



DR. HANS-GEORG STAMMLER
UNIVERSITÄT BIELEFELD
FAKULTÄT FÜR CHEMIE
33615 BIELEFELD

TEL.: 0521 / 106 6165
PRIV.: 05206 / 38 99

EMAIL: georg.stammler@uni-bielefeld.de
HOMEPAGE: www.uni-bielefeld.de/luftikus

Liebe TeilnehmerInnen,

beiliegend erhalten Sie schon mal die Unterlagen für den geplanten Fortbildungstag. Wenn Sie wollen (sie müssen aber nicht!), können Sie schon mal ein bisschen stöbern.

Zwei kleine Bitten hätte ich noch an Sie:

- 1.) Bringen Sie bitte ein paar Handschuhe mit (möglichst keine Woll- oder Gummihandschuhe). Und keine Sorge: Die Handschuhe werden weder angekokelt noch sonst verschandelt.
- 2.) Bitte beantworten Sie mir auf der nächsten Seite zwei Fragen, einmal nach Ihren Wünschen/Erwartungen/Bedenken zum Fortbildungstag und zweitens "Was ich schon immer wissen wollte": Vielleicht fällt Ihnen die ein oder andere Frage eines Kindes ein oder Sie finden irgendwo in Ihrem Gedächtnis vergraben eine naturwissenschaftliche Frage, die Sie als Kind beschäftigt hat oder -noch schöner- bis heute beschäftigt. Schreiben Sie mir diese Fragen doch bitte auf. In diesem Zusammenhang: Es gibt keine dummen Fragen, nur schlechte Antworten!

Bitte bringen Sie die Fragen und diese Unterlagen zum Fortbildungstag mit und vor allem möglichst viel Experimentierfreude und (kindliche) Neugier! Falls Sie im Vorfeld noch Fragen o.ä. haben, so können Sie mich gerne anrufen oder anmailen. Soweit für heute, ich freue mich darauf, Sie bald persönlich begrüßen zu dürfen.

Viele Grüße

Ihr "Luftikus"

Georg Stammler

Meine Wünsche/Erwartungen/Bedenken

Was ich schon immer mal wissen wollte:



PHÄNOMENE DER UNBELEBTEN NATUR

Chemische und physikalische Experimente zum Staunen und selbst Ausprobieren



Skript zum Fortbildungstag

Vers. 2.4

Bielefeld, im November 2004

© Hans-Georg Stammler, Uni Bielefeld

Chemie und Physik, was ist der Unterschied?

Chemie beschäftigt sich mit Stoffumwandlungen, Physik mit den Eigenschaften von Materie. Beispiel: Geben Sie einem Physiker und einem Chemiker je einen Scheit Holz:

Der Physiker bestimmt z.B. die Dichte des Holzes (aha, es schwimmt!), lässt es fallen und berechnet die Kraft, mit der es auf seinem Fuß einschlägt.

Der Chemiker hält z.B. ein Streichholz dran und wandelt den Stoff "Holz" mit dem Sauerstoff der Luft zu wenig Asche, viel Verbrennungsgasen und -nicht zu vergessen- Wärme um. Wenn zwei Stoffe miteinander reagieren, kann es sein, dass die Farbe der Ausgangsverbindung(en) eine andere ist als die der gebildeten Verbindung(en). (bekannte Beispiele: Verbrannter Kuchen, Rotkohl-Blaukraut, Ausbleichen von Farben oder Hautbräunung bzw. Sonnenbrand in der Sonne...), was sich z.B. für "Zauberschrift" nutzen lässt. Einfach mit Milch oder Zitronensaft auf weißes Papier zeichnen, im Backofen oder mit dem Bügeleisen läßt sich das Gezeichnete sichtbar machen, da Milch bzw. Zitronensaft schneller verkohlt als Papier.

In den Versuchen der Aufführung kommt dieser Unterschied gleich zu Beginn:

- Physik: Ein Ball kann mühelos in einem Luftstrom balanciert werden, da die Strömungsgeschwindigkeit der Luft in der Mitte des Luftstroms am höchsten ist. Bewegt sich der Ball von der Mitte weg, spielt die Seite des Balles, die am nächsten zur Mitte ist, Tragfläche, d.h. der Ball wird immer wieder zur Mitte zurückgezogen.
- Chemie - Versuch "Zauberzeichen": Bei der Zauberschrift sind die Ausgangsstoffe, die auf dem Papier aufgetragen wurden, farblos, werden sie mit einem anderen ebenfalls farblosen Stoff besprüht, entstehen farbige Verbindungen, die Zauberschrift wird sichtbar.

Nebel, was ist das?

Im Herbst gibt es oft Nebel. Jeder weiß das. Aber warum ist das so? Woher kennt man noch Nebel? Im Winter macht unser Atem Nebel. Wenn wir nach dem Duschen das Badezimmerfenster öffnen, sehen wir auch Nebel. Und die Sektflasche, die geöffnet wird, nebelt. Feuer macht Rauch, das ist kein Nebel. Und der Autoauspuff? Ist das Nebel oder Rauch?

Für all diese Phänomene ist eine Eigenschaft von Luft verantwortlich: Warme Luft kann im Vergleich zu kalter Luft mehr Wasser aufnehmen. Konkret: Ein Kubikmeter 30 Grad warme Luft kann maximal 30 Gramm Wasser aufnehmen, bei 20 Grad sind es nur noch maximal 17 Gramm, bei 10 Grad 9 Gramm, bei 0 Grad 5 Gramm und bei minus 20 Grad 1 Gramm. Wenn Luft abkühlt, nimmt also ihre Wasseraufnahmefähigkeit ab. Die relative Luftfeuchtigkeit steigt an und kann dabei den Maximalwert überschreiten. Die Luft gibt dann den überschüssigen Teil des Wasserdampfs wieder als Wasser ab. Dabei entstehen in der Luft feinste Wassertröpfchen oder Eiskristalle. Man sieht sie als Wolken am Himmel oder am Erdboden als Nebel. Hält die Abkühlung weiter an, entstehen immer mehr dieser feinsten Tröpfchen oder Eiskristalle, die sich allmählich auch zu größeren Tropfen oder Schneeflocken zusammenschließen und schließlich als Regen oder Schnee zu Boden fallen. Im Herbst ist die Wahrscheinlichkeit für Nebel deshalb besonders groß, weil die Erde und insbesondere die Meere nach dem Sommer noch relativ warm sind und daher tagsüber viel Wasser verdunstet, somit besitzt die Luft eine relativ hohe Luftfeuchtigkeit, andererseits ist aber auch die

Temperaturdifferenz zwischen Tag und Nacht aufgrund der Zeitgleichheit groß, so dass nachts dann oft die maximale Sättigung der Luft mit Wasser überschritten wird und das Wasser als Nebel sichtbar wird. Wenn die Sonne dann die Luft im Laufe des Tages aufheizt, wird der Maximalwert wieder unterschritten und der typische Frühnebel löst sich wieder auf.

Unseren Atem sehen wir im Winter, weil wir die Luft, die wir atmen, in Nase und Lunge anfeuchten und so die ausgeatmete Luft bspw. bei 0 Grad mehr als 5 Gramm Wasser pro Kubikmeter enthält.

Und beim Auto? Benzin verbrennt im Motor idealerweise ausschließlich zu Kohlendioxid und Wasser. (Kohlendioxid ist ein Gas, siehe unten). Das Wasser bleibt im heißen Auspuffrohr als Wasserdampf in der Abgasluft gelöst und wird als Nebel erst sichtbar, wenn sich das Abgas hinter dem Auspuff abkühlt. Bei kaltem Motor bzw. Auspuff kondensiert das Wasser aber auch schon im Auspuff, er tropft dann. Wenn allerdings ein Laster startet und eine große Qualmwolke erzeugt, dann ist das meiste davon kein Nebel, sondern unvollständig verbrannter Kraftstoff, also Rauch, genauso wie ein Feuer raucht, wenn das Holz nur unvollständig verbrennen kann.

Bei der Sektflasche kommt noch ein anderer Effekt dazu: Luft, die sich schlagartig ausdehnt, kühlt sich ab. Den umgekehrten Vorgang kennt man vom Fahrradreifen Aufpumpen: In der Luftpumpe wird die Luft ständig verdichtet und die Pumpe wird, gerade wenn man schnell pumpt, ziemlich heiß. (Der Effekt der Reibungswärme spielt hier nur eine untergeordnete Rolle.) Die zwischen Korken und Sekt eingeschlossene Luft, die ja genügend Zeit hatte, die maximal mögliche Wassermenge in sich aufzunehmen, kühlt sich also beim Öffnen der Flasche schlagartig ab (lokal und kurzfristig bis unter -30 Grad!), der überschüssige Wasserdampf kondensiert zu Nebeltropfen.

