

Auf keinen Fall nicht zuhause ausprobieren

1	Versuche, Experimente und Co.	2
1.1	Einleitung zum Experimentieren	2
1.2	Sicherheitshinweise	2
1.3	Experimente	2
I	Strom panschen – Batterien selbst gebaut	3
II	Der Unipolarmotor	6
III	Nicht-Newtonsches Fluid, alias Stärkematsch	8
IV	Rotkohl oder Blaukraut - der Säure/Base-Kohl	10
V	Back-Schieß-Pulver	13
VI	Die Schlange des Pharao	14
VII	Einfacher Radio	16
2	Werkzeuge, Materialien, Bezugsquellen	20
2.1	Werkzeuge - was man brauchen kann	20
2.2	Werkzeuge - <i>nice to have</i>	21
2.3	Zubehör für Experimente aus der Elektronik	22
2.4	Tipps & Tricks für Chemische Versuche	25
2.5	Bezugsquellen	25
3	Kurzanleitungen	27
4	Quellen, Links und Literatur	34

To be continued...



1 Versuche, Experimente und Co.

1.1 Einleitung zum Experimentieren

Eigentlich soll es hier ja um Experimente gehen, die möglichst in einer Gruppenstunde durchgeführt werden können. Ob das allerdings so klappt hängt immer auch von der Gruppe ab, die Vorbereitungszeit ist sowieso nicht mit eingerechnet. Es wird versucht, immer etwa den geschätzten Aufwand mit anzugeben, der pro Versuch notwendig wird, das ist allerdings mehr subjektives Gefühl als gemessene Erfahrung und beim ersten Mal braucht man sowieso viel länger.

Die Beschreibungen haben übrigens keinen *Anspruch auf Vollständigkeit und können selbstverständlich auch Fehler enthalten*. Das ganze ist aber sowieso mehr *work in progress*. Kommentare werden gerne angenommen.

1.2 Sicherheitshinweise

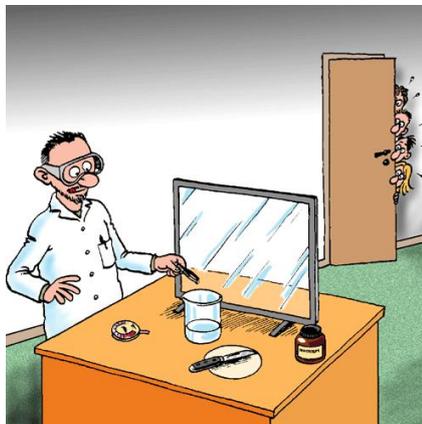
Der Bau von Bomben, Hochspannungsspielchen wie Teslaspulen oder ähnliche Dinge macht zwar wenn es dann knallt und blitzt erheblich mehr Spaß wie manch anderer Versuch, der nur mit Farbspielchen auf sich aufmerksam macht. Dafür würde aber mehr Know-How benötigt, als im Rahmen der Versuchsbeschreibungen vermittelt werden kann, und somit sind solche Versuche hier zur Sicherheit gar nicht erst aufgeführt. Aber auch bei anderen Dingen, z.B. dem Bauen von Batterien oder den „Schlangen des Pharao“ können Rückstände entstehen, die in größeren Mengen gesundheitsschädlich sind.

Bei jedem Experiment sind deswegen immer auch Sicherheitshinweise gegeben.

Bitte sorgt dafür, dass diese Rückstände ordentlich entsorgt werden (die Mengen sind gering genug, dass man alles getrost in den Hausmüll schmeißen kann). Wenn in Versuchen Lebensmittel als Quellen für manche Chemikalien verwendet werden, sind diese nach dem Versuch *keine* Lebensmittel mehr, sondern streng genommen chemische Abfälle – also auf keinen Fall den Rotkohl aus dem Indikatorversuch danach zum Schweinebraten servieren, und der Essig aus den Batterien gehört in den Ausguss und nicht auf den Salat.

1.3 Experimente

Es folgen die Beschreibungen der Experimente - für die Ungeduldigen: ab Seite 27 gibt's bis auf das Radio alles noch mal auf einer Seite zusammengefasst.



I Strom panschen – Batterien selbst gebaut

⌚ 120 min

MATERIAL – ALLGEMEIN

- Kabel (dünne, isolierte, flexible Kabel; zur Not auch einfach unbehandelte Blumen- draht und Wäscheklammern zum Fixieren an den Kontakten)
- Sparsame Fahrradlämpchen oder besser LEDs (siehe unten)
- wer's hat: „Solarspielzeug“
- für Experimentierfreudige: ein Multimeter

MATERIAL – PRO BATTERIE

- ca. 10 cm langer, unisolierter, dicker Kupferdraht (starr!), z.B. aus Stromleitungen
- ein verzinkter Nagel
- geeignetes Gefäß mit durchstoßbarem Deckel (idealerweise Film Dosen)
- genug Essig, um das Gefäß ordentlich zu füllen
- evtl. ein Stück dünne Pappe

BAU DER BATTERIEN

Der Aufbau wird hier mit einer (leeren) Filmdose beschrieben, bei anderen Gefäßen geht es aber ganz genauso. Zunächst wickelt ihr den Kupferdraht in eine Spirale, möglichst so groß, dass die Kupferspirale genau in die Filmdose hineinpasst – ein etwa 2cm langes Stück sollte noch gerade nach oben aus der Dose schauen. Wichtig: das Kupfer muss freigelegt sein; wenn ihr also einen Draht aus einer alten Stromleitung nehmt, müsst ihr mit dem Messer oder einer Schere vorher vorsichtig die Isolierung entfernen. Wenn der Kupferdraht bereits mit „Kupferrost“ (Grünspan, also einem grünlichem Belag) belegt ist solltet ihr dieses vorher mit einem feinen Schleifpapier abschleifen – aber *Vorsicht* – Grünspan ist ungesund!

Dann stecht ihr oben in den Deckel der Dose in der Mitte und am Rand mit dem Nagel ein Loch; so, dass das Ende der Spirale durch das seitliche Loch im Deckel heraus schauen kann, und ihr den Nagel durch das mittlere Loch so in die Dose stecken könnt, dass der Nagel den Kupferdraht nicht berührt, siehe 1(a). Wenn alles etwas wackelig ist, könnt ihr ein Stück Pappe ausschneiden und auf den Nagel stecken, so dass dieser schön in der Mitte der Dose bleibt. Anschließend füllt die Dose mit Essig (nicht ganz bis zum Rand, das bringt nichts außer einer Sauerei...) und macht die Dose zu. Insgesamt solltet ihr nun eine Filmdose gefüllt mit Essig haben, in der eine Kupferspirale und ein verzinkter Nagel tief im Essig stecken, sich aber nicht berühren – also eine Batterie.

WAS KANN MAN DAMIT MACHEN?

Im Prinzip alles, was man auch mit „normalen“ Batterien machen kann, z.B. eine kleine Lampe zum leuchten bringen. Am besten funktionieren kleine Fahrradlämpchen, oder solche, die man zur Beleuchtung von Krippen auf dem Weihnachtsmarkt kaufen kann. Noch leichter bekommt man sog. Leuchtdioden (LEDs) zum leuchten, die brauchen erheblich weniger Strom (weswegen sie ja auch mittlerweile fast überall eingesetzt werden). Wer's hat kann manchmal auch diverses „Solarspielzeug“ damit betreiben, oft reicht der Strom in den Batterien aber nur für einen kurzen Huster. Wen es interessiert, der kann einmal versuchen, mit einem Standard-Multimeter die Spannung zu messen, die an der Batterie anliegt und den Strom, der maximal fließen kann.

Mit Kupfer, Zink und Essigsäure misst man meistens eine Spannung von ca. 0,9 Volt. Im Supermarkt gibt es Batterien mit 1,5V, 4,5V und 9V zu kaufen. Um das mit unseren Batterien zu erreichen, müssen mehrere gebaut und entsprechend miteinander verbunden werden, z.B. mit Prüf-/Krokodilklemmen, oder einfach noch mehr Kupfer- oder unbehan-

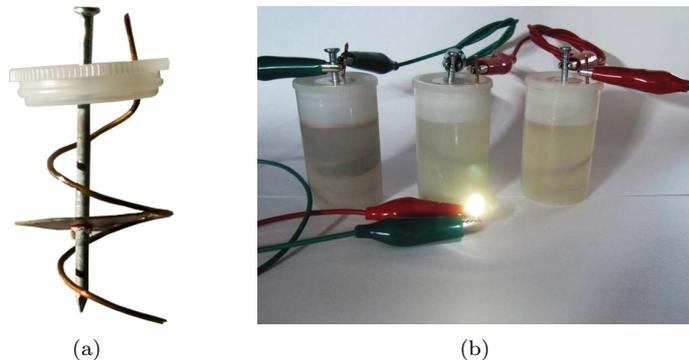


Abb. 1: (a): Innenaufbau einer Film Dosenbatterie. Dieses Exemplar war schon einmal kurz in Verwendung, weswegen der Draht und der Nagel nicht mehr ganz blank sind. Das Pappstück hält den Nagel vom Kupferdraht fern. (b): 3 Batterien, etwa 2.8 V reichen für eine weiße LED.

deltem Blumendraht. Wie kommt man nun auf Spannungen, die für die meisten Spielzeuge benötigt werden?

WAS LEUCHTET...

...braucht wenig Strom, zumindest hier. Am besten eignen sich sog. *low current*-LEDs (einfach als Suchbegriff z.B. bei Reichelt verwenden), meist brauchen auch rote am wenigsten Strom. Auch weiße, superhelle LEDs funktionieren ganz gut. LEDs leuchten übrigens nur, wenn der Strom in die richtige Richtung fließt. Die Spannungen von Leuchtdioden liegen meist zwischen 2 und 3 Volt, entspricht etwa 2 bis 3 Batterien hintereinander.

UND WIE FUNKTIONIERT DAS JETZT?

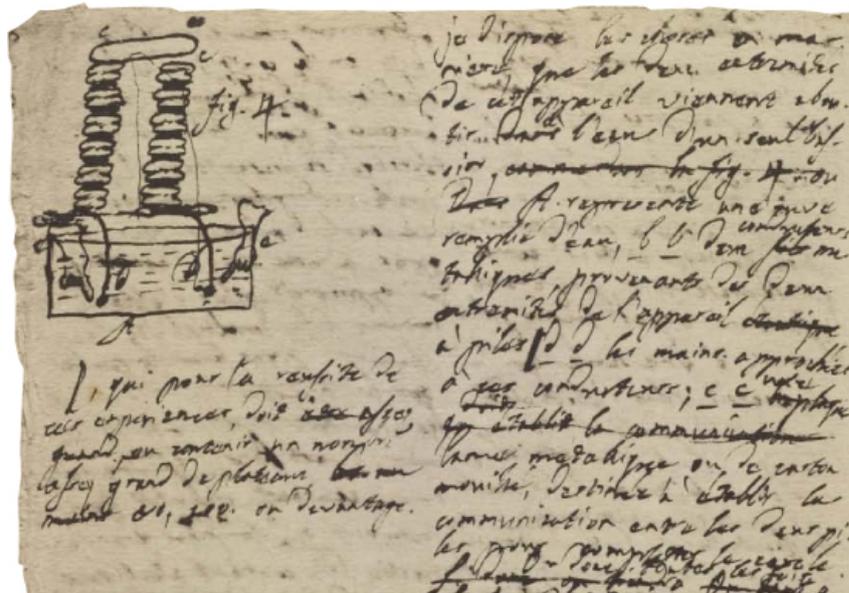
Das Prinzip, das hier nachgebaut wird, ist quasi die allererste Batterie, die je gebaut wurde - erfunden um 1800 von Alessandro Volta (ein paar umstrittene Funde aus der Römerzeit legen nahe, dass es auch schon vor 2000 Jahren eben genau diese Batterien gab, die ihr hier gebaut habt). Volta stapelte Kupfer- und Zinkplatten aufeinander, und trennte diese durch mit Schwefelsäure getränkte Stoffetzen. In seiner Skizze in Abbildung 2(a) ist es nicht besonders gut zu erkennen, an dem Nachbau unten schon eher. Durch die Verbindung zweier unterschiedlicher Metalle durch einen sog. „Elektrolyte“, also quasi einen (hier flüssigen) „Stromleiter“, können einzelne Atome aus den Metallen austreten, durch den Elektrolyt hindurchwandern und sich am anderen Metall anlagern. Verbindet man die beiden Metalle zusätzlich noch z.B. durch eine Lampe, fließt ein Strom - von einem Metall zum anderen, durch die Lampe, und zurück. Wenn ihr die Batterie lange genau verwendet könnt ihr die Wanderung der Metalle sogar beobachten: die vormals blanken Metall erhalten beide eine dunkle, schwarze Färbung, der Zinknagel wird manchmal sogar richtig Kupfern – in beiden Fällen ist Metall vom einen zum anderen gewandert.

