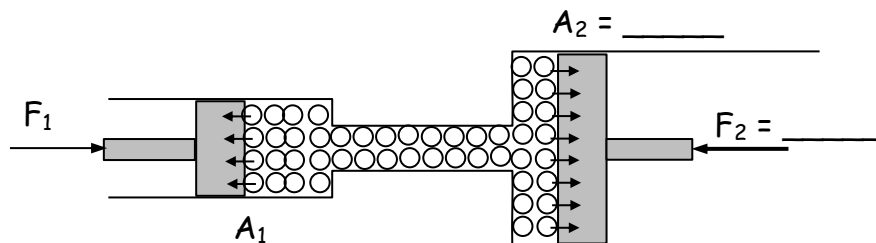


1.8. Hydrostatik

1.8.1. Der Druck

In einer **Flüssigkeit oder einem Gas** weichen die Teilchen der jeweils größten Kraft solange aus, bis auf jedes von ihnen in jede Richtung die gleiche _____ wirkt:

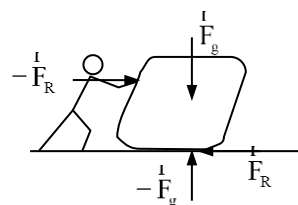


Die **Kraft** _____ auf eine Begrenzungsfläche ist daher proportional zur _____ der Teilchen an dieser Fläche, d.h. zum _____ A dieser Fläche: $F \sim A$. Der Proportionalitätsfaktor ist der _____ p (pressure) mit $F = \text{_____}$ oder $p = \text{_____}$: **Druck** = _____ **pro** _____.

Seine Einheit ist das **Pascal** $\text{Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$. Praktischer ist **1 bar** = $10^5 \text{Pa} = \frac{10 \text{ N}}{\text{cm}^2} \triangleq \frac{1 \text{ kg}}{\text{cm}^2}$

1.8.2. Spannungen in Festkörpern

Festkörper können Kräfte sowohl _____ (Zug- und Druckkräfte) als auch _____ (Scherkräfte) zu den Begrenzungsflächen übertragen.



$$\text{Druckspannung } \sigma_n = \frac{F_g}{A}$$

$$\text{Scherspannung } \sigma_t = \frac{F_R}{A}$$

Das Verhältnis F/A ist dann je nach Angriffspunkt und Richtung der Kraft in jedem Punkt des Körpers verschieden und heißt **Zug-, Druck- oder Scher**_____.

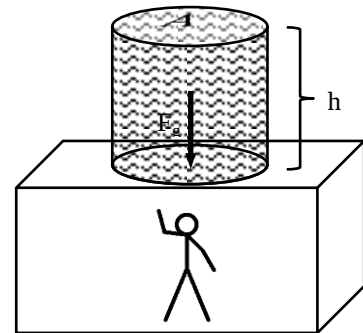
Hohe Spannungen führen zu _____ und schließlich _____ im Körper.

1.8.3. Der hydrostatische Druck

Unter Wasser addiert sich der hydrostatische Druck der Wassersäule zum Luftdruck der Atmosphäre. Die Gewichtskraft F_g einer Flüssigkeitssäule mit der Dichte ρ , der Höhe h und der Grundfläche A ist

$$F_g = m \cdot g = \underline{\hspace{2cm}}$$

Der **hydrostatische Druck** in der Tiefe h ist also



$$p(h) = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

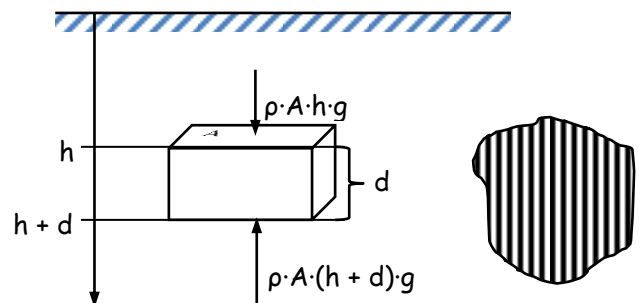
In **Wasser** mit der Dichte $\rho \approx \underline{\hspace{1cm}}$ kg/m³ und $g \approx 10$ N/kg ist der hydrostatische Druck in 10 m Tiefe $p(10) \approx \underline{\hspace{2cm}}$.

Der hydrostatische Druck nimmt also alle 10 Meter um $\underline{\hspace{1cm}}$ zu!