In den Versuchen wird Nebel immer dann sichtbar, wenn's kalt wird: Trockeneis besitzt eine Temperatur von -78 Grad, flüssiger Stickstoff von -196 Grad. Dies ist so kalt, dass die Umgebungsluft so stark abgekühlt wird, dass der Maximalwert der Sättigung auf jeden Fall überschritten wird und die kalten Gegenstände dann scheinbar von selbst nebeln. Da kalte Luft immer absinkt (Gegenteil: Heißluftballon), fällt der Nebel immer nach unten.

Luft, was ist das?

Trockene Luft ist chemisch gesehen eine Mischung aus verschiedenen Gasen. Grob eingeteilt besteht sie zu 80% aus Stickstoff und zu 20% aus Sauerstoff.

Sauerstoff:

Der Name "Sauerstoff" (Elementsymbol "O" für Oxygenium, griech.: "Wesen des Sauerens") ist durch eine falsche, historische Annahme entstanden: Früher glaubte man fälschlicherweise, dass das Wesen von Säuren wie Essig oder Schwefelsäure der Sauerstoff sei.

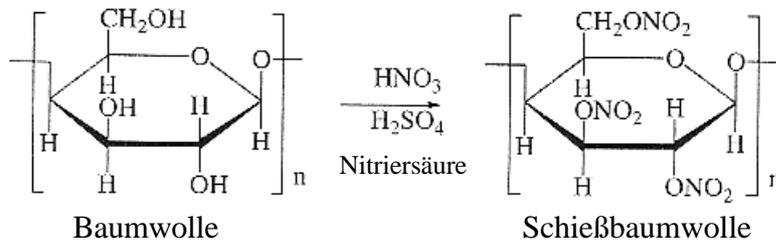
Der Sauerstoff ist das Kennzeichen unseres blauen Planeten. Als Flüssigkeit ist er blau und der Himmel erscheint auch durch ihn blau. Er ist Voraussetzung für tierisches und menschliches Leben. Wir verbrauchen den Sauerstoff, weil wir die Nahrung in unserem Körper "verbrennen": Unsere Nahrung besteht vorwiegend aus Kohlenstoff- und Wasserstoffverbindungen, bei deren Umsetzung mit Sauerstoff entsteht Wasser H_2O , Kohlendioxid CO_2 und -ganz wichtig- Energie. Die Pflanzen bilden umgekehrt aus Kohlendioxid, Wasser und der Energie des Sonnenlichts organische Verbindungen, also beispielsweise Holz, und Sauerstoff. Und was haben die Pflanzen von dieser sogenannten "Photosynthese" (griech.: "Herstellung mittels Licht")? Sie benötigen den Kohlenstoff aus dem Kohlendioxid, um zu wachsen, also beispielsweise die Gerüstsubstanz Holz herzustellen. Der Sauerstoff, den wir so dringend benötigen, ist also eigentlich nur "Abfallprodukt" für die

Pflanzen. Und wenn wir an einem kalten Abend am Lagerfeuer sitzen? Dann wärmt die Sonnenenergie, die der Baum aus dem Sonnenlicht über Jahre hinweg bezogen hat um sein Holz aufzubauen, unsere Hände und aus der Reaktion des Holzes mit dem Sauerstoff der Luft entsteht wieder Kohlendioxid, Wasser und Energie. (In dem bisschen Asche, die übrigbleibt, sind die Stoffe, meist Mineralien gesammelt, die neben Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Kohlenstoff noch in der Pflanze vorhanden sind, aber nicht mit Luftsauerstoff zu einem Gas reagieren.) Doch nicht nur die abgegebene Wärme macht ein Lagerfeuer gemütlich, sondern auch die züngelnden Flammen und der Feuerschein, wobei beides sehr komplexe chemische bzw. physikalische Reaktionen sind: Das Züngeln entsteht dadurch, dass die Stoffe, aus denen das Holz besteht, zum Teil verdampfen und bei ihrer Reaktion mit Sauerstoff die eigentliche Flamme bilden. Der helle Schein der Flammen beruht auf dem Sauerstoffmangel innerhalb der Flammen, der dazu führt, dass sich Ruß (=Kohlenstoffpartikel) bildet, der wie jeder glühende Körper (z. B. auch glühendes Eisen) Licht aussendet. Wird wie bei einem Gasherdd für ausreichend Luftzufuhr in die Flamme gesorgt, verbrennt der Kohlenstoff vollständig zu Kohlendioxid, es bildet sich kein Ruß und somit ist die Flamme auch nicht gelb, sondern fahl-blau.

In den Versuchen kommt Sauerstoff in vielfältiger Weise vor:

- Löschen wir eine Kerze oder ein Feuer, indem wir ein Glas darüber stülpen, kann die Kerze nur solange weiterbrennen, wie noch Sauerstoff im Glas vorhanden ist, ist er verbraucht, erlischt die Kerze, da das Wachs nur mit dem Sauerstoff, nicht aber mit dem Stickstoff brennen kann.
- Verwenden wir als Brennstoff eine Kohlenstoff-arme Substanz (z.B. Methanol), bildet sich wie beim Gasherdd in der Flamme kein Ruß, so dass sie fahl-blau brennt. In dieser dunklen Flamme lässt sich jetzt besondere Chemie machen: Da viele chemischen Verbindungen bei der Feuertemperatur bis auf ihre kleinste Einheit, nämlich die Atome zerlegt werden, sehen wir die für jede Atomsorte (=Element) charakteristische Feuerfarbe: z.B. gelb für Natrium, grün für Bor, rot für Lithium oder auch Neon. So ist beim roten Feuer dem Methanol etwas Lithiumchlorid beigemischt, beim grünen etwas Borsäure. (Wenn ein Chemiker sich ein Feuerwerk anschaut, könnte sich das also so anhören: Ahh, Lithium --- ohhh, Bor ...) Aus der genauen Betrachtung der Farbe von Sternen können daher auch Astronomen die chemische Zusammensetzung bestimmen, obwohl die Sterne zig Lichtjahre von der Erde entfernt sind.
- Verbrennen wir Holz oder Baumwollwatte, geht das relativ gemütlich vonstatten. Der Sauerstoff muss aus der Luft zur Verbrennung bezogen werden, das heißt die Flamme ist darauf angewiesen, dass ein Luftaustausch mit ihrer Umgebung stattfindet. Einerseits benötigt die Flamme immer neuen Sauerstoff, andererseits muss das gebildete Wasser und Kohlendioxid abtransportiert werden. Wir alle kennen den Trick ein Feuer anzu"fachen": Mittels "Fächer" oder Puste sorgen wir für die nötige Sauerstoffzufuhr. Aber warum kann man dann eine Kerze ausblasen? Nicht nur der Wasserdampf und das Kohlendioxid werden beim Pusten abtransportiert, sondern auch Energie, also Wärme und das gasförmige Wachs. (Das Wachs muss nämlich erst verdampfen, damit es sich mit dem Sauerstoff der Luft vermischen und verbrennen kann). Entfernen wir durch heftiges Pusten soviel Wärme und Wachs, dass die Entzündungstemperatur unterschritten wird und nicht mehr genügend Wachs mit dem Luftsauerstoff reagieren kann, geht die Kerzenflamme aus. Mittels chemischer Tricks kann man nun die Verbrennung stark beschleunigen. Man sorgt einfach dafür, dass der Sauerstoff nicht aus der Luft bezogen werden muss, sondern direkt greifbar ist. Beispielsweise kann man der zu verbrennenden Substanz eine feste Substanz zugeben, die Sauerstoff abgeben kann. Bekanntestes Beispiel: Der "Chilesalpeter", eine der Hauptzutaten im Schwarzpulver. Noch besser ist es, die zu verbrennende Substanz chemisch so zu modifizieren, dass der Sauerstoff chemisch im

Molekül eingeklinkt wird. Dies wird bei der Herstellung von Schießbaumwolle aus Baumwolle und Nitriersäure gemacht:



Die eckigen Klammern und das kleine "n" bezeichnen, dass es sich nur um einen Ausschnitt aus der Struktur von (Schieß-)Baumwolle handelt, in Wirklichkeit sind bis zu mehreren Tausend dieser Einheiten zu einem Faden-förmigen Molekül verknüpft. (Daher kann man die Baumwolle auch als Faden nutzen!) An den Strukturformeln erkennt man, dass in der Schießbaumwolle deutlich mehr Sauerstoff als vorher in der Baumwolle vorhanden ist, der zur Verbrennung genutzt werden kann. Als "Brücke" dient Stickstoff, der bei der Verbrennung gasförmig als N_2 frei wird, so dass die Schießbaumwolle beim Entzünden schlagartig und rückstandsfrei zu Kohlendioxid, Wasserdampf und Stickstoff (alles Gase) verbrennt. Der Chemiker Schönbein soll die Schießbaumwolle 1846 eher zufällig beim Experimentieren in der heimischen Küche gefunden haben. Dabei ist ihm versehentlich eine Mischung aus Salpeter- und Schwefelsäure über eine Schürze gelaufen. Als er sie über dem Ofen zum Trocknen aufhing, soll sie mit einem Schlag verbrannt sein.

