H.-Punkt einen sehr hohen Wert und besitzt damit ein schlechtes Startvermögen. Bei Erniedrigung des Luftdrucks wird das Startvermögen im allgemeinen verbessert, sofern keine Dampfblasenbildung auftritt.

#### b) Siedeverlauf. Verfahren I.

Ueber den weiteren Verlauf der Siededestillation geben die bei  $80^{\circ}\text{C}$ ,  $100^{\circ}\text{C}$  und  $150^{\circ}\text{C}$  erhaltenen Destillatmengen Auskunft (Zahlentafel 4 und Abb. 2-9). Den Anforderungen, dass bei  $80^{\circ}\text{C}$  mindestens 5, bei  $100^{\circ}\text{C}$  mindestens 50 und bei  $150^{\circ}\text{C}$  mindestens 90 ccm Destillat erhalten werden, würde bei normalem Luftdruck nur "Bleibenzin 2" genügen, während bereits bei 600 mm Hg-S entsprechend einer Höhe von 2 km auch "Bleibenzin 1" und bei etwa 500 mm entsprechend etwa 3 km Höhe auch "Benzin 3" diese Bedingungen erfüllen würden. Die Kraftstoffbeurteilung wird also umso günstiger, je niedriger der dabei vorhandene Luftdruck ist.

#### c) Siedeschluss. Verfahren I.

Die beim Siedeschluss übergegangene Destillatmenge liegt bei normalem Luftdruck zwischen 97 und 98 Vol.v.H., wobei "Bleibenzin 2" mit  $144^{\circ}\text{C}$  die niederste und "Benzin 4" mit  $186^{\circ}\text{C}$  die höchste Siedeschlusstemperatur aufweist (Zahlentafel 5). Bei einer Abnahme des Druckes auf 416 bis 442 mm fallen die Destillatwerte für den Siedeschluss bei allen Kraftstoffen auf

94 - 96 Vol. v.H., ausser bei "Benzin 3", das bei den verschiedenen Drücken immer die gleichen Werte von 98 - 98,5 Vol.v.H. beibehält. Die dazu gehörigen Temperaturen liegen bei "Bleibenzin 2" wieder am tiefsten mit 136°C und am höchsten bei "Benzin 3" mit 170°C. Eine weitere Erniedrigung des Druckes, wie sie z.B. bei den "Kraftstoffen 3 und 4" durchgeführt wurde, scheint bezüglich des Siedeschlusses keine nennenswerten Änderungen mehr zu bringen. Die mit Kältemischung durchgeführten Versuche zeigen eine geringe Zunahme des Destillatvolumens, da hierdurch die niedersiedenden Fraktionen sich nicht verflüchtigen.

#### d) Destillationsrückstand.

Bei der Destillation unter normalem Druck wurden für die "Benzine 1, 2, 4 und 5" die gleichen Werte von 1,2 Vol.v.H. erhalten, während "Benzin 3" einen solchen von 1,5 Vol.v.H. aufweist (Zahlentafel 6). Bei 416 bis 422 mm hat "Benzin 3" nur noch 1,0 Vol.v.H. Rückstand, wogegen die übrigen Kraftstoffe noch 0,8 bis 0,95 Vol.v.H. besitzen. Bei einem Druck von 305-309 mm wird für "Benzin 4" noch ein Rückstand von 0,7 Vol.v.H. erhalten.

#### e) Siedekennzahl.

Die Siedekennzahlen der untersuchten Kraftstoffe bei verschiedenem Druck sind in der Zahlentafel 7 und in Abb. 10 zusammengestellt. Daraus ergibt sich eine Gesetzmässigkeit, was besonders aus der Abb. 10 hervorgeht, wo für die Kraftstoffe "1, 2, 3 und 4" die Siedekennzahl in Abhängigkeit vom Destillationsdruck dargestellt ist. Die Kurven der vier Kraftstoffe liegen parallel. Das Kurvenbild des "Benzins 5" wurde nicht aufgezeichnet, da es mit demjenigen des "Benzins 3" beinahe zusammenfällt.

Nach der Newton'schen Annäherungsformel wird für die Kurven folgende Gleichung erhalten:

$$y = y_{760} - 50,5 + \frac{7,45 x + 0,3 x^2 - 0,05 x^3}{100}$$

Es bedeutet dabei:

- y = gesuchte Siedekennzahl,  
 y 760 = Siedekennzahl bei gewöhnlicher ASTM-Destillation,  
 x = Druckluft in mm Hg-Säule.

Für y 760 kann ohne Bedenken die Siedekennzahl bei gewöhnlichem Luftdruck eingesetzt werden, da die Siededestillation durch einen Druckunterschied von  $\pm 10$  mm Hg-S kaum beeinträchtigt wird. Durch Feststellung der Siedekennzahl bei gewöhnlichem Druck können also sämtliche Siedekennzahlen bei verschiedenen Drücken nach obiger Gleichung berechnet werden.

#### VI. Ergebnisse des Destillations-Schnellverfahrens für Flugmotoren-Kraftstoffe.

Auf Grund der gesetzmässigen Abhängigkeit der Siedekennzahl vom Destillationsdruck wurde das Siedeverhalten der Flugmotorenkraftstoffe in drei verschiedenen Druckstufen durchgeführt, sodass durch paralleles Verschieben der einzelnen Kurvenzweige die vollständigen Siedekurven bei drei verschiedenen Drücken aufgezeichnet werden können. Theoretisch müssten die vom Druck abhängigen Siedekurven für einen und denselben Kraftstoff parallel liegen, was wie aus den Abb. 2-9 hervorgeht nicht immer genau der Fall ist.

Die Temperaturen für den Siedebeginn und für die Starteigenschaften ändern sich gegenüber den früheren Werten praktisch nicht. Dagegen liefern die Destillatmengen bei 80, 100 und 150°C Ergebnisse, die nicht unmittelbar aus den Kurvenzweigen abgelesen werden dürfen (Abb. 11-15). Die Temperaturen für diese Destillatmengen können erst durch teilweise parallele Verlängerung der Kurvenzweige erhalten werden, wodurch etwa dieselben Werte zustande kommen, wie sie aus den Abb. 2-9 für die entsprechenden Drücke zu entnehmen sind.

