



$E=mc^2$



# EXPERIMENTE

für zu Hause

Vol.  
4





## LIEBE JUNGE FORSCHERINNEN UND FORSCHER,

Ich freue mich ganz besonders, Euch das vierte Heft unserer Reihe „Experimente für zu Hause“ präsentieren zu können! Auch in dieser Ausgabe erwarten Euch spannende Versuche, mit denen Ihr wissenschaftliche Zusammenhänge ganz leicht verstehen und neu entdecken könnt. Denn Forschen heißt auch, mit den eigenen Ideen zu experimentieren, sie zu testen, zu erweitern und noch mal zu probieren, bis es klappt – oder auch nicht.

Dass Ihr dafür nicht immer teure Geräte, Versuchsaufbauten oder Hilfsmittel braucht, zeigen die Beispiele in diesem Heft. Auch die eigenen vier Wände oder das Klassenzimmer können zum Labor werden, in dem Ihr spielerisch neue, spannende Einsichten gewinnen und unsere Welt besser verstehen könnt.

In unserem Experimentierheft findet Ihr Ideen, mit denen Ihr direkt losforschen könnt. Wenn Ihr tiefer in ein Thema einsteigen wollt, besucht doch eines unserer 32 Schülerlabore an den Helmholtz-Zentren, die nach einer langen Coronapause wieder ihre Türen für Euch öffnen. Wie funktioniert unser Universum? Wie können wir Mensch und Umwelt vor der Klimaerwärmung schützen? Wo sind spannende Entwicklungen in der Welt der Medizin oder der Digitalisierung?

Unsere Fachleute freuen sich, Euch endlich wieder persönlich begrüßen zu können und diesen Fragen gemeinsam mit Euch nachzugehen. Bis dahin findet Ihr weitere spannende Experimente in den bisherigen Ausgaben von „Experimente für zu Hause“ und auch als Video unter [www.helmholtz.de/experiment](http://www.helmholtz.de/experiment).

In diesem Sinne viel Spaß in der Helmholtz-Welt

*Otmar D. Wiestler*

Euer Otmar D. Wiestler  
Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft



# INHALT



Vorwort ..... 3

Sicherheitshinweise ..... 6

Experimente der Schülerlabore ..... 8

**1. Elektrizität & Magnetismus**

1.1 Magischer Strohhalm ..... 8

1.2 Bau eines Elektroskops ..... 10

1.3 Umweltverschmutzung durch Handystrahlung ..... 12

**2. Licht & Schwingungen**

2.1 Licht im Wasserstrahl um die Kurve lenken ..... 14

2.2 Vom Handydisplay zum 3D-Phänomen ..... 16

2.3 Lissajous – wilde Bilder durch Töne ..... 18

**3. Wasser & Meer**

3.1 Wasser mit dem Finger heben ..... 20

3.2 Wie weit spritzt Wasser? Ein Versuch zum Wasserdruck ..... 22

3.3 Anstieg des Meeresspiegels im Klimawandel ..... 24

3.4 Tsunami in Zeitlupe ..... 26



**4. Atmosphäre & Klima**

4.1 Anemometer – ein selbst gebauter Windmesser ..... 28

4.2 Warum brauchen wir die Ozonschicht? ..... 30

4.3 Gemeinsam für ein cooles Stadtklima ..... 32

**5. Feuer & Energie**

5.1 Brennender Zucker ..... 34

5.2 Die Teebeutel-„Rakete“ ..... 36

5.3 Der „feuerfeste“ Luftballon ..... 38

**6. Raumfahrt & Lebensbedingungen im All**

6.1 Dank Rückstoß mit voller Kraft voraus! ..... 40

6.2 Pflanzenwachstum: Was benötigen Pflanzen zum Leben? ..... 42

6.3 Entlocke Sandproben ihre Geheimnisse ..... 44

6.4 Was haben ein fallender Becher und die ISS gemeinsam? ..... 46

**7. ... und was sonst noch Spaß macht**

7.1 Slush-Eis selber herstellen ..... 48

7.2 Krypto-Schatzsuche ..... 50

7.3 Wie erforscht du etwas, das du nicht sehen kannst? ..... 52

Wissenschaft selbst erleben! ..... 54

Impressionen: Die Vielfalt der Schülerlabore ..... 56

Übersicht der Angebote der Helmholtz-Schülerlabore ..... 60

Das Netzwerk Schülerlabore: Eine Übersicht der Standorte ..... 64

Impressum ..... 66





# SICHERHEITSHINWEISE

Das Arbeitszimmer, in dem eine Forscherin oder ein Forscher arbeitet, nennt man Labor. Da auch du eine kleine Forscherin oder ein kleiner Forscher bist, ist auch dein Arbeitsplatz ein Labor.

Dort gibt es folgende Dinge zu beachten:

1. Du solltest nicht essen oder trinken, außer der Versuch sieht es ausdrücklich vor.
2. Halte deinen Laborplatz stets aufgeräumt, besonders, wenn du mit spitzen, heißen, scharfen oder schweren Gegenständen gearbeitet hast.
3. Spiele nicht mit elektrischen Schaltern, Steckdosen, Steckern oder Geräten.

Am besten sprichst du vor dem Experiment mit einem Erwachsenen - damit nichts schiefgeht. Manche Experimente kannst du alleine durchführen, andere gehen ohnehin leichter, wenn dir jemand hilft.

## Und wichtig:

Verliere nicht den Mut, falls ein Experiment nicht sofort gelingt! Probiere einfach, bis es klappt. Forscherinnen und Forscher brauchen Geduld und geben auch nicht gleich auf. Doch es lohnt sich, denn bei jedem Experiment erfährst du etwas Neues!



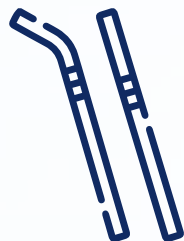


## 1.1 Magischer Strohhalm

Hast du schon mal beim Anfassen des Handlaufs einer Rolltreppe eine gewischt bekommen? Oder stand dir nach dem Ausziehen eines Pullis aus Kunstfasern buchstäblich die Haare zu Berge? Schon der Grieche Thales von Milet (ca. 624–547 v. Chr.) hat beobachtet, dass ein mit einem Wolltuch abgeriebener Bernstein leichte Gegenstände wie zum Beispiel Watte anzieht. Wie ist das möglich?

### SO GEHT'S:

1. Falte das Papierquadrat diagonal und öffne die Faltung wieder.
2. Falte das Papier nun ein zweites Mal diagonal, diesmal zwischen den anderen Ecken. Diese Faltung nicht rückgängig machen.
3. Falte nun das vor dir liegende Dreieck an der langen Seite mittig, sodass ein kleineres Dreieck entsteht (Bild 2).
4. Lege das Papierdreieck so vor dich, dass die lange Seite zu dir zeigt. Zeichne mithilfe des Lineals zwei Linien von den beiden Ecken der langen Seite zur Mitte des Dreiecks, wie in Bild 3 gezeigt.
5. Schneide nun, wie in Bild 4, das schraffierte Papierstück heraus und falte den Papierstern auf.



### DAS BRAUCHST DU:

- STROHHALM (GLAS, ALTERNATIV PLASTIK)
- QUADRATISCHES BLATT PAPIER (15 CM SEITENLÄNGE)
- BLEISTIFT UND LINEAL
- SCHERE, KNETE UND ZAHNSTOCHER
- KLEIDUNGSSTÜCK AUS WOLLE (Z. B. EINE SOCKE)

6. Forme aus der Knete eine kleine Kugel, stelle sie auf den Tisch und stecke den Zahnstocher hinein.
7. Lege den Papierstern mittig auf den Zahnstocher, sodass die Sternspitzen nach unten hängen und frei schweben können (Bild 5).
8. Reibe den Strohhalm am Wollkleidungsstück und bewege ihn mit etwa 1 cm Abstand um den Stern und beobachte, was passiert.



### ERKLÄRUNG:

Alle Gegenstände bestehen aus positiven und negativen Ladungsteilchen, die sich gegenseitig anziehen. Negativ geladene Teilchen heißen Elektronen, positiv geladene Teilchen nennt man Protonen.

Durch das Reiben des Strohhalms am Wollkleidungsstück sammelt sich am Halm negative elektrische Ladung: die Elektronen von der Wolle. Somit ist der Halm nun negativ aufgeladen.

Normalerweise streben alle Gegenstände einen Zustand an, in dem sich positive und negative Ladungen ausgleichen und sie ungeladen (elektrisch neutral) sind. Der „magische Strohhalm“ zieht, weil er einen Überschuss an negativer Ladung hat, die positive Ladung des Papiers an, und der Stern folgt so der Bewegung des Halms. (Die Ladung kann sogar durch die Luft springen.)

Dieses Phänomen nennt man statische Aufladung. Sie entsteht durch die Reibung zwischen zwei Gegenständen. Probiere im nächsten Versuch („Bau eines Elektroskops“) auch mal aus, was passiert, wenn du mit einem aufgeblasenen Luftballon über deine Haare reibst. (Die Erklärung dazu findest du dann im nächsten Experiment.)



DLR\_School\_Lab TU Dortmund

[www.tu-dortmund.de/schoollab](http://www.tu-dortmund.de/schoollab)

[www.dlr.de/schoollab/tu\\_dortmund](http://www.dlr.de/schoollab/tu_dortmund)

## 1.2 Bau eines Elektroskops

Im vorherigen Experiment, dem „Magischen Strohhalm“, hast du elektrische Ladungen kennengelernt und gesehen, dass unterschiedliche Ladungen sich anziehen. Aber gibt es auch ein Gerät, das anzeigt, wenn etwas geladen ist? Ja, das Elektroskop! Hier zeigen wir dir, wie du selber eins bauen und benutzen kannst.



SO GEHT'S:

1. Schlage mit Hammer und Nagel ein Loch in die Mitte des Deckels. Lass dir dabei von Erwachsenen helfen.
2. Verbiege die Büroklammer, wie in Bild 2 gezeigt, und stecke sie durch das Loch im Deckel.
3. Mache zwei ca. 1 x 4 cm große Streifen Alufolie mit jeweils einem Loch am Ende: Es ist einfacher, zuerst die Folie zu lochen und danach die Streifen zu schneiden.
4. Hänge die Alufolienstreifen so an die Büroklammer, dass sie entspannt nebeneinander herunterhängen, ohne sich dabei zu berühren.
5. Schraube den Deckel samt Büroklammer und Alufolie auf das Glas.
6. Reibe den aufgeblasenen Luftballon an deinen Haaren und beobachte, was mit deinen Haaren passiert.
7. Bringe nun den Luftballon in die Nähe des Deckels und achte darauf, wie die Alustreifen reagieren.

DAS BRAUCHST DU:

- SCHRAUBGLAS MIT DECKEL
- HAMMER UND NAGEL
- BÜROKLAMMER UND SCHERE
- LUFTBALLON
- LOCHER UND ALUFOLIE



### ERKLÄRUNG:

Wie im letzten Versuch bleiben durch das Reiben des Luftballons Elektronen, die vorher in deinen Haaren waren, am Luftballon hängen. Daher ist der Ballon danach negativ geladen und deine Haare positiv. Da sich unterschiedliche Ladungen anziehen, werden auch deine Haare vom Luftballon angezogen. Bei den beiden Alustreifen im Glas ist das anders: Sie sind zuerst ungeladen, also elektrisch neutral. Kommt jetzt der negativ geladene Luftballon über das Glas, stößt er die Elektronen in den Alustreifen ab, weil gleiche Ladungen sich gegenseitig abstoßen. Die Elektronen versammeln sich also möglichst weit weg vom Ballon in den unteren Enden der Alustreifen, die dadurch ihrerseits beide negativ aufgeladen werden. Die Folge: Wie von Geisterhand stoßen sich nun die Streifen gegenseitig voneinander ab und bewegen sich auseinander, und zwar umso weiter, je stärker die elektrische Ladung ist. Allerdings leiten die Alustreifen und die Büroklammer Strom sehr gut, was dazu führt, dass die Ladungen sich dann schnell wieder ausgleichen. Daher ist der Effekt vor allem dann zu sehen, wenn sich die Verteilung der Ladungen gerade ändert, also der Ballon bewegt wird.

**Tipp:**  
Du kannst die Entladung sogar hören und manchmal auch als Lichtblitz sehen.



Gebogene Büroklammer



Büroklammer am Deckel befestigen



Das Elektroskop zeigt Ladung an.

### Achtung!

Es können ungefährliche Entladungen in Form von Miniblitzen entstehen. Deswegen sollte das Elektroskop nach Gebrauch immer entladen werden. Dazu muss der Deckel des Glases kurzen Kontakt zum Zimmerboden bekommen.



Schülerlabor Blick in die Materie

Helmholtz-Zentrum für  
Materialien und Energie (HZB)

[www.helmholtz-berlin.de/schuelerlabor](http://www.helmholtz-berlin.de/schuelerlabor)



## 1.3 Umweltverschmutzung durch Handystrahlung

Wir leben in einer Welt voller Handys, Smart-TVs, Tablets, Computer oder Mikrowellengeräte. Alle diese Geräte funktionieren mit elektrischem Strom und senden und empfangen unsichtbare Strahlen, über die sie oft mit anderen Geräten kommunizieren. Dass dies so ist, kannst du mit diesem Versuch ganz einfach nachweisen, indem du die Kommunikation blockierst! (Keine Sorge, das Handy geht dabei nicht kaputt!)



**DAS BRAUCHST DU:**

- HANDY
- FESTNETZTELEFON (ODER ZWEITES HANDY)
- ALUMINIUMFOLIE

### SO GEHT'S:

1. Lege das Handy auf den Tisch und rufe es mit einem anderen Telefon an. Es klingelt.
2. Beende den Anruf und umhülle das Handy nun mit einem Stück Aluminiumfolie.
3. Rufe das Handy wieder an.



