Schulbiologie zentrum Hannover

Experimente mit LUFT

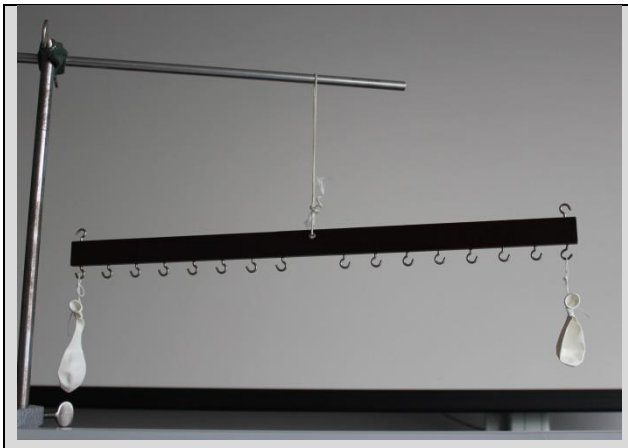
Leere Flasche (Mit Doppelhubpumpe luftleer gemacht)

Luft hat Gewicht…

Ein leerer und ein aufgepusteter Ballon.

Wer ist schwerer?

Vorher beide Ballons z.B. mit Hilfe von Papierschnipseln ins Gleichgewicht bringen!



2 Luftballons, mit gleichlangen (!) Fäden an einer Balkenwaage aufgehängt.
Leer etwa im Gleichgewicht

Nach dem Aufpusten eines Ballons deutliches Ungleichgewicht

Was wiegt Luft?

Kleiner Fußball auf der Waage.
"Leer" und zusammengedrückt leichter als aufgepumpt

Der Fußball ist geringfügig schwerer.

Die Pumpe hat ein berechenbares Volumen…

Zwei umgebaute Spraydosen aus Metall.

Ihr Kopfende ist mit einem Fahrradventil ausgestattet.

Die eine Dose wird mit der Luftpumpe kräftig aufgepumpt.
Ist ein Gewichtsunterschied feststellbar?

Was wiegt Luft?

- Pumpenvolumen ermitteln ($V = \pi r^2 h$),
- pumpen (zählen, wie oft),
- hineingepumptes Luftvolumen errechnen,
- und Gewichtsunterschied auf $1m^3$ hochrechnen.

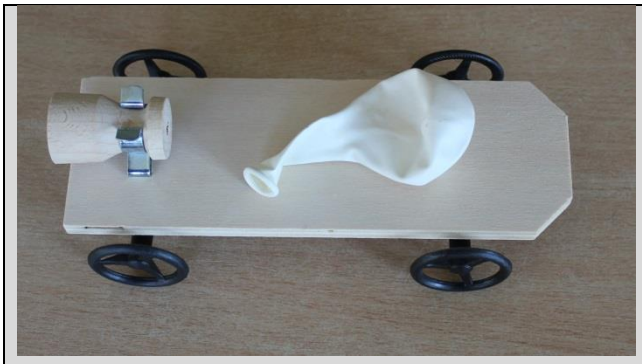
Luftdruck

Der Inhalt der linken Flasche wurde im Tal getrunken. Dort wurde die Flasche wieder verschlossen.

Der Inhalt der rechten Flasche wurde auf dem Berg getrunken. Dort wurde die Flasche wieder verschlossen.

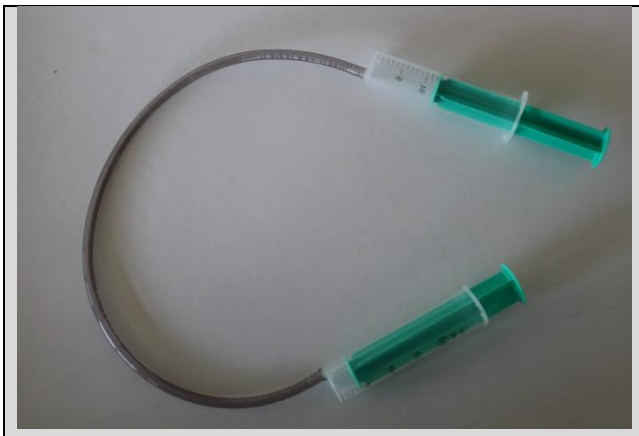
Tom und Susanne sind mit ihren Eltern auf einen Berg gestiegen und haben jetzt großen Hunger.
Zur Belohnung zieht der Vater eine große Chipstüte aus dem Rucksack. Doch: Die Tüte ist dick und prall und scheint unter gewaltigem Druck zu stehen.
Die Mutter: „Das ist bei verdorbenem Jogurt auch so, da wölbt sich dann der Deckel. Die Chips sind schlecht, die bringen wir zurück in den Laden!“
Tom und Susanne sind sauer! Keine Chips!
Welche Überraschung wartet im Tal auf die besorgten Eltern?

