

Bestimmung der Dichte einer Flüssigkeit mit dem Pyknometer

Versuchsprotokoll

Tobias Brinkert
eMail: <t.brinkert@semibyte.de>
Homepage: <www.semibyte.de>

27.05.2005
Version: 1.3

Inhaltsverzeichnis

1. Meßprinzip	2
2. Versuchsaufbau	2
3. Verwendete Meßgeräte	2
4. Untersuchte Gegenstände	3
5. Meßprotokoll / berechnete Ergebnisse	3
6. Versuchsbeschreibung	3
7. Auswertung / Berechnung der Ergebnisse	3
7.1 Bestimmung der Dichte des Wassers	3
7.2 Bestimmung der Dichte der Flüssigkeit	4
8. Fehlerabschätzung	5
9. Endergebnis	5

1. Meßprinzip

Mit Hilfe des Pyknometers sind Volumen und Masse der Flüssigkeit zu bestimmen. Hierfür muß man drei Wägungen durchführen:

- die Masse des leeren, trocknen Pyknometers,
- die Masse des mit Wasser gefüllten Pyknometers und
- die Masse des mit der unbekanntenen Flüssigkeit gefüllten Pyknometers.

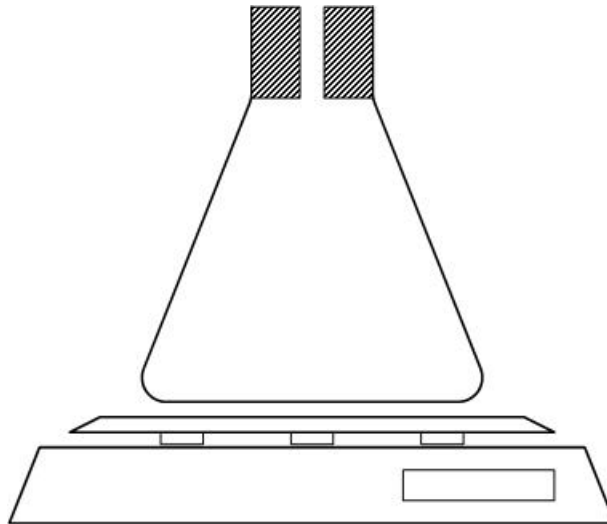
Zur Dichtebestimmung des Wassers muß noch die Temperatur gemessen werden, um mit Hilfe einer Dichtetabelle die Dichte des Wassers zu ermitteln. Die Dichte eines Stoffes ist der Quotient aus Masse und Volumen:

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

Das Volumen des Pyknometers ist der Quotient aus der Masse des Wassers ($m_1 - m_0$) und der Dichte des Wassers ρ_W . Die Dichte der Flüssigkeit bei ihrer jetzigen Temperatur ist der Quotient aus ihrer Masse ($m_2 - m_0$) und des Volumens des Pyknometers. Daraus ergibt sich als Formel für die Dichte der Flüssigkeit:

$$\rho = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \rho_W$$

2. Versuchsaufbau



3. Verwendete Meßgeräte

Waage: Meßbereich 0 – 160 g; Genauigkeit $\pm 0,0001$ g

Thermometer: Meßbereich $(-55 - +180)^\circ\text{C}$; Genauigkeit $\pm 0,1^\circ\text{C}$

4. Untersuchte Gegenstände

- unbekannte Flüssigkeit (Nr. 1.1)
- destilliertes Wasser
- Pyknometer; $V_P = 47,173 \text{ cm}^3$ bei $20,1^\circ\text{C}$ (Nr. 237)

5. Meßprotokoll / berechnete Ergebnisse

i	$m_0 [g]$	$m_1 [g]$	$m_2 [g]$	$\vartheta_W [^\circ\text{C}]$	$\rho_W [\frac{g}{\text{cm}^3}]$	$\rho_F [\frac{g}{\text{cm}^3}]$
1	36,2212	83,2335	84,9651	23,0	0,997540	1,03428
2	36,2201	83,2308	84,9545	23,1	0,997516	1,03409
3	36,2201	83,2318	84,9553	23,1	0,997516	1,03409
4	36,2210	83,2435	84,9330	22,9	0,997563	1,03341
5	36,2214	83,2383	84,9423	22,8	0,997586	1,03374

i = Anzahl der Messung

m_0 = Masse des leeren, trocknen Pyknometers in g

m_1 = Masse des mit Wasser gefüllten Pyknometers in g

m_2 = Masse des mit der Flüssigkeit gefüllten Pyknometers in g

ϑ_W = Temperatur des Wassers in $^\circ\text{C}$

ρ_W = Dichte des Wassers in gcm^{-3}

ρ_F = Dichte der Flüssigkeit in gcm^{-3}

6. Versuchsbeschreibung

Zuerst bestimmt man die Masse m_0 des leeren, trockenen Pyknometers. Anschließend füllt man das Pyknometer mit Wasser auf und mißt die Temperatur ϑ_W des Wassers. Nun wägt man die Masse m_1 des Pyknometers und spült es danach mit der unbekanntenen Flüssigkeit aus. Jetzt wird die Masse m_2 des Pyknometers mit der Flüssigkeit gewogen. Darauf folgend kann man nun die Dichte des Wassers durch interpolieren (Basis: Kuchling S. 619, Tabelle 15), die Dichte der Flüssigkeit mit Hilfe der Formel $\rho_F = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \rho_W$ ermitteln und einen Arbeitsbericht mit Fehlerrechnung durchführen.