Stickstoff:

Der Stickstoff ist, wie der Name schon sagt, ein Gas, in dem Lebewesen und Feuer ersticken. Vielleicht haben Sie sich schon mal gewundert, dass Sie Ihren Blumen "Stickstoffdünger" geben müssen, obwohl die Pflanzen doch eigentlich genügend Stickstoff um sich herum in der Luft haben. Dies hängt damit zusammen, dass der Stickstoff in der Luft als sogenanntes N_2 -Molekül vorliegt, das chemisch gesehen ein absolut toter Hund ist: Bei der Bildung aus zwei Stickstoffatomen wird sehr viel Energie frei, umgekehrt müssten die Pflanzen sehr viel Energie aufbringen, um das Stickstoffmolekül wieder zu knacken und somit den Stickstoff in eine für Pflanzen "verdaubare" Form zu bekommen. Nur einige spezielle Pflanzen wie Bohnen, Klee oder Luzerne schaffen es mit Hilfe von Bakterien, das Stickstoffmolekül aus der Luft zu knacken und zu verarbeiten, die anderen Pflanzen benötigen den Stickstoff in Form von chemischen Verbindungen, aus denen der Stickstoff mit weniger Energie wieder verarbeitet werden kann, eben z.B. dem Stickstoffdünger.

In den Versuchen kommt Stickstoff in flüssiger Form vor.

- So wie Wasserdampf bei 100 Grad Celsius kondensiert, wird Stickstoff bei minus 196 Grad Celsius flüssig. Dementsprechend verhält sich flüssiger Stickstoff auf einer Tischplatte wie Wasser auf einer heißen Herdplatte: Die Flüssigkeit verdampft so schnell, dass die Tropfen auf einer Gasschicht schweben und herumsausen.
- Bei minus 196 Grad gefrieren Stoffe, die wir aus dem Alltag als weich und flexibel kennen, knackhart: Mit der Banane kann man einen Nagel in die Wand schlagen, ein Plastikschlauch wird glashart und lässt sich wie Glas zersplittern.

Schauen wir uns die Zusammensetzung der Luft etwas genauer an, so findet sich noch eine Vielzahl anderer Gase darin: Bereits erwähnt wurde das Kohlendioxid, das zu ca. 0.3 % in der

Luft vertreten ist, des weiteren findet sich Argon (knapp 1%), Neon (0,002%), Helium (0,0005%) und andere.

Helium

Helium ist wie Argon und Neon ein sogenanntes "Edelgas". Der Name Edelgas ist in Anlehnung an Edelmetalle entstanden: Sie alle sind sich zu "edel", um mit anderen Stoffen zu reagieren. Die Besonderheit des Heliums liegt in seinem geringen Gewicht. Es ist ca. 6 Mal leichter als Luft und ist somit am bekanntesten in Form von Heliumluftballons. Diese schweben empor aus dem gleichen Grund, weshalb ein Schiff schwimmt. In der Luft wirkt wie in Wasser ein Auftrieb: Ist ein Körper relativ zu seinem Volumen leichter als Luft bzw. Wasser, schwebt bzw. schwimmt er. (Noch leichter ist Helium übrigens nur noch Wasserstoffgas, das sich aber für Luftballons -und auch Zeppeline- aufgrund seiner Brennbarkeit absolut nicht eignet.) Aufgrund der "Dünnheit" von Helium wird auch die menschliche Stimme, wenn sie mit Helium anstatt Luft gemacht wird, "dünner", sprich höher. **In den Versuchen** werden beide genannten Aspekte des Helium als Heliumballon und als Heliumstimme demonstriert.

Kohlendioxid

Wie bereits erwähnt, wird Kohlendioxid von Lebewesen und beim Verbrennen organischer Substanzen wie Holz oder Benzin gebildet und von Pflanzen verbraucht. In die Schlagzeilen geraten ist dieses Gas als Treibhausgas. Wie beim Sauerstoff schon angesprochen, wird Kohlendioxid ständig verbraucht und gebildet:

$\text{Kohlendioxid} + \text{Wasser} + \text{Energie} \Leftrightarrow \text{organisches Material} + \text{Sauerstoff}$

Die Pflanzen betreiben diesen Vorgang von links nach rechts, verbrauchen Kohlendioxid und bilden hierbei als organische Materialien wie Holz, Stärke (also z.B. Mehl) und Fette (z.B. Sonnenblumenöl). Tiere, Menschen und Feuer betreiben den Vorgang von rechts nach links und bilden hierbei Kohlendioxid. Und da wir in heutiger Zeit in großen Mengen Kohle, Erdöl und Erdgas verbrennen, die allesamt vor Jahrmillionen von Pflanzen gebildet und durch Ablagerung dem natürlichen Kreislauf entzogen wurden, produzieren wir mehr Kohlendioxid als die Pflanzen aufnehmen können, so dass der Kohlendioxid-Gehalt der Atmosphäre immer mehr steigt. Und was hat das mit Treibhaus zu tun? Dies beruht auf einer einfachen Tatsache: Kohlendioxid lässt zwar das Sonnenlicht durch die Atmosphäre hindurch, die Wärmestrahlung, die der von der Sonne aufgeheizte Boden abgibt, aber nicht, verhindert also, dass die Erde insbesondere nachts zu stark abkühlt. Ohne Kohlendioxid wäre es also auf der Erde ungemütlich kalt, zuviel Kohlendioxid heizt aber die Atmosphäre auf.

In reiner Form ist Kohlendioxid den meisten im Mineralwasser, Bier oder Sekt bekannt. Mit Wasser bildet Kohlendioxid die Kohlensäure, die dem Mineralwasser den leicht sauren Geschmack gibt. Die Löslichkeit von Kohlendioxid in Wasser ist erstaunlich: Bei 15 Grad kann sich in einem Liter Wasser ein Liter gasförmiges Kohlendioxid lösen. Bei erhöhtem Druck passt noch mehr Kohlendioxid in einen Liter Wasser: Grob je bar (1 bar ist der Atmosphärendruck) ein Liter, also sind in einer 1-Liter Sektflasche mit einem Druck von 5 bar ca. 5 Liter Kohlendioxid gelöst. Bei höheren Temperaturen wird die Löslichkeit geringer, so dass eine warme Sprudelflasche unter einem höheren Druck steht als eine kalte, weil die geringere Löslichkeit aufgrund der höheren Temperatur durch einen höheren Druck in der Flasche ausgeglichen werden muss. Wird eine offene Flasche warm, schmeckt der Sprudel nicht mehr, weil das Kohlendioxid entwichen ist. In vielen Erfrischungsgetränken ist Kohlenstoffdioxid (CO_2) unter Druck gelöst.

Hier eine kleine Übersicht:

Bier	5 g/l
Mineralwasser	7 g/l
Sekt:	9 g/l

In Sektflaschen herrscht ein Überdruck von etwa 5 bar! (3,5 bar sind gesetzlich vorgeschrieben -gemessen wird bei 20 °C) Nur so kann diese große Menge an CO₂ "im Zaum" gehalten (also gelöst) werden. Wenn Sie abschätzen möchten, wie viel Liter CO₂ in Erfrischungsgetränken stecken, können Sie folgende Faustregel nutzen: 1g CO₂ entspricht (bei Normaldruck und 0° C) etwa einem halben Liter CO₂-Gas.