Luftdruck



Luftdruck-Raketenauto:

Luft als „alternativer“ Treibstoff?



Fernbedienung mit dem Medium Luft:

"Kommunizierende Spritzen"

"Blubber-Maschine"

Große Glasflasche mit durchbohrtem Stopfen

Schlauch taucht in zweite mit Wasser gefüllte Flasche ein.

Berührt man die große Flasche mit „magischen“ Händen und unter Aufsagen eines geeigneten Spruchs fängt das Schlauchende an zu „blubbern“.

Lässt man die Flasche los hört das Blubbern auf.
Wer genau hinschaut wird feststellen, dass jetzt Wasser in den Schlauch wandert.

Ist der Schlauch durchsichtig kann man deutlich sehen, wie die Luft sich ausdehnt

Ein über den Hals einer gläsernen (!) Flasche gezogener Luftballon bläst sich von allein auf wenn man die Flasche erwärmt, z.B. im Wasserbad auf einer Kochplatte.

Die meist zunächst geäußerte Interpretation: „Warme Luft steigt auf“.

Was geschieht, wenn man den Versuch mit einer auf den Kopf gestellten Flasche durchführt?

Man kann zwei dunkle Flaschen mit Ballon in die Sonne stellen, die eine aufrecht, die andere auf dem Kopf stehend. Resultat: Kein Unterschied!

Spannend: Was geschieht, wenn man die Flasche ins Tiefkühlfacht legt? Dann wandert der Ballon in die Flasche hinein.

Wer kann einen Ballon in eine Bierflasche hinein pusten? Gelingt das mit einer Plastikflasche? Und gibt es hier „bessere“ oder „schlechtere“ Flaschen?

	Die atmende Plastikflasche: Ziehe einen Luftballon so auf eine Plastikflasche, dass er in ihren Hals hineinragt. Das gelingt leicht, wenn man die Flasche dabei etwas zusammendrückt und dann loslässt. Durch abwechselndes Drücken und Loslassen „bläst“ sich der schlappe Ballon immer wieder auf. Auf diese Weise kann man sehen, wie das Atmen funktioniert: Es sind nicht die Lungen die sich mit Luft vollsaugen sondern der wechselnde Umgebungsdruck. Hebt sich der Brustkorb wird sein Volumen größer und der die Lungen umgebende Luftdruck geringer. Zum Ausgleich strömt Luft durch Mund und Nase nach. Senkt sich der Brustkorb wird die Luft aus den Lungen gepresst.

"Leere" Flasche mit aufgesetztem Ballon.
Die Flasche wird mit einer Heißluftpistole erhitzt.
(Achtung: Nicht zu heiß werden lassen!)

"Heiße Luft steigt auf…"

Aber: Der Ballon bläst sich auch auf wenn die Flasche auf dem Kopf steht

	Flasche mit den Händen erwärmen. Der Ballon richtet sich auf. Dieser „Trick“ gelingt besonders gut, wenn die Flasche (ohne Ballon) vorher im Kühlschrank war.

Luftdruck

Wie man einen zu großen, mit Wasser gefüllten Ballon in ein Gurkenglas zaubert…

Papier oder (besser) Watte ins Glas geben und anzünden.

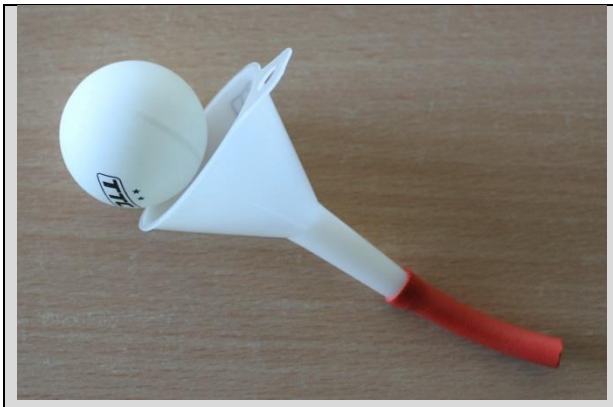
Ganz schnell den Ballon auf das Glas setzen!

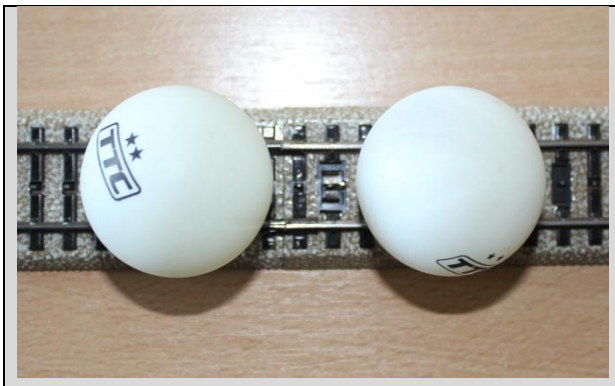
Der Ballon "tanzt" auf dem Gurkenglas.

