

LABOR MAPPE.

DESY-Schülerlabor physik.begreifen



Vakuum

Inhalt.

1	> Luft
2	> Das Vakuum
3	> Wärme
4	> Wärmeübertragung
6	> Luftdruck
8	> Die Einheit des Luftdrucks
10	> Das Barometer
12	> Schwerelosigkeit
14	> Dichte
16	> Schall
18	> Aggregatzustände
20	> Auftrieb

Text: Kendra Zilz und Axel Sprenger

Abbildungen: Enya Bohn

Foto (S.10): Axel Sprenger

Luft.

Luft ist unsichtbar, sie lässt sich nicht anfassen, sie schmeckt nach nichts, meistens riecht sie auch nach nichts – und dennoch umgibt sie uns wie das Wasser die Fische im Meer.



Wir könnten drei Wochen ohne Nahrung überleben, drei Tage ohne Wasser, aber kaum drei Minuten ohne Luft. Sie ist unsere Lebensgrundlage!

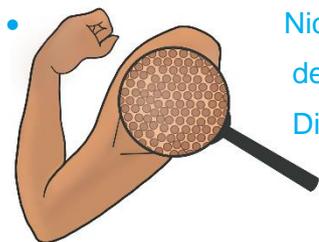


Luft besteht aus vielen winzig kleinen **Luftteilchen**, die sich ohne Pause kreuz und quer durch den ganzen Raum bewegen. Diese Luftteilchen sind so klein, dass man sie mit dem bloßen Auge nicht sehen kann. Trotzdem könnt ihr alle eure heutigen Beobachtungen im Schülerlabor mit der Bewegung von Luftteilchen erklären!



Auch interessant:

- Auf der Erde gibt es extrem viele Luftteilchen. Alleine in einer „leeren“ Milchpackung befinden sich deutlich mehr Luftteilchen, als es Insekten auf der Erde gibt!



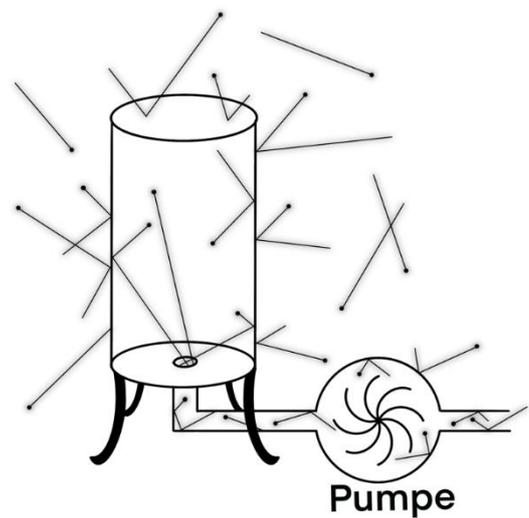
Nicht nur Luft besteht aus Teilchen. Auch alles andere auf der Welt besteht aus kleinen Teilchen – auch wir selbst! Die meisten Teilchen, aus denen unser Körper besteht, sind aber viel komplizierter aufgebaut als Luftteilchen.

Das Vakuum.

Ein Vakuum ist ein (luft)leerer Raum. Es entsteht zum Beispiel beim Abpumpen der Luftteilchen aus einem Behälter. Wenn sich keine Luftteilchen mehr im Behälter befinden, gibt es dort auch keinen Luftdruck (siehe Seite 6). Das bedeutet, man misst im Behälter einen Luftdruck von 0 bar.



Evakuierung eines Gebäudes



Evakuierung des Vakuumbehälters

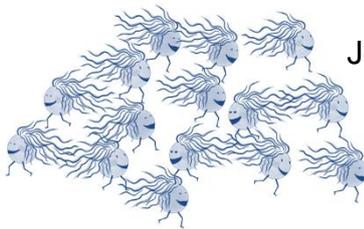
Auch interessant:

Man kann auch jeden Raum mit vermindertem Luftdruck als (schlechtes) Vakuum bezeichnen, in dem noch Restluft enthalten ist. Nach dieser Definition ist jeder Unterdruck ein Vakuum.

Wärme.

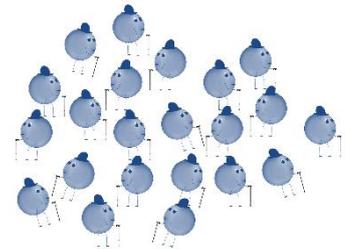
Wir kennen alle das Gefühl von warmer Luft auf unserer Haut. Besonders deutlich spürt man warme Luft zum Beispiel in einem Auto, das lange in der prallen Sonne stand. Aber was genau unterscheidet warme Luft von kalter Luft?

Um diesen Unterschied zu erklären, stellen wir uns viele kleine Luftteilchen vor, die sich völlig ungeordnet durch den Raum bewegen.



Je **schneller** die Luftteilchen sich bewegen, desto **wärmer** fühlt sich die Luft für uns an. Dann haben wir es mit einer **hohen Temperatur** zu tun.

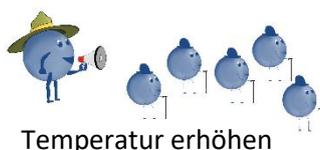
Je **langsamer** die Luftteilchen sich bewegen, desto **kälter** fühlt sich die Luft für uns an. Dann können wir eine **niedrige Temperatur** messen.



Insgesamt bewegen sich Luftteilchen im Sommer also schneller als im Winter und in einem aufgeheizten Auto sind sie besonders schnell.

Auch interessant:

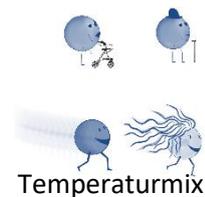
- Natürlich bewegen sich nicht alle Luftteilchen immer gleich schnell. Es kommen alle Geschwindigkeiten von sehr langsam bis sehr schnell vor. Die Temperatur ist ein Maß für die mittlere Geschwindigkeit der Luftmoleküle.