Die Ergebnisse des Destillations-Schnellverfahrens für Flugmotorenkraftstoffe sind aus den Abb. 11-15 zu ersehen.

#### VII. Zusammenfassung.

Zur Bestimmung des Siedeverhaltens von Flugmotorenkraftstoffen wurde ein Verfahren entwickelt, das dem in der Höhe

herrschenden Luftdruck Rechnung trägt.

Aus den für fünf Kraftstoffe dargestellten Druck-Siedekurven wurde eine Abhängigkeit für die Siedekennziffer bei verschiedenem Druck gefunden, so dass die Siedekennziffer für alle Drücke rechnerisch ermittelt werden kann. Sofern von einem Kraftstoff die Siedekennziffer bei einem Druck von 760 mm Hg-Säule bekannt ist, kann für beliebige Drücke die Siedekennziffer berechnet werden.

Das Destillations-Schnellverfahren für Flugmotorenkraftstoffe erlaubt, mit 100 cm<sup>3</sup> Kraftstoff eine Destillation in drei Druckstufen durchzuführen, so dass durch paralleles Verschieben der dabei erhaltenen Kurvenzweige das Siedeverhalten eines Kraftstoffes bei drei verschiedenen Drücken festgelegt werden kann.

000206

- 11 -

|  | Blei-<br>benzin 1               | Blei-<br>benzin 2 | Benzin 3 | Benzin 4 | Benzin 5 |
|--|---------------------------------|-------------------|----------|----------|----------|
| Aussehen   | durch Farbstoff<br>blau gefärbt |                   | farblos  | gelb     | farblos  |
| wasserlösliche<br>Bestandteile                       | 0                               | 0                 | 0        | 0        | 0        |
| Dichte bei<br>20°C (g/cm <sup>3</sup> )              | 0,7578                          | 0,7380            | 0,7128   | 0,7346   | 0,7285   |
| Brechungs-<br>zahl bei 20°C                          | 1,4270                          | 1,4200            | 1,4048   | 1,4228   | 1,4146   |
| Harzgehalt<br>mg/100 cm <sup>3</sup><br>(Glasschale) |                                 |                   |          |          |          |
| bei 110°C  | 3,4                             | 1,5               | 3,0      | 10,4     | 2,7      |
| " 220°C  | 1,0                             | 0,8               | 1,0      | 5,4      | 0,6      |
| Heizwert<br>Cal/kg                                   |                                 |                   |          |          |          |
| Oberer   | 10810                           | 10860             | 11066    | 10755    | 11115    |
| Unterer  | 10270                           | 10374             | 10406    | 10203    | 10515    |
| Dampfdruck<br>nach Reid<br>bei 38°C atm              | 0,39                            | 0,33              | 0,26     | 0,42     | 0,60     |
| Dimethyl-<br>sulfat-<br>zahl                         | 16,8                            | 17,6              | 4,8      | 12,0     | 13,8     |

Zahlentafel 1

Physiko-chemische Eigenschaften der untersuchten Kraftstoffe.

| Druck<br>mm Hg-S. | Destillat.<br>Verfahren | Siedebeginn °C bei: |                   |               |               |               |
|-------------------|-------------------------|---------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
|                   |                         | Blei-<br>benzin I   | Blei-<br>benzin 2 | Ben-<br>zin 3 | Ben-<br>zin 4 | Ben-<br>zin 5 |
| 738               | E <sup>1)</sup>         | 56,5                | 56                | -             | 42            | -             |
| - 753             | I <sup>2)</sup>         | 50                  | 54                | 52            | 38            | 36            |
|                   | II <sup>3)</sup>        | 51                  | 53                | -             | -             | 35            |
| 568,5             | E                       | 46                  | 51                | -             | 44,5          | -             |
| - 600             | I                       | 44                  | 50,5              | 47            | 38            | 31            |
|                   | II                      | 45                  | 55                | -             | -             | 30            |
| 515               | E                       | 37                  | 44                | -             | 37,5          | -             |
| - 548,5           | I                       | 42                  | 51                | 42            | 33,5          | 28            |
|                   | II                      | 41                  | 50                | -             | -             | 28            |
| 416               | E                       | 46                  | 41                | -             | 37            | -             |
| - 442             | I                       | 40                  | 42,5              | 40            | 31            | 23            |
|                   | II                      | 37                  | 40                | -             | -             | 23            |
| 305               |                         |                     |                   |               |               |               |
| - 309             | I                       | -                   | -                 | 33            | 26            | -             |

Zahlentafel 2

Siedebeginn der untersuchten Kraftstoffe bei  
verschiedenen Drücken u. verschiedenen Destillationsverfahren.

- 1) E = Werte aus FB 893/1 entnommen  
 2) I = Destillation bei 0°C Kühltemp.  
 3) II = Destillation bei -20°C Kühltemp.

000207 - 13 -

| Druck<br>mm Hg S. | Destillat.<br>Verfahren | Blei-<br>benzin 1 | Blei-<br>benzin 2 | Ben-<br>zin 3 | Ben-<br>zin 4 | Ben-<br>zin 5 |
|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| 740               | E                       | 75                | 72                | -             | 63            | -             |
| - 753             | I                       | 72                | 73                | 82            | 64,5          | 58,5          |
|                   | II                      | 74                | 73                | -             | -             | 58,5          |

Zahlentafel 3

Temperaturen in °C bei 10 Vol.v.H. Destillat der  
untersuchten Kraftstoffe bei Normaldruck und ver-  
schiedenen Destillationsverfahren.