### Was passiert?

Wenn das Handy vollständig von der Aluminiumfolie umhüllt ist, wird es abgeschirmt. Das heißt, es kann selbst nicht senden und hat auch keinen Empfang mehr. Es klingelt also nicht. Erst nachdem du die Aluminiumfolie entfernt hast, kommt die Nachricht an, dass du einen Anruf verpasst hast.

### ERKLÄRUNG:

Das Handy steht ständig mit dem nächstgelegenen Funkmast in Verbindung. Auch wenn du nicht telefonierst. Die Aluminiumfolie schirmt das Handy ab. Bei Funksignalen handelt es sich um elektromagnetische Strahlung. Diese Strahlen werden durch die Aluminiumfolie abgeschirmt, sodass sie jetzt weder hinein- noch hinausgelangen können. Dieser Strahlenschutzkäfig ist nach seinem Entdecker, Michael Faraday, benannt und heißt Faradayscher Käfig.

Handys, Tablets, Smart-TVs oder PCs sollen aber ja gerade Informationen austauschen. Deshalb senden und empfangen sie ständig Strahlung im Frequenzbereich von Mikrowellen. Ein Abschirmen der Strahlen wäre hier also nicht sinnvoll. Die andauernde Strahlung führt aber zu sogenanntem Strahlungsmog. Der wird auch von allen Lebewesen aufgenommen, die dadurch teilweise irritiert werden. Das zählt auch zur Umweltverschmutzung. Ob der Strahlungsmog Menschen krank macht, wird momentan noch untersucht.

Fest steht aber, je weniger Strahlung vom Menschen freigesetzt wird, desto weniger Sorgen brauchst du dir um eventuelle negative Folgen zu machen.



**UFZ-Schülerlabor**  
 Helmholtz-Zentrum für  
 Umweltforschung - UFZ  
[www.ufz-schuelerlabor.de](http://www.ufz-schuelerlabor.de)

## 2.1 Licht im Wasserstrahl um die Kurve lenken



Alle Menschen wissen, dass man mit einer Taschenlampe nur geradeaus leuchten kann. Aber wusstest du auch, dass Licht in sogenannten Lichtwellenleitern (LWL) auch um Kurven laufen kann? In einem dünnen LWL kannst du mehr Informationen mit Lichtsignalen verschicken als in dicken Kupferkabeln mit elektrischem Strom. Allerdings muss das Licht dann in diesen Kunststoffkabeln auch um Kurven von einem Ort zum anderen kommen. Wie das geht, zeigen wir dir in dieser Anleitung.

### SO GEHT'S:

1. Bohre ein Loch unten in die Seite einer PET-Flasche. Der Lochdurchmesser sollte etwa 7 mm betragen.
2. Färbe den Bereich um das Loch ein (z. B. mit einem Papieraufkleber oder einem Filzstift).
3. Halte das Loch mit einem Finger zu und fülle die (unverschlossene) PET-Flasche mit Wasser.
4. Leuchte mit dem Laserpointer von der gegenüberliegenden Seite des Lochs durch das Wasser auf die gebohrte Öffnung. Du musst gut zielen, damit der Lichtfleck des Laserpointers genau durch die Öffnung kommt. Klappt es nicht, versuche es noch einmal.
5. Gib die Öffnung frei.
6. Beobachte den Wasserstrahl von der Seite, während das Laserlicht auf den Wasserstrahl gerichtet ist.

### DAS BRAUCHST DU:

- (LEERE) PET-FLASCHE
- HOLZBOHRER (ETWA 7 MM)
- WASSER
- LASERPOINTER
- FILZSTIFT



**Tipp:**  
Den Lichtstrahl kannst du besser beobachten, wenn die Umgebung abgedunkelt ist.



**Achtung!**  
Mit dem Laserstrahl nicht in die Augen leuchten!  
Der Laserstrahl kann die Netzhaut schädigen!

### ERKLÄRUNG:

Das Licht breitet sich auch im Wasser geradlinig aus. Trifft es aber auf die Grenze zwischen Wasser und Luft, kann es reflektiert werden. Ist der Einfallswinkel senkrecht zur Oberfläche (im Bild  $\alpha$ ,  $\beta$  usw.) groß genug (d. h., wenn der Lichtstrahl flach genug auf die Grenzschicht trifft), so wird der gesamte Lichtstrahl reflektiert und es gibt keinen Anteil des Lichts, welcher unseren Lichtwellenleiter, den Wasserstrahl, verlässt.

Im Idealfall wird das Licht also verlustfrei immer wieder reflektiert und somit treppenartig durch die Kurve geleitet (Bild 2). Der Lichtfleck im Waschbecken (Bild 1) beweist, dass das Licht aus dem Laserpointer tatsächlich durch den Wasserstrahl geleitet wurde.



Schülerlabor physik.begreifen  
Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY  
[physik-begreifen-hamburg.desy.de](http://physik-begreifen-hamburg.desy.de)

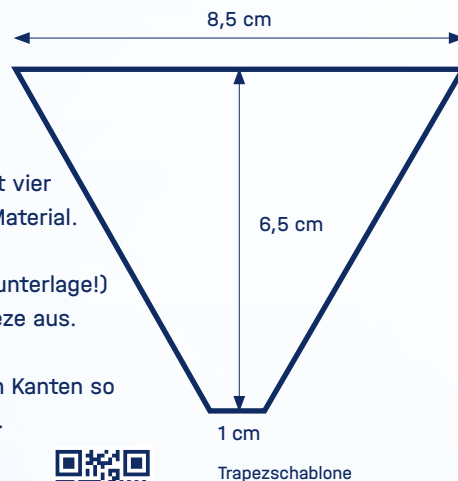


## 2.2 Vom Handydisplay zum 3D-Phänomen: „Hologramm“-Projektor selbst bauen

In vielen Science-Fiction-Filmen kommen sie vor: dreidimensionale Bilder, die im Raum zu schweben scheinen. Doch keine Sorge, du musst dich nicht im Star-Wars-Universum befinden, um solch faszinierende Phänomene beobachten zu können. Mit unserer Anleitung kannst du Schmetterlinge zum Fliegen und Quallen zum Schweben bringen.

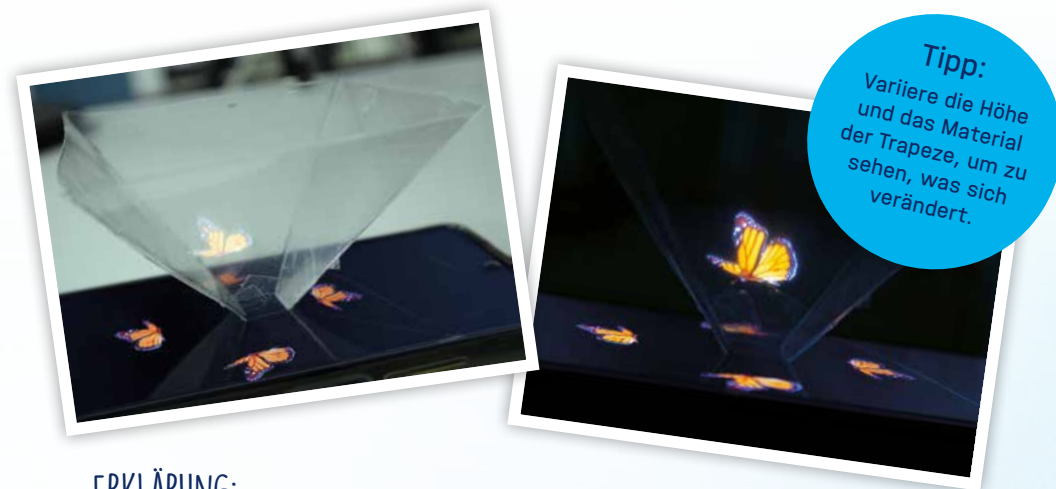
### SO GEHT'S:

1. Zeichne die Trapezschaablone ab.
2. Markiere dir mit einem wasserfesten Stift vier solcher Trapeze auf dein durchsichtiges Material.
3. Schneide mithilfe eines Cutters (Schneidunterlage!) oder einer Schere vorsichtig die vier Trapeze aus.
4. Füge die Trapeze mit Klebestreifen an den Kanten so zusammen, dass eine Pyramide entsteht.
5. Öffne folgenden Link auf einem Smartphone:  
<https://youtu.be/idXnEQJBmeY>
6. Verdunkle deine Umgebung und maximiere die Smartphone-Helligkeit.
7. Stelle deine Pyramide mit der Spitze nach unten auf das Display, sodass das weiße Kreuz in der Mitte der Spitze ist und die weißen Linien durch die Ecken der Spitze gehen. (Falls die Pyramide nicht stehen sollte, kann es helfen, mit einem Cutter die Kanten der Spitze noch mal zu bearbeiten.)
8. Beobachte, was geschieht.



### DAS BRAUCHST DU:

- STEIFE FOLIE, DURCHSICHTIGE PLASTIKDECKEL VON VERPACKUNGEN ODER ALTE CD-HÜLLEN
- WASSERFESTER STIFT UND LINEAL
- CUTTER/SCHERE
- SCHNEIDUNTERLAGE, HANDY
- DURCHSICHTIGER KLEBEFILM



**Tipp:**  
Variiere die Höhe und das Material der Trapeze, um zu sehen, was sich verändert.

### ERKLÄRUNG:

Das, was du im Inneren der Pyramide beobachten kannst, ist genau genommen kein Hologramm, sondern eine optische Illusion. Schon im 19. Jahrhundert entdeckte sie John Henry Pepper und sie wurde nach ihrem Entwickler als „Pepper’s ghost“ (Peppers Geist) benannt. Pepper benutzte damals Spiegel, doch auch mit Folie funktioniert der Effekt.

Stellst du die selbst gebaute Pyramide auf das Display, so spiegelt sich das Bild außen an der schrägen Plasticscheibe und gelangt so in unser Auge. Nun geht unser Gehirn aber davon aus, dass sich das Spiegelbild, wie gewohnt, gerade vor uns befindet und gaukelt uns daher ein „Geisterbild“ im Inneren der Pyramide vor (... eigentlich genauso, wie ein normaler Spiegel uns unser Bild hinter dem Spiegel vortäuscht).

Für diese Illusion würde auch eine Pyramidenseite reichen, jedoch wirkt die Projektion räumlicher und greifbarer, wenn sie von allen Seiten sichtbar ist und sich im Inneren eines Körpers befindet. Echte Hologramme beruhen auf einer anderen Technik und werden unter anderem in Personalausweisen und Geldscheinen verwendet, um diese fälschungssicher zu machen.

**Achtung!**  
Die Cutter-Klingen sind sehr scharf. Sei vorsichtig und lass dir von einem Erwachsenen helfen!



Schülerlabore am FTU  
Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
[www.fortbildung.kit.edu/MINT.php](http://www.fortbildung.kit.edu/MINT.php)

## 2.3 Lissajous – wilde Bilder durch Töne

Hast du dich schon gefragt, wie du Töne sichtbar machen kannst? Mit dem Experiment von Jules Antoine Lissajous hast du die Möglichkeit, genau das auszuprobieren! Indem du Schallwellen in Bewegungen umwandelst, entstehen schöne Formen und Muster, die du mit bloßem Auge sehen kannst. Bist du bereit, in die Welt der „sichtbaren“ Töne einzutauchen und deine eigene Lissajous-Figur zu gestalten?

### SO GEHT'S:

1. Schneide ein Stück von der Chipsdose ab, um ein ca. 6 cm langes Rohr zu erhalten – beide Seiten sollten offen sein.
2. Schneide den Luftballon auf die passende Größe und ziehe ihn über eine der offenen Seiten der Dose – die Ballonhaut sollte straff sitzen.
3. Klebe den kleinen Spiegel mittig außen auf die Ballonhaut.
4. Lege die Dose auf den Tisch, gegenüber einer Wand, und platziere den Bluetooth-Lautsprecher vor ihre offene Seite wie im Bild 2.
5. Schalte den Laserpointer ein – ein Gummiband kann verhindern, dass er ausgeht.
6. Richte den Laserpointer auf den Spiegel – nutze z. B. ein Stück gefaltetes Papier unter einer Seite des Laserpointers, um ihn anzukippen.
7. Spiele über den Lautsprecher ein beliebiges Lied ab.
8. Beobachte den Auftreffpunkt des reflektierten Laserstrahls an der Wand.

**Achtung!**  
Sei vorsichtig und schau nicht in den Laser!

### DAS BRAUCHST DU:

- LEERE CHIPSDOSE
- BLUETOOTH-LAUTSPRECHER
- LUFTBALLON
- KLEINES SPIEGELSTÜCK (CA. 1 X 1 CM)
- SCHERE UND KLEBSTOFF/KLEBEBAND
- LASERPOINTER



### ERKLÄRUNG:

Die Figuren, die du beobachten kannst, sind sogenannte Lissajous-Figuren. Diese entstehen, wenn sich zwei Schwingungen überlagern. Bei einer Schwingung ändert sich periodisch beispielsweise die Position eines Körpers – bei uns der Spiegel. Du kennst das von der Schaukel oder Wippe auf dem Spielplatz.

Im Experiment wird durch den Schall aus dem Lautsprecher die Ballonhaut und damit der aufgeklebte Spiegel zum Schwingen in verschiedene Richtungen angeregt. Diese Bewegung überträgt sich auf den reflektierten Laserstrahl. Der Leuchtpunkt an der Wand beginnt sich zu bewegen. Und das so schnell, dass die Beobachtenden leuchtende Linien und Formen sehen.

Solche Muster werden in der Musik verwendet, um verschiedene Töne aufeinander abzustimmen und harmonisch klingen zu lassen. Auch in der Wissenschaft kommt Derartiges bei Messverfahren zum Einsatz, um Schwingungen und Wellen zu erforschen.

Wenn du das Experiment ausprobierst, kannst du selbst entdecken, welch vielfältige Formen entstehen können. Probiere verschiedene Lieder, Lautstärken und andere Einstellungen aus. Unter <http://s.dlr.de/lissajous> kannst du ein paar Videos dazu sehen.



