

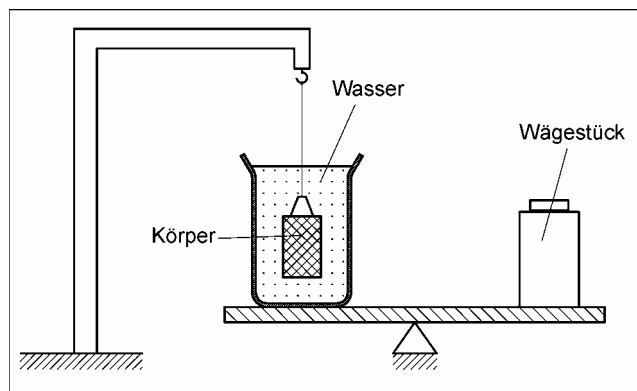
## Auftrieb

1. Ein Körper taucht vollständig oder teilweise in eine Flüssigkeit ein.
  - a) Welche physikalische Erscheinung bezeichnet man als Auftrieb und welche Kraft als Auftriebskraft ?
  - b) Wie lautet das ARCHIMEDISCHE GESETZ für Flüssigkeiten in Worten und als Größengleichung ?
  - c) Welche physikalische Ursache hat der Auftrieb ?
2. Erläutere anhand einer Skizze ein Messverfahren für die Ermittlung der Auftriebskraft.
3. Wovon hängt die Auftriebskraft in Flüssigkeiten ab ?
4. Wie tief taucht ein schwimmender Körper in eine Flüssigkeit ein ?
5. Ein Holzquader wird auf den ebenen Boden eines mit Wasser gefüllten Behälters gepresst, so dass sich kein Wasser mehr zwischen Holzquader und Gefäßboden befindet.  
Was passiert, wenn der Quader losgelassen wird ? Begründung.
6. In welcher Flüssigkeit kann eine Eisenkugel schwimmen ?
7. Wie ändert sich während des Auftauchens aus Wasser der Auftrieb eines Stückes Kork ?
8. Die mittlere Dichte des menschlichen Körpers beträgt nach dem Ausatmen  $1,04 \text{ kg / dm}^3$ , nach dem Einatmen dagegen  $0,98 \text{ kg / dm}^3$ .  
Begründe !  
Was muss man also tun, wenn man im Wasser ohne Schwimmbewegungen („Toter Mann“) nicht untergehen will ?
9. Wie ändert sich die Tauchtiefe eines Schiffes, wenn es aus dem Hamburger Hafen (Süßwasser) in die Nordsee ausläuft ?
10. Wie ändert sich der Auftrieb eines Körpers, wenn er in Meerwasser aus 50 m auf 5 m Tiefe angehoben wird ?
11. Wird ein bis zum Rand mit Wasser gefülltes Gefäß insgesamt schwerer, wenn ein Stückchen Holz hineingeworfen wird ?
12. Warum schwimmen Eisberge ?
13. Welche Gase wären zur Füllung eines Ballons geeignet ?
14. Im Toten Meer kann man schwimmen, ohne sich zu bewegen. Erkläre, warum das möglich ist.

## Auftrieb

15. Ein randvoll mit Wasser gefülltes Überlaufgefäß hängt an einem Kraftmesser. Wie ändert sich die Anzeige des Kraftmessers, wenn man vorsichtig
- einen Stein
  - ein Holzstück ins Wasser legt ? Begründung.
16. Zwei gleich große Bechergläser sind randvoll mit Wasser gefüllt. Dabei schwimmt in einem Glas ein Stück Holz ( $\rho = 0,8 \text{ g/cm}^3$ ). Welches Glas hat den schwereren Inhalt ? Begründung.
17. Gilt das Archimedische Gesetz für Flüssigkeiten und Gase
- auf dem Mond
  - in einer Raumstation (bei Schwerelosigkeit) ? Begründung.
18. Auf einer Balkenwaage befindet sich ein mit Wasser gefülltes Überlaufgefäß („überflüssiges“ Wasser ist bereits in ein neben der Waage stehendes Becherglas abgelaufen). Die Waage ist durch Wägestücke ins Gleichgewicht gebracht worden. Was geschieht mit der Waage, wenn man einen Körper in das Überlaufgefäß legt, dessen Dichte
- gleich der Dichte des Wassers ist,
  - größer als die Dichte des Wassers ist,
  - kleiner als die Dichte des Wassers ist ?

19. Auf einer Balkenwaage befinden sich ein mit Wasser gefülltes Glasgefäß mit einem entsprechenden Wägestück im Gleichgewicht. Man taucht nach Zeichnung einen Stahlkörper, der fest an einem Faden aufgehängt ist, in das Wasser. Bleibt die Waage im Gleichgewicht ?



20. Ein ruhender Körper schwimmt in einer Flüssigkeit; dabei taucht er nicht vollständig in die Flüssigkeit ein. Der Körper hat die Gewichtskraft  $F_{G,K}$ .
- Wie groß ist die Gewichtskraft  $F_{G,F}$  der vom Körper verdrängten Flüssigkeitsmenge ?
  - Der Körper hat die mittlere Dichte  $\rho_K$ ; die Flüssigkeit hat die Dichte  $\rho_F$ . Welche Beziehung besteht zwischen  $\rho_K$  und  $\rho_F$  ? Begründe die Antwort !
21. In einer Schüssel mit Wasser schwimmt ein luftfreies Stück Eis. Steigt oder sinkt die Wasseroberfläche oder bleibt sie gleich, wenn das Eis schmilzt ? Die Temperatur soll dabei unverändert bleiben. Begründung !

## Auftrieb

Literatur (Quellen) soweit bekannt:

- Nücke E.      Physikaufgaben für technische Berufe  
Reinhard A.    23. Aufl., 1987; S. 68  
Verlag Handwerk und Technik, Hamburg
- Höfling O.     Physikaufgaben Sekundarstufe I  
16. Aufl., 1985; S. 35, 39  
Ferd. Dümmers Verlag, Bonn
- Höfling O.     Physikaufgaben Sekundarstufe I  
15. Aufl., 1981; S. 16  
Ferd. Dümmers Verlag, Bonn
- Leopold H.    Physik 9  
Zins R.        1. Aufl., 1984; S. 33  
C.C. Buchners Verlag, Bamberg
- Steidl H.      Natur und Technik, Physik 9  
Stiegler L.    1. Aufl., 1983; S. 31  
Cornelsen-Velhagen & Klasing

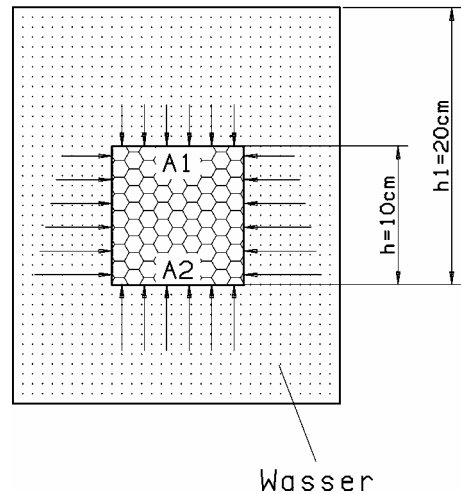
## Auftrieb in Flüssigkeiten

1. Ein Marmorquader hat die Kantenlängen  $a = 5,0 \text{ cm}$ ,  $b = 2,5 \text{ cm}$ ,  $c = 1,2 \text{ cm}$ . Der Marmorquader wird vollständig in Wasser eingetaucht. Die Dichte von Wasser ist  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ;  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ .
  - a) Berechne das Volumen  $V_M$  des Marmorquaders (in der Einheit  $\text{m}^3$ ) !
  - b) Wie groß ist das Volumen  $V_W$  des verdrängten Wassers ?
  - c) Berechne die Auftriebskraft  $F_A$ , die auf den eingetauchten Marmorquader wirkt !
  
2. Ein Stahlkörper von der Dichte  $\rho_K = 7,8 \text{ g/cm}^3$  hat in Luft eine Gewichtskraft von  $3,12 \text{ N}$ . Welche Auftriebskraft erfährt der Körper, wenn man ihn in
  - a) Meerwasser  $\rho = 1,03 \text{ g/cm}^3$ ,
  - b) Glycerin  $\rho = 1,26 \text{ g/cm}^3$ ,
  - c) Süßwasser  $\rho = 1,0 \text{ g/cm}^3$  taucht ?
  
3. Ein Granitstein hat die Masse  $m = 355 \text{ g}$ . Wenn er vollständig in Wasser eingetaucht wird, verdrängt er Wasser vom Volumen  $V = 128 \text{ cm}^3$ . Die Dichte von Wasser ist  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ;  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ .
  - a) Welche Kraft  $F_1$  zeigt der Kraftmesser, an dem der Stein in Luft hängt ?
  - b) Welche Kraft  $F_2$  zeigt der Kraftmesser, an dem der vollständig in Wasser eingetauchte Stein hängt ?
  
4. Ein Messingkörper von  $V = 200 \text{ cm}^3$  und  $\rho_K = 8,7 \text{ kg/dm}^3$  wird in Öl ( $\rho_{\text{ö}} = 0,9 \text{ kg/dm}^3$ ) getaucht.  
Es ist die Tauchgewichtskraft des Körpers in Öl zu ermitteln.
  
5. Eine Gipsfigur hat in Luft eine Gewichtskraft von  $0,14 \text{ N}$ . Völlig eingetaucht in Benzin beträgt ihre Gewichtskraft scheinbar nur noch  $0,04 \text{ N}$ .  
Wie groß ist das Volumen der Figur ?  
(Dichte von Benzin:  $\rho_B = 0,7 \text{ kg/dm}^3$ )
  
6. Die Gewichtskraft eines Eies beträgt in Luft  $61 \text{ cN}$ , in Wasser scheinbar  $6 \text{ cN}$ .  
Welche Dichte muss eine Kochsalzlösung haben in der das Ei gerade schwebt ?  
( $\rho_W = 1,0 \text{ kg/dm}^3$ )
  
7. Ein Bleikörper wird in eine Flüssigkeit getaucht. Es stellt sich eine Gewichtsverringerng von  $5,6 \text{ N}$  ein. Der Bleikörper hat in Luft eine Gewichtskraft von  $F_{\text{Pb,L}} = 80 \text{ N}$ .  
Wie groß ist die Dichte der Flüssigkeit ?  
( $\rho_{\text{Pb}} = 11,3 \text{ kg/dm}^3$ )

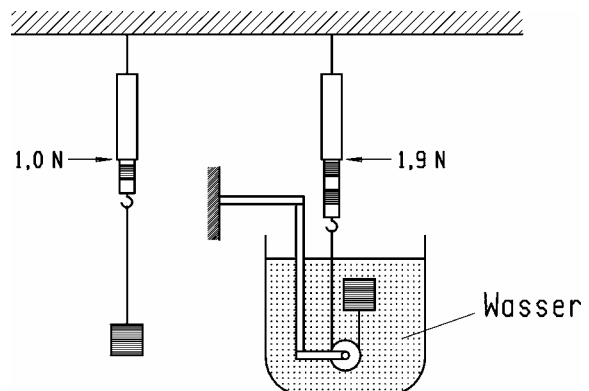
## Auftrieb in Flüssigkeiten

8. Es sind die Kräfte zu ermitteln, die an dem in Wasser eingetauchten prismatischen Körper wirksam sind. Maße des Körpers:  $A = 5 \text{ cm}^2$ , Höhe  $h = 10 \text{ cm}$ . Die Eintauchtiefe ist  $h_1 = 20 \text{ cm}$ .