| Druck<br>mm<br>Hg-S. | Destill.<br>Verfahr. | "Bleibbenzin 1"<br>80°C 100°C 150°C | "Bleibbenzin 2"<br>80°C 100°C 150°C | "Benzin 3"<br>80°C 100°C 150°C | "Benzin 4"<br>80°C 100°C 150°C | "Benzin 5"<br>80°C 100°C 150°C |
|----------------------|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 740                  | E                    | 15.5 46.5 88                        | 27 63<br>93.5<br>(130.0)            | 8 34.5 93                      | 21 37 77                       |                                |
| -753                 | I                    | 20.5 48.5 90.5                      | 25 65<br>97<br>(144)                |                                | 22 40 80                       | 26 43.5 78                     |
|                      | II                   | 17 46.5 89.5                        | 23.5 63.5 98<br>(145)               |                                |                                | 26 43.5 78.5                   |
| 568.5                | E                    | 28.5 58 92.5                        | 36 72<br>91<br>(120.0)              |                                | 24 41.5 82                     |                                |
| -600                 | I                    | 29.5 55 93.0                        | 40 75.5<br>97.5<br>(140.5)          | 14.5 45.5 95                   | 24 42 82                       | 32 49 83                       |
|                      | II                   | 28 56.5 93                          | 36 74<br>98<br>(141.5)              |                                |                                | 30 47.5 83                     |
| 515                  | E                    | 38.5 69 94.5<br>(145.0)             | 45 77.5<br>92<br>(120.0)            |                                | 26.5 45 84.5                   |                                |
| -548.5               | I                    | 36.5 63 96                          | 44 78<br>94<br>(139)                | 21 53.5 96                     | 27 46.5 86.5                   | 33.5 51 84.5                   |
|                      | II                   | 34.5 61 95                          | 43 77<br>98.5<br>(138)              |                                |                                | 33 51 86                       |
| 416                  | E                    | 41 66 94.5<br>(145.0)               | 58 84.5<br>91<br>(110.0)            |                                | 31 48.5 84                     |                                |
| -442                 | I                    | 42 64.5 92.5                        | 54.5 81.5<br>95<br>(136)            | 32 65                          | 31 52 89                       | 39 55.5 88                     |
|                      | II                   | 43 67.5 97                          | 59 85.5<br>99<br>(133)              |                                |                                | 38 56 90                       |
| 305                  |                      |                                     |                                     |                                |                                |                                |
| -309                 | I                    |                                     |                                     | 42.5 77                        | 39.5 59.5 92.5                 |                                |

Zahlentafel 4

Destillationsmengen der untersuchten Kraftstoffe bei 80, 100 und 150°C bei verschiedenen Drücken und verschiedenen Destillationsverfahren.

000208

- 15 -

| Druck<br>mm Hg-S | Destillat.<br>Verfahren | Blei-<br>benzin 1 | Blei-<br>benzin 2 | Ben-<br>zin 3   | Ben-<br>zin 4   | Ben-<br>zin 5 |
|------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 740              |                         |                   |                   |                 |                 |               |
| - 753            | I                       | 97.5<br>(170.5)   | 97<br>(144)       | 98<br>(179)     | 97<br>(186)     | 98<br>(185.5) |
|                  | II                      | 98.5<br>(170)     | 98<br>(145)       |                 |                 | 98<br>(186)   |
| 568.5            |                         |                   |                   |                 |                 |               |
| - 600            | I                       | 97<br>(162)       | 97.5<br>(140.5)   | 98<br>(175)     | 96<br>(185.5)   | 97<br>(176.5) |
|                  | II                      | 98.5<br>(164.5)   | 98<br>(141.5)     |                 |                 | 98<br>(177.5) |
| 515              |                         |                   |                   |                 |                 |               |
| - 548.5          | I                       | 96<br>(162)       | 94<br>(139)       | 98.5<br>(172)   | 96.5<br>(175)   | 96<br>(173.5) |
|                  | II                      | 98.5<br>(160)     | 98.5<br>(138)     |                 |                 | 97<br>(174.5) |
| 416              |                         |                   |                   |                 |                 |               |
| - 442            | I                       | 94<br>(155)       | 95<br>(136)       | 98.5<br>(170)   | 96<br>(169)     | 95<br>(167)   |
|                  | II                      | 98.5<br>(154)     | 99<br>(133)       |                 |                 | 97.5<br>(167) |
| 305              |                         |                   |                   |                 |                 |               |
| - 309            | I                       |                   |                   | 98.5<br>(170.5) | 95.5<br>(161.5) |               |

Zahlentafel 5

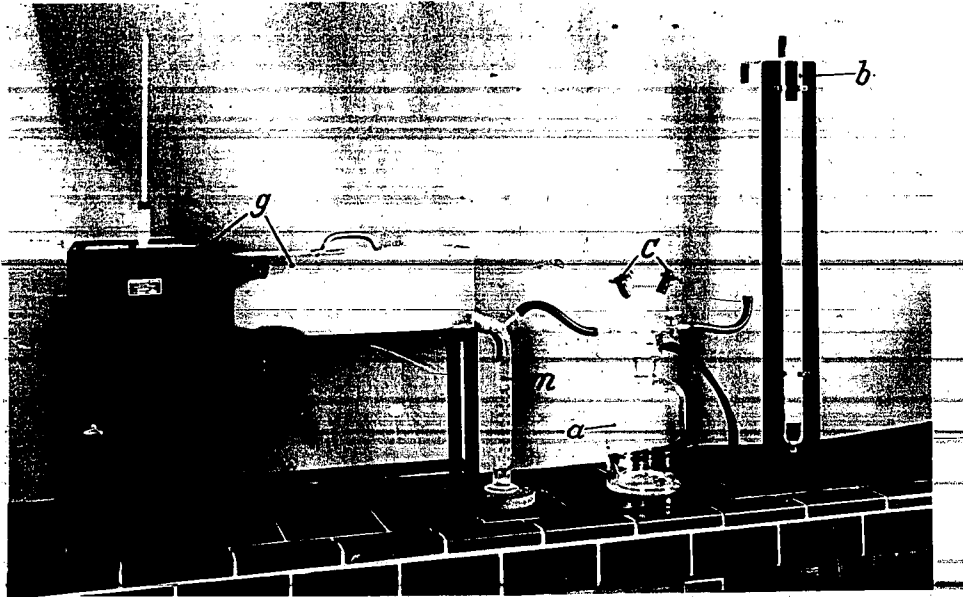
Siedeschluss in Vol.v.H. (bei °C) der untersuchten Kraftstoffe bei verschiedenen Drücken und verschiedenen Destillationsverfahren.

