

**Ziel:**

Es soll mit verschiedenen Methoden die Dichte von Stoffen bestimmt werden. Die Methoden sollen bezüglich ihrer Genauigkeit bewertet werden.

**Methoden:**

- A: Dichte von festen Stoffen  
1. aus Masse und Volumen  
2. mit der hydrostatischen Waage/Jollysche Federwaage
- B: Dichte von Flüssigkeiten  
Relative Dichte von Flüssigkeiten mit der Mohrschen Waage
- C: Dichte von Gasen  
Luftdichte

**Erläuterungen:**

Zu beachten sind die zur Dichte ähnlichen Größen wie das spezifische Gewicht (Wichte).

Zur Vorbereitung gehört der Überblick über die verschiedenen Methoden der Dichtebestimmung. Im Praktikum wird eine Versuchsgruppe A, B oder C durchgeführt.

Wahl:

**Theorie:**

Masse, Gewicht, Kraft, Länge, Fläche, Volumen, Dichte, Wichte, Stoff-Körper, Eigenschaften von Stoffen, Aggregatzustände, Auftrieb in Flüssigkeiten, Hooke'sches Gesetz.

**Literatur:**

Physikalisches Praktikum: Walcher S. 49 ff.; Westphal S. 26 ff.

**Geräte:**

- |  |  |
|--|--|
| Laborwaage (Mettler/Steiniegger)                   | - verschiedene Probekörper                                 |
| Messzylinder                                       | - geeichte Gewichtstücke zur Bestimmung der Federkonstante |
| Schieblehre  | - Mohrsche Waage: verpackt in blauem Koffer                |
| Mikrometerschraube                                 | - Probeflüssigkeiten (Alkohol, Glycerin, Wasser)           |
| Jollysche Federwaage                               | - Glaskolben für die Luftdichte (mit Korkring)             |
| - Stativ hoch mit Skala                            | - Vakuumpumpe  |
| - Halter für Schraubenfeder                        |  |
| - Tablar mit Tragebalken zur Befestigung am Stativ |  |
| - Schraubenfeder                                   |  |
| - Becherglas klein                                 |  |

Name: ..... Klasse: **Tc 3/4** Datum: .....

**Beurteilung:**

Auswertung .....

Genauigkeit .....

Fehlerrechnung/Fehlerdiskussion .....

Protokollführung .....

Summe .....

## Grundlagen:

Die Dichte eines Stoffes wird aus Masse und Volumen eines homogenen Körpers bestimmt, der aus diesem Stoff besteht. Die Dichte ist definiert als das Verhältnis von Masse  $m$  und Volumen  $V$ :

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

Durch Messen der Masse und des Volumens eines homogenen Körpers kann somit die Dichte bestimmt werden.

Andererseits gibt es indirekte Verfahren, so z.B. die Dichtebestimmung mit der Auftriebswaage. Dabei wird einmal die Masse (das Gewicht) des Festkörpers in Luft, das andere Mal die Masse (das Gewicht) bei Eintauchen des Festkörpers in Flüssigkeit bestimmt. Bei der zweiten Messung ist der Messwert um den Auftriebswert vermindert.

$$(2) \quad F_A = \rho_{\text{Fl}} V g \quad (F_A = \text{Auftrieb}, \rho_{\text{Fl}} = \text{Dichte der Flüssigkeit})$$

Andererseits gilt für den Auftrieb  $F_A$ :

$$(3) \quad F_A = G - G_{\text{Fl}} = V g - \rho_{\text{Fl}} V g = ( \rho - \rho_{\text{Fl}} ) V g \\ (G_{\text{Fl}} = \text{Gewicht des Körpers in Flüssigkeit eingetaucht})$$

Aus den Gleichungen (1), (2) und (3) kann  $V$  eliminiert werden und man erhält für die Dichte des festen Stoffes:

$$(4) \quad \rho = \frac{G}{G - G_{\text{Fl}}} \rho_{\text{Fl}} \quad \text{oder gekürzt durch } g: \quad \rho = \frac{m}{m - m_{\text{Fl}}} \rho_{\text{Fl}}$$

## Messmethoden und Messgeräte:

### Masse und Gewicht:

Mit der elektronischen Waage von Steinegger können Massen bis 3200 g gemessen auf 0,1g, mit der Waage von Mettler bis 4100g auf 0,1 bzw. im DeltaRange-Bereich von 800 g auf 0,01 g genau gemessen werden. Bei der Bestimmung von Masse und Gewicht von Körpern mit sehr kleiner Dichte ist eventuell der Auftrieb in Luft zu berücksichtigen.

### Volumsmessung:

Die Volumsmessung mit Überlaufgefäß und Messzylinder ist nur so genau, als der Messzylinder seine Ablesegenauigkeit hat. Andererseits kann das Volumen eines regelmässigen Körpers durch Längenmessung und Berechnung ermittelt werden. Mit Schieblehre oder Mikrometerschraube kann man eine bessere Genauigkeit erzielen. Beim Ablesen am Messzylinder ist auf Meniskusfehler und Parallaxenfehler zu achten.

## Durchführung des Experiments:

### A: Dichte von festen Stoffen

#### 1. Dichte fester Stoffe aus Masse und Volumen

Aus Masse und Volumen soll die Dichte eines Stoffes bestimmt werden.