Kohlendioxid ist aber auch in großen Mengen in Gesteinen gebunden, insbesondere in kalkhaltigen Gesteinen (z.B. Marmor). Mit Säuren wird das Kohlendioxid wieder aus dem Gestein freigesetzt. Aus dieser Reaktion ist auch ersichtlich, warum man Marmorflächen tunlichst nicht mit Essigessenz (= konzentrierte Essigsäure) o.ä. putzen sollte. Im Haushalt findet diese Reaktion beim Backen mit Backpulver Verwendung, das eine Mischung aus Natriumhydrogencarbonat und einer festen organischen Säure ist. In festem Zustand reagieren diese beiden Stoffe nicht, werden sie in Wasser gelöst entsteht Kohlensäure, die zu Wasser und Kohlendioxid zerfällt. Damit dies erst beim Backen und nicht schon in der Rührschüssel passiert, wird das Backpulver immer mit dem Mehl erst zum Schluss zum Teig gegeben, während des Backens macht das dann gebildete Kohlendioxid den Kuchen locker.

In den Versuchen kommt Kohlendioxid mehrmals vor:

- Trockeneis, also gefrorenes Kohlendioxid hat eine auffällige, aber eigentlich gar nicht besondere Eigenschaft. Bei -78 Grad schmilzt es nicht, sondern sublimiert, d.h. es geht direkt vom festen in den gasförmigen Zustand über. Vom Wasser kennt man dieses Verhalten auch: Was passiert mit dem Siede- und Schmelzpunkt von Wasser, wenn wir den Druck erhöhen: Der Siedepunkt steigt (Prinzip des Dampfdrucktopfes: Erhöhter Druck -> erhöhter Siedepunkt-> erhöhte Gartemperatur -> kürzere Kochzeit). Der Schmelzpunkt ändert sich vergleichsweise wenig bei Druckerhöhung, trotzdem sinkt der Schmelzpunkt bei Wasser leicht. (Prinzip Schlittschuhlaufen: Über die Kufen mit ihrer sehr kleinen Auflagefläche wird ein hoher Druck auf das Eis ausgeübt, so dass der Schmelzpunkt des Eises sinkt und man somit auf dem Wasser gleitet.) Umgekehrt bei Druckerniedrigung steigt der Schmelzpunkt und der Siedepunkt sinkt. Bei genügend niedrigem Druck treffen sich also beide Punkte, so dass Eis bei ca. 6 Millibar, das ist ca. ein 170-stel des normalen Luftdrucks, ebenfalls nicht mehr schmilzt, sondern auch sublimiert. Bei welchem Druck eine Substanz nicht mehr schmilzt, sondern sublimiert, ist eine spezifische Eigenart jeder Substanz. Beim Kohlendioxid liegt dieser Druck zufälligerweise überhalb des normalen Luftdrucks, bei Wasser unterhalb. In den Kohlendioxid-Flaschen, die zur Mineralwasserherstellung genutzt werden, ist das Kohlendioxid- aufgrund des hohen Drucks in der Stahlflasche- übrigens flüssig. (Hört man beim Schütteln!).
- Kohlendioxid, das ja das Verbrennungsprodukt aus Kohle und Sauerstoff ist, kann als Löschgas verwendet werden. Da es schwerer als Luft ist, kann man es unsichtbarer Weise auch -fast wie Wasser- umgießen.

Literatur

Es gibt zwischenzeitlich viele Bücher zu diesem Thema, hier meine drei Favoriten, die ich auch preislich für vertretbar halte.

Gisela Lück: Leichte Experimente für Eltern und Kinder , ca. 9 € Wenige, ausgesuchte Experimente mit genauer praktischer und theoretischer Beschreibung, gut zum "Einsteigen"

Christoph Biemann: Christop's Experimente, ca. 17 € In guter Maus-Manier für Kinder und Erwachsene spannend, viele Anregungen, nicht immer 100%-ige praktische Anleitung

Hans-J- Press: Spiel, das Wissen schafft, ca. 10€ Über 400 Versuche aus Technik und Naturwissenschaft, mit entsprechend kurzen Anleitungen, geeignet für fortgeschrittene Naturforscher

Versuche der Kinder zu Luft und Feuer

1. Steinzeitfeuer
2. Luft zum Abfüllen und Wasser zum Hochheben
3. Gummibärchenboot
4. Starke Luft in Spritzen
5. Warme Luft: Die Münze auf der Flasche / Heißluftballon / Teebeutelrakete
6. Kinder spielen kalte und warme Luft
7. Kerze löschen mit: Wasser, Glas, mit umgestülptem Glas im Wasserschälchen, Kohlendioxid
8. Was brennt: Stein, Metall, Wasser, organische Materialien, Natron (Kein Plastik!)
9. Wohin fliegt der Luftballon?
10. Luftballon in Mikrowelle
11. Dampfmaschine mit Aluröhrchen und Kondensation, Düsenboot
12. Eis + Salz: Speiseeis selbst gemacht

Bitte beachten:

Alle Versuche, in denen Feuer oder Dampf vorkommen, dürfen die Kinder nur unter Aufsicht von Erwachsenen durchführen.

1. Steinzeitfeuer

Benötigte Materialien

Feuerstein oder Granit oder anderer harten Stein

Markasitstein

Zunderschwamm

evtl. Natrium- oder Kaliumnitrat

Stroh oder Birkenrinden-Röllchen

Vor ca. 400.000 Jahren hat ein Vorgänger des heutigen Menschen, der homo erectus, die wohl wichtigste chemische Reaktion zu starten gelernt: Das Feuer. Vorher wurde das Feuer zwar auch genutzt, man konnte es aber nicht selbst entzünden, sondern war darauf angewiesen, es durch einen zufällig ausgelösten Brand (z.B. bei Blitzschlag) zu bekommen und dann nicht wieder ausgehen zu lassen; keine leichte Aufgabe, wenn man als Nomade lebt. Und schnell mal vom Nachbarn etwas Feuer ausborgen war auch schwierig, denn der war weit weg. Die Beherrschung des Feuermachens war somit sicherlich die erste technische Revolution in der Menschheitsgeschichte; denn die Möglichkeit, jederzeit Feuer zur Verfügung zu haben, war wichtig für die Nahrungszubereitung, als Wärmespender, als Schutz vor wilden Tieren. Ich denke, dass das eigentümliche Gefühl von "sich-sicher-fühlen" und Ruhe finden, das sich einstellt, wenn man am Lagerfeuer sitzt, hat seinen Ursprung in dieser über Jahrtausende währenden Funktion des Feuers. Und die Faszination, die Feuer auf Kinder und Erwachsene ausübt, liegt -wie man heute so gerne sagt- inzwischen sicherlich auf den Genen. Und wer hat nicht schon mal versucht, ein Feuer ohne Streichholz oder Feuerzeug zu entfachen? Meistens ist das sehr frustrierend, denn das Feuermachen ist keine einfache Angelegenheit. Hier eine Anleitung, die klappt, von Franz Bürk:

Woraus besteht ein steinzeitliches Feuerzeug ?

1. Schlagstein, Feuerstein, auch Silex oder Flint genannt. Es ist der gleiche Stein, welcher auch zur Werkzeugherstellung benutzt wurde.

2. Amboßstein, Markasit (FeS₂). Auch Pyrit kann verwendet werden, allerdings nur in feinkristalliner Form

3. Zunder, und zwar das Fruchtfleisch (Trama) des Buchenporlings (formes fomentarius). Er ist feinfaserig und aufgrund seiner chemischen Zusammensetzung leicht entzündbar. Er ist jodhaltig und wurde früher auch zur Wundbehandlung eingesetzt.

4. Birkenbast. Die Birkenrinde besteht aus vielen sehr dünnen (0,03-0,05mm) Schichten und ist durchtränkt mit ätherischen Ölen, wodurch sie leicht brennt. Birkenrinde brennt auch in baumfrischem Zustand, ja sogar bei Regen, sofern man die äußerste Schicht entfernt.

Die Kunst des Feuerschlagens

Nimm alle Zutaten aus dem Lederbeutel und lege diesen flach auf den Tisch. breite auf dem Leder einige Zunderstückchen aus - eng aneinander. Nimm nun den Markasit-Stein in die linke Hand (wenn Du Rechtshänder bist) und zwar nur mit den Fingerspitzen. Jetzt den Feuerstein in die rechte Faust nehmen - so, dass eine etwas stumpfe Kante nach unten gehalten wird. Schlage kurz und stark mit dieser Kante am Markasit herunter, Du darfst ihn dabei kaum berühren. Es ist besser, wenn einige Schläge ins Leere gehen. Es reicht ein kleiner glühender Kristall, welcher direkt auf den Zunder fallen muss. Hast Du dies erreicht, lege Feuerstein und Markasit beiseite und blase vorsichtig auf die glimmende Stelle. Wickle jetzt den glühenden, rauchenden Zunder zusammen mit Birkenbast in eine Rolle aus Birkenrinde ein. Sollte ein Stückchen Zunder nicht ausreichen, so lege ein zweites dazu. Blase

nun in das Röllchen, damit die Glut nicht erlischt. Es gibt dabei eine starke Rauchentwicklung und schlagartig entzündet sich das Feuer.