1.8.4. Der Auftrieb

Auf eine Säule mit der Grundfläche A und der Höhe d wirkt die **Auftriebskraft**

$$\begin{aligned} F_A &= \\ &= \\ &= \end{aligned}$$



Prinzip von Archimedes:

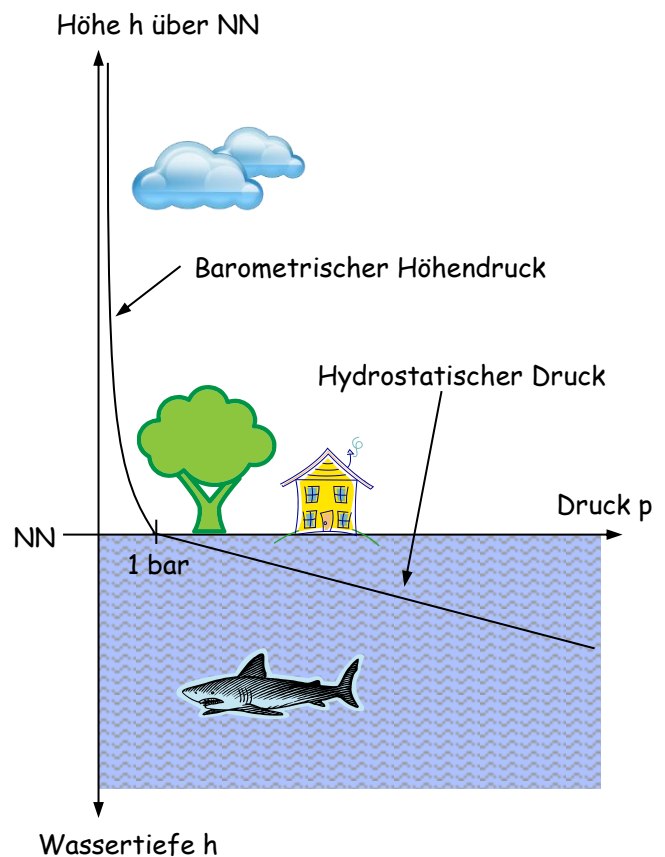
Der Auftrieb eines Körpers entspricht dem Gewicht der von ihm $\underline{\hspace{2cm}}$ Flüssigkeit. Die Formel lässt sich auf beliebige Körper übertragen, die man sich aus vielen dünnen Säulen zusammengesetzt denkt.

Der Auftrieb ist unabhängig von der Tiefe h und unabhängig von der Dichte des Körpers!

1.8.5. Der barometrische Höhendruck

Bei $1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ N/m}^2$ Luftdruck lastet auf jedem Quadratmeter in Meereshöhe eine _____ schwere Luftsäule. Mit zunehmender Höhe wird die Luftsäule kürzer und der Druck **nimmt mit jedem Höhenkilometer um ca. 10 % ab**:

Höhe h in km	Druck $p(h)$ in bar
0	1
1	
2	
3	
...	...
h	

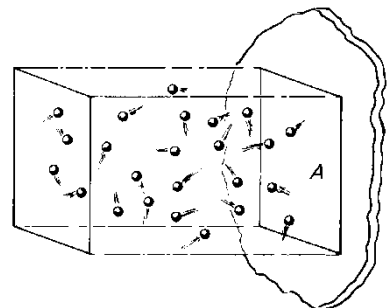


Der Druck p in der Höhe h in km ist also $p(h) \approx$ _____

1.8.6. Druck in Gasen

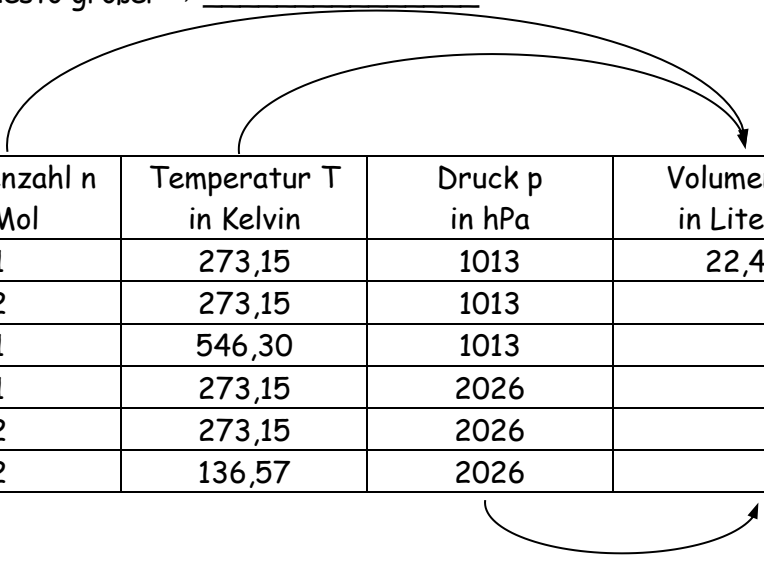
Druck und Ausdehnung durch kleinste Teilchen

- Der Druck auf die Gefäßwand kommt durch den _____ der Gasteilchen zustande.
- Je größer die Teilchenzahl n und je kleiner das zur Verfügung stehende Volumen V sind, desto _____ Teilchen prallen auf die Gefäßwand.
- Je größer die Temperatur ist, desto größer ist die _____ der Teilchen und desto mehr Kraft wird auf die Gefäßwand übertragen: Der _____ steigt.



