

M5 „Dichtemessungen (Pyknometer, Auftriebsmethode)“

Aufgaben

1. Bestimmen Sie die Dichte eines festen Stoffes mit einem Pyknometer.
2. Ermitteln Sie die Dichte eines kurzen Metallstabs mit der Auftriebsmethode sowie aus der Masse und den geometrischen Abmessungen des Stabs.
3. Bestimmen Sie mit einem Pyknometer und mit einer Mohr-Westphal-Waage die Dichte einer Flüssigkeit.

Zusatzaufgaben: Bestimmen Sie die Temperaturabhängigkeit der Dichte der Flüssigkeit aus der dritten Aufgabe mit einer Mohr-Westphal-Waage.

Literatur

Physikalisches Praktikum, 13. Auflage, Hrsg. W. Schenk, F. Kremer, Mechanik, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3
Gerthsen Physik, D. Meschede, 22. Auflage, 3.1.4
Flüssigkeitsdichtemessung, G. Hradetzky, K.-D. Sommer (<http://www.hs-merseburg.de/PhysChem/Dichte.pdf>)

Zubehör

Elektronische Labor-Feinwaage, Pyknometer mit Thermometer, Becherglas, Versuchskörper, Versuchsflüssigkeit, dünner Draht, Zellstoff, Messschraube, Spritzflasche mit destilliertem Wasser, Mohr-Westphalsche Waage

Schwerpunkte zur Vorbereitung

- Dichte fester Körpern, von Flüssigkeiten und Gasen, Einflussgrößen
- Druck in Flüssigkeiten, Archimedisches Prinzip
- Auftrieb in Flüssigkeiten und Gasen
- Kräfte am schwimmenden und schwebenden Körper, Metazentrum
- Methoden zur Dichtebestimmung, Pyknometer, Auftriebsmethode, Mohr-Westphalsche Waage, Aräometer

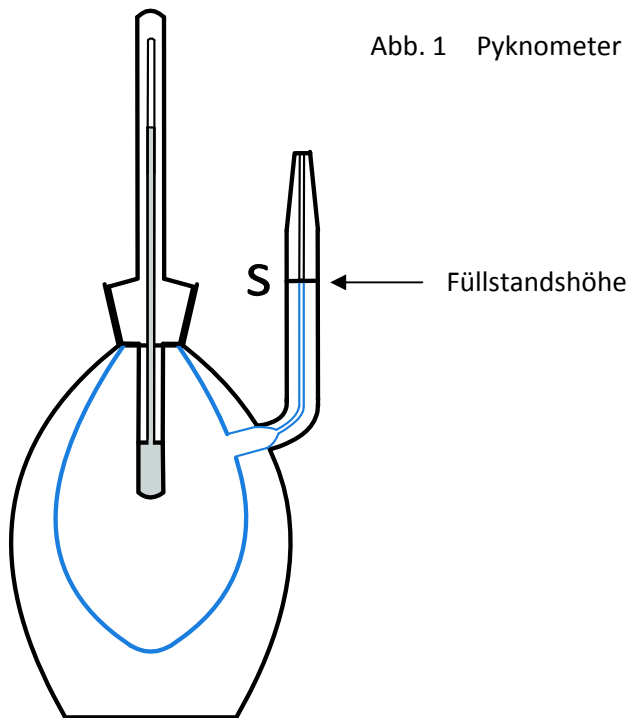
Bemerkungen

Die Massenbestimmungen werden mit einer elektronischen Feinwaage (Präzisionswaage der Klasse II, Messunsicherheit von $u(m) = 5 \text{ mg}$) durchgeführt. Vor Beginn der Versuchsdurchführung erfolgt eine kurze Einweisung in die Bedienung der Waagen. Nach einer Aufwärmzeit von ca. 10 Minuten erreicht die Waage ihre Betriebstemperatur. Danach ist mit Prüfgewichten der Genauigkeitsklasse (Fehlergrenzklasse) F die Genauigkeit der Wägung unter Berücksichtigung der oben angegebenen Messunsicherheit der Waage zu überprüfen.

