

Übungsblatt 8

Besprechung in der Woche vom 18.01.2021

Aufgabe 1

Luftdruck und U-Rohr. Diese Aufgabe soll Ihnen als kleine Inspiration zum Rechnen mit Drücken dienen.

- a) Berechnen Sie die notwendige Höhe der Atmosphäre, damit der normale Luftdruck auf Meereshöhe $p_0 = 1013,25 \text{ hPa}$ herrscht. Nehmen Sie die Atmosphäre dazu als inkompressible, homogene Luftmasse mit einer Dichte von $\rho_{\text{Luft}} = 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ an.
- b) In ein U-förmiges Rohr mit zwei offenen Enden wird zuerst Wasser und dann auf einer Seite Öl gefüllt (beide Flüssigkeiten vermischen sich nicht). Nach einiger Zeit stellt sich eine Gleichgewichtslage ein. Berechnen Sie die Dichte des Öl, wenn der Höhenunterschied der beiden Enden $\Delta h = 10,29 \text{ cm}$ und die Höhe der Ölsäule $h_{\text{Öl}} = 33,6 \text{ cm}$ beträgt. Verwenden sie dazu folgende Skizze (Dichte von Wasser $\rho_{\text{Wasser}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$):

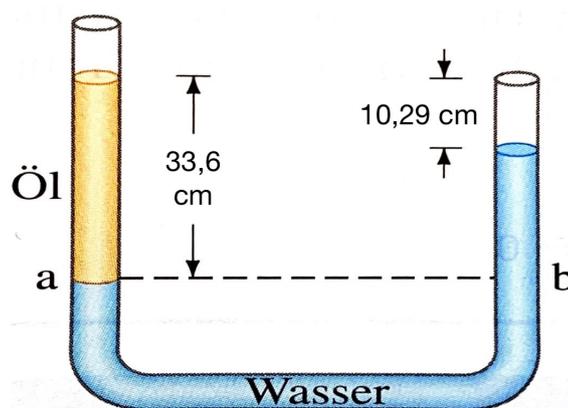


Abbildung 1: Skizze U-Rohr

Aufgabe 2

Eisberg. In dieser Aufgabe beschäftigen wir uns mit der Aussage, dass nur die Spitze eines Eisberges aus dem Wasser ragt.

- a) Berechne zu wie vielen Prozent ein als Quader angenommener Eisberg aus dem Wasser ragt, wenn die Dichte von Salzwasser $1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ und jene von Eis $920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ beträgt. Spielt die Form des Eisbergs eine Rolle?
- b) Im Südpazifik treibt ein Riesen-Eisberg mit einer Länge $L = 240 \text{ km}$ und einer Breite $b = 40 \text{ km}$. Vereinfacht hat der Eisberg die Form eines Quaders und ragt 54 m aus dem Wasser. Was ist die Gesamtdicke d des Eisbergs?

Aufgabe 3

Wassertank. Ein Tank soll durch einen komplett mit Wasser gefüllten Schlauch geleert werden (siehe Skizze). Der Schlauch wird über ein Hindernis der Höhe h_2 geleitet und endet am Punkt (3) auf einer Höhe h_3 unterhalb des Tankbodens. Der äußere Luftdruck sei p_0 . Die Höhe des Wasserspiegels im Tank ist h_1 und die Flussgeschwindigkeit im Tank $v_1 = 0$. Nehmen Sie für die folgenden Berechnungen an, dass sich Wasser wie ein ideales Fluid verhält.