DLR\_School\_Lab Neustrelitz  
Deutsches Zentrum für  
Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)  
[www.dlr.de/schoollab/neustrelitz](http://www.dlr.de/schoollab/neustrelitz)

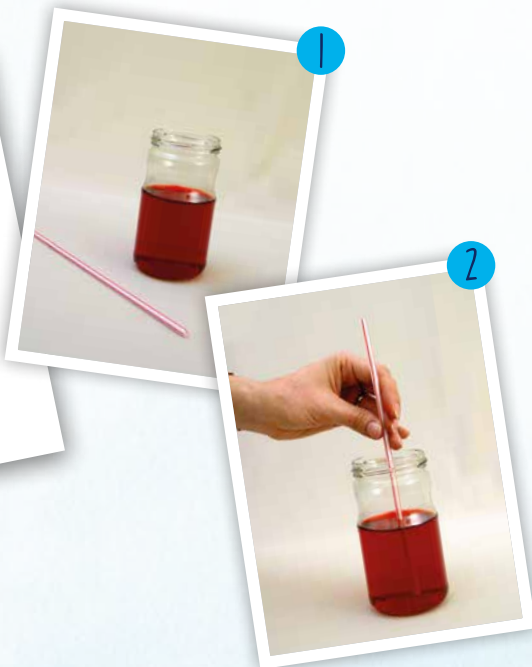


## 3.1 Wasser mit dem Finger heben

Saugt die Luft oder drückt sie? Mit einem einfachen Experiment kannst du dir Klarheit verschaffen.

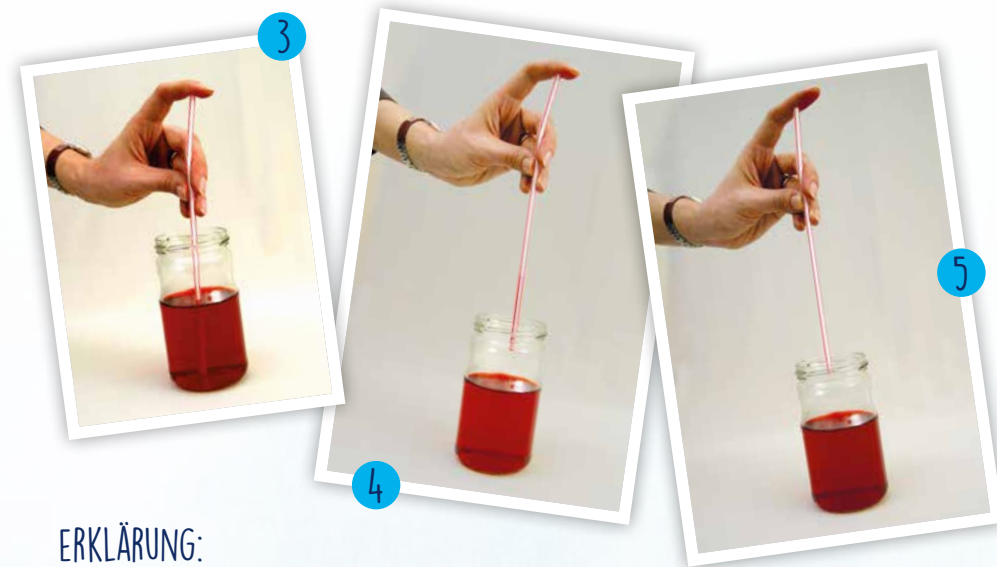
### DAS BRAUCHST DU:

- EIN WENIG WASSER (IN EINEM BECHER ODER GLAS)
- TRINKHALM (MÖGLICHST DURCHSICHTIG, DAMIT DU DAS WASSER SEHEN KANNST)
- LEBENSMITTELFARBE



### SO GEHT'S:

1. Färbe das Wasser in dem Becher.
2. Stecke den Trinkhalm in das Wasser.
3. Verschließe nun mit deinem Finger die obere Öffnung des Trinkhalmes.
4. Ziehe den Trinkhalm aus dem Becher.
5. Wiederhole das Experiment: Wenn du dann das Wasser angehoben hast, löse den Finger, der den Trinkhalm verschließt.



### ERKLÄRUNG:

Wenn du den gefüllten Trinkhalm aus dem Wasser hebst, sinkt das Wasser darin ein wenig ab, weil es von der Erdanziehungskraft nach unten gezogen wird. Dadurch entsteht in dem vom Finger abgeschlossenen Ende des Trinkhalms ein niedrigerer Luftdruck. Der höhere Druck der äußeren Luft drückt das Wasser von unten in den Halm, der niedrigere Luftdruck im Strohhalm und das Gewicht des Wassers durch die Schwerkraft wirken dagegen. Es läuft genau so viel Wasser aus dem Halm, bis sich diese beiden Kräfte ausgleichen und das restliche Wasser im Trinkhalm bleibt. Die Luft drückt also gewissermaßen das Wasser in den Trinkhalm. Löst du deinen Finger, ist der Luftdruck im oberen Ende des Halms genauso groß wie darunter; das Wasser unterliegt jetzt nur noch der Schwerkraft und fließt aus dem Strohhalm.

In der Chemie verwendet man oft sogenannte Stechpipetten, um einem Behälter sehr kleine Mengen von Flüssigkeiten entnehmen oder die Flüssigkeit tropfenweise irgendwo hinzuzufügen zu können. Oft sind die Pipetten auch mit einem Gummipfropfen versehen. So kannst du noch genauer dosieren.



Schülerlabor physik.begreifen

Deutsches Elektronen-Synchrotron  
DESY

[physik-begreifen-zeuthen.desy.de](http://physik-begreifen-zeuthen.desy.de)

## 3.2 Wie weit spritzt Wasser? Ein Versuch zum Wasserdruck

Wenn du tauchst, spürst du irgendwann einen schmerzhaften Druck auf den Ohren. Das ist der Wasserdruck. Je tiefer du ins Wasser eindringst, desto höher ist dort der Druck. In der Meeresforschung werden deshalb Messgeräte benutzt, die dem erhöhten Druck in der Tiefe standhalten. Dieser Versuch macht den Wasserdruck, den wir sonst nur spüren, durch Wasserstrahlen sichtbar.

### SO GEHT'S:

Arbeite am besten draußen oder irgendwo, wo es nass werden darf.

1. Befülle die Flasche mit Wasser und schließe den Deckel.
2. Stecke die Nadeln von oben nach unten in einer Linie in die Flasche. Achte darauf, dass sie gleichmäßig verteilt sind.  
Tip: Platziere die Nadeln nicht zu weit oben oder unten.
3. Stelle die Flasche auf den Boden und lege den ausgeklappten Zollstock an die Flasche.
4. Entferne die Nadeln möglichst zeitgleich.
5. Schraube den Deckel ab.
6. Beobachte, aus welchem Loch das Wasser am weitesten spritzt und miss die Entfernung.

#### DAS BRAUCHST DU:

- PET-FLASCHE 0,5 L
- CA. 5 STECKNADELN
- WASSER
- MAßBAND/ZOLLSTOCK



**Tip:**  
Du kannst das Experiment auch mit einer 1,5-l-Flasche ausprobieren und schauen, was sich verändert.



### ERKLÄRUNG:

Mit der Tiefe steigt der Wasserdruck im Meer. Während des Versuchs kannst du sehen, dass aus den Löchern in der Flasche unterschiedlich lange Wasserstrahlen kommen, denn Wasserdruck wirkt nicht nur nach unten, sondern in alle Richtungen gleich stark.

Je weiter unten die Wasserstrahlen aus der Flasche kommen, desto weiter spritzt das Wasser. Der Grund dafür ist, dass im unteren Bereich der Flasche die Wassermasse über dem Loch größer ist und damit auch der Wasserdruck. (Der physikalische Begriff für Wasserdruck lautet hydrostatischer Druck.)

Wegen des hohen Drucks werden Messgeräte für die Meeresforschung so gebaut, dass sie diesem standhalten können. Auch die Tiere im Meer müssen sich an die hohen Druckverhältnisse anpassen. Fische haben dafür zum Beispiel eine mit Gas gefüllte Schwimmblase. Schwimmen Fische nach oben, dehnt sie sich aus und könnte platzen. Damit das nicht passiert, gleichen sie den Druck aus, indem sie die Blase aktiv mit Muskeln an- und beim Abtauchen wieder entspannen. Auch wir müssen beim Tauchen den Druck im Ohr ausgleichen, indem wir uns die Nase zuhalten und feste ausatmen.



Schülerlabor OPENSEA

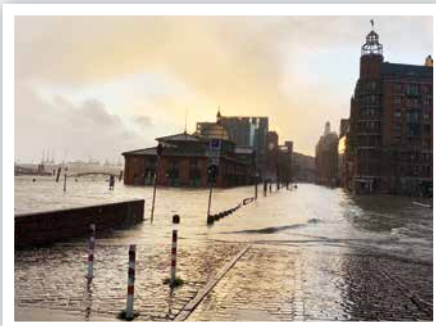
Alfred-Wegener-Institut  
Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung

[www.awi.de/arbeiten-lernen/aus-der-schule/ins-schuelerlabor/opensea-helgoland](http://www.awi.de/arbeiten-lernen/aus-der-schule/ins-schuelerlabor/opensea-helgoland)



### 3.3 Anstieg des Meeresspiegels im Klimawandel – auch ohne Eisschmelze

Wahrscheinlich hast du schon gehört, dass Länder wie Bangladesch wegen der globalen Erwärmung schon jetzt vom Anstieg des Meeresspiegels bedroht sind. Das ist leicht zu verstehen, wenn die Eismassen auf Grönland und in der Antarktis schmelzen und das Wasser ins Meer fließt. Aber es gibt noch einen weiteren, weniger offensichtlichen Grund, den wir hier mit einem Experiment verdeutlichen wollen.

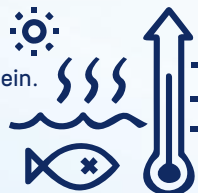


SO GEHT'S:

1. Bohre ein Loch in den Flaschendeckel, sodass das Röhrchen fest in den Deckel passt. (Wenn nötig, kannst du das Loch z. B. mit Knete abdichten.)
2. Stecke das Röhrchen durch den Deckel und lass es etwa 5-10 mm in die Flasche hineinragen.
3. Mische kaltes Wasser mit Lebensmittelfarbe und fülle die Flasche damit bis zum oberen Rand.
4. Schraube den Deckel mit dem Röhrchen wieder auf und achte darauf, dass du kein Wasser aus der Flasche drückst. (Der Wasserstand im Röhrchen kann jetzt einige Millimeter hoch sein.)
5. Fülle die Schüssel mit warmem Wasser und stelle die Flasche hinein.
6. Beobachte den Wasserstand im Röhrchen einige Minuten lang.

DAS BRAUCHST DU:

- PET-FLASCHE (0,5 L) MIT SCHRAUBVERSCHLUSS
- DURCHSICHTIGES PLASTIK- ODER GLASRÖHRCHEN, MINDESTENS 10 CM LANG
- SCHÜSSEL UND WASSER
- OPTIONAL: LEBENSMITTELFARBE



ERKLÄRUNG:

Wasser dehnt sich aus und braucht mehr Platz, wenn seine Temperatur steigt, weil sich die (für uns unsichtbaren) Wasserteilchen stärker hin- und herbewegen. In unserer geschlossenen Flasche kann das erwärmte und sich ausdehnende Wasser nur in das enge, offene Röhrchen ausweichen, und der Wasserstand steigt dort deshalb sehr schnell.

Durch die globale Klimaerwärmung passiert etwas Ähnliches im Ozean: Das Meerwasser wird wärmer und dehnt sich auch dort zunächst nach oben aus. An den Küsten kann es dann aber über seine Ufer schwappen und bei Stürmen Küstenbereiche und Städte überfluten. Der Meeresspiegelanstieg, den diese Wärmeausdehnung des Wassers verursacht, wird in der Fachsprache „thermosterisch“ genannt. Schätzungen zufolge macht er zurzeit etwa ein Drittel bis die Hälfte des beobachteten globalen Meeresspiegelanstiegs aus; der andere Teil wird durch das Schmelzen der Eismassen verursacht.

**Tipp:**

Wenn du an dem Röhrchen in 0,5-cm-Abständen Markierungen anbringst und ein Thermometer parallel zu ihm durch den Deckel in die Flasche steckst, kannst du die Volumenausdehnung z. B. für jedes 1° C Erwärmung mit einem Lineal ablesen und grafisch darstellen.



Schulprogramme des GEOMAR

GEOMAR  
Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel

[www.geomar.de/go/schule](http://www.geomar.de/go/schule)

### 3.4 Tsunami in Zeitlupe - was passiert bei verschiedenen Küstenformen?

Ein Tsunami ist eine große Welle, die entlang von Küstengebieten Schäden anrichten kann. Die gewaltigen Wassermassen können Häuser zerstören und ganze Städte verwüsten. Der Begriff Tsunami bedeutet „Welle im Hafen“. Mit diesem Experiment kannst du die Auswirkungen einer Tsunamiwelle auf eine Flach- und eine Steilküste in Zeitlupe beobachten.

#### SO GEHT'S:

1. Forme aus der Knete auf dem Tablett eine Küstenlandschaft mit zwei verschiedenen Küstenformen (Steilküste und Flachküste), die direkt nebeneinanderliegen (siehe Bild 1).
2. Befülle die Schüssel halb voll mit Wasser und gib 2 Esslöffel Spülmittel hinzu.
3. Verrühre das Gemisch mit dem Schneebesen, bis du möglichst viel feinen Schaum hergestellt hast.
4. Schöpfe mit dem Esslöffel nun den Schaum ab und verteile ihn auf der leeren Fläche des Tablett vor den Küstenlandschaften. Achte dabei darauf, dass du 5 cm zwischen der Küste und dem Schaum frei lässt (siehe Bild 3).
5. Ärmel hoch und los geht es! Schiebe mit dem Handrücken den Schaum langsam in Richtung Küste, bis du die Unterschiede der Wellenausbreitung an beiden Küstenformen sehen kannst. Nimm dann deine Hand langsam weg und beobachte, wie der Schaum sich zurückzieht.

