

Protokoll

zum Physikpraktikum

Versuch Nr.: 1
Dichtebestimmung

Gruppe Nr.: 1
Andreas Bott (Protokollant)

Marco Schäfer

Theoretische Grundlagen

Masse:

Die Masse ist eine SI-Basiseinheit. Ihr Formelzeichen ist m . Die Einheit ist das Kilogramm kg .

Volumen:

Das Volumen gibt den Rauminhalt eines Körpers an. Das Formelzeichen ist V . Die Einheit wird in verschieden angegeben z.B.: m^3 , $\text{dm}^3 \equiv \text{l}$ oder $\text{cm}^3 \equiv \text{ml}$.

Dichte:

Die Dichte eines Stoffes ist das Verhältnis von Masse zu Volumen. Das Formelzeichen für die Dichte ist ρ . Die Einheit der Dichte ist g/cm^3 oder entsprechend kg/dm^3

$$\frac{\text{Masse}}{\text{Volumen}} = \frac{m}{V}$$

Im folgenden werden drei mögliche Verfahren beschrieben, mit denen man die Dichte eines Festkörpers bzw. einer Flüssigkeit bestimmen kann. Diese Verfahren sind identisch mit unseren Versuchen.

Versuch 1.1: Direkte Bestimmung der Dichte

Am naheliegendsten ist es, die Dichte eines Festkörpers durch Bestimmen seiner Masse und seines Volumens zu berechnen. Das bestimmen der Masse geschieht mittels einer Waage. Das Volumen läßt sich bei symmetrischen Körpern durch Abmessen und Berechnungen ermitteln. Bei unsymmetrischen Körpern geht man so vor, daß man den Körper in ein Überlaufgefäß taucht (Bild 1.1). Die übergelaufene Flüssigkeit fängt man in einem symmetrischen Gefäß (Meßbecher) auf und kann dadurch das Volumen der Flüssigkeit und somit des unsymmetrischen Körpers bestimmen.

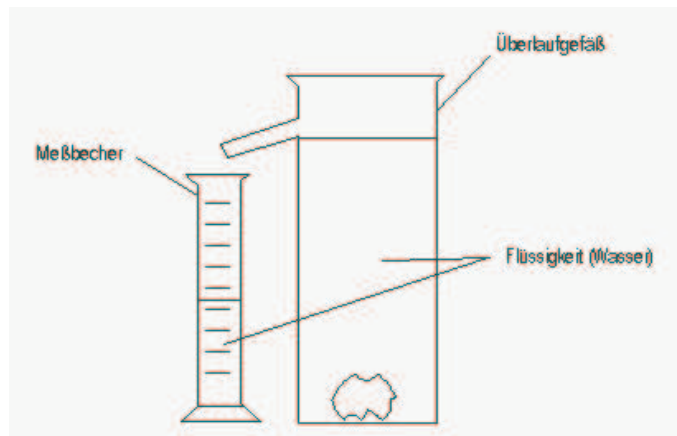


Bild 1.1

Versuchsbeschreibung:

Zunächst haben wir die Seitenlängen(l, h, b) der Würfel ausgemessen und das Volumen nach der Formel: $V_{\text{Würfel}} = l \cdot b \cdot h$ berechnet

Da schon mit bloßem Auge zu erkennen war, daß die Kugel nicht ganz kugelförmig war entschlossen wir uns dazu, ihr Volumen, wie das des unsymmetrischen Körpers mit dem Überlaufgefäß zu bestimmen.

Die Masse der Körper ermittelten wir durch Wiegen auf einer zuvor abgeglichenen Waage.

Nach diesen Messungen haben wir die Dichte der Körper bestimmt.

$$\rho = m/v$$

Meßergebnisse:

Körper	V / cm ³	m / g	ρ / g/cm ³	$\Delta\rho$ / g/cm ³	$\Delta\rho/\rho$ in %	Material
1	1	8,6	8,6	0,229	2,66	Kupfer
2	1	7,3	7,3	0,209	2,86	Zinn
3	1	0,7	0,7	0,11	15,71	Holz
4	1	8,4	8,4	0,226	2,69	Messing
5	1	11,4	11,4	0,271	2,38	Blei
6	1	7,7	7,7	0,115	1,5	Eisen
7	1	2,8	2,8	0,042	1,5	Aluminium
8	1	1,4	1,4	0,021	1,5	Polystyrol
Kugel	9	101	11,22	0,635	5,66	Blei
unsymmetrischer Körper	6,5	18,3	2,81	0,232	8,26	Aluminium

Die Angaben über das Material wurde nach der Dichte und dem Aussehen aus einem Formelbuch entnommen. Es handelt sich deshalb um Annahmen.

