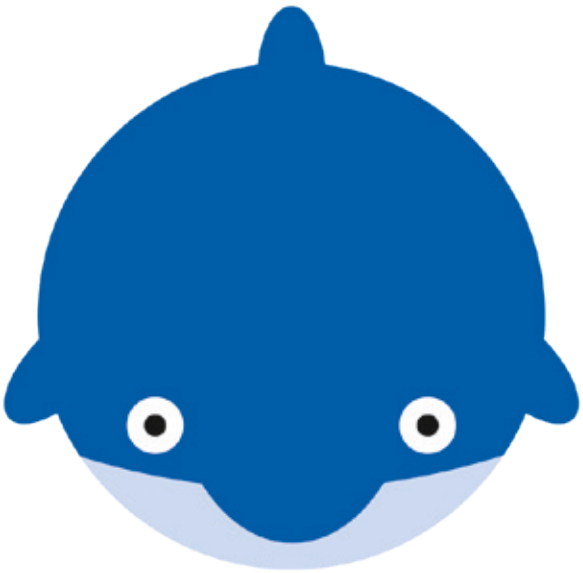
Verein PHÄNOMENTA
LÜDENSCHEID

Handreichungen für Lehrkräfte der Sekundarstufe I

»Der Delfinpfad«

Veränderte und erweiterte Auflage 2018



© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	Seite 3
Archimedische Seifenblasen	Seite 5
Cartesischer Taucher	Seite 6
Elektrische Flöhe	Seite 8
Handbatterie	Seite 10
Klebeluft	Seite 13
Pulfrich-Effekt	Seite 16
Rollenwettlauf	Seite 18
Rückstoßwagen	Seite 21
Schattenfarben mit Spiegelpixel	Seite 23
Stereohören	Seite 25
Weiche Brücke – Harte Brücke	Seite 27
Wirbeltrichter	Seite 29
Zange	Seite 31

Autoren:
Sebastian Bühren
Hans-Henning Langkitsch
Dr. Johannes Pöpping
Martin Rudolf Schmidt

Handzeichnungen:
Dagmar Hoffmeister

GEFÖRDERT DURCH:

Südwestfalen Regionale 2013 · Denkfabrik · EUROPÄISCHE UNION Investition in unsere Zukunft Europäischer Fonds für regionale Entwicklung · Ziel2.NRW · Ministerium für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes Nordrhein-Westfalen

© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

Spielend und forschend Physik lernen ...

Lernen kann auch anders gelingen: Nicht mit erhobenem pädagogischen Zeigefinger und auf vorgezeichneten Lernwegen, sondern mit selbstständigem, unbefangenem und mit Neugier verbundenem Herangehen an die Phänomene. So gewinnt jeder Besucher spielend und forschend Freude an naturwissenschaftlichen Vorgängen, lässt sich begeistern, erlangt neue Kenntnisse und lernt auch für den Prozess des „lebenslangen Lernens".

Dies ist genau die Idee, mit der sich PHÄNOMENTA Lüdenscheid seit mehr als 20 Jahren an alle Besucher im Alter von drei bis 99 Jahren wendet. Und dies ist auch das Prinzip, das den ausgewählten Experimenten für den „Delfinpfad" zugrunde liegt. Mit diesem Projekt wollen wir Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I aller Schulformen an die Welt der Naturwissenschaften heranführen. Wir laden Sie, liebe Lehrer und Eltern, herzlich ein, dieses Abenteuer gemeinsam mit den Kindern zu erleben.

Der „Delfinpfad" bietet den Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I die Möglichkeit, physikalische, zunächst vor allem mechanische, elektrische und akustische Phänomene auf eigene Faust zu erkunden. Zahlreiche Experimente zum Anfassen und Ausprobieren appellieren an den Spieltrieb der jungen Besucher, wecken Forschergeist und Spaß an der Technik. Ein kleiner Delfin an den Handlungsanregungen zum Experiment weist den Weg zu insgesamt 13 Stationen: Jede dieser Stationen kann problemlos von Schülern dieses Alters bedient werden. Auch die wissenschaftlichen Hintergründe der ausgewählten Experimente sind für die Kinder zu verstehen. Sämtliche Phänomene, die hier erforscht werden, weisen zudem einen Bezug zum Alltag der Kinder auf. Die Stationen wurden überdies so ausgewählt, dass sie sich in den Lehrplan der Sekundarstufe I einfügen lassen und mit einfachen Mitteln nachgebaut werden können.