Falls es einmal nicht gleich funktioniert - Geduld - die Kunst des Feuerschlagens will geübt sein. In der Steinzeit hatte man noch keine Uhren, aber jede Menge Zeit!

Übrigens hatte auch Ötzi Zunder bei sich! Und in steinzeitlichen Gräbern findet man oft einen Flintstein neben einem Rostfleck: Der Rostfleck war mal der eisenhaltige Markasit! Den Zunder erhält man aus einem Pilz, der auf brüchigen oder abgestorbenen Birken und Buchen zu finden ist. (Also am besten in einem alten Buchen- oder Birkenbestand suchen, zur Not hilft sicherlich auch das Forstamt weiter.) Zunder steht nicht unter Naturschutz, so dass man ihn getrost ernten kann.



Auf dem rechten Bild sieht man, dass auch Spechte den Zunderschwamm nutzen: Als Eingangsüberdachung! Der Pilz wird mit einem Taschenmesser oder einer kleinen Säge geerntet und ohne zu trocknen weiterverarbeitet, da er beim Trocknen steinhart wird. Entfernt man die holzartige Oberfläche, am besten mit einem Taschenmesser, und die untere Röhrenschiicht, bleibt das sogenannte Trama zurück, eine ocker-braune, wie Wildleder aussehende Schicht. Damit diese noch etwas besser brennt, wird das Trama nitriert: Im Stile der Steinzeit, indem das Trama für einige Wochen in Urin eingelegt wird. Es kann aber auch eine stilllose, dafür aber appetitlichere Variante gewählt werden: Das Trama wird für ein paar Tage in einer Lösung von 50 Gramm Natriumnitrat oder Kaliumnitrat (besser bekannt unter dem Namen "Chilesalpeter") in 1 Liter Wasser eingelegt und danach gründlich gewaschen. In beiden Fällen muss der Zunder anschließend getrocknet werden und hierbei immer mal wieder ordentlich durchgeklopft oder breit gezupft werden, damit er weich wird und bleibt. (Alle benötigten Materialien können auch bezogen werden von Franz Bürk, Hänferstr. 42, 77855 Achern-Mösbach, Tel. 07841/22941, Fax 07841/26278, Homepage: www.steinzeitfeuer.de)

2. Luft zum Abfüllen und Wasser zum Hochheben

Benötigte Materialien:

Eine große, möglichst durchsichtige Schüssel

Gläser verschiedener Größen

Papiertücher

Trinkhalme (möglichst solche zum Abknicken)

und natürlich jede Menge Wasser

Versuchsdurchführung:

Die Gläser können in unterschiedlicher Weise ins Wasser getaucht werden. Wird z.B. die Öffnung nach unten gehalten, bleibt das Glas innen trocken, was sich noch besser sichtbar machen lässt, wenn ein Papiertuch in das Glas gestopft wurde. Dies ist ein erstes Indiz für die Kinder, dass Luft nicht nichts ist.

Zieht man ein mit Wasser gefülltes Glas mit der Öffnung nach unten aus dem Wasser hinaus, so dass die Öffnung aber unterhalb der Wasseroberfläche bleibt, fließt das Wasser erstaunlicher Weise nicht aus dem Glas hinaus. Dass dieses Phänomen etwas mit Luft zu tun hat, lässt sich leicht demonstrieren, wenn man mit einem Schlauch, Trinkhalm oder einem anderen Glas Luft von unten in das gefüllte Glas hineinblubbern lässt. Auch Trinkhalme funktionieren aufgrund des gleichen Prinzips. Auch hieraus lässt sich ein schöner Versuch machen: Schneidet man ein kleines Loch in einen Trinkhalm, funktioniert er nicht mehr, hält man das Loch zu, geht's wieder!

Das physikalische Prinzip, das dahinter steht, wurde unter dem schönen Namen "Horror Vacui" bekannt, also die Angst der Natur vor der völligen Leere. Verantwortlich für diese Angst der Natur ist der Luftdruck, der hier überall auf der Erde herrscht, auch wenn wir ihn selbst nicht spüren, da wir in uns selbst den gleichen Druck aufgebaut haben. Dieser Luftdruck übt immerhin eine Kraft von 1kg pro Quadratcentimeter aus und sorgt dafür, dass das Wasser aus dem Glas nicht hinauslaufen kann, da dies gegen den Druck der Luft geschehen müsste. Um sich die Dimensionen einmal klarzumachen: Die Erde ist von einer Lufthülle umgeben, die 10km Dicke bei Normaldruck entspricht. Das bedeutet, dass auf dem Erdboden das Gewicht von 10km Luft lastet. Um es an einem Beispiel deutlich zu machen: Ein Papierstapel aus 10000 Blättern bedeutet, dass auf das unterste Blatt das Gewicht der 9999 Blätter darüber lastet. Und je weiter wir nach oben im Papierstapel oder in der Luftatmosphäre gehen, um so geringer wird der Druck der darüberliegenden Blätter bzw. der darüberstehenden Luftsäule. (Bei der Luft ist das Ganze allerdings etwas komplizierter als beim Papierstapel, da die oberen Luftschichten aufgrund des geringeren Drucks "dünner", also leichter sind, die Lufthülle der Erde wird meist mit ca. 40 km angegeben.) Und wenn einem das Ohr im Aufzug zufährt, dann registriert das Trommelfell als druckempfindlichstes Teil unseres Körpers diese geringe Schwankung des Luftdrucks. Eine stärkere Schwankung des Drucks erfährt man beim Tauchen: In 10m Tiefe hat sich der Druck im Vergleich zum normalen Luftdruck schon etwa verdoppelt. Gegen die Schmerzen im Ohr hilft dann nur noch eins: Nase zu halten und drücken, um im Innenohr den gleichen Druck aufzubauen, den das Wasser von Außen auf das Trommelfell ausübt. Um zu unserem Glas zurückzukehren: Wenn der Luftdruck ca. 10m Wasserdruck entspricht, bedeutet dies, dass der Luftdruck das Wasser maximal 10m hoch in das Glas drücken könnte. Um das zu demonstrieren, bräuchte man allerdings ein 10m hohes Glas und eine 10m tiefe Schüssel. Schrebergärtner sind allerdings mit diesem Phänomen vertraut: Wollen sie mit einer Handpumpe Grundwasser hochpumpen, darf das Grundwasser in maximal 10m Tiefe sein, da der Luftdruck das Wasser nicht höher

drücken kann.

Am Vergleich 10m Wassersäule gleich 10 km Luftsäule lässt sich aber noch etwas anderes ersehen: Nämlich dass aus 1 Liter Wasser ca. 1000 Liter Dampf entstehen, denn 10 000m Luftsäule entsprachen ja 10m Wassersäule. (siehe Auch Versuch "Luftballon in Mikrowelle")

3. Gummibärchenboot und tauchende Kerze

Benötigte Materialien:

Eine große, möglichst durchsichtige Schüssel

Gläser verschiedener Größen

Teelichter

Gummibärchen

und natürlich jede Menge Wasser

Versuchsdurchführung:

Starten kann der Versuch sehr gut mit der Geschichte, dass die Gummibärchen unbedingt tauchen wollen, aber da sie ja Gummibärchen sind, natürlich nicht nass werden dürfen, weil sie ja sonst total glitschig würden. Bewerkstelligen können dies die Gummibärchen, indem man sie in eine leere Schale eines Teelichtes setzt, vielleicht noch mit etwas Watte ausgepolstert, und ein leeres oder -besser gesagt- ein mit Luft gefülltes Glas mit der Öffnung nach unten über die Gummibärchen stülpt und unter die Wasseroberfläche drückt. Wird das Ganze mit einem brennenden Teelicht gemacht, so sollte ein möglichst großes Glas gewählt werden, damit die Kinder zumindest einige Zeit das Feuer unter Wasser bestaunen können. Auch wenn der Versuch Kerze mit Glas löschen erst später beschrieben wird, kann an dieser Stelle eventuell schon darauf hingewiesen werden, dass nach Auslöschen der Kerze das Wasser etwas in das Glas hinein steigt. Warum die Gummibärchen nicht nass werden, ist ähnlich zu erklären wie im vorherigen Versuch, nur dass diesmal das Wasser nicht in das Glas hinein steigen kann, weil es ja ansonsten die Luft im Glas zusammen drücken, also komprimieren müsste. Oder: Wo etwas ist, kann nichts anderes hin, also wo Luft ist, kann nicht auch noch Wasser hin.