7. Auswertung / Berechnung der Ergebnisse

7.1 Bestimmung der Dichte des Wassers

- bei i_1 Tabellenwert aus dem Kuchling, S. 619 Tabelle 15

- bei $i_2 - i_5$ durch interpolieren ermitteln
Beispielrechnung für i_2 :

$$\begin{aligned} \Delta\vartheta_1 &\equiv \Delta\rho_1 \\ \Delta\vartheta_2 &\equiv \Delta\rho_2 \\ \Delta\vartheta_1\Delta\rho_2 &= \Delta\vartheta_2\Delta\rho_1 \\ \Delta\rho_2 &= \frac{\Delta\vartheta_2}{\Delta\vartheta_1}\Delta\rho_1 \\ \Delta\rho_{(23,1^\circ C)} - 0,997540\frac{g}{cm^3} &= \frac{23,1^\circ C - 23^\circ C}{24^\circ C - 23^\circ C} \left(0,997299\frac{g}{cm^3} - 0,997540\frac{g}{cm^3} \right) \\ \rho_{(23,1^\circ C)} &= \frac{0,1K}{1K} \left(-0,000241\frac{g}{cm^3} \right) + 0,997540\frac{g}{cm^3} \\ \rho_{(23,1^\circ C)} &= 0,997616\frac{g}{cm^3} \end{aligned}$$

7.2 Bestimmung der Dichte der Flüssigkeit

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

Für das Volumen des Pyknometers gilt, daß es der Quotient aus der Masse des eingefüllten Wassers und der Dichte des Wassers ist. Die Masse des Wassers ist die Differenz aus der Masse des mit Wasser gefüllten Pyknometers und des leeren, trocknen Pyknometers.

Daraus folgt:

$$\begin{aligned} m &= m_1 - m_0 \\ V &= \frac{m}{\rho_W} \\ V &= \frac{m_1 - m_0}{\rho_W} \end{aligned}$$

und in die Dichteformel eingesetzt:

$$\rho_F = \frac{m}{m_1 - m_0} \rho_W$$

Die Masse der Flüssigkeit errechnet sich aus der Differenz der Masse des mit der unbekanntenen Flüssigkeit gefüllten Pyknometers und der Masse des leeren, trocknen Pyknometers.

$m = m_2 - m_0$ in die Dichteformel eingesetzt: $\rho_F = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \rho_W$.

Beispielrechnung für i_1 :

$$\begin{aligned} \rho_F &= \frac{84,9651g - 36,2212g}{83,2335g - 36,2212g} * 0,997540\frac{g}{cm^3} \\ \rho_F &= 1,03428\frac{g}{cm^3} \end{aligned}$$

8. Fehlerabschätzung

i	$\frac{\rho_F}{gcm^{-3}}$	$\frac{v}{gcm^{-3}}$	$\frac{v^2}{g^2cm^{-6}}$
1	1,0343	+0,0004	$0,16 * 10^{-6}$
2	1,0341	+0,0002	$0,04 * 10^{-6}$
3	1,0341	+0,0002	$0,04 * 10^{-6}$
4	1,0334	-0,0005	$0,25 * 10^{-6}$
5	1,0337	-0,0002	$0,04 * 10^{-6}$

$$\begin{aligned}\overline{\rho_F} &= 1,0339 gcm^{-3} \\ \sum v^2 &= 0,53 * 10^{-6} \\ \overline{\sigma} &= \pm 0,00016 gcm^{-3} \\ \frac{\overline{\sigma}}{\overline{\rho_F}} &= \pm 0,015\%\end{aligned}$$

9. Endergebnis

Die Dichte der unbekanntenen Flüssigkeit beträgt $\overline{\rho_F} = 1,0339 gcm^{-3} \pm 0,015\%$.

Liste der Versionen

Version	Datum	Bearbeiter	Bemerkung
0.9	28.06.1995	Bri	Versuchsdurchführung und Protokollerstellung
1.0	14.09.2003	Bri	Erster EDV-Satz des Protokolls
1.1	17.04.2004	Bri	Layoutänderungen des Protokolls
1.2	18.10.2004	Bri	Layoutänderungen des Protokolls
1.3	27.05.2005	Bri	Adressänderungen aufgrund Domainwechsel