Zu jeder der ausgewählten Stationen haben Mitglieder des Vereins PHÄNOMENTA – Lehrer, Physiker, Ingenieure – ehrenamtlich didaktische Materialien erstellt. Im Folgenden finden Sie – nach einer kurzen Beschreibung des Experimentaufbaus – eine Erläuterung des naturwissenschaftlichen Hintergrunds. Hierbei wurden solche Versuche, die sich aus Sicht der PHÄNOMENTA für die schulische Wissensvermittlung als besonders geeignet erweisen, ausführlicher behandelt. Eine Anleitung inklusive Skizzen veranschaulicht den leichten Nachbau der Experimente – ob in der Schule oder zu Hause. Anders als beim „Marienkäferpfad" und „Koalapfad" ist in diesem Projekt bei der Mehrzahl der Texte ein Abschnitt angefügt, der sowohl die technischen Anwendungen der Phänomene betrifft als auch Wege zu noch anderweitigen Betrachtungen eröffnet.

Nach den positiven Erfahrungen aus dem Kindergartenprojekt „Marienkäferpfad" und dem Grundschulprojekt „Koalapfad" werden die begleitenden Lehrerinnen und Lehrer mit Workshops auf den Besuch vorbereitet, in denen sie sich mit den Experimenten und ihren physikalischen Hintergründen vertraut machen. Auch die

© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

Nachbereitung im Unterricht sowie der Nachbau der Stationen werden in Workshops behandelt, die je nach Bedarf organisiert werden. Die aktuellen Termine können Sie gerne jederzeit telefonisch bei uns erfragen (Telefon: 023 51 – 215 32) oder auf unserer Homepage finden.

Unser Kindergartenprojekt wurde 2007 von der NRW-Landesinitiative "Zukunft durch Innovation" für seine besondere Förderung des naturwissenschaftlichen Nachwuchses ausgezeichnet. Das damit verbundene Preisgeld hat uns u.a. geholfen, den „Koalapfad" und den „Delfinpfad" zu ermöglichen. 2011 erhielt PHÄNOMENTA vom Marketing-Club Südwestfalen den Wissenspreis für „vorbildliche Wissensvermittlung in der Region".

Das Team der PHÄNOMENTA Lüdenscheid wünscht Ihnen viel Spaß!

© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

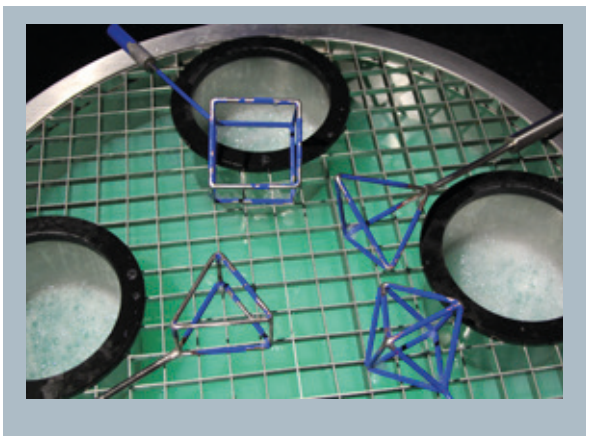
Archimedische Seifenblasen

Tauche eines der Drahtmodelle in die Seifenlauge und ziehe es heraus!

WORUM GEHT ES?
An dieser Station findet der Besucher verschiedene Modelle geometrischer Drahtfiguren, z. B. eines Würfels, die er in Seifenlauge tauchen kann. Beim Herausnehmen kann er beobachten, wie sich die Seifenhaut im Drahtmodell verhält. Beim Würfel ist es erstaunlich anders als erwartet.