Und was würde passieren, wenn wir das Glas 10m unter Wasser drücken? In 10m Tiefe ist ja der Druck doppelt so hoch wie der normale Luftdruck. Der Druck, der auf der Luft im Glas lastet, wäre also auch verdoppelt und somit würde sich das Volumen der Luft halbieren, mit anderen Worten: das Glas wäre nur noch zur Hälfte mit Luft gefüllt.

4. Starke Luft in Spritzen

Benötigte Materialien:

mehrere 100ml Spritzen

Verschlüsse für die Spritzen

Schlauch

Mini-Schokoküsse

Versuchsdurchführung:

Mit Spritzen lässt sich hervorragend mit Luft zum Thema Druck und Vakuum experimentieren. Die Kinder werden höchstwahrscheinlich von ganz alleine darauf kommen, dass sie den Kolben der Spritze nicht allzu weit hinunter drücken können, wenn die Spritze verschlossen ist. Auch hier gilt wieder: Wenn wir das Volumen in der Spritze halbieren, also

z.B. von 100ml auf 50ml, verdoppelt sich der Druck in der Spritze. Da die Bodenfläche des Kolbens ca. 10cm^2 beträgt, heißt das, dass wir mit einer Kraft von 10kg den Kolben hinein drücken müssen. Wenn wir umgekehrt die Spritze verschließen und den Kolben von unten aus der Spritze herausziehen, müssen wir das gegen den äußeren Luftdruck bewerkstelligen und mit einer Kraft von ca. 10kg ziehen. Eine schöne Abwandlung dieses Vakuumversuches ist es, einen kleinen Schokokuss in die Spritze zu stellen, den Kolben so weit zu senken, dass der Schokokuss gerade nicht zerquetscht wird, dann die Spritze zu schließen und den Kolben dann heraus zu ziehen. Der Schokokuss bläht sich auf, da in ihm Luft eingeschlossen ist, selbstverständlich bei Normaldruck. Wird der Aussendruck nun erniedrigt, dehnt sich die Luft im Schokokuss aus und er bläht sich auf. Leider schrumpft er aber wieder zur Originalgröße zusammen, wenn wir wieder Luft hinein strömen lassen und somit wieder der Aussendruck gleich dem Innendruck ist. Ein weiteres schönes Spiel ist es, zwei Spritzen mit einem Schlauch zu verbinden. (Der Schlauch sollte nicht länger als 0.5m sein.) Die Bewegung an einem Kolben überträgt sich dann mittels der Luft auf den anderen Kolben, das Grundprinzip jeder Hydraulik. Allerdings wird für hydraulische Anlagen Wasser oder Öl und nicht Luft genommen. Warum? Auch dies können die Kinder selbst probieren, wenn sie Spritzen und Schlauch mit Wasser füllen und sehen, dass Wasser im Gegensatz zu Luft nicht komprimierbar ist. Die Kräfte werden also besser übertragen.

5. Warme Luft- Die Münze auf der Flasche / Heißluftballon / Teebeutelrakete

Benötigte Materialien:

Flaschen, möglichst aus einem kalten Raum

Geldstücke (Für Kronkorkenflaschen eignen sich am besten 5-Cent Münzen)

Gelber Sack, möglichst zum Zuziehen

Fön

Teebeutel

2 Unterteller

Schere

Feuerzeug

Versuchsdurchführung:

Münze auf Flasche: Auf die leere, kalte Flasche wird die 5-Cent-Münze gelegt. Die Münze muss luftdicht aufliegen, am besten trägt man vorher etwas Spucke auf den Flaschenrand auf. Nun wird die Flasche in beiden Händen gehalten und damit gewärmt. Die Luft in der Flasche dehnt sich aus, hebt die Münze für einen kurzen Moment hoch, die überschüssige Luft entweicht und die Münze fällt wieder zurück.

Luft dehnt sich beim Erwärmen aus, übrigens nicht nur Luft, sondern jeder Körper dehnt sich beim Erwärmen aus. Die einzige Ausnahme von dieser Regel hat jeder leidvoll erfahren, der eine Getränkeflasche, bspw. eine Sektflasche im Gefrierschrank vergessen hat und danach die Scherben entfernen durfte. Wasser ist nämlich der einzige Stoff, dessen Dichte mit abnehmender Temperatur nicht kontinuierlich geringer wird, sondern Wasser hat seine maximale Dichte bei 4°C , so dass Eis eine geringere Dichte oder ein höheres Volumen hat als Wasser. Anders ausgedrückt, wären die Ozeane nicht aus Wasser sondern aus Alkohol, hätte die Titanic nicht auf einen Eisberg auflaufen können, da ein Alkohol-Eiswürfel in Alkohol sinkt. Zurück zur Luft: Man kann sich das sehr anschaulich vorstellen, wenn man weiß, dass

die Luftmoleküle in ständiger Bewegung sind, also ständig zusammen stoßen und sich in regelloser Bewegung befinden. Erwärmung bedeutet jetzt aber auf molekularer Ebene lediglich, dass die Moleküle sich schneller bewegen. Stellt man sich nun statt der Luft-Moleküle Kinder vor, so ist klar, dass 10 Kinder die sich nur langsam bewegen weniger Platz beanspruchen als 10 Kinder, die rumrennen. Genauso benötigen schnelle Moleküle, also warme Luft, mehr Platz als langsamere Moleküle, also kalte Luft.

Heißluftballon: Wenn man mit einem Fön die Luft in einem einen halb zugezogenen gelben Sack ordentlich aufheizt (also ruhig ca. 30 Sekunden auf höchster Stufe heizen, aber aufpassen, dass das Plastik nicht schmilzt), bekommt man auch ohne offenes Feuer einen Heißluftballon. Beim Aufheizen dehnt sich die Luft in der Ballonhülle aus, das heißt es wird Luft aus der Ballonhülle vertrieben. Die in der Ballonhülle verbleibende Luft ist dann natürlich leichter als die Umgebungsluft und hebt somit ab.

Ostfriesenrakete: Jedes Feuer erzeugt einen "Kamineffekt", d.h. die durch das Feuer aufgeheizte Luft steigt über dem Feuer nach oben, praktischerweise incl. der Verbrennungsgase, so dass wir neben einem Lagerfeuer sitzen können ohne in Rauch gehüllt zu werden, zumindest falls es halbwegs windstill ist. Beim Brennen des Teebeutels wird auch ein Kamineffekt erzeugt, der die leichte, aber doch zusammenhängende Asche des Teebeutels mit nach oben reißt. Die Luftströmung bleibt zumindest kurze Zeit auch nach Erlöschen des Feuers bestehen, so dass die Asche oft bis zur Decke gehoben wird. Möglichst darauf achten, dass keine sonstige Luftströmung im Raum stört, also am besten Fenster und Türen geschlossen halten und keine hektischen Bewegungen in der Nähe des Teebeutels. Hier nochmal die Geschichte: Die Ostfriesen haben ihre erste Rakete entwickelt. Sie schleifen sie zum Startplatz (*Teebeutel auf einen Unterteller "schleppen"*). Die Ostfriesen zählen 3,2,1, nulllll --- nix passiert. Da fällt den Ostfriesen ein: Ja, klar, wir haben ja vergessen, die Transportvorrichtung abzubauen. (*Heftklammer, Faden und umgeknickten Bereich des Teebeutels mit einem geraden Schnitt abschneiden und Teebeutel auf den Unterteller zurücklegen*). Sie zählen wieder: 3,2,1, nulllll --- nix passiert. "Na ja", denken sich die Ostfriesen, "vielleicht haben wir doch zuviel Ladung in die Rakete gepackt." (*Tee aus dem Beutel auf den zweiten Unterteller auskippen, der Teebeutel kann jetzt zu einem Schlauch geformt werden, diesen aufrecht auf den Unterteller stellen*) "Oh, klasse, jetzt sieht es schon viel mehr nach Rakete aus", sagen sich die Ostfriesen und zählen wieder: 3,2,1, nulllll ---- nix passiert. Da sind sie so frustriert, dass sie beschließen, die ganze Sache einfach anzuzünden. (*Teebeutel-Schlauch oben anzünden und warten, bis er runtergebrannt ist*) Und Sie fliegt doch!! (*Kurz vor dem Ende des Feuers steigt die Asche des Teebeutels nach oben, mit ein wenig Glück bis zur Zimmerdecke*)¹

¹frei nach Marcus Hartmann: "Sich nach den Mädchen richten", Naturwissenschaft im Unterricht: Physik, 10 (1999), Nr. 49, S. 11-15 . Die Teebeutel sollten solche sein, die nicht in der Mitte bzw. am Boden der Doppelkammer zusammengenäht sind.