Dass die Metalle überhaupt erst zu wandern beginnen liegt in ihrer Natur. In vielen Fällen ist sogar nicht einmal ein Elektrolyt notwendig, sondern es entsteht schon allein durch das berühren verschiedener Metalle etwas Strom. Somit hat Volta diesen Effekt übrigens entdeckt: er berührte Froschschenkel mit verschiedenen Metallen, und die Schenkel begannen

wie bei kleinen Stromstößen zu zucken.

SICHERHEITSHINWEISE

Kupfer und Zink sind an sich zwar ungiftig, ihre Oxide und andere Verbindungen können allerdings gesundheitsschädlich sein - die Reste also *unbedingt entsorgen*. In den Batterien setzt sich nach einiger Zeit ein schleimiger Satz ab, der auch nicht so besonders gesundheitsfördernd ist.



(a)



(b)



(c)

Abb. 2: (a): Ausschnitt aus einem Brief Voltas an Sir Banks der Royal Society in England aus dem Jahre 1800, in dem er eine Skizze seines Batterieaufbaus zeigt. Aus „Opere di A. Volta“ Band 1, U. Hoepli (Herausgeber), Mailand 1918 (b): Portrait Alexander Voltas (c): Nachbau einer seiner Batterien, oder (wie er es teilweise nannte): künstliches elektrisches Organ, in Anlehnung an den Zitteraal.

II Der Unipolarmotor

⌚ 45 min

MATERIAL

- ca. 30 cm Kupferdraht, unisoliert und relativ dick (z.B. 1.5 mm²)
- eine „AA“ Batterie (oder größer / kleiner, aber mit „AA“ geh es am besten) Sicherheitshinweise beachten!
- ein starker Magnet, zylinderförmig
- evtl. eine spitze Schraube und etwas Schalllitze, siehe Beschreibung

BAU DES MOTORS

Je nachdem, welche Materialien zur Verfügung stehen, können (müssen) unterschiedliche Arten des Motors gebaut werden. Die eine Variante verwendet einen Magneten mit dem selben Radius wie die Batterie, der am negativen Pol (der ohne Knopf) der Batterie haften bleibt. Der Kupferdraht wird zu einem Drahtbügel gebogen, der auf dem Positiven Pol (dem Knopf) der Batterie gelagert ist und unten mit dem Minuspol über den Magneten Kontakt bekommt. Der Drahtbügel sollte locker sitzen und etwas Luft zur Batterie haben (siehe Abbildung 3).

Es gibt noch eine zweite Möglichkeit. Hierbei wird der Magnet an den Kopf einer Schraube geheftet, die Schraube ihrerseits sollte, wenn der Magnet stark genug ist, mit ihrer Spitze an der Batterie haften. Nun kann man mit der Schalllitze (oder sonst irgend einem Stromleitenden, biegsamen Gegenstand) eine Verbindung zwischen dem dem Magneten und dem anderen Pol der Batterie herstellen, wie in Abbildung 4.

Wenn die Batterie noch genug Energie gespeichert hat dreht sich der Drahtbügel, bzw. die Schraube mit teils beachtlicher Geschwindigkeit um die eigene Achse.

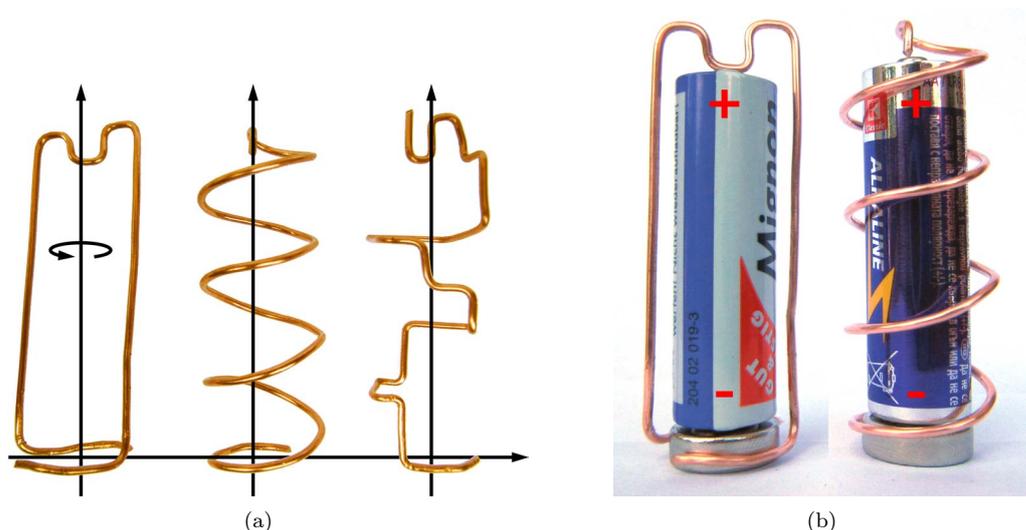


Abb. 3: (a): Drei Beispiele für den Drahtmotor (Typ 1). Die senkrechten Pfeile symbolisieren die Drehachse, die Drehrichtung ist ebenfalls skizziert - vorausgesetzt, der Pluspol ist wie angegeben oben am Draht. (b): Zwei Motoren vom Typ 1.

BLITZ-ERKLÄRUNG

Letztlich beruhen beide Motoren, wie auch alle anderen Elektromotoren, auf der sog. Lorentz-Kraft. Fließt ein Strom senkrecht zum Magnetfeld durch ein Kabel oder einen Draht, so wird der Draht vom Magnetfeld abgelenkt. Dies geschieht immer senkrecht sowohl zum Magnetfeld, als auch zum Stromfluss im Draht – deswegen sollte der Magnet sein Feld an den flachen Enden des Zylinders haben.

SICHERHEITSHINWEISE

Für diesen Versuch **niemals** andere Batterien als typische Alkalibatterien aus dem Supermarkt verwenden. Keine Akkus (ob NiCd, Nickel-Metallhydrid oder andere) und auch keine Lithium-Batterien (z.B. aus Fotoapparaten, auch wenn es diese mittlerweile im AA-Gehäuse als robusteren Alkali-Ersatz zu kaufen gibt). Der Aufbau kommt einen Kurzschluss gleich und da je nach Batterietyp teilweise erhebliche Ströme fließen ist die Gefahr, dass die Dinger auslaufen, ziemlich hoch.

Es empfiehlt sich, den Motor nicht solange drehen zu lassen, bis die Batterie leer ist - denn dann läuft sie ganz bestimmt aus.

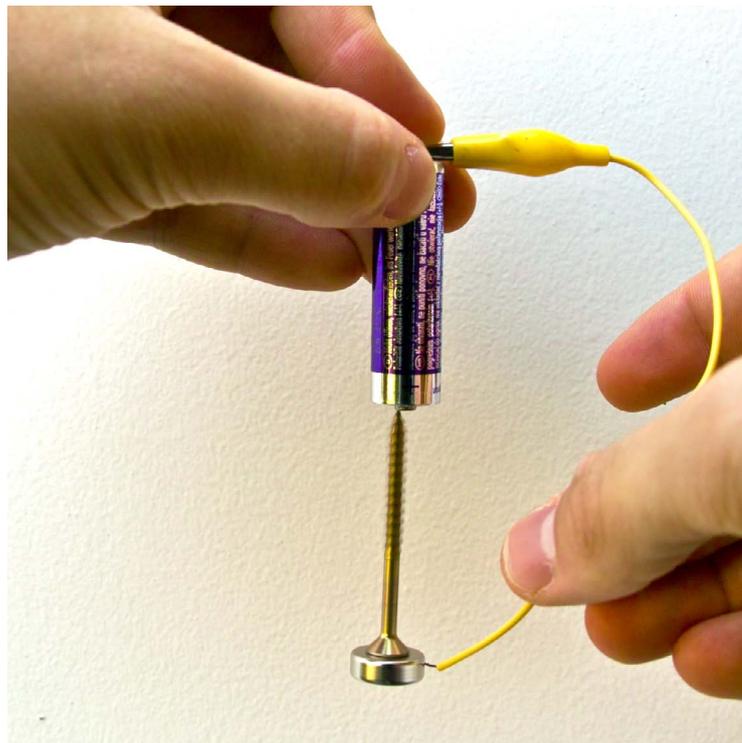


Abb. 4: Die einfachste Motorenart – Batterie+Kabel+Schraube+Magnet. Die Rotation der Schraube erreicht beachtliche Geschwindigkeiten, da die Reibung des „Nadellagers“ zwischen Schraube und Batterie sehr gering ist, viel Kraft steckt trotzdem nicht dahinter.

III Nicht-Newtonisches Fluid, alias Stärkematsch ☹ 20 – 40 min

MATERIAL

- ein Gefäß zum Ansetzen der „Flüssigkeit“
- Kartoffelstärke (je nach gewünschter Menge)
- Wasser (siehe Text)
- Zum Experimentieren: Robuste Schalen, Hämmer, Großer Lautsprecher etc.

STÄRKEMATSCH

Zum Anrühren der Flüssigkeit immer mit dem Pulver beginnen, also etwa so viel Stärkepulver verwenden, wie später Fluid vorhanden sein soll. Zum Umrühren eignen sich ausschließlich feste Gegenstände, wie z.B. eine Gabel. Bevor die Masse so weich ist, dass ihr sie verarbeiten könnt wird das Zeug recht fest. Das Wasser wird dann langsam dazugekippt, aber immer nur Tröpfchenweise – zu viel lässt sich kaum mehr korrigieren, wenn ihr Stärkepulver auf die Masse streut gibt das meistens Klumpen.

Wenn genug Wasser zugegeben wurde erscheint die Masse beim Rühren klumpig, zerfließt aber sofort wieder, wenn ihr mit dem Rühren aufhört. Mit der richtigen Menge Wasser müsst ihr etwas experimentieren, der Effekt wird stärker oder schwächer, je nachdem ob zu viel oder zu wenig Wasser dabei ist – eine optimale Menge lässt sich kaum angeben.

EXPERIMENTE MIT EINEM NICHT-NEWTONSCHEN-FLUID

Auf einem flachen Teller ausgebreitet lassen sich mit einem Hammer Löcher hineinschlagen (siehe Abbildung 27, spritzen wird es nicht, das Loch bleibt aber eine Weile bestehen, bis es wieder langsam zufließt. Wenn ihr das gleiche mit Wasser probiert, wird die Sauerei etwas größer werden. Versucht, Spritzer mit einem Tuch aufzuwischen: durch den Druck des Tuchs wird der Tropfen eher so wie er ist verschoben, als dass ihr ihn aufwischen könntet.

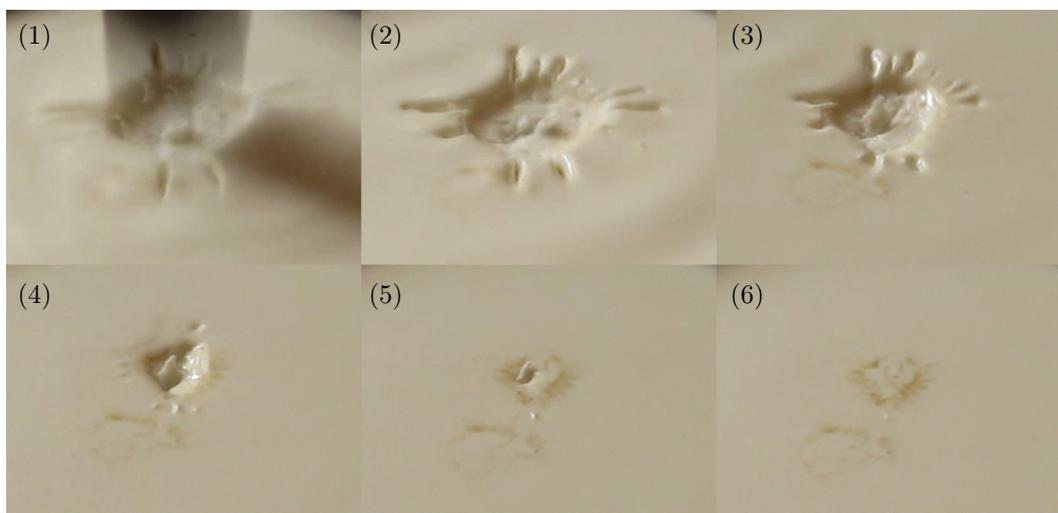


Abb. 5: Stärkematsch nach einem Hammerschlag. Der ganze Vorgang dauert etwa 1.5 sek., zu sehen bleibt nur etwas Rost vom Hammer.

