

1.8. Druck

1.8.1. Der Aufbau der Stoffe aus kleinsten Teilchen

Versuch: Volumenverminderung beim Lösungsvorgang

Durchführung:

Man vermischt 20 ml destilliertes Wasser und 20 ml wasserfreien Alkohol in einem Messzylinder.

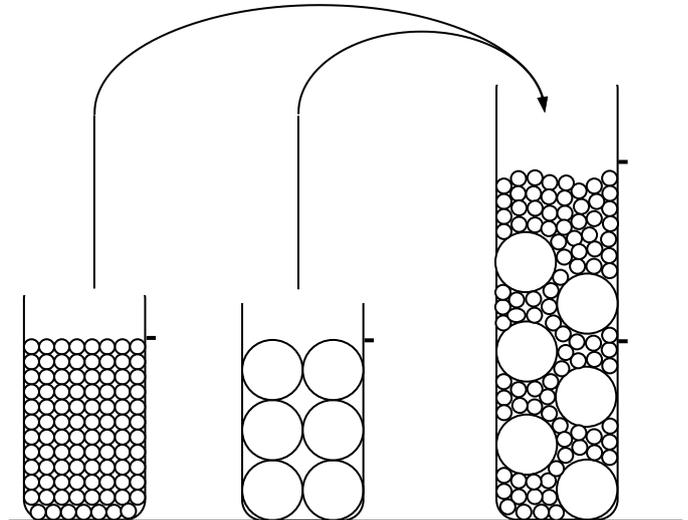
Beobachtung:

Die Mischung hat ein Volumen von ____ ml.

Erklärung:

Wasser und Alkohol bestehen aus verschieden großen _____. Beim Mischungsvorgang füllen die kleinen Teilchen teilweise die _____ zwischen den großen Teilchen, so dass die Mischung weniger _____ beansprucht als die Summe der reinen Stoffe.

Der Effekt ist in Wirklichkeit deutlicher als in der Zeichnung, da es in drei Dimensionen größere Hohlräume gibt als in der zweidimensionalen Zeichenebene!



Diffusion und Brownsche Teilchenbewegung

Die selbständige Durchmischung flüssiger, gasförmiger oder gelöster Stoffe nennt man _____. Beispiele sind die Ausbreitung von _____ und _____ in **Wasser** und

von _____ in der **Luft**. Die Diffusion lässt sich mit der _____

Teilchenbewegung erklären. Sie wurde bei der Beobachtung von _____ in

Wassertropfen unter dem _____ entdeckt. Die Blütenpollen _____

infolge des ständigen _____ von Wasserteilchen. Die Brownsche

Teilchenbewegung nimmt mit steigender Temperatur _____.

Der Aufbau der Stoffe aus kleinsten Teilchen

Stoffe bestehen aus kleinsten Teilchen, die aufgrund ihrer geringen Größe mit dem _____ oder dem _____ nicht sichtbar sind. Nur bei der Abtastung der Oberflächen von _____ mit dem _____ sind sie als regelmäßige _____ direkt erkennbar. Man unterscheidet

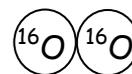
1. **Atome** (griech. **atomos** = untrennbar) = mit chemischen Reaktionen nicht mehr _____ Teilchen.
2. **Elemente** = Stoffe, die nur aus einer _____sorte bestehen.
3. **Periodensystem der Elemente (PSE)** = Tabelle aller _____
4. **Ordnungszahl OZ** = untere Zahl am Elementsymbol = _____ des Elementes im PSE
5. **Massenzahl MZ** = obere Zahl am Elementsymbol = _____ von 1 Mol Atomen in g
6. **1 Mol** := $602 \cdot 200\,000\,000\,000\,000\,000\,000 = 602,2$ _____
7. **Moleküle** (lat. **moles** = Last, Masse) = aus mehreren _____ zusammengesetzte Teilchen
8. **Verbindungen** = aus verschiedenen _____ zusammengesetzte Stoffe
9. **Ionen** (griech. **ionos** = wandernd) = elektrisch _____ Teilchen

Beispiele:

Kohlenstoff: 1 Mol ^{12}C -Atome hat die Masse _____

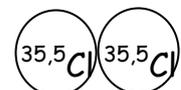
Phosphor: 1 Mol ^{31}P -Atome hat die Masse _____

Sauerstoff: Ein O_2 -Molekül enthält ___ ^{16}O -Atome



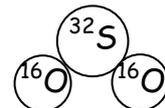
⇒ 1 Mol $^{16}\text{O}_2$ -Moleküle hat die Masse _____ = _____

Chlor: Ein Cl_2 -Molekül enthält ___ $^{35,5}\text{Cl}$ -Atome



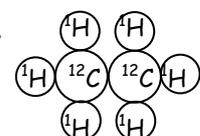
⇒ 1 Mol $^{35,5}\text{Cl}_2$ -Moleküle hat die Masse _____ = _____