6. Kinder spielen kalte und warme Luft

Benötigte Materialien:

Ein langes Seil oder ein Stück Kreide

Versuchsdurchführung:

Mit der Kreide oder dem Seil wird ein Kreis um mehrere Kinder gezeichnet bzw. gelegt. Die Kinder werden aufgefordert sich möglichst langsam zu bewegen ("ganz kalt und eingefroren") und aufzupassen was passiert, wenn sie sich allmählich immer schneller bewegen ("Es Ihnen wärmer wird und wieder Bewegung in sie kommt"). Ich weiß nicht, ob und welche Kinder die Analogie zu Luftmolekülen ziehen können, aber ein Versuch ist es sicherlich wert.

7. Kerze löschen mit Wasserglas mit umgestülptem Glas im Wasserschälchen mit Kohlendioxid

Benötigte Materialien:

Teelichter

Gläser verschiedener Größe

Suppenteller

Backpulver

Natron

Essig

Sprudelbereiter

Versuchsdurchführung:

Ein Teelicht wird angezündet und ein Glas darüber gestülpt. Nach einer gewissen Zeit erlischt die Flamme und wer genau hinschaut, bemerkt, dass das Glas von innen beschlägt. Versuche mit unterschiedlich großen Gläsern machen deutlich, dass die Kerze ausgeht, weil sie keine Luft mehr zum Verbrennen hat. Das Beschlagen der Gläser macht deutlich, dass bei der Verbrennung des Wachses Wasser entsteht. Wird das Teelicht nun in einen Suppenteller mit etwas Wasser gestellt, angezündet und mit einem Glas abgedeckt, ist deutlich zu erkennen, wie nach Verlöschen der Kerze das Wasser in das Glas hinein gesaugt wird. Hierbei wird deutlich, dass die Kerze nicht die gesamte Luft zum Verbrennen benutzen kann, sondern nur einen Teil, nämlich den Sauerstoff, der zu ca. 20% in der Luft vorhanden ist. Wird die Kerze in ein Glas oder Schälchen mit möglichst hohem Rand gestellt, kann sie auch mit Kohlendioxid gelöscht werden. Das Kohlendioxid (CO_2) kann in einem anderen Glas hergestellt werden: Hierzu wird mindestens ein gehäufte Teelöffel Natron oder Backpulver mit etwas Essig übergossen. Das Ganze schäumt heftig, da jetzt Kohlendioxid entsteht, das wie unsichtbares Wasser über die Kerze gegossen werden kann, die dann erlischt. Alternativ hierzu kann auch in einem Sprudelzubereiter eine leere Flasche mit Kohlendioxid gefüllt werden und die Kerze "ausgegossen" werden. (Es empfiehlt sich, zwei- oder dreimal etwas CO_2 in die leere Flasche zu drücken und wieder zu entlüften.) Zur Chemie, die dahinter steckt: Wachs ist ein Kohlenwasserstoff, besteht also aus Kohlenstoff und Wasserstoff und reagiert mit Luftsauerstoff bei genügend hoher Temperatur (=Entzündungstemperatur) und verbrennt hierbei zu Kohlendioxid CO_2 und Wasser H_2O . Fehlt der Kerzenflamme der zur Verbrennung notwendige Sauerstoff, erlischt sie. Bei dem Versuch "Teelicht in Suppenteller mit Wasser" entsteht in dem Glas ein Unterdruck, da das bei der Verbrennung entstehende

Wasser auf der einen Seite kondensiert und damit ca. 1000 mal weniger Platz beansprucht als der Wasserdampf(siehe oben). Das gebildete Kohlendioxid andererseits ist sehr gut in Wasser löslich und zusätzlich kühlt sich die Luft im Glas nach Erlöschen der Flamme ab und benötigt daher wenige Volumen (siehe Versuch "Münze auf Flasche"). Durch den gebildeten Unterdruck wird das Wasser in das Glas gesaugt.

Zum Löschen mit Kohlendioxid: Kohlendioxid ist ja das Verbrennungsprodukt von Kohlenstoff, ist also selbst nicht mehr in der Lage, eine Verbrennung zu unterhalten. Gleichzeitig ist es schwerer als Luft, so dass es fast wie unsichtbares Wasser umgegossen werden kann und die Kerzenflamme ersticken kann. (Zur Bildung aus Backpulver oder Natron mit Essig siehe Versuch "Backpulver") Die meisten Feuerlöscher sind übrigens Kohlensäure- Feuerlöscher. Der Name ist ziemlich ungenau, in Wirklichkeit enthalten sie flüssiges Kohlendioxid (bei hohem Druck wird Kohlendioxid flüssig, genauso wie Feuerzeuggas), das beim Öffnen des Ventils aus dem Feuerlöscher herausströmt und die Flammen ersticken soll. Und warum ist eigentlich Wasser so ein hervorragendes Löschmittel? Dies hat seine Ursache darin, dass Wasser sehr viel Energie zum Verdampfen benötigt. Wird Wasser in ein Feuer gespritzt, verdampft das Wasser und entzieht dem Feuer sehr viel Energie, also Wärme, so dass die Entzündungstemperatur unterschritten wird, das Feuer erlischt. Gleichzeitig verdrängt der entstehende Wasserdampf die Luft um das Feuer herum und damit auch den Luftsauerstoff. Was allerdings bei einem Holzfeuer ganz hervorragend klappt, endet bei der brennenden Bratpfanne oder der brennenden Friteuse in einem Desaster. Hier sinkt das Wasser aufgrund seiner größeren Dichte unter das flüssige Fett und die Löschwirkung ist dahin. Statt dessen tritt ein unangenehmer Nebeneffekt auf, dass nämlich Wassertropfen im heißen Fett verdampfen und zwar schlagartig, so dass das flüssige Fett fein verteilt auseinander spritzt, also eine größere Oberfläche bildet und somit noch besser mit dem Luftsauerstoff reagieren kann. Die dadurch entstehende Stichflamme kann enorme Ausmaße und eine entsprechende Gefährlichkeit erreichen.

Ein weiterer Grund dafür, dass handelsübliche Feuerlöscher Kohlendioxid und nicht Wasser enthalten ist der, dass beim Löschen von elektrischen Anlagen mit Wasser immer die Gefahr eines Stromschlages besteht.

8. Was brennt?

Benötigte Materialien:

Ausrangierte Esslöffel aus Metall

Teelichter

Wasserschälchen

Verschiedene Materialien

Versuchsdurchführung:

Die Kinder probieren bei geöffnetem Fenster auf den Löffeln aus, welche Materialien brennbar sind. Sicherlich ein für die Erzieherinnen und Eltern aufreibender Versuch, der aber den Kindern klar machen kann, dass alles, was aus organischen Materialien hergestellt ist brennen kann, also z.B. Papier, das aus Holz hergestellt ist oder Kerzen, die aus Bienenwachs oder Erdöl hergestellt sind. Materialien, die aus toter Materie wie Stein oder Metall hergestellt sind, brennen nicht. Dass organische Materialien brennbar sind, hat seinen Grund darin, dass die Pflanzen aus dem Kohlendioxid der Luft brennbare organische Materialien hergestellt haben. Die Energie, die beim Verbrennen frei wird, wurde im Laufe des Wachstums der Pflanze vom Sonnenlicht bezogen. Wir decken heute einen Großteil unseres Energiebedarfes aus der Energie der Photosynthese der Pflanzen, denn auch Kohle, Erdgas oder Erdöl entstanden im Laufe von Jahrmillionen aus urzeitlichen Wäldern. Bei der Windkraft,

Wasserkraft oder auch Wellenkraftwerken nutzen wir zwar nicht die Photosynthese, aber trotzdem die Energie der Sonne, denn Wind und Wetter entstehen auf der Erde nur durch die Sonne. Und nur die Energie der Sonne lässt Wasser verdunsten und in die Höhe steigen, Wolken bilden und wieder abregnen, so dass wir einen Bergsee zur Verfügung haben, aus dem wir das Wasser zu Tal rauschen lassen können und diese Energie mittels Turbinen in Strom, also Energie umwandeln können. Nur die Kernkraft nutzt eine Energie, die nicht von unserer Sonne stammt, sondern ihren Ursprung in früheren Sternexplosionen hat, entsprechend gigantisch sind die Energien, die bei der Kernkraft (oder auch Atomwaffen) frei werden, und offenbar sind wir Menschen nicht in der Lage, mit dieser Energie ohne Katastrophen umzugehen.