#### DAS BRAUCHST DU:

- TABLETT ODER BACKBLECH MIT EINEM HÖHEREN RAND
- KNETE UND SCHÜSSEL
- SPÜLMITTEL UND WASSER
- SCHNEEBESEN UND ESSLÖFFEL
- HANDTUCH



#### Tipp:

Untersuche, wie sich Mangrovenwälder auf die Ausbreitung eines Tsunamis auswirken!



#### ERKLÄRUNG:

Ein Tsunami ist eine Welle, die zumeist durch ein starkes Erdbeben am Meeresgrund ausgelöst wird. In seltenen Fällen kann ein Tsunami auch durch Vulkane und Erdrutsche verursacht werden. Bewegt sich diese Welle auf die Küste zu, bauen sich die Wassermassen durch die Abnahme der Wassertiefe immer weiter auf. Tsunamiwellen überfluten flache Küsten bis weit in das Land hinein und ziehen sich eher langsam wieder zurück. Bei Steilküsten türmen sich die Wassermassen beim Aufprall auf die hohe Küste stark auf, reichen aber nicht so weit ins Landesinnere. Das bedeutet, dass sich die Welle schneller wieder zurückzieht.

Heute kann man die Bevölkerung zum Glück vor Tsunamis warnen. Hierfür wurde nach dem Tsunami 2004 im Indischen Ozean das Frühwarnsystem GITEWS (German Indonesian Early Warning System) entwickelt. Daran waren auch viele Forscherinnen und Forscher des GeoForschungsZentrum GFZ aus Potsdam beteiligt. Sobald ein Erdbeben auf dem Meeresgrund gemessen wird, gibt das GITEWS eine Warnung heraus. Dann können sich die Menschen an den Küsten in Sicherheit bringen.



#### GFZ-Schülerlabor

Helmholtz-Zentrum Potsdam -  
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ  
[www.gfz-potsdam.de/schule](http://www.gfz-potsdam.de/schule)

## 4.1 Anemometer - ein selbst gebauter Windmesser



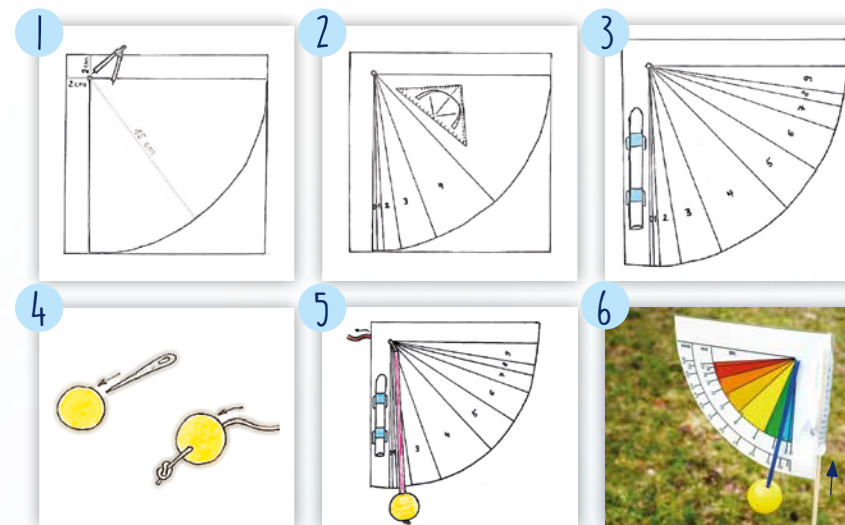
Leichte Brise oder Sturm - diese Windstärken werden in der Meteorologie durch die Beaufortskala beschrieben. Das Messgerät für Wind heißt Anemometer und eine einfache Variante kannst du mit einem Tischtennisball bauen. Ein Tischtennisball wiegt ca. 2,7 g und hat einen Durchmesser von 40 mm, sodass du die Ablenkung dieser Kugel in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit berechnen kannst.

### SO GEHT'S:

1. Schneide ein A4-Blatt auf 17 x 17 cm zu und markiere einen Einstichpunkt oben links, der jeweils 2 cm von den Rändern entfernt sein muss. Stich mit dem Zirkel in den Punkt ein und zeichne einen Viertelkreisbogen mit einem Radius von 15 cm (Bild 1).
2. Unterteile den Viertelkreis entsprechend den Gradzahlen in der Tabelle, beschrifte die Teilflächen. Schneide die Skala mit ausreichend Kleberand aus (Bild 2).
3. Stich in den Ursprung (da, wo du deinen Zirkel angesetzt hast) ein Loch. Klebe die Längsseite der Skala an das Röhrchen (Bild 3).
4. Der Tischtennisball wird nun vorsichtig mit der großen Nadel durchstoßen und der Faden durchgefädelt und an einem Ende zusammengeknotet (Bild 4).
5. Stecke einen Strohhalm (ca. 14 cm lang) über den Faden und fädle diesen durch das Loch in deiner Skala. Dann wird der Faden durch das Loch gezogen, bis der Strohhalm an der Skala dicht anliegt, und auf der Rückseite befestigt (Bild 5).
6. Das Röhrchen mit der fertigen Skala wird nun auf den Stock gesteckt. Jetzt kannst du die Windstärke auf deiner Anemometer-Skala ablesen (Bild 6).

### DAS BRAUCHST DU:

- PAPIER (DÜNNER KARTON), ZEICHENDREIECK, ZIRKEL, LINEAL, SCHERE, KLEBEBAND
- STABILE, LEICHTE SCHNUR (CA. 50 CM)
- STROHHALM, TISCHTENNISBALL
- DICKERES RÖHRCHEN (EINSEITIG GESCHLOSSEN), Z. B. REAGENZGLAS
- GROßE NADEL ZUM DURCHBOHREN
- STAB ZUM AUFSTECKEN



Skalen - Winkel in Grad	Windgeschwindigkeit m/s	Windstärke (Beaufortskala)
0	< 0,3	0 (Windstille)
1	0,3-1,5	1 (leiser Zug)
3	1,6-3,3	2 (leichte Brise)
9	3,4-5,5	3 (schwacher Wind)
21	5,6-7,9	4 (mäßiger Wind)
44	8,0-10,7	5 (frischer Wind)
58	10,8-13,8	6 (starker Wind)
71	13,9-17,1	7 (steifer Wind)
78	17,2-20,7	8 (stürmischer Wind)
82	20,8-24,5	9 (Sturm)
...	...	...

### ERKLÄRUNG:

Die Beaufortskala gibt es schon seit 1806, aber erst 1935 wurde sie als allgemeingültig akzeptiert. Sie ermöglicht, bei Wetterbeobachtungen die Stärke des Windes an verschiedenen Orten der Welt zu vergleichen.



Schülerlabor DeltaX

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR)

[www.hzdr.de/deltax](http://www.hzdr.de/deltax)



## 4.2 Warum brauchen wir die Ozonschicht?

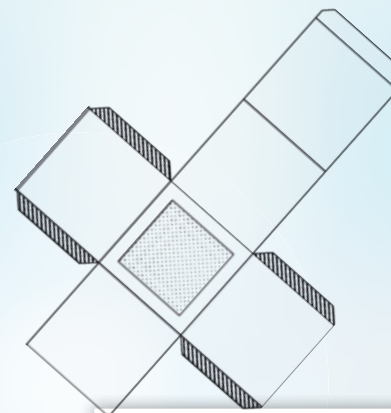
Unsere Erde wird von einer Hülle aus Luft umgeben, der sogenannten Atmosphäre. Diese besteht aus vielen kleinen Gasteilchen, zum Beispiel Sauerstoffmolekülen, die wir zum Atmen brauchen. Ein besonders wichtiges Gas, das uns vor dem gesundheitsschädlichen ultravioletten Strahlungsanteil (der UV-Strahlung) der Sonne schützt, heißt „Ozon“. Es umhüllt die Erde weit oben in der Atmosphäre wie ein schützender Mantel – bekannt unter dem Namen „Ozonschicht“. Mit diesem Experiment kannst du ihre Funktion selbst testen:

### SO GEHT'S:

- Übertrage das Würfelgitter (siehe Skizze rechts) auf den schwarzen Bastelkarton.
- Schneide den Würfel aus. Klebe in das „Fenster“ das Material, das die Ozonschicht symbolisiert (im ersten Versuch die UV-Schutzfolie). Anschließend klebst du den Würfel bis auf den Deckel zusammen.
- Lege dein Spielzeug in den Würfel. Achte darauf, dass es vorher im Dunklen lag und möglichst vollständig entladen wurde. Beleuchte nun den Würfel durch das eingeklebte Material.
- Nimm das Spielzeug wieder heraus und betrachte es in einer dunklen Umgebung. Wie sehr leuchtet es? Leuchtet es von allen Seiten gleich stark?
- Baue weitere Würfel mit unterschiedlichen Materialien oder auch ohne irgendwelches Material in dem Fenster. Kannst du Unterschiede bei der Durchlässigkeit der Materialien feststellen?

### DAS BRAUCHST DU:

- SCHERE, LEIM UND BLEISTIFT
- SCHWARZER BASTELKARTON
- WÜRFELSCHABLONE
- SPIELZEUG, DAS IM DUNKLEN LEUCHTET
- PROBE EINER UV-SCHUTZFOLIE
- TASCHEN- ODER SCHREIBTISCHLAMPE (OPTIONAL: UV-LAMPE)
- OPTIONAL: UNTERSCHIEDLICHE MATERIALIEN WIE STOFF, ALUFOLIE, PAPIER ETC.



### ERKLÄRUNG:

Je nachdem, welche Materialien du verwendet hast, hast du sicherlich einen Unterschied beim Leuchten der Figuren bemerkt. Das liegt daran, dass die Materialien die UV-Strahlung unterschiedlich gut durchlassen. Genau so funktioniert auch unsere Ozonschicht. Ozon ist eine Schutzschicht, die dafür sorgt, dass nicht zu viele UV-Strahlen zu uns auf die Erde gelangen. Wenn die Strahlung auf ein Ozonteilchen trifft, hält es die Strahlung auf oder reflektiert sie zurück in den Weltraum. Daher ist es besonders wichtig, dass wir darauf achten, dass die Ozonschicht nicht beschädigt wird. Die Nutzung bestimmter Chemikalien, der sogenannten FCKWs, wurde daher vor einigen Jahren eingeschränkt, da diese die Ozonschicht zerstören.



DLR\_School\_Lab Jena  
Deutsches Zentrum für  
Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)  
[www.dlr.de/schoollab/jena](http://www.dlr.de/schoollab/jena)

## 4.3 Gemeinsam für ein cooles Stadtklima

Bestimmt hast du schon einmal bemerkt, dass einem unter einem schwarzen T-Shirt bei strahlendem Sonnenschein schon ganz schön warm werden kann. Und du hast erlebt, dass der Asphalt auf den Straßen im Sommer richtig heiß wird. Damit Städte sich bei starker Sonneneinstrahlung nicht zu sehr aufheizen, werden flache Dächer zum Beispiel mit niedrigen Pflanzen oder Moosen begrünt. Aber was steckt eigentlich genau dahinter?

### SO GEHT'S:

1. **Bereite die drei verschiedenen Oberflächen (schwarz, weiß, feuchtes Moos) vor. Falls das Moos zu trocken ist, kannst du es mit Wasser befeuchten.**
2. **Miss die Temperaturen aller drei Oberflächen und notiere sie.**
3. **Lege die Oberflächen am besten nebeneinander für 1 Minute in die Sommersonne.**
4. **Miss erneut alle drei Oberflächentemperaturen.**
5. **Vergleiche die Temperaturänderungen zwischen Schritt 4 und 2 für alle drei Oberflächen miteinander.**
6. **Überlege dir eine Erklärung für deine Beobachtungen.**

### DAS BRAUCHST DU:

- SPRITZFLASCHE MIT WASSER
- FEUCHTES MOOS (AM BESTEN IN EINER FLACHEN SCHALE, SIEHE LINKS)
- SCHWARZE UND WEIßE OBERFLÄCHE (Z. B. PAPPE, FOTOKARTON...)
- OBERFLÄCHENTHERMOMETER (Z. B. INFRAROT-FIEBERTHERMOMETER)
- STOPPUHR



Ein grüner Vorgarten macht angenehm kühl und ist wertvoll für Tiere und Pflanzen.

### ERKLÄRUNG:

Ein Maß dafür, wie gut eine Oberfläche Sonnenlicht zurückstrahlen (= reflektieren) kann, ist die Albedo. Je heller eine Fläche ist, desto größer ist ihre Albedo. Dunkle Flächen reflektieren weniger Strahlung und absorbieren stattdessen mehr (= „nehmen mehr auf“). Deshalb erwärmen sie sich stärker in der Sonne als helle.

Das feuchte Moos in der Schale ist ein Modell für bepflanzte Flächen.

Begrünte, aber eher dunkle Flächen, wie Rasen oder Wald, haben zwar eine niedrige Albedo, bleiben aber trotzdem recht kühl. Dies liegt daran, dass Pflanzen ständig Wasser über ihre Blätter verdunsten. Fachleute nennen dies Evaporation. Die Verdunstung erfordert viel Energie, die der Umgebung in Form von Wärme entzogen wird. Diese kühlt sich daher ab. Durch die entstandene Verdunstungskälte wirken Bäume und andere Pflanzen in der Stadt im Sommer abkühlend.

Und wir alle können etwas für ein cooles Klima tun: einen schönen grünen Vorgarten anstatt eines Schottergartens anlegen oder eine Patenschaft für einen Baum oder den Seitenstreifen an einer Straße übernehmen. Je grüner, desto cooler!