1. Das Volumen eines Gases wird durch den _____ bestimmt, den die Teilchen für ihre freie Bewegung benötigen. Die Art der Teilchen hat keinen _____ auf das Volumen. (**Satz von** _____)
2. Das Volumen eines beliebigen Gases ist _____ zur Teilchenzahl n und zur absoluten Temperatur T . Es ist _____ zum Druck p .
3. 1 Mol eines beliebigen Gases hat bei $p = 1,013 \text{ bar}$ und $T = 273,15 \text{ K}$ ein Volumen von $V =$ _____ Litern. (**Molvolumen unter Normalbedingungen**)

je größer, desto größer $\Rightarrow$ _____



Teilchenzahl n in Mol	Temperatur T in Kelvin	Druck p in hPa	Volumen V in Litern
1	273,15	1013	22,4
2	273,15	1013	
1	546,30	1013	
1	273,15	2026	
2	273,15	2026	
2	136,57	2026	

je größer, desto kleiner $\Rightarrow$ _____

1.8.7. Das Gasgesetz

1. Das Volumen V einer beliebigen Gasmenge ist _____ zur Temperatur _____ sowie zur _____ n und _____ zum Druck p : $V \sim \frac{n \cdot T}{p}$
2. Die Proportionalitätskonstante ist die **allgemeine Gaskonstante** $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{Mol}}$
Damit erhält man das **Gasgesetz** $V =$ _____ bzw. $p \cdot V =$ _____

Beispiel: $n = 1 \text{ Mol}$ Gas hat bei $T = 273 \text{ K}$ und $p = 101\,300 \text{ Pa}$ ein Volumen

$$V = \frac{R \cdot n \cdot T}{p} =$$

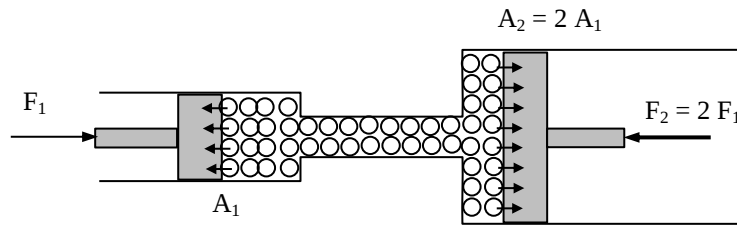
$$\text{m}^3 = \text{_____} \text{ m}^3 = \text{_____} \text{ Liter.}$$

1.8. Hydrostatik

1.8.1. Der Druck

Wagenheber, FWU-Film: Druck, Meilensteine der Wissenschaft: Druck, Universum S. 16 lesen

In einer **Flüssigkeit oder einem Gas** weichen die Teilchen der jeweils größten Kraft solange aus, bis auf jedes von ihnen in jede Richtung die gleiche **Kraft** wirkt:



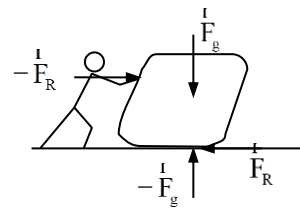
Die **Kraft** F auf eine Begrenzungsfläche ist daher proportional zur **Anzahl** der Teilchen an dieser Fläche, d.h. zum **Inhalt** A dieser Fläche: $F \sim A$. Der Proportionalitätsfaktor ist der **Druck** p (pressure) mit $F = p \cdot A$ oder $p = \frac{F}{A}$: **Druck = Kraft pro**

Fläche Seine Einheit ist das **Pascal** $\text{Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$. Praktischer ist 1 **bar** $= 10^5 \text{Pa} = \frac{10 \text{ N}}{\text{cm}^2} \triangleq \frac{1 \text{ kg}}{\text{cm}^2}$