Schwefeldioxid: Ein SO_2 -Molekül enthält ___ ^{32}S -Atom und ___ ^{16}O -Atome



⇒ 1 Mol SO_2 hat die Masse _____ = _____

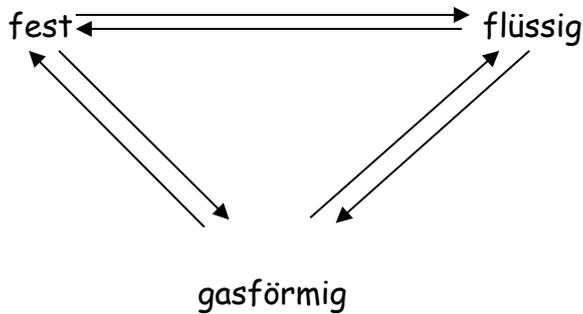
Ethan: Ein C_2H_6 -Molekül enthält ___ ^{12}C -Atome und ___ ^1H -Atome



⇒ 1 Mol C_2H_6 hat die Masse _____ = _____

1.8.2. Aggregatzustände

Jeder Stoff kann in drei verschiedenen **Aggregatzuständen** auftreten. Dabei können zwei oder sogar drei Aggregatzustände nebeneinander existieren.



Schmelz- und Siedepunkte:

Stoff	Fp/°C	Sp/°C
Eisen		
Kochsalz		
Schwefel		
Wachs		
Wasser		
Benzol		
Ethanol		
CO₂		
Sauerstoff		
Stickstoff		

Aggregatzustände und kleinste Teilchen

Fester Zustand

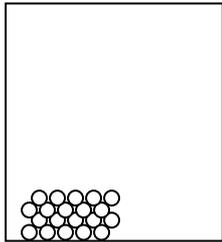
Im festen Zustand werden die Teilchen durch **elektrische** _____ in einem festen _____ zusammen gehalten. Wird ein Kristall erwärmt, so speichert es die zugeführt _____ in Form von _____ **energie**. Die Teilchen _____ mit zunehmender Temperatur immer stärker um ihre Ruhelage, bis sie sich bei Erreichen der _____ von ihren festen Plätzen _____.

Flüssiger Zustand und Verdunsten

Im flüssigen Zustand bleiben die Teilchen aneinander haften und bewegen sich mit **unterschiedlichen** _____. Manche Teilchen sind so schnell, dass sie sich von der Oberfläche des Tropfens _____: Der Tropfen _____. Unterhalb der _____ **temperatur** sind die Teilchen im Gaszustand aber so langsam, dass sie beim Zusammentreffen mit anderen Teilchen aneinander _____ bleiben. Das Gas _____ wieder zu kleinen Tröpfchen, die durch die Stöße der sie umgebenden Luftteilchen in der Schwebelage gehalten werden und **sichtbaren** _____ bilden. Wenn es warm wird, _____ die Tröpfchen und der Nebel löst sich auf. Wenn es kalt wird, _____ mehr Gas und die Nebeltröpfchen _____, bis sie als **Regentropfen** zu Boden fallen.

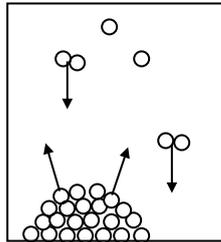
Verdampfen und gasförmiger Zustand

Erst bei Erreichen der _____temperatur reißen sich **alle** Teilchen voneinander los und verteilen sich gleichmäßig im Raum.



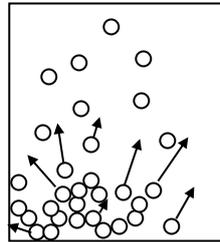
fester Zustand

Die Teilchen vibrieren auf festen Positionen im Kristallgitter



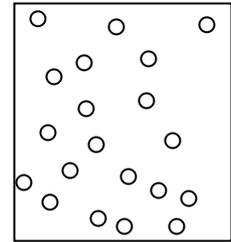
flüssiger Zustand

Teilchen sind im Tropfen frei beweglich (**Diffusion**)
Verdunstung an der Oberfläche, Kondensation in feuchter Luft



Verdampfen

Alle Teilchen reißen sich aus der Flüssigkeit los.



gasförmiger Zustand

Teilchen sind im gesamten Raum frei beweglich (**Diffusion**)

1.8.3. Absolute und relative Temperatur

Erhöht man die Temperatur eines Stoffes durch Wärmezufuhr, so speichern die Teilchen die zugeführte _____ in Form von _____**energie**. Mit steigender Temperatur nimmt also die Eigenbewegung der Teilchen ____, mit sinkender Temperatur nimmt sie _____. Auch im **festen** Zustand _____ die Teilchen noch im Kristallgitter. Erst bei einer Temperatur von $-273,15^{\circ}\text{C}$ findet keinerlei Teilchenbewegung mehr statt. Da ein Stoff bei $-273,15^{\circ}\text{C}$ keinerlei _____energie mehr enthält, ist es unmöglich, ihn durch Wärmeentzug noch weiter abzukühlen. Es kann also an keinem Ort des _____ kälter werden als $-273,15^{\circ}\text{C}$!