Das Feuer geht aus (Sauerstoffmangel)

Der Ballon rutscht in das Gurkenglas hinein

Druckunterschiede ziehen an…

	„Tischtennis-Kanone“ Wie weit (oder wie hoch) fliegt der Ball, wenn man kräftig in das Mundstück bläst? Überraschung: Der Ball bleibt im Trichter gefangen!

	„Kissing Balls“… Zwei Tischtennisbälle auf einer Modelleisenbahnschiene:
	Pustet man in den Zwischenraum, bewegen sich die Bälle aufeinander zu. Hätte man nicht das Gegenteil erwarten können, dass die Bälle auseinanderweichen?

„Bierdeckel-Sauger“…

Bierdeckel mit Loch und eingesetztem Papprohr. Darunter liegt ein Blatt Papier.

Bläst man kräftig in das Rohr und hebt den Deckel an wird das darunter liegende Papier mit hochgezogen.

Erklärung:
Wird Luft durch einen engen Raum geblasen wird sie beschleunigt (Vergleiche aus dem Wasserhahn spritzendes Wasser wenn er mit Daumen zugedrückt wird).

Dadurch entsteht ein im Verhältnis zur Umgebung geringerer Luftdruck.

Die Bälle werden vom „normalen“ Luftdruck zusammengeschoben.

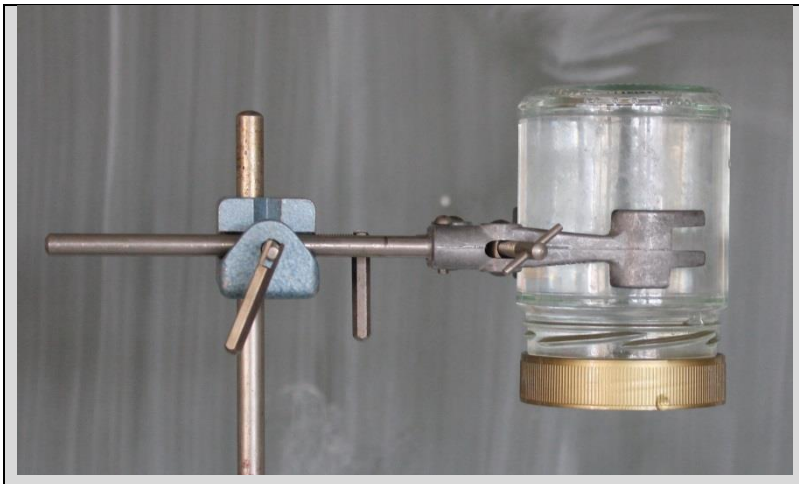
Legen Sie eine ausgebreitete Zeitungsseite auf eine glatte Oberfläche, z.B. einen Tisch, und schieben Sie ein schmales dünnes Brett so darunter, dass es an der Tischkante übersteht.

Versuchen Sie die Zeitung mit einem schnellen (!) Handkantenschlag auf das Brett zu zerreißen.

Gelingt das?

Wenn nein, woran kann es liegen?

Was ist, wenn man eine halbe, eine Viertel oder eine Achtel Seite nimmt?



Ein mit Wasser gefülltes Honigglas ist in ein Stativ eingespannt.

Überraschend: Der Deckel ist verkehrt herum aufgesetzt, also mit dem Rücken nach oben.

Warum fällt er nicht herunter?

Mit welcher Kraft hält der Deckel das Wasser „in Schach“?
Wird diese Kraft irgendwann mal schwächer?
Auch einer Woche hat der Deckel

	nicht schlapp gemacht…
	Auch beim heftigen Klopfen auf den Boden des Glases geschieht nichts. Man kann das Glas sogar aus den Stativklammern nehmen und herumtragen: Der Deckel bleibt am Glas „kleben“. Wer traut sich, unter dem Glas hindurchzugehen? Hier gibt es kein „Vakuum“ das den Deckel „ansaugt“, denn im Glas ist ja Wasser. Warum drückt das Gewicht des Wassers den Deckel nicht nach unten?

Erklärung:
Der Luftdruck drückt den Deckel gegen die Gewichtskraft des Wassers nach oben.
Und der Luftdruck ist viel stärker!
Das Wasser wiegt 400 Gramm, seine Gewichtskraft beträgt etwa 4 N (Newton).
Die Kraft, die durch den Luftdruck von 1000 Hektopascal (1 hPa = 100 Pa) auf einen Quadratmeter Fläche ausgeübt wird beträgt 100000 N was einem Gewicht von etwa 10000 kg oder 10 t entspricht.
Die Fläche des Deckels ist $A = \pi r^2$, bei 10 cm Durchmesser also etwa 0,008 m^2.
Auf diese Fläche wirkt dann eine Kraft von 800 N.
Die von außen auf den Deckel wirkende Kraft ist also 200mal so stark wie die von innen auf ihn drückende.

