

Versuch M24 - Hydrostatische Waage		
Name:		Mitarbeiter:
Gruppennummer:	lfd. Nummer:	Datum:

1. Aufgabenstellung

1.1. Versuchsziel

Bestimmen Sie mit einer hydrostatischen Waage die Dichten verschiedener Stoffe.

Verschaffen Sie sich Kenntnisse zu folgenden Schwerpunkten des Versuches:

- Dichte
- Möglichkeiten der Bestimmung von Dichten bei unterschiedlichen Aggregatzuständen
- Druck, Schweredruck
- Archimedisches Prinzip, Auftrieb
- Wirkungsweise einer hydrostatischen Waage (mit Skizze)

1.2. Messungen

1.2.1. Messen Sie die Massen der drei Körper in Luft und in Wasser jeweils zehn Mal.

1.3. Auswertungen

1.3.1. Bestimmen Sie die Dichte der drei Körper (Mittelwerte, Standardabweichung). Schätzen Sie die Fehlerquellen ab.

1.4. Zusatzaufgabe

Eine Korkkugel (Durchmesser 5 cm, Dichte $\rho = 240 \text{ kg m}^{-3}$) wird 10 m unter der Wasseroberfläche losgelassen. Welche Auftriebskraft erfährt die Kugel?

2. Grundlagen

2.1. Dichtemessung

Die Dichte einer homogenen Substanz ist durch das Verhältnis ihrer Masse m und ihres Volumens V definiert:

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (1)$$

Hieraus resultieren folgende Möglichkeiten der Dichtemessung:

- Massebestimmung durch Wägung und Volumenbestimmung aus den Abmessungen bei einfacher geometrischer Gestalt bzw. mittels Mensur bei Flüssigkeiten.
- Masse- und Volumenbestimmung durch Verdrängung.
- Masse- und Volumenbestimmung über die Messung des Auftriebes, den der Körper in einer Flüssigkeit bekannter Dichte erfährt (hydrostatische Waage) bzw. den ein definierter Senkkörper in einer Flüssigkeit unbekannter Dichte erleidet (MOHR-WESTPHALSche Waage).
- Vergleich der hydrostatischen Drücke zweier Flüssigkeitssäulen, wenn die Dichte einer Flüssigkeit bekannt ist (Aräometer von MUSCHENBROOK).

2.1.1. Hydrostatischer Druck und Auftriebskraft

In einer der Schwerkraft ausgesetzten Flüssigkeit wirkt in der Tiefe h unter der Oberfläche ein hydrostatischer Druck (s. Abb. 1).

$$p = \rho_{Fl} g h + p_0. \quad (2)$$

Dieser setzt sich aus dem äußeren Luftdruck p_0 und dem Schweredruck p_s , den die Flüssigkeitssäule über einer gedachten Fläche A in der Tiefe h durch ihr Gewicht ausübt, zusammen

$$p_s = \frac{G}{A} = \frac{\rho_{Fl} g h A}{A} = \rho_{Fl} g h. \quad (3)$$

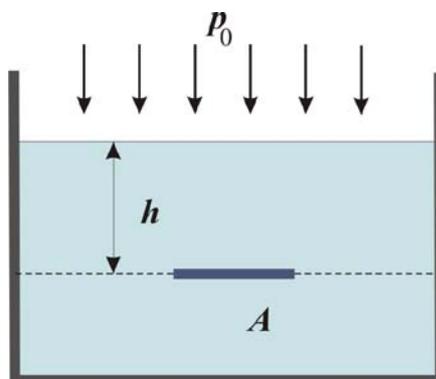


Abb.1 Zur Erläuterung des hydrostatischen Druckes.

Am eingetauchten Körper äußert sich dieser hydrostatische Druck als Druck p_2 auf die Bodenfläche, als Druck p_1 auf die Deckfläche und als Seitendruck p_3 . An einem pris-

matischen Körper ist leicht einzusehen, dass sich die Seitendruckkräfte in ihrer Wirkung aufheben. Bei unregelmäßigen Körperformen ist eine Komponentenzerlegung der Druckkräfte vorzunehmen. Das Ergebnis ist dasselbe.

Die Auftriebskraft F_A resultiert aus der Differenz der Druckkräfte auf Boden- und Deckfläche des Körpers.

$$F_A = p_2 A - p_1 A = \rho_{Fl} g (h_2 - h_1) A = \rho_{Fl} g V_K. \quad (4)$$

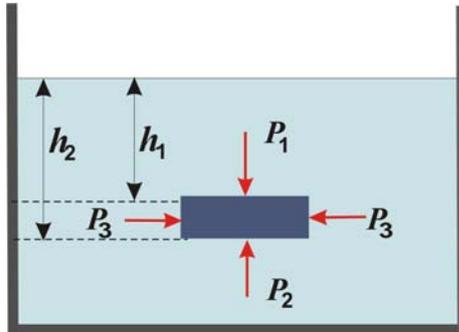


Abb. 2 Zur Erläuterung des Auftriebes.