Fehlerbetrachtung:

Bei oben beschriebenen Messungen können Fehler entstehen. So zum Beispiel Ablesefehler an der Waage, dem Meßbecher und dem Meßschieber. Diese Fehler hängen von der Skalierung und Genauigkeit der Meßgeräte ab. Der absolute Fehler berechnet sich wie folgt:

$$\Delta\rho = \frac{\Delta m}{V} + \frac{m \Delta V}{V^2} \quad \text{mit} \quad \Delta V = \Delta l (\Delta b = \Delta h)$$

Des weiteren kann die Oberflächenspannung der Flüssigkeit im Überlaufgefäß zu Fehlern führen, indem Flüssigkeitsreste im Ablaufrohr verbleiben.

Versuch 1.2: Dichtebestimmung mit dem Pyknometer:

Ein Pyknometer ist ein Glasgefäß, welches mit einem, mit einer Öffnung versehenen Stopfen verschlossen werden kann. Es eignet sich besonders zur Bestimmung der Dichte von zerkleinerten Feststoffen, Gasen und Flüssigkeiten.

Bei der Dichtebestimmung von Flüssigkeiten wird das Pyknometer bis zum Rand mit der zu ermittelnden Flüssigkeit gefüllt und gewogen. Danach füllt man das Pyknometer bis zum Rand mit einer Flüssigkeit von der die Dichte relativ genau bekannt ist (z.B. Wasser) und wiegt noch einmal. Da das Volumen bei beiden Wägungen gleich ist, kann man die Verhältnisse von Masse und Dichte gleichsetzen. Da die Dichte der einen Flüssigkeit aus Tabellen sowie die Massen bekannt sind, läßt sich nach der im folgenden hergeleiteten Formel die gesuchte Dichte bestimmen.

$$\frac{m}{V}$$

$$\frac{m_{\text{Wasser}}}{\rho_{\text{Wasser}}} = \frac{m_{\text{Stoff}}}{\rho_{\text{Stoff}}} = \frac{m_{\text{Stoff}}}{m_{\text{Wasser}}}$$

Es sind also drei Messungen nötig:

m_1 := Masse des leeren Pyknometers

m_2 := Masse des mit Wasser gefüllten Pyknometers

m_3 := Masse des mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllten Pyknometers

Da die Dichte des Wassers bei verschiedenen Temperaturen einen anderen Wert hat, ist noch eine weitere Messung nötig:

t := Temperatur (sollte während der Messungen konstant sein)

Damit: $m_{\text{Wasser}} = m_2 - m_1$ und $m_{\text{Stoff}} = m_3 - m_1$

Die Masse die ein Körper, wenn er in eine Flüssigkeit getaucht wird, anscheinend verliert, ist gleich der Masse der von ihm verdrängten Flüssigkeit (siehe später unter Auftrieb). Also sind zur Dichtebestimmung von Festkörpern mit dem Pyknometer auch drei Messungen nötig:

m_1 := Masse der Probe

m_2 := Masse des mit Wasser gefüllten Pyknometers

m_3 := Masse des mit Wasser und der Probe gefüllten Pyknometers

Aus oben genannten Gründen ist auch hier wieder eine Temperaturmessung nötig:

t := Temperatur (sollte auch hier möglichst konstant sein)

In oben hergeleiteter Formel setzt man dann ein:

$m_{\text{Wasser}} = m_1 + m_2 - m_3$ und $m_{\text{Stoff}} = m_1$

Versuchsbeschreibung:

Der Versuch wurde nach oben genannten Schema durchgeführt. Als zu untersuchender flüssiger Stoff benutzten wir Alkohol und für die Bestimmung der Dichte von Festkörpern Metallkügelchen.