Aus der Masse lassen sich mit etwas Geschick auch Bälle formen. Sogar dann, wenn es relativ flüssig ist. Solange man sie nicht zu lange liegen lässt, fließt auch nix davon. Wenn

ihr genügend davon anmischt und in einen größeren Bottich packt, kann man sogar darauf hüpfen oder laufen – nur stehen geht nicht.

Der Trick dahinter ist das sog. *shear thickening*, das Festerwerden eines Stoffes mit steigendem Druck oder Zug. Stärke besteht aus relativ langen, teilweise untereinander verzweigten Molekülen. Deren Verzweigungen halten den Stärkematsch zusammen, wird er langsam bewegt, können alte Verzweigungen brechen und neue entstehen. Geht das ganze zu schnell, also z.B. bei einem Hammerschlag, reißt man den Matsch nur auseinander – die „Heilung“ des Lochs erfolgt dann in normaler Geschwindigkeit, und das dauert.

STARKE KUNST

Mit etwas mehr Aufwand lässt sich mit dem Stärkematsch auch abstrakte Kunst betreiben. Dazu packt einen großen Lautsprecher (nicht die ganze Box) in Frischhaltefolie ein, und spielt mit einem Verstärker stark basslastige Musik ein. Je länger und tiefer die Basspassagen sind, desto höher klettert die Flüssigkeit aus dem Lautsprecher hinaus. Mit etwas Vorsicht kann man einzelne Teile auch z.B. mit Lebensmittelfarbe einfärben.

Im Idealfall habt ihr einen sog. Funktionsgenerator auf einem Laptop und könnt damit gleich direkt Töne so erzeugen, dass die Stärke schön klettert. Eine Software, die kostenlos dafür verwendet werden kann, ist z.B. „Scope“ für Windows (http://www.zeitnitz.de/Christian/scope_en) oder „Audacity“ für Linux oder Mac (<http://audacity.sourceforge.net/>). Stellt eine Sinuswelle mit einer Frequenz unter 10 Hz ein. Dann dreht den Verstärker auf, und füllt den Matsch in den Lautsprecher. Aber Vorsicht: *die Lautstärke immer langsam auf und abdrehen*. Wenn ihr merken solltet, dass der Verstärker zu Rauschen oder zu Brummen beginnt, lasst den Versuch sein. Die Verstärkung, die notwendig ist, ist so hoch, dass „normale“ Töne oder Musik durchaus in den Ohren weh tun können! Mit Musik ist es schwieriger, mit reinem Sinus klappts in aller Regel.

SICHERHEITSHINWEISE

Gibt es quasi keine, Reste können, falls nicht verunreinigt, sogar gegessen werden (auch wenn reine Stärke fürchterlich schmeckt).

Außer für den Lautsprecher-Versuch: Hier unbedingt auf eure Ohren achten, immer vorsichtig lauter und leiser drehen, nie mit voller Lautstärke ein und ausschalten!



Abb. 6: Stärkematsch im Lautsprecher. Bei niedrigen Frequenzen, hier etwa 10 Hz, fängt die Mischung in die Luft zu klettern. In den Bildern liegt die Stärker auf Frischhaltefolie direkt im Lautsprecher.

IV Rotkohl oder Blaukraut - der Säure/Base-Kohl

⌚ 30 min

MATERIAL

- etwa 100 g roher Rotkohl / Blaukraut, die Blätter davon
- ca. 200 ml bis 500 ml (kaltes) Wasser
- ein Edelstahltopf und passender Kocher
- Messbecher
- Reagenzgläser oder andere wärmebeständige Gläser / Plastikbecher, am besten durchsichtig
- Chemikalien zum Experimentieren:
 - Essig (am besten farblos)
 - Zitronensäure (gibt's in Pulverform in der Apotheke)
 - Hausnatron ($\hat{=}$ Natriumhydrogencarbonat, NaHCO_3)
 - wer's gefährlich will: Ätznatron ($\hat{=}$ Natriumhydroxid, NaOH)

HERSTELLUNG EINES INDIKATORS

Als Indikatoren bezeichnet man solche Stoffe, die unter Einwirkung von Säuren oder Basen (Beispiele siehe zwei Abschnitte weiter unten) ihre Farbe ändern. Einer dieser Stoffe ist in rauen Mengen in den Blättern eines Rotkohls (oder Blaukraut) enthalten - nämlich genau der Farbstoff, der dem Kohl seine charakteristische Farbe gibt.

Dieser Farbstoff lässt sich mit etwas Wasser und Wärme leicht aus den Blättern auswaschen. Dazu einfach etwa 100 g Kohlblätter kleingeschnitten in einem Topf mit etwas Wasser auskochen. Das gibt neben dem typischen Kohlgeruch ein meist schön lila-bläulich gefärbtes Wasser. Der Kohl muss dafür nicht lange gekocht worden sein, es sollten aber keine Zusatzstoffe im Wasser gewesen sein (den Kohl also z.B. nicht salzen). Das Wasser solltet ihr nach dem Kochen kurz abkühlen lassen. Plastik wird von dem Farbstoff übrigens auch gerne eingefärbt, deswegen besser Glas und Stahl verwenden.

FARBSPIELE MIT SÄUREN UND BASEN

Das Farbwasser lässt sich nun in Reagenzgläsern, oder z.B. auch einfach in kleinen Schnapsgläsern oder anderen (durchsichtigen) Gefäßen mit verschiedenen anderen Flüssigkeiten vermischen. Mit etwas Essig beispielsweise ändert sich die Farbe von blau-violett ins rötliche. Wenn ihr zuvor etwas Zitronensäure in Wasser aufgelöst habt, könnt ihr dem Kohlwasser eine satte rote Färbung verpassen. Beide *Chemikalien* sind (oder enthalten) Säuren.

Anders verhält es sich mit einer Lösung aus Hausnatron - der Indikator zeigt damit eine türkise Färbung. Natronlösungen sind Basen (oder einfacher Laugen), solche färben das Wasser über eben türkies bis hin zu grün und gelb. Besonders intensiv wird die gelbe Färbung mit einer Lösung aus reinem Natriumhydroxid - alias Ätznatron, z.B. im Elektronikhandel zu beziehen. Diese Lösung ist aber derart basisch, dass bereits Gesundheitsrisiken bestehen!

In Abbildung 28 sind verschiedene Lösungen gezeigt.

UND WIE FUNKTIONIERT DAS JETZT?

Säuren und Basen bezeichnen zwei verschiedene Eigenschaften von chemischen Substanzen, die aber beide eine ätzende Wirkung aufweisen, also in der Lage sind, gewisse Dinge aufzulösen. Säuren haben dabei, sofern sie nicht zu stark sind, den Typischen sauren Geschmack (z.B. Essig, Cola, Magensäure, oder Zitronensäure, aber Vorsicht, nicht gleich ausprobieren!), bekannte Vertreter von Basen sind Laugen (Seife, Natronlauge). Säuren und Basen verhalten sich komplementär - sprich, eine Säure lässt sich mit der entsprechenden

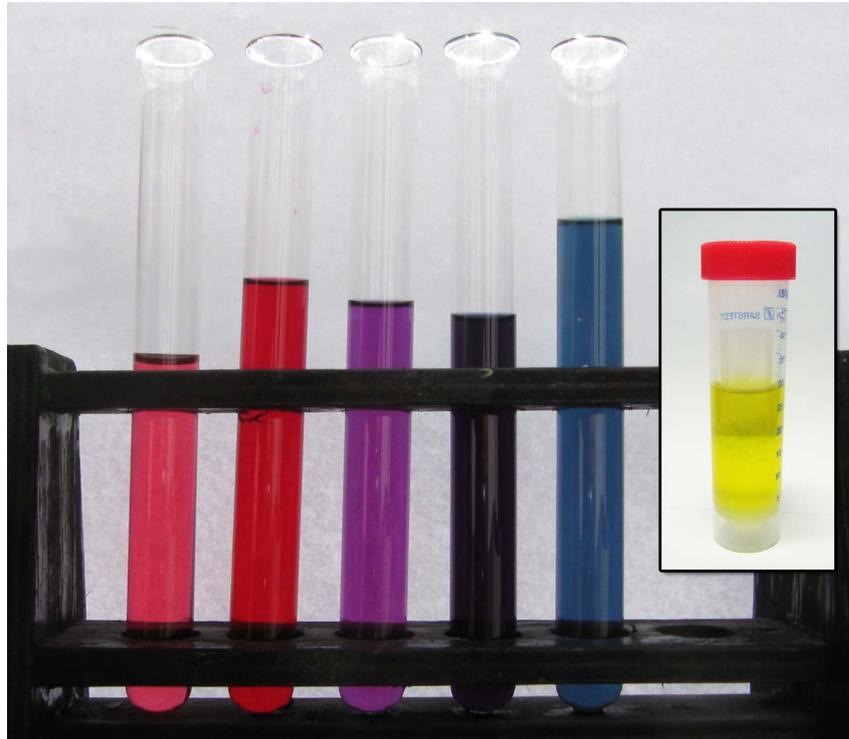


Abb. 7: Reagenzgläser mit Lösungen verschiedener pH-Werte und dem Rotkohllindikator. Von links nach rechts: Salzsäure (stark verdünnt), $\text{pH} \approx 1$; Zitronensäure, $\text{pH} \approx 2$; Zitronensäure zum Teil neutralisiert mit Hausnatron, $\text{pH} \approx 4$; Säuerliches Wasser - $\text{pH} \approx 5$; Hausnatron, $\text{pH} \approx 7$ und zuletzt, zur Sicherheit im geschlossenen Gefäß einzeln hergestellt - Natronlauge, $\text{pH} \approx 14$

Menge einer Base so neutralisieren, dass am Ende weder saure, noch basische Wirkung übrig bleibt. Ob eine Flüssigkeit sauer oder basisch ist wird über den sog. pH-Wert angegeben, dieser reicht von absolut sauer ($\text{pH} = 0$) über neutral (gleich dem Wert der Haut, oder z.B. von Wasser, mit $\text{pH} \approx 5$ bis zu total basisch ($\text{pH} = 14$). Wie bei allen Regeln gibt es natürlich auch hier Stoffe, die sich anders verhalten – die dürfen dann pH-Werte unter Null, oder über 14 haben.

Der Unterschied liegt dabei im Detail und die Erklärung geht sehr weit in die Chemie und Physik von solchen Substanzen ein - letztlich lässt sich die Wirkung aller Säuren und Basen aber auf das Abgeben von Protonen (H^+) bei Säuren und Hydroxidionen (OH^-) bei Basen herunterbrechen - letztlich also dem Austausch von bestimmten chemischen Grundelementen. Beide Teile zusammen ergeben übrigens $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$, und das ist schlicht Wasser. Deswegen lässt sich wie beschrieben eine Säure mit einer Base neutralisieren - und umgekehrt.

Die Färbung des Kohlwassers übernimmt der Farbstoff Cyanidin, welcher auch für die Färbung von Rosen, Blaubeeren, Erdbeeren, Pflaumen und einigem mehr zuständig ist. Cyanidin ändert allerdings seine chemische Struktur in Abhängigkeit davon, ob die Lösung sauer oder basisch ist - da jede dieser Strukturen eine andere Farbe besitzt, können wir die Färbung der Lösung einstellen.

Damit ist nun auch klar, wieso im Süden Deutschlands alle vom Blaukraut reden, wogegen

in Norddeutschland doch Rotkohl wächst: je nachdem, ob beim Kochen mehr oder weniger Essig in den Kohl gelangt, ist er entweder blau und süßlich, oder rot und leicht säuerlich.

TIPPS FÜR GUTE LÖSUNGEN

Als Säuren können natürlich Essig, Cola, Zitronensaft oder sogar Bier verwendet werden, als Basen z.B. Seife, Bleichmittel oder Zementpulver. Schönere Färbungen erhält man aber meist, wenn die Ausgangsstoffe möglichst rein und vor allem farblos sind.

Im der Apotheke, manchmal auch im Supermarkt oder im Elektronikfachhandel können Zitronensäure, Hausnatron oder auch Ätznatron (Natriumhydroxid) eingekauft werden. Bei allen handelt es sich um eine weißes, in Wasser lösliches Pulver. Ohne die exakte Menge zu berechnen, könnt ihr für die entsprechenden Säuren oder Basen ca. 200 ml Wasser mit etwa einer oder zwei Messerspitzen des jeweiligen Pulvers anrühren. Dabei unbedingt Latexhandschuhe und eine Schutzbrille tragen, sowie vorsichtig rühren.