Aufgaben zur Hydrostatik Nr. 1 - 7

1.8.2. Spannungen in Festkörpern

Festkörper können Kräfte sowohl orthogonal (Zug- und Druckkräfte) als auch parallel (Scherkräfte) zu den Begrenzungsflächen übertragen. Das Verhältnis F/A ist dann je nach Angriffspunkt und Richtung der Kraft in jedem Punkt des Körpers verschieden und heißt **Zug-, Druck- oder Scherspannung**. Hohe Spannungen führen zu **Verformungen, Rissen** und **Brüchen** im Körper.



$$\text{Druckspannung } \sigma_n = \frac{F_g}{A}$$

$$\text{Scherspannung } \sigma_t = \frac{F_R}{A}$$

1.8.3. Der hydrostatische Druck

FWU Film Druck, Universum S. 21 lesen

Unter Wasser addiert sich der hydrostatische Druck der Wassersäule zum Luftdruck der Atmosphäre. Die Gewichtskraft F_g einer Flüssigkeitssäule mit der Dichte ρ , der Höhe h und der Grundfläche A ist

$$F_g = m \cdot g = \rho \cdot V \cdot g = \rho \cdot A \cdot h \cdot g$$

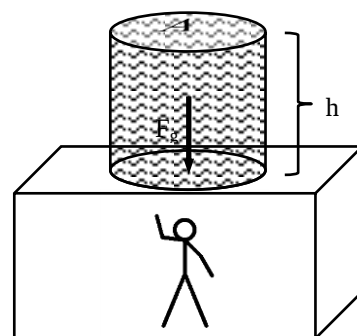
Der **hydrostatische Druck** in der Tiefe h ist also

$$p(h) = \frac{F_g}{A} = \frac{\rho \cdot A \cdot h \cdot g}{A} = \rho \cdot h \cdot g$$

In **Wasser** mit der Dichte $\rho \approx 1000 \text{ kg/m}^3$ und $g \approx 10 \text{ N/kg}$ ist der hydrostatische Druck in 10 m Tiefe $p(10) \approx 1 \text{ bar}$

Der hydrostatische Druck nimmt also alle 10 Meter um **1 bar** zu!

Aufgaben zur Hydrostatik Nr. 8 - 10



1.8.4. Der Auftrieb

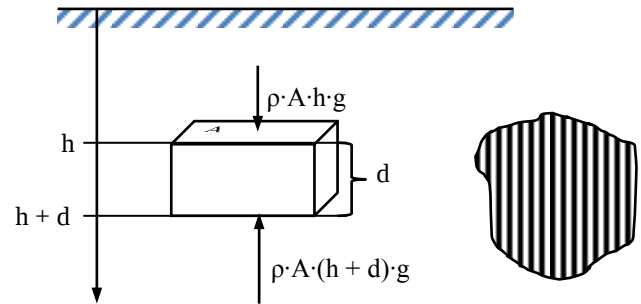
Auftriebsversuche z.B. mit Cola (geht unter) und Cola light (schwimmt)

Auf eine Säule mit der Grundfläche A und der Höhe d wirkt die **Auftriebskraft**

$$\begin{aligned} F_A &= \rho \cdot A \cdot (h + d) \cdot g - \rho \cdot A \cdot h \cdot g \\ &= \rho \cdot A \cdot d \cdot g \\ &= \rho \cdot V \cdot g \end{aligned}$$

Prinzip von Archimedes:

Der Auftrieb eines Körpers entspricht dem Gewicht der von ihm **verdrängten** Flüssigkeit.



Die Formel lässt sich auf beliebige Körper übertragen, die man sich aus vielen dünnen Säulen zusammengesetzt denkt. Der Auftrieb ist unabhängig von der Tiefe h und unabhängig von der Dichte des Körpers!