Temperatur erhöhen



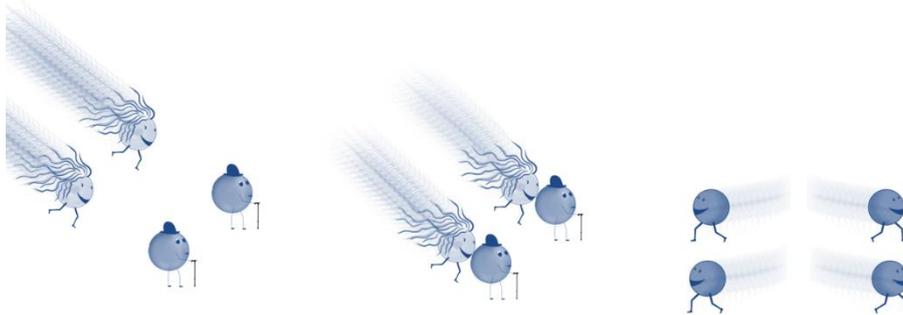
Temperatur verringern



Temperaturmix

Wärmeübertragung.

Luftteilchen bewegen sich chaotisch durch den Raum und stoßen dabei andauernd aneinander. Durch diese **Stöße** wird Wärme übertragen.



Wärmeübertragung: „Anschubsen“ von langsamen Teilchen durch schnelle; dabei wird das ursprünglich schnelle Teilchen langsamer

Ein schnelles Luftteilchen bewegt sich auf ein langsames Luftteilchen zu. Stoßen die Teilchen aneinander, gibt das schnelle Luftteilchen dem langsamen Luftteilchen einen „Anschubser“. Das langsame Teilchen ist nach dem „Anschubser“ schneller als davor. Man kann dann sagen: Das schnelle Teilchen hat Wärme an das langsame Teilchen abgegeben.

Dieser Vorgang passiert andauernd und nennt sich auch **Wärmeleitung**.

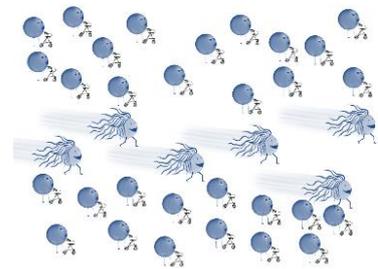
Auch interessant:

Die Wärmeübertragung von einem Körper auf einen anderen Körper kann noch auf zwei weitere Arten stattfinden:

- **Wärmeströmung**

Flüssige oder gasförmige Stoffe können den Ort wechseln und dabei die Wärme selbst mitnehmen.

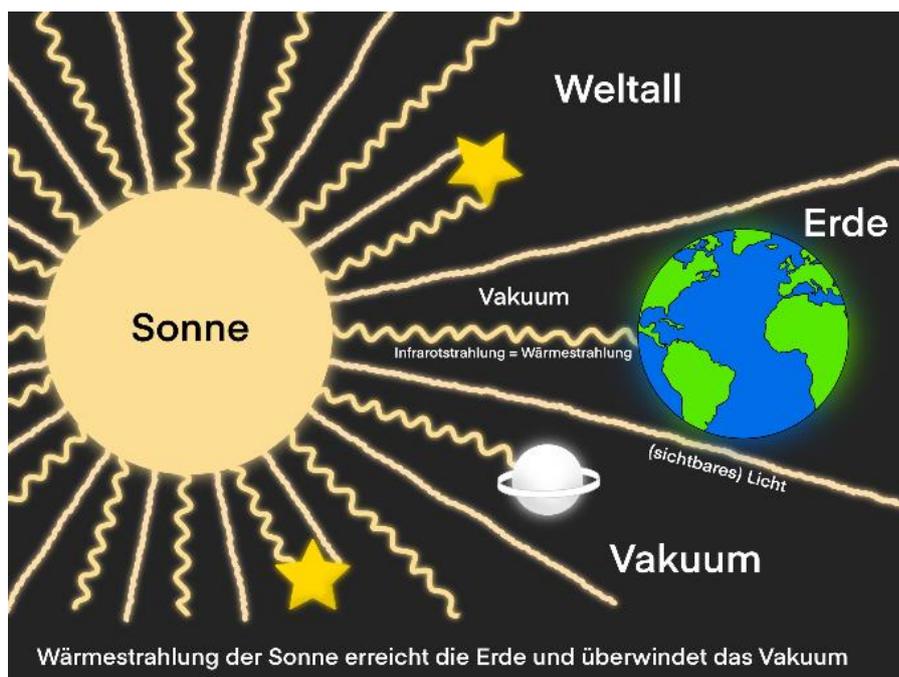
Beispiel: An heißen Heizkörpern strömt die Luft vorbei, wird dabei erwärmt und transportiert die Wärme dann ins Zimmer.