Diverse Putzmittel sind teilweise auch stark sauer oder basisch, z.B. Essig- oder Toilettenreiniger, einfach ausprobieren.

SICHERHEITSHINWEISE

Bei diesem Versuch ist äußerste Vorsicht geboten. Sowohl Säuren, als auch Basen, können je nach pH-Wert und Menge zu schwersten Verätzungen und im Falle der Augen zur Erblindung führen. Dabei sollte man nicht unterschätzen, dass vermeintlich harmlose Substanzen gefährlich sein können, wenn sie z.B. in die Augen gelangen. Wenn ihr statt Lebensmitteln die Chemikalien direkt mischt, immer die Sicherheitshinweise auf der Verpackung beachten. Extreme Vorsicht ist beim Mischen von Säuren und Basen gegeben: je nach Chemikalien ist die Reaktion teilweise so heftig, dass die Lösung aus dem Glas spritzt - und euch in's Gesicht. Zudem entstehen oft unschöne Dämpfe und Gase, also bitte nur im freien oder gut gelüfteten Räumen arbeiten. Bei Kontakt mit ätzenden Substanzen **mit viel fließendem Wasser spülen**, bitte nicht einer Säure noch eine Base hinterher kippen - auch wenn das im Reagenzglas neutralisierende Wirkung hat. Im Extremfall sofort einen Arzt hinzuziehen!



Zitronensäure (rein): Reizend. Nicht mit Haut oder Augen in Verbindung bringen. Geringe Mengen können gut verdünnt im Abguss entsorgt werden.



Natriumhydroxid: Ätzend. Auf keinen Fall mit Haut oder Augen in Verbindung bringen. Geringe Mengen können gut verdünnt im Abguss entsorgt werden.

Verwendete Gläser, Rührstäbchen und andere Dinge, die mit den Lösungen in Berührung kamen, unbedingt mit viel Wasser spülen bevor ihr sie nochmal mit Seife gründlich reinigt.

V Back-Schieß-Pulver

⌚ 15 min

MATERIAL

- Filmdosen, alte Überraschungseier, besser nix aus Glas...
- Backpulver (ein bis zwei Messerspitzen)
- Eine Säure (Essig, Zitronensäure, ca. 20 ml)

PLOPP

Der Aufbau ist denkbar einfach: beim Überraschungsei das Backpulver in die eine Schale, den Essig in die andere; oder Essig in die Filmdose, Pulver in den Deckel. Platz zum Werfen schaffen, zusammenstecken – fertig.

Bitte nicht mit Gläsern oder ähnlichem Probieren, Splitterbomben sind verboten...

DIE CHEMIE DAHINTER

Das Backpulver tut hier nichts anderes, als wofür es ursprünglich gedacht war - nur etwas schneller. Im Backpulver enthalten ist ein Stoff, meist Natriumhydrogencarbonat NaHCO_3 alias Hausnatron, welches in Reaktion mit einer Säure CO_2 freisetzt. Wir verwenden Essigsäure oder Zitronensäure dafür, im Backpulver ist selbst meist noch ein Säuerungsmittel in Pulverform enthalten, Feuchtigkeit und/oder Hitze beim Backen tun den Rest. Die Wirkung ist den klassischen Hefen nachempfunden – diese setzen während ihres kurzen Lebens vor dem Backen auch CO_2 frei – das Pulver kann das aber schneller.

Somit kann man Backpulver auch „nachbauen“: Hausnatron und kristalline Zitronensäure zusammen ergeben ein Pulver, dass unter Zugabe von Wasser relativ viel CO_2 freisetzt. Diese Mischung ist allerdings auch wieder etwas gefährlicher.

SICHERHEITSHINWEISE

Gibt es quasi keine, essei denn ihr verwendet reine Zitronensäure, die sollte natürlich nicht in die Augen.

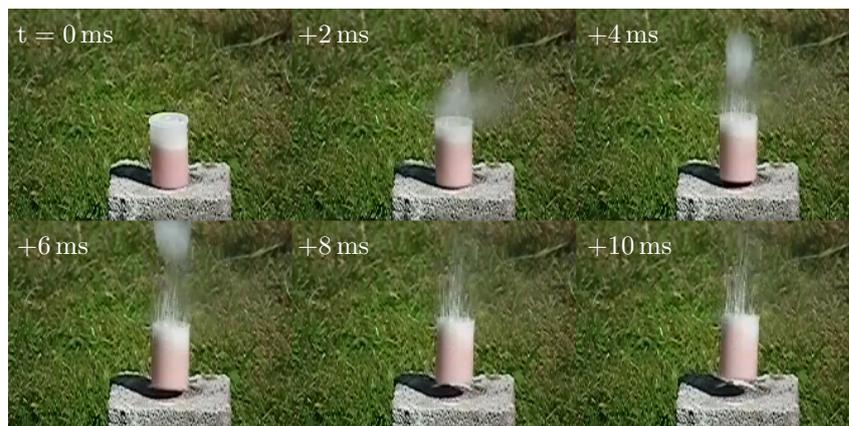


Abb. 8: Explosion einer Back-Schieß-Pulver-Dose, der Essig wurde mit Rotkohllindikator eingefärbt. Aufnahmeabstand der Bilder ≈ 2 ms. Der Deckel wird mit etwa 35 km/h angehoben.

VI Die Schlange des Pharao

⌚ 15 min

MATERIAL

- eine feuerfeste Schale
- Sand oder Erde (am besten ohne leicht brennbare Bestandteile)
- Feuerzeug / Streichhölzer
- ca. 50 ml Brennspiritus
- „Emser Pastillen“, ohne Menthol aber mit Zucker (!)
- Alternativ anstatt der Tabletten: einige Gramm Puderzucker und Hausnatron (NaHCO_3)

DES PHARAOS SCHLANGEN – ALIAS CO_2 -ZUCKER-SCHAUM

Setzt auf die feuerfeste Unterlage (z.B. einen Blechteller) einen schönen Haufen Sand (oder auch Erde, vorausgesetzt diese ist einigermaßen rein, sie sollte nicht brennbar sein), und legt ein bis zwei Emser Pastillen flach auf den Haufen. Darüber kippt den Spiritus, so dass die Pastillen und der Sand außen herum damit benässt sind.

Zündet den Spiritus aus sicherer Entfernung an. Spiritus brennt in aller Regel mit kaum sichtbarer Flamme, also Vorsicht – heiß ist es trotzdem. Nach kurzer Zeit beginnen die Tabletten Blase zu werfen, darauf wachsen schwarze Schlangen aus ihnen heraus, die durchaus einige Zentimeter lang werden können (siehe Abbildung 9(a)).

SCHLANGENCHEMIE

„Emser Psstillen“ enthalten neben dem Salz aus den Bad Emser Thermalquellen hauptsächlich Natriumhydrogencarbonat (NaHCO_3 , Hausnatron). Wie auch beim Back-Schieß-Pulver wird es in diesem Versuch als CO_2 -Lieferant verwendet: durch die Hitze wird CO_2 freit, welches den ebenfalls durch Wärme entstehenden Zuckerschleim aufschäumt. Die gepresste runde Form der Tabletten lässt die Schlangen wachsen. Jetzt ist auch klar, wieso es Pastillen mit Zucker sein sollten: ohne wachsen keine Schlangen, sondern nur kleiner magere Häufchen – schließlich fehlt der „Schaumstoff“.

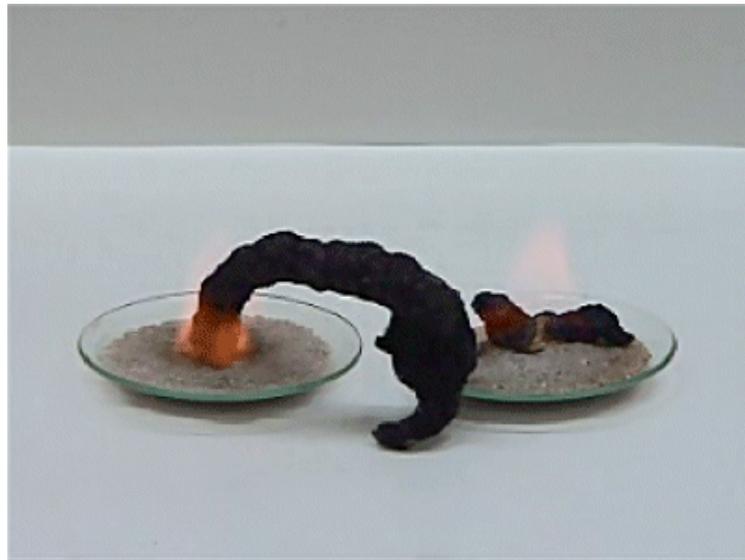
PLAGIATSCHLAGEN

Natürlich lässt sich dies auch ohne Emser Pastillen beobachten. Mischt dazu etwa in gleichen Teilen Puderzucker und Hausnatron gut zusammen, und setze ein Häufchen davon auf den Sand. Getränkt mit Spiritus und angezündet wachsen viele kleine schwarze Schlangen aus dem Häufchen hervor; nicht ganz so schön, aber immerhin (Siehe Abbildung 9(b)).

SICHERHEITSHINWEISE

Wie erwähnt brennt Spiritus mit einer kaum sichtbaren, aber dennoch heißen Flamme. Nach dem ersten Anzünden am besten erst mal abwarten, ob sich Hitze entwickelt. Die Überreste der Schlangen bestehen aus verkohltem Zucker und anderen Resten aus den Tabletten – bitte entsprechend entsorgen.

Achtung: es kann vorkommen, dass der Spiritus nicht komplett verbrennt und bei eventuellem Kontakt mit Sauerstoff durch die Resthitze verpufft – zum Abkühlen am besten einige Zeit stehenlassen, nicht gleich in den Abfall schütten!



(a)



(b)

Abb. 9: (a): Die „Schlange des Pharaos“, wie sie aus den Tabletten herauswachsen. Links Pastillen mit Zucker, rechts ohne. Bild gemoppst bei http://www.demochem.de/D-Emser_Pastillen-d.htm (b): der Nachbau aus NaHCO_3 und Zucker.

VII Einfacher Radio

⚡ schwer

MATERIAL

- ein Satz Krokoklemmen
- etwa 20 m Kupferlackdraht, $\varnothing \approx 0.5$ mm
- ein rundes Stück Holz (z.B. von einem Besenstiel), oder eine Klopapierrolle
- ein (verrostetes!) stück Metall, z.B. eine alte Zange, ein Nagel etc.
- ein stück Schleifpapier oder eine Feile
- wer möchte: einen Pyritt-Kristall (Katzengold)
- zum Ausprobieren: eine Germaniumdiode (siehe Abschnitt Bauteile)
- evtl. einen passenden Kondensator (siehe Abschnitt Bauteile)
- evtl. passende Widerstände (siehe Abschnitt Bauteile)
- einen Kristall- oder hochohmigen Orhöhrer - dazu später mehr
- mind. 10 m Draht, Kabel oder Blumendraht für die Antenne
- und: *viel Geduld!*

PRINZIPIELLER AUFBAU

Der hier beschriebene Radio basiert auf den sog. Detektorradios, die ihre weiteste Verbreitung wohl in den 1920er Jahren hatten. Damit lassen sich Sendungen der Lang-, Mittel und Kurzwellensender empfangen - UKW und FM ist nicht möglich. In diesem, Einfachen Aufbau ist der Radio zudem noch auf den Empfang des stärksten Sender in der Umgebung beschränkt.

Im allgemeinen besteht so ein Radio aus mindestens 4 Teilen - der Antenne, einer Spule, einem Gleichrichter und dem Ohrhöhrer. Die Antenne ist lediglich ein etwa 10 m langes Stück Draht einerseits und eine Verbindung zur Erde andererseits, z.B. könnt ihr ein Stück Draht schlicht in die Erde stecken, oder ihr wickelt es um ein Heizungsrohr. Die Spule kann man leicht aus einer Klorolle oder einem runden Stück Holz und dem Kupferlackdraht selbst bauen. Der Gleichrichter, bei uns entweder eine Germaniumdiode, der Rost oder der Kristall – daher auch Kristalldetektor, ist mit das Herzstück des Radios, hier wird letztlich das Radiosignal in ein Hörbares umgewandelt.