| Druck<br>mm Hg-S | Destillat.<br>Verfahren | Blei-<br>benzin 1 | Blei-<br>benzin 2 | Ben-<br>zin 3 | Ben-<br>zin 4 | Ben-<br>zin 5 |
|------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| 740              |                         |                   |                   |               |               |               |
| - 753            | I                       | 1.2               | 1.2               | 1.5           | 1.2           | 1.2           |
|                  | II                      | 1.2               | 1.2               |               |               | 1.3           |
| 568.5            |                         |                   |                   |               |               |               |
| - 600            | I                       | 1.1               | 1.0               | 1.5           | 1.2           | 1.1           |
|                  | II                      | 1.1               | 1.0               |               |               |               |
| 515              |                         |                   |                   |               |               |               |
| - 548.5          | I                       | 0.9               | 0.8               | 1.3           | 1.0           | 1.0           |
|                  | II                      | 1.0               | 1.0               |               |               | 0.9           |
| 416              |                         |                   |                   |               |               |               |
| - 442            | I                       | 0.9               | 0.6               | 1.0           | 0.9           | 0.9           |
|                  | II                      | 0.8               | 0.8               |               |               | 0.8           |
| 305              |                         |                   |                   |               |               |               |
| - 309            | I                       |                   |                   | 0.9           | 0.7           |               |

Zahlentafel 6

Destillationsrückstand in Vol.v.H. der untersuchten  
Kraftstoffe bei verschiedenen Drücken und verschiedenen  
Destillationsverfahren.

000210



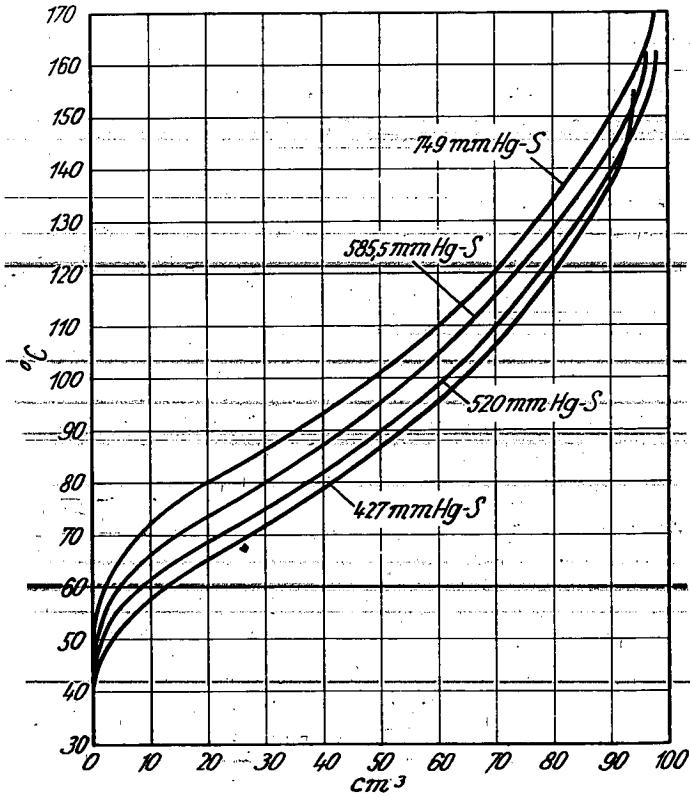


Abb. 2

Siedekurven von "Bleibenzin 1"

nach abgeändertem ASTM-Verfahren (Kühltemperatur 0°C).

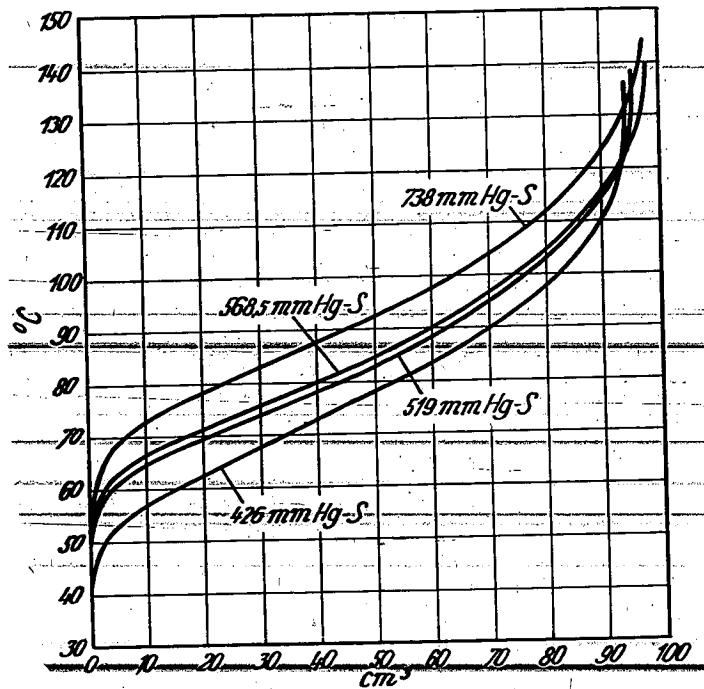


Abb.3

Siedekurven von "Bleibenzin 2"

nach abgeändertem ASTM-Verfahren (Kühltemperatur 0°C).

