

## Dichtebestimmung an Flüssigkeiten mit dem Senkkörper

### Versuchsziele

- Bestimmung der Dichte von reinem Wasser.
- Bestimmung der Dichte von Ethanol-Wasser-Lösungen in Abhängigkeit von der Volumenkonzentration des Ethanol.

### Grundlagen

Für die Dichte  $\rho$  von Stoffen gilt unabhängig vom Aggregatzustand:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

mit  $m$ : Masse  
 $V$ : Volumen

Zur Bestimmung der Dichte von Flüssigkeiten kann der Auftrieb auf einen Körper mit bekanntem Volumen bestimmt werden. Der Körper erfährt beim Eintauchen in die Flüssigkeit eine nach oben gerichtete Auftriebskraft und verliert dadurch scheinbar an Gewicht. Die Auftriebskraft ist dem Betrag nach der Gewichtskraft der vom Körper verdrängten Flüssigkeit gleich und damit proportional zur Dichte der Flüssigkeit  $\rho_{\text{Fl}}$ :

$$F_A = \rho_{\text{Fl}} \cdot V \cdot g$$

mit

$F_A$ : Auftriebskraft  
 $g$ : Erdbeschleunigung

Der scheinbare Gewichtsverlust  $F$  wird bei der Hydrostatischen Waage durch zusätzliches Auflegen von Massestücken  $m$  auf die Waagschale ausgeglichen:

$$F = m \cdot g.$$

Mit der so bestimmten Masse  $m$  und dem bekannten Volumen  $V$  des im Versuch verwendeten Senkkörpers kann daraus die Dichte der Flüssigkeit berechnet werden.

Im Versuch wird die Mischung bzw. Lösung zweier Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Dichten  $\rho_1$  und  $\rho_2$  untersucht. Für die Volumenkonzentration  $c$  gilt:

$$c = \frac{V_1}{V_1 + V_2}$$

Für die Massen der Teilvolumina  $V_1$  und  $V_2$  gilt:

$$m_1 = \rho_1 \cdot V_1 \text{ bzw. } m_2 = \rho_2 \cdot V_2$$

Und damit für die Masse der Mischung:

$$m = m_1 + m_2 = \rho_1 \cdot V_1 + \rho_2 \cdot V_2$$

Damit ergibt sich für die Dichte der Mischung:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2}$$

oder

$$\rho = \frac{\rho_1 \cdot V_1 + \rho_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2}$$

oder

$$\rho = \rho_1 \cdot \frac{V_1}{V_1 + V_2} + \rho_2 \cdot \frac{V_2}{V_1 + V_2}$$

bzw. mit der Konzentration  $c$ :

$$\rho = \rho_1 \cdot c + \rho_2 \cdot (1 - c)$$

oder

$$\rho = (\rho_1 - \rho_2) \cdot c + \rho_2$$

Im Versuch werden Lösungen mit Ethanol und Wasser hergestellt.

**Geräte**

1	Hydrostatische Waage .....	315 011
1	Wägesatz, 10 mg bis 200 g .....	389 30
1	Senkkörper .....	362 025
2	Messzylinder 100 ml, Kunststofffuß .....	665 754
1	Rührthermometer, -30...+110 °C/1 K .....	382 21
1	Ethanol-Lösungsmittel, 1 l .....	671 972

**Versuchsaufbau***Hinweis:*

Hydrostatische Waage an einem Platz aufstellen, der möglichst frei von Erschütterung, Wärmeeinstrahlung und Luftbewegungen ist.



Abb.1 : Hydrostatische Waage mit einem kurzen und einem langen Waagbügel

- Hydrostatische Waage mit einem langen und einem kurzen Waagbügel aufbauen und Waagschalen auflegen.
- Den Waagbalken so weit nach oben verschieben, dass der Senkkörper unter die Waagschale mit kurzem Bügel gehängt werden kann.
- Vorsichtig den trockenen Senkkörper anhängen, auf die andere Waagschale Massestücke mit 30 g (20g + 10 g) auflegen.
- Hydrostatische Waage mit Hilfe der Tariermuttern ausrichten, so dass der Zeiger auf die Mittenstellung der Skala weist.

**Durchführung***Hinweis:*

Unvollständiges Eintauchen des Senkkörpers in die Messflüssigkeit, Reibung des Senkkörpers an der Wand des Messzylinders, Luftblasen am Senkkörper und Flüssigkeitstropfen an der Aufhängung des Senkkörpers können das Messergebnis verfälschen.

**a) Messung an Wasser**

- Ca. 90 ml (destilliertes) Wasser in einen Messzylinder einfüllen.
- Temperatur des Wassers messen.  
Messzylinder unter den kurzen Waagbügel stellen.
- Senkkörper vorsichtig in den Messzylinder hängen und den Messzylinder so verschieben, dass der Senkkörper frei hängt.
- Waagbalken vorsichtig nach unten verschieben, so dass der Senkkörper vollständig eintaucht.
- Auf die Waagschale mit kurzem Bügel Massestücke auflegen, bis der Zeiger wieder auf die Mittenstellung der Skala weist. Dabei ggf. Höhe des Waagbalkens korrigieren.