- Welche Kraft  $F_1$  wirkt auf die obere Fläche  $A_1$  des Körpers ?
- Wie groß ist die Aufdruckkraft  $F_2$  gegen die untere Fläche  $A_2$  ?
- Wie wirken sich die Seitenkräfte aus ?
- Wie groß ist die wirksame Auftriebskraft  $F_A$  ?



9. Welche Auftriebskraft erfährt der Holzklötz gemäß Skizze ?  
Berechne die Dichte dieses Holzes !  
( $\rho_W = 1,0 \text{ kg/dm}^3$ )



10. Eine Metallkugel hat das Volumen  $V = 12,3 \text{ cm}^3$ . Die Kugel wird zunächst in Wasser, dann in Spiritus vollständig eingetaucht. Die Dichte von Wasser ist  $\rho_W = 1000 \text{ kg/m}^3$ , die Dichte von Spiritus ist  $\rho_S = 830 \text{ kg/m}^3$ ; ( $g = 9,81 \text{ N/kg}$ )

- Berechne die Auftriebskraft  $F_{A,W}$ , die auf die in Wasser eingetauchte Kugel wirkt !
- Berechne die Auftriebskraft  $F_{A,S}$ , die auf die in Spiritus eingetauchte Kugel wirkt !

11. Ein Quader aus Fichtenholz hat die Kantenlängen  $a = 20 \text{ cm}$ ,  $b = 25 \text{ cm}$  und  $c = 30 \text{ cm}$ . Er soll vollständig unter die Wasseroberfläche gedrückt und dann im Wasser gehalten werden.

- Berechne das Volumen  $V$  des Quaders !
- Mit welcher Kraft  $F$  muss der Quader im Wasser gehalten werden ?  
(Dichte von Fichtenholz:  $\rho_F = 500 \text{ kg/m}^3$ ; Dichte von Wasser:  $\rho_W = 1000 \text{ kg/m}^3$ ;  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ .)

## Auftrieb in Flüssigkeiten

12. Ein Floss taucht bei einer Belastung von  $F_{G,F} = 800 \text{ N}$  die Strecke  $h = 6 \text{ mm}$  tiefer in Wasser ein.  
Wie groß ist die Fläche des Floßes ?
13. Welche Fläche  $A$  muss ein Holzfloß ( $\rho_{\text{Holz}} = 0,6 \text{ kg/dm}^3$ ) aus dicht zusammengefügt Balken der Höhe  $h_1 = 12 \text{ cm}$  mindestens haben, damit es bei der Belastung mit einem Schüler ( $G = 48 \text{ kg}$ ) mindestens noch  $4 \text{ cm}$  aus dem Wasser herausragt ?  
( $\rho_{\text{W}} = 1,0 \text{ kg/dm}^3$ )
14. Ein quadratischer Holzbalken mit der Höhe  $h = 12 \text{ cm}$  taucht  $h_1 = 7,5 \text{ cm}$  in Wasser ( $\rho_{\text{W}} = 1,0 \text{ kg/dm}^3$ ) ein.  
Wie groß ist die Dichte des Holzbalkens ?
15. Eine Figur aus Bronze hat die Gewichtskraft  $F_G = 7\,500 \text{ N}$ . Wenn die Figur an einem Seil vollständig in Wasser eingetaucht wird, muss man sie mit der Kraft  $F = 5\,200 \text{ N}$  am Seil halten.  
a) Berechne die Auftriebskraft  $F_A$  !  
b) Prüfe durch Rechnung, ob die Figur massiv oder hohl ist !  
(Dichte von Bronze:  $\rho_B = 8\,800 \text{ kg/m}^3$ ; Dichte von Wasser:  $\rho_W = 1\,000 \text{ kg/m}^3$ ;  
 $g = 9,81 \text{ N/kg}$ .)
16. Eine Aluminiumkugel wird in eine Flüssigkeit eingetaucht, deren Dichte  $\rho$  bestimmt werden soll. Bei vollständigem Eintauchen verdrängt die Kugel das Flüssigkeitsvolumen  $V = 29,6 \text{ cm}^3$  und erfährt die Auftriebskraft  $F_A = 0,23 \text{ N}$ .  
Berechne die Dichte  $\rho$  der Flüssigkeit ! ( $g = 9,81 \text{ N/kg}$ )  
Anleitung: Berechne zunächst die Masse  $m$  der verdrängten Flüssigkeit !
17. Bei Ausgrabungen wird eine goldene Schale gefunden. Es soll festgestellt werden, ob die Schale aus reinem Gold besteht oder ob es sich bei dem Material um eine Legierung handelt. Eine Gewichtskraftmessung ergibt  $F_G = 95,5 \text{ N}$ . Bei vollständigem Eintauchen in Wasser muss die Schale mit der Kraft  $F = 89,2 \text{ N}$  gehalten werden. Die Dichte von reinem Gold ist  $\rho_G = 19,3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ , die Dichte von Wasser ist  $\rho_W = 1\,000 \text{ kg/m}^3$ .  
Berechne die Dichte  $\rho_S$  des Schalenmaterials und prüfe, ob  $\rho_S = \rho_G$  (reines Gold) oder ob  $\rho_S < \rho_G$  (Legierung) ist !

## Auftrieb in Flüssigkeiten

18. Ein gesunkenes Schiff soll gehoben werden. Dazu ist die Kraft  $F = 5,52 \cdot 10^5 \text{ N}$  erforderlich. Am Schiff werden Metallfässer befestigt. Anschließend wird durch Pressluft das Wasser aus den Fässern entfernt. Wenn alle Fässer wasserleer sind, beginnt das Schiff gerade zu steigen. Jedes Fass hat das Volumen  $V = 2,5 \text{ m}^3$  und leer (bzw. mit Pressluft gefüllt) die Gewichtskraft  $F_G = 2\,000 \text{ N}$ . Das Meerwasser hat die Dichte  $\rho = 1\,020 \text{ kg/m}^3$ ;  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ .

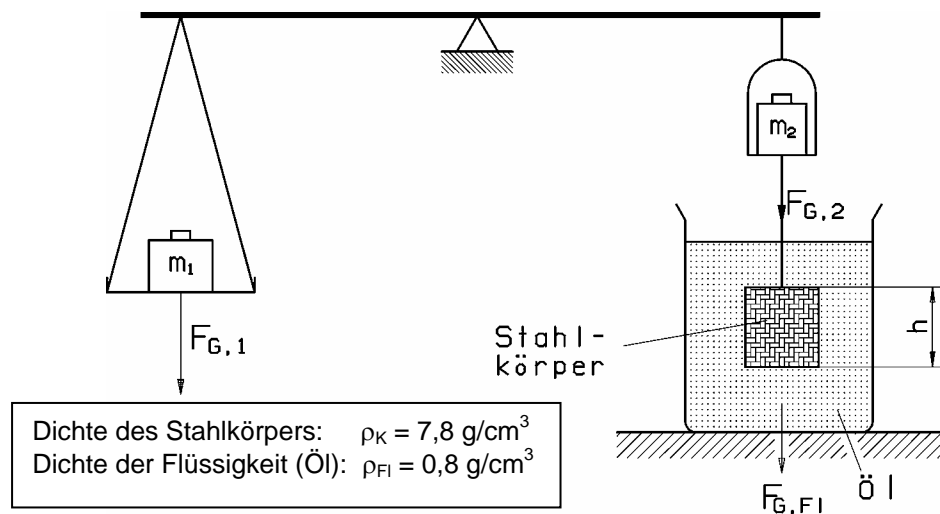
Wie viele Fässer müssen am Schiff befestigt werden ?

Anleitung: Nimm an, dass  $N$  Fässer ausreichen, um das Schiff zu heben. Stelle allgemein (d.h. zu-nächst ohne Zahlenwerte) eine Gleichung für die zum Heben erforderliche Auftriebskraft der Fässer auf. Stelle dann mit Hilfe des Archimedes-Gesetzes eine Gleichung zur Berechnung der Auftriebskraft der Fässer auf.

Berechne nun mit Hilfe dieser beiden Gleichungen die Zahl  $N$ .

19. Mit der skizzierten hydrostatischen Waage soll der Auftrieb eines prismatischen Stahlkörpers  $m$  mit der Grundfläche  $A = 5 \text{ cm}^2$  und der Höhe  $h = 4 \text{ cm}$  ermittelt werden. Der Körper ist in Luft mit dem Wägestück von der Masse  $m_1$  im Gleichgewicht. Er wird in Öl getaucht.

- Welche Masse  $m_2$  muss das Wägestück auf der rechten Waagschale besitzen, damit der Waagebalken wieder waagrecht steht ?
- Wie groß ist der Auftrieb des Körpers in Öl ?



20. Ein auf Meerwasser schwimmender Eisberg befindet sich nur zu einem kleineren Teil seines Gesamtvolumens  $V_1$  über der Wasseroberfläche. Die mittlere Dichte des Eisbergs (mit Luftblasen) ist  $\rho_E = 0,836 \text{ g/cm}^3$ ; die Dichte von Meerwasser ist  $\rho_W = 1,020 \text{ g/cm}^3$ ;  $g = 9,81 \text{ N/kg}$

Berechne den Prozentsatz  $p$  des Gesamtvolumens  $V_1$  für das über der Wasseroberfläche befindliche Teilvolumen  $V_2$  ! Gehe dazu in folgenden Schritten vor:

- Nimm an, dass das Volumen  $V_1 = 10^4 \text{ m}^3$  beträgt. Berechne die Gewichtskraft  $F_G$  des Eisberges !
- Berechne das Teilvolumen  $V_2$  des Eisberges, welches sich über der Wasseroberfläche befindet !
- Wieviel Prozent des Gesamtvolumens vom Eisberg befindet sich also über der Wasseroberfläche ?

