

## 1.8. Aufgaben zur Hydrostatik

### Aufgabe 1: Dichte

- Was ist die Dichte und wie bestimmt man sie?
- Nenne die Dichte von Luft, Wasser und Eisen
- Welche Masse hat jeweils ein Kubikmeter der drei Stoffe aus b)?
- Welches Volumen hat jeweils ein Kilogramm der drei Stoffe aus b)?
- Wie schwer ist ein Eisenstab mit quadratischem Querschnitt, der 1 cm dick und 1 m lang ist? ( $\rho = 7,8 \text{ g/cm}^3$ )

### Aufgabe 2: Druck

Ergänze die Tabelle

Pa			3400				560 000	
bar		0,043		0,0056		2,3		
$\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$	0,73				8,5			65,2

### Aufgabe 3: Druck

- Wieviel bar Überdruck gegenüber der Umgebung herrschen in einer Flüssigkeit, die auf eine Kolbenfläche von  $A = 4 \text{ cm}^2$  eine Kraft von  $F = 35,6 \text{ N}$  ausübt?
- Welche Kraft wirkt auf eine Fläche mit dem Inhalt  $A = 3 \text{ cm}^2$ , wenn der Überdruck gegenüber der Umgebung  $p = 1,3 \text{ bar}$  beträgt?
- Welche Fläche hat eine Kolben, der bei einem Überdruck von  $p = 1,85 \text{ bar}$  mit einer Kraft von  $0,37 \text{ N}$  herausgedrückt wird?

### Aufgabe 4: Atmosphärendruck

Welche Kraft übt die Atmosphäre auf eine  $0,6 \text{ m}$  breite und  $1,4 \text{ m}$  lange Tischtennisplatte aus? Warum bricht der Tisch nicht zusammen?

### Aufgabe 5: Druck

Ein mit Öl gefüllter Behälter steht unter einem Überdruck von  $5 \text{ bar}$ .

- Welche Kraft wirkt auf einen Kolben mit einem Durchmesser von  $d_1 = 2 \text{ cm}$ ?
- Welche Kraft wirkt auf zweiten Kolben mit einem Durchmesser von  $d_2 = 4 \text{ cm}$ ?
- Um wie viel cm bewegt sich der große Kolben, wenn der kleine Kolben um  $10 \text{ cm}$  hineingedrückt wird und das Gesamtvolumen konstant bleibt?

### Aufgabe 6: Druck

Der  $1 \text{ m}$  breite zylindrische Presskolben einer hydraulischen Presse soll eine Kraft von  $800 \text{ kN}$  ausüben. Der Druckkolben hat einen Durchmesser von  $5 \text{ cm}$ . Welchen Überdruck muss das Öl in der Presse haben und mit welcher Kraft muss der Druckkolben betätigt werden?

### Aufgabe 7: Druck

Wie groß muss der Kolben sein, mit dem man ein  $1 \text{ t}$  schweres Auto mit Hilfe der Trinkwasserversorgung heben kann, wenn diese einen Überdruck von  $3,5 \text{ bar}$  besitzt?

### Aufgabe 8: Barometrische Höhenformel

Bestimme den Normaldruck auf dem Feldberg ( $1500 \text{ m}$ ) und dem Mount Everest ( $8500 \text{ m}$ ) mit Hilfe der barometrischen Höhenformel für  $e \approx 2,718$ ;  $p_0 = 1 \text{ bar}$

### Aufgabe 9: Hydrostatischer und Atmosphärendruck

Welche Kraft wirkt in  $50 \text{ m}$  Tiefe eines Sees auf die  $1 \text{ dm}^2$  große Scheibe einer Taucherbrille, wenn in der Taucherbrille

- Vakuum
- Atmosphärendruck herrscht? Was kann der Taucher tun, damit die Brille nicht in den Schädel gepresst wird?

### Aufgabe 10: Hydrostatischer und Atmosphärendruck

Ein Auto mit geschlossenen Fenstern versinkt  $8 \text{ m}$  tief in einem See. Die Fahrzeugtüren haben eine Fläche von  $1,2 \text{ m}^2$ .

