



Universität Konstanz
Fachbereich Physik
Dr. Peter Keim

Ausgabedatum: 28.01.2016
Besprechung: 04./05.01.2016

ÜbungsgruppenleiterInnen: Mathias Altenburg, Richard Rau, Jörg Roller,
Dirk Ropers, Wolfgang Scheffer, Moritz Schlötter, Carola Ebenhoch,
Bernd Illing, Eva-Johanna Hengeler, Ali Seer, Lukas Siedentop

Übungen zu Experimentalphysik I
für Studierende der Biologie und der Sportwissenschaft
Blatt 13

Aufgabe 1: Wassertank mit und ohne Reibung

Sie besitzen einen Wassertank, mit einer quadratischen Grundseite von 5 m und einer Höhe von 10 m. Nehmen Sie an, dass sich der Füllstand des Tankes nicht ändert.

- a) Am unteren Ende des Tanks sei seitlich eine Öffnung (d.h. reibungsfrei). Mit welcher Geschwindigkeit tritt das Wasser aus? Vergleichen Sie Ihren Wert mit der Geschwindigkeit eines Steines, welcher aus der Höhe $h = 10$ m nach unten fällt!
- b) An der Öffnung sei nun ein Rohr mit einem Durchmesser von $d = 10$ cm und der Länge $l = 1$ m. Nutzen Sie nun das Gesetz von Hagen-Poiseuille um die Fließgeschwindigkeit am Ende des Rohres zu berechnen! Vergleichen Sie mit Ihrem vorherigen Ergebnis. (Hinweis: Nutzen Sie den gleichen Druckunterschied wie in Aufgabenteil a).

Aufgabe 2: Durchblutung

Wir betrachten vereinfacht die Durchblutung des Gehirns. Vom Herzen wird das Blut zum Gehirn transportiert und dort durch ein Netzwerk von dünnen Kapillaren gepumpt. Der mittlere arterielle Druck liegt im Normalfall bei ca. $p_1 = 12,9$ kPa und der mittlere venöse Druck bei ca. $p_2 = 0,6$ kPa. Als mittlere Viskosität von Blut soll der Wert von $\eta = 4$ mPas angenommen werden¹.

- a) Berechnen Sie den Volumenstrom durch eine Kapillare der Länge $L = 1$ cm und des Radius $r = 1$ mm.
- b) Wie lange braucht das Herz, um 6 l Blut durch ein Netzwerk von 1000 solcher Kapillaren zu pumpen, wenn Sie wie in der Aufgabe a) von den konstanten, mittleren Drücken ausgehen?
- c) Berechnen Sie die Fließgeschwindigkeit des Blutes in einer Kapillare.
- d) Nun bildet sich in einer der Kapillaren ein Gerinnsel, wodurch dessen Radius auf die Hälfte reduziert wird. Um welchen Faktor ändert sich der Volumenstrom durch dieses Gefäß?

¹Die Viskosität von Blut schwankt sehr stark im Körper und ist eine sehr komplexe Größe. Darüber hinaus ist Blut keine newton'sche Flüssigkeit, d.h. das hier beschriebene Problem ist extrem stark vereinfacht.

Aufgabe 3: Rohrverjüngung

Durch ein waagrecht verlaufendes Rohr mit einem Durchmesser von $r_1 = 1$ cm fließt Wasser mit einer Geschwindigkeit von $v_1 = 5$ m/s, bei einem von außen konstant angelegtem Druck von 10 bar.

- Berechnen Sie den hydrodynamischen Druck in diesem Rohr. Wie groß ist der statische Druck?
- Das Rohr verjüngt sich nun auf ein viertel des Radius. Berechnen Sie die Fließgeschwindigkeit in diesem Rohrabschnitt und den hydrodynamischen Druck.
- Wie verändern sich der statische und der Gesamtdruck beim Übergang vom dickeren zum dünneren Rohrabschnitt?
- An den beiden Teilstücken des Rohres seien jeweils oben dünne Röhrrchen angeschlossen. Zeichnen Sie in der Skizze die Wasserstände in den Röhrrchen ein. Welche Drücke (bzw. Druckunterschiede) lassen sich anhand dieser Anordnung ablesen?

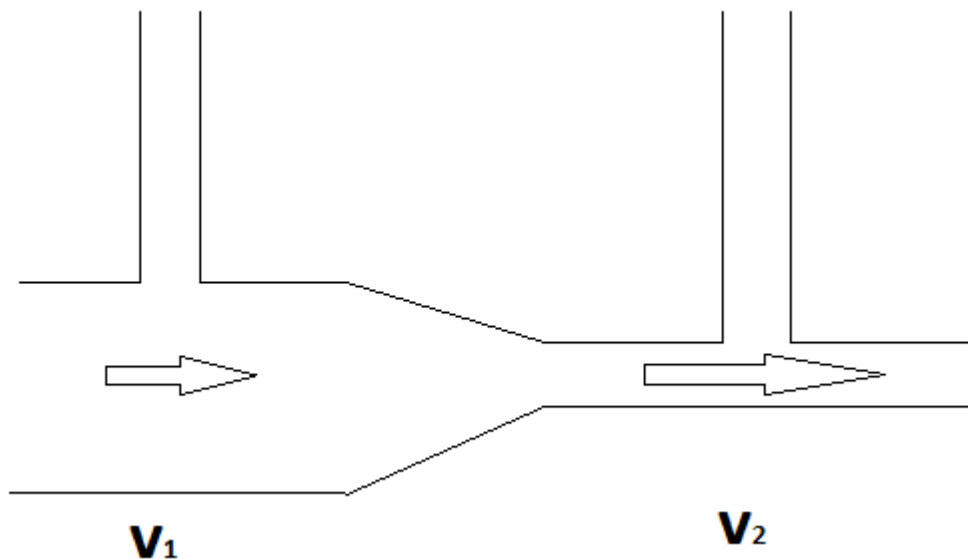


Abbildung 1: Skizze zur Bernoulli Gleichung