Flaschentornado

Jeweils zwei Flaschen sind durch einen gemeinsamen Schraubverschluss miteinander verbunden.

(Bohrung ca. 1 cm Durchmesser)

Die oberen Flaschen sind mit Wasser gefüllt, die unteren sind „leer“.

Warum läuft das Wasser nicht, der Schwerkraft folgend, von oben nach unten?

Erklärung:

Die unteren Flaschen sind nicht leer. Sie enthalten Luft und Luft ist nicht „nichts“.

Solange sich Luft in den unteren Flaschen befindet verhindert der Druck das Herablaufen des Wassers.

Wenn, spontan oder angestoßen, eine Luftblase nach oben steigt sinkt der Luftdruck etwas und um diesen Betrag kann Wasser herablaufen.

Das kann unter Umständen sehr lange dauern. Da das „Blubbern“ recht regelmäßig ist kann man die „Doppelflaschen“ als „Uhr“ benutzen.

Wenn man dem Wasser den richtigen „Dreh“ verleiht bildet sich ein Strudel.
Die mit großer Geschwindigkeit nach außen drängenden Wasserteilchen bilden einen luftgefüllten Kanal der für einen Druckausgleich sorgt.
So in Bewegung gebracht strömt das Wasser sehr schnell von oben nach unten.

Zeit gewinnen bei der Hausarbeit:
Wer beim Ausspülen einer Flasche diese nicht einfach auf den Kopf stellt sondern sie kreisen lässt kommt schneller zum Ziel.

Handhubschrauber:

Ein aus Mehrschicht-Birkensperrholz gesägter, gefeilter und aerodynamisch geformter Flügel wird auf einem „Startholz“ in schnelle Drehung versetzt.

Flughöhe: Oft 10 m und mehr.

Auf der Flügeloberseite des sich drehenden Flügels fließt die Luft auf Grund des durch die Wölbung längeren Weges schneller als auf der Unterseite.
Oben ist der Luftdruck geringer als oben.
Der Druckunterschied „trägt“ den Flügel.

Das Laminat ermöglicht das präzise Herausarbeiten eines Flügelprofils mit der Feile.

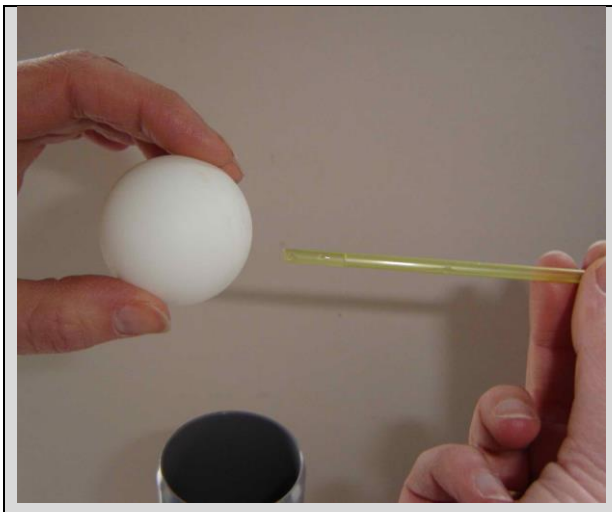
Das Gebläse (oder ein Fön) lässt den Ballon schweben.

- Warum steigt der Ballon nicht höher?
- Warum bleibt er stets über dem Fön?

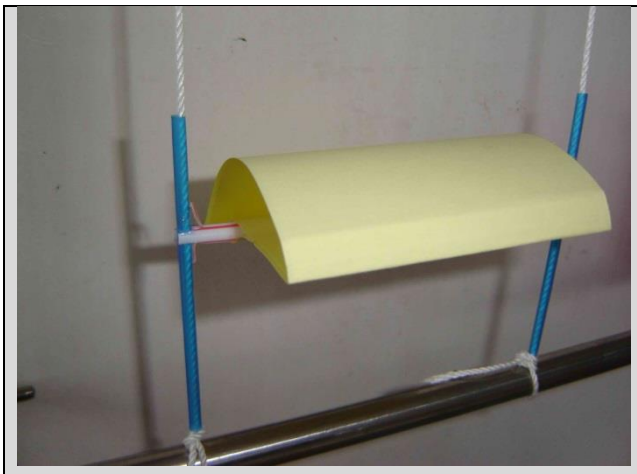
Erklärung:

Die Luft umströmt den runden Ballon gleichmäßig von allen Seiten.

Die ihn zur Seite drückende Kräfte sind überall gleich groß so dass er aus diesem „Luftkanal“ nicht ausbrechen kann.

