

Übung 4 Hydrostatik / Aerostatik Druck, Kompressibilität, Schweredruck

Lernziele

- einen Druck bzw. eine Druckkraft berechnen können.
- wissen, ob eine Flüssigkeit bzw. ein Gas kompressibel ist oder nicht.
- den Schweredruck in einer bestimmten Tiefe einer bestimmten Flüssigkeit bestimmen können.
- die Funktionsweise eines Flüssigkeits-Barometers verstehen.
- verstehen, warum man bei einem Flüssigkeits-Barometer Quecksilber verwendet wird und nicht Wasser.

Aufgaben

Druck, Kompressibilität

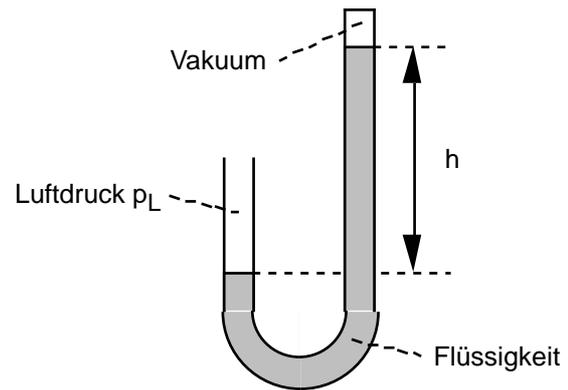
1. Warum versinkt ein Wanderer im Schnee, ein Skifahrer jedoch nicht?
2. Der Druck in einer Wasserleitung betrage 4.3 bar.
 - a) Welche Kraft braucht man, um mit dem Daumen an einem geöffneten Hahn von 1.4 cm^2 Querschnitt das Ausfließen zu verhindern?
 - b) Welche Kraft wäre hierzu am Hydrantanschluss von 25 cm^2 Querschnitt nötig?
3. Der mittlere Luftdruck beträgt auf Meereshöhe 1013 hPa.
Welche Masse übt mit seinem Gewicht die gleich grosse Kraft auf eine Fläche von 1 cm^2 aus wie der Luftdruck?
4. Im Unterrichtszimmer liegt vorne auf dem Korpus eine Glasspritze. Sie sollen damit in einem Experiment herausfinden, ob sich eine Flüssigkeit oder ein Gas zusammendrücken lässt.
Die "Zusammendrückbarkeit" heisst **Kompressibilität**.
 - a) Ziehen Sie mit der Spritze etwas **Wasser** auf.
Verschliessen Sie dann mit einem Finger den Ausgang der Spritze.
Versuchen Sie nun, mit der anderen Hand am Kolben zu drücken.
Lässt sich der Kolben verschieben, d.h. lässt sich das Wasser in der Spritze zusammendrücken?
Was lässt sich daraus für die Kompressibilität einer Flüssigkeit folgern?
 - b) Ziehen Sie mit der Spritze etwas **Luft** auf.
Verschliessen Sie dann mit einem Finger den Ausgang der Spritze.
Versuchen Sie nun, mit der anderen Hand am Kolben zu drücken.
Lässt sich der Kolben verschieben, d.h. lässt sich die Luft in der Spritze zusammendrücken?
Was lässt sich daraus für die Kompressibilität eines Gases folgern?

Schweredruck

5. Bestimmen Sie die Kraft, die in 10'000 m Meerestiefe aufgrund des Schweredruckes auf eine Fläche von 1 cm^2 wirkt.
6. Ein würfelförmiges Gefäss habe die Kantenlänge 10 cm. Das Gefäss könne durch ein Loch in der Deckwand und einem darauf aufgesetzten, dünnen Röhrchen mit Durchmesser 5 mm und Länge 10 cm mit Wasser aufgefüllt werden.
 - a) Das Gefäss werde zunächst ganz mit Wasser gefüllt, so dass aber das Röhrchen leer bleibt.
Wie gross ist die Kraft des Schweredruckes auf den Boden des Gefässes?
 - b) Zusätzlich werde nun auch noch das Röhrchen mit Wasser aufgefüllt.
Wie gross ist nun die Kraft des Schweredruckes auf den Gefässboden?
7. Im Unterrichtszimmer ist vorne auf dem Korpus ein Glasgefäss aufgestellt, das aus drei miteinander verbundenen Teilgefässen besteht (sogenannte "kommunizierende Röhren").
 - a) Stellen Sie fest, dass sich der Flüssigkeitsstand in allen drei Teilgefässen auf der gleichen Höhe befindet.
 - b) Finden Sie aus der Beobachtung unter a) ein Argument dafür, dass der Druck in einer Flüssigkeit nicht von der Gefässform sondern nur von der Tiefe der Flüssigkeit abhängt.

