



# Verfahrenstechnisches Praktikum (22999) am Engler-Bunte-Institut

## - Versuch C3 -

### INHALT

<b>1</b>	<b>STOFFDATEN VON BENZIN UND DIESEL (C3)</b> .....	<b>2</b>
<b>1.1</b>	<b>Dichtebestimmung</b> .....	<b>2</b>
1.1.1	Grundlagen.....	2
1.1.2	Aufgabenstellung .....	3
1.1.3	Versuchsdurchführung .....	3
1.1.4	Kontrollfragen.....	3
<b>1.2</b>	<b>Bestimmung der Siedeverläufe</b> .....	<b>4</b>
1.2.1	Grundlagen.....	4
1.2.2	Aufgabenstellung .....	4
1.2.3	Versuchsdurchführung .....	4
1.2.4	Kontrollfragen.....	6
<b>1.3</b>	<b>Bestimmung der Flammpunkte</b> .....	<b>7</b>
1.3.1	Grundlagen.....	7
1.3.2	Aufgabenstellung .....	7
1.3.3	Versuchsdurchführung .....	8
1.3.4	Kontrollfragen.....	8

betreut von:

Dr.-Ing. S. Bajohr  
F. Mörs M.Sc.

Geb.: 40.51, R. 307,  
Geb.: 40.51, R. 111,

☎ 0721/ 608-48928  
☎ 0721/ 608-41273

# 1 Stoffdaten von Benzin und Diesel (C3)

## 1.1 Dichtebestimmung

### 1.1.1 Grundlagen

Die Dichte  $\rho$  ist definiert als:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Mit:

$\rho$  = Dichte;

$[\rho] = \text{kg/m}^3$

$m$  = Masse;

$[m] = \text{kg}$

$V$  = Volumen;

$[V] = \text{m}^3$

Die Dichte von Gasen und Flüssigkeiten ist eine Funktion von Druck und Temperatur.

Die Flüssigkeitsdichte hängt von der Temperatur ab; der Einfluss des Drucks ist vernachlässigbar gering. Die Dichte lässt sich bestimmen, indem man bei einer bestimmten Temperatur die Masse eines geeichten Volumens bestimmt. Hierfür können Pyknometer genutzt werden, deren Innenvolumen geeicht sind. Die konstruktiven Besonderheiten eines Pyknometers sind der Abbildung 1 zu entnehmen.

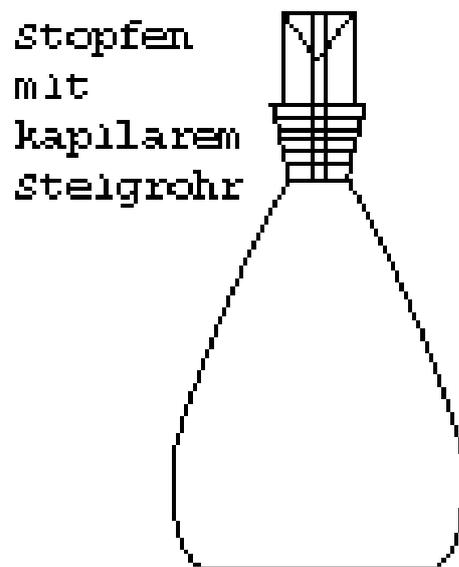


Abb. 1: Pyknometer

[16.10.09 Internet:  
[http://www.chemgapedia.de/vsengine/media/vsc/de/ch/16/mac/glos\\_grafik/pyknometer.gif](http://www.chemgapedia.de/vsengine/media/vsc/de/ch/16/mac/glos_grafik/pyknometer.gif)]

### 1.1.2 Aufgabenstellung

Mit einem Pyknometer sollen die Dichten von Benzin und Diesel bestimmt werden.

### 1.1.3 Versuchsdurchführung

Benzin und Diesel werden auf eine Temperatur  $T < 20 \text{ °C}$  gebracht. Das leere Pyknometer wird gewogen ( $m_1$ ) und danach mit der jeweiligen Flüssigkeit luftblasenfrei gefüllt. Anschließend wird das Pyknometer ca. 15 min in einen Thermostaten bzw. in ein temperiertes Wasserbad gestellt, dessen Temperatur  $T = 20 \text{ °C}$  beträgt. Nachdem es aus dem Wasserbad herausgeholt und abgetrocknet wurde, wird es erneut gewogen ( $m_2$ ).

Berechnen Sie mit Hilfe der Messergebnisse die Dichten  $\rho$  von Benzin und Diesel bei  $20 \text{ °C}$ .

