

Übung 9 Hydraulik Druck

Lernziele

- die Gesetzmässigkeit, mit welcher der Druck in einer Flüssigkeit mit zunehmender Tiefe zunimmt, grafisch darstellen und in einer konkreten Problemstellung anwenden können.
- verstehen, wie ein Flüssigkeits-Barometer funktioniert.
- eine neue Problemstellung bearbeiten können.

Aufgaben

1. In einer Flüssigkeit nimmt der Schweredruck linear mit der Eintauchtiefe zu (siehe Unterricht). Betrachten Sie ein oben offenes Gefäss, das mit Wasser gefüllt ist.
 - a) Bestimmen Sie die Eintauchtiefe, in welcher der Schweredruck gerade so gross ist wie der äussere Luftdruck.
 - b) Wie gross ist der absolute Druck in der unter a) bestimmten Eintauchtiefe?
 - c) Stellen Sie die Abhängigkeit des absoluten Druckes p von der Eintauchtiefe h grafisch dar. Verlangt ist also ein p - h -Diagramm, in welchem h auf der Abszisse ("x-Achse") und p auf der Ordinate ("y-Achse") eines kartesischen Koordinatensystems aufgetragen werden sollen. Die Koordinatenachsen sollen dabei vollständig und korrekt beschriftet werden.
2. Betrachten Sie im Physik-Buch auf der Seite 32 die Fig. 1.19.

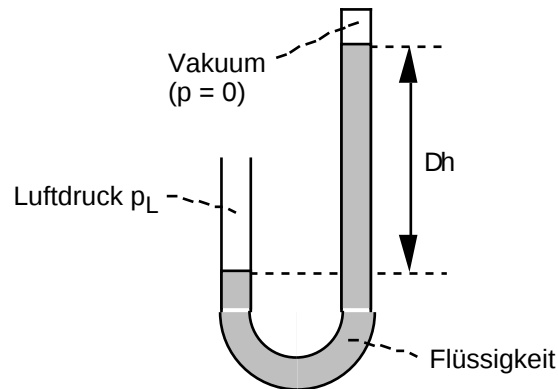
Stellen Sie sich vor, dass die beiden Öffnungen des abgebildeten U-Rohres über je einen Schlauch mit einem Gefäss verbunden sind. Beide Gefässe sind mit einem Gas (z.B. Luft) gefüllt. Der Druck im linken Gefäss beträgt p_1 , und der Druck im rechten Gefäss beträgt p_2 .

 - a) Beurteilen Sie mit Begründung, welcher der beiden Drücke p_1 und p_2 grösser ist.
 - b) Bestimmen Sie den Zusammenhang zwischen der Druckdifferenz $\Delta p = p_2 - p_1$ und dem Höhenunterschied Δh .
Gesucht ist eine Gleichung der Form $\Delta p = \dots$, in welcher auf der rechten Seite Δh vorkommt.

Hinweise:

 - Betrachten Sie zuerst nur die linke Seite des U-Rohres: Der Druck in der Flüssigkeit zuunterst im U-Rohr setzt sich zusammen aus dem Druck p_1 ausserhalb der Flüssigkeit und dem Schweredruck der linken Flüssigkeitssäule.
 - Betrachten Sie dann die rechte Seite des U-Rohres, und machen Sie die gleichen Überlegungen wie für die linke Seite.

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



Das linke obere Ende ist offen. Über der Flüssigkeitssäule befindet sich also Luft mit dem Druck p_L . Das rechte obere Ende ist geschlossen. Über der Flüssigkeitssäule ist der Raum leer (Vakuum, $p = 0$). Rechts steht die Flüssigkeitssäule um Dh höher als links.

- Bestimmen Sie mit Hilfe des Resultates aus der Aufgabe 2b) den Zusammenhang zwischen dem gemessenen Höhenunterschied Dh und dem Luftdruck p_L .
- Beurteilen Sie mit Hilfe des Ergebnisses aus a), warum man bei einem Flüssigkeits-Barometer Quecksilber verwendet und nicht Wasser.

Hinweis: Die Dichte von Quecksilber beträgt $\rho_{\text{Hg}} = 13.5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

- Messen Sie am Barometer im Unterrichtszimmer L28 den Höhenunterschied Dh und bestimmen Sie daraus den momentanen Luftdruck p_L .

Hinweis: Für diese Aufgabe können Sie einen Taschenrechner verwenden.

4. Wenn der Arzt einen Blutdruck von "120 auf 80" misst, so bedeutet dies, dass der obere (systolische) Blutdruck 120 Torr und der untere (diastolische) Blutdruck 80 Torr beträgt.

Die (veraltete) Druckeinheit Torr (Torricelli) ist wie folgt festgelegt: 1 Torr ist gleich dem Schweredruck in einem mit Quecksilber gefüllten Gefäß in der Eintauchtiefe 1 mm.

Gehen Sie nun von einem ungefähren Blutdruck von 100 Torr aus.

- Rechnen Sie diesen Druck in die Einheit Pa um.
- Beurteilen Sie, ob es sich bei den 100 Torr um den Absolutdruck oder den Überdruck handelt.

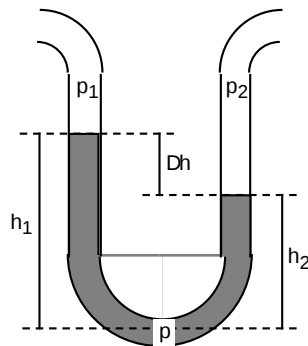
Lösungen

1. a) $p_S = r g h$
 $p_S = p_L$

 fi $h = \frac{p_L}{r g} = \frac{10^5 \text{ Pa}}{10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ Ws/(kg}\cdot\text{m)}} = 10 \text{ m}$
- b) $p = p_L + p_S$
 $p_S = p_L$

 fi $p = 2p_L = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 2000 \text{ hPa} = 2 \text{ bar}$
- c) ...

2. a) $p_2 > p_1$
 b)



Betrachtet man die **linke** Seite des U-Rohres, so ergibt sich

$$p = p_1 + r g h_1$$

Betrachtet man die **rechte** Seite des U-Rohres, so ergibt sich

$$p = p_2 + r g h_2$$

Es muss also gelten:

$$p_1 + r g h_1 = p_2 + r g h_2$$

Durch Umformung erhält man

$$p_2 - p_1 = r g (h_1 - h_2)$$

Mit $Dp := p_2 - p_1$ und $Dh := h_1 - h_2$ folgt:

$$Dp = r g Dh$$

3. a) Da sich über der rechten Flüssigkeitssäule ein Vakuum befindet ($p = 0 \text{ Pa}$), ist $Dp = p_L$, also:
 $p_L = r g Dh$
- b) Je grösser die Dichte r der verwendeten Flüssigkeit ist, desto kleiner ist der gemessene Höhenunterschied Dh bei gleichem Luftdruck.
 Quecksilber hat eine Dichte, die rund 13.5 mal so gross ist wie diejenige von Wasser.
 Ein Wasser-Barometer müsste also rund 13.5 mal so hoch sein wie ein Quecksilber-Barometer und hätte daher keinen Platz in einem normalen Raum.
- c) Ann.: $Dh = 71.4 \text{ cm}$
 $p_L = r_{\text{Hg}} g Dh = 13.5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.81 \text{ Ws/(m}\cdot\text{kg)} \cdot 0.714 \text{ m} = 9.46 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 946 \text{ hPa}$
4. a) $p_S = r_{\text{Hg}} g h = 13.5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ Ws/(m}\cdot\text{kg)} \cdot 100 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 13.5 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 135 \text{ hPa}$
- b) Überdruck