- **Wärmestrahlung**

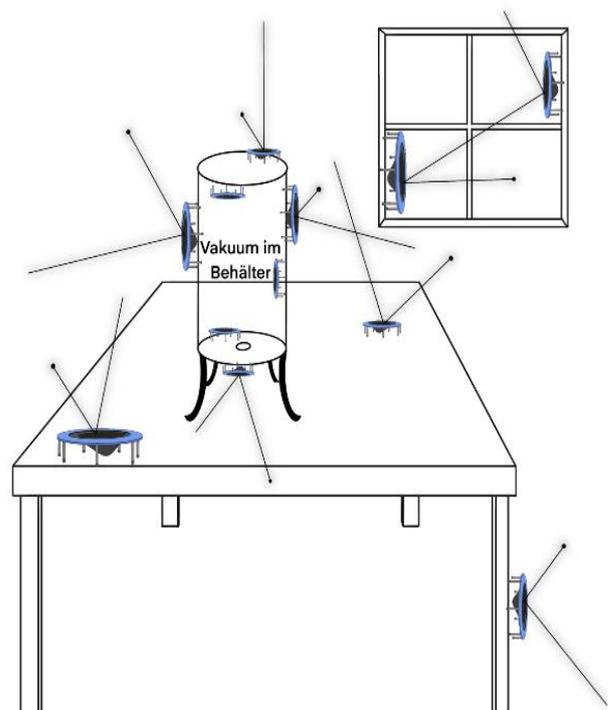
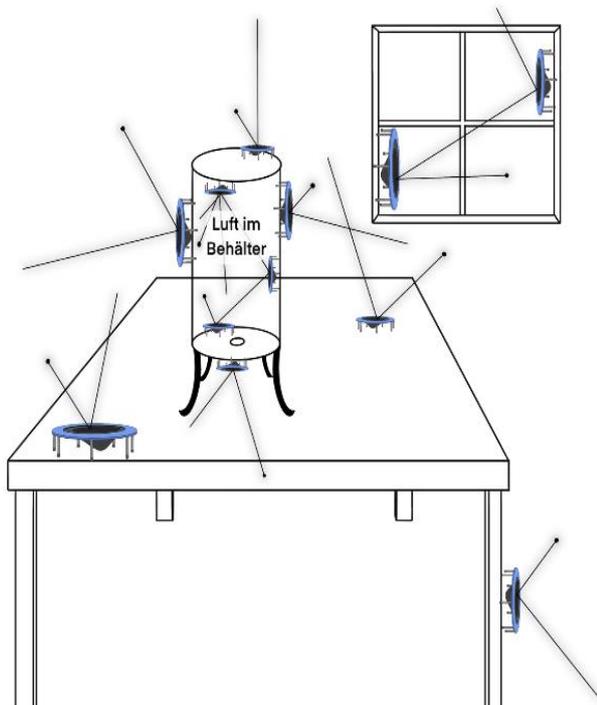
Wärme wird ohne Luftteilchen durch elektromagnetische Wellen (Infrarotstrahlung) übertragen.

Beispiel: Bei schönem Wetter spürt man die Wärme der Sonnenstrahlung auf der Haut. Die Wärme kommt dabei von der Sonne durch das Weltall zu uns und breitet sich dabei durch das Vakuum aus.



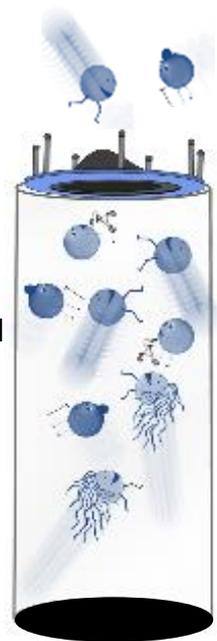
Luftdruck.

Da die Luftteilchen immer in Bewegung sind, trommeln sie überall gegen: Gegen die Tische und Fenster, gegen die Behälterwand und auch gegen deinen Körper. Je mehr Luftteilchen gegen eine Oberfläche schlagen, desto höher ist der Luftdruck.



ESY.

Wenn man mehr Luftteilchen in einen Behälter pumpt, erhöht Luftdruck im Behälter. Das bedeutet, dass die Gefäßinnenwand von Luftteilchen „bombardiert“ werden.



Umgekehrt kann man den Luftdruck im Behälter senken, indem man Luft mithilfe einer Pumpe aus dem Behälter entfernt. Die restlichen Luftteilchen im Behälter schlagen seltener gegen die Gefäßwende und trommeln nicht mehr so stark dagegen.

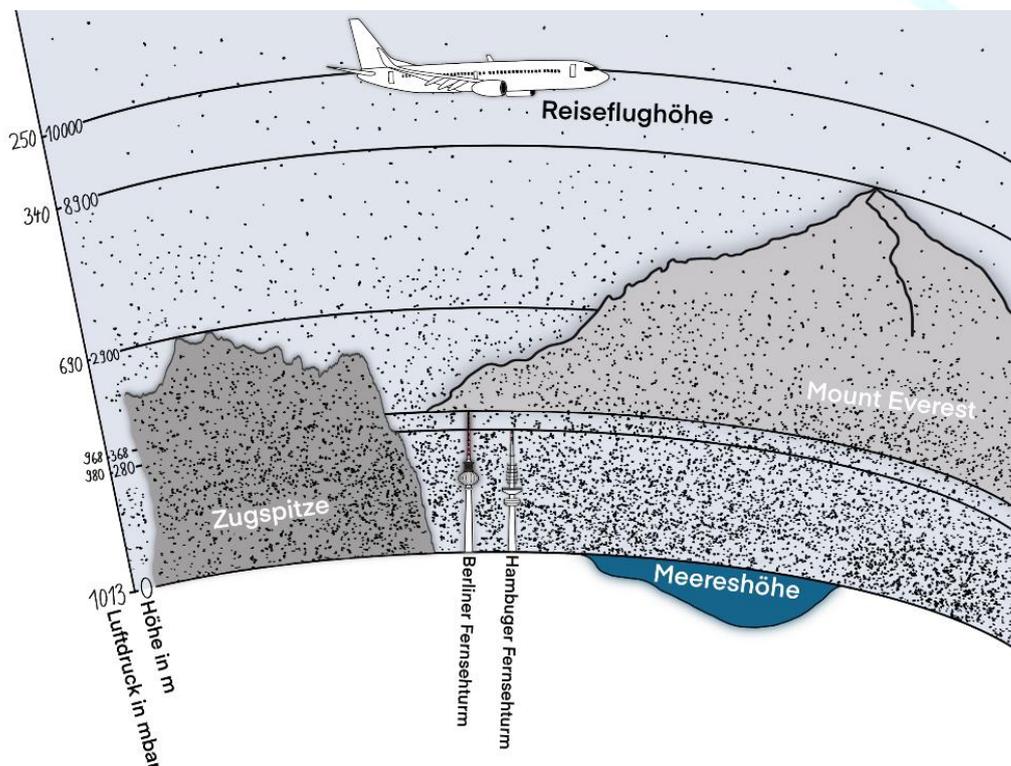
Sind im Behälter keine Luftteilchen mehr übrig, dann misst man dort einen Luftdruck von 0 bar.