	Mit einem durchsichtigen Trinkhalm und einem Wassertropfen lässt sich der Unterdruck gut zeigen: Der Wassertropfen im Trinkhalm wird in dieser Position zum Ball gezogen.

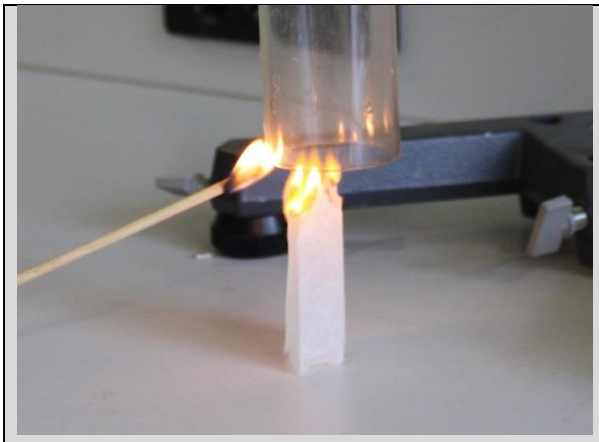
	Zwei Seiten A4-Papier der Länge nach über eine Tischkante ziehen. Dadurch krümmt sich das Papier. • Beide Seiten senkrecht mit der Krümmung nach außen zeigend vor das Gesicht halten. • In den Spalt zwischen den Seiten pusten. Entgegen meist geäußerten Ansicht werden die Seiten dadurch nicht auseinandergedrückt. Je stärker man pustet, desto enger „kleben“ die Seiten aneinander. Erklärung: Die im Spalt (Querschnittsverengung) beschleunigte Luft senkt dort den Luftdruck. Der unveränderte Luftdruck auf der Außenseite drückt die beiden Seiten zusammen.



Ein aus Papier gefertigter Tragflügel:

- Eine A4 oder A5-Seite in der Mitte falten.
- Oberseite etwas zur Knickfalte schieben. Dadurch entsteht eine Wölbung.
- Gewölbte Oberseite mit Klebstoff auf der Unterseite fixieren.
- Tragflügel mit schmalen Stegen aus dünner Pappe versehen.
- Stege mit Klebstoff an aus Trinkhalmen gefertigten Gleitern befestigen.
- Gleiter auf senkrechten Fäden laufen lassen

Wird der Tragflügel mit dem Fön in geeignetem Winkel von der Vorderkante angeblasen steigt er an den Fäden in die Höhe.



Die "Teebeutel-Rakete"

Heiße Luft steigt auf

	Wie groß muss der Ballon und der Temperaturunterschied auf beiden Seiten der Ballonhaut sein, damit er seine Besatzung im Korb tragen kann?

Leichte und schwere Luft…

	Fallen kleinere Ballon schneller zu Boden als große weil ihr Luftwiderstand geringer ist? Oder fallen größere Ballons schneller, weil sie mehr Luft enthalten und möglicherweise schwerer sind?

Hier der kleine Ballon fällt schneller herab als der große.

In einem zweiten Experiment ist der große schneller…

Der Trick (den man erst mal durchschauen muss):
Die Ballons enthalten unterschiedliche Luft: Der eine reines CO_2 aus der Gasflasche, der andere Atemluft (ca. 79 % Stickstoff, 16% Sauerstoff, 5% Kohlenstoffdioxid).

CO^2 ist schwerer als Atemluft und fällt dabei unabhängig von der Größe des Ballons schneller.

Zur weiteren Illustration kann man Ballons mit Helium und Wasserstoff füllen…

Bereits Galileo Galilei hat gezeigt, dass die Fallgeschwindigkeit unabhängig ist von der Masse (dem Gewicht).
Warum fällt dann ein mit CO_2 gefüllter Ballon schneller zu Boden als ein Ballon der Luft enthält?
Warum hängt ein Ballon mit Wasserstoff oder Helium tagelang unter der Zimmerdecke statt herunterzufallen?

Hat das etwas mit dem „Auftrieb“ zu tun?
Auftrieb wirkt nach oben: Eine Luftblase steigt zur Wasseroberfläche. Warum?
Der Inhalt der Blase ist leichter als das von ihm verdrängte Wasser.
Das ist – kurzgefasst – das „archimedische Prinzip“.

Ein aufgeblasener Luftballon fällt zu Boden obwohl er, mit Luft gefüllt, von Luft umgeben ist.
Ein mit Wasser gefüllter Ballon wiegt in Wasser nichts! Wasser ist im Gegensatz zur Luft nicht kompressibel: Man kann es nicht nennenswert zusammendrücken.
Luft dagegen ist kompressibel: Ein aufgeblasener Ballon enthält viel mehr Luft als das gleiche Volumen der umgebenden Luft und ist damit schwerer.

Gase „schwimmen“ in der Luft, leichtere steigen auf, schwere sinken herab.

