



Physikalisches Grundpraktikum

Versuchsprotokoll

F2 - Volumenmessung

Versuchsort: NEW 14'314 Platz 8

Versuchsbetreuerin: V. Scherer

Robert Riemann; Matr.Nr.: 521085

Versuchspartner: Thomas Murach; Matr.Nr.: 517771

10. Mai 2008

Inhaltsverzeichnis

1	Versuchsbeschreibung	2
2	Messwerte und Auswertung	2
2.1	Überlaufgefäß	2
2.2	Geometrie des Körpers	2
2.3	Auftriebsmessung	3
2.4	Übersicht der Ergebnisse	3

Abbildungsverzeichnis

1	Messprotokoll	4
---	-------------------------	---

1 Versuchsbeschreibung

Im Versuch zur Volumenmessung wird durch 3 verschiedene Methoden das Volumen eines Zylinders bestimmt. Hierbei wird auf die geometrische Ausmessung, den unterschiedlichen Auftrieb des Volumens in Wasser und Luft sowie das Messen von verdrängtem Wasser zurückgegriffen.

Anschließend werden die Messunsicherheiten bestimmt und verglichen um, sofern möglich, ein gewichtetes Mittel angeben zu können.

Weitere Information sind der Versuchsbeschreibung im [Skript] zu entnehmen.

2 Messwerte und Auswertung

2.1 Überlaufgefäß

Die Differenz zwischen Anfangsfüllhöhe und Endfüllhöhe des Becherglases entspricht direkt dem Volumen des Zylinders. Der Mittelwert aller Messungen ergibt sich zu:

$$V_1 = 29,27 \text{ mm} \quad (1)$$

Da genug Messungen erfolgt sind, kann die Standardabweichung und somit auch der Vertrauensbereich u_{1z} bestimmt werden.

$$u_{1z} = 0,1 \text{ mm} \quad (2)$$

Das Becherglas hat eine Fehlertoleranz von $\pm 0,5 \text{ ml}$.

Desweiteren lässt sich eine Korrektur auf Grund der Wärmeausdehnung des Glases

durchführen (Details siehe [Skript]). Jedoch beträgt der Temperaturunterschied zwischen Raum-/Wassertemperatur und Nenntemperatur des Becherglases nicht mehr als 5°C , womit der daraus entstehende Fehler von $\pm 0,004 \text{ ml}$ kaum ins Gewicht fällt. Addiert man beide Fehlerkomponenten pythagoräisch, so erhält man:

$$u_1 = 0,52 \text{ ml} \quad (3)$$

Das Ergebnis nach der Methode Überlaufgefäß ist also:

$$V_1 = (29,27 \pm 0,52) \text{ ml} \quad (4)$$

2.2 Geometrie des Körpers

Das Volumen lässt sich unter Verwendung der Messgrößen Höhe h und Durchmesser d mit Hilfe der Formel

$$V_2 = \frac{\pi}{4} d^2 h \quad (5)$$

berechnen.

Es wird der Mittelwert der beiden Messgrößen gebildet.

$$\bar{h} = 63,7 \text{ mm} \quad (6)$$

$$\bar{d} = 23,96 \text{ mm} \quad (7)$$

Nach (5) kann nun V_2 bestimmt werden:

$$V_2 = \frac{\pi}{4} (23,96 \text{ mm})^2 63,7 \text{ mm} = 28,72 \text{ mm} \quad (8)$$

Für den statistischen Anteil der Unsicherheit kann der Vertrauensbereich u_{2hz} bzw. u_{2dz} bestimmt werden, da beide Größen mindestens 6 mal gemessen wurden.

$$u_{2hz} = 0 \text{ mm} \quad (9)$$

$$u_{2dz} = 0,004 \text{ mm} \quad (10)$$

Zur Berechnung der systematischen Restfehler beider Messgrößen, wird auf die Angabe zur Herstellertoleranz in der Versuchsbeschreibung (siehe [Skript] S. 6) zurückgegriffen. Eine evtl. Korrektur ist an dieser Stelle nicht möglich.

$$u_{2hs} = 0,06 \text{ mm} \quad (11)$$

$$u_{2ds} = 0,005 \text{ mm} \quad (12)$$

Die zufälligen und systematischen Fehler werden pythagoräisch addiert:

$$u_{2h} = u_{2hs} = 0,06 \text{ mm} \quad (13)$$

$$u_{2d} = \sqrt{(u_{2dz})^2 + (u_{2ds})^2} = 0,007 \text{ mm} \quad (14)$$

Nun lässt sich unter Beachtung der Fehlerfortpflanzung die Gesamtunsicherheit u_2 angeben. Die Berechnung für die Formel (5) ist im [MAP] S. 37 gemacht worden. Jedoch wurde im Folgenden die pythagoräische Addition verwendet. Nach Einsetzen ergibt sich:

$$u_2 = 0,03 \text{ ml} \quad (15)$$

Als Ergebnis der geometrischen Methode erhält man also:

$$V_2 = (28,72 \pm 0,03) \text{ ml} \quad (16)$$

2.3 Auftriebsmessung

Zunächst wird der Massenmittelwert für m_1 und m_2 gebildet. Anschließend lässt sich der Größtfehler abschätzen. Hierzu wird die Empfindlichkeit E der Wage benutzt. Jene wurde zu $E = 0,1 \text{ mg}^{-1}$ bestimmt. Da sich der Größtfehler bei einer Abweichung Δa des Zeigers von der Skalennullage aus

$$\Delta m = \Delta a \cdot E = \Delta a \cdot 10 \text{ mg} \quad (17)$$

berechnet und sich Δa in diesem Experiment immer zu maximal 1,5 einrichten ließ, ist der Größtfehler auch gleich $1,5 \times 10 \text{ mg} \approx 20 \text{ mg}$.

