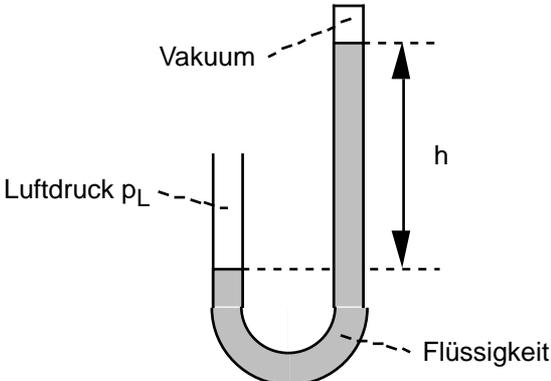


## Übung 9                      Hydraulik     Druck

### Lernziele

- eine Vorstellung davon haben, was Druck ist.
- wissen, dass der Druck isotrop wirkt.
- die Beziehungen zwischen den Druckeinheiten Pa, bar, Torr kennen.
- den Unterschied zwischen einem Absolutdruck und einem Überdruck verstehen.
- wissen, was ein Manometer und ein Barometer ist.
- die Gesetzmässigkeit kennen, mit welcher der Druck in einer Flüssigkeit mit zunehmender Tiefe zunimmt, und sie in einer konkreten Problemstellung anwenden können.
- verstehen, wie ein Flüssigkeits-Barometer funktioniert.
- verstehen, worin das hydrostatische Paradoxon besteht.
- einen neuen Sachverhalt analysieren können.

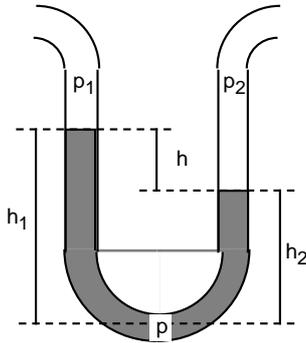
### Aufgaben

1. Studieren Sie im Physik-Buch vom Abschnitt 1.5 (Seiten 32 und 33) die folgenden Abschnitte:  
    Flüssigkeiten und Gase unter Druck  
    Pascal und Bar  
    Druckmessgeräte  
    Druckzunahme in einer Flüssigkeit  
    U-Rohr-Manometer
2. Betrachten Sie im Physikbuch die Fig. 1.19. (Seite 32).
  - a) Beurteilen Sie mit Begründung, welcher der beiden Drücke  $p_1$  und  $p_2$  grösser ist.
  - b) Bestimmen Sie den Zusammenhang zwischen der Druckdifferenz  $\Delta p$  und dem Niveauunterschied  $h$ .  
    Gesucht ist eine Formel der Form  $\Delta p = \dots$ , in welcher auf der rechten Seite  $h$  vorkommt.
3. 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) Bestimmen Sie mit Hilfe der Resultate aus der Aufgabe 2 den Zusammenhang zwischen dem gemessenen Niveauunterschied  $h$  und dem Luftdruck  $p_L$ .
  - b) Beurteilen Sie mit Hilfe Ihres Ergebnisses aus a), warum man bei einem Flüssigkeits-Barometer Quecksilber verwendet und nicht eine andere Flüssigkeit, z.B. Wasser.
  - c) 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  $\rho_{\text{Hg}} = 13.5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ .
  - 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?
4. Beantworten Sie die folgenden Kontrollfragen:
  - a) In welcher Richtung wirkt der Druck in einer Flüssigkeit?
  - b) Was bedeuten Überdruck und Absolutdruck?
  - c) Welchen Druck (Überdruck oder Absolutdruck) misst man bei einem Autoreifen?

- d) Wie nennt man Druckmessgeräte?
  - e) Warum ist der Druck am Boden eines Gefäßes unterschiedlich, wenn Wasser statt Öl eingefüllt wird?
5. Bearbeiten Sie im Physik-Buch auf der Seite 33 die Kontrollfragen 10 bis 12.
6. Studieren Sie im Physik-Buch vom Abschnitt 1.5 (Seiten 32 und 33) den folgenden Abschnitt:  
Das hydrostatische Paradoxon
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.
  - c) Was hat das die Beobachtung unter a) mit dem hydrostatischen Paradoxon zu tun?

**Lösungen**

1. ...
- 2.



Der Druck  $p$  zuunterst im U-Rohr ist gegeben durch

$$p = p_1 + \rho g h_1 \quad (\text{wenn man die linke Seite des U-Rohres betrachtet})$$

$$p = p_2 + \rho g h_2 \quad (\text{wenn man die rechte Seite des U-Rohres betrachtet})$$

Es muss also gelten:

$$p_1 + \rho g h_1 = p_2 + \rho g h_2 \quad (*)$$

Durch Umformung von (\*) erhält man dann

$$p_2 - p_1 = \rho g (h_1 - h_2) \quad (**)$$

- a) Aus Fig. 1.19. ersieht man  $h_1 > h_2$ .  
Aus (\*\*) lässt sich daher folgern, dass  $p_2 > p_1$  gelten muss.
- b) Mit  $p := p_2 - p_1$  und  $h := h_1 - h_2$  folgt aus (\*\*):  
$$p = \rho g h$$
3. a) Da sich über der rechten Flüssigkeitssäule ein Vakuum befindet ( $p = 0 \text{ Pa}$ ), ist  $p = p_L$ .  
Daher gilt:

$$p_L = \rho g h$$

- b) Je grösser die Dichte der verwendeten Flüssigkeit ist, desto kleiner ist der gemessene Niveauunterschied  $h$  bei gleichem Luftdruck.  
Quecksilber hat eine Dichte, die rund 13mal grösser ist als diejenige von Wasser.  
Ein Wasser-Barometer müsste also rund 13mal höher sein als ein Quecksilber-Barometer und hätte daher keinen Platz in einem normalen Raum.

- c) Ann.:  $h = 71.4 \text{ cm}$   
$$p_L = \rho_{\text{Hg}} g h = 13.5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.81 \text{ Ws/(m}\cdot\text{kg)} \cdot 0.714 \text{ m} = 9.46 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 946 \text{ hPa}$$

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

4. a) Der Druck hat keine Richtung. Er wirkt isotrop.  
b) Der Überdruck ist der Druck bezogen auf den Luftdruck, d.h. er gibt an, um wieviel der Druck höher ist als der Luftdruck. Der Absolutdruck bezieht sich auf das Vakuum.  
c) Überdruck  
d) Manometer (Barometer)  
e) Die Dichten von Wasser und Öl sind unterschiedlich.
5. siehe Physik-Buch Seite 162
6. ...
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.  
c) ...