Auch interessant:

Man kann den Druck auch durch eine erhöhte Temperatur steigern. Das liegt daran, dass sich Teilchen mit einer hohen Temperatur schneller bewegen und stärker an Oberflächen schlagen. Aus diesem Grund muss in vielen Ballsportarten je nach Temperatur noch einmal Luft in den Ball reingepumpt oder Luft entnommen werden.

Die Einheit des Luftdrucks.

Mit einem **Barometer** kann der Luftdruck gemessen werden. Die Einheit ist dabei das **bar**. 1 bar ist in etwa genau so groß wie der Luftdruck in Höhe des Meeres-spiegels bei 20°C.



Wenn es wärmer wird, steigt der Luftdruck. Er sinkt jedoch, wenn man sich in Richtung Himmel bewegt. Daher ist der Luftdruck im Gebirge niedriger als am Meer. Diese Luftdruckänderungen sind jedoch so klein, dass man das Bar in 1000 feinere Untereinheiten einteilt:

1 bar = 1000 mbar (lies: Millibar) oder 1 mbar = 0,001 bar

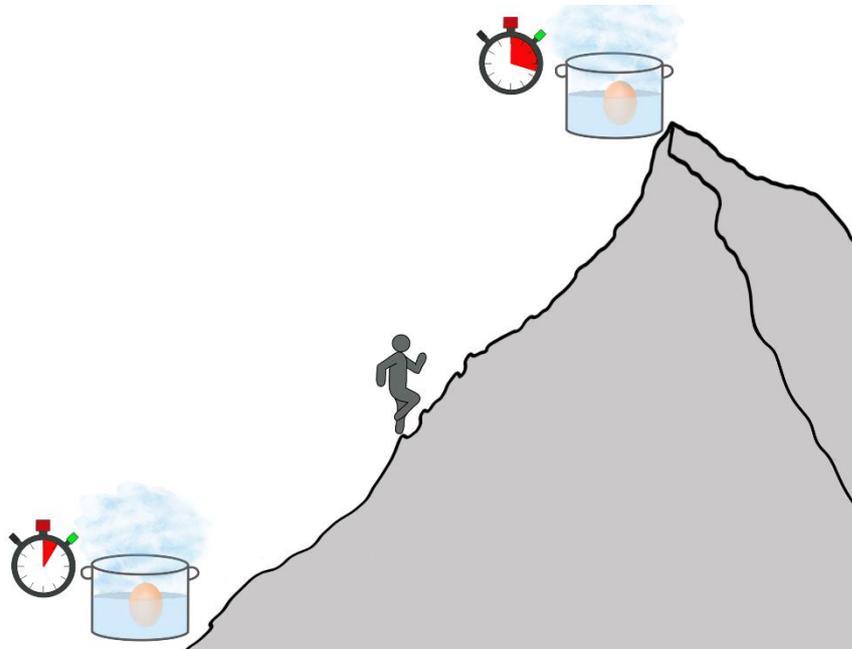
Es gibt sogar eine noch feinere Einteilung, in der das mbar in weitere 100 Teile geteilt wird. Diese Untereinheit heißt Pa (Pascal). Es gilt:

1 bar = 1000 mbar = 100.000 Pa oder

1 Pa = 0,01 mbar = 0,00001 bar

Auch interessant:

Habt ihr schon gewusst, dass ein Ei in den Bergen länger kochen muss, bis es hart ist?



Das Barometer.

Ein Barometer misst den Luftdruck. Es gibt sehr unterschiedliche Bauarten für Barometer. Hier werden vier unterschiedliche Barometer beschrieben:

1. Dosenbarometer

Im Inneren eines Dosenbarometers befindet sich eine bestimmte Menge Luft. Der Deckel ist verformbar. Gemessen wird der äußere Luftdruck. Ist er größer als der in der Dose, wird der Deckel nach innen gedrückt. Ist der innere Druck größer, beult sich der Deckel nach außen. Ein Zeiger gibt den Luftdruck an.



2. Flüssigkeitsbarometer

In einem Flüssigkeitsbarometer wird eine Luftmenge durch eine Flüssigkeit eingesperrt. Auf ein offenes Rohr drückt der veränderliche äußere Luftdruck gegen den unveränderlichen Luftdruck der eingesperrten Luft. Die äußere Luft drückt dabei die Luftkammer mehr oder weniger zusammen. Am Wasserstand kann man den (äußeren) Luftdruck ablesen.

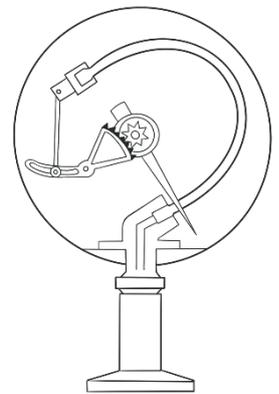


Übrigens bedeutet ein hoher Luftdruck (im Hochdruckgebiet) eine „Schönwetterlage“ und ein geringer Luftdruck (im Tiefdruckgebiet) eine „Schlechtwetterlage“. Daher kann man mit dem Barometer erkennen, wie das Wetter in nächster Zeit wird.