- Die **relative** Temperatur ϑ wird in der Einheit **Grad Celsius** $^{\circ}\text{C}$ angegeben und bezieht sich auf den **Gefrierpunkt des Wassers**.
- Die **absolute** Temperatur T wird in der Einheit **Kelvin** K angegeben und bezieht sich auf den **absoluten Nullpunkt**.
- **Umrechnung:** $T = \vartheta + 273,15$.

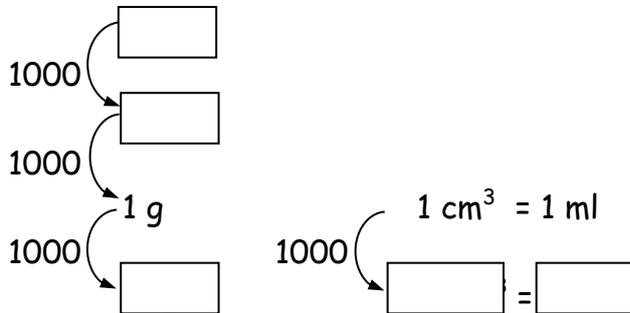
Beispiele:

$\vartheta/^{\circ}\text{C}$	T/K
$-273,15$	
	100
0	
25	
100	

1.8.4. Die Dichte

Die **Dichte** ρ eines Stoffes ist seine **Masse** m bezogen auf sein **Volumen** V : $\rho = \frac{m}{V}$

Einheiten für Masse und Volumen:



Einige Dichten:

Stoff	$\rho / \frac{g}{cm^3}$
Luft	
Ethanol	
Eis	0,9
Wasser	1,0
Schwefel	2,1
Aluminium	
Eisen	
Blei	
Gold	
Iridium	22,6

Beispiele:

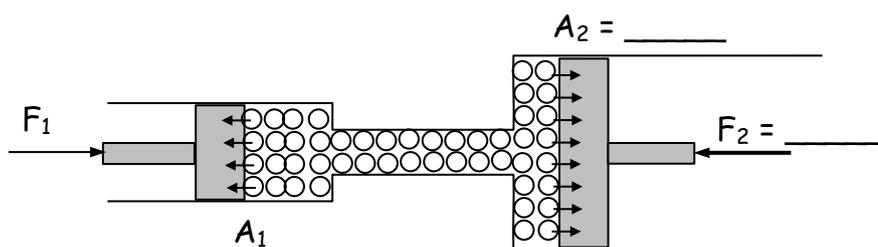
Wasser: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{78,9 \text{ g}}{80 \text{ ml}} = \frac{0,98 \text{ g}}{1 \text{ ml}} = 0,98 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

Ethanol: $\rho = \frac{m}{V} =$

Kartoffel: $\rho = \frac{m}{V} =$

1.8.5. 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:

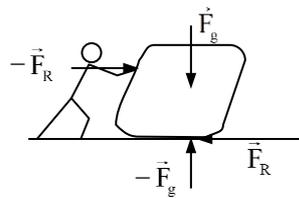


Die **Kraft** ___ auf eine Begrenzungsfläche ist daher proportional zur _____ der Teilchen an dieser Fläche, d.h. zum _____ A dieser Fläche: $F \sim A$. Der Proportionalitätsfaktor ist der _____ p (pressure) mit $F =$ _____ oder $p =$ _____ : **Druck** = _____ **pro** _____.

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

Ergänzung: 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.



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

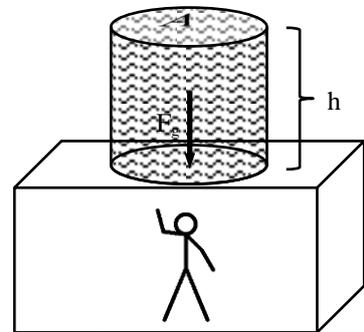
$$\text{Scherspannung } \sigma_t = \frac{F_R}{A}$$

1.8.6. 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/m^3 und $g \approx 10 \text{ N/kg}$ 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!