Was ist schwerer,

- eine leere Plastik-Flasche
- oder dieselbe, aber leer gepumpte Flasche?

Das Ergebnis mit der Feinwaage mutet paradox an:
Die „leere“ (d.h. die mit Luft gefüllte) Flasche ist leichter.
Wird ihr die Luft entzogen, ist sie schwerer.

Auch wenn man die Flasche in kleine Stücke

	schneidet („schreddert“) bringen die auf die Waage gelegten Teile ein größeres Gewicht auf die Waage. Eine Flasche verdrängt mehr Luft als das geschredderte Plastikmaterial. Führt das zu einem erhöhten Auftrieb und einem geringeren Gewicht im „Luftmeer“?

Gute und schlechte Luft

	Feuchte Kresse- oder Senfsamen in unterschiedlichen geschlossenen Milieus: • normale Keimung in „normaler“ Luft: Zunächst unter Verbrauch von O_2 und Produktion von CO_2. Nach dem grünwerden der Blätter: Bei der Photosynthese wird CO_2 verbraucht und O_2 abgegeben. • Keimung in reinem Sauerstoff: Gestörte und verlangsamte Keimung trotz hohem O_2-Angebot (Oxidation) Photosynthese durch Fehlen von CO_2 nicht möglich. • Keimung in reinem Kohlenstoffdioxid: Durch Fehlen von O_2 keine Keimung möglich.

„Biosphäre“ im Würstchenglas:

Bewurzelte Pflanze (Tradescantia) wächst in feuchter Erde und „normaler“ Luft.

Welche Konsumenten sind geeignet?

Versuchsweise wurden Pflanzenfresser (Schaben) als „Bionauten“ eingesetzt.

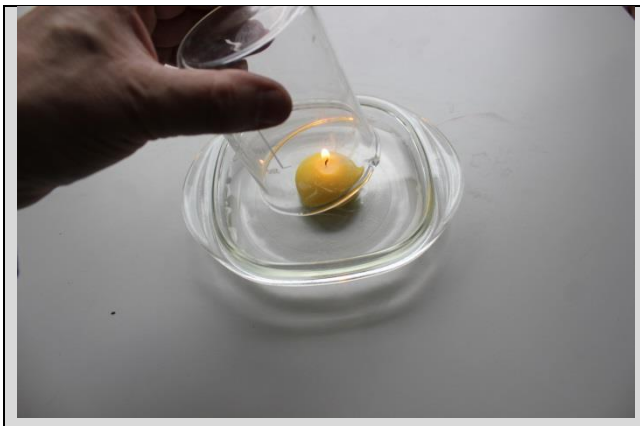
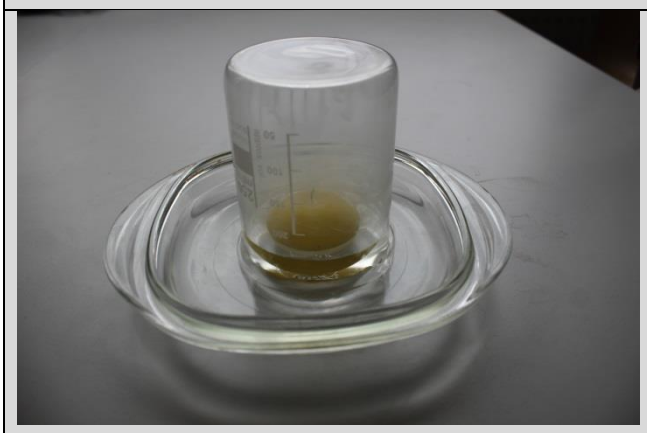
Nach zwei Monaten wurden die Schaben befreit weil sie kein Interesse an den Pflanzen zeigten.

Im Boden fanden sich viele Einzeller und Nematoden.

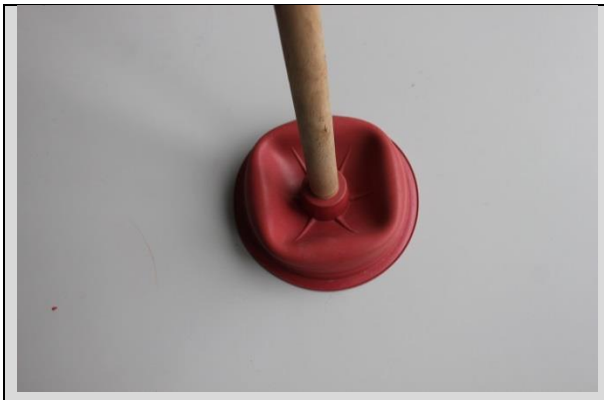
Der "Kerzenfahrstuhl"

Nur so viel Wasser in die Glasschale geben dass die Kerze nicht schwimmt.

Kerze entzünden.