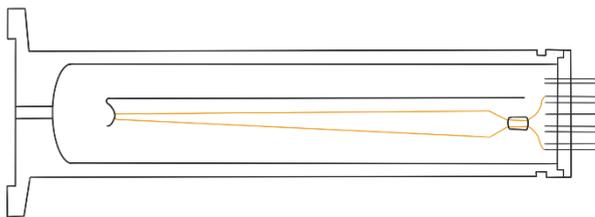


3. Röhrenfedervakuummeter (Messbereich 1013 – 10mbar)

Bei uns im Vakuumlabor werden Röhrenfedervakuummeter verwendet. Das kreisförmig gebogene Rohr wird an das zu evakuierende Gefäß angeschlossen. Sinkt der Druck im Inneren des Rohres, wird es unter der Wirkung des äußeren Luftdrucks zusammengebogen. Die damit verbundene Wegänderung wird über ein Hebelsystem auf einen Zeiger übertragen, der den Druck auf einer am Manometer angebrachten Skala anzeigt.



4. Pirani (Messbereich 1013 – 0,001 mbar)



Die Piranis gehören zur Gruppe der Wärmeleitungs-vakuummeter. Ihr Aufbau besteht im Wesentlichen aus

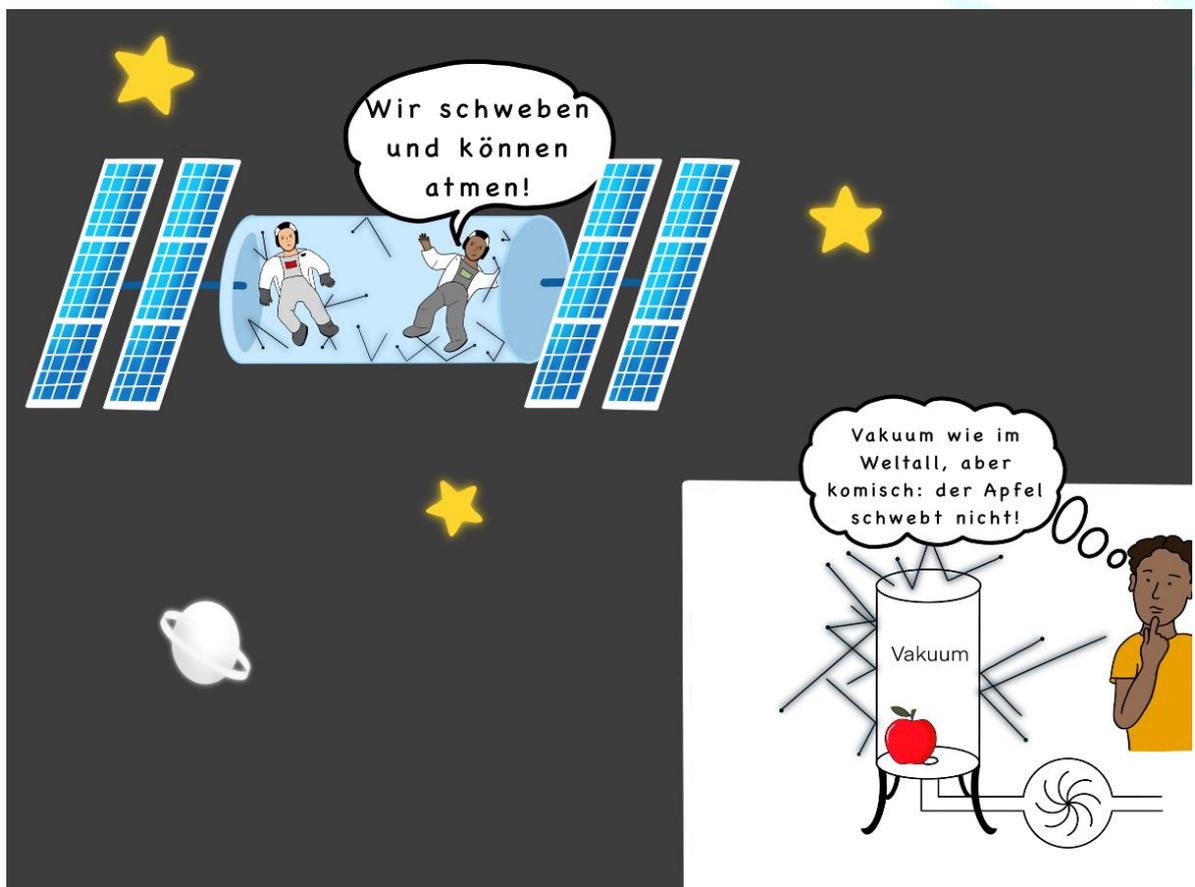
einem sehr dünnen Draht, der durch elektrische Energiezufuhr geheizt wird. Je weniger Gasteilchen vorhanden sind, umso weniger Wärme kann „abtransportiert“ werden (Thermoskannenprinzip). Das bedeutet, bei konstanter Heizspannung und sinkendem Druck steigt die Temperatur im Heizdraht und dadurch auch sein elektrischer Widerstand. Letzterer wird mit einer Widerstandsmessbrücke gemessen und mit ihm indirekt der Druck bestimmt. Piranis sind etwa so groß wie eine Federmappe.