$$m_1 = (41,87 \pm 0,02) \text{ g} \quad (18)$$

$$m_2 = (13,11 \pm 0,02) \text{ g} \quad (19)$$

Für die Dichte von Wasser bei einer Temperatur von 24°C ist $\rho_W = 997,30 \text{ kg/m}^3$ einer Tabelle am Versuchsplatz zu entnehmen. Die Unsicherheiten der Massen werden addiert. Also folgt:

$$V_3 = \frac{m_1 - m_2}{\rho_W} = (28,83 \pm 0,04) \text{ ml} \quad (20)$$

Jedoch lässt sich hier noch der systematische Restfehler verkleinern. Hierzu wird der Auftrieb

der Masstenstücke beziehungsweise des Volumens V in Luft mit in die Berechnung einbezogen:

$$V'_3 = V_3 \cdot \underbrace{\frac{1 - \rho_L/\rho_N}{1 - \rho_L/\rho_W}}_{\approx 1,001} = (28,86 \pm 0,04) \text{ ml} \quad (21)$$

Im [Skript] wird eine weitere Korrektur vorgeschlagen. Bei jener wird von V'_3 der Volumenanteil des Aufhängedrahtes abgezogen, der bei der Messung in Wasser unterhalb des Wasseroberfläche liegt. Die Drahtdicke wird mit $d = 1,5 \text{ mm}$, die Drahtlänge mit $l = 4 \text{ cm}$ angenommen.

$$V''_3 = V'_3 - \frac{\pi}{4} d^2 h = (28,79 \pm 0,04) \text{ ml} \quad (22)$$

2.4 Übersicht der Ergebnisse

Methode	V_i
Überlaufgefäß	$(29,27 \pm 0,52) \text{ ml}$
Geometrie	$(28,72 \pm 0,03) \text{ ml}$
Auftriebsmessung	$(28,79 \pm 0,04) \text{ ml}$

Tabelle 1: Zusammenfassung der Ergebnisse

Die 3 Messergebnisse schließen allein den Wert $28,75 \text{ ml}$ gemeinsam ein. Eine Wichtung scheint deshalb nur bedingt sinnvoll. Jene hätte $(28,74 \pm 0,02) \text{ ml}$ zum Ergebnis. Dieses Intervall jedoch ist nicht in allen Bereichen der Ergebnisse der einzelnen Methoden enthalten, da jene sich eben kaum überlappen. Somit muss von einem gewichteten Mittelwert an dieser Stelle Abstand genommen werden.

Literatur

- [Skript] Physikalisches Grundpraktikum, Optik und Elektrodynamik, Humboldt-Universität 2005
- [MAP] Physikalisches Grundpraktikum, Einführung in die Messung, Auswertung und Darstellung experimenteller Ergebnisse in der Physik, Humboldt-Universität 2007

Robert Riemann
Thomas Murach

Raumtemperatur t_M : 25°C Wassertemperatur t_W : $26,0^\circ\text{C}$ Nennvolumen V_N :

Methode 1: Überlaufgefäß

Füllstand V_A :

#	Füllstand V_E <i>✓ Vorher</i>	Volumen $V_1 = V_E - V_A$ [Mit Volumen]
1	15,5 ml	45 ml
2	16 ml	42,5 ml 45 ml
3	15,5 ml	44,5 ml
4	16,5 ml	45,5 ml
5	14 ml	43 ml
6	15,5 ml	45 ml

Differenz
29,5 ml
29
29 ml
29 ml
29 ml
29,5 ml

Versuchsplatz:
Waage/Volumen: 8
Sandkiste: 3

Methode 2: Geometrie des Körpers

#	1	2	3	4	5	6
Höhe h [cm]	6,14 6,37	6,14 6,37	6,14 6,37	6,14 6,37	6,14 6,37	6,37

#	1	2	3	4	5
Durchmesser d [mm]	23,94	23,95	23,97	23,95	23,95

#	6	7	8	9	10
Durchmesser d [mm]	23,98	23,98	23,97	23,96	23,96

Methode 3: Auftriebsmessung

Zusatzmasse $\Delta m'$:

Dichte des Wassers ρ_W :

Länge d. getauchten Drahts:

#	Wasser	Massennormal	[g]	#	Wasser	Massennormal	[]
1		41,87		5			
2		41,86		6			
3	24°C	13,11		7			
4	24°C	13,11		8			

$\Delta \rho_1 = 1$
 $\Delta m_1 = 10 \text{ mg}$
 $\Delta \rho_2 = 2$
 $\Delta m_2 = 20 \text{ mg}$
Dicke bei 24°C
Wasser: $507,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
30

Nullstellung: schwingt mit ± 1 Skalenteilen um die Null

Fehler Thermometer: Anzeigen mit einer Nachkommastelle: $\pm 0,1^\circ\text{C}$

7.05.08

Scherer

Abbildung 1: Messprotokoll