

# 11. Übung zur Physik A2 für Nebenfächler WS 2017/18

Ausgabe: 21.12.2017

Abgabe: bis 11.01.2018 08:30 Uhr

Prof. Dr. D. Suter

---

## Aufgabe 1: Hagen-Poiseuille und die Aorta

- Beschreiben Sie kurz das Gesetz von Hagen-Poiseuille und erklären Sie die dort auftauchenden Größen.
- In einem Modell des Blutkreislaufes wird ausgehend von der Aorta (Durchmesser  $d = 25$  mm) jeweils nach einer Länge  $L$  das Blutgefäß jeweils in zwei Äste gleichen Durchmessers geteilt. Berechnen Sie den Faktor, um den sich der Durchmesser bei konstantem Druckabfall von Stufe zu Stufe ändert.
- Ermitteln Sie, nach wie vielen Stufen der Durchmesser eines Blutgefäß nur noch  $d_f \leq 8 \mu\text{m}$  beträgt (Dies ist der typische Durchmesser einer Kapillare, also eines kleinen Blutäderchens).

## Aufgabe 2: Stokes-Reibung

Fällt ein Körper der Masse  $m$  in eine viskose (zähflüssige) Flüssigkeit mit Dichte, so muss man zum Berechnen seiner Geschwindigkeit in der Flüssigkeit die Stokes-Reibung berücksichtigen. Die Reibungskraft ist proportional zur Geschwindigkeit  $v(t)$  und der Bewegungsrichtung des Körpers entgegengesetzt. Im folgenden Beispiel soll ein kugelförmiger Körper betrachtet werden, welcher im Schwerfeld der Erde in einen Behälter mit einer viskosen Flüssigkeit fällt. Als gegeben werde die Differentialgleichung

$$\dot{v}(t) + \frac{\alpha}{m}v(t) = \beta \quad (1)$$

angenommen, welche den Fallprozess innerhalb der Flüssigkeit beschreibt. Nehmen Sie für die Dichte der Flüssigkeit  $\rho$  und den Radius der Kugel  $r$  an.

Hinweis: Aufgabe (b) und (c) sind unabhängig von (a) lösbar!

- Bestimmen Sie die Konstanten  $\alpha$  und  $\beta$  durch das Ausnutzen eines Kraftansatzes!
- Bestimmen Sie eine Lösung  $v_h(t)$  für die homogene Differentialgleichung

$$\frac{dv(t)}{dt} + \frac{\alpha}{m}v(t) = 0.$$

Achten Sie dabei darauf, dass Sie die Anfangszeit  $t_0 = 0$  in Ihrer Lösung berücksichtigen! Als Nebenbedingung gilt:  $v_h(t_0) = \tilde{v}$ .

Hinweis: Lösen Sie die Gleichung per Separationsansatz. Sie müssen beim Umformen der Gleichung also darauf achten, dass die eine Seite des Gleichheitszeichens nur von  $dv$  und  $v$  abhängt und die andere Seite nur von  $dt$ . Integrieren Sie anschließend und achten Sie auf die gegebenen Nebenbedingungen, die in den Integrationsgrenzen zu berücksichtigen sind.

- Betrachten Sie nun die Inhomogenität  $\beta$ . Finden Sie eine von  $t$  unabhängige spezielle Lösung  $v_{sp}$ , welche durch Einsetzen in  $v(t)$  Gleichung (1) erfüllt!

Hinweis: Die Ableitung einer Konstanten ist 0.

- (d) Als Lösung der Differentialgleichung ergibt sich schließlich  $v(t) = v_h(t) + v_{sp}$ . Vergleichen Sie dieses Ergebnis mit den Beobachtungen aus dem in der Vorlesung gezeigten Experiment.

### Aufgabe 3: Hydraulik

In der Abbildung sehen Sie die Funktionsweise einer Hebebühne skizziert. Die beiden Kolben sind kreisförmig mit den Radien  $r_1 = 25$  cm bzw.  $r_2 = 5$  cm. Reibungskräfte sowie das Gewicht der Hebebühne können in dieser Aufgabe vernachlässigt werden.

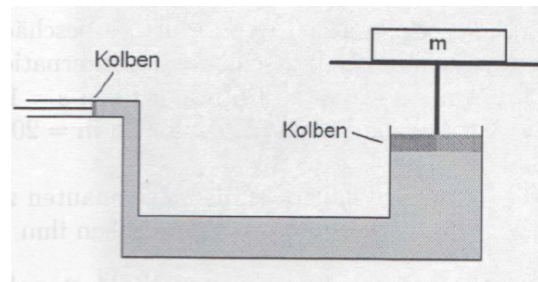


Abbildung 1: Skizze zur Hebebühne.

- Wie groß ist der Druck innerhalb der Flüssigkeit, wenn ein Auto mit der Masse  $m = 1400$  kg auf der Hebebühne steht?
- Wie groß ist die Kraft, die auf den kleinen Kolben ausgeübt wird?
- Wie weit muss der kleine Kolben bewegt werden, um das Auto um 1 m anzuheben und welche Arbeit wird dabei verrichtet?
- Führen Sie Aufgabenteil (b) und (c) erneut mit halb so großem Radius  $r_2$  durch. Was sind Vor- und Nachteile einer kleineren Querschnittsfläche am kleinen Kolben?

### Aufgabe 4: Reynoldszahl

- Erklären Sie kurz in eigenen Worten den Begriff der Viskosität und geben Sie die Abhängigkeit zwischen Viskosität  $\eta$  und Reibungskraft  $F_R$  in einem newtonschen Fluid an.
- Mit Hilfe der Reynoldszahl  $Re$  kann eine Aussage darüber getroffen werden, ob sich eine strömende Flüssigkeit laminar oder turbulent verhält. Geben Sie eine Formel für die einheitenlose Reynoldszahl an und nennen Sie die einzelnen Größen. Was gilt für Strömungen mit großer Reynoldszahl, was für Strömungen mit kleiner Reynoldszahl?
- Nehmen Sie an, dass eine Rohrströmung in etwa bei einer Reynoldszahl  $Re = 2300$  turbulent wird. Berechnen Sie für diese Abschätzung, ab welcher mittleren Strömungsgeschwindigkeit  $v$  Wasser in einem Rohr mit Radius  $r = 5$  cm bei der Temperatur  $T = 20$  °C turbulent wird. Die typischen Ausmaßen des Strömungsquerschnitts  $d$  ist für eine Rohrströmung der Rohrdurchmesser.