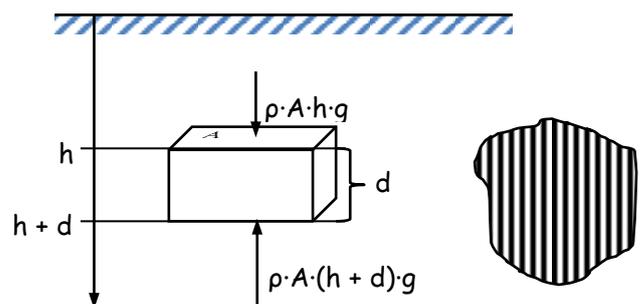
1.8.7. Der Auftrieb

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

$$F_A = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$= \underline{\hspace{2cm}}$$

$$= \underline{\hspace{2cm}}$$



Prinzip von Archimedes:

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

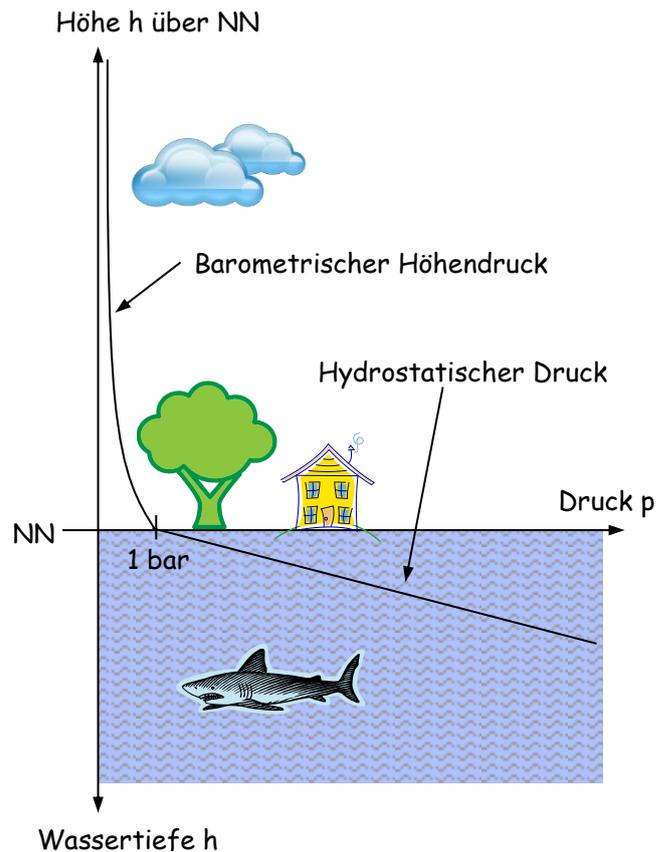
Die Formel lässt sich auf beliebige Körper übertragen, die man sich aus vielen dünnen Säulen zusammengesetzt denkt.

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

1.8.7. 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	

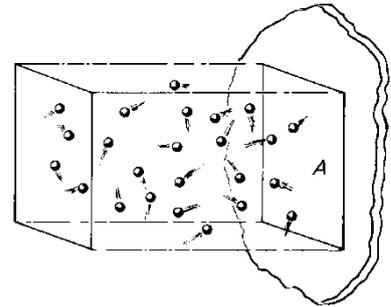


Der Druck p in der Höhe h in km ist also $p(h) \approx$ _____

1.8.8. Druck in Gasen

Druck und Ausdehnung durch kleinste Teilchen

1. Der Druck auf die Gefäßwand kommt durch den _____ der Gasteilchen zustande.
2. Je größer die Teilchenzahl n und je kleiner das zur Verfügung stehende Volumen V sind, desto _____ Teilchen prallen auf die Gefäßwand.
3. 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 _____

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

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

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

1.8. Druck

1.8.1. Der Aufbau der Stoffe aus kleinsten Teilchen

Versuch: Volumenverminderung beim Lösungsvorgang

Durchführung:

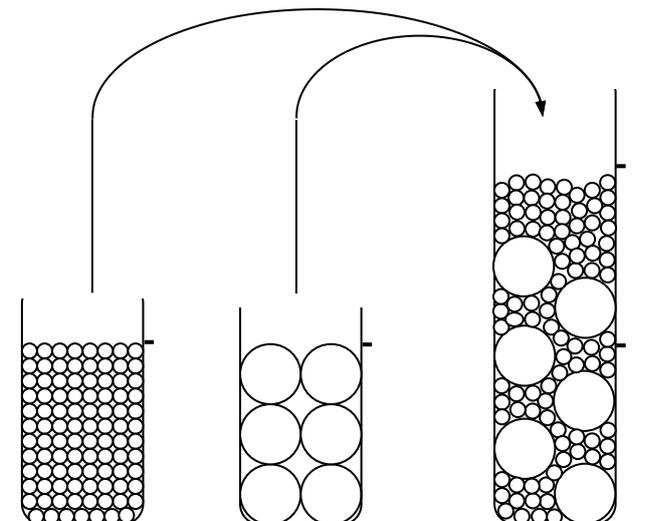
Man vermischt 20 ml destilliertes Wasser und 20 ml wasserfreien Alkohol in einem Messzylinder.