#### 2. Jollysche Federwaage

In einem Vorversuch wird die Federkonstante der Schraubenfeder bestimmt. Durch Anhängen von geeichten Massestücken kann eine Federverlängerung bewirkt werden, welche dann gemessen wird. (Hookesches Gesetz:  $F = D \cdot s$ )

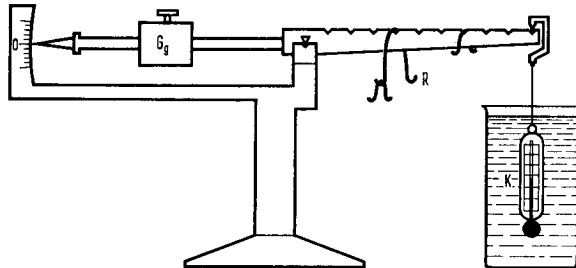
Nun wird der Probekörper an die Feder gehängt und die Auslenkung gemessen. Von unten her wird jetzt das mit Flüssigkeit bekannter Dichte gefüllte Becherglas nach oben geschoben, bis der Probekörper vollständig eintaucht. Jetzt bewirkt der Auftrieb in der Flüssigkeit eine Verkleinerung der Federdehnung. Dieser Wert der Federdehnung wird ebenfalls gemessen.

#### 3. Genaue Dichtebestimmung

Versuch 2 kann verbessert werden. Es ist dabei an den Einsatz besserer Messmittel gedacht, wobei die Grundidee erhalten bleiben soll. Machen Sie einen Vorschlag zur Verbesserung der Genauigkeit und erheben Sie eine Messserie. (Ziel: max. 1% Abweichung)

## B: Relative Dichte von Flüssigkeiten/Mohrsche Waage

An der Mohrschen Waage wird ein Schwimmer aus Glas angehängt, der bei Eintauchen in verschiedene Flüssigkeiten jeweils einen verschiedenen Auftrieb erfährt. Ist die Dichte einer Flüssigkeit bekannt, kann man die Dichte der anderen bestimmen.



R Reiter; K Auftriebskörper (mit Thermometer),  $G_g$  Gegengewicht

Der Glaskörper erfährt in den verschiedenen Flüssigkeiten den Auftrieb  $F_{A1} = \rho_1 V g$  bzw.  $F_{A2} = \rho_2 V g$ . Somit ist das Verhältnis der Dichten gleich dem Verhältnis der Auftriebswerte. Zum Austarieren der Waage werden die Reiter an den Kerbstellen aufgelegt. Die Reiter sind so gebaut, dass man an derselben Stelle auch mehrere Reiter anhängen kann. Um die verschiedenen Abstände vom Drehpunkt zu berücksichtigen, wird jeweils das Gesamtdrehmoment, welches durch die Reiter erzeugt wird, berechnet. In Luft erhält man den Wert  $M_0$ , bei eintauchen in die Flüssigkeiten die Werte  $M_1$  und  $M_2$ . Für den Auftrieb in der Flüssigkeit ist  $M_1 - M_0$  bzw.  $M_2 - M_0$  ein Mass. Da es nur auf den Quotienten ankommt, spielt die Masseinheit dieser Drehmomentenwerte keine Rolle. So kann man die Dichte der unbekanntenen Flüssigkeit mit folgender Gleichung berechnen:

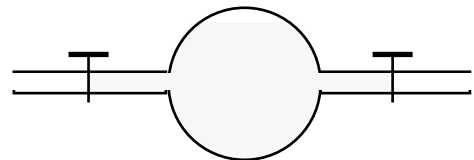
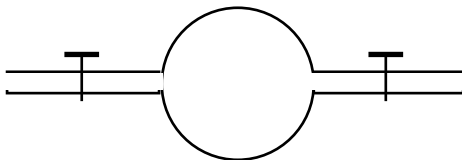
$$(5) \quad \frac{1}{2} = \frac{M_1 - M_0}{M_2 - M_0}$$

Wiederholen Sie die Messung mehrere Male mit der vom Praktikumsleiter angegebenen Probenflüssigkeit. Als Referenzflüssigkeit kann Wasser verwendet werden. Achtung: Geben Sie bei jeder Messung die Temperatur an!.

## C: Luftdichte

Grundsätzlich soll die Dichte aus Masse und Volumen bestimmt werden. Der Glaskolben mit zwei Öffnungen ist mit Luft gefüllt. Bestimmen Sie die Masse ( $m_{GL}$ ). Nun wird der Kolben evakuiert (etwas Luft bleibt immer im Kolben!) und die Masse wird neuerlich gemessen ( $m_G$ ). Als Differenz ergibt sich die Masse der herausgepumpten Luft.

Anschliessend lässt man Wasser in den evakuierten Glaskolben eindringen. Es wird soviel Wasser eindringen als Luft bei gegebenem Luftdruck herausgepumpt worden war. Eine Messung der Masse ( $m_{GW}$ ) ermöglicht die Bestimmung des Volumens der evakuierten Luft ( $V_L = V_W$ ). Jetzt kann die Dichte berechnet werden. (Genauigkeit 1%)



*Achtung: Beim Abpumpen von Wasserdampf muss die Vakuumpumpe warmgelaufen sein. Ausserdem ist das Gasballastventil einzuschalten (Stellung 1).*