



Physikalisches Grundpraktikum

Versuchsprotokoll

F2 - Dichte Fester Körper

Versuchsort: NEW 14'216 Platz 1

Versuchsbetreuer: K. Sauer

Robert Riemann; Matr.Nr.: 521085

Versuchspartner: Thomas Murach; Matr.Nr.: 517771

23. Mai 2008

Inhaltsverzeichnis

1 Versuchsbeschreibung

2 Auswertung

- 2.1 Massenmittelwerte 2
2.2 Dichten 2

3 Fehlerbetrachtung

4 Ergebnis

Abbildungsverzeichnis

- 1 Messprotokoll 4

1 Versuchsbeschreibung

Das Ziel des Versuches "Dichte fester Stoffe" zur Fehlerrechnung ist die Präzise Bestimmung der Dichte eines unbekannten Körpers. Hierzu wird der Körper einzeln (m_1'), das wassergefüllte Pyknometer (m_2') sowie schließlich der Körper im wassergefüllten Pyknometer (m_3') gemessen, wobei eine Analysenwaage zum Einsatz kommt. Die Messungen werden mehrmals und für drei verschiedenen Stoffe durchgeführt.

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

2 Auswertung

2.1 Massenmittelwerte

Aus den drei Messungen der Probekörper kann der Wert m_1' separat für jede Probe bestimmt werden. Der Wert m_2' ist für alle Proben gleich. Die Masse m_3' wird wieder separat für jede Probe berechnet.

Probe	I (Al)	II (Stahl)	III (Cu)
m_1'	02.7507	08.2493	09.9943
m_2'	-	48.2803	-
m_3'	50.0040	55.4929	56.2697

Tabelle 1: Mittelwerte

2.2 Dichten

- 2 Bei einer Temperatur von 26 °C beträgt die Dichte ρ_W von Wasser 996.79 kg/m³. Der Luftdruck p_L wurde zu 102 kPa gemessen. Mit

$$\rho_L = \rho_0 \frac{T_0}{T} \frac{p}{p_0} \quad (1)$$

- 2 lässt sich nun ohne Weiteres die Luftdichte zu 1.1883 kg/m³ bestimmen. Somit sind alle Größen bekannt, um mit

$$\rho = \frac{m_1 \rho_W - (m_3 - m_2) \rho_L}{m_1 - (m_2 - m_3)} \quad (2)$$

auf die Dichte ρ der einzelnen Proben schließen zu können. Mit ρ_E wird der Erwartungswert aus dem Tafelwerk ([Paetec]) bezeichnet.

Probe	Material	ρ in kg/m ³	ρ_E kg/m ³
I	Aluminium	2667	2700
II	Stahl	7923	7800
III	Kupfer	8911	8960

Tabelle 2: Dichten der Proben

Die Messwerte sind zumindest hinreichend genau um die Bestimmung des Materials zu ermöglichen.

3 Fehlerbetrachtung

Folgend wird die Fehlerberechnung beispielhaft für Aluminium (Probe I) vollzogen.

Der Versuchsbeschreibung im [Skript] ist zu entnehmen, dass der systematische Fehler bei Messungen mit der Analysenwaage stets als

$$u_s = 0.0002 \text{ g} \quad (3)$$

angenommen werden kann.

Zunächst muss der Fehler für m_1' abgeschätzt werden. An dieser Stelle kann nicht auf die Standardabweichung zurückgegriffen werden, da nicht mindestens 6 Messungen gemacht wurden. In Anbetracht der geringen Abweichung der einzelnen Messungen (speziell auch für Probe II und III) kann der zufällige Fehler nicht sonderlich groß sein. Er wird daher lediglich zur maximalen Differenz zwischen den

Messwerte für Probe I abgeschätzt.