## Auftrieb in Flüssigkeiten

21. Ein Eisberg hat die Form einer Platte mit der Dicke  $d = h_1 + h_2$ . Dieser Eisberg ragt mit der Höhe  $h_1 = 3,0$  m aus dem Meerwasser hervor und taucht mit der Tiefe  $h_2$  in das Meerwasser ein. Die mittlere Dichte des Eisberges (mit Luftblasen) ist  $\rho_E = 0,836$  g/cm<sup>3</sup>; die Dichte von Meerwasser ist  $\rho_W = 1,020$  g/cm<sup>3</sup>.

a) Berechne die Eintauchtiefe  $h_2$  !

Anleitung: Bezeichne die Plattenfläche mit A. Stelle zunächst einen Term für die Gewichtskraft  $F_G$  des Eisberges und einen Term für die Auftriebskraft  $F_A$  auf den Eisberg auf ! (Wende das Archimedes-Gesetz an !)

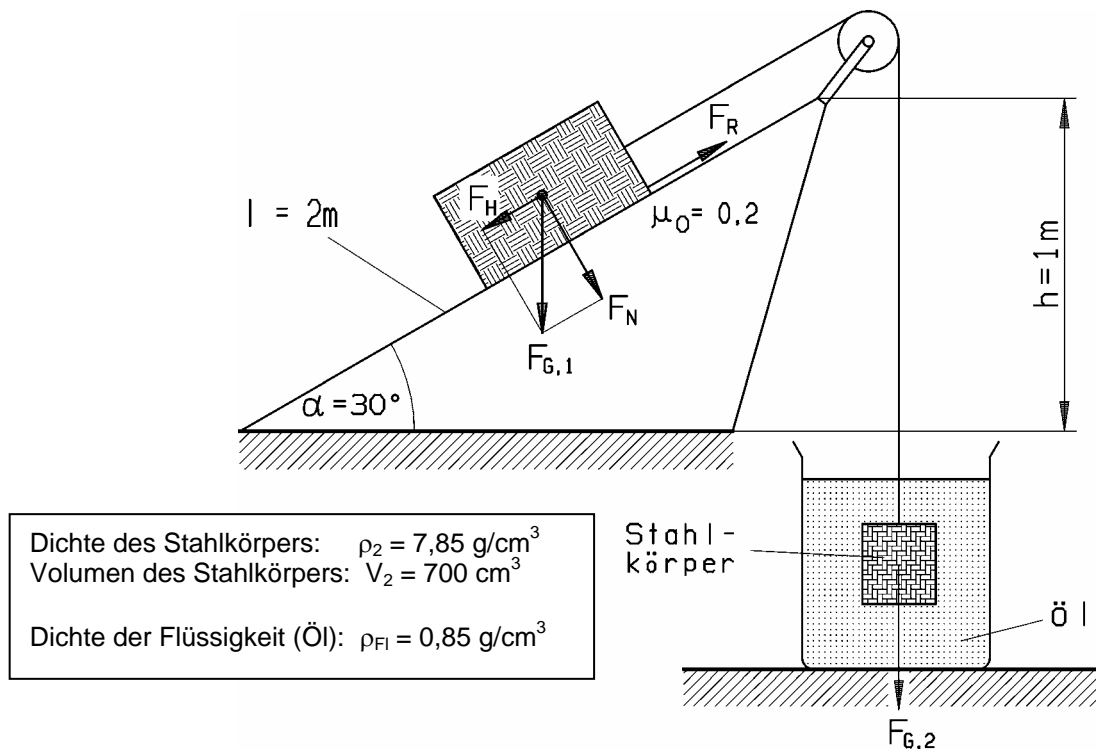
b) Berechne die Plattendicke  $d$  !

22. Eine Eisscholle kann als Eisplatte mit der Grundfläche  $A = 4,60$  m<sup>2</sup> aufgefaßt werden. Diese Eisscholle taucht um die Strecke  $d$  tiefer in das Meerwasser ein, wenn sie von einem Menschen mit der Masse  $m = 75$  kg betreten wird.

Berechne die Strecke  $d$  !

(Dichte von Meerwasser:  $\rho = 1\,020$  kg/m<sup>3</sup>)

23. Bei der gezeichneten Anordnung soll Gleichgewicht herrschen.



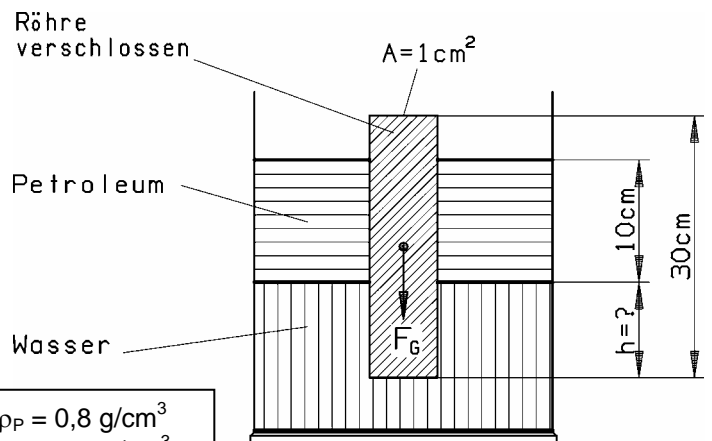
a) Wie groß muss ohne Berücksichtigung der Reibung die Gewichtskraft  $F_{G1}$  auf der geneigten Ebene sein ?

b) Innerhalb welcher Grenzen kann  $F_{G1}$  liegen, wenn auf der geneigten Ebene die Reibung zwischen dem Körper und der Fahrbahn berücksichtigt wird ?



## Auftrieb in Flüssigkeiten

24. Eine Verbundplatte besteht aus einer Aluminiumplatte und einer Korkplatte mit gleicher Fläche  $A = 300 \text{ cm}^2$ ; die Platten sind aufeinander geklebt. Die Aluminiumplatte hat die Dicke  $d_A = 0,20 \text{ cm}$ ; Die Korkplatte hat die Dicke  $d_K = 0,44 \text{ cm}$ .
- Berechne die Gewichtskraft  $F_{G,A}$  der Aluminiumplatte !
  - Berechne die Gewichtskraft  $F_{G,K}$  der Korkplatte !
  - Zeige: Die Verbundplatte schwebt im Wasser !
- (Dichte von Aluminium:  $\rho_A = 2,70 \text{ g/cm}^3$ ; Dichte von Kork:  $\rho_K = 0,224 \text{ g/cm}^3$ ;  
Dichte von Wasser:  $\rho_W = 1,00 \text{ g/cm}^3$ ;  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ )
25. Ein flacher,  $h = 4 \text{ cm}$  hoher Holzquader sinkt in Benzin ( $\rho_B = 0,7 \text{ g/cm}^3$ ) um  $\Delta h = 0,8 \text{ cm}$  tiefer ein als in Wasser ( $\rho_W = 1,0 \text{ g/cm}^3$ ).  $g = 9,81 \text{ N/kg}$   
Welche Dichte  $\rho_H$  hat das Holz ?
26. Eine Wanne mit der Grundfläche  $A = 850 \text{ cm}^2$  ist mit Wasser gefüllt. Man setzt auf die Wasseroberfläche ein Gefäß von der Masse  $m_1 = 50 \text{ g}$ , das mit einem Stein von der Masse  $m_2 = 900 \text{ g}$  (Dichte  $\rho_{St} = 3 \text{ g/cm}^3$ ) belastet wird. Das Wasser in der Wanne steht dann  $h = 20 \text{ cm}$  hoch.  
Ändert sich die Höhe des Wasserspiegels in der Wanne, wenn der Stein aus dem Gefäß in das Wasser gegeben wird ? Begründung und rechnerischer Beweis !
27. Von einem schwimmenden Floß springt ein Mädchen ins Wasser und taucht ganz unter. Steigt oder sinkt der Wasserspiegel, oder bleibt er gleich ?  
(genaue Begründung !)
28. Eine offene Konservenbüchse vom Querschnitt  $A = 10^2 \text{ cm}^2$  und der Masse  $0,1 \text{ kg}$  schwimmt auf dem Wasser.  
Bis auf wieviel cm unter den äußeren Wasserspiegel kann man in die Büchse Wasser eingießen, bevor sie untergeht ? (Skizze !)
29. Eine beiderseits geschlossene Röhre von  $30 \text{ cm}$  Länge,  $1 \text{ cm}^2$  Querschnitt und  $25 \text{ g}$  Masse schwimmt in einem teilweise mit Wasser gefüllten Zylinder. Auf das Wasser wird eine  $10 \text{ cm}$  hohe Petroleumschicht gegossen.  
Wie tief taucht die Röhre dann noch in das Wasser ein ?



Dichte Petroleum:  $\rho_P = 0,8 \text{ g/cm}^3$   
Dichte Wasser:  $\rho_W = 1,0 \text{ g/cm}^3$

## Auftrieb in Flüssigkeiten

30. Zwei unvermischbare Flüssigkeiten mit den Dichten  $\rho_1 = 0,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  und  $\rho_2 = 1,7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  sind in einem Gefäß übereinander geschichtet.

Wie groß ist die Dichte eines Körpers, der ganz untergetaucht ist und von dem ein Viertel seines Volumens in die untere Flüssigkeit der Dichte  $\rho_2$  eintaucht ?

31. Ein Gefäß enthält Quecksilber und darüber geschichtet Wasser in der Schichtdicke  $d$ . Wie tief sinkt ein flacher eiserner Zylinder mit der Höhe  $h = 3 \text{ cm}$  in das Quecksilber ein,

a) wenn  $d = 1 \text{ cm}$  ist ?

b) wenn  $d = 5 \text{ cm}$  ist ?

Der Einfluss der Luft ist zu vernachlässigen.

32. Zur Bestimmung seiner Dichte wird ein Stück Kork, dessen Gewichtskraft  $0,02 \text{ N}$  beträgt, an einem Bleikörper mit der Gewichtskraft  $0,66 \text{ N}$  befestigt und zusammen mit ihm vollständig in Wasser getaucht. Die Gewichtskraft beider Körper beträgt unter Wasser nur noch  $0,54 \text{ N}$ .