Auch interessant:

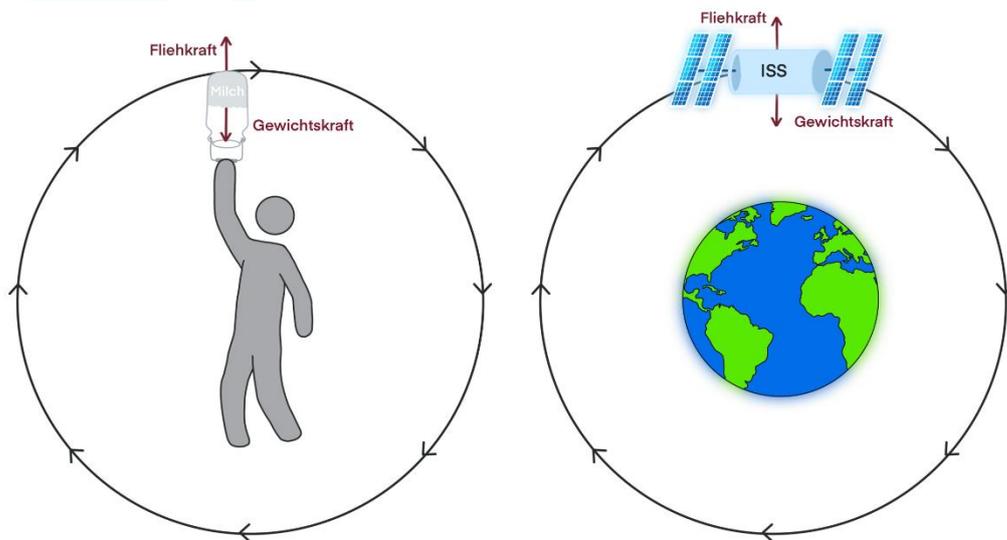
Übrigens heißen Messgeräte, die den Druck von beliebigen Gasen (oder Flüssigkeiten) messen Manometer. Den Luftdruck, der uns umgibt und abhängig von der Höhe und dem Wetter schwankt, nennt man Barometer und ein Messgerät, das die „Güte“ eines Vakuums misst (wie bei uns im Vakuumlabor), nennt man auch Vakuummeter.

Schwerelosigkeit.

Schwerelosigkeit und Vakuum haben wenig miteinander zu tun. Zwar herrscht in der internationalen Raumstation ISS Schwerelosigkeit, in ihr ist jedoch kein Vakuum. – Umgekehrt können wir in unseren Vakuumbehältern zwar ein Vakuum erzeugen, in ihnen besteht jedoch keine Schwerelosigkeit.



In Satelliten (wie der ISS) sind Fliehkraft und Gewichtskraft gleich groß. Dadurch gleichen sich beide Kräfte aus. Schwerelosigkeit besteht in der ISS nicht, weil sie im Vakuum ist, sondern weil die ISS permanent um die Erde „herum fällt“.



Fliehkraft und Gewichtskraft heben sich auf. Die Milch ist schwerelos.

Fliehkraft und Gewichtskraft heben sich auf. Die ISS ist schwerelos.

Während eines freien Falls herrscht für den fallenden Körper stets Schwerelosigkeit (wenn es keine Luftreibung gibt). Ihr kennt das Gefühl der Schwerelosigkeit, wenn ihr beim Schwimmen vom Sprungturm springt. In der Raumfahrt haben die Raumfahrerinnen und Raumfahrer permanent dieses „Freie-Fall-Gefühl“.



Dichte.

Die Teilchen, aus denen alles auf dieser Welt besteht, befinden sich in einigen Stoffen sehr nah beieinander und in anderen Stoffen weiter voneinander weg. Je kleiner die Abstände zwischen den Teilchen sind, desto höher ist die Dichte.

Wann können wir die Dichte wahrnehmen? Zum Beispiel, wenn wir einen Umzugskarton dicht mit Büchern füllen, ist der Umzugskarton schwer. Verteilt man die Bücher auf mehrere Kartons, sind die Bücher nicht so dicht gepackt. Jeder Karton ist leichter. – Insgesamt wiegen die Bücher natürlich noch immer so viel wie unverteilt.

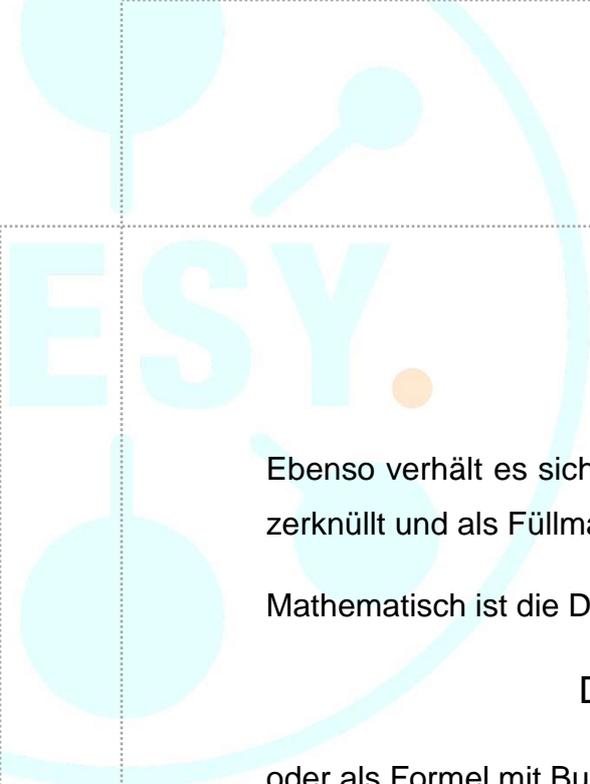
Hohe Dichte



Geringe Dichte



Wenn man die gleiche Masse auf mehr Volumen verteilt, sinkt die Dichte. So haben 1 kg Blei und 1 kg Federn zwar das gleiche Gewicht (wir Physiker:innen sagen: sie haben die gleiche Masse), die Dichte der Federn ist aber weitaus geringer. Daher braucht man für 1 kg Federn auch ein wesentlich größeres Gefäß.



Ebenso verhält es sich mit einem Stapel Zeitungen, den man seitenweise zerknüllt und als Füllmaterial für Päckchen nutzt.

Mathematisch ist die Dichte das Verhältnis aus Masse und Volumen:

Dichte = Masse : Volumen

oder als Formel mit Buchstaben:

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

Die Dichte wird in der Einheit kg/m^3 angegeben.