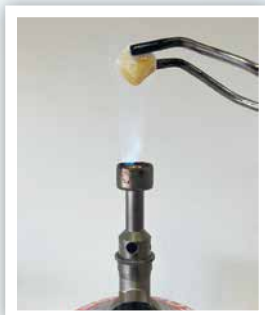
Schülerlabor JuLab  
Forschungszentrum Jülich (FZJ)  
[www.julab.de](http://www.julab.de)

## 5.1 Brennender Zucker

Du hast sicherlich schon einmal Karamell gegessen. Karamell ist eigentlich bloß Zucker. Dieser karamellisiert, wenn er trocken auf ca. 150 °C erhitzt wird. Dabei laufen verschiedene chemische Prozesse ab, die dem Karamell die typische goldbraune Farbe und das intensive süße Aroma verleihen. Doch kann Zucker auch brennen? Das kannst du mit dem folgenden Experiment selbst ausprobieren.

### SO GEHT'S:

1. Halte den Zuckerwürfel zunächst ohne die Asche mit der Tiegelzange oder einem Esslöffel über die Flamme. Wenn er beginnt zu karamellisieren, nimm ihn aus der Flamme.
2. Stelle Asche her, indem du etwas Papier oder Holz verbrennst. Um Klumpen oder Verunreinigungen zu entfernen, kannst du die Asche noch durch ein Sieb passieren.
3. Lege einen Zuckerwürfel in die Asche und bedecke ihn komplett damit.
4. Halte den Asche-Zuckerwürfel mit der Tiegelzange oder einem Esslöffel über die Flamme.
5. Entsorge den Zucker nach dem Experiment im Müll. Er war Bestandteil des Experiments und darf nicht gegessen werden.

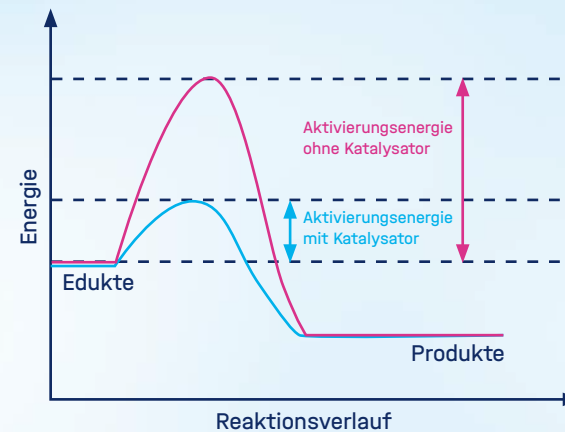


Zucker wird karamellisiert.



Zucker verbrennt mithilfe von Asche.

- DAS BRAUCHST DU:**
- ZUCKERWÜRFEL
  - ETWAS ASCHE, Z. B. AUS VERBRANNTEM PAPIER ODER HOLZ
  - BUNSENBRENNER ODER KERZE
  - TIEGELZANGE, PINZETTE ODER ESSELÖFFEL



Energiediagramm chemischer Reaktionen ohne und mit Katalysator

**Achtung!**  
 Vorsicht beim Umgang mit der offenen Flamme! Feuerfeste Unterlage verwenden!  
 Der geschmolzene Zucker kann während der Reaktion spritzen!

### ERKLÄRUNG:

Zucker an sich brennt nicht, er karamellisiert nur oder verkohlt, wenn du ihn zu lange erhitzt. Eine Verbrennung gelingt jedoch, wenn der Zucker mit Asche bedeckt ist. Asche besteht aus Kaliumcarbonat oder Kaliumoxid und brennt allein angezündet ebenfalls nicht. Zusammen mit dem Zucker wirkt die Asche jedoch als Katalysator. Ein Katalysator beschleunigt eine chemische Reaktion, indem er die Aktivierungsenergie der Reaktion herabsetzt, dabei aber selbst nicht verändert oder verbraucht wird. Aktivierungsenergie ist die Energie, die benötigt wird, um eine chemische Reaktion „anzuschieben“. Reiner Zucker brennt also nicht, da die Flamme nicht genügend Energie für die Verbrennung liefert. Durch die Asche wird die Aktivierungsenergie für die Verbrennung herabgesetzt, der Zucker fängt Feuer und verbrennt vollständig zu Wasser und Kohlendioxid.



DLR\_School\_Lab TU Dresden  
 Technische Sammlungen Dresden  
[www.dlr.de/schoollab/tu\\_dresden](http://www.dlr.de/schoollab/tu_dresden)



## 5.2 Die Teebeutel-„Rakete“

Sicherlich hast du schon mal von einem Heißluftballon gehört oder sogar einen am Himmel fliegen gesehen. Es ist immer wieder erstaunlich, wie ein so großer Ballon mit Korb und Passagieren in die Lüfte steigen kann. Und doch ist es ganz einfach! Finde es mit diesem Experiment heraus.



Die Teebeutel werden für den Start vorbereitet.



Der leere Teebeutel wird aufgestellt.

### SO GEHT'S:

1. Wähle einen Teebeutel aus und stelle diesen auf einen Teller.
2. Halte mit einer Hand den Teebeutel unten fest und schneide vorsichtig das obere Stück mit der Schnur vom Teebeutel ab. Die Schnittstelle muss ganz gerade sein.
3. Jetzt fülle den Inhalt des Beutels in eine Tasse.
4. Öffne den leeren Beutel, sodass du einen Zylinder erhältst.
5. Stelle den Zylinder auf den Teller.
6. **Achtung:** Jetzt brauchst du die Unterstützung eines Erwachsenen! Außerdem solltest du dafür sorgen, dass Fenster und Türen geschlossen sind. Denn ein Luftzug kann das Experiment stören.
7. Entzünde nun mit einer ruhigen Bewegung den oberen Rand des Teebeutels mit einem Feuerzeug oder Streichholz.

### DAS BRAUCHST DU:

- TEEBEUTEL VON VERSCHIEDENEN HERSTELLERN (TEEBEUTEL AUS KUNSTSTOFF SIND FÜR DAS EXPERIMENT NICHT GEEIGNET)
- SCHERE, TASSE UND TELLER
- FEUERZEUG ODER STREICHHÖLZER
- FEUERFESTER ABFALLBEHÄLTER

### Achtung!

Bei diesem Experiment muss unbedingt ein Erwachsener dabei sein! Vorsicht, Brandgefahr!



Der Teebeutel wird entzündet.



Der Teebeutel verbrennt.



Der Teebeutel ist verbrannt. Die Flamme mit der Asche steigt mit der warmen Luft nach oben.

### ERKLÄRUNG:

Kurz vor dem völligen Verbrennen steigt der restliche Teebeutel hoch in die Luft. Die verbrannten Reste des Teebeutels sind Asche. Diese schwebt nun von oben langsam wieder hinunter.

Der Teebeutel wird aus sehr dünnem Papier hergestellt (variiert je nach Hersteller - bitte ausprobieren). Dadurch kann der Teebeutel leicht entzündet werden. Bei der Verbrennung erwärmt sich die Luft in unmittelbarer Nähe des Teebeutels. Da die erwärmte Luft leichter ist als die umgebende kühlere Luft, steigt sie nach oben. Der verbrennende Teebeutel wird auch immer leichter und wird von dem warmen Luftstrom mit nach oben getragen. Ist der Teebeutel völlig verbrannt, kann keine neue warme Luft entstehen. Infolgedessen sinkt ein kleiner Aschehaufen langsam nach unten.

Bei diesem Experiment gibt es zwei naturwissenschaftliche Vorgänge. Die Verbrennung des Teebeutels ist eine chemische Reaktion, die Oxidation. Dabei entsteht erwärmte Luft, deren Dichte geringer ist als die Dichte kühlerer Luft. Das Aufsteigen der wärmeren Luft wird in der Physik als Konvektion bezeichnet.

### Tipp:

Nicht jeder Raketenstart klappt gleich beim ersten Versuch. Manchmal kippt der Teebeutel um.



Gläsernes Labor  
Max Delbrück Center

[www.glaesernes-labor.de](http://www.glaesernes-labor.de)

## 5.3 Der „feuerfeste“ Luftballon

Wenige Sachen gehen so schnell kaputt wie ein Luftballon. Aber gibt es einen Weg, wie ein Luftballon sogar „feuerfest“ gemacht werden kann?

### SO GEHT'S:

1. Nimm zwei Luftballons aus Gummi. Pumpe den ersten Luftballon mit einer Luftballonpumpe auf und knote ihn zu.
2. Nimm nun den zweiten Luftballon und fülle so viel Wasser wie möglich hinein, pumpe ihn noch ein wenig mit Luft auf und knote auch diesen zu.
3. Beide Luftballons werden nacheinander mit einer Klemme an einem Stativ befestigt.
4. Schiebe vorsichtig eine brennende Kerze unter den jeweiligen Ballon und positioniere sie mittig. Achte auf ausreichend Abstand zwischen der Kerze und deinem Körper beziehungsweise anderen Materialien.

**Achtung:** Durch das Platzen des Ballons besteht die Gefahr, dass flüssiges Kerzenwachs spritzen und Verbrennungen verursachen kann.

**DAS BRAUCHST DU:**

- 2 LUFTBALLONS AUS GUMMI
- LUFTBALLONPUMPE
- KERZE
- STATIV UND KLEMMER

**Achtung!**  
 Führt den Versuch bitte nur in der Gegenwart eines Erwachsenen und draußen durch!  
 Vorsicht, Feuergefahr - auf sichere Umgebung und Untergrund achten!



Ballon mit Luft (links) und Wasser (rechts)



### ERKLÄRUNG:

Wenn du den nur mit Luft gefüllten Luftballon über eine Kerzenflamme hältst, dann platzt er. Die Energie, die beim Verbrennen der Kerze in Form von Wärme frei wird, wirkt hierbei direkt auf die Luftballonhülle ein. Die Luft im Ballon kann die Wärme nur langsam aufnehmen, was zur Folge hat, dass die Wärme hauptsächlich auf das Gummi übertragen wird und es schließlich reißt.

Aber warum platzt der mit Wasser gefüllte Luftballon nicht? Das Wasser im Ballon ist im Gegensatz zur Luft besser in der Lage, die von der Kerze ausgehende Wärme aufzunehmen und zu speichern. Das liegt daran, dass das Wasser eine höhere Wärmekapazität als die Luft hat. Dadurch muss die mit Wasser gefüllte Ballonhülle weniger Wärmeenergie aufnehmen und hält länger. Wird der Ballon jedoch mehrere Minuten lang weiter erhitzt, hat irgendwann auch diese Ballonhülle so viel Wärmeenergie aufgenommen, dass sie reißt. Die schwarze Verfärbung an der Ballonhülle ist Ruß, der bei der Verbrennung entsteht.

Die Wärmekapazität ist übrigens ein Begriff aus der Physik und beschreibt die Fähigkeit eines Stoffes, Wärme zu speichern.



DLR\_School\_Lab Braunschweig  
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)  
[www.dlr.de/schoollab/braunschweig](http://www.dlr.de/schoollab/braunschweig)



## 6.1 Dank Rückstoß mit voller Kraft voraus!

Regelmäßig werden Raketen in das Weltall geschossen. Dort wird beispielsweise der Mond erforscht und eines Tages sollen sogar wieder Menschen auf ihm landen. Aber warum hebt eine Rakete überhaupt vom Boden ab und wie bewegt sie sich dann im luftleeren Raum vorwärts? Das beruht auf einem physikalischen Prinzip, das du auch auf der Erde untersuchen kannst. Viel Spaß dabei!



DAS BRAUCHST DU:

- SKATEBOARD ODER LONGBOARD
- MIT WASSER GEFÜLLTE PET-FLASCHEN
- STARKES KLEBEBAND (Z. B. GEWEBEKLEBEBAND)
- KREIDE
- EBENER UNTERGRUND (Z. B. TURNHALLE)

### SO GEHT'S:

1. Bastle aus den Flaschen verschieden schwere Gewichte, indem du 2, 3 oder mehr Flaschen gut zusammenklebst.
2. Markiere mit der Kreide einen Startpunkt.
3. Setze oder stelle dich nun auf das Skateboard und wirf nacheinander die verschiedenen Gewichte kräftig von dir weg.
4. Markiere jeweils den Punkt, bis zu dem du gerollt bist. Wann rollst du am weitesten? Und warum bewegst du dich überhaupt vorwärts?



### ERKLÄRUNG:

Das liegt am Rückstoßprinzip: Jede Kraft erzeugt eine Gegenkraft. Du bewegst dich vorwärts, weil du eine Masse von dir wegstößt. Die Kraft, die du dabei auf die Wasserflaschen ausübst, bewirkt eine Gegenkraft, die dich auf dem Skateboard in die entgegengesetzte Richtung bewegt.

Und je schwerer das Gewicht ist, umso mehr Kraft musst du aufwenden, um es von dir wegzuworfen. Darum bewegst du dich auch schneller und weiter rückwärts.

Genau dieses Prinzip wirkt auch beim Antrieb von Raketen. Die Gase, die beim Verbrennen von Treibstoff entstehen, strömen aus den Triebwerken aus und sorgen für den nötigen Schub. So kann man ein Raumschiff auch im luftleeren Weltall beschleunigen!

Du kannst das Experiment auch verändern, indem du das gleiche Gewicht mehr oder weniger kräftig von dir wegwirfst. Welchen Einfluss hat die Wurfgeschwindigkeit auf die Strecke, die du rollst?



DLR\_School\_Lab Köln

Deutsches Zentrum für  
Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

[www.dlr.de/schoollab/koeln](http://www.dlr.de/schoollab/koeln)



## 6.2 Pflanzenwachstum: Was benötigen Pflanzen zum Leben?

Was passiert mit Pflanzen, wenn du vergisst, sie zu gießen?  
Und woher „weiß“ eine Pflanze, in welche Richtung sie wachsen muss?  
Das wird auch auf der Raumstation untersucht, denn Astronautinnen und Astronauten sollen sich dort frische Nahrung wie zum Beispiel Salat selbst züchten können. Im folgenden Mitmachexperiment kannst du selbst einige Dinge über das Wachstum von Pflanzen herausfinden!