Beobachtung:

Die Mischung hat ein Volumen von 37 ml.

Erklärung:

Wasser und Alkohol bestehen aus verschiedenen großen Teilchen. Beim Mischungsvorgang füllen die kleinen Teilchen teilweise die Lücken zwischen den großen Teilchen, so dass die Mischung weniger Volumen beansprucht als die Summe der reinen Stoffe. Der Effekt ist in Wirklichkeit deutlicher als in der Zeichnung, da es in drei Dimensionen größere Hohlräume gibt als in der zweidimensionalen Zeichenebene!



Ausbreitungsgeschwindigkeit von Buttersäure und H_2S bestimmen, $KMnO_4$ in kaltem und heißem Wasser lösen. Elemente I S. 20/Chemie heute SI S. 23/Universum S. 10 lesen, youtube [Karl-Heinz Meyer. Brownsche Molekularbewegung](#)

Diffusion und Brownsche Teilchenbewegung

Die selbständige Durchmischung flüssiger, gasförmiger oder gelöster Stoffe nennt man **Diffusion**. Beispiele sind die Ausbreitung von **Salz** und **Essig** in **Wasser** und von **Parfüm** in der **Luft**. Sie lässt sich mit der **Brownschen Teilchenbewegung** erklären. Sie wurde bei der Beobachtung von **Blütenpollen** in Wassertropfen unter dem **Mikroskop** entdeckt. Die Blütenpollen **vibrieren** infolge des ständigen **Aufpralls** von Wasserteilchen. Die Brownsche Teilchenbewegung nimmt mit steigender Temperatur **zu**.

Übungen: Aufgaben zum Druck Nr. 1, Stichwortverzeichnis im Chemiebuch nutzen, um die Lücken ausfüllen

Der Aufbau der Stoffe aus kleinsten Teilchen

Stoffe bestehen aus kleinsten Teilchen, die aufgrund ihrer geringen Größe mit dem **Auge** oder dem **Lichtmikroskop** nicht sichtbar sind. Nur bei der Abtastung der Oberflächen von **Feststoffen** mit dem **Rastertunnelmikroskop** sind sie als regelmäßige **Erhebungen** direkt erkennbar. Man unterscheidet

10. **Atome** (griech. **atomos** = untrennbar) = mit chemischen Reaktionen nicht mehr teilbare Teilchen.
11. **Elemente** = Stoffe, die nur aus einer Atomsorte bestehen.
12. **Periodensystem der Elemente (PSE)** = Tabelle aller Atomsorten
13. **Ordnungszahl OZ** = untere Zahl am Elementsymbol = Position des Elementes im PSE
14. **Massenzahl MZ** = obere Zahl am Elementsymbol = Masse von 1 Mol Atomen in g
15. **1 Mol** = 602·200 000 000 000 000 000 = 602,2 Trilliarden
16. **Moleküle** (lat. **moles** = Last, Masse) = aus mehreren Atomen zusammengesetzte Teilchen
17. **Verbindungen** = aus verschiedenen Atomsorten zusammengesetzte Stoffe
18. **Ionen** (griech. **ionos** = wandernd) = elektrisch geladene Teilchen

Ionenwanderung im elektrischen Feld (SV) oder Elektrolyse von ZnI_2 (SV/LV) oder Elektrolyse von $CuCl_2$ (LV)

Beispiele:

Kohlenstoff: 1 Mol ^{12}C -**Atome** hat die Masse 12 g

Phosphor: 1 Mol ^{31}P -**Atome** hat die Masse 31 g

Sauerstoff: Ein O_2 -**Molekül** enthält 2 ^{16}O -**Atome** \Rightarrow 1 Mol $^{16}O_2$ -**Moleküle** hat die Masse $2 \cdot 16 \text{ g} = 32 \text{ g}$

Chlor: Ein Cl_2 -**Molekül** enthält 2 $^{35,5}Cl$ -**Atome** \Rightarrow 1 Mol $^{35,5}Cl_2$ -**Moleküle** hat die Masse $2 \cdot 35,5 \text{ g} = 71 \text{ g}$

Schwefeldioxid: Ein SO_2 -**Molekül** enthält 1 ^{32}S -**Atom** und 2 ^{16}O -**Atome** \Rightarrow 1 Mol SO_2 hat die Masse $(1 \cdot 32 + 2 \cdot 16) \text{ g} = 64 \text{ g}$