Wie groß ist die Dichte von Kork ?

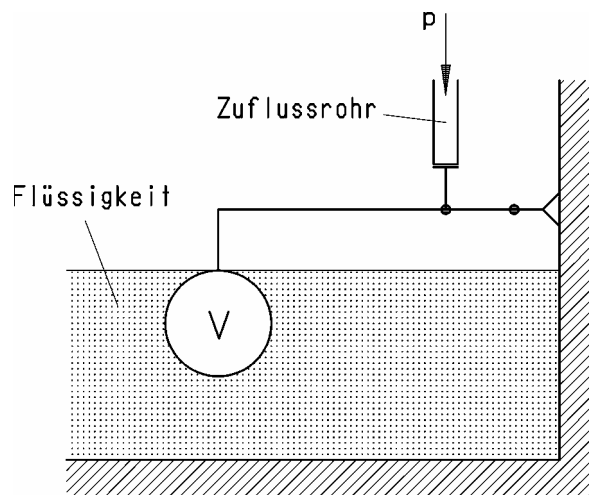
(Dichte von Blei:  $\rho_{\text{Pb}} = 11,3 \text{ kg/dm}^3$ , von Wasser:  $\rho_{\text{W}} = 1,0 \text{ kg/dm}^3$ )

33. Ein Schwimmer vom Volumen  $V = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  dient zum Regeln des Standes einer Flüssigkeit mit der Dichte  $\rho_{\text{Fl}} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ , indem er über einen Hebel mit dem Übersetzungsverhältnis  $4 : 1$  ein Zuflussrohr von  $2 \text{ cm}^2$  Querschnitt verschließt.

Gegen welchen maximalen Zuflussdruck  $p_{\text{max}}$  schließt er gerade noch, wenn er ganz untergetaucht ist ?

Das Gewicht von Schwimmer und Hebel ist mit  $4,5 \text{ N}$  zu berücksichtigen.

Der Atmosphärendruck beträgt  $1 \text{ bar}$ .



34. Ein Körper hat in Wasser die Gewichtskraft  $F_{\text{K,W}} = 60 \text{ N}$  (Dichte  $\rho_{\text{K}} = 3,0 \text{ kg/dm}^3$ )

Wie groß ist seine Gewichtskraft in Luft ?

( $\rho_{\text{W}} = 1,0 \text{ kg/dm}^3$ )

## Auftrieb in Flüssigkeiten

35. Ein Floß aus Holz von  $A = 100 \text{ m}^2$  Fläche und  $d = 0,45 \text{ m}$  Dicke schwimmt auf Meerwasser. Die mittlere Dichte des Holzes ist  $\rho_H = 133 \text{ kg/m}^3$ ; die Dichte von Meerwasser ist  $\rho_W = 1\,020 \text{ kg/m}^3$ ; ( $g = 9,81 \text{ N/kg}$ )
- Berechne die Gewichtskraft  $F_{G,F}$  des Floßes !
  - Um welche Höhe  $h_1$  ragt das Floß aus dem Wasser heraus ?
  - Das Floß wird nun beladen.  
Wie groß darf die Masse  $m$  der Ladung höchstens sein, damit das Floß noch mindestens um die Höhe  $h_2 = 0,15 \text{ m}$  aus dem Wasser herausragt ?

# Auftrieb in Flüssigkeiten

Erläuterungen:

Die **Dichte** (Raumdichte), Formelzeichen  $\rho$ , ist der Quotient aus der Masse  $m$  eines Körpers und seinem Volumen  $V$  ( $\rho = \frac{m}{V}$ ); gebräuchliche Einheiten  $\text{g/cm}^3$ ,  $\text{kg/dm}^3$ ,  $\text{kg/m}^3$ .

Der Kehrwert der Dichte  $1/\rho$  heißt **spezifisches Volumen**.

Früher verwendete und verwandte Bezeichnungen im Zusammenhang mit der Dichte sind: **Wichte**, **Artgewicht** und **spezifisches Gewicht**.

Die Wichte, Formelzeichen  $\gamma$ , ist der Quotient aus der Gewichtskraft  $F_G$  und dem Volumen  $V$  eines Körpers ( $\gamma = \frac{F_G}{V}$ ).

Wichtig zu erwähnen ist, dass *spezifisches Gewicht* heute als äquivalenter Ausdruck für Dichte gebraucht wird.

Literatur (Quellen) soweit bekannt:

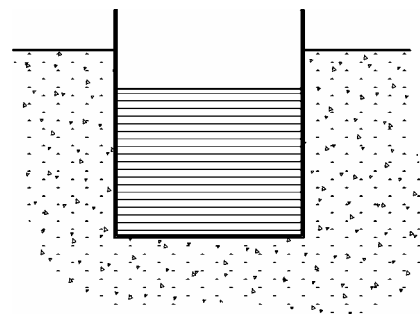
- Nücke E.      Physikaufgaben für technische Berufe  
Reinhard A.    23. Aufl., 1987; S. 68, 72  
Verlag Handwerk und Technik, Hamburg
- Höfling O.     Physikaufgaben Sekundarstufe I  
16. Aufl., 1985; S. 36-41  
Ferd. Dummlers Verlag, Bonn
- Borucki H.     Aufgaben zur Schulphysik mit Lösungen (Schüler-Duden)  
1975; S. 57  
Bibliographisches Institut, Mannheim
- Leopold H.    Physik 9  
Zins R.        1. Aufl., 1984; S. 33, 35  
C.C. Buchners Verlag, Bamberg
- Lindner H.     Physikalische Aufgaben  
15. Aufl., 1974; S. 81  
Friedr. Vieweg + Sohn, Braunschweig
- Dörr F.        Physikalische Aufgaben  
9. Aufl., 1983; S. 56, 57  
R. Oldenbourg, München

## Auftrieb in Flüssigkeiten, Schwimmen

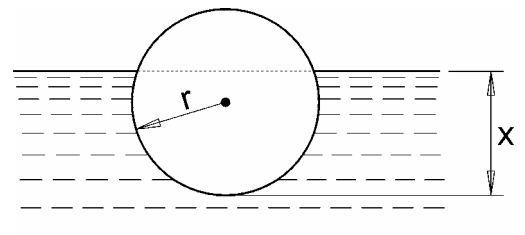
**Hinweis:** Zur Lösung der Aufgaben muss vorausgesetzt werden, dass die eingetauchten Körper stets parallel zum Flüssigkeitsspiegel liegen.

1. Welche Kraft muss man aufwenden, um einen Quader aus Fichtenholz mit den Kantenlängen  $a = 20 \text{ cm}$ ,  $b = 25 \text{ cm}$  und  $c = 30 \text{ cm}$  unter Wasser zu halten ?  
( $\rho_{\text{Fichtenholz}} = 0,5 \text{ kg/dm}^3$ ;  $\rho_{\text{Wasser}} = 1,0 \text{ kg/dm}^3$ )
2. Wie viel Prozent vom Volumen eines Flaschenkorken tauchen beim Schwimmen in Wasser ein ?  
( $\rho_{\text{Kork}} = 0,25 \text{ kg/dm}^3$ ;  $\rho_{\text{Wasser}} = 1,0 \text{ kg/dm}^3$ )
3. Ein quaderförmiger Eisberg ragt  $h = 2 \text{ m}$  aus dem Meerwasser hervor. Wie tief taucht er in das Wasser ein ?  
( $\rho_{\text{Meerwasser}} = 1,03 \text{ kg/dm}^3$ ;  $\rho_{\text{Eis}} = 0,92 \text{ kg/dm}^3$ )
4. Eine Eisscholle sinkt um  $d = 2,5 \text{ cm}$  tiefer in Meerwasser ein, wenn sie von einem Menschen mit der Masse  $95 \text{ kg}$  betreten wird. Wie groß ist die Fläche  $A$  der Eisscholle ?  
( $\rho_{\text{Meerwasser}} = 1,03 \text{ kg/dm}^3$ ;  $\rho_{\text{Eis}} = 0,92 \text{ kg/dm}^3$ )
5. Ein schwimmender Holzwürfel mit der Kantenlänge  $a = 20 \text{ cm}$  taucht  $h = 17 \text{ cm}$  tief in Wasser ein. Berechne die Dichte des Holzes.  
( $\rho_{\text{Wasser}} = 1,0 \text{ kg/dm}^3$ )

6. Eine leere Konservendose wiegt  $100 \text{ g}$ . Sie ist  $13 \text{ cm}$  hoch und hat eine Querschnittsfläche von  $79 \text{ cm}^2$ . Wie viel Wasser muss eingefüllt werden, damit die Dose beim Schwimmen noch  $3,5 \text{ cm}$  aus dem Wasser ragt ?  
( $\rho_{\text{Wasser}} = 1,0 \text{ kg/dm}^3$ )

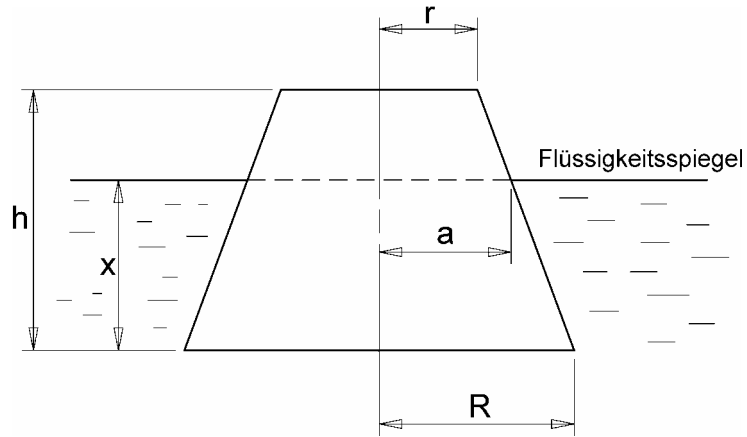


7. Eine Holzkugel schwimmt in Wasser. Es ist die Eintauchtiefe  $x$  in Abhängigkeit vom Kugelradius  $r$  zu bestimmen.  
( $\rho_{\text{Holz}} = 0,7 \text{ kg/dm}^3$ ;  $\rho_{\text{Wasser}} = 1,0 \text{ kg/dm}^3$ )



## Auftrieb in Flüssigkeiten, Schwimmen

8. Ein gerader Kreiskegelstumpf der Dichte  $\rho$ , Höhe  $h$ , Grundkreisradien  $R$  und  $r$  schwimmt in einer Flüssigkeit der Dichte  $\rho'$ .  
Wie tief sinkt er in die Flüssigkeit ein? (Die Lösung enthält auch die Sonderfälle)

