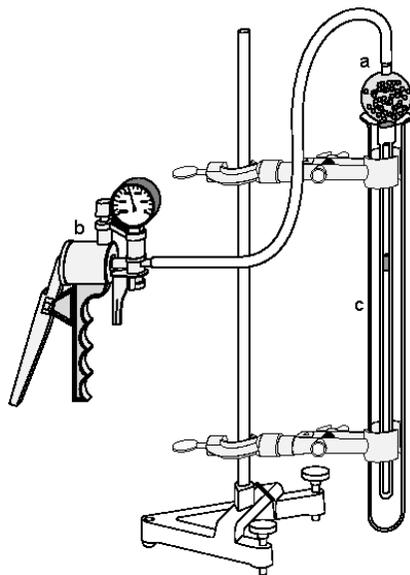


## Labor für Technische Physik

Prof. Dr.-Ing. Dieter Kraus, Dipl.-Ing. W.Pieper

### Versuch 10a:

## Druckabhängigkeit des Gasvolumens bei konstanter Temperatur (Gesetz von Boyle-Mariotte)



- a: Gasthermometer
- b: Vakuum-Handpumpe mit Manometer
- c: Stativ

### 1. Versuchsziele

Das Volumen  $V$  einer Luftsäule soll in Abhängigkeit vom Druck  $p$  bei konstanter Temperatur  $t$  aufgenommen werden um damit anschließend das Gesetz von *Boyle-Mariotte* zu bestätigen.

### 2. Theoretische Grundlagen

Der Zustand eines idealen Gases mit einer Gasmenge von  $n$  Molen ist durch die Messgrößen  $p$  (Druck),  $V$  (Volumen) und  $T$  (Temperatur) vollständig beschrieben. Die Abhängigkeit der drei Größen voneinander wird durch die Zustandsgleichung idealer Gase

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (1)$$

beschrieben und wobei  $R = 8,13 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$  die allgemeine Gaskonstante angibt.

Bleibt eine der Größen konstant, so können die beiden anderen nicht unabhängig voneinander variiert werden. So gilt z.B. für konstante Temperatur das Boyle-Mariotte Gesetz

$$p \cdot V = \text{const.} \quad (2)$$

vgl. hierzu auch Abb. 1

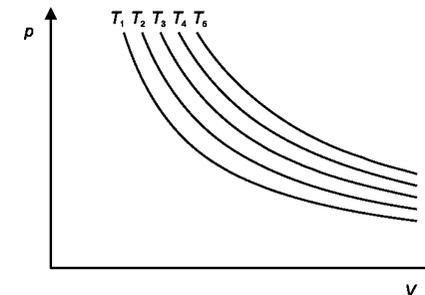


Abb. 1:  $pV$ -Diagramm eines idealen Gases bei konstanter Temperatur  $T$

Dieser Sachverhalt wird im Versuch durch Messungen mit dem Gasthermometer bestätigt. Das Gasthermometer besteht aus einem am unteren Ende abgeschmolzenen Glasrohr. Ein Pfropfen aus Quecksilber schließt die eingeschlossene Luftmenge nach oben ab. Die Luftmenge nimmt bei Außendruck  $p_0$  ein Volumen  $V_0$  ein, das durch den Quecksilberpfropfen abgeschlossen wird.

Durch Abpumpen von Luft bei Raumtemperatur mit einer Handpumpe wird auf der offenen Seite des Glasrohres ein Unterdruck  $\Delta p$  gegenüber dem Außendruck  $p_0$  erzeugt, so dass dort der Druck  $p_0 + \Delta p$  herrscht. Auf die eingeschlossene Luftmenge übt auch der Quecksilberpfropfen einen Druck

$$p_{Hg} = \rho_{Hg} \cdot g \cdot h_{Hg} \quad (3)$$

mit

$\rho_{Hg} = 13,6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ : Dichte von Quecksilber

$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ : Erdbeschleunigung

$h_{Hg}$ : Höhe des Quecksilberpfropfens

aus, sodass dort der Druck

$$p = p_0 + p_{Hg} + \Delta p \quad (4)$$

herrscht.

Der Druck  $p$  bestimmt das Volumen  $V$  der eingeschlossenen Luftsäule, welches aus dessen Höhe  $h$  und dem Innenquerschnitt des Glasrohres  $d = 2,7 \text{ mm}$  gemäß

$$V = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h \quad (5)$$

berechnet wird.

### 3. Versuchsaufbau

#### Geräteliste

1	Gasthermometer
1	Vakuum-Handpumpe mit Manometer
1	Kleiner Stativfuß, V-förmig
1	Stativstange, 47 cm
2	Muffen mit Klemme

#### Einsammeln der Quecksilberkügelchen:

- Das Gasthermometer aus dem Stativ nehmen mit der Handpumpe verbinden.
- Das Gasthermometer mit dem Schlauchanschluss nach unten halten und mit der Handpumpe den maximalen Unterdruck  $\Delta p$  erzeugen; dabei das Quecksilber als Tropfen in der Ausbauchung sammeln.
- Evtl. noch vorhandene kleine Quecksilberkügelchen durch leichtes Klopfen gegen das Glasrohr in die Ausbauchung bringen.

#### Hinweise:

Das Manometer der Handpumpe zeigt den Unterdruck  $\Delta p$  als negativen Wert an.

Ein kleines Quecksilberkügelchen, das am abgeschmolzenen Ende des Glasrohres hängen bleibt, beeinträchtigt nicht die Messergebnisse.

#### Einstellung des Ausgangsvolumens $V_0$ :

- Das Gasthermometer langsam in die Gebrauchslage drehen (Schlauchanschluss nach oben), und das Quecksilber in das Glasrohr fließen lassen.
- Durch behutsames Öffnen des Belüftungsventils der Handpumpe den Unterdruck  $\Delta p$  langsam auf 0 bar reduzieren, sodass sich das Quecksilber als zusammenhängender Pfropfen langsam nach unten verschiebt.
- Nun das Gasthermometer in das Stativrohr stellen.

#### Hinweis:

Wenn bei zu heftiger Belüftung oder infolge Erschütterung der Quecksilberpfropfen zerspringt, das Quecksilber erneut wie oben beschrieben einsammeln.

### 4. Versuchsdurchführung

- Ermitteln Sie zunächst den Außendruck  $p_0$ .
- Die Höhe  $h_{Hg}$  des Quecksilberpfropfens auf der Skala des Gasthermometers ablesen.
- Mit der Handpumpe den Unterdruck  $\Delta p$  erzeugen und schrittweise steigern und jeweils Höhe  $h$  der Luftsäule ablesen und zusammen mit  $\Delta p$  notieren.

### 5. Auswertung

- Darstellung des Druckes  $p$  in Abhängigkeit des Volumens  $V$ .
- Erläutern Sie die Messergebnisse bezüglich des Gesetzes von Boyle-Mariotte.

Literatur

[1] Hering, Martin, Stohrer: Physik für Ingenieure, Springer-Lehrbuch

[2] Gerthsen Physik, Springer-Verlag