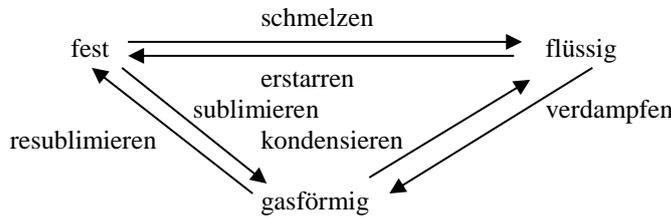
Ethan: Ein C_2H_6 -**Molekül** enthält 2 ^{12}C -**Atome** und 6 1H -**Atome** \Rightarrow 1 Mol C_2H_6 hat die Masse $(2 \cdot 12 \text{ g} + 6 \cdot 1) \text{ g} = 30 \text{ g}$

Übungen: Aufgaben zum Druck Nr. 2 – 4

1.8.2. Aggregatzustände

Iodsublimation unterhalb der Schmelztemperatur von 113 °C als LV Elemente I S. 22/Chemie heute S. 28/Universum S. 11 lesen und Diagramm beschriften. Elemente I S. 24 und S. 83 benutzen, um Tabelle auszufüllen.

Jeder Stoff kann in drei verschiedenen **Aggregatzuständen** auftreten. Dabei können zwei oder sogar drei Aggregatzustände nebeneinander existieren.



Festpunkte (Fp) und **Siedepunkte** (Sp) misst man durch langsames Erwärmen zunächst im Eis- oder Wasserbad und dann im Reagenzglas.

Elemente I S. 22 lesen und Lückentext ausfüllen:

Aggregatzustände und kleinste Teilchen

Einige Schmelz- und Siedepunkte:		
Stoff	Fp/°C	Sp/°C
Eisen	1535	2750
Kochsalz	800	1460
Kaliumnitrat	337	Zersetzung
Schwefel	119	444
Iod	113,2	184,4
Wachs	~ 40	~300
Wasser	0	100
Benzol	5	80
Ethanol	-117	78
CO₂	-78	(subl)
Sauerstoff	-219	-183
Stickstoff	-210	-196

Fester Zustand

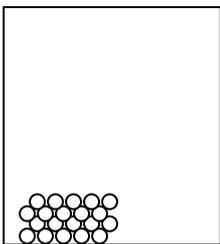
Im festen Zustand werden die Teilchen durch **elektrische Anziehungskräfte** in einem festen **Kristallgitter** zusammen gehalten. Wird ein Kristall erwärmt, so speichert es die zugeführte **Wärme** in Form von **Bewegungsenergie**. Die Teilchen **vibrieren** mit zunehmender Temperatur immer stärker um ihre Ruhelage, bis sie sich bei Erreichen der **Schmelztemperatur** von ihren festen Plätzen losreißen.

Flüssiger Zustand und Verdunsten

Im flüssigen Zustand bleiben die Teilchen aneinander haften und bewegen sich mit **unterschiedlichen Geschwindigkeiten**. Manche Teilchen sind so schnell, dass sie sich von der Oberfläche des Tropfens losreißen. Der Tropfen **verdunstet** und bildet ein **unsichtbares Gas**. Unterhalb der **Siedetemperatur** sind die Teilchen im Gaszustand aber so langsam, dass sie beim Zusammentreffen mit anderen Teilchen aneinander **haften** bleiben. Das Gas **kondensiert** wieder zu kleinen Tröpfchen, die durch die Stöße der sie umgebenden Luftteilchen in der Schwebe gehalten werden und **sichtbaren Nebel** bilden. Wenn es warm wird, **verdunsten** die Tröpfchen und der Nebel löst sich auf. Wenn es kalt wird, **kondensiert** mehr Gas und die Nebeltröpfchen wachsen, bis sie als **Regentropfen** zu Boden fallen.

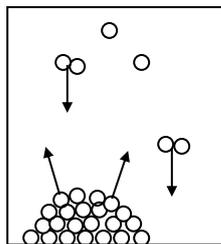
Verdampfen und gasförmiger Zustand

Erst bei Erreichen der **Siedetemperatur** reißen sich **alle** Teilchen voneinander los und verteilen sich gleichmäßig im Raum.



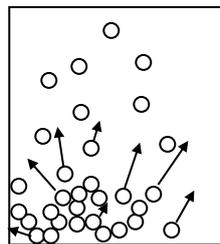
fester Zustand

Die Teilchen vibrieren auf festen Plätzen im Kristallgitter



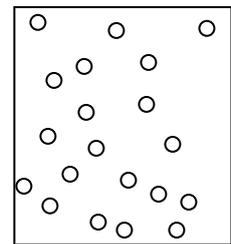
flüssiger Zustand

Die Teilchen haften aneinander, sind aber im Tropfen frei beweglich (**Diffusion**)



Verdampfen

Alle Teilchen reißen sich aus der Flüssigkeit los.



gasförmiger Zustand

Die Teilchen sind im gesamten Raum frei beweglich (**Diffusion**)

Siedekurve von Ethanol und Schmelzkurve von Kerzenwachs

Übungen: Aufgaben zum Druck Nr. 5

1.1.4. Absolute und relative Temperatur

Text im Kasten ergänzen, Temperaturabhängigkeit des Volumens von Luft im Kolbenprober