Schall.

Schall entsteht, wenn Luftteilchen sehr schnell weggedrückt und verdichtet werden. Das passiert zum Beispiel, wenn sich unsere Stimmbänder hin und her bewegen oder wenn der Hammer einer Klingel auf die Glocke schlägt. Die Luftteilchen in der Nähe der Stimmbänder (oder der Glocke) werden in **Schwingungen** versetzt. Die Luftteilchen übertragen die Bewegung auf ihre Nachbar-Teilchen und dann immer so weiter. Auf diese Weise kann Schall sich zum Beispiel im gesamten Klassenzimmer ausbreiten.

Wie viele andere Lebewesen haben wir Organe, mit denen wir Schall wahrnehmen können: Unsere Ohren. Alles, was wir hören, ist Schall.

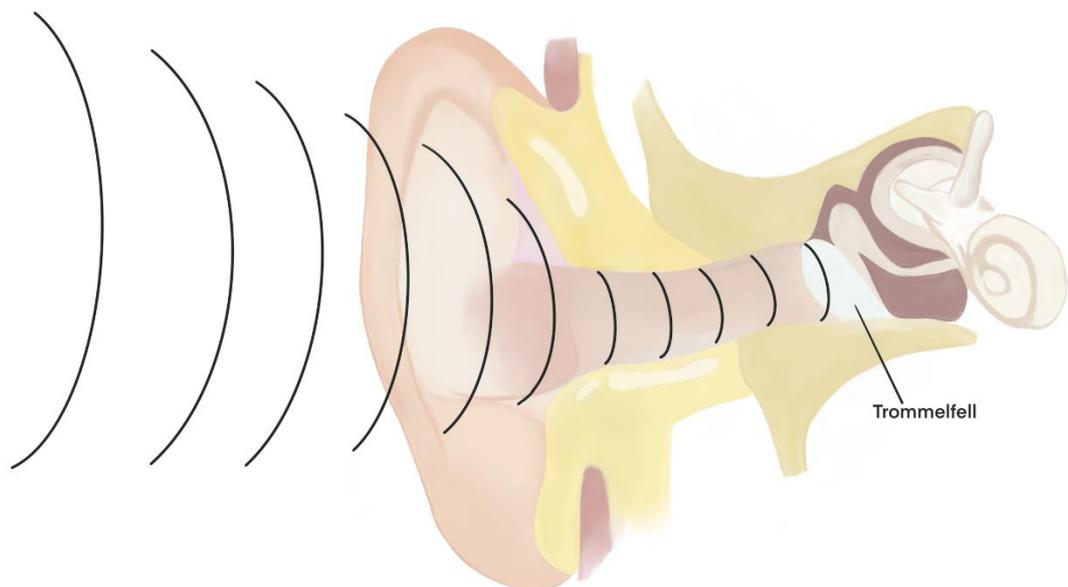




Auch interessant:

Die Übertragung von Schwingungen auf umliegende Luftteilchen nennt man auch Schallwelle. Die Luftteilchen bleiben dabei aber am selben Ort. Nur die Schwingung wird übertragen und bewegt sich durch den Raum. Es entsteht kein „Wind“.

Beim Hören spielt unser Trommelfell eine wichtige Rolle. Wenn Schallwellen am Trommelfell ankommen, wird dieses zum Schwingen gebracht. Diese Hin- und Herbewegung des Trommelfells wird schließlich in ein Signal umgewandelt, das von unserem Gehirn wahrgenommen wird.



Aggregatzustände.

Eis



flüssiges Wasser



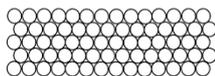
Wasserdampf



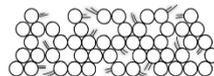
Auf allen drei Bildern ist Wasser abgebildet. Jedoch sieht das Wasser sehr verschieden aus. Diese verschiedenen Erscheinungsformen nennt man auch Aggregatzustände.

Aggregatzustände können wir mit dem Verhalten von kleinen Teilchen erklären. Wasser besteht aus Wasserteilchen. Die Wasserteilchen bleiben in allen Aggregatzuständen zwar genau gleich aufgebaut, aber sie bewegen sich unterschiedlich schnell. Auch der Zusammenhalt der Wasserteilchen untereinander ist je nach Aggregatzustand sehr verschieden.

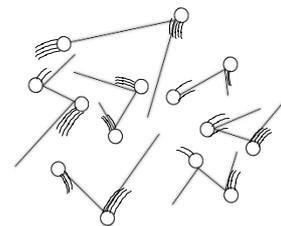
Teilchenbild



„fest“

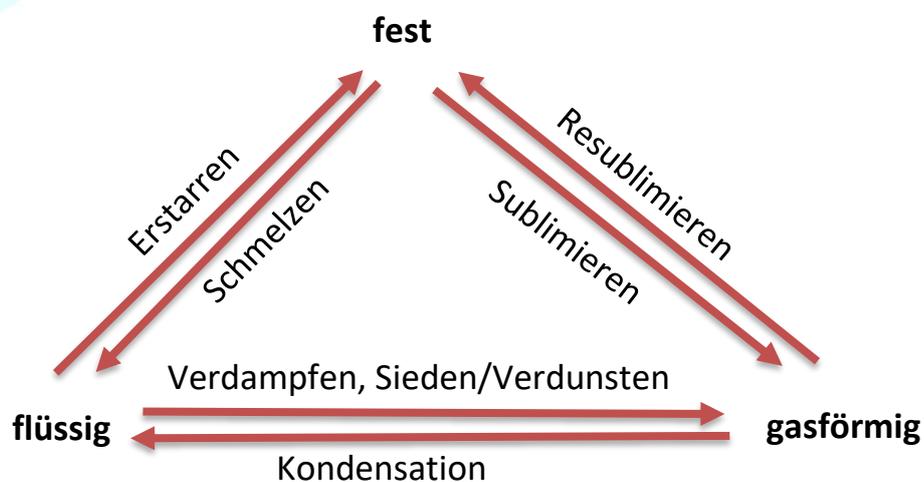


„flüssig“



„gasförmig“

Das feste Wasser eines Eiswürfels wird zu flüssigem Wasser, wenn ihr den Eiswürfel mit der Hand erwärmt. Welchen Aggregatzustand Wasser annimmt, hängt also von der Temperatur ab! Den Aggregatzustand kann man auch durch eine Änderung des umgebenden Luftdrucks beeinflussen.