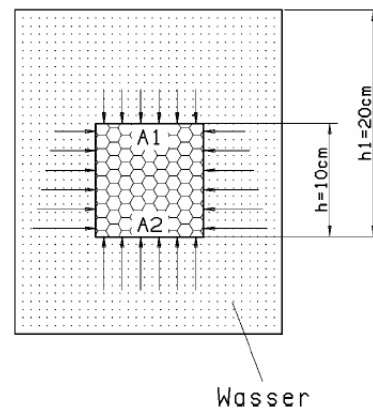
- Wie groß ist die von außen auf die Tür wirkende Kraft?
- Wie groß ist die von innen durch den Atmosphärendruck auf die Tür wirkende Kraft?
- Was muss der eingeschlossene Fahrer tun, um die Tür öffnen zu können?

### Aufgabe 11: Hydrostatischer und Atmosphärendruck

Ein  $100 \text{ cm}$  hohes und  $70 \text{ cm}$  breites Fenster gewährt Einblick in ein Aquarium, dessen Wasserspiegel  $45 \text{ cm}$  über dem oberen Fensterrand liegt. Welche resultierende Kraft muss die Glasscheibe aushalten?

### Aufgabe 12: Auftrieb

- Welche Kraft  $F_1$  wirkt auf die obere Fläche  $A_1 = 5 \text{ cm}^2$  des rechts abgebildeten Quaders?
- Welche Kraft  $F_2$  wirkt auf die untere Fläche  $A_2 = 5 \text{ cm}^2$  des rechts abgebildeten Quaders?
- Wie wirken sich die Kräfte auf die Seitenflächen aus?
- Wie groß ist die wirksame Auftriebskraft  $F_A$ ?



### Aufgabe 13: Auftrieb

Ein Marmorquader hat die Kantenlängen  $a = 5,0 \text{ cm}$ ;  $b = 2,5 \text{ cm}$  und  $c = 1,2 \text{ cm}$ . Der Marmorquader wird vollständig in Wasser eingetaucht. Die Dichte von Wasser ist  $\rho = 1000 \text{ g/cm}^3$  und als Gravitationsfeldstärke nehmen wir  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ .

- Berechne das Volumen  $V_M$  des Marmorquaders in  $\text{m}^3$ .
- Wie groß ist das Volumen  $V_W$  des verdrängten Wassers?
- Berechne die Auftriebskraft  $F_A$ , die auf den eingetauchten Marmorquader wirkt.

### Aufgabe 14: Auftrieb

Ein Stahlkörper mit der Dichte  $\rho = 7,8 \text{ g/cm}^3$  hat in Luft die Gewichtskraft von  $F_g = 3,12 \text{ N}$ . Welche Auftriebskraft erfährt der Körper bei vollständigem Eintauchen in die folgenden Flüssigkeiten:

- Meerwasser mit  $\rho = 1,03 \text{ g/cm}^3$
- Glycerin mit  $\rho = 1,26 \text{ g/cm}^3$
- Süßwasser mit  $\rho = 1,0 \text{ g/cm}^3$ ?

### Aufgabe 15: Auftrieb

Ein 355 g schwerer Granitstein verdrängt in Wasser mit der Dichte  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$  ein Volumen von  $V = 128 \text{ cm}^3$ .  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ .

- Welche Kraft zeigt ein Kraftmesser, an dem der Stein in der Luft hängt?
- Welche Kraft zeigt ein Kraftmesser, an dem der vollständig in Wasser eingetauchte Stein hängt?

### Aufgabe 16: Auftrieb

Welche Restgewichtskraft hat ein Messingkörper mit dem Volumen  $V = 200 \text{ cm}^3$  und der Dichte  $\rho_K = 8,7 \text{ kg/dm}^3$ , der vollständig in Öl mit der Dichte  $\rho_O = 0,9 \text{ kg/dm}^3$  getaucht wird?