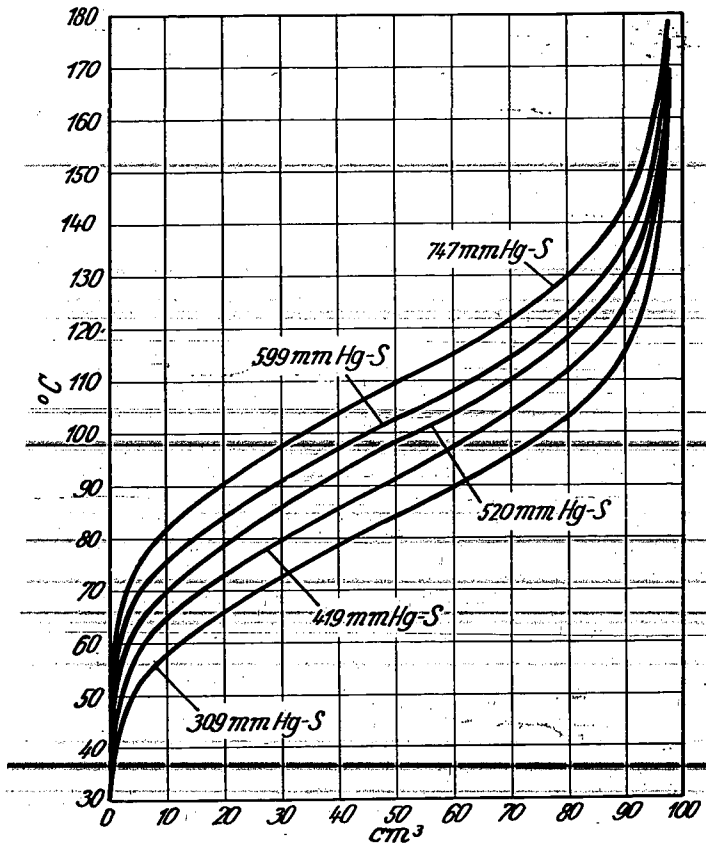


Abb. 4

## Siedekurven von "Benzin 3"

nach abgeändertem ASTM-Verfahren (Kühltemperatur 0°C).

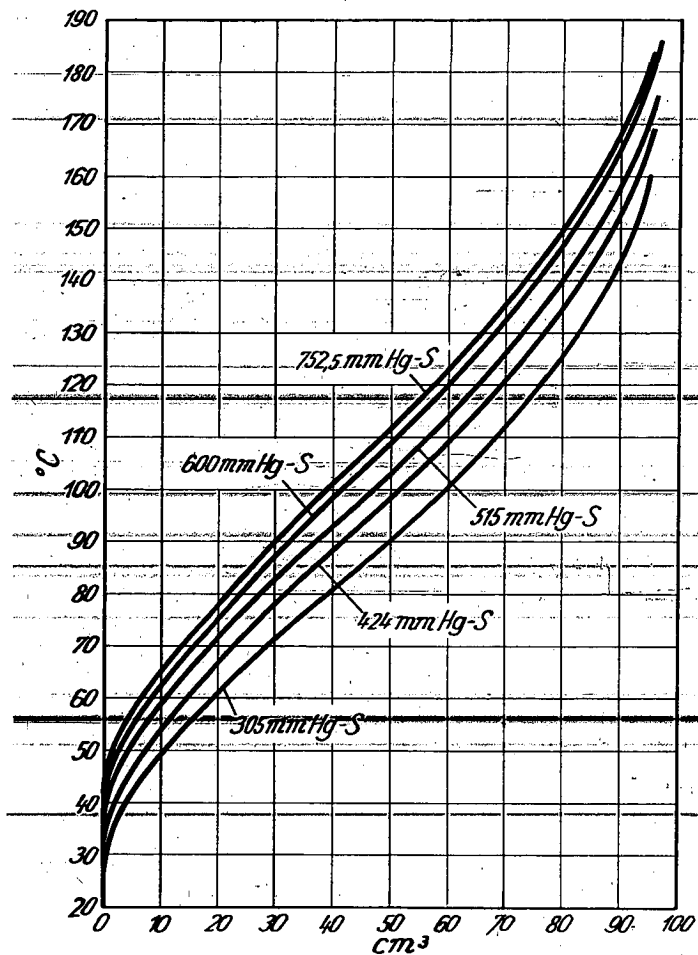


Abb. 5

Siedekurven von "Benzin 4"

nach abgeändertem ASTM-Verfahren (Kühltemperatur 0°C).



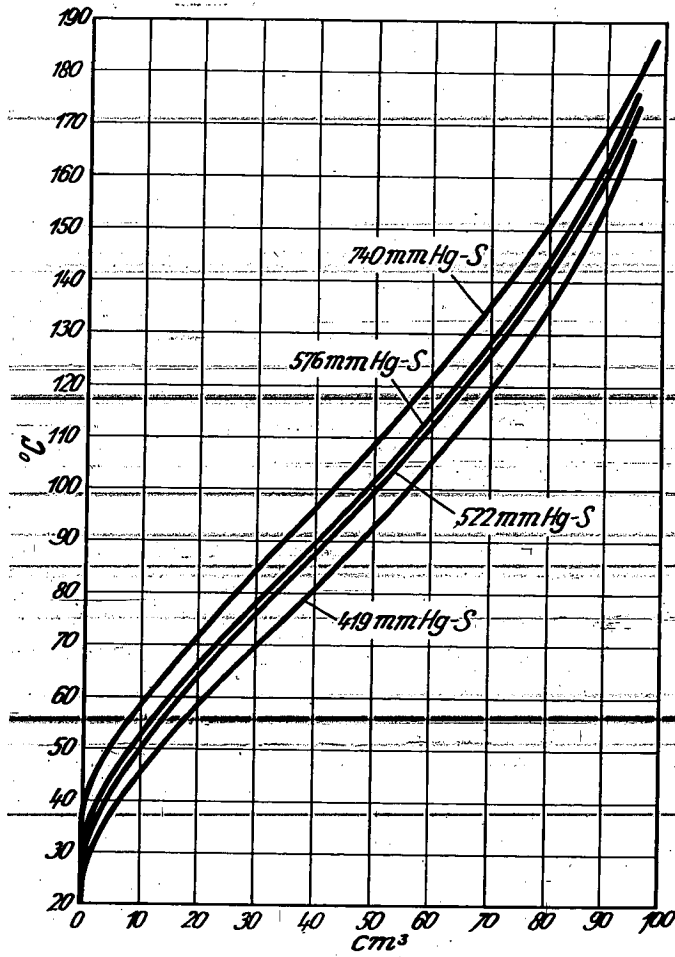


Abb. 6

Siedekurven von "Benzin 5"  
nach abgeändertem ASTM-Verfahren (Kühltemperatur 0°C).