2.1.2. Hydrostatische Waage

Das Archimedische Prinzip lautet:

Die Auftriebskraft eines Körpers in einem Medium ist genauso groß wie die Gewichtskraft des vom Körper verdrängten Mediums. Dieses Prinzip ermöglicht die genaue Volumenbestimmung unregelmäßig geformter Festkörper und damit deren Dichtebestimmung. Es findet bei der hydrostatischen Waage Anwendung (Abb. 3).

Entsprechend Abschnitt 2.1.1. erfährt ein Körper mit dem Volumen V_K in einer Flüssigkeit der Dichte ρ_{Fl} eine Auftriebskraft F_A , die gleich dem Gewicht der vom Körper verdrängten Flüssigkeitsmenge ist. Vom zu bestimmenden Körper wird durch Wägung in Luft seine Masse m bestimmt und sein Volumen über den Auftrieb F_A gemessen, den er bei völligem Eintauchen in eine Flüssigkeit bekannter Dichte erfährt. Aus der Differenz der in der Luft gemessenen Masse des Körpers und der ermittelten Masse des Körpers in der Flüssigkeit ergibt sich Δm

$$\Delta m = \frac{\rho_{Fl}}{V_K} \rightarrow V_K = \frac{\Delta m}{\rho_{Fl}}. \quad (5)$$

Die Dichte des Festkörpers wird damit:

$$\rho_K = \frac{m}{V_K} = \frac{m \rho_{Fl}}{\Delta m}. \quad (6)$$

3. Experiment

3.1. Geräte und Materialien

- 1 - Hydrostatische Waage
- 2 - Messbecher mit dest. Wasser
- 3 - 3 verschiedene Körper
- 4 - Wägesatz



Abb. 3 Versuchszubehör.

3.2. Versuchsaufbau

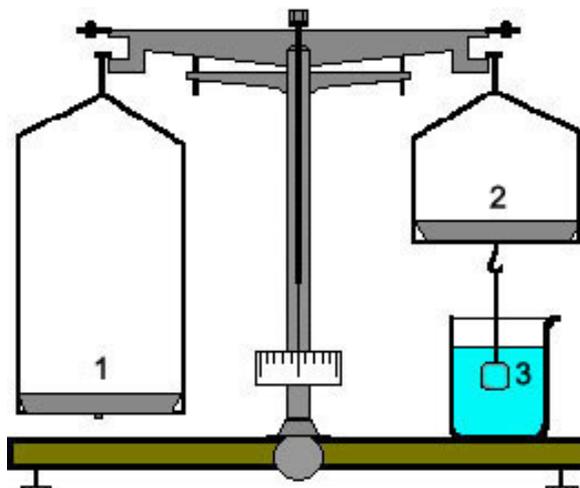


Abb. 4 Schematische Darstellung der hydrostatischen Waage.

3.3. Hinweise zum Experimentieren und Auswerten

Eine Waagschale (1) dient zur Aufnahme der Massestücke. Die andere Waagschale (2) ist verkürzt aufgehängt und trägt eine weitere Aufhängevorrichtung bzw. einen Korb (3), der in ein mit einer Flüssigkeit bekannter Dichte ρ_{F} gefülltes Gefäß hineinhängt. Die unbelastete Waage ist bereits austariert.

Man legt den Körper, dessen Dichte zu bestimmen ist, auf die Schale (2) und misst dessen Masse m durch Auflegen entsprechender Massestücke auf Schale (1). Dann legt man den Körper auf Schale (3), so dass er völlig untergetaucht ist. Den durch den Auftrieb bedingten, scheinbaren Gewichtsverlust des Körpers kompensiert man durch das Gewicht zusätzlich aufgelegter Massestücke Δm auf Schale (2) oder durch Wegnahme entsprechender Massestücke von Schale (1). Die Differenz Δm ist identisch mit der Masse der verdrängten Flüssigkeit:

Achtung: *Um ein Aushängen der Waage zu vermeiden, ist sie zwischen den Messungen zu arretieren!*

4. Literatur

Haas: Physik für Pharmazeuten und Mediziner.

Grimsehl: Lehrbuch der Physik.

Ilberg: Physikalisches Praktikum für Anfänger.

Walcher: Praktikum der Physik.