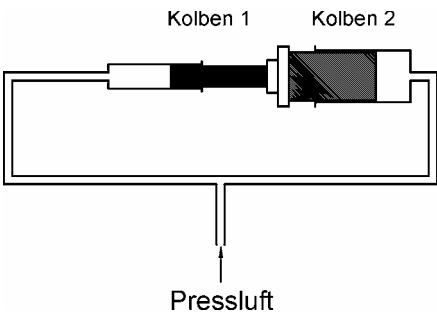


## Auftrieb in Gasen

1. Die Hülle eines Kinderballons wiegt 3,0 cN und fasst 5,0 l Gas.
  - a) Wie groß ist sein Auftrieb in Luft von der Dichte 1,28 g/l im aufgeblasenen Zustand ( $V = 5 \text{ l}$ ) ?
  - b) Wie groß sind die Gesamtgewichtskraft und die Tragkraft bei einer Füllung des Ballons mit Leuchtgas bzw. Wasserstoff ?  
 $\rho_{\text{Leuchtgas}} = 0,6 \text{ g/l}$ ;  $\rho_{\text{Wasserstoff}} = 0,09 \text{ g/l}$
  
2. Ein Freiballon fasst  $2\,000 \text{ m}^3$  Leuchtgas. Er wiegt ohne Gas aber mit Besatzung genau  $8\,000 \text{ N}$ .
  - a) Wie groß ist seine Auftriebskraft in Luft, wenn man vom Volumen der Mannschaft und der Geräte absieht ?  
 $\rho_{\text{Luft}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$ ;  $\rho_{\text{Gas}} = 0,2 \text{ kg/m}^3$ ;  $g = 9,81 \text{ N/kg}$
  - b) Wie viele Sandsäcke mit je  $250 \text{ N}$  muss man an den Ballon anhängen, damit er gerade schwebt ?
  
3. Ein kleiner Ballon hat (ohne Füllung) die Masse  $0,75 \text{ kg}$ . Er wird am Boden mit  $1 \text{ m}^3$  Wasserstoff ( $\rho_{\text{H}} = 0,09 \text{ kg/m}^3$ ;  $\rho_{\text{Luft}} = 1,3 \text{ kg/m}^3$ ) gefüllt.  
Welche Steigkraft  $F$  hat der Ballon ?
  
4. Wasserstoff hat ungefähr die halbe Dichte wie Helium wenn die sonstigen Bedingungen gleich sind.  
Warum unterscheidet sich dennoch die Nutzlast eines wasserstoffgefüllten Ballons nur gering von der eines Ballons mit Heliumfüllung ?  
( $\rho_{\text{Luft}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$ ;  $\rho_{\text{Wasserstoff}} = 0,09 \text{ kg/m}^3$ ;  $\rho_{\text{Helium}} = 0,18 \text{ kg/m}^3$ )

## Druck in Flüssigkeiten und Gasen

1. In einem Kolbenprober (Glasspritze) ist eine Luftmenge eingeschlossen. Der Luftdruck dieser Luftmenge ist zunächst gleich dem äußeren Luftdruck  $p_{\text{amb}} = 1,00 \text{ bar}$ . Die Querschnittsfläche des Kolbens beträgt  $A = 5,00 \text{ cm}^2$ . Nun wird der Kolben soweit in den Zylinder geschoben, bis der Luftdruck  $p_e$  der eingeschlossenen Luftmenge um  $2,20 \text{ bar}$  größer ist als der äußere Luftdruck  $p_{\text{amb}}$ .
  - a) Mit welcher Kraft  $F_1$  wirkt die eingeschlossene Luftmenge auf den Kolben ?
  - b) Mit welcher Kraft  $F_2$  wirkt die Außenluft auf den Kolben ?
  - c) Mit welcher Kraft  $F_3$  muss also zusätzlich zur Kraft  $F_2$  der gedrückte Kolben gehalten werden ?
  
2. In einem Autoreifen beträgt der Luftdruck  $p_e = 2,80 \text{ bar}$ . Der äußere Luftdruck ist  $p_{\text{amb}} = 1,02 \text{ bar}$ .  
Berechne die Kräfte  $F_i$  und  $F_a$ , mit welcher die Luft von innen und von außen auf ein Reifenstück der Fläche  $A = 4 \text{ cm}^2$  drückt !
  
3. Bei einer hydraulischen Presse wird auf den Pumpenkolben die Kraft  $F_1 = 150 \text{ N}$  ausgeübt. Der Pumpenkolben hat die Querschnittsfläche  $A_1 = 4 \text{ cm}^2$ ; der Presskolben hat die Querschnittsfläche  $A_2 = 60 \text{ cm}^2$ .
  - a) Mit welcher Kraft  $F_2$  presst der Presskolben, wenn von Reibungskräften abgesehen wird ?
  - b) Der Pumpenkolben wird die Strecke  $s_1 = 6 \text{ cm}$  in seinen Zylinder hineingeschoben. Um welche Strecke  $s_2$  bewegt sich dabei der Presskolben ?
  
4. Zwei Kolbenprober mit verschieden großen Querschnittsflächen werden wie in der Abbildung miteinander verbunden. Dann wird Gas aus einer Pressluftflasche zugeleitet. Was passiert dabei ? (Begründung)
 



Kolben 1      Kolben 2

Pressluft
  
5. Der Pumpenkolben einer hydraulischen Presse hat eine Querschnittsfläche von  $20 \text{ cm}^2$ ; der Presskolben hat eine Querschnittsfläche von  $2 \text{ m}^2$ . Die Masse der zu hebenden Last beträgt  $300 \text{ kg}$ . Die Gewichtskräfte der Kolben sind zu vernachlässigen.
  - a) Mit welcher Kraft muss man den Pumpenkolben nach unten bewegen (ohne Berücksichtigung von Reibungsverlusten) ?
  - b) Der Pumpenkolben wird jeweils mit einer  $40 \text{ cm}$  hohen Flüssigkeitssäule gefüllt. Um welche Strecke hebt sich der Presskolben, wenn man den Pumpenkolben 200 mal ganz leer pumpt ?



## Druck in Flüssigkeiten und Gasen

6. In einer Kfz-Werkstatt soll ein Pkw mit Hilfe einer hydraulischen Presse gehoben werden. Der Pumpenkolben dieser Presse hat die Querschnittsfläche  $A_1 = 10 \text{ cm}^2$ ; der Presskolben hat die Querschnittsfläche  $A_2 = 10 \text{ dm}^2$ . Die Gewichtskraft des vertikal stehenden Presskolbens und des darauf gesetzten Pkw beträgt insgesamt  $F_2 = 18 \text{ kN}$ .
- Es soll zunächst von Reibungskräften abgesehen werden.  
Berechne die Kraft  $F_{1,a}$ , die am Pumpenkolben aufgewendet werden muss !
  - Im praktischen Fall muss wegen der Reibung am Pumpenkolben eine Kraft  $F_{1,b}$  aufgewendet werden, die um 20% größer ist als die Kraft  $F_{1,a}$ .  
Berechne die Kraft  $F_{1,b}$  !
  - Bei jedem Hub des Pumpenkolbens drückt dieser  $V = 360 \text{ cm}^3$  Öl aus einem Vorratsbehälter in die hydraulische Presse.  
Um welche Höhe  $h$  wird dabei der Pkw gehoben ?
  - Insgesamt soll der Pkw um die Höhe  $H = 1,8 \text{ m}$  gehoben werden.  
Wie groß ist die Anzahl  $n$  der dazu erforderlichen Hübe des Pumpenkolbens ?
7. Der Pumpenkolben einer hydraulischen Presse wird mit der Kraft  $F_1 = 180 \text{ N}$  die Strecke  $s_1 = 30 \text{ cm}$  in seinen Zylinder hineingedrückt. Der Presskolben verschiebt sich dabei in seinem Zylinder um  $s_2 = 1,5 \text{ cm}$ . Der Vorgang verläuft reibungsfrei.
- Berechne die Kraft  $F_2$ , die der Presskolben während der Verschiebung ausübt !
  - Die Querschnittsfläche des Pumpenkolbens ist  $A_1$ ; die Querschnittsfläche des Presskolbens ist  $A_2$ . Berechne das Verhältnis  $A_1 : A_2$  der Querschnittsflächen !

## Druck in Flüssigkeiten und Gasen

Literatur (Quellen) soweit bekannt:

Höfling O.      Physikaufgaben Sekundarstufe I  
16. Aufl., 1985; S. 30, 31  
Ferd. Dummlers Verlag, Bonn

## Hydrostatischer Druck

1. Welche Höhe nehmen eine Wassersäule ( $\rho_W = 1,0 \text{ kg/dm}^3$ ), eine Alkoholsäule ( $\rho_A = 0,8 \text{ kg/dm}^3$ ) und eine Quecksilbersäule ( $\rho_{\text{Hg}} = 13,6 \text{ kg/dm}^3$ ) ein, wenn der jeweilige hydrostatische Druck 1 bar beträgt ?
2. Beim Perlentuchen wird eine Meerestiefe von 35 m erreicht. Welche Kraft drückt dabei auf das menschliche Trommelfell mit der Fläche  $A = 0,8 \text{ cm}^2$ ? ( $\rho_W = 1,03 \text{ kg/dm}^3$ )
3. Die mittlere Dichte von Meerwasser ist  $\rho_W = 1,02 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ . Berechne den Wasserdruck  $p_1$  für die Meerestiefe  $h_1 = 15 \text{ m}$  und den Wasserdruck  $p_2$  für die Meerestiefe  $h_2 = 55 \text{ m}$  ! Gib den Druck in den Einheiten Pa und bar an !
4. In welcher Wassertiefe herrscht ein Wasserdruck von 180 000 Pa ? ( $\rho_W = 1,02 \text{ kg/dm}^3$ )
5. Ein mit Wasser gefüllter, 50 cm hoher Zylinder hat seitlich in 10 cm, 20 cm, 30 cm und 40 cm Abstand vom Boden jeweils ein Loch. Skizziere den Wasserstrahl jedes einzelnen Loches und gib eine Begründung für die Zeichnung.
6. Ein Wasserhochbehälter steht 100 m über einem Wasserhahn.
  - a) Welcher Druck herrscht im Wasserhahn ? ( $\rho_W = 1,0 \text{ kg/dm}^3$ )
  - b) Die Wasserleitung wird an einen hydraulischen Wagenheber angeschlossen (siehe Bild 1). Welche Fläche muss der Presskolben haben, wenn ein Auto der Masse 1 500 kg durch den Wasserdruck angehoben werden soll ?
  - c) Der Schlauch wird von dem oben beschriebenen Wasserhahn an eine Obstpresse der Fläche  $A = 2 \text{ m}^2$  angeschlossen (siehe Bild 2). Welche Kraft kann die Presse ausüben ?

