

3.1.5 Anwendungen des hydrostatischen Drucks

Verbundene Röhren

Rohre, die leitend miteinander verbunden sind, bezeichnet man als verbundene Röhren oder **kommunizierende Röhren** (Bild 1). Gießt man in eines der Rohre eine Flüssigkeit, dann steigt die Flüssigkeit in den anderen Röhren an, bis in allen Röhren die gleiche Standhöhe erreicht ist. Ursache des ausgleichenden Abflusses aus den höher gefüllten Röhren ist der dort höhere hydrostatische Druck.

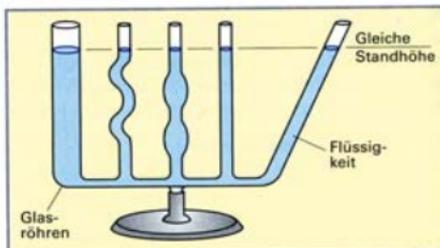


Bild 1: Verbundene Röhren

Standrohr (Schauglas)

Einfache Flüssigkeitsbehälter besitzen zur Beobachtung und Kontrolle des Flüssigkeitsstandes ein außen angebrachtes Glasrohr, das über zwei Rohrstützen mit dem Behälter verbunden ist (Bild 2). In diesem Standrohr steht die Flüssigkeit nach dem Prinzip kommunizierender Röhren so hoch wie im Behälter.

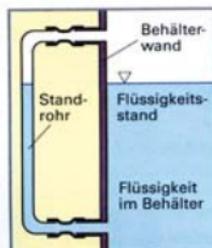


Bild 2: Standrohr

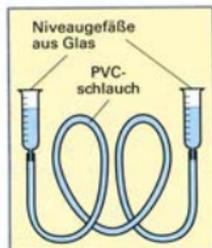


Bild 3: Schlauchwaage

Schlauchwaage

Eine Schlauchwaage besteht aus einem durchscheinenden PVC-Schlauch, der an beiden Enden ein Niveaugefäß aus Glas besitzt (Bild 3). Füllt man die Schlauchwaage mit Wasser, so steht das Wasser aufgrund des Prinzips der kommunizierenden Röhren in beiden Niveaugefäßen gleich hoch. Eine Schlauchwaage ist auf Baustellen ein einfaches Hilfsmittel zur Festlegung gleicher Höhen.

Offenes U-Rohr-Manometer

Dieses Gerät zur Druckmessung (Manometer) besteht aus einem U-förmigen Glasrohr, in dem eine Sperrflüssigkeit (meist Wasser oder Quecksilber) steht (Bild 4). Sie sperrt den linken vom rechten Schenkelraum ab. Lastet nur der Luftdruck p_{amb} auf den beiden Schenkeln, dann steht die Flüssigkeit im U-Rohr gleich hoch. Liegt z. B. auf dem linken Schenkel ein Überdruck p_e an, dann wird die Flüssigkeit im rechten Schenkel so weit hochgedrückt, bis der hydrostatische Druck der hochgedrückten Flüssigkeitssäule $p_{\text{hydr}} = \rho_F \cdot g \cdot h$ den Überdruck p_e ausgleicht. Die Höhendifferenz h ist der gemessene Druck in mm Wassersäule.

Eine 1 cm hohe Wassersäule (0,01 mWS) erzeugt einen hydrostatischen Druck von: $p_{\text{hydr}} = \rho_W \cdot g \cdot h$
 $= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0,01 \text{ m} = 98,1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 98,1 \text{ Pa}$

1 cm WS = 98,1 Pa = 0,981 mbar oder
10 m WS = 1000 · 98,1 Pa = 98 100 Pa = 0,981 bar
 Offene U-Rohr-Manometer eignen sich zur Messung kleiner Druckunterschiede (Bild 5).

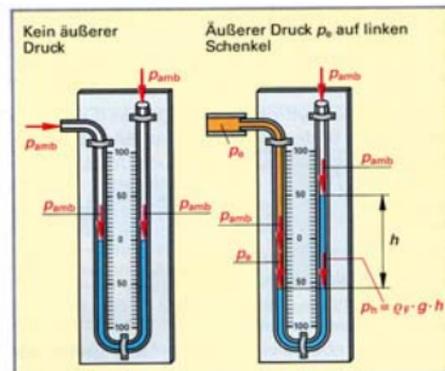


Bild 4: Offenes U-Rohr-Manometer

Beispiel: Abgelesene Höhendifferenz: 7,4 cm WS
 Wie groß ist der Druck in mbar?

Lösung:
 $p_{\text{hydr}} = 7,4 \text{ cm WS}$
 $= 7,4 \cdot 98,1 \text{ Pa} = 726 \text{ Pa}$
 mit $1 \text{ Pa} = 0,01 \text{ mbar}$ folgt
 $p_{\text{hydr}} = 726 \cdot 0,01 \text{ mbar} = 7,26 \text{ mbar}$

Bild 5: Berechnen des Drucks einer Wassersäule

WIEDERHOLUNGSFRAGEN

- Wie hängt der hydrostatische Druck in einer Flüssigkeit von deren Dichte ab?
- Was sind kommunizierende Röhren?
- Ist ein U-Rohr-Manometer ungenau, wenn der Innendurchmesser des U-Rohres nicht überall gleich groß ist? Begründen Sie Ihre Aussage.