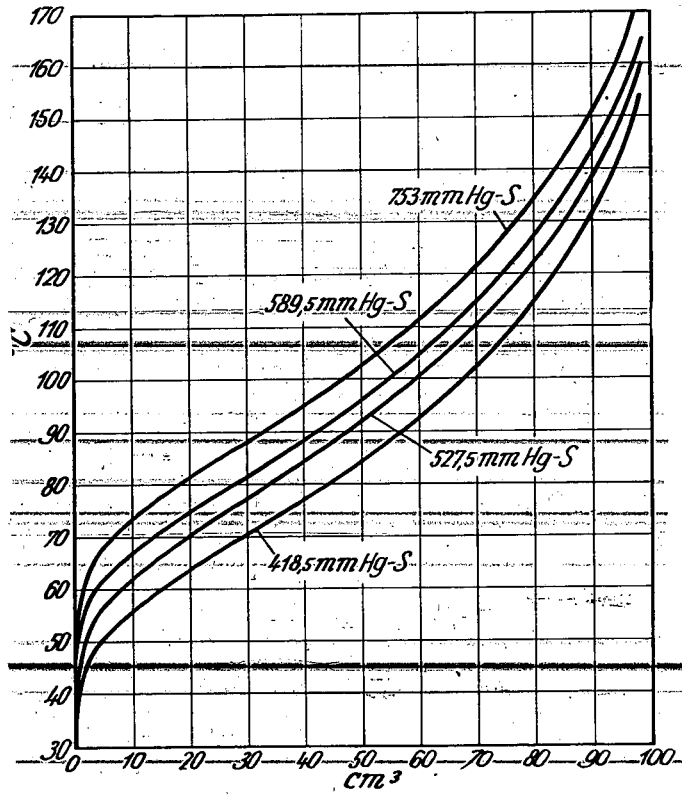


Abb. 7

Siedekurven von "Bleibenzin I"

nach abgeändertem ASTM-Verfahren (Kühltemperatur  $-20^{\circ}\text{C}$ ).

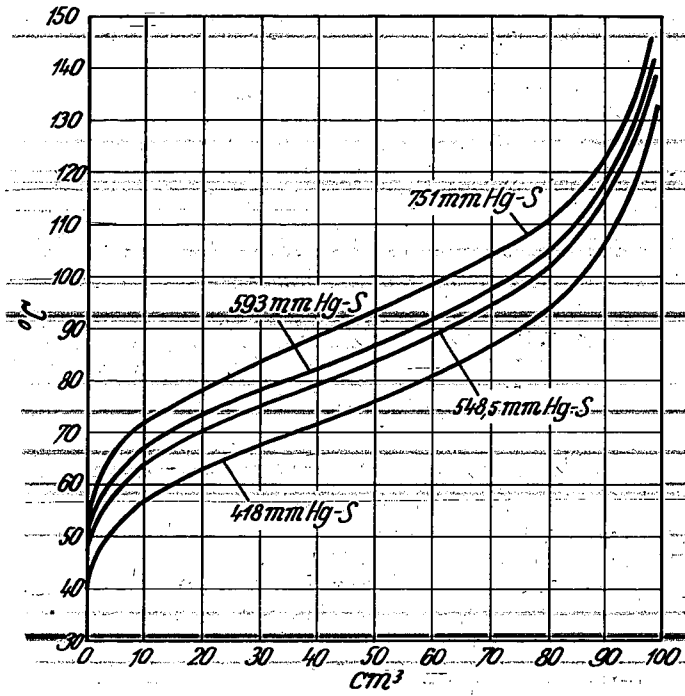


Abb. 8

Siedekurven von "Bleibenzin 2"

nach abgeändertem ASTM-Verfahren (Kühltemperatur  $-20^{\circ}\text{C}$ ).

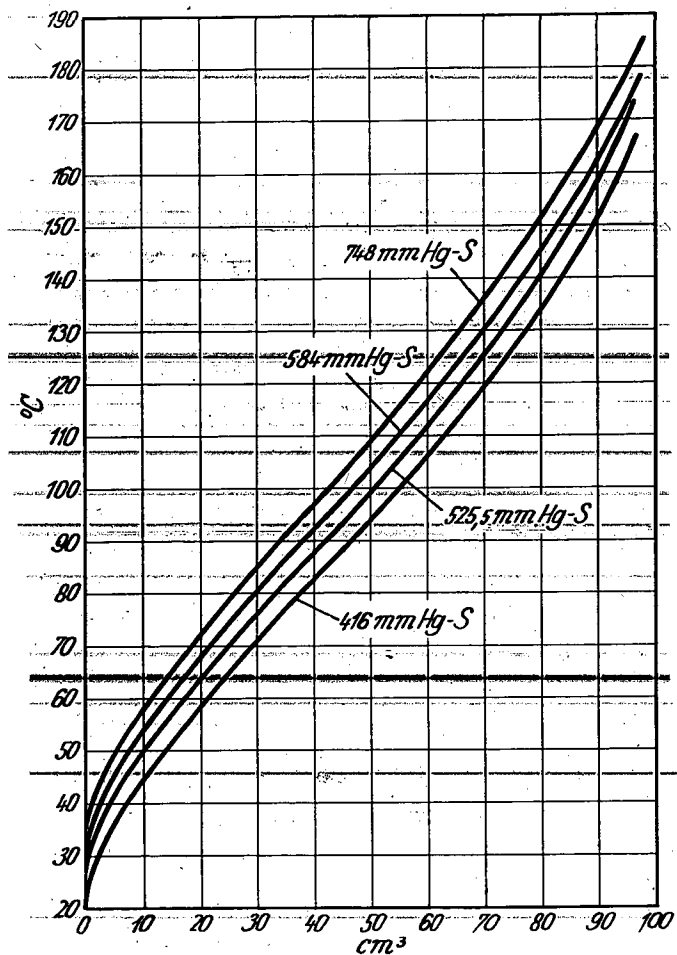


Abb. 9

Siedekurven von "Benzin 5"

nach abgeändertem ASTM-Verfahren (Kühltemperatur  $-20^{\circ}\text{C}$ )