### Aufgabe 17: Auftrieb

Eine Gipsfigur wiegt an der Luft 0,14 N und in Benzin nur noch 0,4 N. Wie groß ist das Volumen der Figur, wenn die Dichte von Benzin  $\rho_B = 0,7 \text{ g/cm}^3$  beträgt?

### Aufgabe 18: Auftrieb

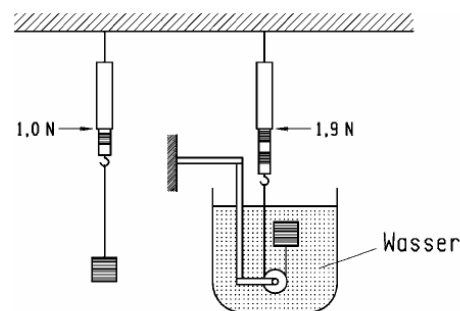
Ein Ei wiegt in der Luft 0,61 N und in Wasser 0,06 N. Welche Dichte hat eine Kochsalzlösung, in der das Ei gerade noch schwebt? Rechne mit  $\rho_W = 1 \text{ kg/dm}^3$  und  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ .

### Aufgabe 19: Auftrieb

Ein Bleikörper mit der Dichte  $\rho_{Pb} = 11,3 \text{ g/cm}^3$  wiegt an der Luft 80 N und in einer unbekanntem Flüssigkeit 5,6 N weniger. Berechne die Dichte der unbekanntem Flüssigkeit.

### Aufgabe 20: Auftrieb

- Welche Auftriebskraft erfährt der rechts abgebildete Holzklötz?
- Berechne seine Dichte, wenn das Wasser die Dichte  $\rho_W = 1 \text{ g/cm}^3$  besitzt.



### Aufgabe 21: Auftrieb

Welche Kraft benötigt man, um einen Quader mit den Kantenlängen  $a = 20 \text{ cm}$ ,  $b = 25 \text{ cm}$  und  $c = 30 \text{ cm}$  aus Fichtenholz mit der Dichte  $\rho_F = 0,5 \text{ g/cm}^3$  ganz unter Wasser zu drücken? Rechne mit  $\rho_W = 1 \text{ g/cm}^3$  und  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ .

### Aufgabe 22: Auftrieb

Welche Grundfläche muss eine 5 cm dicke Eisscholle mit der Dichte  $\rho_{Eis} = 0,92 \text{ g/cm}^3$  mindestens haben, damit sie ein 40 kg schweres Kind gerade noch trägt?

### Aufgabe 23: Auftrieb

Eine leere Konservendose mit Durchmesser  $d$ , Höhe  $h$  und Masse  $m$  schwimmt in der Badewanne. Lars schüttet solange Wasser hinein, bis ihr oberer Rand unterschneidet und sie untergeht. Bis zu welcher Höhe  $h'$  kann er die Dose füllen?

## 1.8. Lösungen zu den Aufgaben zur Hydrostatik

### Aufgabe 1: Dichte

- a) siehe Theorie  
 b) siehe Theorie  
 c) Luft: 1,2 kg; Wasser: 1 t; Eisen: 7,87 t  
 d) Luft: 833 Liter; Wasser: 1 kg; Eisen: 127 ml  
 e)  $m = \rho \cdot V = 7,87 \text{ g/cm}^3 \cdot 100 \text{ cm}^3 = 787 \text{ g}$

### Aufgabe 2: Druck

Pa	7300	4300	3400	560	85 000	230 000	560 000	652 000
bar	0,073	0,043	0,034	0,0056	0,85	2,3	5,6	6,52
$\frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$	0,73	0,43	0,34	0,056	8,5	23	56	65,2

### Aufgabe 3: Druck

- a)  $p = 8,9 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 0,98 \text{ bar}$   
 b)  $F = p \cdot A = 13 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \cdot 4 \text{ cm}^2 = 52 \text{ N}$   
 c)  $A = \frac{F}{p} = 0,37 \text{ N} : 18,5 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 0,02 \text{ cm}^2 = 2 \text{ mm}^2$ .