$$u_{1,z} = 0.0002 \text{ g} \quad (4)$$

Die pythagoräische Addition mit dem systematischen Fehler aus (3) ergibt somit eine Gesamtsicherheit von

$$u_1 = 0.0003 \text{ g} \quad (5)$$

Für m_2' lässt sich der Vertrauensbereich \bar{s}_2 aus der Standardabweichung $s_2 = 0.0129 \text{ g}$ bestimmen, da in diesem Fall ausreichend viele Messungen gemacht wurden. Als Ergebnis erhält man:

$$u_{2,z} = \bar{s}_2 = \frac{s_2}{\sqrt{10}} = 0.0041 \text{ g} \quad (6)$$

Zusammen mit dem systematischen Fehler (3) erhält man:

$$u_2 = 0.0045 \text{ g} \quad (7)$$

Equivalent zur Fehlerbestimmung von m_2' kann für m_3' vorgegangen werden:

$$s_3 = 0.0038 \text{ g} \quad (8)$$

$$u_{3,z} = \bar{s}_3 = \frac{s_3}{\sqrt{6}} = 0.0015 \text{ g} \quad (9)$$

$$u_3 = 0.0015 \text{ g} \quad (10)$$

Laut [Skript] sollen die Dichten ρ_L und ρ_W als nicht fehlerbehaftet angenommen werden. Für folgende Gleichungen kann $m_3' - m_2'$ und deren Fehler mit b und u_b ersetzt werden. Die Anwendung der Fehlerfortpflanzungsgesetze, wie im [MAP] S. 36 beschrieben, führt zur folgenden Formel zur Bestimmung der Unsicherheit der Dichte:

$$u = \pm \frac{\rho_W - \rho_L}{(m_1' - b)^2} \sqrt{b^2 u_1^2 + m_1'^2 u_b^2} \quad (11)$$

Somit ergibt sich folgender Fehler für die Dichte von Aluminium:

$$u = 15.793 \text{ kg/m}^3 \quad (12)$$

4 Ergebnis

Die Dichte von Aluminium (Probe I) bei 26°C ist

$$\rho_{Al} = (2667 \pm 16) \text{ kg/m}^3 \quad (13)$$

Das Ergebnis weicht um 1.07% vom Referenzwert aus dem Tafelwerk ([Paetec]) ab. Jedoch kann dies auf die nicht vollständige Reinheit des Aluminiums zurückgeführt werden, welche mit einer leichten Änderung der Dichte einhergeht.

Andernfalls muss der Fehler für m_1' zu gering abgeschätzt worden sein. Durch mehrere Messungen könnte diese Fehlerquelle ausgeschlossen werden.

Möglicherweise hätten auch noch weitere systematische Fehler mit beachtet werden müssen.

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
- [Paetec] Formeln und Tabellen. 9. Auflage. Paetec. Berlin 2001.

Platz ⑦, 21.5.08, Raumtemperatur: 26 °C
 Barometer unten: 53,4 hPa
 oben: 49,6 hPa

Thomas Munch, 517771
 Robert Rilmann, 527085

1.) in Luft:

	Probe 1	Probe 2	Probe 3
Messung 1	2,7507 g	8,2493 g	8,9943 g
2	2,7506 g	8,2493 g	8,9943 g
3	2,7508 g	8,2494 g	8,9943 g

2.)	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	m_7	m_8	m_9	m_{10}
Massen in g	48,2896	48,3094	48,2633	48,2825	48,2695	48,2807	48,2693	48,2809	48,2803	48,2789

3.)

	Probe 1	Probe 2	Probe 3
Messung 1	50,0018 g	55,4882 g	56,2718 g
2	50,0016 g	55,4962 g	56,2703 g
3	50,0051 g	55,4886 g	56,2703 g
4	50,0013 g	55,4955 g	56,2699 g
5	50,0111 g	55,4952 g	56,2676 g
6	50,0003 g	55,4937 g	56,2682 g

Dichte von Wasser bei 26 °C: $996,79 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

40

Abbildung 1: Messprotokoll