### 1.1.4 Kontrollfragen

1. Wie ist die Dichte definiert?
2. Wie kann sie gemessen werden?
3. Welche Dichte ist bei Benzin und Diesel im Vergleich zu Wasser zu erwarten?
4. Von welchen Größen hängt die Dichte ab?
5. Warum sollte beim Einfüllen  $T < 20 \text{ °C}$  sein?
6. Leiten Sie folgende Gleichung her:

$$\rho = \frac{(m_2 - m_1)}{V} + \rho_L \quad \text{mit } \rho_L = 1,20 \text{ kg/m}^3 \text{ (Dichte der Luft bei } 20 \text{ °C und 1 bar)} \quad (2)$$

(Beachten Sie, dass sich Wägungen im Vakuum und in der Luft voneinander unterscheiden!)

7. Wie groß ist der relative Fehler bei Vernachlässigung von  $\rho_L$  ?

## 1.2 Bestimmung der Siedeverläufe

### 1.2.1 Grundlagen

Der Normalsiedepunkt (auch Normalsiedetemperatur genannt) einer Flüssigkeit ist diejenige Temperatur, bei der der Dampfdruck der Flüssigkeit 1,013 bar (Normaldruck) erreicht. Reine Flüssigkeiten haben einen genau definierten Siedepunkt, Stoffgemische in der Regel einen Siedebereich. Mineralöle bestehen aus einem Gemisch von verschiedenen siedenden Kohlenwasserstoffen; folglich gibt es keinen klar definierten Siedepunkt. Im Benzin befinden sich Kohlenwasserstoffe, die normalerweise zwischen 4 und 10 C-Atome enthalten. Diesel besteht überwiegend aus C<sub>14</sub> bis C<sub>20</sub> - Kohlenwasserstoffen. Das Siedeverhalten dieser Mineralölprodukte kann als Siedekurve dargestellt werden. Diese liefert Aussagen über Qualität und motorische Verbrennungseigenschaften der Kraftstoffe. Beim Erstellen einer Siedekurve wird die Siedetemperatur in °C als Funktion der aufgefangenen Destillatmenge in Vol.-% aufgetragen. Die Bestimmung des Siedeverlaufes erfolgt nach der EN ISO 3405.

### 1.2.2 Aufgabenstellung

Der Siedeverlauf eines herkömmlichen Dieselkraftstoffs soll bestimmt werden.

### 1.2.3 Versuchsdurchführung

Abbildung 6 zeigt den Versuchsaufbau. In einen Destillierkolben werden 100 ml der Probe und einige Siedesteinchen eingefüllt (zur Vermeidung von Siedeverzügen!); dieser wird anschließend mit einem geeigneten Thermometer versehen. Das Kühlbad wird für die Aufnahme der Siedekurve von Diesel auf 40 - 60 °C temperiert. Die Probe wird danach so aufgeheizt, dass während des Destillationsvorgangs 5 ml Destillat pro Minute in der Vorlage aufgefangen werden können. Hierzu empfiehlt sich die Anwendung der an der Apparatur ausliegenden Aufheizanweisung. Die Siedetemperatur ist sowohl bei Siedebeginn und Destillationsende als auch während der Destillation bei jeder Zunahme der Destillatmenge um 5 ml abzulesen und zu notieren. Nach dem Ende der Destillation ist der Destillationsrückstand zu ermitteln. Die aufgefangene Destillatmenge, der Destillationsrückstand und der Destillationsverlust werden auf halbe Vol.-% gerundet angegeben.

#### Definitionen:

- Der Siedebeginn ist die Siedetemperatur, die beim Abfallen des ersten Destillattropfens in die Vorlage angezeigt wird.

- Die Destillation ist beendet, wenn:
  - a) der Siedepunkt oder Trockenpunkt erreicht ist und / oder
  - b) eine Siedetemperatur von 370 °C erreicht ist oder
  - c) unterhalb einer Siedetemperatur von 370 °C ein Zersetzungsbeginn (Krackbeginn) beobachtet wird (Auftreten von „Nebeln“ im Destillationskolben).
- Der Siedepunkt ist die höchste Siedetemperatur, die bei vorschriftmäßigem Erhitzen der letzten 5 Vol.-% der Probe angezeigt wird.
- Der Trockenpunkt ist die Siedetemperatur, die angezeigt wird, sobald der letzte Tropfen vom tiefsten Punkt des Kolbenbodens verdampft ist.

Geben Sie die aufgefangene Destillatmenge, den Destillationsrückstand und den Destillationsverlust auf halbe Vol.-% an.