	Das Becherglas über die brennende Kerze stülpen.
	Die Kerze brennt eine Zeit lang.
	Die Flamme erlischt (Sauerstoffmangel) Der Wasserspiegel steigt. Das Becherglas beschlägt von innen: Es hat sich Wasser gebildet. Bei der Verbrennung wird ein Teil des Sauerstoffs verbraucht. Es entsteht Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf. Ein Teil des Kohlenstoffdioxids löst sich im Wasser. Der Wasserdampf kondensiert zu Wassertropfen. Es wird also mehr Gas (O_2) verbraucht als nachher übrig bleibt (CO_2, H_2O).

Saugen oder drücken?

	Der „Pümpel“ bleibt auf glatten Oberflächen „kleben“, allerdings nur, wenn er vorher nass gemacht wurde. Liegt es am Wasser? Wasser ist tatsächlich ein „Klebstoff“: Ein Blatt Papier bleibt zum Beispiel an einer frisch gewischten Schultafel hängen. Dagegen spricht: Nur der auf der Oberfläche zusammengedrückte Pümpel bleibt hängen.
	Zwei gegeneinander gedrückte Pümpel haften so fest aneinander dass man sie nur schwer auseinanderziehen kann. Eine häufige Vermutung: „Beim Zusammendrücken entsteht ein Vakuum. Das VaKuum saugt die beiden Pümpel an.“

Magdeburger Halbkugeln Erfinder: Otto von Göricke. Er hat auch die Luftpumpe erfunden.	Die Halbkugeln passgenau aufeinander setzen. Den Hahn öffnen und mit der Doppelhubpumpe Luft aus dem Inneren saugen. Dann den Hahn schließen.

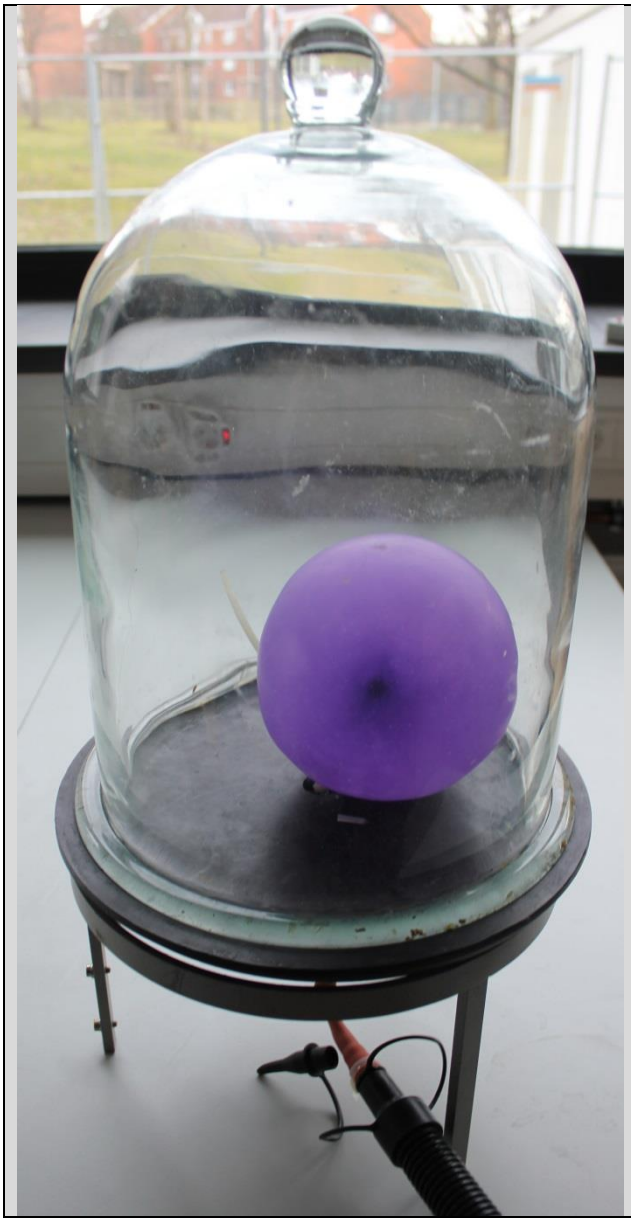
Auch unter großem Kraftaufwand sind die beiden Halbkugeln nicht zu trennen!
Goericke ließ bei einer Vorführung Pferde ziehen…

Erklärung:
Außerhalb der Kugeln ist der Luftdruck „normal“. Bei 1000 Hektopascal (hPa) Druck wirkt eine Kraft von 100000 Newton (N) auf einen Quadratmeter ein. Das entspricht auf der Erde einem Gewicht von etwa 10000 kg (10 t). Wenn im Inneren der Kugeln tatsächlich ein Vakuum herrscht – was uns nicht gelingen wird - lässt sich die Kraft berechnen: Dazu muss die Oberfläche der Kugel ($A= 4\pi r^2$) bestimmt werden. Bei einer Kugel mit 20 cm Durchmesser ist $A = 0{,}125\ m^2$ und man müsste eine 1,25 Tonnen entsprechende Kraft aufwenden.