9. Wohin fliegt der Luftballon?

Benötigte Materialien:

Luftballons

Evtl. Tesafilm und Wolle

Schnur

Versuchsdurchführung:

Die Kinder blasen Luftballons auf und lassen sie fliegen, unter der Fragestellung, in welche Richtung der Luftballon fliegt. Als Abwandlung des Versuches kann auch quer durch das Zimmer eine Schnur gespannt werden und der Luftballon mittels Tesafilm und kleinen Schlaufen an der Schnur befestigt werden und entlang der Schnur fliegen. Die Physik, die dahinter steht wird umgangssprachlich oft als Rückstoß bezeichnet, was aber nicht ganz korrekt ist, denn der Luftballon würde auch im luftleeren Raum z.B. dem Weltall fliegen, obwohl dort keine Luft zum "Rückstoßen" vorhanden ist. Auch Raumschiffe sind ja in der Lage, mittels Raketenantrieb im luftleeren Weltall zu manövrieren. Der eigentliche Grund ist darin zu sehen, dass bei einem verknoteten, aufgeblasenen Luftballon der Luftdruck im Ballon nach allen Seiten auf die Ballonhülle gleichzeitig wirkt. Die Kräfte auf die Hülle heben sich im Endeffekt alle gegenseitig auf. Ist nun an einer Seite des Luftballons ein Loch, hat der Druck, der auf der gegenüberliegenden Seite wirkt, keine entsprechende Gegenkraft mehr, der Luftballon zischt in die Gegenrichtung zur Aufblasöffnung ab.

10. Luftballon in Mikrowelle

Benötigte Materialien:

Luftballon

Mikrowelle

Handschuhe

Versuchsdurchführung:

In einen unaufgeblasenen Luftballon wird ein Esslöffel Wasser gefüllt. Wichtig: Nicht mehr als einen Löffel!! Der Luftballon wird zugeknotet und in der Mikrowelle erhitzt. Der Luftballon bläst sich auf, da das Wasser verdampft und der Wasserdampf ca. 1000 mal mehr Platz beansprucht als das flüssige Wasser. (Siehe auch Versuch Nr. 2) Der Luftballon kann mit Handschuhen vorsichtig (Achtung heiß!!) wieder herausgenommen werden (hierbei vom Körper weghalten), das Wasser kondensiert allmählich wieder und der Luftballon fällt wieder

in sich zusammen. **Der Wasserdampf gefüllte Luftballon sollte mit äußerster Vorsicht gehandhabt werden, da die Verbrennungsgefahr beim Umgang mit Wasserdampf nicht unterschätzt werden darf!**

11. Dampfmaschine mit Aluröhrchen und Kondensation, Düsenboot

Benötigte Materialien:

Zigarrenverpackung o.ä. mit Schraubverschluss aus Aluminium

ca. 4 cm lange Nägel

2 Teelichter

ein Stück Holz

Versuchsdurchführung:

In das Aluröhrchen oder den Schraubdeckel wird ein ca. 2 mm breites Loch gebohrt oder mit einem Nagel geschlagen. Aus dem Holz wird der Schiffskörper gesägt, je zwei senkrecht eingeschlagene Nägel dienen vorne und hinten als Halter für das Aluröhrchen. Der Abstand muss so groß sein, dass zwei Teelichter nebeneinander unter das Röhrchen passen. In das Aluröhrchen wird ein wenig Wasser gefüllt, die Teelichter darunter gesetzt und angezündet. Nach kurzer Zeit wird

1. das Aluröhrchen vom Ruß (=unvollständig verbranntes Wachs) geschwärzt und
2. beginnt das Wasser zu kochen und heißer Wasserdampf entweicht aus der Bohrung, fast unsichtbar und trotzdem kochend heiß, genauso wie das ganze Aluröhrchen. Also Vorsicht! Der Wasserdampf kann an einem mit kaltem Wasser gefüllten Glas auch wieder als Wasser kondensiert werden. Oder das Boot wird auf Wasser gesetzt und fährt als Düsenboot. Aber: erst aufs Wasser setzen, dann die Kerzen anzünden, sonst verbrennt man sich fast zwangsläufig die Finger entweder an den Kerzen oder am Dampf.

Als Abwandlung lässt sich das ganze auch zum Destillieren verwenden: Z.B mit Wasserfarben gefärbtes Wasser lässt sich als klares Wasser wieder abscheiden. Oder was für die Großen: Jetzt mach ich meinen Weinbrand selbst! (Falls er sich nicht vorher an den Kerzen entzündet.) Auch lässt sich erkennen, wo das Salz bleibt, wenn Salzwasser verwendet wird und verdampft.

Oft wird für diesen Versuch statt des Aluröhrchens auch ein ausgeblasenes Ei (mit einem Loch!) empfohlen, allerdings habe ich die Erfahrung gemacht, dass das Loch oft zu groß ist, damit das Ganze noch gut funktioniert.

12. Eis und Salz: Speiseeis selbst gemacht

Benötigte Materialien:

alter Topf

alte Stoffeinkaufstasche

Salz

Obstsaft o.ä.

Versuchsdurchführung:

Wasser wird in einem alten Topf in die Tiefkühltruhe gestellt, nach 1-2 Tagen ist das Wasser durchgefroren. Das Eis wird aus dem Topf geholt (evt. mit warmen Wasser vom Topf lösen), und in einer Stoffeinkaufstasche mit einem Hammer kleingeschlagen. In eine Schüssel wird etwas von dem Eis gegeben und mit ein wenig Wasser aufgefüllt. Fühl mal, schön kalt bei genau 0 Grad, dem Schmelzpunkt von reinem Wasser. Gib jetzt ordentlich Salz und das restliche Eis hinzu und rühre kräftig. Das Eis schmilzt etwas und fasse jetzt mal hinein:

Deutlich kälter bei ca. -20 Grad! Kalt genug, um sich selbst in geeigneten Behältnissen sein Speiseeis einzufrieren, z.B. Obstsaft. Mein Favorit sind mit einem Zauberstab oder gutem Mixer zu Brei verarbeitete Erdbeeren, mit etwas Zucker oder Honig gesüßt. Damit sich das Ganze nicht zu schnell erwärmt, sondern Zeit genug zum Einfrieren des Speiseeises bleibt, sollte das ganze in ein großes Tuch oder Zeitungen eingewickelt werden.

Das Prinzip des Eisschmelzens mittels Salz hat jeder schon mal im Winter angewandt: Wenn der Gehweg vereist ist, lässt sich dies mit Salz (egal ob Streu- oder Speisesalz) auftauen.

Verantwortlich dafür ist das allgemeingültige Gesetz, dass chemische Verbindungen (hier das Wasser) in reiner Form einen höheren Schmelzpunkt (hier 0 Grad) haben als verunreinigte (hier ca. -20 Grad). Denn die Verunreinigungen stören den Feststoff in seinem regelmäßigen Aufbau von Molekülen. Und dass Eis einen regelmäßigen Aufbau besitzt, hat jeder festgestellt, der sich mal eine Schneeflocke näher angeschaut hat. Aber auch andere Stoffe bilden solche regelmäßigen Festkörper, die dann Kristalle genannt werden. Man kann daher auch mit einer Schmelzpunktbestimmung die Reinheit von Feststoffen bestimmen.

Erstaunlicher Weise funktioniert das Ganze auch, wenn dem sauberen Feststoff Eis auf dem Gehweg die Verunreinigung, also das Salz, "zugeworfen" wird. Wer umweltbewusst aber kein Salz, sondern Split verwendet, nutzt einen ganz anderen Effekt: Da der Split nicht wasserlöslich ist, bringt er das Eis nicht zum Schmelzen, sondern ist nur "Sand im Getriebe" des Rutschens, vergrößert also die Reibungskraft zwischen Schuhsohle und Eis.