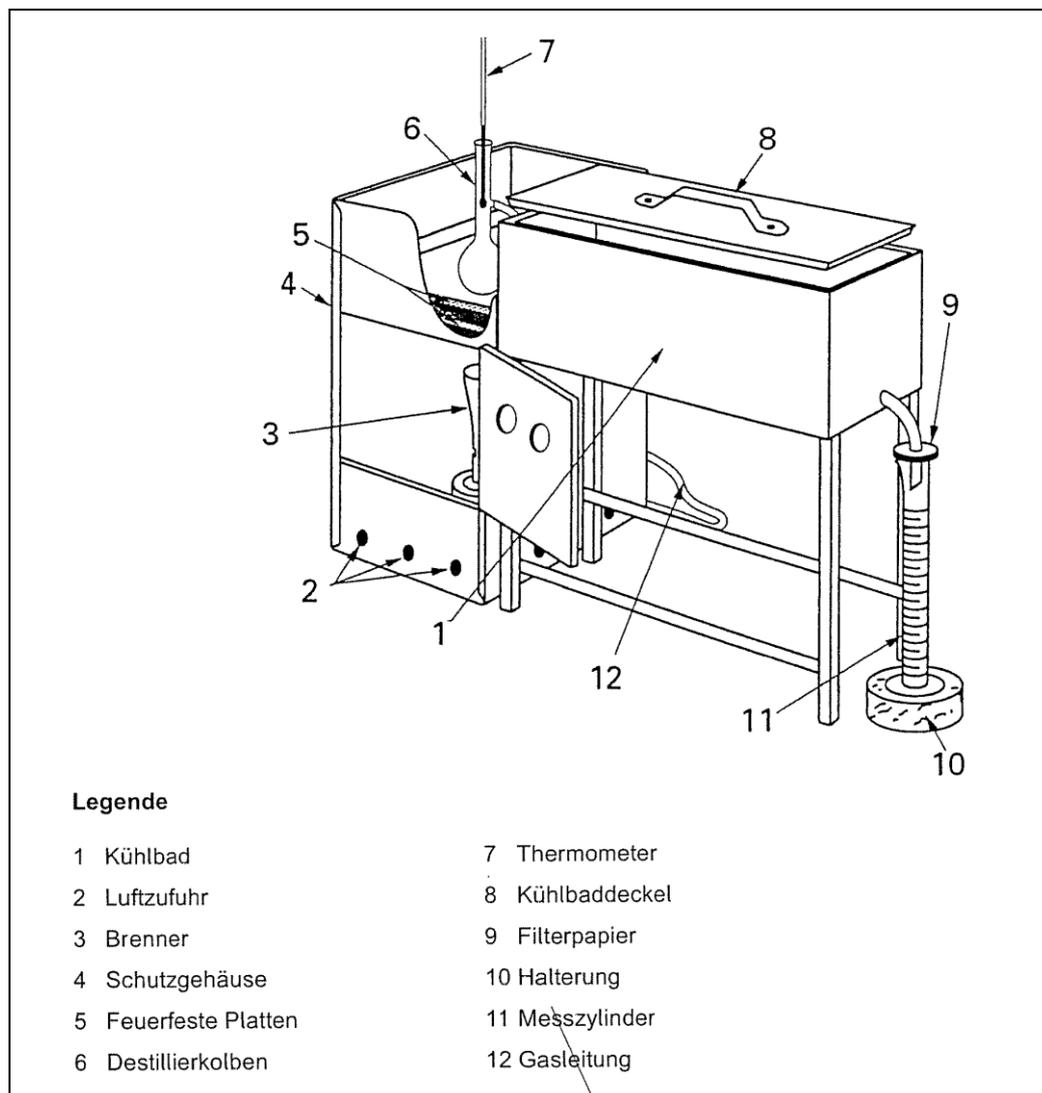


Abb. 6: Aufbau einer Engler-Destillation [EN ISO 3405]

**1.2.4 Kontrollfragen**

1. Woran lässt sich der Zersetzungsbeginn erkennen; welche Vorgänge laufen dabei ab?
2. Wie ist der Siedepunkt definiert?
3. Schätzen Sie die Siedepunkte (Temperaturen) für Wasser, Benzin und Diesel bei Normbedingungen!
4. Woraus bestehen Benzin und Diesel?
5. Was wird unter der Oktanzahl verstanden?
6. Ist der Siedeverlauf vom Luftdruck abhängig?

## 1.3 Bestimmung der Flammpunkte

### 1.3.1 Grundlagen

Der Flammpunkt gibt Auskunft über die Explosions- und Feuergefährlichkeit von Flüssigkeiten. Nach Cleveland ist der Flammpunkt die niedrigste Temperatur bei Normaldruck (1,013 bar), bei der sich über der Flüssigkeit bei den vorliegenden Bedingungen zündfähige bzw. explosive Brennstoff/Luft-Gemische bilden. Am Flammpunkt liegt eine Mindestkonzentration des Brennstoffes im Brennstoff/Luft-Gemisch vor, die der unteren Zündgrenze (= Explosionsgrenze) entspricht. Beim Erreichen der unteren Zündgrenze wird im Falle einer Zündung so viel Wärme freigesetzt, dass die Reaktion selbständig weitergetragen wird. An der oberen Zündgrenze steht nicht mehr genügend Sauerstoff zur Verfügung, um das vorliegende Gemisch "durchzuzünden".