- Erhöht man die Temperatur eines Stoffes durch Wärmezufuhr, so speichern die Teilchen die zugeführte **Wärmeenergie** in Form von **Bewegungsenergie**.
- Mit steigender Temperatur nimmt also die Eigenbewegung der Teilchen zu, mit sinkender Temperatur nimmt sie ab.
- Auch im **festen** Zustand **vibrieren** die Teilchen noch im Kristallgitter.
- Erst bei einer Temperatur von $-273,15^{\circ}\text{C}$ findet keinerlei Teilchenbewegung mehr statt.
- Da ein Stoff bei $-273,15^{\circ}\text{C}$ keinerlei Bewegungsenergie mehr enthält, ist es unmöglich, ihn durch Wärmeentzug noch weiter abzukühlen. Es kann also an keinem Ort des Weltalls kälter werden als $-273,15^{\circ}\text{C}$!

Universum S. 14 lesen, Text im Kasten ergänzen und Tabelle ergänzen

- Die **relative** Temperatur ϑ wird in der Einheit **Grad Celsius** $^{\circ}\text{C}$ angegeben und bezieht sich auf den **Gefrierpunkt des Wassers**.
- Die **absolute** Temperatur T wird in der Einheit **Kelvin** K angegeben und bezieht sich auf den **absoluten Nullpunkt**.
- In angelsächsischen Ländern wird noch die **Fahrenheit-Skala** ϑ_{F} mit der Einheit **Grad Fahrenheit** $^{\circ}\text{F}$ verwendet. Sie orientiert sich an einer Kältemischung aus Ammoniumchlorid und Eis sowie der menschlichen Körpertemperatur.
- Für die **Umrechnung** gilt $T = \vartheta + 273,15$ und $\vartheta_{\text{F}} = \vartheta \cdot \frac{180}{100} + 32$.

Einige Temperaturwerte:

$\vartheta_{\text{F}}/^{\circ}\text{F}$	$\vartheta/^{\circ}\text{C}$	T/K
-459,7	-273,15	0
-40	-40	233,15
0	-17,8	255,35
32	0	273,15
77	25	298,15
100	37	307,15
212	100	373,15

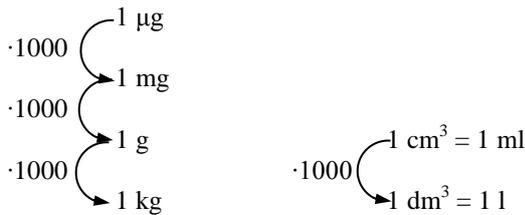
Übungen: Aufgaben zum Druck Nr. 6

1.8.3. Die Dichte

Elemente I S. 28/Chemie heute SI S. 20 lesen, Lücken und Tabelle ausfüllen

Die **Dichte** ρ eines Stoffes gibt an, welche **Masse** m ein gegebenes **Volumen** V dieses Stoffes besitzt: $\rho = \frac{m}{V}$

Einheiten für Masse und Volumen:



Beispiele:

Wasser: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{78,9 \text{ g}}{80 \text{ ml}} = \frac{0,98 \text{ g}}{1 \text{ ml}} = 0,98 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

Kartoffel: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{52 \text{ g}}{38 \text{ ml}} = \frac{1,37 \text{ g}}{1 \text{ ml}} = 1,37 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

Ethanol: $\rho = \frac{m}{V} = \frac{40 \text{ g}}{50 \text{ ml}} = \frac{0,8 \text{ g}}{1 \text{ ml}} = 0,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

Dichtebestimmungen, Aufgaben zum Druck Nr. 8

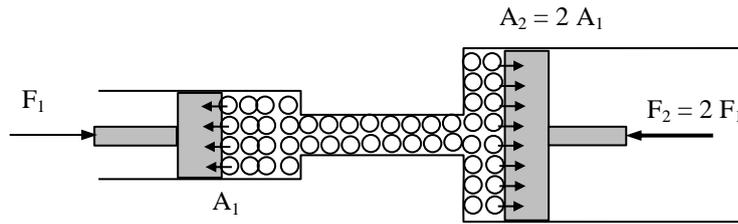
Einige Dichten:

Stoff	$\rho / \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
Luft	0,001
Ethanol	0,8
Eis	0,9
Wasser	1,0
Schwefel	2,1
Aluminium	2,7
Eisen	7,9
Blei	11,3
Gold	19,3
Iridium	22,6

1.8.4. 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:



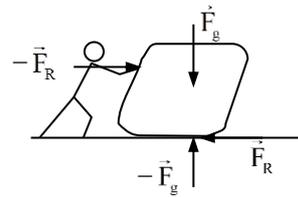
Die **Kraft** F auf eine Begrenzungsfläche ist daher proportional zur **Anzahl** der Teilchen an dieser Fläche, d.h. zum **Inhalt** A dieser Fläche: $F \sim A$. Der Proportionalitätsfaktor ist der **Druck** p (pressure) mit $F = p \cdot A$ oder $p = \frac{F}{A}$: **Druck = Kraft pro Fläche**

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

Aufgaben zum Druck Nr. 8 - 14

Ergänzung: 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.