Es sind alle notwendigen Gleichungen zur Ermittlung der Dichte aufzustellen. Bei der Herleitung der Größtfehlergleichungen können Terme für die Berücksichtigung des Luftauftriebes vernachlässigt werden. Alle erhaltenen Dichtewerte sind unter Berücksichtigung der abgeschätzten Messunsicherheiten mit Tabellenwerten zu vergleichen, wobei ggf. die Temperaturabhängigkeit der Dichte unter Berücksichtigung des Volumenausdehnungskoeffizienten zu berücksichtigen ist.

Bei den Messungen mit dem Pyknometer ist es nicht notwendig, dass der Flüssigkeitsspiegel in der Kapillare exakt auf die Marke S abgesenkt wird (s. Praktikumsbuch). Es genügt, wenn sich die Flüssigkeit in der Kapillare bei allen Messungen am oberen Ende der Kapillare befindet (s. Abb. 1).

Hinweise zum Versuch



Um möglichst geringe Unsicherheiten bei den Dichtemessungen mit dem Pyknometer zu erreichen, sollte das durch die Testprobe verdrängte Wasservolumen ausreichend groß sein.

Auftriebsmethode

Es ist die Masse des Testkörpers m^* in Luft zu messen.

Die Auftriebsmessung erfolgt unter Verwendung einer elektronischen Laborwaage.

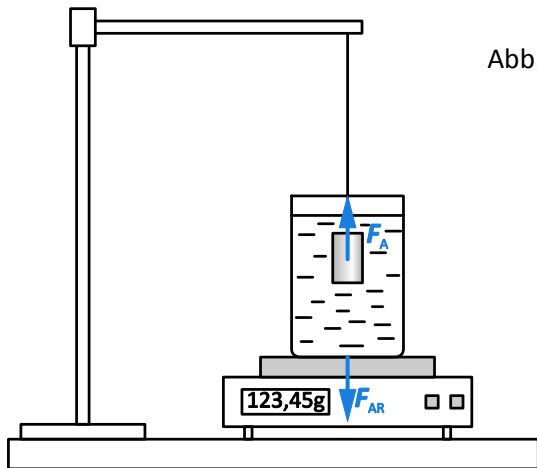


Abb. 2 Wägungen mit der elektronischen Laborwaage

Wägung m_A (Körper in der Flüssigkeit)

Man stellt ein mit Flüssigkeit (Dichte ρ_{Fl}) gefülltes Becherglas auf die Wägeplatte. Mittels der Tare-Taste wird die Anzeige auf Null gestellt. Nun wird der Körper (Masse m_k) vollständig in die Flüssigkeit eingetaucht. Der abgelesene Massewert m_A ist die Masse der vom Körper verdrängten Flüssigkeit

$$m_A = \rho_{\text{Fl}} V_k. \text{ Daraus folgt } \rho_k = \frac{m_k}{V_k} = \frac{m_k}{m_A} \rho_{\text{Fl}}. \quad (1)$$

Als Flüssigkeit wird destilliertes Wasser verwendet. Um den Einfluss der Verdunstung auf die Messergebnisse klein zu halten, sollte nach dem Drücken der Tare-Taste zügig gearbeitet werden. Zusätzlich kann der Auftrieb des eintauchenden Aufhängerdrahtes abgeschätzt werden (Durchmesser des Drahtes $d = 0,15 \text{ mm}$).

Anleitung zum Gebrauch der Mohr-Westphalschen Waage

zur Bestimmung der Dichte von Flüssigkeiten mit einer Unsicherheit von $0,005 \text{ g cm}^{-3}$.

Die Verbindungslinie der Nivellierschrauben am Stativfuß ist in eine etwa 90° -Stellung zum Hebelarm der Waage zu bringen. Zu Beginn der Messung wird der trockene Senkkörper aus Glas mit Aufhänger an einem dünnen Metalldraht an den Haken des Lastarmes gehängt und mit Hilfe der Nivelliereinrichtung senkrecht ausgerichtet. Falls die Waage nicht im Gleichgewicht ist, d.h. die Spitze des Hebelarmes nicht genau der feststehenden Spitze gegenübersteht, kann das Gleichgewicht durch leichtes Verdrehen der Nivellierschrauben im Stativfuß eingestellt werden.