### SO GEHT'S:

1. Fülle jeden der Blumentöpfe mit 3 Esslöffeln Gartenerde.
2. Streue etwa einen halben Teelöffel Kressesamen auf die Erde und drücke die Samen vorsichtig an.
3. Bewässere einen der Töpfe (Topf A) sehr stark, 3 Töpfe nur ein bisschen (Topf B, C und D) und lass einen Topf komplett trocken (Topf E).
4. Schneide an den Rand eines Kartondeckels 2 Löcher wie auf dem Bild 3. Der andere Kartondeckel bleibt ganz.
5. Setze die Töpfchen in die Schachteln und stelle sie auf eine Fensterbank. Verschließe 2 der normal bewässerten Kartons mit den Deckeln (Topf B: Deckel mit Löchern, Topf C: Deckel ohne Löcher). Die anderen Kartons bleiben offen.
6. Gieße täglich Topf A stark und die Töpfe B, C und D ein bisschen (die Erde muss immer etwas feucht gehalten werden). Lasse Topf E über die gesamte Zeit trocken.
7. Beobachte über 4 Tage das Wachstum der Kresse und vergleiche die unterschiedlichen Bedingungen.

**DAS BRAUCHST DU:**

- 5 PAPPKARTONS MIT 2 DECKELN
- 5 KLEINE BLUMENTÖPFE MIT UNTERSETZERN
- KRESSESAMEN UND GARTENERDE
- SCHERE UND LINEAL
- ESSLÖFFEL UND TEELÖFFEL
- WASSER

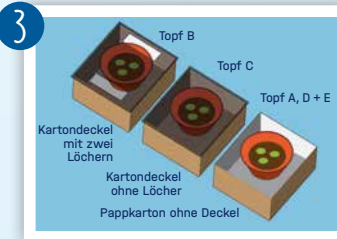


1 Diese Blume wuchs auf der ISS in Schwerelosigkeit. Auch das Wachstum von Salat, Kresse und anderen Pflanzen wird auf der Raumstation getestet.

2 In diesem Experiment geht es um Kressepflanzen.

3 Drei Kartons mit Kressetöpfen: Der Karton ohne Deckel soll dreimal aufgebaut werden, um die unterschiedlichen Wassermengen zu testen.

4 Schülerinnen bereiten das Kresse-Experiment vor.



### ERKLÄRUNG:

Wie kann aus kleinen, unscheinbaren Körnchen die grüne Kresse werden? Damit der Samen zu keimen beginnt, müssen die Umweltbedingungen stimmen. Wasser und Licht sind dafür besonders wichtig. So bildet sich ein Spross, der nach oben zum Licht, und eine Wurzel, die nach unten in den Boden wächst. Die Wurzel versorgt die Pflanze mit Wasser und Mineralstoffen, welche in der Erde enthalten sind. Doch wissen Pflanzen auch in der Schwerelosigkeit, in welche Richtung sie wachsen müssen? Dieser Frage ist der niederländische ESA-Astronaut André Kuipers im Jahr 2004 in einem Experiment für Kinder auf der Raumstation ISS nachgegangen. Er untersuchte Rucola-Pflanzen. Parallel zu den Experimenten auf der ISS beobachteten Schülerinnen und Schüler auf der Erde das Rucola-Wachstum.

Das Ergebnis: Ob in Schwerelosigkeit oder auf der Erde - wenn es eine Lichtquelle gab, wuchsen die Pflanzen immer in diese Richtung. Wenn das Licht entfällt, hat auch die Gravitation Auswirkungen: Der irdische Rucola wuchs im Dunkeln in die Höhe. Der Rucola, der auf der ISS im Dunkeln gehalten wurde, wuchs wahllos in alle Richtungen.

**Achtung!**  
Bitte die Pflanzen samt Erde nach dem Versuch wegwurfen. (Die Töpfe können wiederverwendet werden.)  
Die hier gezüchtete Kresse ist nicht zum Verzehr geeignet, da in den Kartons Schimmel entstehen kann!



DLR\_School\_Lab Berlin  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)  
[www.dlr.de/schoollab/berlin](http://www.dlr.de/schoollab/berlin)

## 6.3 Entlocke Sandproben ihre Geheimnisse

Der Planet Mars wird mithilfe von Rovern – fahrenden Robotern – erforscht. Insbesondere untersuchen sie dort Sand- und Gesteinsboden. Aber was ist so interessant an dem roten Sand? Er verrät viel über die Vergangenheit des Mars! Zum Beispiel, ob es mal flüssiges Wasser gab oder sich vielleicht dort Leben entwickelt hat. Sandproben von der Erde lassen sich auch mit ganz einfachen Mitteln zu Hause untersuchen.

### SO GEHT'S:

1. Fülle deine Sandproben in kleine, flache Plastikschaalen und untersuche sie dann zunächst mit der Lupe. Was kannst du erkennen? Was konntest du mit bloßen Augen nicht sehen?
2. Teste nun, ob der Sand magnetisch ist. Halte den Magneten unter die Schale. Lässt sich der Sand bewegen? Wenn ja, ist der ganze Sand magnetisch oder nur einzelne Steine?
3. Überprüfe mit der Essigessenz, ob sich Kalkreste in der Probe befinden. Träufle vorsichtig ein paar Tropfen auf die Sandproben. Kannst du etwas beobachten? Schau genau hin!
4. Fotografiere zum Abschluss noch deine Sandproben mit der Handykamera. Mit der größten Zoomeinstellung kannst du viele Details erkennen. Wie unterscheiden sich die verschiedenen Proben, wenn du die Bilder nebeneinanderlegst?

#### Achtung!

Sei vorsichtig mit der Essigessenz. Vermeide es, Essig in die Augen zu bekommen.

#### DAS BRAUCHST DU:

- 2 ODER MEHR SANDPROBEN DEINER WAHL (VOM STRAND, VOGELSAND ODER AUS DEM GARTEN ETC.)
- LUPE UND MAGNET
- ESSIGESSENZ (25%)
- HANDYKAMERA



### ERKLÄRUNG:

Unter der Lupe kannst du erkennen, dass Sand aus vielen verschiedenen kleinen Körnern besteht. Eine wichtige Eigenschaft ist die Farbe. Sie verrät uns etwas über die mineralische Zusammensetzung des Sandes. Es gibt zum Beispiel rote, schwarze oder gelbe Minerale. Ein Rover könnte chemische Untersuchungen durchführen und genau überprüfen, was er für Sand gefunden hat.

Du erkennst auch, dass die Körner unterschiedliche Größen und Formen haben. Dies hängt meist damit zusammen, ob an ihrem Herkunftsort viel Wind oder Wasser zu finden war. Wasser schleift Körner zum Beispiel klein und rund. Wind zerkleinert Körner auch, sie sind dann aber nicht rund geschliffen, ihre Oberfläche ist eher rau.

Mit dem Magneten hast du überprüft, ob in deiner Probe Eisen zu finden ist. Dies verrät uns auch etwas über die Zusammensetzung des Sandes. Körner mit Eisenanteil sind häufig rot vom Rost.

Im Versuch mit der Säure hast du geschaut, ob sich Kalk in der Probe befindet. Kalk ist ein Hinweis auf Überreste von Organismen, wie zum Beispiel Muscheln. Die Bläschen stammen aus einer chemischen Reaktion, in der der Kalk mit der Säure reagiert und dabei  $\text{CO}_2$  entsteht.

#### Wichtig:

Wasche dir nach dem Experimentieren gründlich die Hände.



DLR\_School\_Lab Bremen  
Deutsches Zentrum für  
Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)  
[www.dlr.de/schoollab/bremen](http://www.dlr.de/schoollab/bremen)

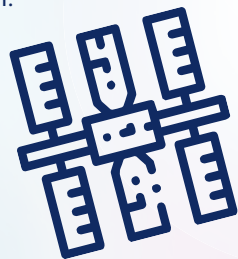
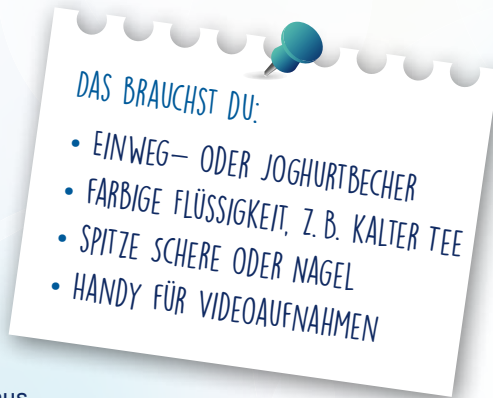


## 6.4 Was haben ein fallender Becher und die ISS gemeinsam?

Wenn ein mit Wasser gefüllter Becher ein Loch hat, fließt das Wasser raus - klar! Doch was passiert, wenn der Becher runterfällt? Fließt dann weiter Wasser aus dem Loch? Mache den Test mit dem fallenden Becher - am besten zu zweit, wobei die andere Person alles filmt. Am Ende erklären wir dir auch noch, was das mit der Internationalen Raumstation ISS zu tun hat.

### SO GEHT'S:

1. Stich mit der Schere oder dem Nagel vorsichtig unten ein kleines Loch in die Seite des Bechers.
2. Halte das Loch mit einem Finger zu und fülle den Becher mit der farbigen Flüssigkeit.
3. Strecke den Arm mit dem Becher aus.
4. Im Bildausschnitt der Handykamera sollte das Loch gut zu sehen sein. Aber auch unter dem Becher muss noch genug Platz „im Bild“ sein, damit die Aufnahme zeigt, wie der Becher nach unten fällt.
5. Jetzt muss die Kamera möglichst ruhig gehalten werden. Startet die Videoaufnahme.
6. Nimm den Finger vom Loch und lass den Becher nach ein paar Sekunden fallen.
7. Stoppt die Aufnahme und seht sie euch in normaler Geschwindigkeit, in Zeitlupe und mit einzelnen Standbildern an.



**Achtung!**  
Führt diesen Versuch im Freien mit genügend Sicherheitsabstand zu Elektrogeräten durch!



### ERKLÄRUNG:

Anfangs fließt das Wasser aufgrund der Schwerkraft durch das Loch und platscht auf den Boden. Doch sobald der Becher losgelassen wird, stoppt der Wasserfluss. Warum? Hast du die Schwerkraft „ausgeschaltet“? Natürlich nicht, schließlich fallen ja der Becher und das Wasser zu Boden - sie wirkt also noch immer. Aber der Becher und das Wasser befinden sich jetzt beide im freien Fall und „spüren“ deshalb keine Schwerkraft mehr.

Das ist wie bei einem Sprung von einem Stuhl oder vom Sprungbrett im Schwimmbad: Solange du dort oben stehst, arbeitet dein Körper mit Muskelkraft gegen die Schwerkraft, damit du nicht zusammensackst. Doch sobald du abgesprungen bist, herrscht Schwerelosigkeit und deine Muskeln müssen dich nicht mehr tragen. Eine unter deine Füße geschnallte Waage würde null anzeigen.

Und was hat das mit der ISS zu tun? Die Raumstation mit den Astronautinnen und Astronauten fällt wie der Becher mit dem Wasser oder du vom Sprungbrett. Doch um nicht aus etwa 400 km Höhe auf die Erde zu stürzen, bewegt sie sich parallel zur Erdoberfläche mit einer Geschwindigkeit von rund 28 000 km/h. Auf diese Weise fällt sie andauernd um die Erde herum.



DLR\_School\_Lab BTU Cottbus-Senftenberg

Deutsches Zentrum für  
Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

[www.dlr.de/schoollab/cottbus](http://www.dlr.de/schoollab/cottbus)

## 7.1 Slush-Eis selber herstellen

Wusstest du, dass noch vor 100 Jahren die „Kältemischung“ aus Eis und Salz zur Herstellung von Speiseeis diente? Tiefkühlschränke oder Eismaschinen gab es da noch nicht, man nahm einfach Eis und Salz, stellte eine Schale mit den Zutaten für das Speiseeis hinein und rührte, bis es die gewünschte Festigkeit hatte. Willst du das auch mal versuchen?



### DAS BRAUCHST DU:

- GROßE SCHÜSSEL (3–5 L)
- EISWÜRFEL (1 KG, CA. 50–60 EISWÜRFEL)
- KOCHSALZ (250 G, 1/2 PACKUNG)
- BECHER/TASSE (CA. 250 ML)
- SAFT (Z. B. APFEL- ODER ORANGENSAFT)
- LÖFFEL

### SO GEHT'S:

1. Gib die Eiswürfel und die halbe Packung Salz (250 g) in die große Schüssel und rühre alles gründlich mit dem Löffel um.
2. Fülle den Saft in den Becher und stelle den Becher in die Schüssel mit der Eis-Salz-Mischung. Damit das Slush-Eis gelingt, muss der Becher zum größten Teil von der Kühlmischung umhüllt sein. Achte darauf, dass der Becher nicht umkippen kann!
3. Rühre nun den Saft alle 10 Minuten um, bis er fest wird.
4. Es dauert 30 bis 60 Minuten, bis Slush-Eis entsteht, und gelingt am besten, wenn direkt am Becherrand umgerührt wird.



Rühre die Eiswürfel mit Salz in einer Schüssel um.



Stelle den Becher mit Saft in die Schüssel mit der Eis-Salz-Mischung und rühre den Saft regelmäßig um.

**Tipp:**  
Prüfe die Temperatur der Kältemischung, wenn du ein Kältethermometer hast.

### ERKLÄRUNG:

Mischst du das Eis und das Salz, entsteht eine Kältemischung. Sie heißt so, weil ihre Temperatur Minusgrade erreicht, wie ein Tiefkühlschrank, nur ohne Strom. Das hat zwei Gründe. Das Salz löst die Eiswürfel auf. Es entsteht Wasser, und die Salzkristalle lösen sich in diesem Wasser auf. Für beide Prozesse wird Energie benötigt, sogenannte Wärmeenergie. Diese benötigte Energie holt sich die Mischung aus Eis und Wasser aus sich selbst, indem sie kälter wird. Eine richtige ausgetüftelte Kältemischung kann auf  $-20^{\circ}\text{C}$  herunterkühlen. Die Kältemischung bleibt übrigens nur so lange kalt, wie Wasser, Eis und Salz gleichzeitig im Gefäß sind.