8. Ein Flüssigkeits-Barometer besteht aus einem U-förmigen Glasrohr, welches üblicherweise mit Quecksilber (Hg) gefüllt ist.

Das linke obere Ende ist offen, das rechte obere Ende ist geschlossen.
Rechts steht die Flüssigkeitssäule um h höher als links.

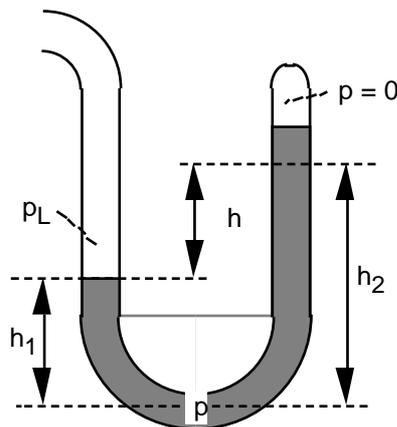


- a) Zur Messung des Luftdruckes p_L liest man am Barometer den Höhenunterschied h ab. Erklären Sie, wie man aus h den Luftdruck p_L bestimmen kann. Leiten Sie dazu eine Formel her, die den Zusammenhang zwischen p_L und h ausdrückt.
- b) Messen Sie am Barometer im Unterrichtszimmer L28 den Niveauunterschied h und bestimmen Sie daraus den momentanen Luftdruck p_L . Hinweis: Die Dichte von Quecksilber beträgt $\rho_{Hg} = 13.5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.
- c) Beurteilen Sie mit Hilfe des Ergebnisses aus a), warum man bei einem Flüssigkeits-Barometer Quecksilber verwendet und nicht eine andere Flüssigkeit, z.B. Wasser.
- d) Nehmen Sie an, man würde den momentanen Luftdruck mit einem Wasser-Barometer statt mit einem Quecksilber-Barometer messen. Welchen Niveauunterschied h würde man beim momentanen Luftdruck ablesen?

Lösungen

1. Massgebend für das Versinken im Schnee ist der Druck.
 Je kleiner die Auflagefläche ist, desto grösser ist der Druck.
 Ein Wanderer hat mit seinen Schuhen eine kleinere Auflagefläche als ein Skifahrer mit seinen Skis. Daher versinkt der Wanderer, der Skifahrer jedoch nicht.
2. a) $F = 61 \text{ N}$
 b) $F = 1.1 \text{ kN}$
3. $m = 1.03 \text{ kg}$
4. Eine Flüssigkeit ist (fast) nicht kompressibel.
 Ein Gas ist kompressibel.
5. $F = 10 \text{ kN}$
6. a) $F = 10 \text{ N}$
 b) $F = 20 \text{ N}$
7. a) ...
 b) Die Flüssigkeit in den "kommunizierenden Röhren" ist in Ruhe.
 Daraus kann man schliessen, dass der Druck am Grund jedes Teilgefässes gleich gross sein muss.
 Der Druck in einer bestimmten Tiefe ist also unabhängig von der Gefässform.

8. a)



Der Druck p zuunterst im U-Rohr ist gegeben durch
 $p = p_L + \rho_1 g h_1$ (wenn man die linke Seite des U-Rohres betrachtet)
 $p = 0 + \rho_2 g h_2$ (wenn man die rechte Seite des U-Rohres betrachtet)
 $p_L + \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2$
 $p_L = \rho_2 g h_2 - \rho_1 g h_1 = \rho_1 g (h_2 - h_1) = \rho_1 g h$

- b) Ann.: $h = 71.4 \text{ cm}$
 $p_L = \rho_{\text{Hg}} g h = 13.5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 0.714 \text{ m} = 9.46 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 946 \text{ hPa}$
- c) Je kleiner ρ_1 wäre, desto grösser wäre h bei gleichem p_L .
 Da die Dichte von Wasser etwa 13 mal kleiner ist wie jene von Quecksilber, müsste ein Wasser-Barometer etwa 13 mal länger sein als ein Quecksilber-Barometer. Ein solch langes Messgerät hat in keinem (normalen) Raum Platz.

- d) Aus $p_L = \rho_1 g h$ folgt
 $(h)_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{p_L}{\rho_{\text{H}_2\text{O}} g} = \frac{\rho_{\text{Hg}} g (h)_{\text{Hg}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}} g} = \frac{\rho_{\text{Hg}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} (h)_{\text{Hg}} = \frac{13.5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3}{1.00 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3} \cdot 0.714 \text{ m} = 9.64 \text{ m}$