

# V1: Masse- und Dichtebestimmung

PRAKTISCHE ÜBUNGEN IN PHYSIK FÜR MEDIZINER, ZAHNMEDIZINER UND BIOLOGEN

PHYSIKALISCHE ÜBUNGEN FÜR PHARMAZEUTEN

STAND: 21. MAI 2019

## I. MASSENBESTIMMUNG MIT EINER BALKENWAAGE

Ziel dieses Versuchsteils ist die Bestimmung einer unbekannt Masse  $m_1$  durch Vergleich mit einer geeichten, bekannten Masse  $m_2$  mit Hilfe einer Analysenwaage (Balkenwaage). Die bekannte Masse  $m_2$  wird dabei solange variiert, bis bestmögliche Gleichheit der beiden Massen  $m_1$  und  $m_2$  erreicht wird. Eine danach noch vorhandene Massendifferenz  $\Delta m = m_1 - m_2$  lässt sich aus dem Zeigerausschlag, d.h. dem Winkel  $\alpha$ , direkt bestimmen:

$$\Delta m = \frac{\alpha}{\epsilon} . \quad (1)$$

Hierbei ist  $\epsilon$  die Empfindlichkeit der Waage, die ebenfalls im Versuch bestimmt wird. Die unbekannt Masse  $m_1$  ergibt sich aus der bekannten Masse  $m_2$  und der Messgröße  $\Delta m$ :

$$m_1 = m_2 + \Delta m . \quad (2)$$

### VERSUCHSAUFBAU

Arretieren Sie die Waage (Drehknopf vorsichtig drehen, sodass die Waage eingehängt wird), öffnen Sie die **seitlichen** Fenster der Balkenwaage und hängen Sie den Reiter ein und schließen Sie die Fenster der Waage wieder. Richten Sie die Waage mit Hilfe der angebrachten Wasserwaagen aus. Wenn Sie nun die Waage lösen (Drehknopf vorsichtig in die entgegengesetzte Richtung drehen), sollten Sie feststellen, dass die Waage leicht ausschlägt. **Wichtig:** Lösen Sie die Waage nur, wenn die Fenster der Balkenwaage geschlossen sind!

### VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Bestimmen Sie den Ruhepunkt der unbelasteten Waage  $\alpha_u$ . Dabei ist  $\alpha_u$  in der Regel so gering, dass ein Ablesen „mit bloßem Auge“ keine genauen Ergebnisse liefern würde. Die Bestimmung des Ruhepunkts  $\alpha_u$  der unbelasteten Waage geschieht daher bei **schwinger** Waage aus den Mittelwerten einer ungeraden Anzahl von leicht ablesbaren Zeigerumkehrpunkten  $\alpha_n$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ). **Achtung:** Die Anzahl der Umkehrpunkte ist  $2n + 1$ . Auf der linken Seite wird eine ungerade Anzahl von Umkehrpunkten und rechts eine gerade Anzahl gemessen. Damit wird gewährleistet,

dass die Mittelwerte  $\alpha_l$  und  $\alpha_r$  (siehe Gl. 3 und 4) zum gleichen Zeitpunkt bestimmt werden.

Legen Sie nun das unbekannt Massestück auf eine der beiden Waagschalen. Tarieren Sie anschließend mit Hilfe von bekannten Gewichten die Waage so weit wie möglich aus. Protokollieren Sie Ihr Vorgehen.

Bestimmen Sie anschließend die Empfindlichkeit  $\epsilon$  der belasteten Waage durch Verschieben des 10 mg Reiters auf dem Waagebalken. Messen Sie für etwa sechs verschiedene Reiterpositionen den Zeigerausschlag. Tipp: Wenn Sie die Waage sehr vorsichtig lösen (so vorsichtig, dass sie im gelösten Zustand nicht mehr schwingt), können Sie die Messzeit hier erheblich verkürzen, indem Sie den Ausschlag direkt („mit bloßem Auge“) ablesen.

### VERSUCHSAUSWERTUNG

Zunächst werden die Mittelwerte der Ausschläge links und rechts errechnet ( $n = 2, 3, \dots$ ):

$$\alpha_l = \frac{\alpha_1 + \alpha_3 + \dots + \alpha_{2n+1}}{n + 1} \quad (3)$$

$$\alpha_r = \frac{\alpha_2 + \alpha_4 + \dots + \alpha_{2n}}{n} \quad (4)$$

Aus beiden ergibt sich der Ruhepunkt:

$$\alpha_{RP} = \frac{\alpha_l + \alpha_r}{2} \quad (5)$$

Benutzen Sie diese Formel um den Ruhepunkt der unbelasteten Waage  $\alpha_u$ , sowie den Ruhepunkt der belasteten Waage  $\alpha_b$  zu bestimmen. Sie können nun die Differenz  $\alpha = \alpha_b - \alpha_u$  bilden.

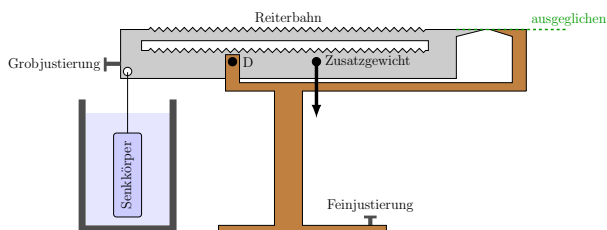
Für die Bestimmung von  $\epsilon$  tragen Sie den gemessenen Zeigerausschlag gegen den Bruchteil der Reitermasse  $\delta m$  auf Millimeterpapier auf. Aus der Steigung der Ausgleichsgerade können Sie  $\epsilon$  bestimmen (ohne Fehlerrechnung).