Schon im alten Rom kannte man die Eis-Salz-Kältemischung und nutzte sie für die Vorbereitung von Honig- und Sahneeis für römische Kaiser. Kühlschränke gab es damals noch nicht. Der erste Kühlschrank wurde 1748 vom britischen Forscher William Cullen erfunden und an der Universität Glasgow gezeigt. Fast 200 Jahre später, 1929, entwickelte der dänische Industrielle und Ingenieur Jørgen Skaftø Rasmussen den ersten elektrischen Kühlschrank.



Schülerlabor Quantensprung

Helmholtz-Zentrum Hereon

[www.hereon.de/schuelerlabor](http://www.hereon.de/schuelerlabor)



## 7.2 Krypto-Schatzsuche



Als richtige Kapitänin musst du dich natürlich mindestens einmal im Leben auf eine Schatzsuche begeben. Glücklicherweise hast du neulich per Funk eine Nachricht abgefangen, die dich zum Schatz führen soll. Du hast sie aufgezeichnet, sodass du sie unter einem QR-Code abrufen kannst. Hast du schon mal von Morsecode gehört, der auf hoher See verwendet wird? Kannst du ihn knacken?

### SO GEHT'S:

1. Scanne den QR-Code und höre dir die Nachricht an (Bild 1).
2. Entschlüssele die Nachricht mit der Morsecode-Tabelle (Bild 2).
3. Ein kurzer Ton ist ein Punkt und ein langer Ton ist ein Strich. Zum Beispiel ist die erste Tonfolge der Nachricht kurz-kurz-kurz, also **•••**, also **S**.
4. Entschlüssele jetzt die Inschrift auf dem richtigen Stein mithilfe der Skizze für den Freimaurercode (Bild 3).
5. Schau dafür die Ränder von den Buchstaben in der Skizze an. Zum Beispiel hat der Buchstabe **D** einen Rand oben, unten und rechts, also ist das Zeichen  (wie der erste Buchstabe von der Stein-Inschrift auf der Halbmondinsel). →

### DAS BRAUCHST DU:

- SMARTPHONE
- QR-CODE-SCANNER
- INTERNETZUGANG
- LAUTSPRECHER



1 [crypto.challenge.saarland/morse](https://crypto.challenge.saarland/morse)

A •-	J •---	S •••
B -•••	K -•-	T -
C -•-•	L -•••	U ••-
D -••	M --	V •••-
E •	N -•	W •--
F ••-•	O ---	X -••-
G --••	P ••-•	Y -•-•
H ••••	Q -•-•	Z ---•
I ••	R •••	

2 Morsecode-Tabelle



Ein Stein auf der Halbmondinsel

A	B	C	J	K	L
D	E	F	M	N	O
G	H	I	P	Q	R
S	T	Z	•	•	X
V	U	Y			

3 Freimaurercode



Ein Stein auf der Sterninsel

6. Die Buchstaben rechts in der Skizze haben einen Punkt, den du dann einfach in das Symbol hinein malst. Zum Beispiel **N** wird dann als  dargestellt, weil es überall einen Rand hat und einen Punkt in der Mitte.
7. Grabe den Schatz aus!

### ERKLÄRUNG:

Die zwei Verschlüsselungen, die du hier gesehen hast, sind Substitutionsverschlüsselungen. „Substituieren“ kommt aus dem Lateinischen und bedeutet „Ersetzen“. Und das ist genau das, was du gerade gemacht hast. Du hast Buchstaben durch Zeichen (oder Töne) ersetzt und umgekehrt. Ähnliche Verschlüsselungsmethoden werden heute auch in Apps wie Messengern verwendet, um zum Beispiel Textnachrichten zu verschlüsseln.

Kannst du auch eine eigene Substitutionsverschlüsselung entwerfen? Ersetze doch mal Buchstaben durch Emojis oder durch Farben. Wenn du dir deine eigene Verschlüsselung ausgedacht hast, verschlüssele doch mal eine Nachricht damit und teste, ob deine Eltern sie entschlüsseln können. Viel Spaß!



CISA Cysec Lab  
Schülerlabor für Cybersicherheit  
CISA - Helmholtz-Zentrum für Informationssicherheit  
[cisa.de/de/cysec-lab](https://cisa.de/de/cysec-lab)

## 7.3 Wie erforschst du etwas, das du nicht sehen kannst?



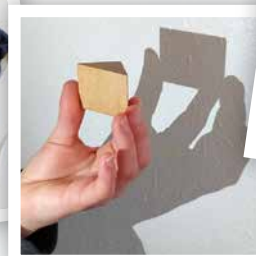
Woher wissen wir eigentlich, wie etwas aussieht, das wir mit bloßem Auge nicht sehen können? Eine Fliege kannst du noch gut erkennen. Um eine Ameise genau anzuschauen, brauchst du schon eine Lupe. Für noch kleinere Objekte wie Staub oder Pollen kannst du ein Mikroskop benutzen. Aber bei den ganz kleinen Teilchen, aus denen alles besteht, reicht selbst das größte Mikroskop nicht aus, um sie sichtbar zu machen. Doch zumindest die Formen der Teilchen kannst du trotzdem herausfinden.

### SO GEHT'S:

1. Lass eine andere Person einen Bauklotz in die schwarze Tüte legen. ertaste, welche Form der Bauklotz hat. Mach das mit verschiedenen Formen.
2. Lass eine andere Person mit der Taschenlampe den Schatten eines Bauklotzes an die Wand werfen. Welchen Bauklotz erkennst du? Lass die Person den Klotz drehen. Welchen Bauklotz erkennst du jetzt? Mach das mit verschiedenen Formen.
3. Lege den Schal zu einem Kreis mit einem Bauklotz in der Mitte. Falte das Papier zu einer Ziehharmonika und lege es als Rampe an den Rand des Schals. Rolle jetzt eine Kugel in einer Rille die Rampe hinunter. Rollt sie am Klotz vorbei oder trifft sie ihn? Lass weitere Kugeln in anderen Rillen hinunterrollen: Wohin rollen sie, wenn sie den Klotz treffen? Entferne alle Kugeln und tausche den Klotz gegen eine andere Form. Wiederhole das Experiment. Wie verteilen sich die Kugeln jetzt?
4. Fordert euch gegenseitig heraus: Baut aus der Pappe und den Schaschlikspießen ein Dach. Eine Person versteckt darunter einen Bauklotz. Die andere rollt wieder Kugeln die Rampe herunter - kann sie die Form des Bauklotzes erraten?

### DAS BRAUCHST DU:

- BAUKLÖTZE (VERSCH. FORMEN)
- SCHWARZE TÜTE
- KLEINE KUGELN (Z. B. ERBSEN, PERLEN)
- SCHAL
- BLATT PAPIER (CA. 10 X 20 CM)
- STÜCK PAPPE (CA. 20 X 20 CM)
- 4 SCHASCHLIKSPIEßE

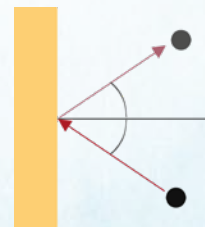


Eine Kugel ist die Rampe heruntergerollt und trifft gleich den Bauklotz.

### ERKLÄRUNG:

Von den Kugeln in den verschiedenen Rillen treffen einige den Bauklotz, andere nicht. Das verrät dir, wie breit der Klotz ist.

Wenn eine Kugel den Klotz trifft, prallt sie an ihm ab. Triffst du eine Seite genau senkrecht, rollt die Kugel in Richtung der Rampe zurück. Triffst du aber eine schräg stehende Fläche, rollt die Kugel zur Seite.



Wohin eine Kugel genau rollt, hängt von dem Winkel ab, mit dem sie auf die Fläche trifft. Stell dir eine Linie senkrecht zur Fläche vor: Die Kugel trifft unter einem bestimmten Winkel zu dieser Linie auf und prallt auch unter diesem wieder ab. Die Lage der Seiten des Klotzes bestimmt also, wohin die Kugeln abprallen. Andersherum: Die Verteilung der Kugeln am Schluss verrät dir, welcher Bauklotz unter der Pappe ist.

In der Physik nennt man die Ablenkung von Objekten durch die Wechselwirkung mit anderen Objekten „Streuung“. Das Streuexperiment ist eine Methode in der Atom-, Kern- oder Teilchenphysik: Du beschießt ein Material mit Teilchen, die kleiner sind als die Bausteine, die du untersuchen willst, um so den Aufbau des Materials herauszufinden.



Eine Person hat einen Bauklotz unter der Pappe versteckt. Eine andere Person kann nun Kugeln die Rampe hinunterrollen - kann sie erraten, welche Form versteckt ist?



Joint Outreach Office

GS I Helmholtzzentrum für  
Schwerionenforschung

[www.gsi.de](http://www.gsi.de)





## Wissenschaft selbst erleben!

Wissenschaft hilft uns zu verstehen, wie unsere Welt funktioniert. Wir als Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sehen uns Phänomene in unserer Umwelt an und erforschen, wie diese zusammenhängen. Was wir dabei herausfinden, können wir nutzen, um neue Dinge zu entwickeln, unsere Erde zu schützen und das Leben aller Menschen zu verbessern. Dabei sind Experimente oft die wichtigste Grundlage für das Verständnis und damit der Ausgangspunkt unserer Arbeit.

Mit ihren Experimenten begeistern die Schülerlabore in der Helmholtz-Gemeinschaft Kinder und Jugendliche schon früh für Naturwissenschaften, fördern und ermutigen sie, ihren kreativen Forschungsideen nachzugehen. In den Laboren können sie selbstständig experimentieren und einen Eindruck davon gewinnen, wie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten und welchen Nutzen die Gesellschaft von unserer Forschung hat. Neben der praktischen Forschung können die jungen Besucherinnen und Besucher in den Schülerlaboren auch unterschiedliche Berufsfelder entdecken. Wir möchten jungen Menschen dabei helfen, die Frage zu beantworten: Was will ich später einmal werden?

Die Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft laden in 32 Laboren zu ganz unterschiedlichen Themen ein – vom Weltraum bis zur Tiefsee, von der Batteriezelle bis zum Flugzeug von morgen. Junge Menschen können so die neuesten Erkenntnisse aus der Wissenschaft direkt vor Ort besichtigen und die Campus-Atmosphäre und den Forschungsalltag unmittelbar erleben.

Unser Netzwerk „Schülerlabore“ richtet sich dabei nicht nur an die Forscherinnen und Forscher von morgen, sondern auch an Lehrkräfte und Lehramtsstudierende: Wir bieten Fortbildungen, Onlinematerialien, tragen zu Ausstellungen und Wissenschaftsfestivals bei und liefern so Anregungen, um Wissenschaft im Unterricht verständlich und erlebbar zu machen. Und sollte ein Besuch in einem der Schülerlabore nicht möglich sein, helfen Anleitungen und Arbeitsblätter, spannende Versuche mit wenig Aufwand und einfach verfügbaren Materialien ins Klassenzimmer oder in die eigenen vier Wände zu bringen.

Ob in einem Labor oder von zu Hause aus, mit den Experimenten der Schülerlabore können Kinder und Jugendliche auf spielerische Weise naturwissenschaftliche Sachverhalte kennenlernen. Genauso sollen die Nachwuchsforscherinnen und -forscher aber auch nachbohren – denn Forschung lebt von der kritischen Auseinandersetzung. Nicht „glauben“, sondern nachprüfen, vielleicht auch umbauen, erweitern und noch mal versuchen! Und besonders wichtig: eigene Ideen testen, vergleichen und darauf aufbauen, was andere schon herausgefunden haben!

Wir freuen uns über alle, die mit uns mehr über die Zusammenhänge in Natur und Technik entdecken wollen!





# DIE VIELFALT DER SCHÜLERLABORE



Bild: GEOMAR



Bild: HZDR/Detlev Müller



Bild: GEOMAR



Bild: HZDR/Detlev Müller



Bild: DLR



Bild: HZDR/André Wirsig



Bild: GEOMAR



Bild: CISPA



Bild: GFZ/Thomas Spikermann



Bild: DESY/Lars Berg



Bild: DLR



Bild: GFZ/Thomas Spikermann



Bild: Gläsernes Labor



Bild: GEOMAR



Bild: KIT



Bild: DLR



Bild: HZB



Bild: DLR



Bild: DESY/Gesine Born



Bild: OPENSEA AWI



Bild: KIT



Bild: GFZ/Thomas Spikermann

Bild: KIT

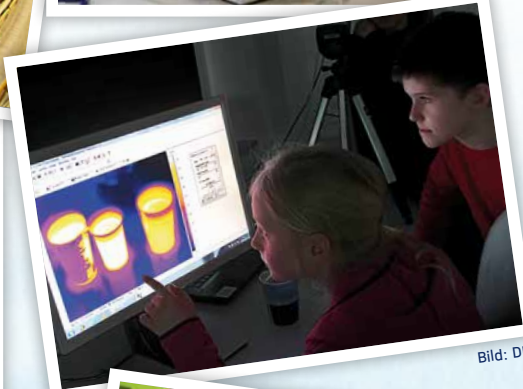


Bild: DLR

Bild: DLR



Bild: GFZ/Thomas Spikermann

Bild: Gläsernes Labor



Bild: DESY/Lars Berg



Bild: DESY/Gesine Born



Bild: DESY/Gesine Born

Bild: DLR



Bild: GEOMAR



Bild: DLR



Bild: HZDR/André Wirsig



# Übersicht der Angebote der Schülerlabore in der Helmholtz-Gemeinschaft

Zentrum	Schülerlabor	Standort	Kita	GS 1.-4. Kl.	GS/OS 5.-6. Kl.	7.-8. Klasse			9.-10. Klasse	Sek. II	Berufs- schulkl.	Lehrerfortbildungen			Infoveranstaltungen		Ferienkurse		
												5.-6.Kl.	Sek. I	Sek. II	Referendare	Lehramtsstudenten	GS	Sek. I	Sek. II
Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI)	HIGHSEA & SEASIDE	Bremerhaven	über SKf*	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
	OPENSEA	Helgoland				✓			✓	✓	✓			✓					
Deutsches Krebsforschungs- zentrum (DKFZ)	Heidelberger Life-Science Lab	Heidelberg				✓			✓	✓			✓	✓	✓	✓		✓	✓
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)	DLR_School_Lab RWTH Aachen	Aachen				✓			✓	✓	✓		✓	✓		Praktika		✓	✓
	DLR_School_Lab Augsburg	Augsburg		3.-4. Kl.	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	auf Anfrage	auf Anfrage		✓	✓
	DLR_School_Lab Berlin	Berlin	auf Anfrage		✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
	DLR_School_Lab Braunschweig	Braunschweig			✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
	DLR_School_Lab Bremen	Bremen		3.-4. Kl.	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
	DLR_School_Lab BTU Cottbus-Senftenberg	Cottbus				✓			✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓
	DLR_School_Lab TU Darmstadt	Darmstadt			✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Praktika	✓	✓	✓
	DLR_School_Lab TU Dortmund	Dortmund		4. Kl.	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Praktika	✓	✓	
	DLR_School_Lab TU Dresden	Dresden		✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
	DLR_School_Lab Göttingen	Göttingen	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
	DLR_School_Lab TU Hamburg	Hamburg		bedingt 4. Kl.	bedingt	bedingt			✓	✓			auf Anfrage	auf Anfrage	auf Anfrage	auf Anfrage	✓	✓	✓
	DLR_School_Lab Jena	Jena		✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
	DLR_School_Lab Köln	Köln		4. Kl.	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
	DLR_School_Lab Lampoldshausen/Stuttgart	Lampoldshausen				✓			✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	DLR_School_Lab Neustrelitz	Neustrelitz		✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen	Oberpfaffen- hofen		✓		bedingt			✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓				

