

Universität Konstanz
Fachbereich Physik
PD Dr. Peter Keim

Ausgabedatum: 25.01.2018
Besprechung: 01./02.02.2018

Übungsgruppenleiter: M. Cimander, C. Derricks,
J. Fichtner, C. Fischer, A. Graf, R. Löffler, M. Rudolf,
A. Schmid, L. Siedentop

Übungen zu Experimentalphysik I
für Studierende der Biologie und der Sportwissenschaft
Blatt 12

Aufgabe 1: (Oberflächenspannung)

Diskutieren Sie folgende Effekte:

- a) Zwei Seifenblasen mit Durchmessern d_1 und d_2 treffen sich in der Luft. Was gilt für die Drücke in den Seifenblasen und welche Auswirkung hat das auf die Form der Grenzfläche, wenn die Seifenblasen aufeinander treffen?
- b) Zwei Seifenblasen mit Durchmessern d_1 und d_2 sitzen auf den beiden Enden eines Rohres, sodass Gasaustausch zwischen den Seifenblasen auftreten kann. Was wird passieren und warum?

Die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit lässt sich einfach mittels einer dünnen Kapillare bestimmen. Dazu wird die Kapillare in ein Becken gestellt und die Höhe der Flüssigkeitssäule, sowie der Kontaktwinkel zwischen Flüssigkeit und Oberfläche bestimmt.

Berechnen Sie die Oberflächenspannungen und bestimmen Sie welche Flüssigkeiten in Frage kommen.

Tipp: Werte finden sie auf z.B. auf wikipedia.de

- c) Glaskapillare mit Durchmesser 1,0 mm wird in ein Becken mit einer Flüssigkeit gestellt. Die Flüssigkeitssäule steigt 3,00 cm hoch. [Temperatur 20 °C, Kontaktwinkel 0°].
- d) Glaskapillare mit Durchmesser 2,0 mm wird in ein Becken mit einer Flüssigkeit gestellt. Die Flüssigkeitssäule steigt 1,17 cm hoch. [Temperatur 20 °C, Kontaktwinkel 6°].
- e) Teflonkapillare (PTFE) mit Durchmesser 2,0 mm wird in ein Becken mit einer Flüssigkeit gestellt. Die Flüssigkeitssäule ist negativ, d.h. es sind 0,87 cm unterhalb des Flüssigkeitsspiegels nicht befüllt. [Temperatur 20 °C, Kontaktwinkel 126°].
- f) Welche weiteren Methoden gibt es zur Bestimmung der Oberflächenenergie? (2 Beispiele)

Aufgabe 2: Bernoulli

Zeigen Sie das man die Bernoulli-Gleichung aus der Energieerhaltung herleiten kann. Gehen Sie dabei von $E_{ges} = E_{kin} + E_{pot} + E_D$ aus, wobei $E_D = p \cdot V$ die Druckenergie ist. Verwenden Sie für das Volumen V (Großbuchstabe) und für die Geschwindigkeit v (Kleinbuchstabe). Vergleichen Sie die Korrektheit der Gleichung mit der Literatur.

Aufgabe 3: Gesetz von Hagen-Poiseuille

Zwei Druckbehälter sind mit einem Rohr verbunden. Es hat eine Länge von $l = 10\text{ m}$ und der Innendurchmesser beträgt $d = 20\text{ cm}$. Die Drücke der Behälter werden auf $p_1 = 500\text{ kPa}$ und $p_2 = 495\text{ kPa}$ konstant gehalten. Das System ist mit einer Flüssigkeit mit Viskosität $\eta = 0,1\text{ Pas}$ (Pascal Sekunde) gefüllt.

- Fertigen Sie eine Skizze der Situation an!
- Der Flüssigkeitsstrom soll als laminar angenommen werden, sodass das Gesetz von Hagen-Poiseuille gilt:

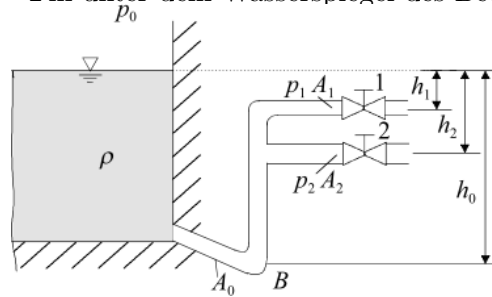
$$Q = \frac{dV}{dt} = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8\eta l}$$

Berechnen Sie den Volumenstrom Q .

- Der erste Druckbehälter fasst ein Volumen von $V_1 = 100\text{ m}^3$ und soll komplett entleert werden indem ein Gas mit Druck p_1 eingelassen wird. Berechnen Sie die benötigte Zeit!
- Wie hoch ist die mittlere Fließgeschwindigkeit der Flüssigkeit im Rohr?
- Um welchen Faktor ändert sich der mittlere Volumenstrom Q bzw. die mittlere Fließgeschwindigkeit v wenn der Radius r des Rohres halbiert wird?
- Beschreiben Sie wie sich der Druck entlang der Rohrleitung ändert (kurze Antwort, keine Rechnung notwendig).

Aufgabe 4: Rohrleitungssystem

Ein Rohrleitungssystem wird von einem großen Wasserbecken ($h_0 = 10\text{ m}$) versorgt, dessen Flüssigkeitsspiegel immer konstant bleibt. Die Rohre haben verschiedene Querschnitte ($A_1 = 5\text{ cm}^2$ und $A_0 = A_2 = 10\text{ cm}^2$). Am Ende der Rohre befinden sich Ventile. Werden diese geöffnet fließt das Wasser nach draußen (Außendruck ist gleich dem Luftdruck $p_0 = 1013\text{ hPa}$). Die Rohre liegen bei $h_1 = 1\text{ m}$ und $h_2 = 2\text{ m}$ unter dem Wasserspiegel des Beckens.



- Wie hoch sind die Drücke p_1 und p_2 bei geschlossenen Ventilen?
- Das Wasser aus dem Becken wird durch eine Öffnung im Boden abgelassen. Bestimmen Sie die Ausflussgeschwindigkeit v_0 . Dafür können Sie die Bernoullie-Gleichung verwenden. Die eine Seite der Gleichung betrachtet dabei den Fall der Wasseroberfläche im Becken. Hier ist zu berücksichtigen, dass die Geschwindigkeit vernachlässigbar ist ($v_{Becken} \ll v_0$). Die andere Seite der Gleichung betrachtet die Situation am Ausfluss, wo der Term für den hydrostatischen Druck wegfällt. Das Ergebnis dieser Rechnung ist das Ausflussgesetz von Torricelli.
- Wir öffnen die Ventile (entweder Ventil 1 oder Ventil 2 - nicht beide gleichzeitig). Zum statischen Druck kommt nun zusätzlich der dynamische Druck hinzu. Überlegen Sie sich, welche Drücke wo herrschen und fassen Sie diese in einer Formel zusammen (Keine Rechnung hier!). Beachten Sie auch die Änderung der Querschnittfläche und die Auswirkung auf die Geschwindigkeit (Venturi-Effekt $A_0 \cdot v_0 = A_i \cdot v_i$).
- Welche Geschwindigkeit hat das Wasser am Ende der jeweiligen Rohre?
- Berechnen Sie das Volumen des Wassers, das nach 10 s ausgeströmt ist.