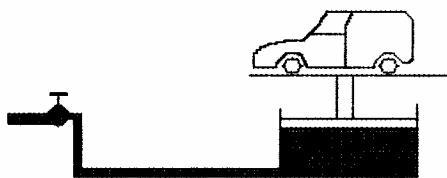


Bild 1

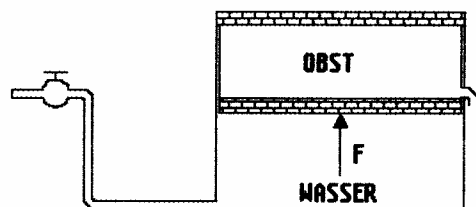


Bild 2

## Hydrostatischer Druck

7. Eine verkorkte Flasche wird mit Hilfe eines an ihr befestigten Steines in das Meer hinabgelassen. Die Flasche sinkt auf eine Tiefe von  $h = 60 \text{ m}$ .
- a) Berechne den Wasserdruck  $p$  für diese Tiefe !  
 ( $\rho_W = 1,04 \text{ kg/dm}^3$ ;  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ )
- b) Berechne die Kraft  $F$ , mit der das Wasser den Korken mit der Querschnittsfläche  $A = 1,8 \text{ cm}^2$  in die Flasche presst !
8. Ein Blechkanister wird mit Petroleum gefüllt, bis der Schweredruck des Petroleums am Boden des Kanisters  $p = 28 \text{ hPa}$  beträgt.  
 Bis zu welcher Höhe  $h$  wurde Petroleum eingefüllt ?  
 ( $\rho_P = 0,86 \text{ kg/dm}^3$ ;  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ )
9. Ein Unterseeboot hat eine kreisförmige Turmluke mit dem Durchmesser  $d = 0,6 \text{ m}$ . Das U-Boot taucht im Meerwasser in die Tiefe  $h = 65 \text{ m}$ .  
 Berechne die Kraft  $F$ , die das Meerwasser auf die Turmluke ausübt!  
 ( $\rho_W = 1,04 \text{ kg/dm}^3$ ;  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ )
10. Eine Tauchstation befindet sich auf dem Meeresboden in  $h = 35 \text{ m}$  Tiefe. Wenn ein Taucher die Tauchstation durch eine Luke im Boden verlässt, darf kein Wasser in die Tauchstation eindringen. Der Luftdruck an der Meeresoberfläche beträgt  $p_{\text{amb}} = 1\,015 \text{ hPa}$ .  
 Wie groß muss der Luftdruck  $p_e$  in der Tauchstation mindestens sein ?  
 ( $\rho_W = 1,04 \text{ kg/dm}^3$ ;  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ )
11. Im Erdgeschoss eines Etagenhauses beträgt der Druck in den Wasserleitungen  $p_1 = 4,00 \text{ bar}$ . Die vierte Etage befindet sich  $14 \text{ m}$  über dem Erdgeschoss.  
 Berechne den Druck  $p_2$ , der in den Wasserleitungen der vierten Etage herrscht !  
 ( $\rho_W = 1,00 \text{ kg/dm}^3$ ;  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ )
12. Mit einer Flüssigkeitssäule soll am Gefäßboden der Schweredruck  $p = 1 \text{ bar}$  erzeugt werden. Berechne die erforderliche Höhe für Wasser und für Alkohol  
 ( $\rho_W = 1,00 \text{ kg/dm}^3$ ,  $\rho_A = 0,80 \text{ kg/dm}^3$ ).
13. In einem Garten befindet sich ein quaderförmiges Schwimmbecken. Es hat folgende Maße: Länge  $l = 5 \text{ m}$ , Breite  $b = 3,5 \text{ m}$ , Tiefe  $h = 1,5 \text{ m}$ . Das Schwimmbecken ist bis zum Rand mit Leitungswasser gefüllt. ( $\rho_W = 1,00 \text{ kg/dm}^3$ ;  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ )
- a) Berechne die Kraft  $F_1$ , die das Wasser auf den Boden des Schwimmbeckens ausübt !
- b) Berechne die Kraft  $F_2$ , die das Wasser auf eine kleine Seitenwand ausübt !  
**Hinweis:** Zur Berechnung der Kraft auf eine Seitenwand wird ein mittlerer Druck angesetzt. Der mittlere Druck ist der Schweredruck in der halben Wassertiefe.

## Hydrostatischer Druck

14. Durch Schleudern auf Glatteis am Rande eines Hafenbeckens stürzt ein Pkw mit seinem Fahrer ins Wasser. Da Türen und Fenster gut verschlossen sind, dringt fast kein Wasser in den Innenraum des Pkw. Der Mittelpunkt der Türfläche befindet sich in 4,8 m Wassertiefe. Der Flächeninhalt der Tür beträgt  $A = 1,3 \text{ m}^2$ .

$$(\rho_w = 1,04 \text{ kg/dm}^3; \quad g = 9,81 \text{ N/kg})$$

Welche Kraft muss der Fahrer aufbringen, wenn er die Tür von innen aufdrücken will und dabei die Hand im Mittelpunkt der Türfläche ansetzt ?

15. In einer Tauchkugel erreichte am 23. 1. 1960 J. Piccard den Meeresboden in 11 512 m Tiefe. Sie benutzten dazu eine von der Fa. Krupp hergestellte Tauchkugel von 2 180 mm Außendurchmesser. Die Tauchkugel besaß ein kreisförmiges Fenster mit einer Fläche  $A_F = 0,126 \text{ m}^2$ .

$$(\rho_w = 1,04 \text{ kg/dm}^3; \quad g = 9,81 \text{ N/kg})$$

- Berechne den Schweredruck des Wassers am Ort des Fensters !
- Berechne die Kraft  $F_1$ , mit der das Wasser auf das Fenster wirkte !
- Eine Elektrolok vom Typ 103 der Bundesbahn hat die Masse  $m = 116 \cdot 10^3 \text{ kg}$ . Um eine Vorstellung von der unter b) berechneten Kraft zu erhalten, soll die Anzahl  $N$  der Loks berechnet werden, deren gesamte Gewichtskraft  $F_G$  gleich der unter b) berechneten Kraft ist. (Runde das Ergebnis ganzzahlig)
- Welche Kraft  $F_2$  wirkt bei dem unter a) berechneten Druck auf die gesamte Kugeloberfläche ?

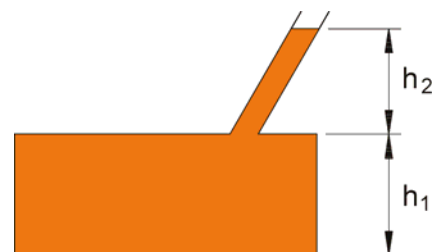
16. Ein zylindrisches Gefäß von 1,8 m Durchmesser und 1,2 m Höhe ist vollständig mit Wasser gefüllt. Auf dem Gefäßdeckel ist ein Einfüllrohr mit 15 cm Durchmesser aufgesetzt, das noch 2 m hoch mit Wasser gefüllt ist.

Wie groß ist die auf den Gefäßboden wirkende Kraft ?

$$(\rho_w = 1,00 \text{ kg/dm}^3; \quad g = 9,81 \text{ N/kg})$$

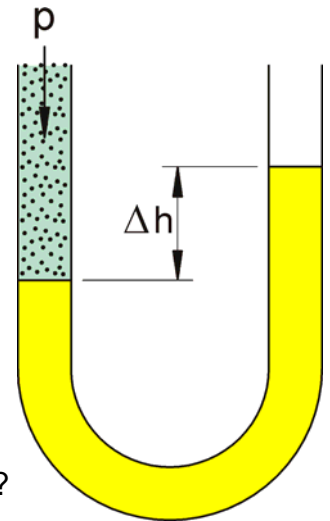
17. Ein Behälter mit Einfüllstutzen (siehe Bild) ist einmal bis zur Höhe  $h_1$  und ein anderes Mal einschließlich Einfüllstutzen  $h_2$  mit Flüssigkeit gefüllt.

In welchem Verhältnis stehen die Schweredrucke am Boden des Behälters für diese beiden Füllungen ?



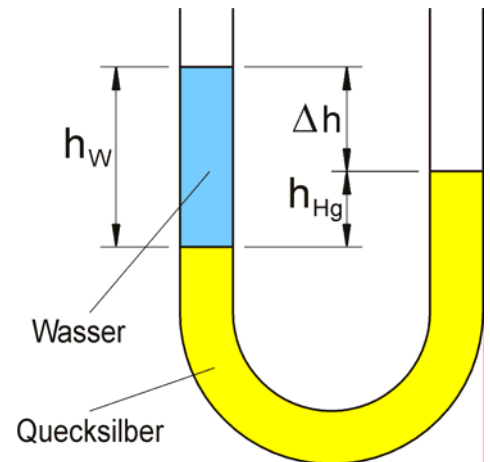
## Hydrostatischer Druck

18. Eine Gasleitung wird an das linke Rohr eines mit Alkohol ( $\rho_A = 0,8 \text{ kg/dm}^3$ ) gefüllten U-Rohres angeschlossen. Dadurch wird die Alkoholsäule im rechten Rohr 20 cm höher als im linken. (Die rechte U-Rohrseite ist nach oben hin offen).
- Berechne den Gasdruck in mbar.
  - Wie groß wäre der Unterschied der zwei Flüssigkeitssäulen, wenn das U-Rohr mit Quecksilber ( $\rho_{\text{Hg}} = 13,6 \text{ kg/dm}^3$ ) gefüllt wäre ?
  - Hängt der Höhenunterschied der beiden Säulen in dem U-Rohr von der Querschnittsfläche der Rohre ab ? (Begründung !)