Aufgaben zur Hydrostatik Nr. 11 - 18

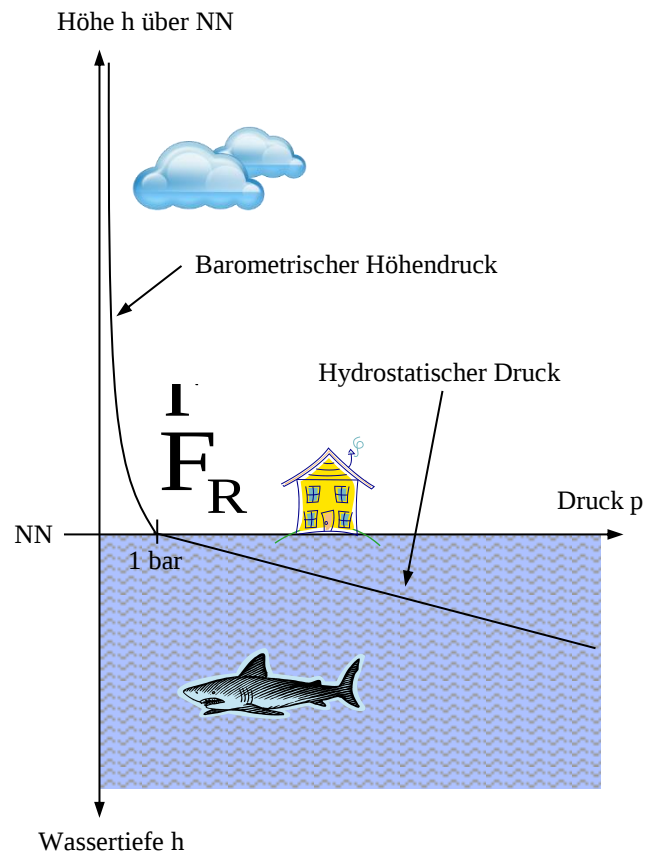
1.8.5. Der barometrische Höhendruck

Bei 1 bar = 100 000 N/m² Luftdruck lastet auf jedem Quadratmeter in Meereshöhe eine 10 Tonnen schwere Luftsäule. Mit zunehmender Höhe wird die Luftsäule kürzer und der Druck **nimmt mit jedem Höhenkilometer um ca. 10 % ab**:

Höhe h in km	Druck $p(h)$ in bar
0	1
1	0,9
2	$0,9^2$
3	$0,9^3$
...	...
h	$0,9^h$

Der Druck p in der Höhe h in km ist also $p(h) \approx 0,9^h$ bar

Aufgaben zur Hydrostatik Nr. 19

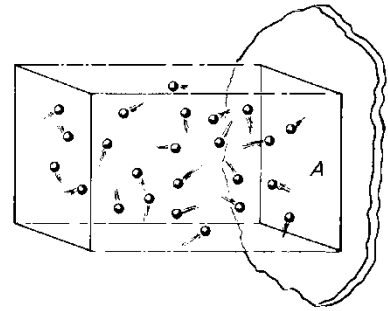


1.8.6. Druck in Gasen

FWU Film : Gase, Universum S. 25 lesen

Druck und Ausdehnung durch kleinste Teilchen

1. Der Druck auf die Gefäßwand kommt durch den **Aufprall** der Gasteilchen zustande.
2. Je größer die Teilchenzahl n und je kleiner das zur Verfügung stehende Volumen V sind, desto **mehr** Teilchen prallen auf die Gefäßwand.
3. Je größer die Temperatur ist, desto größer ist die **Geschwindigkeit** der Teilchen und desto mehr Kraft wird auf die Gefäßwand übertragen: Der **Druck** steigt.



1. Das Volumen eines Gases wird durch den **Raum** bestimmt, den die Teilchen für ihre freie Bewegung benötigen. Die Art der Teilchen hat **keinen Einfluss** auf das Volumen. (**Satz von Avogadro**)
2. Das Volumen eines beliebigen Gases ist **proportional** zur Teilchenzahl n und zur absoluten Temperatur T . Es ist **antiproportional** zum Druck p .
3. 1 Mol eines beliebigen Gases hat bei $p = 1,013$ bar und $T = 273,15$ K ein Volumen von $V = 22,4$ Litern. (**Molvolumen unter Normalbedingungen**)

je größer, desto größer $\Rightarrow$ **proportional**

Teilchenzahl n in Mol	Temperatur T in Kelvin	Druck p in hPa	Volumen V in Litern
1	273,15	1013	22,4
2	273,15	1013	
1	546,30	1013	
1	273,15	2026	
2	273,15	2026	
2	136,57	2026	

je größer, desto kleiner $\Rightarrow$ **antiproportional**

Aufgaben zur Hydrostatik Nr. 20 - 22

1.8.7. Das Gasgesetz

Universum S. 174 lesen

1. Das Volumen V einer beliebigen Gasmenge ist **proportional** zur Temperatur T sowie zur **Teilchenzahl** n und **antiproportional** zum **Druck** p : $V \sim \frac{n \cdot T}{p}$
2. Die Proportionalitätskonstante ist die **allgemeine Gaskonstante** $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{Mol}}$

Damit erhält man das **Gasgesetz** $V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p}$ bzw. $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

Beispiel:

$n = 1$ Mol Gas hat bei $T = 273$ K und $p = 101\,300$ Pa ein Volumen

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{1 \cdot 8,31 \cdot 273}{101\,300} \text{ m}^3 = 0,0224 \text{ m}^3 = 22,4 \text{ Liter.}$$

Aufgaben zur Hydrostatik Nr. 23