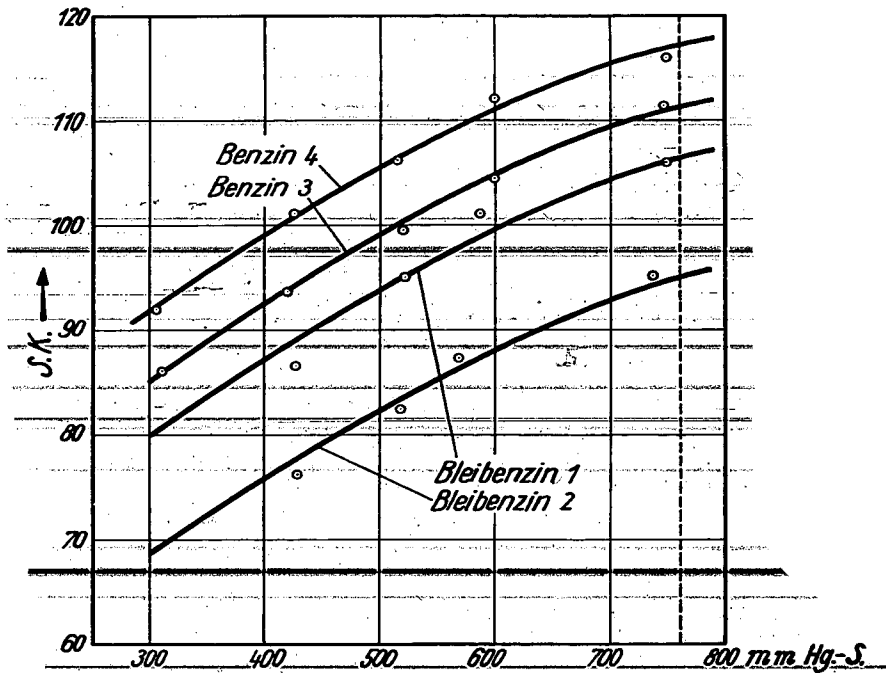


Abb. 10

Siedekennzahl in Abhängigkeit vom  
Destillationsdruck.

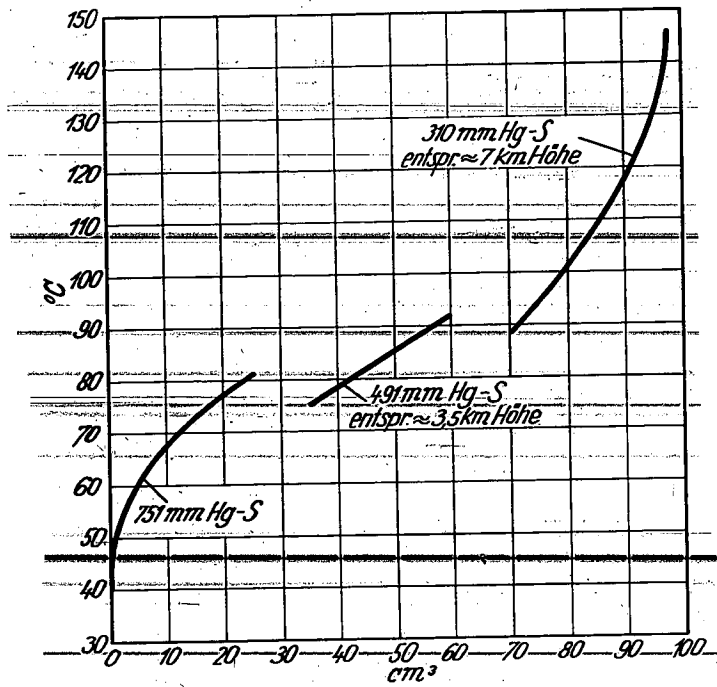


Abb. 11

Siedekurven von "Bleibenzin I"  
mit 3 verschiedenen Druckstufen.

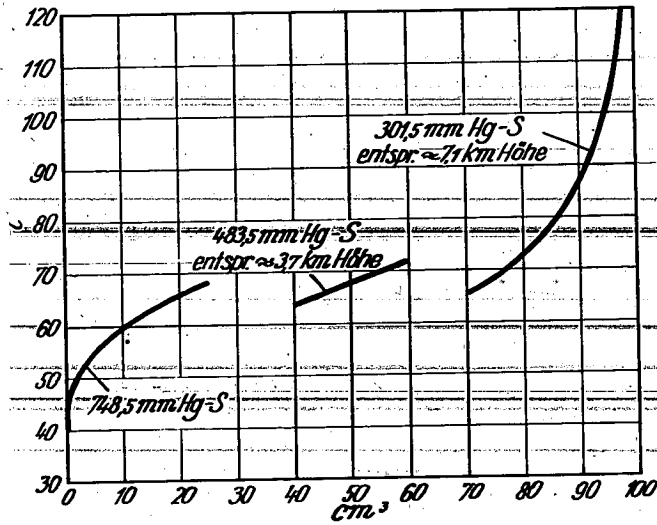


Abb. 12

Siedekurven von "Bleibenzin" 2<sup>n</sup>  
mit 3 verschiedenen Druckstufen.

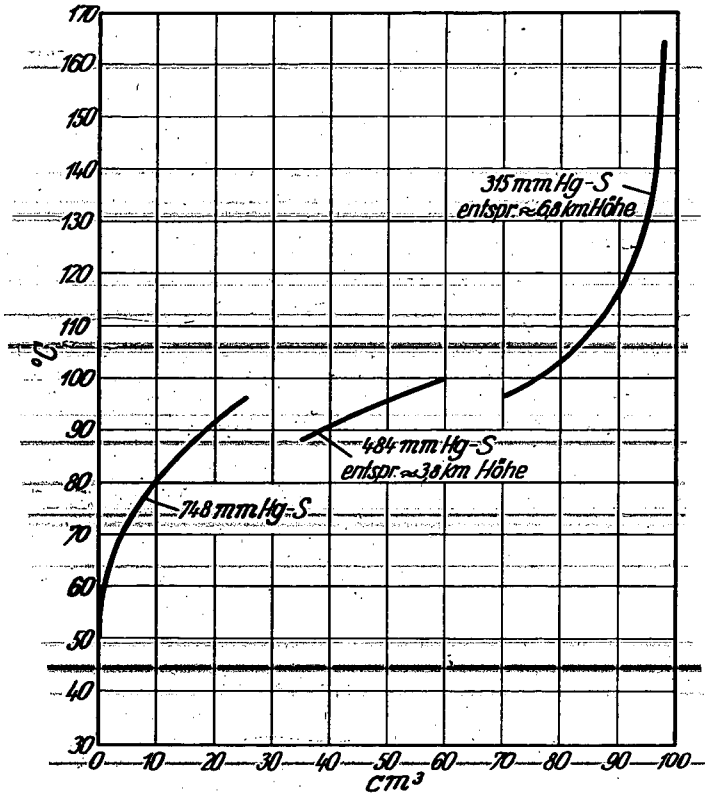


Abb. 13

Siedekurven von "Benzin 3"  
mit verschiedenen Druckstufen.