### Aufgabe 4: Atmosphärendruck

$A = 6,24 \text{ m}^2 \Rightarrow F = p \cdot A = 624 000 \text{ N}$  entspricht 62,4 Tonnen. Glücklicherweise wirkt von unten (nahezu) die gleiche Kraft dagegen?

### Aufgabe 5: Druck

- a)  $A_1 = \pi r_1^2 = \pi \text{ cm}^2 \approx 3,14 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_1 = p \cdot A_1 = 50\pi \text{ N} \approx 157,1 \text{ N}$   
 b)  $A_2 = \pi r_2^2 = 4\pi \text{ cm}^2 \approx 12,57 \text{ cm}^2 \Rightarrow F_1 = p \cdot A_1 = 200\pi \text{ N} \approx 628,2 \text{ N}$   
 c) Volumenbilanz:  $0 = \Delta V_1 + \Delta V_2 = A_1 \cdot \Delta s_1 + A_2 \cdot \Delta s_2 = A_1 \cdot (-10 \text{ cm}) + 4A_1 \cdot \Delta s_2 \Rightarrow \Delta s_2 = +2,5 \text{ cm}$ : Die viermal so große Fläche bewegt sich nur ein Viertel des Weges.

### Aufgabe 6: Druck

Überdruck  $p \approx 10,2 \text{ bar}$  und Kraft auf den Druckkolben  $F = 2 \text{ kN}$ .

### Aufgabe 7: Druck

Der Presskolben muss eine Fläche von mindestens  $A = \frac{m \cdot g}{p} = 2,8 \text{ dm}^2$  bzw. einen Durchmesser von 19 cm haben.

### Aufgabe 8: Barometrische Höhenformel

$p(1500 \text{ m}) \approx 0,86 \text{ bar}$  und  $p(8500 \text{ m}) \approx 0,43 \text{ bar}$

### Aufgabe 9: Hydrostatischer und Atmosphärendruck

- a) 5 bar  $\Rightarrow$  5000 N entspricht 500 kg      b) 6 bar  $\Rightarrow$  6000 N entspricht 600 kg  
 Die Brille muss zum Druckausgleich mit Atemgas aus der Druckflasche gefüllt werden, welches ebenfalls unter Druck steht.

### Aufgabe 10: Hydrostatischer und Atmosphärendruck

Von außen wirken Atmosphärendruck von 1 bar und hydrostatischer Druck von 0,8 bar mit zusammen 1,8 bar und bewirken auf die Fläche von  $1,2 \text{ m}^2$  eine Kraft von 196 kN entspricht 19,6 Tonnen. Von innen wirkt der Atmosphärendruck mit 120 kN dagegen. Die resultierende Kraft ist aber immer noch 76 kN entspricht 7,6 Tonnen. Der Fahrer muss die Fenster öffnen oder einschlagen, um schnell einen Druckausgleich herzustellen.

### Aufgabe 11: Druck

Der mittlere hydrostatische Überdruck in der Tiefe  $45 \text{ cm} + 35 \text{ cm} = 80 \text{ cm}$  hat den Wert 0,08 bar und die resultierende Kraft auf die  $0,7 \text{ m}^2$  große Scheibe ist 5,6 kN.

### Aufgabe 12: Auftrieb

- a)  $F_1 = -0,5 \text{ N}$       b)  $F_2 = +1,0 \text{ N}$       c) sie gleichen sich aus      d)  $F_A = +0,5 \text{ N}$

**Aufgabe 13: Auftrieb**

a)  $V_M = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$       b)  $V_W = V_M$       c)  $F_A = 1,47 \cdot 10^{-2} \text{ N}$ .