**b) Messung an Ethanol-Wasser-Lösungen:**

- Messung zunächst mit reinem Ethanol und anschließend mit Ethanol-Wasser-Lösungen wiederholen.
- Zum Ansetzen einer Ethanol-Wasser-Lösung mit einer gewünschten Volumenkonzentration  $c$  des Ethanol folgendermaßen vorgehen:  
Einen Messbecher mit Ethanol mit dem Volumen  
$$V_1 = c \cdot 100 \text{ ml}$$
füllen.  
Den zweiten Messbecher mit Wasser mit dem Volumen  
$$V_2 = (1 - c) \cdot 100 \text{ ml}$$
füllen.  
Beide Flüssigkeiten vorsichtig in einem der beiden Messzylinder mischen.  
Anschließend etwa 90 ml der Lösung in den anderen Messzylinder füllen.
- Dazu Senkkörper und Messzylinder jeweils sorgfältig reinigen.

*Hinweis: Der Verbrauch an Ethanol wird deutlich reduziert, wenn innerhalb einer Versuchsreihe Konzentrationen geeignet halbiert werden, z.B. durch Mischen von 50 ml einer Lösung mit 50 ml Wasser.*

*Folgende Verdünnungen sind möglich:*

$$c = 1 \rightarrow c = 0,5;$$

$$c = 0,8 \rightarrow c = 0,4 \rightarrow c = 0,2 \rightarrow c = 0,1$$

$$c = 0,6 \rightarrow c = 0,3$$

**Versuchsbeispiele**

**a) Messung an Wasser**

Temperatur:  $T = 20\text{ °C}$

Aufgelegte Masse:  $m = 9,98\text{ g}$

**b) Messung an Ethanol-Wasser-Lösungen:**

Tab. 1: Messergebnisse

	Konzentration	Aufgelegte Masse
	$c$	$\frac{m}{g}$
Wasser	0	9,98
	0,1	9,84
	0,2	9,72
	0,3	9,60
	0,4	9,43
	0,5	9,24
	0,6	9,02
	0,7	8,79
	0,8	8,52
	0,9	8,24
Ethanol	1	7,89

**Auswertung:**

Das Volumen des Senkkörpers beträgt  $V = 10\text{ cm}^3$ .

**a) Wasser**

Damit ergibt sich die Dichte von Wasser zu

$$\rho_{\text{Wasser}} = \frac{m}{V} = 0,998 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Tab 2: Literaturwerte für Wasser

Temperatur	Dichte
$T$ $^{\circ}\text{C}$	$\frac{\rho}{\text{g}}/\text{cm}^3$
16	0,9989
18	0,9986
20	0,9982
22	0,9978
24	0,9973
26	0,9968
28	0,9962
30	0,9956

Damit stimmt das Messergebnis im Rahmen der Messgenauigkeit (10 mg) sehr gut mit dem Literaturwert überein.

**b) Ethanol-Wasser-Lösungen**

Die Dichte von reinem Ethanol ergibt sich in sehr guter Übereinstimmung mit dem Literaturwert zu:

$$\rho_{\text{Ethanol}} = 0,789 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

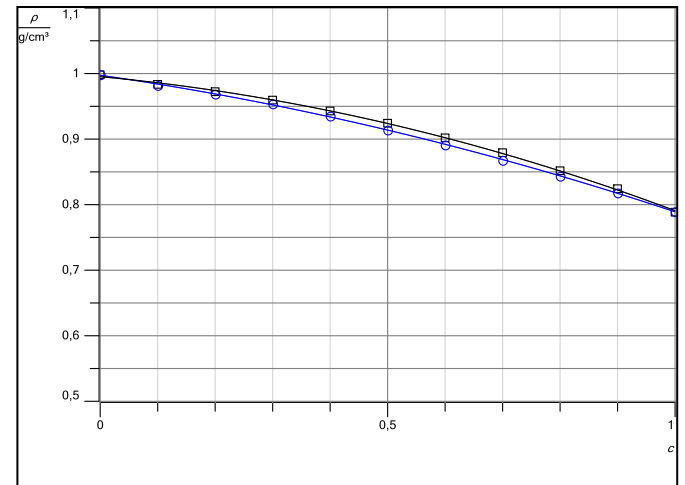


Diagramm: Dichte in Abhängigkeit von der Konzentration (Quadrate: gerechnete Werte, Kreise: Literaturwerte für  $T = 20\text{ °C}$ )

*Hinweise:*

Die Volumenkonzentration bei der Erstellung einer Lösung wurde für die Berechnung der Konzentration nicht berücksichtigt. Das Volumen der Lösung entspricht nicht der Summe der beiden Einzelvolumina, so ergibt sich z.B. für die Konzentration  $c = 0,5$  rechnerisch der Mittelwert der beiden Dichten zu

$$\rho_{0,5} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} = 0,894 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Der gemessene Wert

$$\rho_{0,5} = 0,924 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

ist größer, da das sich tatsächliche ergebene Volumen kleiner ist.

Ethanol-Lösungsmittel enthält üblicherweise schon einen kleinen Anteil Wasser.