Alle, die neben Geduld auch noch etwas mehr Bastelspaß mitbringen, können später auch noch einen Drehkondensator (oder verschiedene feste, siehe unten) einbauen, und somit sogar noch den Sender wählen.

AUFBAU EINFACHE VERSION

- **Spule:** Zur Herstellung der Empfangsspule werden ca. 120 Wicklungen (= Umläufe) aus dem Kupferlackdraht um die Klopapierrolle / das runde Stück Holz („Spulenkörper“) gewickelt. Dabei sollten alle 120 Wicklungen möglichst nebeneinander und nicht übereinander liegen. Zur Stabilität sollte die Spule wenn möglich nicht mehr vom Spulenkörper entfernt werden. Die Enden der Spulenwicklung sollten auf beiden Seiten etwa 5 bis 7 cm lang sein, damit sich die Spule nicht wieder von selbst abwickelt kann man die Wklungen mit Tesafilm befestigen, oder mit Sekunden- / Heißkleber fixieren. Die tatsächlich Anzahl der Wicklungen ist nicht so lebenswichtig, 120 ± 15 sollten es aber sein. Falls der Draht nicht isoliert sein sollte müsstet ihr also darauf achten, dass sich die Wicklungen nicht untereinander berühren – jeder Kurzschluss reduziert die Wicklungszahl!
- **Ohrhöhrer:** Beim Ohrhöhrer sollte es sich um einen Kristallhöhrer, oder über einen speziellen hochohmigen Kopfhörer handeln - Ohrstöpsel von Handys oder MP3-Playern funktionieren leider nicht. Entsprechende Höhrer können z.B. im Internet bestellt wer-

den, manchmal gibt es sich auch im Elektronik-Fachhandel. Je höher der Widerstand der Kofhörer, desto lauter wird nachher das Radioprogramm zu hören sein.

- **Gleichrichter:** Das mit Antenne und Spule empfangene Signal muss nun aber noch so umgewandelt werden, dass es vom Kopfhörer in (für uns hörbare) Schallwellen verarbeitet werden kann. Dazu dient eine kleine Diode, oder einfach ein Stück rostiges Eisen. Wichtig dabei: eine Seite des rostigen Teils (ob Nagel, Schraube, Zange oder was auch immer ist meist ziemlich egal) muss allerdings schön blank sein. Falls nicht, könnt ihr mit Schleifpapier oder eine Feile eine Seite so anschleifen, dass das sinbrige Eisen zu sehen ist.
- **Antenne:** Für die Antenne braucht ihr nicht viel mehr zu machen, als ein etwa 10 m langes Kabel (kann jede Art ungeschirmtes Kabel sein, z.B. auch einfach nur Blumen draht) auszubreiten. Es muss nicht unbedingt wie eine Wäscheleine gespannt sein, zu eng aufgewickelt erschwert es aber den Empfang. Die andere Seite einer Antenne ist eine Verbindung "zur Erde,, sprich: einen Draht verbindet ihr mit einem Heizungsrohr, dem Wasserhahn oder aber ihr steckt den Draht an einem Ende ins Gras.
- **Grundplatte:** Der Aufbau kann fliegend mit Krokoklemmen zusammengehalten werden, allerdings könnt ihr den Radio auch fest auf einer Holzplatte aufbauen. Dazu könne ir die Verbindungen mit Reißnägeln (unisoliert) und / oder Nägeln auf dem Holz fixieren, am besten funktioniert es, wenn die Verbindungen verlötet werden – das muss aber nicht sein.

Beim Zusammenbauen des Radios könnt ihr euch das Beispiel in Abbildung 10 zu Hilfe nehmen. Wenn ihr die Bauteile auf einer Platt befestigen wollt, könnt ihr die Kabel mit den Reißnägeln einklemmen. Evtl. müsst ihr die einzelnen Kabeltypen vorher so miteinander verwickeln, dass sie sich sicher berühren. Den Kupferlackdraht an den Enden mit einem feinen Schleifpapier anschleifen, damit ein Kontakt bestehen kann – blankes Kupfer erscheint oft mehr rosa als das als kupferfarben bekannte orange-rot.

Zusammenbau: Eine Seite der Spule muss mit der Antenne, die andere Seite mit der Erde verbunden sein. Die Erdseite der Spule verbindet ihr gleich mit einem Pol des Ohrhörer, z.B. mit Krokoklemmen, oder aber ihr wickelt einfach etwas Draht um den Stecker. Die andere Seite wird fest mit dem blanken Teil des rostigen Eisenteils verbunden. Den Kreis schließt eine Verbindung des anderen Pols des Ohrhörers mit dem rostigen Teil des Eisens – diese Verbindung darf aber nicht fest sein. Auch hier bietet sich die Verwendung einer Krokoklemme an, aber auch ein blankes Stück draht funktioniert gut. Die Verbindungsstelle des Drahtes mit dem Roststück muss frei wählbar sein.

RADIOHÖREN

Jetzt könnt ihr versuchen, einen der wenigen verbliebenen Sender zu empfangen. Da es für die Suche der richtigen Kontaktstelle auf dem Roststück viel Geduld braucht, könnt ihr zu Anfangs eine Diode einbauen. Die Dioden haben meiste einen kleinen schwarzen (oder weißen) Strich in der Nähe eines der Kontakte – normalerweise sollte dieser in Richtung Spule zeigen, ihr könnt die richtige Richtung aber auch einfach ausprobieren. Mit der Diode gelingt der Empfang meist auf anhieb: ihr solltet Stimmen oder Musik des stärksten Radiosenders „in der Region“ hören. Da Radiosender dieser Art aber meist Reichweiten über mehrere hundert bis tausend Kilometer haben, wundert euch nicht, wenn ihr die Sprache nicht versteht! Einen anderen Sender wählen geht leider nicht so leicht.

Hat der Empfang mit der Diode geklappt, baut diese wieder aus; mit den "Rostdetektor" wird es ungleich schwieriger. Am besten sorgt dafür, dass es außen herum möglichst ruhig ist. Dann könnt ihr mit dem freien Drahtende langsam über den Rost des Eisenstücks streichen – dabei werdet ihr ein deutliches Knacken vernehmen, das nicht unbedingt vom Radioempfang herrührt. Ihr werdet feststellen, dass das Knacken im Ohrhörer in der Regel immer an den

selben Stellen auftritt – in der Nähe dieser Stellen könnt ihr die Position des Kontaktes vorsichtig verändern, und mit etwas Geduld findet ihr den Radiosender wieder, den ihr vorher mit der Diode schon gehört habt. Funktionieren tut das garantiert!

UND WIE FUNKTIONIERT DAS JETZT?

Erklärung: work in progress. Diese Art des Radios wurde schon sehr früh in der Geschichte der drahtlosen Übertragung von Sprache, Musik und mittlerweile ja sogar Daten (z.B. dem Internet per Edge oder 3G) verwendet. Er benötigt keine zusätzliche Stromversorgung, alle Energie, die zur Umwandlung der Radio- in akustische Signale benötigt wird, erhält die Schaltung aus dem Empfang der Radiowellen – deswegen werden auch nur verhältnismäßig starke Radiosender empfangen werden, deren Sendeleistung liegt bei einigen 100 kW!

Prinzipiell erzeugt ein Radiosender mit einer Antenne, die früher (und teils auch heute noch) nichts anderes war als das, was im Experiment zum Empfang verwendet wird – ein langes Stück Draht, Radiowellen. Die Radiowellen, meist charakterisiert durch ihre Frequenz, breiten sich vom Sender in alle Richtungen aus und werden durch sog. Modulation mit Musik und Sprache versehen. Im für den Radio hier relevanten Bereich (Frequenz zwischen ≈ 00 kHz (800.000 Hz) und ≈ 2 MHz (2 Millionen Hz)) geschieht das über Amplitudenmodulation (AM). Mit anderen Worten, der Sender variiert quasi die Sendeleistung – bei tiefen Tönen langsamer, bei hohen schneller. Auf der Empfangsseite, also im Radio, müssen nun lediglich diese Amplitudenschwankungen hörbar gemacht werden, und das geschieht mit einem sog. Gleichrichter, der Diode. Welcher Sender empfangen wird hängt von dessen Leistung und gewissermaßen von der Spule ab, es sei denn man erweitert das Radio noch um einige Bauteile, dann lässt sich der Sender wählen.

Bei den meistens für Lokalsender verwendeten höheren Frequenzen von einigen 10 bis 100 MHz (UKW) wird i.d.R. keine Amplitudenmodulation verwendet, sondern sog. Frequenzmodulation (FM). Dabei wird nicht die Amplitude, sondern die Frequenz selbst um ein paar Prozent oder Promille verändert. Dies lässt sich leider nicht mehr so leicht empfangen, da das Radio selbst eine Art Vergleichsfrequenz erzeugen muss – und das geht nicht ohne Strom.

DER KRISTALLENDETEKTOR

Früher hatte man weder Germaniumdioden, noch rostige Nägel verwendet - das eine existierte nicht, das andere ist mühsam zu bedienen. Stattdessen wurden Dioden aus speziellen natürlichen Kristallen eingesetzt – namentlich Pyrit (alias Katzensgold) oder Galenit. Wenn ihr einen solchen Kristall habt und dafür verwenden wollt, so umwickelt ihn gut und fest mit unisoliertem Draht. Dies wird das Ende, das mit der Spule verbunden sein muss (genauso wie die blanke Seite des Rosstücks). Die andere Seite wird genauso wie mit Eisen mit einem losen Drahtende abgetastet, das funktioniert aber um einiges leichter als mit Rost, nur braucht man leider einen Kristall dafür.

BAUTEILE – WERS GENAU WISSEN WILL

Zum Einkauf: Am besten funktionieren Germaniumdioden, Typen (z.B. bei Reichelt suchen): AA137. Diese sind relativ teuer, weil kaum mehr verwendet (aber schön ;-)) – ersatzweise lassen sich Kleinsignal-Shottky-Dioden einsetzen, z.B. der Typ BAT43. Verwendete Kondensatoren sollten im pF (Pikofarat) Bereich liegen, z.B. ≈ 2 pF. Wenn ihr einen Widerstand einsetzen wollt: probiert Werte im Bereich um 100 k Ω oder mehr. Der Ohrhörer muss ein hochohmiges Modell sein, einige 1000 Ω sollte er haben. Für normale Ohrstöpsel

oder Kopfhörer ist die Leistung zu gering.

SICHERHEITSHINWEISE

Gibt es quasi keine, Kondensatoren und Dioden sollte man natürlich nicht verschlucken...

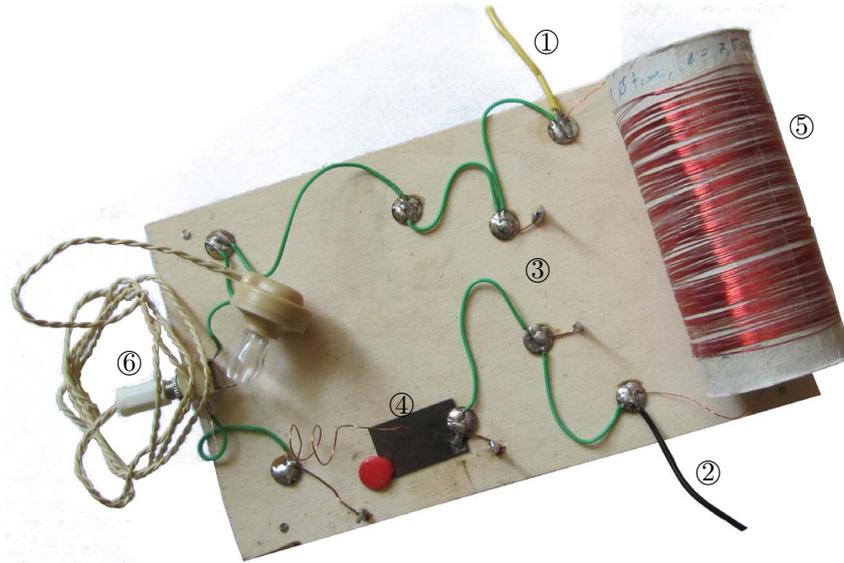


Abb. 10: Ein funktionstüchtiges Rostradio. Der Aufbau wurde noch um eine 3.5 mm-Klinke-Buchse erweitert, um den Ohrhörer besser anstecken zu können. Die spitzen Stifte zum Ankleben von Krokodellenden und diversen weiteren Bauteilen sind von unten durch die Platte geschlagene Nägel. 1: Erdanschluss, 2: Antenne, 3: Platz für Kondensator und oder Widerstand, 4: (Rost-)Diode, 5: Spule, 6: Ohrhörer

2 Werkzeuge, Materialien, Bezugsquellen

Auch wenn die meisten von euch das hier alles schon kennen - damit ihr nicht ratlos vor den Bauanleitungen steht, sind hier die wichtigsten Dinge einmal zusammengefasst. Das muss nicht heißen, dass ihr alles, was hier aufgeführt ist, besitzen müsst, um in der Gruppenstunde experimentieren zu können, mit etwas Erfindergeist reicht auch eine Schere oder ein Messer - manche Dinge liegen aber sowieso im Werkzeugkasten, und dann dürfen die auch entsprechend eingesetzt werden. Es sind nur Dinge aufgeführt, die nicht sowieso meist vorhanden oder allgemein bekannt sind, wie Reißnägel, Scheren oder Messer. Die Aufzählung erfolgt in loser Reihenfolge.