**Aufgabe 14: Auftrieb**

mit  $V = \frac{F_g}{\rho_K \cdot g} = 40,7 \text{ cm}^3$  erhält man

a) in Meerwasser  $F_A = 0,412 \text{ N}$       b) in Glycerin  $F_A = 0,504 \text{ N}$       c) in Süßwasser  $F_A = 0,407 \text{ N}$

**Aufgabe 15: Auftrieb**

a)  $F_g = 3,48 \text{ N}$       b)  $F_A = 1,28 \text{ N} \Rightarrow$  Restgewichtskraft  $F_g - F_A = 2,22 \text{ N}$

**Aufgabe 16: Auftrieb**

Restgewichtskraft  $F_g - F_A = (\rho_K - \rho_0) \cdot g \cdot V = 2,22 \text{ N}$

**Aufgabe 17: Auftrieb**

$0,1 \text{ N} = F_A = \rho_B \cdot g \cdot V \Rightarrow V = 14,6 \text{ cm}^3$ .

**Aufgabe 18: Auftrieb**

Die Auftriebskraft in Wasser ist  $0,55 \text{ N} = F_{AW} = \rho_W \cdot g \cdot V \Rightarrow V = 56 \text{ cm}^3$ . In Kochsalzlösung soll gelten  $0,61 \text{ N} = F_g = F_{AL} = \rho_L \cdot g \cdot V \Rightarrow \rho_L = 1,11 \text{ g/cm}^3$ .

**Aufgabe 19: Auftrieb**

Gewichtskraft  $80 \text{ N} = F_g = \rho_{pb} \cdot g \cdot V \Rightarrow V = 721,6 \text{ cm}^3$ . Auftriebskraft  $5,6 \text{ n} = F_A = \rho \cdot g \cdot V \Rightarrow \rho = 0,791 \text{ g/cm}^3$ .

**Aufgabe 20: Auftrieb**

a)  $F_A = 2,9 \text{ N}$

b)  $F_A = \rho_W \cdot V_H \cdot g = \rho_W \cdot \frac{m_H \cdot g}{\rho_H} = \rho_W \cdot \frac{F_g}{\rho_H} \Rightarrow \rho_H = \rho_W \cdot \frac{F_g}{F_A} = 0,34 \text{ g/cm}^3$ .

**Aufgabe 21: Auftrieb**

$V = 0,015 \text{ m}^3 \Rightarrow$  Restauftrieb  $F_A - F_g = (\rho_W - \rho_F) \cdot g \cdot V = 75,575 \text{ N}$ .

**Aufgabe 22: Auftrieb**

Der Restauftrieb bei vollständigem Eintauchen muss das Kind tragen können:  $m_{\text{Kind}} \cdot g = F_A - F_g = (\rho_W - \rho_{\text{Eis}}) \cdot g \cdot V = (\rho_W - \rho_{\text{Eis}}) \cdot g \cdot A \cdot d_{\text{Eis}} \Leftrightarrow m_{\text{Kind}} = (\rho_W - \rho_{\text{Eis}}) \cdot A \cdot d_{\text{Eis}}$ . Die Grundfläche muss mindestens  $A = \frac{m_{\text{Kind}}}{(\rho_W - \rho_{\text{Eis}}) \cdot d_{\text{Eis}}} = 10 \text{ m}^2$  groß sein.

**Aufgabe 23: Auftrieb**

Der Restauftrieb bei vollständigem Eintauchen muss das Wasser tragen können:  $m_W \cdot g = F_A - F_g = \rho_W \cdot V_{\text{Dose}} \cdot g - m_{\text{Dose}} \cdot g \Leftrightarrow m_W = \rho_W \cdot V_{\text{Dose}} - m_{\text{Dose}} \Leftrightarrow \rho_W \cdot A_{\text{Dose}} \cdot h' = \rho_W \cdot A_{\text{Dose}} \cdot h - m_{\text{Dose}} \Leftrightarrow h' = h - \frac{m_{\text{Dose}}}{\rho_W \cdot A_{\text{Dose}}} = h - \frac{4 \cdot m}{\rho_W \cdot \pi \cdot d^2}$ .