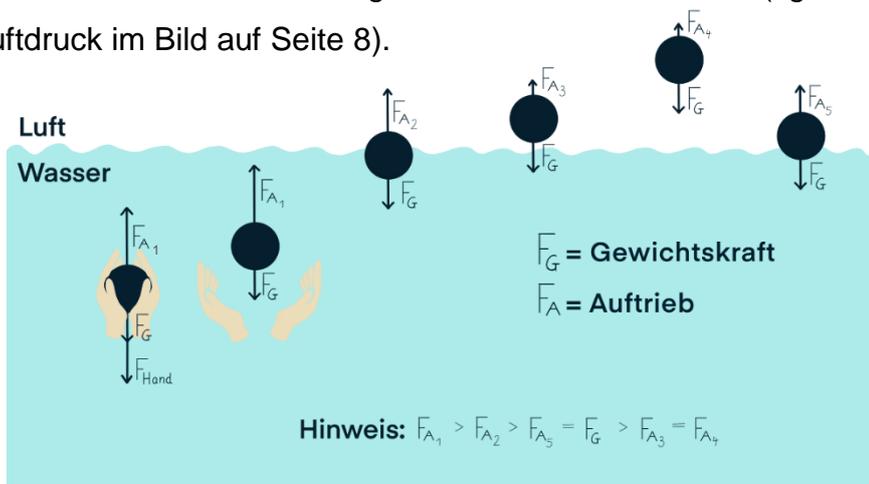


Auch interessant:

Auf einem hohen Berg, wo niedriger Luftdruck herrscht, geht das Haare-Föhnen schneller als in Hamburg. Das liegt daran, dass die Wasserteilchen schneller vom flüssigen in den gasförmigen Zustand übergehen. In welchem Aggregatzustand ein Stoff vorliegt, hängt also neben der Temperatur auch vom Luftdruck ab.

Auftrieb.

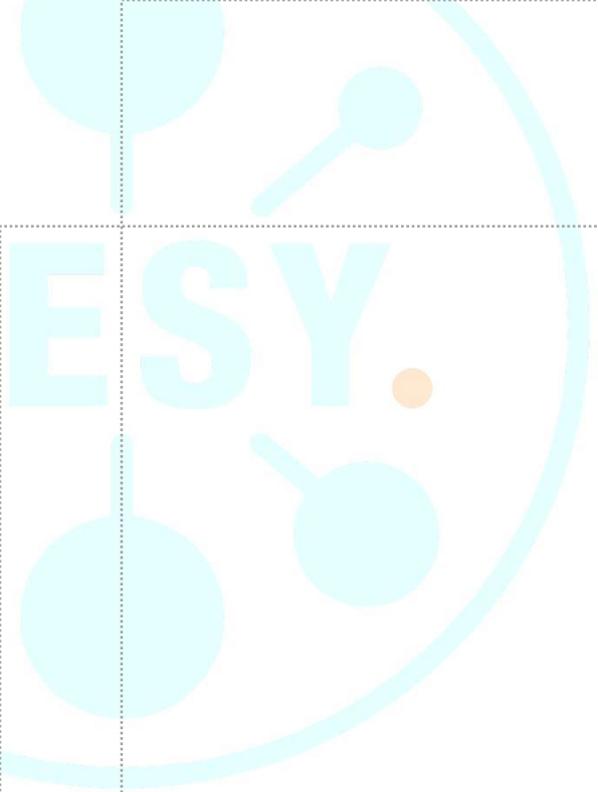
Was passiert, wenn man einen aufgeblasenen Wasserball unter Wasser loslässt? Der Ball wird nach oben in die Luft katapultiert! Das liegt am **Auftrieb**. Dieser kommt dadurch zustande, dass der Wasser- bzw. Luftdruck unter dem Ball ein bisschen größer ist als über dem Ball (vgl. veränderlicher Luftdruck im Bild auf Seite 8).



Auftrieb gibt es nicht nur im Wasser, sondern auch in allen anderen Flüssigkeiten und Gasen. Im Vakuum aber gibt es keinen Auftrieb. Würdest du dich selbst im Vakuum wiegen, würde die Waage also ein höheres Körpergewicht anzeigen, als normalerweise.

Auch interessant:

Viele Fische nutzen den Auftrieb bei ihrer Fortbewegung. Sie besitzen eine Schwimmblase, die mit Luft gefüllt ist. Verringern die Fische die Luft in der Schwimmblase, wird die Schwimmblase kleiner. Der Auftrieb wird dann ebenfalls kleiner und der Fisch bewegt sich nach unten. Um sich nach oben zu bewegen, muss die Schwimmblase hingegen vergrößert werden. Dazu befördern Fische Sauerstoff aus ihrem eigenen Blut in die Schwimmblase. Der Auftrieb des Fisches ist dann erhöht und er bewegt sich ähnlich wie ein aufgeblasener Wasserball nach oben.





DESY-Schülerlabor [physik.begreifen](mailto:physik.begreifen@desy.de)
Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY
Notkestraße 85 | 22607 Hamburg

Tel. +49 40 8998 3314
Fax +49 40 8994 3676

physik.begreifen@desy.de
<http://physik-begreifen.desy.de/>