Falls ihr euch Teile davon anschaffen wollt, gibt's am Ende dieses Abschnittes auch eine Liste mit Bezugsquellen für die unterschiedlichsten Dinge.

2.1 Werkzeuge - was man brauchen kann

Was hier aufgelistet ist ist nicht nur *nice to have*, sondern erleichtert einem tatsächlich die Arbeit enorm. Trotzdem braucht ihr nicht loszuziehen und sofort alles einzukaufen, was da steht; das meiste liegt wahrscheinlich sowieso schon irgendwo im Truppheim herum.

- Zangen. Die gibt es in verschiedenen Ausführungen, von filigran zu dick, von schwach und viel zu zerbrechlich bis hin zum Zerstörer. Für den Anfang reichen ein oder zwei „normale“ Flachzangen, wie sie hier zu sehen sind. Die sind etwa 15 cm lang und ersetzen die Finger, gerade wenn es ums Biegen oder Zusammendrücken von Drähten oder Blechen geht - sehr angenehm. Beim Biegen von Drähten in engen Kurven haben sich Spitzzangen bewährt.
- Schraubenzieher (Schraubendreher). Unvermeidbar, wenn irgendwo Schrauben sind. Die Dinger gibt es mit verschiedenen Spitzen und Dicken - am häufigsten sind wohl Schlitz- und Kreuzschlitzschraubenzieher. Wer nicht schrauben muss, der braucht die Dinger nicht, allerdings kommt das beim Aufbau von etwas robusteren Experimenten selten vor. Zur Not lassen sich viele Schrauben aber auch mit einer Zange drehen. Für alle Sparfüchse: oft passen Schlitzschraubenzieher auch in etwas kleinere Kreuzschrauben. Wer wissen will, wie der jeweilige Schraubenzieher heißt, nach dem man für eine bestimmte Schraube im Baumarkt zu fragen hat, der kann auf <http://www.schrauben-norm.de> nachschauen.



Abb. 11: Flachzange oben, Spitzzange unten

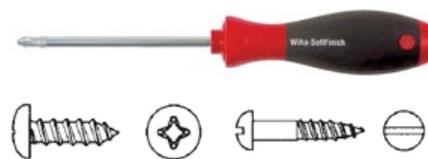


Abb. 12: Eine repräsentative Umfrage hat gezeigt, dass Schraubenzieher so oder so ähnlich aussehen. Unten links eine Kreuzschlitzschraube, daneben Schlitz.

- Phasenprüfer. Eigentlich auch ein Schraubenzieher, aber trotzdem eigens. Einerseits, weil die Größe des Schlitzes vorne so gewählt ist, dass er universell auf mehr oder weniger alle beim Basteln auftauchenden Schrauben passt, die mit einem Schraubenzieher drehbar sind (meist sogar auf die Kreuzschlitzschrauben), und zweitens, weil es wohl der billigste aller erhältlichen Schraubenzieher ist - im Baumarkt gibt es Seinesgleichen meist ab 1 €. Ganz nebenbei leuchtet er hinten im Griff auf, wenn man damit an Teile gerät, die Netzspannung führen und den Griff hinten berührt - sollte man aber nicht unbedingt mit allem ausprobieren, dafür gibt es bessere und vor allem sicherere Gerätschaften.
- Seitenschneider / Kneifzange. Zum abzwicken, durchzwicken, abschneiden, aufreißen, durchkneifen und was einem sonst noch einfällt. Die Ausführung oben in der Abbildung rechts ist die filigranere Version, zu empfehlen vor allem für Kabel, Drähte, Kabelbinder etc. genannt *Seitenschneider*, weil damit auch ganz nah am Experiment ein Stück Draht seitlich abgezwickelt werden kann. Die rabiaterere Ausführung darunter gibt es auch groß genug für Nägel oder gar Schrauben, allerdings kann man damit auch schnell mal den Aufbau verreißen.



Abb. 13: Typische Form eines Phasenprüfers. Im Griff rechts in eine Lampe eingebaut, die, wenn ihr die Spitze vorne an ein stromführendes Teil bringt, und hinten mit dem Finger auf den Schraubenzieher drückt zu glimmen beginnt. Aber vorsicht: kein glimmen bedeutet nicht automatisch kein Strom!



Abb. 14: Seitenschneider ohne, Kneifzange unten. Für den Anfang sollte ein Seitenschneider reichen, wer eine Kneifzange schon hat, braucht aber keinen zu kaufen.

2.2 Werkzeuge - *nice to have*

Folgendes kann auch durch geschicktes Anwenden der bereits beschriebenen Werkzeuge ersetzt werden. Wer öfters am Experimentieren ist, kann die aber auch sehr gewinnbringend einsetzen - vor allem spart man sich Zeit und Nerven.

- Abisolierzange. Wie eine Flachzange, aber mit ringförmigen Schneiden vorne in den Backen, deren minimalen Abstand man übrigens mit einer kleinen Schraube einstellen kann. Damit lassen sich Isolierungen von Kabeln und Drähten ganz bequem entfernen ohne Gefahr zu laufen, das Kabel selbst zu verletzen. Hilfreich wohl vor allem beim Experimentieren mit Strom.



Abb. 15: Eine Abisolierzange, ist in dieser Ausführung völlig ausreichend für die meisten Kabel.

- Messschieber / Schieblehre. Das etwas bessere Lineal, immer dann zu empfehlen, wenn der Aufbau nicht nur funktionieren, sondern auch schön aussehen soll. In manchen Fällen kommt man auch gar nicht darum herum, beispielsweise wenn gebohrte Löcher auf eine Motorwelle passen müssen. Übrigens: ob man Messschieber oder Schieblehre sagt macht dem Gerät nichts aus, bestimmte Ausbildungsrichtungen leisten sich aber regelrechte Straßenschlachten um die richtige Bezeichnung.



Abb. 16: Ein Messschieber mit Noniusskala, lässt Längen und Dicken bis auf mindestens ein Zehntel Millimeter genau ablesen.

2.3 Zubehör für Experimente aus der Elektronik

Batterien, Radios, Solarzellen oder Motoren - wenn man damit experimentiert, sind die unten aufgeführten Hilfsmittel ein guter Rat. Zwar geht es auch ohne - wer möchte kann die Kabel gern frei nach MacGyver durch Kaugimmipapier ersetzen - die Experimente gelingen sonst aber meistens leichter.

- Krokodklemmen. Auch Messstrippen genannt, lassen sich damit schnell und einfach die wildesten elektrischen Leitungsnetze zusammenbeißen. Die Klemmen sind in der Regel stark genug, um auch an untypischen Stelle wie Schrauben oder Blechen gut zu halten. Alternativ gibt es Kabel in manchen Shops auch mit Magneten an den Enden - zum noch schnelleren Aufbauen von Verbindungen, vorausgesetzt, es ist alles aus Eisen oder Magneten aufgebaut.

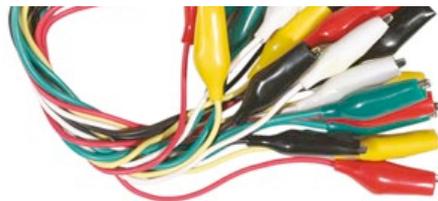


Abb. 17: Ein typischer Satz Krokodilklemmen, Kostenpunkt etwa 10€.

- Klingeldraht / Schalllitzen. Bequem verarbeiten lassen sich, wenn es um elektrische Verbindungen geht, also sog. Klingeldraht oder, je nach Anwendung, Schalllitzen. Klingeldraht gibt es meist sogar unter genau diesem Namen im Baumarkt zu kaufen, Schalllitzen bestellt man besser im Fachhandel. Litzen bezeichnen weiche, verknotbare Kabel, Drähte sind formstabiler, brechen aber gerne. Die Dicke der Drähte wird mit deren Querschnittsfläche in Quadratmillimetern angegeben – je dicker, desto größer die Oberfläche, desto mehr Strom kann fließen, ohne dass der Draht heiß wird. Also lieber zu dick, als zu dünn.



Abb. 18: Abgebildet sind typisch aufgerollte Schalllitzen, hier mit 0.14 mm^2 , Klingeldraht ist meist zweiadrig (z.B. weiß und blau) und etwas dicker - und natürlich starr.

- Multimeter / Messgerät. Praktisch, nicht nur wenn das Experiment mal nicht funktioniert. Kostenpunkt im billigsten (aber allemal ausreichenden) Fall unter 10€. Damit lassen sich (deswegen *Multimeter*) Strom, Spannung und Widerstand messen. Manche Geräte haben eigene Einstellungen zum Messen von bestimmten elektronischen Bauteilen, die Grundfunktionen reichen aber völlig. Mit dabei sein sollten die passenden Prüfstrippen, mit zum Gerät passenden Steckern am einen, und Spitzen am anderen Ende. Vorsicht: nicht alle Geräte eignen sich auch dazu, höhere Spannungen, wie z.B. aus der Steckdose, zu vermessen. Dafür sind bei allen Geräten kurze Datenblätter dabei, die Maximalwerte für verschiedene Messungen angeben.



Abb. 19: Typisches Digitalmultimeter für Strom-, Spannungs-, und Widerstandsmessung, und den zugehörigen Messstrippen.

Viele der elektronischen Versuche bauen auf ein paar wenigen, speziellen Bauteilen auf. Einige davon werden heutzutage kaum noch verwendet oder werden in spezieller Ausführung gebraucht und sind deshalb oft nicht gleich auf den ersten Katalogseiten diverser Händler zu finden. Damit die Experimente dennoch klappen, sind hier ein paar davon erklärt.

- Holz & Reifnägel. Klingt blöd, aber zum Befestigen von Elektronischen Bauteilen, Drähten, Schaltern und anderen Schaltungselementen eignen sich weiches Holz und ein paar unbeschichtete (also ohne Plastikkappe) Reifnägel ganz hervorragend. Wer möchte, und das Zubehör hat, kann die Bauteile auch leicht an die Reifnägel anlöten, das verbessert den Kontakt und macht alles etwas robuster.
- Dioden. Wichtigste Eigenschaft: der Strom fließt hier nur in einer Richtung durch. Ein Experiment basiert ganz erheblich auf dem Einsatz einer Diode, das Radio lässt sich trotz Selbstbaudiode aus Rost oder Pyritt besser testen, wenn man eine „echte“ zur Hand hat. Dabei ist aber wichtig, dass man auf die im Experiment angegebenen Typen achtet! Als Stichwörter seien hier Germaniumdioden genannt, diese funktionieren praktisch alle als Radiodiode.



Abb. 20: Richtig, so schaut das aus...



Abb. 21: Typisches Bauformen von Germaniumdioden, das Glas ist manchmal auch schwarz. Typen zum Einkauf sind im Versuch extra angegeben.

- Leuchtdioden (engl. *light emitting diode*, LED). Eng verwandt mit den Dioden, leuchten aber. Hat man die Selbstbaubatterie fertig gebaut und vermessen, möchte man in der Regel auch irgendwas „sinnvolles“ damit anstellen. Für die naheliegenden Dinge reicht die Leistung meist bei weitem nicht aus, für etwas Licht im Dunkel sorgen aber LEDs, die brauchen sehr viel weniger Strom als die übliche Glühlampe und auch die Spannung liegt im Bereich des machbaren. Am besten funktionieren rote LEDs, oder solche, die als *low current* Modell gekennzeichnet sind. LEDs haben meist Drähte zum anschließen, und sind somit leichter mit Krokodellenden zu kontaktieren wie Lämpchen mit Schraubfassung, müssen aber richtig herum angeschlossen sein - langer Draht positiv, kurzer Draht negativ.