Mit Hilfe von  $\alpha$ ,  $\epsilon$  und Formel 1 können Sie nun  $\Delta m$  bestimmen. Achten Sie auf das Vorzeichen von  $\alpha$ .

Bestimmen Sie mit Hilfe von Gleichung 2 die unbekannt Masse  $m_1$ .



**Abbildung 1:** Gewichte: a) unbekannt Masse  $m_1$ ; b) Form und Gewicht (in Milligramm) der kleinen Masseplättchen



**Abbildung 2:** Dichtewaage nach Kern. Auf den beiden Reiterbahnen können Gewichte verschoben werden, bis die Waage ausgeglichen ist. Die Dichte der Flüssigkeit kann direkt abgelesen werden. Falls die Dichte der Flüssigkeit über  $1 \text{ g cm}^{-3}$  liegt, kann ein Zusatzgewicht genutzt werden.

## II. DICHTEBESTIMMUNG MIT EINER DICHTEWAAGE NACH KERN

Die Dichtewaage nach Kern ist ähnlich wie die eben verwendete Balkenwaage ein zweiarmiger Hebel und nutzt den Vergleich der Drehmomente auf beiden Hebelarmen. In Flüssigkeiten wirkt durch die Auftriebskraft ein zusätzliches Drehmoment entgegen der Erdanziehung, welches mit Schiebegewichten kompensiert werden kann. Wegen der geschickt gewählten Skala kann dann die Dichte der Flüssigkeit direkt abgelesen werden.

Bei diesem Versuch soll die Dichte dreier Alkohole bestimmt werden. Da diese gesundheitsschädlich sein können, stehen im Versuchsraum Schutzbrillen und Schutzhandschuhe zur Verfügung.

### VERSUCHSAUFBAU

Hängen Sie den gläsernen Senkkörper wie in Abbildung 2 gezeigt in die Dichtewaage ein (führen Sie diesen Prozess nicht in einer Flüssigkeit, sondern an Luft durch). Stellen Sie eine Dichte von  $0 \text{ g cm}^{-3}$  ein. Achten Sie, dass das Zusatzgewicht ebenfalls eingehängt ist. Nutzen Sie die Schrauben der Grobjustierung und Feinjustierung um die Waage auszugleichen.

### VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Die Dichte eines Alkohols wird durch vollständiges Eintauchen des Senkkörpers in die Flüssigkeit bestimmt. Überlegen Sie sich, wie Sie den Fehler der Messung geeignet abschätzen können. Bestimmen Sie die Dichte von mindestens drei Alkoholen.

### VERSUCHSAUSWERTUNG

Geben Sie die Dichte der Alkohole inklusive Unsicherheit an.

## III. DICHTEBESTIMMUNG MIT EINEM ARÄOMETER

Die Dichte von Flüssigkeiten kann auch mit einem Aräometer (Senkspindel) gemessen werden. Abb. 3 zeigt ein solches Aräometer, das in einer Flüssigkeit schwimmt. Die Dichte von Wasser in Abhängigkeit der Temperatur wird mit einem Aräometer gemessen. Dabei soll das Augenmerk besonders auf der Untersuchung der Dichteanomalie des Wassers liegen.

### VERSUCHSAUFBAU

Ihr Tutor füllt ein großes Glas mit kaltem Wasser und platziert ein Aräometer in diesem. Das Wasser erwärmt sich mit der Zeit. Zur Bestimmung der Temperatur liegt ein Thermometer bereit.

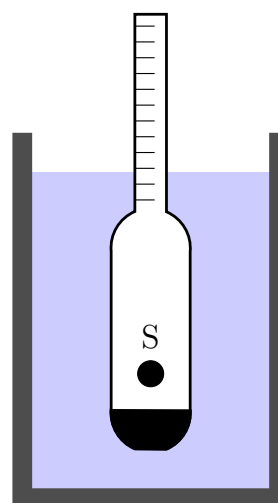
### VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Messen Sie für verschiedene Temperaturen die Dichte des Wassers. Versuchen Sie in einem Bereich von  $0 \text{ °C}$  bis  $10 \text{ °C}$  möglichst genau zu messen.

Hier bietet es sich an, dass die komplette Gruppe eine Messreihe aufnimmt. Jeder Praktikant sollte also die Dichte des Wassers bei einer anderen Temperatur bestimmen. Sammeln Sie alle Messwerte an der Tafel.

### VERSUCHSAUSWERTUNG

Die gemessenen Dichten werden in einem Diagramm gegen die Temperatur aufgetragen. Fehlerrechnung ist nicht erforderlich.



**Abbildung 3:** Schematische Darstellung eines Aräometers. Die Gewichtskraft und die Auftriebskraft heben sich auf. Letztere ist abhängig von der Dichte der Flüssigkeit, welche direkt von der Skala abgelesen werden kann (auf Höhe der Wasseroberfläche).