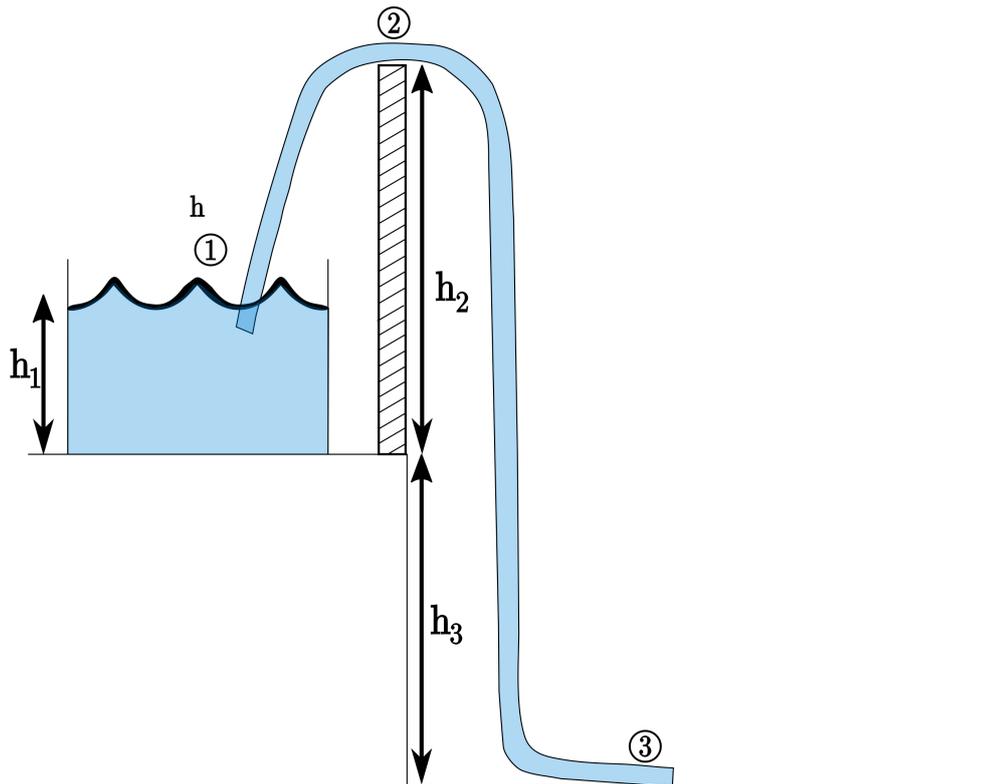


Abbildung 2: Skizze Wassertank

- Bestimmen Sie die Ausflussgeschwindigkeit v_3 .
- Bestimmen Sie den Druck am höchsten Punkt (2) im Schlauch.
- Gegeben sei der konkrete Fall $p_0 = 1000 \text{ hPa}$, $h_1 = 30 \text{ m}$, $h_3 = 4 \text{ m}$, $\rho_{\text{Wasser}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ und $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Wie hoch kann dann das Hindernis maximal sein, bevor der Wasserstrahl im Schlauch abreißt?

Aufgabe 4

Bierleitung. In der belgischen Stadt Brügge gibt es eine 3,2 km lange Bierleitung, die die Brauerei *De Halve Maan* in der Stadtmitte mit einer Abfüllanlage außerhalb der Stadt verbindet. Pro Jahr transportiert die Bierleitung 9 Millionen Liter Bier. Wir gehen davon aus, dass die Leitung kontinuierlich betrieben wird und aus einem durchgehenden, runden Rohr mit einem Querschnitt von Durchmesser von 6 cm besteht. Außerdem nehmen wir an, dass das Bier in guter Näherung als ideales (inkompressibles und reibungsfreies) Fluid genähert werden kann, eine Dichte von 1050 kg/m^3 hat und den typischen Preis von Wiesebier (12 Euro/l) wert ist.

- a) Was ist die Volumenflussrate in der Leitung in $\frac{\text{L}}{\text{s}}$ und in Euro/s?
- b) Was ist die Flussgeschwindigkeit in der Leitung (in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$)?
- c) Wir gehen davon aus, dass der Gesamtdruck in der Leitung auf "Straßenniveau" 10 bar beträgt. An ihrer tiefsten Stelle liegt die Leitung 36 m unterhalb des "Straßenniveaus". Was ist die Flussgeschwindigkeit an dieser Stelle? Was ist der statische Druck (d.h. der Druck ohne Stau- und Schweredruck) im Rohr an dieser Stelle?
- d) Studenten des in Brügge ansässigen "College of Europe" beschließen, für eine Party die Bierleitung auf Straßenniveau anzubohren. Wie hoch spritzt das austretende Bier?

Nach einiger Betriebszeit der Leitung soll die Durchflussrate wegen der hohen Nachfrage verdoppelt werden. Bei den Vorbereitungen für die Modernisierung ist den Ingenieuren aufgefallen, dass die Reibungsverluste nicht vernachlässigt werden können. Deswegen wollen wir jetzt Reibungsverluste berücksichtigen und in dieser und der nächsten Teilaufgabe davon ausgehen, dass die Bierleitung durch das Gesetz von Hagen-Poiseuille beschrieben wird.

- e) Wie muss die Druckdifferenz zwischen Beginn und Ende der Leitung verändert werden, um die doppelte Biermenge pro Jahr durch das gleiche Rohr zu transportieren?
- f) Welchen Durchmesser müsste man für ein neues Rohr wählen, um die doppelte Biermenge pro Jahr zu transportieren, wenn die Länge und Druckdifferenz in der Leitung nicht verändert werden sollen?

Aufgabe 5

Handybarometer. In dieser phyphox Aufgabe ist es das Ziel, die Höhendifferenz eines beliebigen Fahrstuhls (z.B. jener bei der U-Bahnstation Universität) aus den Daten des Handydrucksensors zu bestimmen. Dafür nutzen Sie die fünfte Funktion unter „Sensoren“ mit dem Namen Luftdruck. Rufen Sie die eben benannte Funktion im Fahrstuhl auf und drücken Sie vor der Fahrt den Play-button. Achten Sie dabei darauf, dass sie das Handy möglichst ruhig halten. Wenn Sie unten bzw. oben angekommen sind, drücken Sie den Pausebutton und schicken Sie sich den Datensatz. Wiederholen Sie denselben Versuch noch zweimal, um sich sicher zu sein, dass Sie richtig gemessen haben. Wählen Sie nun den 'schönsten' Datensatz aus und bestimmen Sie die Druckdifferenz von Beginn der Fahrt bis zum Ende bestmöglich. Berechnen Sie daraus den zurückgelegten Höhenunterschied. Machen Sie zudem die Annahme, dass die Dichte der Luft $\rho_{Luft} = 1,27 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ beträgt. Denken Sie, dass die Näherung einer homogenen Luftsäule konstanter Dichte für die Atmosphäre realistisch ist? *Hinweis:* Verwenden Sie für p_{min} und p_{max} sinnvolle Schätzungen aus Ihrem Graphen, zudem wird keine Fehlerrechnung verlangt.