Abb. 22: Ein Haufen verschiedene LEDs

2.4 Tipps & Tricks für Chemische Versuche

- **Fläschchen & Gläser.** In Labors werden meist Gläser aus temperaturbeständigem Glas, z.B. „Duran“ von Schott verwendet. In diversen Onlineshops (z.B. Neubert) gibt's diese im 100 ml Bereich für unter 10€, trotzdem reichen meist alte Marmeladengläser, oder sog. „Apothekerfläschchen“ aus. Oberste Laborregel: Flaschen immer mit Inhalt beschriften, auf Glas lassen sich auf Permanentstifte wieder mit Alkohol abwaschen.
- **Reagenzgläser.** Der Standard für Experimente, und in einfacher Ausführung auch sensationell billig – siehe Laborglasshop. Meistens sind die Gläser robust genug, um über einer Gasflamme (Bunsenbrenner, oder billiger: Lötlampe) erhitzt zu werden. Manchmal allerdings bestehen die Gläser eigentlich aus Acrylglas, und das schmilzt und brennt. Glas selbst ist ein schlechter Wärmeleiter, wenn unten gekocht wird kann man das Reagenzglas also schon oben anfassen – esseidenn man kocht etwas Dampfendes. In diesem Fall bieten sich große Wäscheklammern als Halter an.



Abb. 23: Zwei Arten von Apothekerflaschen mit Stopfen

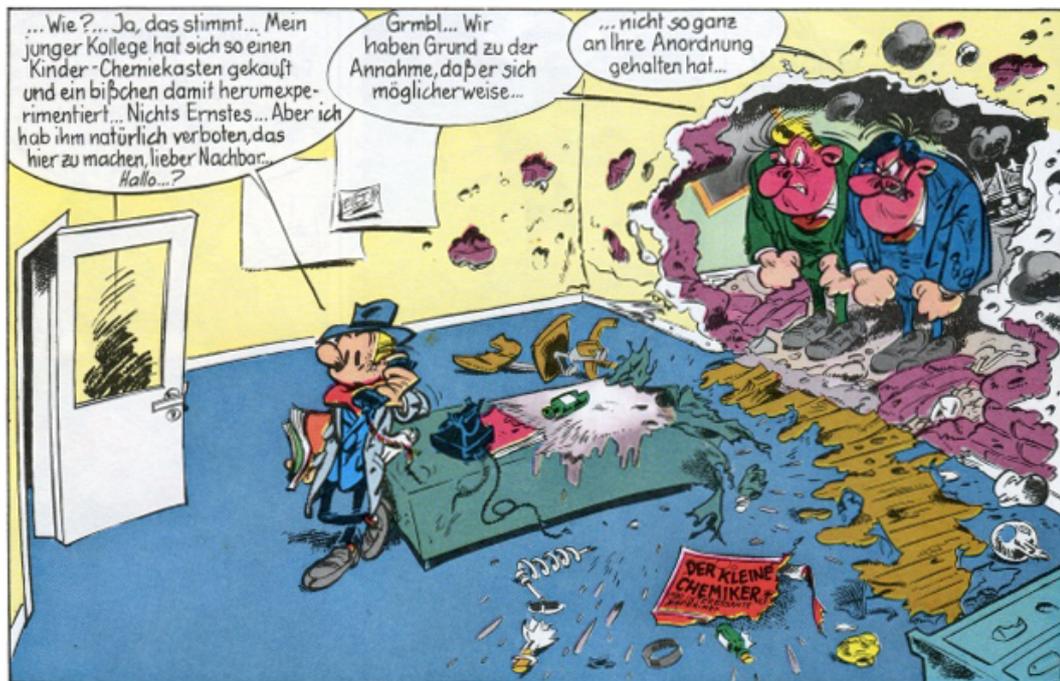


Abb. 24: Reagenzgläser in natürlicher Erscheinungsform. Die Klammer ist aus Plastik, Holz wäre besser.

2.5 Bezugsquellen

- **OPITEC** (<http://www.opitec.de>)
OPITEC ist ein Sammelsurium an Bastelmaterialien aller Couleur, leider manchmal auch eine Apotheke was die Preise angeht. Dafür gibt es so ziemlich alles, was man für diverse Experimente brauchen kann. Die Elektronik-Abteilung ist sogar speziell dafür ausgelegt. Auch das restliche Sortiment richtet sich wohl primär an Unterrichtsausstattung. Außerdem kann man auch als Neukunde bequem per Rechnung bezahlen. Sämtliche Bilder aus diesem Abschnitt wurden übrigens da gemopst...
- **Pollin** (<http://www.pollin.de>)
Pollin Elektronik verkauft vornehmlich Restposten aller Art, ein gewisses Stammsortiment ist allerdings immer vorhanden. Zubehör für elektronische Versuche aller Art sowie Werkzeug gibt es hier zu meist unschlagbaren Preisen - solange Vorrat reicht. Bevor man die „Zutaten“ wo anders bestellt, hier mal vorbeischaun.
- **AstroMedia**  (<http://astromedia.eu>)
Bei Astromedia gibt es diverse (Papier-)Bausätze aller möglichen Fernrohre, Teleskope usw. zu kaufen. Zudem können starke Magnete, Linsen, optische Filter usw. hier bezogen werden. Man bezahlt auch als Neukunde bequem per Rechnung.

-  **MONTESSORI LERNWELTEN** (<http://http://www.montessori-material.de>)
Neben dem, was man hinter dem Namen erwarten würde, gibt es hier alle möglichen „Rohmaterialien“, z.B. Filmdosen in rauen Mengen.
-  **Reichelt** (<http://www.reichelt.de>)
Reichelt Electronik, Versandhaus für Elektrozubeör und einzelne Bauteile, größeres Sortiment als Pollin, aber oft teurer.
-  **CONRAD** (<http://www.conrad.de>)
Conrad Electronik, Versandhaus für Elektrozubehör mit großer Abteilung für Modellbau und Solar, allerdings preislich weit abgeschlagen. Hier gibt es allerdings den ein oder anderen Exoten...
-  **www.Laborglasshop.de** (<http://www.laborglasshop.de>)
Der „Laborglasshop“ verkauft momentan zwar nur Reagenzgläser, diese aber sensationell billig für ca. 1 Cent pro Stück.
-  **GLÄSER UND FLASCHEN** (<http://glaeserundflaschen.de>)
Zum aufbewahren diverser Lösungen gibt es hier passende Fläschchen. Zwar eigentlich nicht als Laborbedarf gedacht, das weiß das Glas aber nicht.
-  **NEUBERTGLAS** (<http://www.neubert-glas.de>)
Laborbedarf von A bis Z. Reagenzgläser gib's wo anders billiger, ansonsten kann man hier wohl seinen Grundbedarf decken, wirklich notwendig sind die hier gebotenen Gläser aber nur, wenn die Chemie heißer wird...



I Storm panschen – Batterien selbstgebaut

⌚ 120 min

MATERIAL - ALLGEMEIN

- Kabel (dünne, isolierte, flexible Kabel; zur Not auch einfach unbehandelter Blumen- draht und Wäscheklammern zum Fixieren an den Kontakten)
- Sparsame Fahrradlampchen oder besser LEDs (siehe unten)
- für Experimentierfreudige: ein Multimeter

MATERIAL - PRO BATTERIE

- ca. 10 cm langer, unisolierter, dicker Kupferdraht (starr!), z.B. aus Stromleitungen
- ein verzinkter Nagel
- geeignetes Gefäß mit durchstoßbarem Deckel (idealerweise Filmdosen)
- genug Essig, um das Gefäß ordentlich zu füllen
- evtl. ein Stück dünne Pappe (z.B. der Rücken eines gebrauchten Spiralblocks)

AUFBAU

Wie in Abb. Abbildung 25 gezeigt. Den Draht abisolieren und in eine Spirale wickeln, zu- sammen mit dem Nagel durch den Filmdosendeckel stoßen - beide dürfen sich nicht berühren; dazu kann ein Stück Pappe als Abstandshalter dienen. Die Filmdose mit Essig auffüllen.

WAS LEUCHTET...

...braucht wenig Strom, zumindest hier. Am besten eignen sich sog. *low current*-LEDs (einfach als Suchbegriff z.B. bei Reichelt verwenden), meist brauchen auch rote am wenigsten Strom. Auch weiße, superhelle LEDs funktionieren ganz gut. LEDs leuchten übrigens nur, wenn der Strom in die richtige Richtung fließt. Die Spannungen von Leuchtdioden liegen meist zwischen 2 und 3 Volt, entspricht etwa 2 bis 3 Batterien hintereinander.

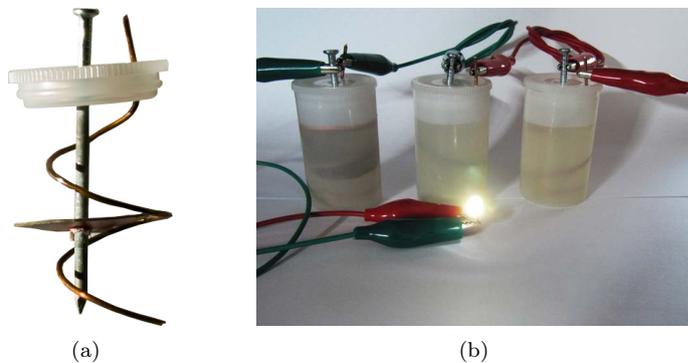


Abb. 25: (a): Innenaufbau einer Filmdosenbatterie. Dieses Exemplar war schon einmal kurz in Verwendung, weswegen der Draht und der Nagel nicht mehr ganz blank sind. Das Pappstück hält den Nagel vom Kupferdraht fern. (b): 3 Batterien, etwa 2.8 V reichen für eine weiße LED.

II Der Unipolarmotor

⌚ 45 min

MATERIAL

- ca. 30 cm Kupferdraht, unisoliert und relativ dick (z.B. 1.5 mm²)
- eine „AA“ Batterie (oder größer / kleiner, aber mit „AA“ geh es am besten) Sicherheitshinweise beachten!
- ein starker Magnet, zylinderförmig
- evtl. eine spitze Eisenschraube und etwas Schaltlitze

AUFBAU

Entsprechend Abbildung 26. Für den Drahtmotor sollte die Leiterschleife zwar den positiven Pol der Batterie, nicht aber die Batterie selbst direkt berühren. Der Magnet kommt an den negativen Pol. Nicht alle Magnete haben ihr Feld in der richtigen Richtung, Nord- und Südpol sollten an den flachen Seiten des Magneten zur Batterie hin bzw. von ihr weg schauen.

Die Zweite Variante benötigt nur einen mehr oder weniger beliebigen Magneten und eine Schraube. Der Magnet kommt an die Schraube, die aus Eisen sein sollte, damit sie selbst magnetisch wird und an der Batterie haften bleibt. Mit Draht wird die Verbindung vom anderen Pol der Batterie zur Schraube hergestellt.

Wichtig: Auf keinen Fall andere als standard Alkali-Batterien verwenden!

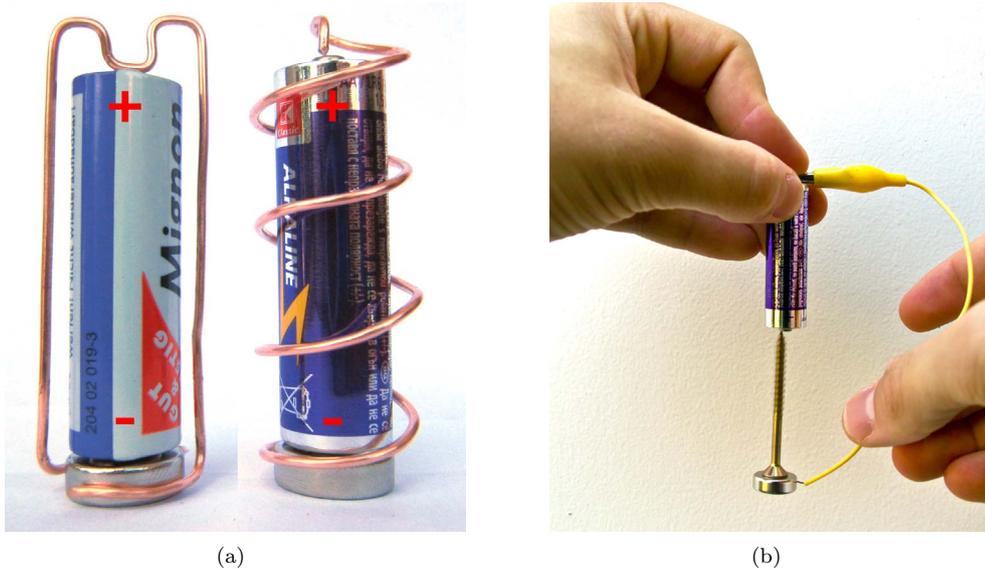


Abb. 26: (a): Zwei Beispiele für den Drahtmotor. Der Pluspol ist wie angegeben oben am Draht. (b): Schraubenmotor in Aktion

III Nicht-Newton'sches Fluid, alias Stärkematsch

🕒 45 min

MATERIAL

- ein Gefäß zum Ansetzen der „Flüssigkeit“
- Kartoffelstärke (je nach gewünschter Menge)
- Wasser (siehe Text)
- Zum Experimentieren: Robuste Schalen, Hämmer, Großer Lautsprecher etc.