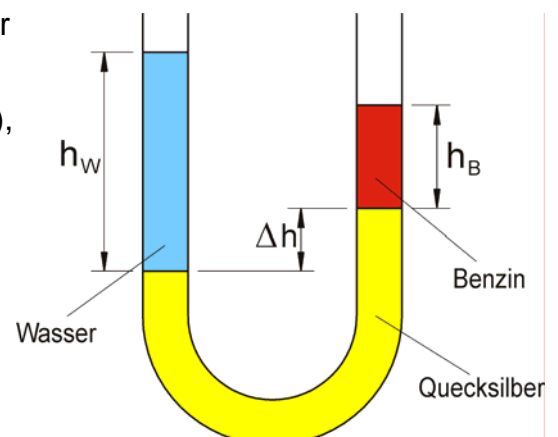


19. In einem U-Rohrmanometer ( $A = 1 \text{ cm}^2$ ) befindet sich Quecksilber ( $\rho_{\text{Hg}} = 13,6 \text{ kg/dm}^3$ ). Nun wird in den einen Schenkel des Manometers zusätzlich  $10 \text{ cm}^3$  Wasser eingefüllt. ( $\rho_W = 1,0 \text{ kg/dm}^3$ ).

- Wie groß ist die Höhendifferenz  $\Delta h$  zwischen der Quecksilbersäule und der Wassersäule ?
- Um welche Höhe  $h_{\text{Hg}}$  steigt das Quecksilber im anderen Schenkel ?



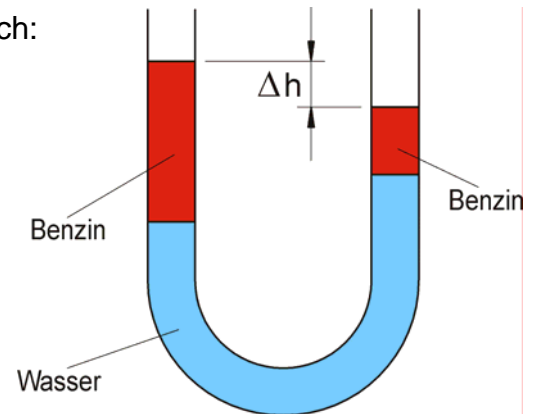
20. In einem U-Rohr befindet sich unten Quecksilber ( $\rho_{\text{Hg}} = 13,6 \text{ g/cm}^3$ ), darüber auf der einen Seite eine 32 cm hohe Wassersäule ( $\rho_W = 1,0 \text{ g/cm}^3$ ), auf der anderen Seite eine 23 cm hohe Säule aus Benzin ( $\rho_B = 0,8 \text{ g/cm}^3$ ). Der U-Rohr-Querschnitt ist konstant. Welchen Höhenunterschied  $\Delta h$  zeigen die Enden der Quecksilbersäule auf beiden Seiten des Rohres ?



## Hydrostatischer Druck

21. In ein beiderseits offenes U-Rohr von  $1 \text{ cm}^2$  konstantem Querschnitt gießt man der Reihe nach:  
 in die linke Öffnung  $40 \text{ cm}^3$  Wasser,  
 in die rechte  $10 \text{ cm}^3$  Benzin und  
 in die linke Öffnung  $40 \text{ cm}^3$  Benzin.

Welche Niveaudifferenz  $\Delta h$  ergibt sich ?  
 ( $\rho_W = 1,00 \text{ g/cm}^3$ ;  $\rho_B = 0,72 \text{ g/cm}^3$ )



## Hydrostatischer Druck

Literatur (Quellen) soweit bekannt:

- Nücke E.      Physikaufgaben für technische Berufe  
Reinhard A.    23. Aufl., 1987; S. 63  
Verlag Handwerk und Technik, Hamburg
- Höfling O.     Physikaufgaben Sekundarstufe I  
16. Aufl., 1985; S. 32-35  
Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn
- Mahler K.     Physikalische Aufgabensammlung  
Sohr E.        13. Aufl., 1969; S.54  
Walter de Gruyter & Co, Berlin
- Heywang F.    Aufgabensammlung zur Physik  
Treiber H.     9. Aufl., 1984; S. 39  
Bernh. Friedr. Voigt / Verlag Handwerk und Technik, Hamburg
- Lindner H.     Physikalische Aufgaben  
15. Aufl., 1974; S. 80  
Friedr. Vieweg + Sohn, Braunschweig
- Autoren-      Übungen zur Physik  
kollektiv      3. Aufl., 1981; S.64  
VEB Fachbuchverlag, Leipzig



## Hydrostatischer Druck

1. Wovon hängt der Schweredruck in Flüssigkeiten ab ?  
Formuliere das Gesetz für den Schweredruck in Flüssigkeiten in Worten und als Größengleichung.
2. Unter welcher Voraussetzung gilt das Gesetz für den Schweredruck in Flüssigkeiten ?
3. Was besagt das **hydrostatische Paradoxon** ?
4. Pascal setzte auf ein mit Wasser gefülltes Holzfass ein langes, dünnes Rohr auf und zeigte der staunenden Zuschauermenge, dass der Boden des Fasses herausgesprengt wird, wenn er das Rohr mit Wasser füllte.  
Erkläre den Vorgang !
5. Warum sind Staumauern bei Stauseen unten dicker als oben ?
6. Eine Stadt wird über ein Rohrsystem mit dem Wasser eines Wasserturms versorgt.
  - a) In welchen Stadtteilen versiegen bei Wassermangel zuerst die Leitungen ?  
(physikalische Begründung)
  - b) Der Druck in einem Wasserhahn beträgt morgens zwischen 6 und 7 Uhr 4,8 bar.  
Wie hoch über dem Wasserhahn steht der Wasserspiegel im Wasserturm ?
  - c) Warum ist der Druck nachts nach 24 Uhr in diesem Wasserhahn etwas größer ?

## Tauchsport und Physik

### 1. Tauchen ohne Pressluftgerät

Ein Taucher schwimmt in einer Wassertiefe von nur 1 m und atmet durch einen bis über die Wasseroberfläche reichenden Schnorchel.

Der Luftdruck beträgt  $p = 1 \text{ bar}$ ; rechne mit dem Ortsfaktor  $g = 10 \text{ N/kg}$

- Welcher Luftdruck muss in der Lunge sein, damit frische Luft in seine Lunge strömt ?
- Wie groß ist der Druck, der gleichzeitig von außen auf seinen Körper wirkt ?  
(Dieser Druck wird durch die Körperflüssigkeit weitergegeben und er wirkt daher auch von außen auf die Lungenbläschen).
- Berechne die Druckdifferenz, die in der Lunge dieses Tauchers auftritt !  
Welche Folgen können eintreten, wenn diese Druckdifferenz größer wird ?
- Welche Kraft muss der Taucher aufwenden, um beim Einatmen das Volumen des Brustkorbes zu vergrößern ? ( $A_{\text{Brust}} = 900 \text{ cm}^2$ )
- Eine Druckdifferenz (in der Lunge) von 0,06 bar führt schon nach 5 Minuten zu bleibenden Gesundheitsschäden; auch schon eine Differenz von 0,04 bar kann auf Dauer schädlich sein (Blutplasma dringt in die Lunge ein ...).  
Bei welchen Schnorchellängen werden diese Druckdifferenzen erreicht ?
- Begründe, warum die käuflichen Schnorchel nicht länger als 35 cm sind !  
Warum ist es gefährlich, einen Schnorchel durch Aufstecken einer Röhre zu verlängern ?

### 2. Druck auf die Ohren des Tauchers

- Wie groß ist der Druck in einer Wassertiefe von 15 m ?
- Wie groß ist die Kraft, die dort von außen auf das etwa  $1 \text{ cm}^2$  große Trommelfell eines Tauchers wirkt ?
- Wie kann der Taucher erreichen, dass dieser Druck zu keiner Schädigung am Trommelfell führt ? (Hinweis: geeigneten Gegendruck erzeugen)

### 3. Auftrieb durch Neoprene-Jacke

Das Material Neoprene besteht aus Kautschuk, in den kleine Luftbläschen eingeschäumt sind. Zur besseren Wärmeisolierung des Körpers benutzen Sporttaucher im allgemeinen Neoprene-Jacken bzw. -Anzüge.

Eine solche Neoprene-Jacke hat eine Masse von 1,2 kg und (in einer Wassertiefe von 5 m) eine Dichte von  $200 \text{ kg/m}^3$ .

- Wie groß ist ihr Volumen ?
- Wieviel Auftrieb bewirkt sie bei einem Taucher (in 5 m Wassertiefe) ?
- Der Taucher will diesen Auftrieb durch ein geeignetes Stück Blei kompensieren.  
Welche Masse muss dieses Bleistück haben ? ( $\rho_{\text{Pb}} = 11,3 \text{ kg/dm}^3$ )
- Wie verändert sich das Volumen der Neoprene-Jacke bei zunehmender Wassertiefe ?
- Braucht der Taucher ein größeres, gleiches oder kleineres Stück Blei, um in 10 m Wassertiefe den Auftrieb der Jacke zu kompensieren ?

## Tauchsport und Physik

### 4. Tauchen mit Pressluftgerät

Beim Tieftauchen wird die Luft der Lunge zusammengepresst (z.B. in 30 m Tiefe auf ein Viertel des ursprünglichen Volumens). Da der Brustkorb nicht beliebig elastisch ist, muss bei Tauchgängen in größere Tiefen durch Einatmen von Pressluft ein genügend großer Gegendruck geschaffen werden. Zu diesem Zweck benützt der Taucher (neben einer Pressluftflasche) einen Lungenautomaten. Dieser setzt den Druck der Pressluft genauso weit herab, dass der Druck der einzuatmenden Luft gleich dem Wasserdruck ist, der auf den Taucher einwirkt.

Ein Taucher schafft es, bei ruhigem Schwimmen mit 20 Litern Luft eine Minute lang auszukommen (egal wie hoch der Luftdruck ist). Seine Pressluftflasche enthält 10 l Luft bei einem Druck von 200 bar.

- Wieviel Liter Luft von Normaldruck (1 bar) kann er entnehmen ? (Die Temperatur ist konstant.) Wie lange käme er mit dieser Luft an der Wasseroberfläche aus ?
- Wieviel Liter Luft kann er in einer Wassertiefe von 30 m entnehmen ? (Luftdruck ist gleich Wasserdruck) Für welche Zeit reicht hier der Pressluftvorrat ?
- Wie groß ist die Gewichtskraft der in der Pressluftflasche enthaltenen Luft ?  
 $\rho_{\text{Luft}} = 0,0013 \text{ g/cm}^3$
- Wie verändert sich der Auftrieb bzw. die Schwebelage des Tauchers, wenn die gesamte Pressluft verbraucht wird ?

### 5. Verhalten in Notsituationen

Ein Taucher, der mit Pressluftgerät in eine Tiefe von 40 m abtauchte, gerät in eine Notsituation: Er muss das Pressluftgerät abwerfen und sofort aufsteigen (auftauchen).

