

## 1.7 Aräometer

### 1 Einführung

Die Dichte eines Materials ist als Quotient von Masse und Volumen definiert. Ihre experimentelle Bestimmung erfordert in der Regel eine messtechnische Erfassung von Masse und Volumen, die mit teilweise umständlichen Arbeitsvorgängen verbunden sein kann.

Bei Flüssigkeiten lässt sich die Dichte - zumindest für die Alltagspraxis - auf eine etwas bequemere Weise ermitteln, indem man die Gesetzmäßigkeiten der Hydrostatik ausnutzt. Danach taucht ein Körper, der in einer Flüssigkeit schwimmt, bis zu einer ganz bestimmten Tiefe  $h$  ein, die von den Dichtewerten des Körpers und der Flüssigkeit abhängt. Hierzu benutzt man ein Aräometer, das auch als Senkwaage bezeichnet wird. Ein Aräometer ist ein luftgefüllter, stabförmiger Tauchkörper aus Glas, dessen unteres Ende mit einem Gewicht (vielfach Bleischrot) beschwert ist. Dieser Körper taucht in eine Flüssigkeit bis zu einer bestimmten Tiefe ein, und die über die Flüssigkeitsoberfläche hinausragende Höhe  $h$  ist dann ein Maß für die Dichte  $\rho$  der untersuchten Flüssigkeit. Der Kehrwert der Dichte  $1/\rho$  hängt bei geeigneter Form des Gerätes linear zusammen mit der Höhe  $h$ , die das Aräometer aus der Flüssigkeit ragt:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{V}{M} - \frac{A}{M} \cdot h. \quad (1)$$

Dabei sind  $V$  = Gesamtvolumen,  $M$  = Gesamtmasse und  $A$  = Querschnitt des Aräometers im Skalenbereich von  $h$ .

#### Aufgabe:

- 1.1 Leiten Sie Gleichung (1) her.

### 2 Kalibrierung des Aräometers

Das Aräometer kann durch Rechnung oder experimentell durch Messungen in Flüssigkeiten mit bekannter Dichte kalibriert werden.

#### Aufgaben:

- 2.1 Bestimmen Sie das Volumen  $V$  des Aräometers experimentell durch Verdrängungsmessung und geben Sie den dabei entstehenden Fehler an.

Im Prinzip kann man das Volumen auch mit Hilfe der in der Skizze (Abb. 1) angegebenen Abmessungen rechnerisch ermitteln. Aber da das Aräometer von einem Glasbläser angefertigt wurde und daher relativ große Abweichungen von den Sollwerten aufweist, würde der Fehler hierbei größer ausfallen.

- 2.2 Berechnen Sie nun die Gesamtmasse  $M$  des Aräometers. Im vorliegenden Versuch soll das Aräometer für Messungen in verschiedenen Alkohol-Wasser-Gemischen verwendet werden. Die Masse  $M$  ist so zu wählen, dass der Dichteunterschied zwischen Wasser und Alkohol (Werte s. Abb. 2) der maximalen Skalenlänge von  $\Delta h = 147$  mm entspricht. Stellen Sie diesen Wert durch Einfüllen von Stahlkugeln in das Aräometer bei gleichzeitiger Wägung ein.

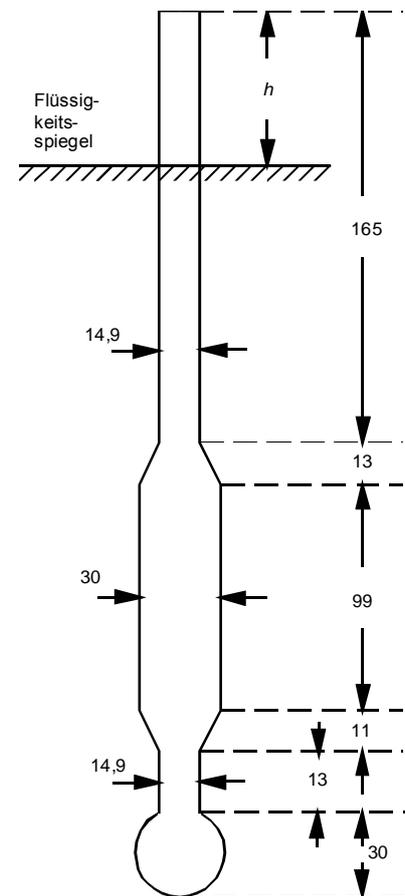


Abb. 1 : Abmessungen des Aräometers

**Vorsicht:** Achten Sie beim Einfüllen der Kugeln darauf, dass das Aräometer nicht beschädigt wird!

2.3 Berechnen Sie mit den eingestellten Werten entsprechend Gl. (1) eine theoretische Kalibriergerade:

$$\frac{1}{\rho} = a_0 - a_1 \cdot h. \quad (2)$$

Bestimmen Sie  $a_0$  und  $a_1$ , tragen Sie diese in ein Diagramm ein und zeichnen Sie die Fehlerbalken.

### 3 Messungen an verschiedenen Flüssigkeiten

Über die Dichtebestimmung mit dem Aräometer soll der Alkoholgehalt von vier Alkohol-Wasser-Gemischen (A, B, C, D) mit verschiedenen Konzentrationen ausgemessen werden

#### Aufgaben:

- 3.1 Messen Sie mit dem Aräometer die Werte für  $h$  in den Flüssigkeiten A, B, C und D und bestimmen Sie mit Hilfe der Kalibriergeraden die dazugehörigen Werte der  $1/\rho$  und  $\rho$ .
- 3.2 Geben Sie danach mit Hilfe des Diagramms in Abb.2 den Alkoholgehalt mit Fehlern als Masse- und Volumenanteil in Prozent an.
- 3.3 Für kleine Werte von  $h$  kann man statt der Gl. (1) die folgende praktische Näherung benutzen:

$$\rho = b_0 + b_1 \cdot h. \quad (3)$$

Tragen Sie entsprechend der Näherungsformel (2) die Werte von  $\rho$  als Funktion von  $h$  in einer Grafik auf, bestimmen Sie  $b_0$  und  $b_1$  und beurteilen Sie die Genauigkeit dieser Darstellung.

**Hinweis:** Säubern Sie das Aräometer jedesmal, bevor Sie es in ein Gemisch tauchen. Verschließen Sie die Standzylinder sofort nach Gebrauch.

#### Literatur:

Meschede: Gerthsen Physik  
Hering, Martin, Stohrer: Physik für Ingenieure