STÄRKEMATSCH

Zum Anrühren der Flüssigkeit immer mit dem Pulver beginnen, also etwa so viel Stärkepulver verwenden, wie später Fluid vorhanden sein soll. Das Wasser wird dann langsam dazugekippt, aber immer nur Tröpfchenweise - zu Viel lässt sich kaum mehr korrigieren, wenn ihr Stärkepulver auf die Masse streut gibt das meistens Klumpen.

Wenn genug Wasser zugegeben wurde erscheint die Masse beim rühren klumpig, zerfließt aber sofort wieder, wenn ihr mit dem Rühren aufhört.

EXPERIMENTE MIT EINEM NICHT-NEWTONSCHEN-FLUID

Auf einem flachen Teller ausgebreitet lassen sich mit einem Hammer Löcher hineinschlagen (siehe Abbildung 27, das Zeug kann man auch zerschneiden, oder mit der Faust darauf schlagen, einfach experimentieren).

Wer's hat kann mit einem Lautsprecher, einem größeren Verstärker und etwas basslastiger Musik, besser noch einem Funktionsgenerator (Sinuswelle um 10 Hz) das Fluid auf dem Lautsprecher tanzen lassen. Eine Software, die kostenlos z.B. auf einem Laptop verwendet werden kann, ist z.B. „Scope“ für Windows (http://www.zeitnitz.de/Christian/scope_en) oder „Audacity“ für Linux oder Mac (<http://audacity.sourceforge.net/>). Bei den für den Versuch benötigten Verstärkungen **unbedingt auf die Ohren achten**.

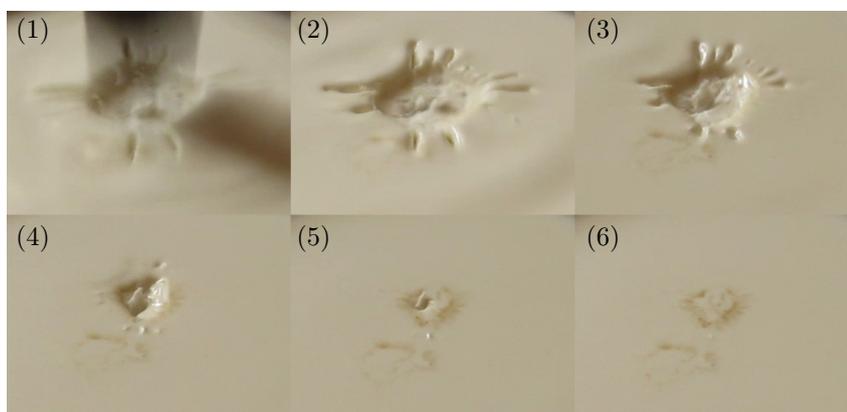


Abb. 27: Stärkematsch nach einem Hammerschlag. Der ganze Vorgang dauert etwa 1.5 sek., zu sehen bleibt nur etwas Rost vom Hammer.

IV Rotkohl oder Blaukraut - der Säure/Base-Kohl ☹ 30 min

MATERIAL

- etwa 100 g roher Rotkohl / Blaukraut, die Blätter davon
- ca. 200 ml bis 500 ml (kaltes) Wasser
- ein edelstahltopf und passender Kocher
- Messbecher
- Reagenzgläser oder andere wärmebeständige Gläser / Plastikbecher, am besten durchsichtig
- Chemikalien zum Experimentieren (Essig, Zitronensäure, Hausnatron)

HERSTELLUNG

Etwa 100 g Kohlblätter kleingeschnitten in einem Topf mit etwas Wasser auskochen. Es sollten keine Zusatzstoffe im Wasser gewesen sein (den Kohl also z.B. nicht salzen). Das Wasser nach dem Kochen kurz abkühlen lassen.

FARBSPIELE MIT SÄUREN UND BASEN

Das Farbwasser verändert die Farbe abhängig vom pH-Wert der Lösung. Säuren (Essig, Bier, Cola, Zitronensäure) ergeben Färbungen Richtung rot, Basen (Hausnatron, Seifenlauge, oft Chlorreiniger) färben bis hin zu gelb, dazwischen gibt es Abstufungen von blau und lila.

Beim Vermischen und Anrühren unterschiedlicher Chemikalien ist **äußerste Vorsicht** geboten! Beim Verdünnen immer Säuren/Basen in Wasser, nicht umgekehrt. In Abbildung 28 sind verschiedene Lösungen gezeigt.

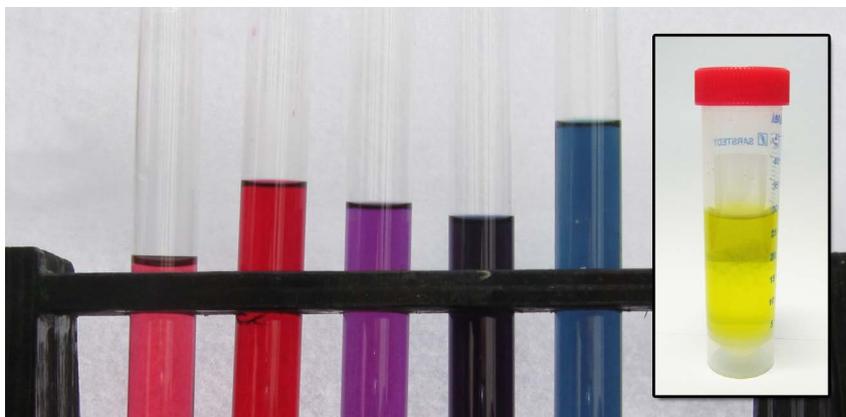


Abb. 28: Reagenzgläser mit Lösungen verschiedener pH-Werte und dem Rotkohlindikator. Von links nach rechts: Salzsäure (stark verdünnt), pH \approx 1; Zitronensäure, pH \approx 2; Zitronensäure zum Teil neutralisiert mit Hausnatron, pH \approx 4; Wasser - pH \approx 5; Hausnatron, pH \approx 7 und zuletzt, zur Sicherheit im geschlossenen Gefäß einzeln hergestellt - Natronlauge, pH \approx 14

V Back-Schieß-Pulver

🕒 15 min

MATERIAL

- Filmdosen, alte Überraschungseier, besser nix aus Glas...
- Backpulver (ein bis zwei Messerspitzen)
- Eine Säure (Essig, Zitronensäure, ca. 20 ml)

PLOPP

Der Aufbau ist denkbar einfach: beim Überraschungsei das Backpulver in die eine Schale, den Essig in die andere; oder Essig in die Filmdose, Pulver in den Deckel. Platz zum Werfen schaffen, zusammenstecken – fertig.

Bitte nicht mit Gläsern oder ähnlichem Probieren, Splitterbomben sind verboten...

SICHERHEITSHINWEISE

Gibt es quasi keine, essei denn ihr verwendet reine Zitronensäure, die sollte natürlich nicht in die Augen.

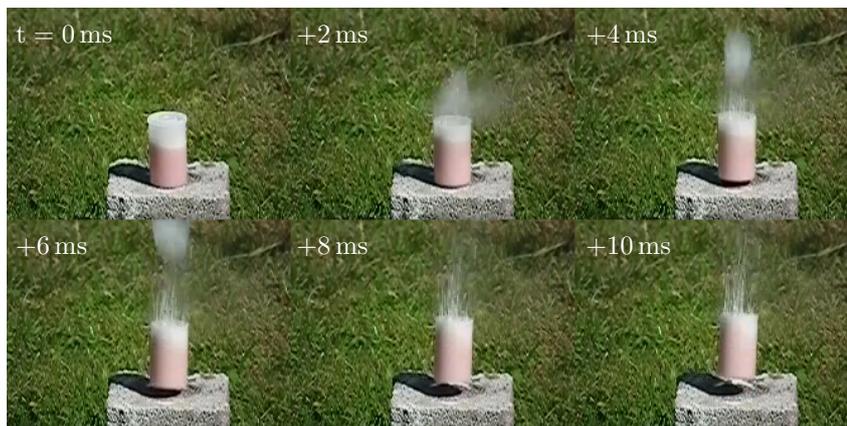


Abb. 29: Explosion einer Back-Schieß-Pulver-Dose, der Essig wurde mit Rotkohllindikator eingefärbt. Aufnahmeabstand der Bilder ≈ 2 ms. Der Deckel wird mit etwa 35 km/h angehoben.

VI Die Schlange des Pharaos

⌚ 15 min

MATERIAL

- eine feuerfeste Schale
- Sand oder Erde (am besten ohne leicht brennbare Bestandteile)
- Feuerzeug / Streichhölzer
- ca. 50 ml Brennspritus
- „Emser Pastillen“, ohne Menthol aber mit Zucker (!)
- Alternativ anstatt der Tabletten: einige Gramm Puderzucker und Hausnatron (NaHCO_3)

DES PHARAOS SCHLANGEN – ALIAS CO_2 -ZUCKER-SCHAUM

Setzt auf die feuerfeste Unterlage (z.B. einen Blechteller) einen schönen Haufen Sand und legt ein bis zwei Emser Pastillen flach auf den Haufen. Darüber kippt den Spiritus, so dass die Pastillen und der Sand außen herum damit benässt sind.

Zündet den Spiritus aus sicherer Entfernung an. Nach kurzer Zeit beginnen die Tabletten Blase zu werfen, darauf wachsen schwarze Schlangen aus ihnen heraus, die durchaus einige Zentimeter lang werden können (siehe Abbildung 30(a)).

PLAGIATSCHLAGEN

Ein Häufchen aus gleichen Teilen Puderzucker und Hausnatron kann die Tabletten auch teilweise ersetzen. Getränkt mit Spiritus und angezündet wachsen viele kleine schwarze Schlangen aus dem Häufchen hervor (siehe Abbildung 30(b)).

SICHERHEITSHINWEISE

Spiritus brennt mit einer kaum sichtbaren, aber dennoch heißen Flamme. Nach dem ersten Anzünden am besten erst mal abwarten, ob sich Hitze entwickelt. Die Überreste der Schlangen bestehen aus verkohltem Zucker und anderen Resten aus den Tabletten – bitte entsprechend entsorgen.

Achtung: es kann vorkommen, dass der Spiritus nicht komplett verbrennt und bei eventuellem Umrühren durch die Resthitze verpufft – zum abkühlen am besten einige Zeit stehen lassen, nicht gleich in den Abfall schütten!



(a)



(b)

Abb. 30: (a): Die „Schlange des Pharaos“, wie sie aus den Tabletten herauswachsen (links) oder nicht (Tabletten ohne Zucker, rechts). Bild gemoppst bei http://www.demochem.de/D-Emser_Pastillen-d.htm (b): der Nachbau aus NaHCO_3 und Zucker.

4 Quellen, Links und Literatur

Die meisten Versuche gibt's in 100ert-facher Ausführung im Internet und Büchern – und was oben steht, kommt natürlich auch nicht alles aus dem nichts. Folgendes ist also Quellenangabe und weiterführende Literatur zu gleich:

- <http://www.kids-and-science.de/experimente-fuer-kinder.html>: Einige schöne Experimente kindergerecht aufgearbeitet.
- <http://www.creative-science.org.uk>: Einige interessante Experimente recht einfach aufgebaut, meist zum Thema Elektronik. Unter anderem auch eine gute Quelle für diverse Detektorradios.
- <http://jobfit.jugendnetz.de/index.php?id=21>: Etwas kompliziertere Versuche, bis hin zur Hochspannung.
- Belitz, Groß, Schieberle; *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*; Springer 2008
- Walker; *Der fliegende Zirkus der Physik*; Oldenbourg 1983

Bilder stammen, falls nicht anders angegeben aus der Wikipedia, von OPITEC oder sind für das Handout geschossen worden. Weitere Bildquellen:

- Seite 1, Nick D. Kim, <http://www.lab-initio.com>
- Seite 2, http://www.toonpool.com/cartoons/The%20chemical%20experiment_7540
- Seite 27, Comic von André Franquin, 1997