Nicht das „Vakuum“ zieht die Halbkugeln zusammen. Es ist der äußere Druck, der sie zusammenpresst.
Würde man den Versuch im Weltall durchführen käme man zu einem ganz anderen Ergebnis als in der Lufthülle der Erde.

Masse, Volumen und Dichte

Ein Schokokuss oder ein Ballon unter Druck



Dieses Experiment gelingt auch mit einem Schaumkuss (früher „Negerkuss“ genannt):

Zieht man Luft aus der Glasglocke, wird der Ballon größer und größer. Bei einem Schaumkuss bricht zunächst die Schokoladenglasur, schließlich quillt er zu einem mehrfachen seiner ursprünglichen Größe auf.

Stimmt es, dass ein Schaumkuss nach dieser Behandlung für eine ganze Schulklasse reicht?

An diesem Beispiel lassen sich die Begriffe „Volumen“, „Masse“ und „Dichte“ sehr gut illustrieren.

Im aufgeblasenen Ballon herrscht ein höherer Luftdruck als außerhalb seiner Hülle.
Wird der Glocke Luft entzogen, sinkt der Luftdruck außerhalb des Ballons ab. Der Druck im Ballon wird dadurch relativ stärker und er dehnt sich aus.

Ohne Luft kein Schall!

	Auf dem Mond klingelt kein Wecker… Eine der vielen Methoden, das nervtötende morgendliche Gepiepse oder Geklingel zum Schweigen zu bringen: Stellen Sie ihren Wecker unter eine (stabile) Glasglocke und saugen Sie z.B. mit einer Doppelhubpumpe die Luft aus dem Gefäß.

Aus (bewegter) Luft wird Strom

	Schafft man es, durch Pusten eine Glühlampe zum Leuchten zu bringen?
	Ein Schalenanemometer (Windmesser) wird mit einem Gebläse in Bewegung versetzt. Für eine kleine LED reicht der Strom unter Umständen schon.

Hoch- und Tief

Ein auf ein Einmachglas gezogener Gummihandschuh schafft Wolken oder klare Luft.

Vorher wird etwas warmes Wasser in das Glas gegeben. Die Innenseite des Glases kann man durch leichtes Schwenken mit einem dünnen Wasserfilm überziehen und dadurch verhindern, dass es beschlägt.

Zieht man schnell und kräftig am Handschuh entsteht Nebel im Glas.

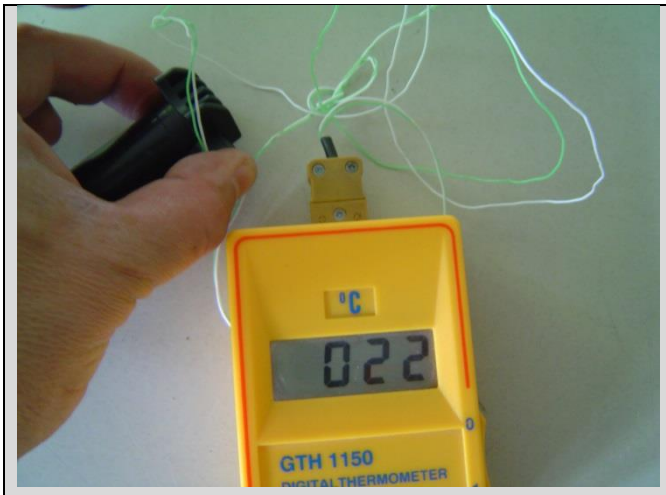
Drückt man auf den Handschuh wird die Luft klar.

Erklärung:

Zieht man Handschuh wird das Luftvolumen größer, die Dichte und damit der Druck nehmen ab. Das bedeutet Abkühlung. Die feuchte Luft erreicht den Taupunkt und es bilden sich feine Wassertröpfchen (Nebel). Drückt man den Handschuh herunter wird die Luft zusammengepresst. Durch die Druckerhöhung wird die Luft über den Taupunkt hinaus erwärmt und ihre Wasseraufnahmefähigkeit erhöht. Der Nebel verschwindet.

Vor einem dunklen Hintergrund ist das besonders gut zu sehen.

Zusammengedrückte Luft wird heiß

	Luftpumpe, Thermometer mit Drahtfühler: Wird der Drahtfühler in die Luftpumpe geschoben und die Öffnung mit dem Daumen fest verschlossen kann man sich nach einigen Malen Pumpen Brandblasen holen.
	Kurzfristig entstehen Temperaturen von über 100°C.

Zusammenstellung, Fotos und Text: Ingo Mennerich, März 2016