Beispiel für die Zündgrenzen (Explosionsgrenzen) von Methan in Luft:

untere Zündgrenze:	4,4	Vol.-%
obere Zündgrenze:	16,5	Vol.-%.

### 1.3.2 Aufgabenstellung

Bestimmen Sie den Flammpunkt von Diesel im offenen Tiegel nach Cleveland (DIN ISO 2592).

**Achtung:** Versuchen Sie nicht, den Flammpunkt von Benzin zu bestimmen!

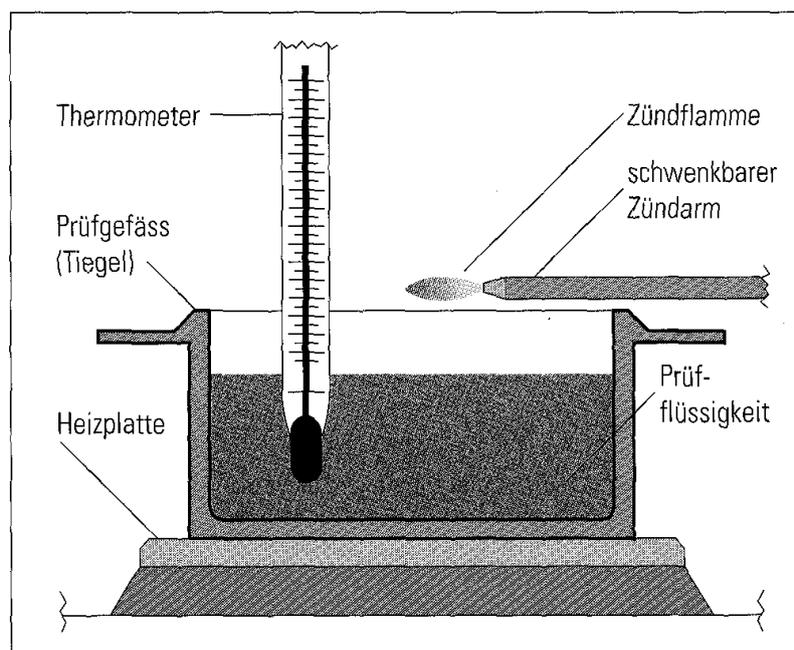


Abbildung 5: Apparatur zur Bestimmung des Flammpunktes nach Cleveland

[16.10.09 Internet: <http://www.pellmont.ch/deutsch/heft-1a/images/abb24.gif>]

### 1.3.3 Versuchsdurchführung

Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 5 dargestellt. Der Tiegel wird mit der Probe so weit gefüllt, dass der Meniskus der Probe genau mit der Strichmarke übereinstimmt. Die Probe wird mit konstanter Geschwindigkeit erwärmt, sodass die Flüssigkeit mit einer Aufheizrate von 5 - 6 K/min aufgeheizt wird (Aufheizeinleitung liegt aus). Spätestens ab 28 °C unterhalb des erwarteten Flammpunktes wird die Zündflamme jedes Mal dann über den Tiegel geführt, wenn das Thermometer um 2 °C gestiegen ist. Wenn auf der Oberfläche der Flüssigkeit erstmalig ein kurzes Aufflammen beobachtet wird, so wird die vom Thermometer abgelesene Temperatur als Flammpunkt festgehalten. Dieses erste Aufflammen darf nicht mit einer blauen Aureole (Lichtkranz) verwechselt werden, die sich manchmal schon bei Temperaturen deutlich unterhalb des Flammpunktes um die Zündflamme bildet.

Wenn der Luftdruck zur Zeit der Bestimmung kleiner als 953 mbar ist, so wird der gemessene Wert durch die der nachfolgenden Tabelle 1 zu entnehmende Berichtigung nach oben hin korrigiert.

Tabelle 1: Berichtigung des Flammpunktes nach DIN ISO 2592

Luftdruck mbar	Berichtigung °C
953 bis 887	2
886 bis 813	4
812 bis 733	6

### 1.3.4 Kontrollfragen

1. Wie ist der Flammpunkt definiert?
2. Erläutern Sie die Begriffe
  - a) untere Zündgrenze
  - und
  - b) obere Zündgrenze!
3. Wie lauten die Zündgrenzen von Methan in Luft?
4. Warum hängt der Flammpunkt vom Luftdruck ab?
5. Warum gibt es nur eine tabellierte Berichtigung für Luftdrücke unterhalb 953 mbar?
6. Warum dürfen Sie mit der vorhandenen Apparatur **unter keinen Umständen** den Flammpunkt von Benzin ermitteln?