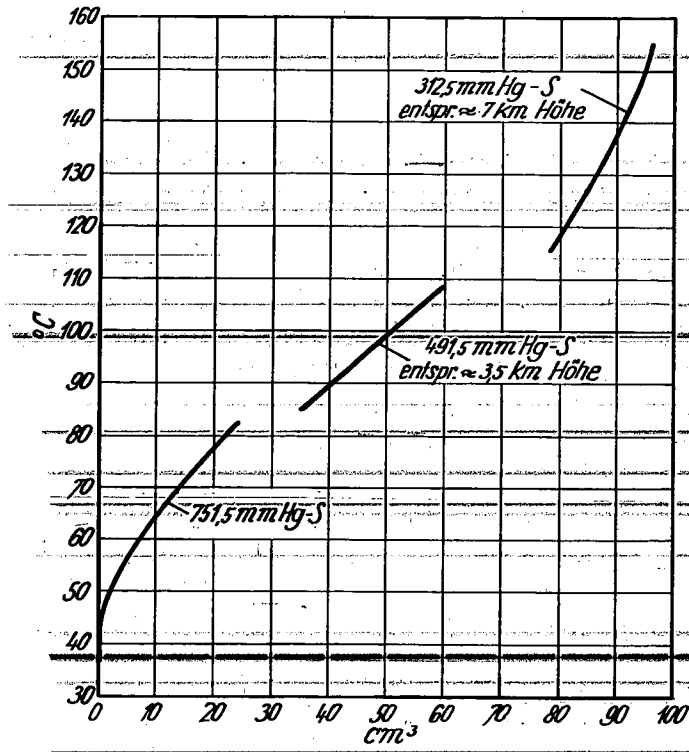


Abb.14

Siedekurven von "Benzin 4"  
mit 3 verschiedenen Druckstufen.

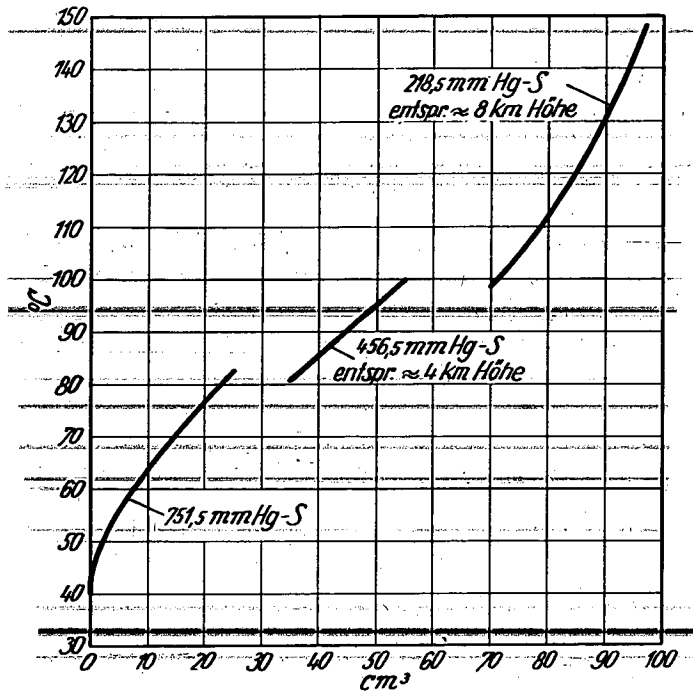


Abb. 14 a

Siedekurven von "Benzin 4"  
mit 3 verschiedenen Druckstufen.

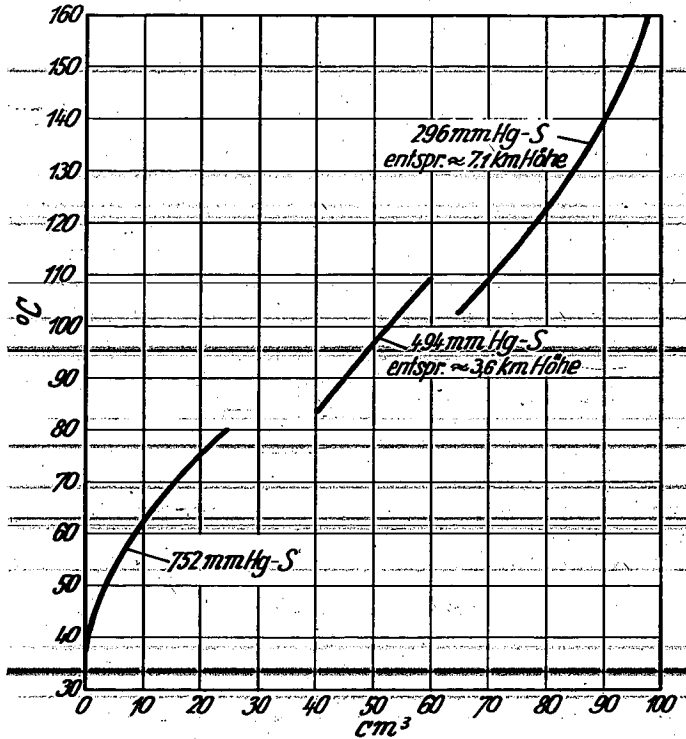


Abb.15

Siedekurven von "Benzin 5"  
mit 3 verschiedenen Druckstufen.