AUFGABEN

- Welcher hydrostatische Druck (in bar) herrscht in 240 m Wassertiefe?
- In einem Acetontank steht das Aceton 3,66 m hoch ($\rho_{\text{Aceton}} = 0,791 \text{ g/cm}^3$). Über dem Aceton herrscht ein Überdruck von 0,32 bar.
 - Welcher Druck herrscht am Ablaufboden des Tanks?
 - Welche Druckkraft wirkt auf den Verschlussdeckel des Ablaufstutzens am Boden mit 160 mm Innendurchmesser?
- Wie verändert sich der Messbereich eines U-Rohr-Manometers, wenn statt Wasser Quecksilber als Sperrflüssigkeit eingesetzt wird? ($\rho_{\text{Quecksilber}} = 13,6 \text{ g/cm}^3$)
- Ein Klärbecken hat unter der Wasseroberfläche einen seitlichen Stutzen, der mit einem Mannlochdeckel von 42,0 cm Durchmesser geschlossen ist. Welche Kraft wirkt auf den Deckel, wenn sich die Mitte des Deckels 2,85 m unter der Wasseroberfläche befindet? ($\rho_{\text{Abwasser}} = 1,08 \text{ g/cm}^3$)

3.1.6 Auftrieb in Flüssigkeiten

Aus der Erfahrung beim Baden und Spielen in Wasser weiß man:

- Ein Stein, den man im Wasser hochhebt, ist leichter als außerhalb des Wassers.
- Einen Ball, den man unter Wasser zu tauchen versucht, drückt es mit einer Kraft nach oben.

Verantwortlich für diese Phänomene ist die in Flüssigkeiten auf einen eingetauchten Körper wirkende **Auftriebskraft**, kurz **Auftrieb** genannt.

Mit einem Eintauchversuch kann die Auftriebskraft bestimmt werden (**Versuch 1**).

Dazu wiegt man einen Körper in Luft (F_K) und in Wasser (F_R) und bestimmt den Auftrieb aus der Differenz der Kräfte: $F_A = F_K - F_R$

Das durch den Körper (V_K) verdrängte Wasservolumen V_{FL} wird gemessen. Man stellt fest, dass seine Gewichtskraft F_{FL} gleich groß wie die Auftriebskraft F_A ist. Dies ist das **Gesetz von Archimedes**¹⁾.

Ein Körper in einer Flüssigkeit erfährt einen **Auftrieb**, der so groß ist, wie die Gewichtskraft der von ihm verdrängten Flüssigkeit.

$$F_A = \rho_{FL} \cdot g \cdot V_K$$

Die Auftriebskraft kann auch durch eine theoretische Betrachtung der Kräfte am eingetauchten Körper bestimmt werden (**Bild 1**). Die seitlich wirkenden Druckkräfte F_S heben sich auf. Auf die Deckfläche des Körpers wirkt wegen der unterschiedlichen Tiefe eine geringere hydrostatische Kraft als auf die Bodenfläche des Körpers.

Kraft auf die Deckfläche: $F_D = A \cdot \rho_{FL} \cdot g \cdot h_1$

Kraft auf die Bodenfläche: $F_B = A \cdot \rho_{FL} \cdot g \cdot h_2$

Die Kraftdifferenz ist der Auftrieb F_A .

$F_A = F_B - F_D = A \cdot \rho_{FL} \cdot g \cdot (h_2 - h_1) = A \cdot \rho_{FL} \cdot g \cdot h$

Mit $A \cdot h = V_K$ (Volumen des Körpers) ergibt sich der Auftrieb zu: $F_A = \rho_{FL} \cdot g \cdot V_K = F_{FL}$.

Der Auftrieb F_A entspricht der Gewichtskraft F_{FL} des verdrängten Flüssigkeitsvolumens V_{FL} .

Versuch 1: Bestimmung des Auftriebs

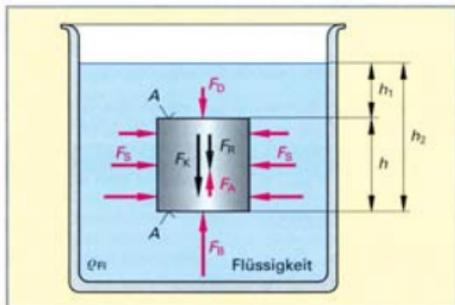
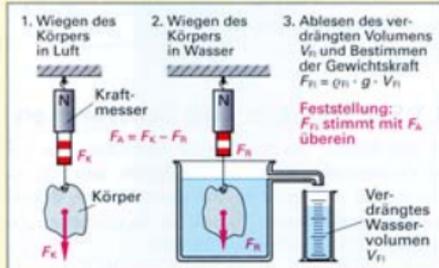


Bild 1: Kräfte auf einen eingetauchten Körper

¹⁾ Archimedes, griechischer Naturforscher (285 bis 212 vor Christus)