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

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

1.8.5. 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

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

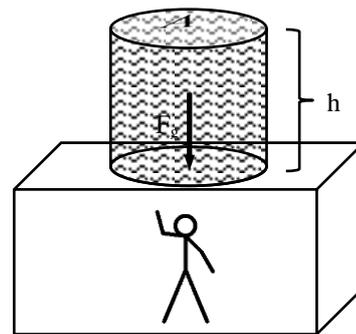
Der **hydrostatische Druck** in der Tiefe h ist also

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

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 $p(10) \approx \mathbf{1 \text{ bar}}$

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

Aufgaben zum Druck Nr. 15 - 17



1.8.6. Der Auftrieb

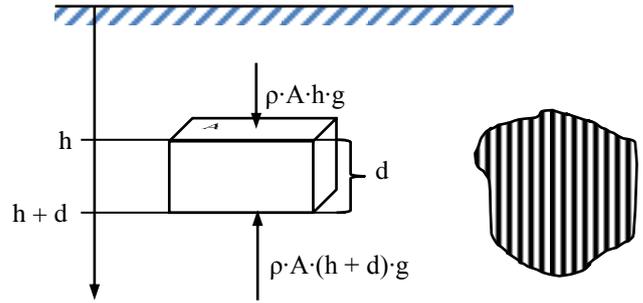
Auftriebsversuche z.B. mit Cola (geht unter) und Cola light (schwimmt)

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 zum Druck Nr. 18 - 28

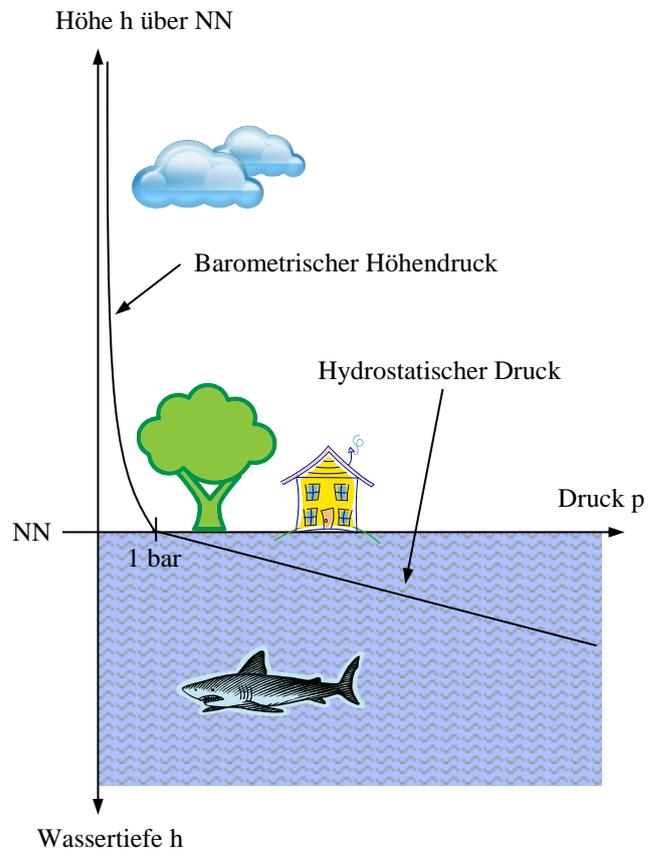
1.8.7. Der barometrische Höhendruck

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 zum Druck Nr. 29

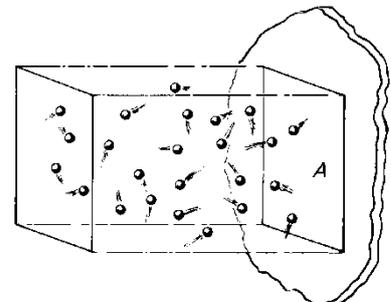


1.8.8 Druck und Temperatur in Gasen

FWU Film : Gase, Universum S. 25 lesen

Druck und Ausdehnung durch kleinste Teilchen

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



- 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**)
- Das Volumen eines beliebigen Gases ist **proportional** zur Teilchenzahl n und zur absoluten Temperatur T. Es ist **antiproportional** zum Druck p.
- 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 ⇒ **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 ⇒ **antiproportional**

Aufgaben zum Druck Nr. 30 - 32

1.8.9. 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 zum Druck Nr. 33