Danach wird der Senkkörper vollständig in die zu untersuchende Flüssigkeit getaucht. Sein Auftrieb ist mit Wägestücken auszugleichen, die als Reiter auf die Kerben des Lastarmes aufgesetzt werden, so dass sich die Waage wieder ins Gleichgewicht einspielt. Die 10 Hebellängen des Lastarmes sind so beziffert, dass man die Dichte direkt an den Zahlen unter den besetzten Kerben ablesen kann. Die Größe des Reiters bestimmt seine Dezimalstelle (Beispiel siehe unten).

Zubehör

Senkkörper: 5 cm^3 (20°C)

Wägestücke: 2 Reiter 5,000 g

1 Reiter 0,500 g

1 Reiter 0,050 g

Beispiel: Mit den unten genannten Reitern sei die Waage im Gleichgewicht:

1 Reiter 5,000 g auf Kerbe 10 (am Endhaken)

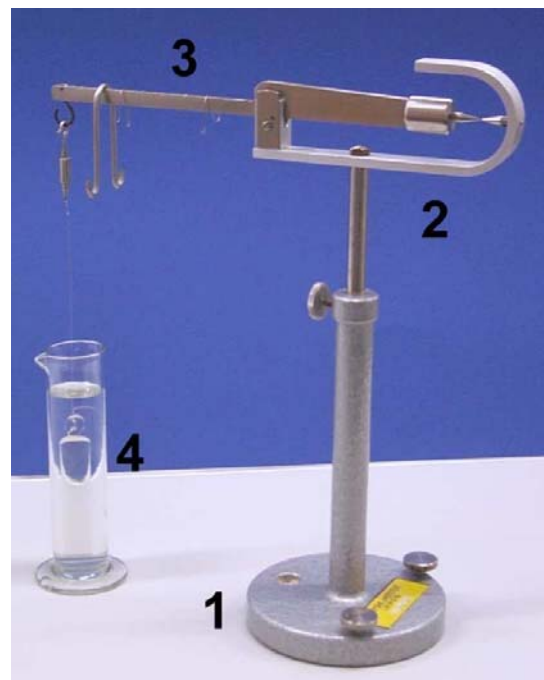
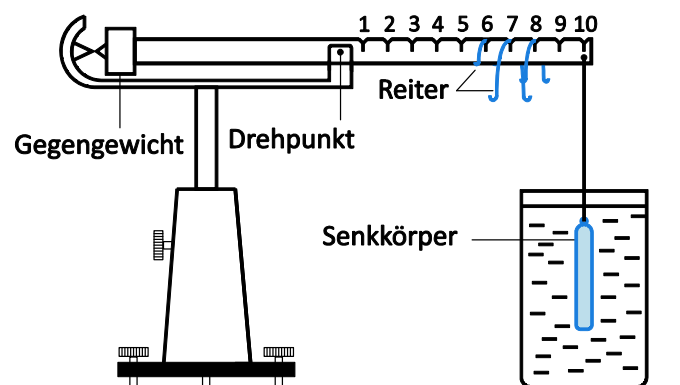
1 Reiter 5,000 g auf Kerbe 5

1 Reiter 0,500 g auf Kerbe 9

1 Reiter 0,050 g auf Kerbe 3 .

Daraus ermittelt man eine Dichteangabe von $1,593 \text{ g cm}^{-3} = 1593 \text{ kg m}^{-3}$.

Abb. 3 Zur Mohr-Westphalschen Waage



1 Fuß mit Libelle und zwei Nivellierschrauben

2 Metallgestell (Höhe verstellbar)

3 Lastarm mit Kerben

4 Senkkörper aus Glas mit Aufhänger

Tab. 1 Nominalwerte (Nennwerte) von Gewichtsstücken der Genauigkeitsklassen E₁, F₁ und M₁ und ihre Messunsicherheit $u(m)$

Nennwert <i>m / g</i>	E₁ <i>u(m)/mg</i>	F₁ <i>u(m)/mg</i>	M₁ <i>u(m)/mg</i>
0,01	0,002	0,025	0,25
0,02	0,003	0,03	0,3
0,05	0,004	0,04	0,4
0,1	0,005	0,05	0,5
0,2	0,006	0,06	0,6
0,5	0,008	0,08	0,8
1	0,010	0,10	1,0
2	0,012	0,12	1,2
5	0,015	0,15	1,5
10	0,020	0,20	2,0
20	0,025	0,25	2,5
50	0,030	0,30	3
100	0,05	0,50	5
200	0,10	1,0	10