\* Stiftung Kinder forschen



# Übersicht der Angebote der Schülerlabore in der Helmholtz-Gemeinschaft

Zentrum	Schülerlabor	Standort	Kita	GS	GS/OS	7.-8.		9.-10.	Sek. II	Berufs-	Lehrerfortbildungen			Infoveranstaltungen		Ferienkurse		
				1.-4. Kl.	5.-6. Kl.	Klasse		Klasse	schulkl.	5.-6. Kl.	Sek. I	Sek. II	Referendare	Lehramtsstudenten	GS	Sek. I	Sek. II	
Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY	DESY-Schülerlabor physik.begreifen	Hamburg		4. Kl.	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	DESY-Schülerlabor physik.begreifen	Zeuthen			✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Forschungszentrum Jülich	Schülerlabor JuLab	Jülich		4. Kl.	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
GEOMAR - Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel	Schulprogramme des GEOMAR	Kiel				✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	auf Anfrage			✓
Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB)	Schülerlabor Blick in die Materie	Berlin			✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR)	Schülerlabor DeltaX	Dresden		3. Kl.	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung (HZI)	Biotechnologisches Schülerlabor Braunschweig BioS	Braunschweig							✓	✓			✓	✓	✓			✓
CISPA - Helmholtz-Zentrum für Informationssicherheit	CISPA Cysec Lab	St. Ingbert			✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓		✓		✓	✓
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ	UFZ-Schülerlabor	Leipzig						✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓
Helmholtz-Zentrum Hereon	Schülerlabor Quantensprung	Geesthacht		✓				✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ	GFZ-Schülerlabor	Potsdam	Vor-schule	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	KIT-Schülerlabore	Eggenstein-Leopoldshafen/Karlsruhe		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Max Delbrück Center (MDC)	Gläsernes Labor	Berlin-Buch			✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

# Das Netzwerk Schülerlabore

## Eine Übersicht der Standorte



- |    |   |    |   |
|----|---|----|---|
| 1  | <b>Helgoland</b><br>OPENSEA   AWI                         | 17 | <b>Göttingen</b><br>DLR_School_Lab   DLR                    |
| 2  | <b>Kiel</b><br>Schulprogramme des GEOMAR                  | 18 | <b>Leipzig</b><br>UFZ-Schülerlabor   UFZ                    |
| 3  | <b>Bremerhaven</b><br>HIGHSEA & SEASIDE   AWI             | 19 | <b>Dresden</b><br>Schülerlabor DeltaX   HZDR                |
| 4  | <b>Hamburg</b><br>Schülerlabor<br>physik.begreifen   DESY | 20 | <b>Dresden</b><br>DLR_School_Lab TU Dresden                 |
| 5  | <b>Hamburg</b><br>DLR_School_Lab TU Hamburg               | 21 | <b>Jülich</b><br>JuLab   Forschungszentrum Jülich           |
| 6  | <b>Geesthacht</b><br>Schülerlabor Quantensprung   Hereon  | 22 | <b>Köln</b><br>DLR_School_Lab   DLR                         |
| 7  | <b>Neustrelitz</b><br>DLR_School_Lab   DLR                | 23 | <b>Aachen</b><br>DLR_School_Lab RWTH Aachen                 |
| 8  | <b>Bremen</b><br>DLR_School_Lab   DLR                     | 24 | <b>Darmstadt</b><br>DLR_School_Lab TU Darmstadt             |
| 9  | <b>Berlin</b><br>Gläsernes Labor   MDC                    | 25 | <b>Heidelberg</b><br>Life-Science Lab   DKFZ                |
| 10 | <b>Berlin</b><br>Blick in die Materie   HZB               | 26 | <b>Karlsruhe</b><br>KIT-Schülerlabore   KIT                 |
| 11 | <b>Berlin</b><br>DLR_School_Lab   DLR                     | 27 | <b>Lampoldshausen/Stuttgart</b><br>DLR_School_Lab   DLR     |
| 12 | <b>Potsdam</b><br>GFZ-Schülerlabor   GFZ                  | 28 | <b>Augsburg</b><br>DLR_School_Lab Uni Augsburg              |
| 13 | <b>Zeuthen</b><br>Schülerlabor<br>physik.begreifen   DESY | 29 | <b>Oberpfaffenhofen</b><br>DLR_School_Lab   DLR             |
| 14 | <b>Braunschweig</b><br>Schülerlabor BioS   HZI            | 30 | <b>St. Ingbert</b><br>CISPA Cysec Lab   CISPA               |
| 15 | <b>Braunschweig</b><br>DLR_School_Lab   DLR               | 31 | <b>Jena</b><br>DLR_School_Lab   DLR                         |
| 16 | <b>Dortmund</b><br>DLR_School_Lab TU Dortmund             | 32 | <b>Cottbus</b><br>DLR_School_Lab<br>BTU Cottbus-Senftenberg |

# IMPRESSUM

## Herausgeber

Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V.

Kommunikation und Außenbeziehungen

Helmholtz-Geschäftsstelle Berlin, Sebastian Grote (V.i.S.d.P.)

## Bildnachweise

Illustrationen Umschlag: Freepik/Harryarts, Shutterstock/Nikolaeva, Freepik/balasoiu; S. 2: Shutterstock/Nikolaeva; S. 3: Phil Dera; Hintergründe Innenteil: Freepik/balasoiu, Fotolia/reconceptus, Freepik/Creative\_hat; Notizzettel & Pins: Freepik, Freepik/vvstudio; Icons: flaticon; S.4: Shutterstock/Yuganov Konstantin; S. 5: Shutterstock/antoniodiaz; S. 7: HZDR/Detlev Müller; S. 9: DLR\_School\_Lab TU Dortmund, Sylvia Rückheim; S.17: E. Ureland, H. Erbes; S. 24: Wikimedia Commons; S. 25: GEOMAR Kiel/Joachim Dengg und Alinea; S. 27: GFZ; S. 32-33: JuLab; S. 36-37: Gläsernes Labor/Naomie Eche; S. 40-41: DLR, NASA (Rakete); S. 43: NASA (Bild 1), DLR/Timm Bourry (Bild 2 & 4); S. 48-49: Hereon/Grohn; S. 54: DESY/Lars Berg; S. 55: GEOMAR; S. 64: Shutterstock/smile23; S. 67: DESY

Soweit nicht anders angegeben, liegen die Bildrechte auf den Experimentierseiten beim jeweiligen Forschungszentrum.

## Redaktion

Adelheid Sommer, Joachim Dengg, Manuela Lange, Sarah Werner

## Lektorat

Andrea Mayer

## Design

Helmholtz/Stephanie Lochmüller

## Druck

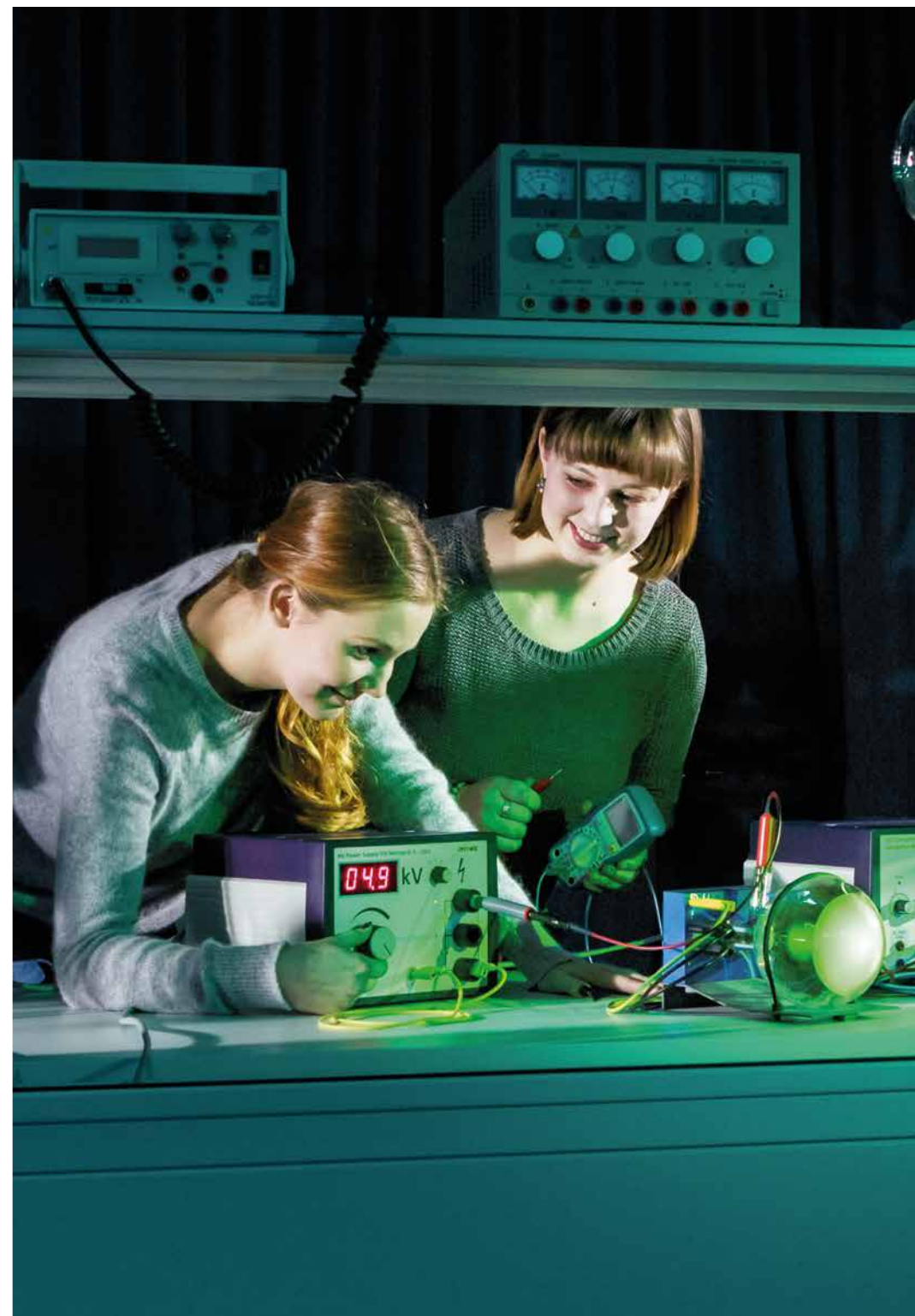
Druck- und Verlagshaus Zarbock, Frankfurt a. M.

## Haftungsausschluss

Die Experimente in diesem Heft sind von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Schülerlabore sorgfältig geprüft worden. Dennoch ist eine Haftung der Schülerlabore für Personen-, Sach- und Vermögensschäden ausgeschlossen.

## Stand

August 2023





# EXPERIMENTE für zu Hause

Diese Broschüre bietet jungen Forscherinnen und Forscher viele einfache Beispiele zum Experimentieren aus ganz unterschiedlichen wissenschaftlichen Bereichen. Sie verdeutlichen, wie man auch im Kleinen aufregende Dinge findet. Die „Experimente für zu Hause“ wurden von den Schülerlaboren in der Helmholtz-Gemeinschaft ausgewählt.

## HELMHOLTZ

Helmholtz leistet Beiträge zur Lösung großer und drängender Fragen von Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft durch wissenschaftliche Spitzenleistungen in sechs Forschungsbereichen: Energie, Erde und Umwelt, Gesundheit, Information, Materie sowie Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr.

Die Helmholtz-Gemeinschaft ist mit etwa 45 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in 18 Forschungszentren und einem Jahresbudget von rund 5,9 Milliarden Euro die größte Wissenschaftsorganisation Deutschlands. Ihre Arbeit steht in der Tradition des großen Naturforschers Hermann von Helmholtz (1821-1894).

[www.helmholtz.de/schuelerlabore](http://www.helmholtz.de/schuelerlabore)



**MIX**  
Papier aus verantwortungsvollen Quellen  
Paper from responsible sources  
FSC® C003425



**Druckerzeugnis**  
www.natureOffice.com/DE-672-362739

**klimaneutral**  
durch CO<sub>2</sub>-Ausgleich