Meßergebnisse:

Bei allen Messungen war die Temperatur konstant 20°C , also $\rho_{\text{Wasser}} = 0,998203\text{g/ml}$

Bei der Dichtebestimmung des Alkohols:

$m_1 = 23\text{g}$

$m_2 = 76,2\text{g}$

$m_3 = 67,2\text{g}$

Daraus berechnet sich die Dichte des Alkohols $\rho = 0,829\text{g/ml}$

Bei der Dichtebestimmung der Metallkügelchen:

$m_1 = 13,3\text{g}$

$m_2 = 53,2\text{g}$

$m_3 = 64,9\text{g}$

Daraus berechnet sich die Dichte der Metallkugelchen $\rho = 8,298\text{g/ml}$

Fehlerbetrachtung:

Auch hier können wieder Ablesefehler an den Meßgeräten, also Waage und Thermometer entstehen. Auch sind Fehler durch ungenaues Befüllen des Pyknometers denkbar (z.B. Pyknometer nicht ganz gefüllt).

Versuch 1.3: Dichtebestimmung mit der Moor'schen Waage:

Mit der Moor'schen Waage, kann man nur die Dichte von Flüssigkeiten bestimmen. Der Vorteil ist, daß man die Dichte in g/cm^3 direkt an der Waage ablesen kann. Es ist also nur noch eine Wägung nötig. Damit verringert sich die Anzahl der möglichen Ablesefehler. Auch ist die sehr hohe Genauigkeit ($\Delta\rho = 0,0003\text{g/cm}^3$) von Vorteil.

Um das Prinzip der Moor'schen Waage zu verstehen, muß man das Archimedische Prinzip kennen. Es lautet:

Ein Körper, der in eine Flüssigkeit eintaucht, erfährt eine nach oben gerichtete Auftriebskraft, deren Betrag gleich demjenigen der Gewichtskraft ist, die auf das verdrängte Flüssigkeitsvolumen wirkt.

Mit anderen Worten: Ein Körper, der in eine Flüssigkeit eintaucht, wird mit einer Kraft scheinbar nach oben gezogen. In Wahrheit wird dieser Körper aber von der Kraft nach oben gedrückt. Diese Kraft ist die Auftriebskraft. Die Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeit ist dabei so groß wie ihre Auftriebskraft. Die Auftriebskraft ist abhängig von der Dichte der Flüssigkeit. Man kann also die Auftriebskraft der zu untersuchenden Flüssigkeit nutzen, um die Dichte zu bestimmen. Die Moor'sche Waage nutzt eben diesen Zusammenhang.

An der einen Seite der Waage ist ein geeichter Senkkörper aus Glas befestigt, welcher in die zu untersuchende Flüssigkeit getaucht wird (Bild 1.2). Der Auftrieb bringt nun die zuvor abgeglichene Waage aus dem Gleichgewicht. Auf der anderen Seite der Waage sind Reiter (Gewichte) angebracht (Bild 1.2). Um die Waage wieder in das Gleichgewicht zu bringen muß man die Gewichtskraft auf

dieser Seite um den Betrag der Auftriebskraft vermindern. Dies tut man laut dem Hebelgesetz, indem man die Reiter in Richtung Drehachse der Waage verschiebt. Die Reiter sitzen auf einer Skala, an der man nach Herstellen des Gleichgewichts die Dichte der Flüssigkeit in g/cm^3 ablesen kann.