Dazu folgende Fragen:

- Wie groß ist der Luftdruck in der Lunge des Tauchers in 40 m Wassertiefe ?
- Wie groß wäre die Druckdifferenz zwischen Außenluft und der Luft in der Lunge des Tauchers, wenn dieser mit geschlossenem Mund und Nase an die Oberfläche kommt ? (Lungenvolumen konstant)  
 (Zum Vergleich: Die Druckdifferenz zwischen Innen- und Außenluft bei einem Pkw-Reifen beträgt etwa 1,5 bis 2,2 bar).

Medizinisches Ergebnis: Schon bei einem Überdruck, der einer 1,5 m hohen Wassersäule entspricht, reißen die Lungenbläschen; Luft tritt in das Bindegewebe zwischen den Lungenbläschen ein, ...

- Warum platzen Tiefseefische, wenn man sie schnell an die Oberfläche holt ?
- Warum besteht bei Tauchern ohne Pressluftgerät die hier angesprochene Gefahr nicht ?

## Tauchsport und Physik

### 6. Gemischte Fragen

- a) Taucher mit Schnorchel müssen dicht unter der Wasseroberfläche bleiben, da der Schnorchel nur ca. 30 cm lang ist.  
Warum ist es nicht möglich, mit einem 20 m langen Schlauch, dessen obere Öffnung über die Wasseroberfläche reicht, 20 m tief zu tauchen ?
- b) Ein Taucher, in dessen Taucheranzug von einem Boot aus beständig Luft gepumpt wird, taucht in 80 m Wassertiefe.  
Wie kann der Taucher den Wasserdruck und gleichzeitig auch den Luftdruck im Taucheranzug aushalten, ohne zerquetscht zu werden ?
- c) Bei einem ungeübten Gelegenheitstaucher kann ein Wasserdruck von rund 180 000 Pa bereits zu Orientierungsstörungen führen.  
Welcher Wassertiefe entspricht dieser Wasserdruck ?

## Allgemeine Gasgleichung

1. Ein Freiballon ist mit  $2200 \text{ m}^3$  Gas gefüllt. Der Start erfolgt bei einer Temperatur von  $+20^\circ\text{C}$ . Um wie viel  $\text{m}^3$  schrumpft der Ballon zusammen, wenn eine Abkühlung auf  $+6^\circ\text{C}$  erfolgt? Der Druck soll dabei gleich bleibend angenommen werden.
2. In einem Lagerraum befindet sich eine Sauerstoffflasche, in der die Gasfüllung noch unter einem Druck von 90 bar steht. Infolge eines Brandes findet eine beträchtliche Temperaturerhöhung statt. Welchen Druck erricht das Gas in der Flasche, wenn die Temperatur auf  $200^\circ\text{C}$  bzw. auf  $520^\circ\text{C}$  steigt (es wird angenommen, daß die Flasche nicht zerplatzt)? Die Raumtemperatur betrug zuvor  $20^\circ\text{C}$ .  $1 \text{ bar} \hat{=} 10^5 \text{ Pa}$
3. In einer verschlossenen Gasflasche erhöht sich der Gasdruck von 2,5 bar bei  $+10^\circ\text{C}$  auf 5 bar. Wie groß war die Temperaturerhöhung? Welche Temperaturniedrigung wäre notwendig, damit der Druck von 2,5 bar bei  $+10^\circ\text{C}$  auf 1,8 bar sinkt?  
 $1 \text{ bar} \hat{=} 10^5 \text{ Pa}$
4. Eine Wasserstoffflasche weist bei  $10^\circ\text{C}$  noch einen Druck von 145 bar auf. Ist es möglich, dass durch Sonneneinstrahlung der Druck auf 150 bar (normaler Fülldruck) ansteigt? Wie groß ist die notwendige Temperaturerhöhung?  
 $1 \text{ bar} \hat{=} 10^5 \text{ Pa}$
5. In einer absolut dicht schließenden großen Kühlbox befindet sich Luft mit der Temperatur von  $22^\circ\text{C}$  und einem Druck von 1013 mbar. Nach dem Einschalten des Kühlaggregates sinkt die Temperatur im Innern der Kühlbox auf  $0,0^\circ\text{C}$ . Welche Kraft ist jetzt zum Öffnen des Deckels der Box erforderlich, wenn der Luftdruck außerhalb des Schrankes auf 1013 mbar geblieben ist und die Türfläche  $0,75 \text{ m}^2$  beträgt? (Die Kraft zum Öffnen soll senkrecht und mittig am Deckel angreifen)  
 $1 \text{ bar} \hat{=} 10^5 \text{ Pa}$
6. Wie viel Luft entweicht aus einem quaderförmigen Raum von 10,0 m Länge, 6,0 m Breite und 4,0 m Höhe, wenn die Raumtemperatur von  $12^\circ\text{C}$  auf  $20^\circ\text{C}$  erhöht wird und der Luftdruck konstant bleibt?
7. Wie viel Luft entweicht aus dem Raum aus 6., wenn gleichzeitig der Luftdruck von 1020 mbar auf 981 mbar absinkt?  $1 \text{ bar} \hat{=} 10^5 \text{ Pa}$
8. In einem Autoreifen befinden sich  $7,0 \text{ dm}^3$  Luft von  $12^\circ\text{C}$  unter einem Druck von 2,9 bar. Während der Fahrt auf der Autobahn wird die Luft im Reifen durch Walkarbeit und Sonneneinstrahlung auf  $77^\circ\text{C}$  erwärmt. Der Reifen gibt dabei nicht nach. Welcher Druck herrscht jetzt im Reifen?  $1 \text{ bar} \hat{=} 10^5 \text{ Pa}$
9. Berechne das Normvolumen einer Sauerstoffmenge, die bei einem Druck von  $1,2 \cdot 10^6 \text{ Pa}$  und einer Temperatur von  $25^\circ\text{C}$  ein Volumen von  $12,0 \text{ dm}^3$  hat.
10. Die Normdichte der Luft (Temperatur  $0^\circ\text{C}$ , Druck 1013 mbar) beträgt  $1,293 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Welche Dichte hat die Luft auf dem Montblanc, wenn dort die Temperatur  $-18^\circ\text{C}$  und ein Luftdruck von 54.000 Pa herrschen?

## Allgemeine Gasgleichung

11. Auf welchen Überdruck steigt der Druck in einer Gasflasche bei Erwärmung auf  $60,0^{\circ}\text{C}$ , wenn sie bei  $15,0^{\circ}\text{C}$  einen Überdruck von  $150 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  hat? Der Luftdruck beträgt  $1.000 \text{ hPa}$ .
12. Aus einer Erdgasquelle strömen täglich  $38.000 \text{ m}^3$  Gas in eine Sammelleitung. Wie viel Kubikmeter verliert das Innere der Quelle, wenn dort ein Druck von  $60 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  herrscht und der Überdruck in der Sammelleitung  $0,50 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  beträgt? (Luftdruck:  $1000 \text{ hPa}$ )
13.  $5,8 \text{ m}^3$  Stadtgas von  $26,5^{\circ}\text{C}$  stehen unter einem Überdruck von  $16,5 \text{ hPa}$ . Das Barometer zeigt einen Luftdruck von  $975 \text{ hPa}$  an. Wie groß ist das Gasvolumen bei Normalbedingungen ( $0,0^{\circ}\text{C}$ ,  $1013 \text{ hPa}$ )?
14. In einem See bildet sich in  $110 \text{ m}$  Tiefe bei  $4,0^{\circ}\text{C}$  eine  $0,11 \text{ dm}^3$  große Luftblase. Nachdem sie zur Wasseroberfläche aufgestiegen ist, hat sie eine Temperatur von  $8,0^{\circ}\text{C}$  und steht unter einem Luftdruck von  $985 \text{ hPa}$ . Welches Volumen hat die Luftblase jetzt?
15. Im Reifen eines Pkw herrscht bei  $20^{\circ}\text{C}$  ein Überdruck von  $2,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Um wie viel nimmt der Druck zu, wenn durch Sonneneinwirkung die Temperatur des Reifens auf  $50^{\circ}\text{C}$  steigt? Der äußere Luftdruck wird dabei mit  $1013 \text{ hPa}$  gemessen. (Die Volumenausdehnung des Reifens soll vernachlässigt werden.)
16. Die Dichte von Sauerstoff beträgt bei  $0,0^{\circ}\text{C}$  und  $1013 \text{ hPa}$   $1,429 \text{ kg/m}^3$ . Wie groß ist das Volumen von  $100 \text{ g}$  Sauerstoff bei einem Druck von  $980 \text{ hPa}$  und einer Temperatur von  $28^{\circ}\text{C}$ ?
17. Bei einer Temperatur von  $18^{\circ}\text{C}$  und einem Luftdruck von  $1010 \text{ hPa}$  wird ein Behälter von  $40 \text{ l}$  Inhalt verschlossen. Bringt man den Behälter auf einen Berg, so kühlt sich die Luft im Behälter auf  $-12^{\circ}\text{C}$  ab. Auf dem Berg herrscht ein Außendruck von  $970 \text{ hPa}$ . Strömt beim Öffnen des Behälters Luft ein oder aus? Wie groß ist das Volumen dieser Luft?
18. In einer Sauerstoffflasche befinden sich bei einem Überdruck von  $50 \cdot 10^5 \text{ Pa}$   $50 \text{ l}$  Sauerstoff. Auf welchen Betrag reduziert sich der Überdruck in der Flasche, wenn bei einem Luftdruck von  $1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  eine Sauerstoffmenge von  $0,85 \text{ m}^3$  entnommen wird ( $T = \text{konstant}$ )?
19. Ein  $5,0 \text{ Liter}$  fassendes Gefäß wird bei  $20^{\circ}\text{C}$  und  $1,2 \text{ bar}$  äußerem Luftdruck bis zum Rand mit Alkohol gefüllt.
  - a) Wie viel  $\text{cm}^3$  Alkohol fließen bei Erwärmung auf  $55^{\circ}\text{C}$  aus, wenn die Ausdehnung des Glasgefäßes berücksichtigt wird? ( $\gamma_{\text{Alkohol}} = 11 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{K}}$ ;  $\alpha_{\text{Glas}} = 90 \cdot 10^{-7} \frac{1}{\text{K}}$ )
  - b) Um wie viel steigt bei dieser Erwärmung der Druck im Gefäß, wenn man es nach dem Füllen luftdicht verschließt? (Die Ausdehnung des Glasgefäßes ist zu berücksichtigen.)