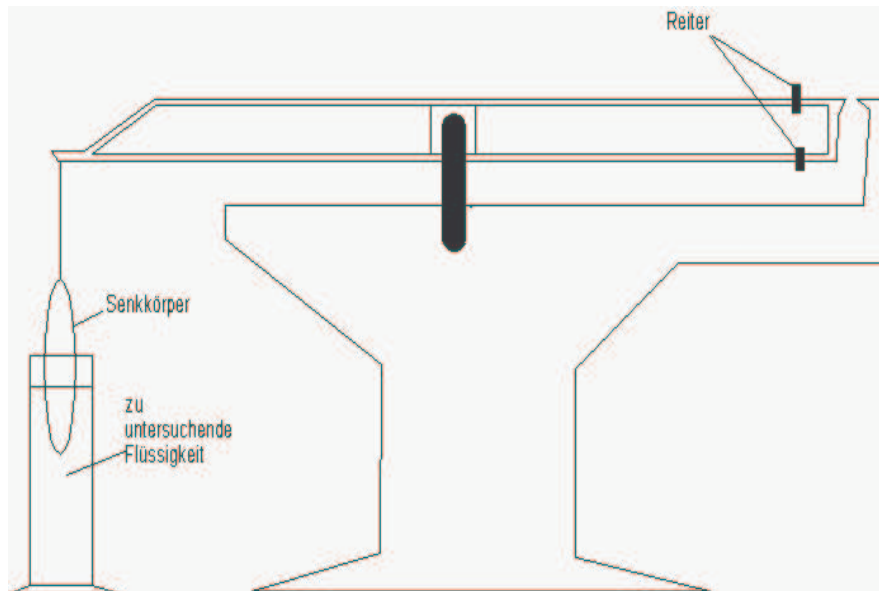


Bild 1.2

Versuchsdurchführung:

Wir haben nach oben beschriebener Vorgehensweise die Dichte von destilliertem Wasser und Alkohol bestimmt.

Meßergebnisse:

Beide Messungen wurden bei einer Temperatur von 20°C durchgeführt.

Folgende Werte wurden an der Moor'schen Waage abgelesen:

Destilliertes Wasser: $0,993\text{g/cm}^3$
Alkohol : $0,8327\text{g/cm}^3$

Fehlerbetrachtung:

Hier kann wieder ein Ablesefehler entstehen. Des weiteren fließen Fehler durch die Oberflächenspannung der Flüssigkeiten mit ein. Auch die Temperatur verfälscht wie bei Versuch 1.2 bei Wasser gesehen das Meßergebnis.

Zu Versuch 1.2 Fehlerbetrachtung:

Auch hier können wieder Ablesefehler an den Meßgeräten, also Waage und Thermometer entstehen. Auch sind Fehler durch ungenaues Befüllen des Pyknometers denkbar (z.B. Pyknometer nicht ganz gefüllt).

muß lauten:

Auch hier können wieder Ablesefehler an den Meßgeräten, also Waage und Thermometer entstehen. Auch sind Fehler durch ungenaues Befüllen des Pyknometers denkbar (z.B. Pyknometer nach dem Befüllen nicht richtig abgewischt).

Zu Theoretische Grundlagen:

Schweredruck:

Als Schweredruck p einer Flüssigkeit in der Tiefe h unter ihrer Oberfläche bezeichnet man den Druck, der durch die Gewichtskraft F_G der darüberstehenden Flüssigkeitssäule hervorgerufen wird.

$$F_G = mg = \rho Vg = \rho Ahg$$

$$p = \frac{F_G}{A} = \rho gh$$

Auftrieb:

Taucht ein Körper vollständig in eine Flüssigkeit ein, dann wirken auf seine Flächen Kräfte, die aus dem herrschenden Schweredruck entstehen (Bild 1.3).

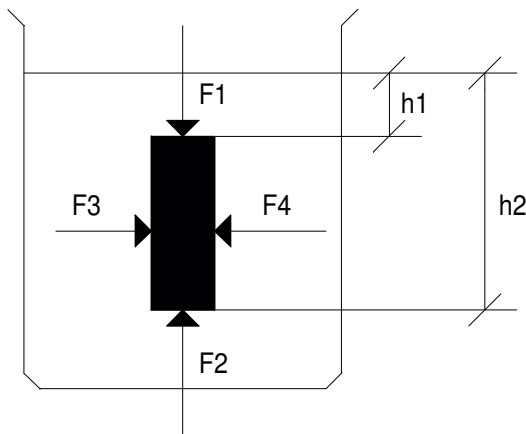


Bild 1.3

Die Kräfte F_3 und F_4 kompensieren sich. Die Differenz der Kräfte F_2 und F_1 ist die Auftriebskraft F_A . Mit der Dichte der Flüssigkeit ρ , dem Volumen des Körpers V und der Masse der vom Körper verdrängten Flüssigkeit m ergibt sich:

$$F_A = F_2 - F_1 = (p_2 - p_1)A = \rho g A (h_2 - h_1) = \rho g V$$

$$F_A = \rho \cdot V \cdot g = m \cdot g$$