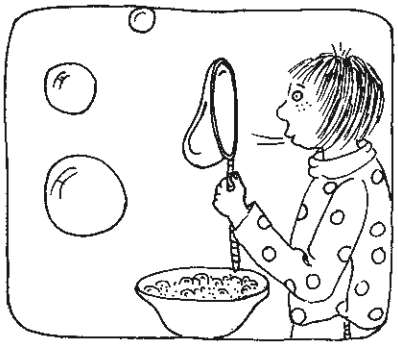
WESHALB IST DAS SO?
Eine Seifenblase ist nichts anderes als eine dünne Wasserschicht, an deren Außen- und Innenseite jeweils ein Seifenfilm anliegt. Die wasserliebenden Anteile der Seife sind dem Wasser zugewandt, der Rest hängt in der Luft. Durch die Seife wird die Oberflächenspannung des Wassers verringert, sodass die Blasen ausreichend Stabilität erhalten. Die Seifenmoleküle wirken dabei wie elastische Gummibänder.

Taucht man z. B. das Drahtmodell eines Würfels in die Seifenlauge, so werden nicht, wie erwartet, jede der sechs Seitenflächen mit einer Seifenhaut überspannt. Stattdessen bildet sich in der Mitte des Drahtwürfels ein kleiner Würfel aus Seifenhäuten,



der wiederum durch Seifenhäute mit den Kanten des Drahtwürfels verbunden ist. Die Seifenhäute bilden sich stets so, dass ihre Oberfläche so klein wie möglich, also eine Minimalfläche, ist. Dabei sind die Kräfte optimal verteilt, andernfalls blieben die Flächen in Bewegung und würden sich verformen.

ANREGUNG
Jedes Kind hat schon mit „Pustefix" gespielt und mit großer Begeisterung Seifenblasen erzeugt, bis die Flasche am Ende leer war. Größere Blasen sind noch schöner und leicht mit einem größeren, selbst gebogenen Drahtrahmen zu erzeugen. Das „Pustefix" aus eigener Produktion kommt auf einen flachen Teller oder eine Schale, in die der Drahtrahmen eingetaucht wird.



Unser Rezeptvorschlag für eine eigene Produktion von „Pustefix" erfordert etwas Geduld: Der Ansatz muss etwas länger reifen! 1/4 Flasche Fairy Original (125 ml), 10 Liter Wasser, 1 TL Glycerin (fettfrei). Diese Mengen sind entsprechend zu reduzieren, denn wer braucht schon – außer PHÄNOMENTA – so viel „Pustefix".

MATERIAL
Flacher Teller oder Schale, Draht, Pustefixzutaten (vgl. Rezept)

© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

Cartesischer Taucher

Erhöhe mit dem Pedal den Druck im Zylinder und beobachte den Taucher!

WORUM GEHT ES?

Der Cartesische Taucher besteht aus einem großen transparenten Zylinder, der mit Flüssigkeit gefüllt ist. Im Inneren des Zylinders befindet sich üblicherweise eine Figur, die man als Taucher oder auch als Flaschenteufel bezeichnet.
Mit einer Fußpumpe kann der Besucher den Druck in der Flüssigkeitssäule vergrößern. Dann beobachtet er, dass der Taucher im Glaszylinder sinkt. Wird der Druck verringert, steigt der Taucher wieder auf. Mit etwas „Fußspitzengefühl" kann man den Taucher auch in einer bestimmten Tiefe schweben lassen.

WESHALB IST DAS SO?

Der tauchende Flaschenteufel ist bei PHÄNOMENTA durch ein Reagenzglas (mit nach unten gerichtetem durchbohrtem Stopfen) ersetzt. Es ist teilweise mit Flüssigkeit gefüllt. Die Flüssigkeitsmenge ist so bemessen, dass das Reagenzglas oben schwimmt. Da sich die Flüssigkeit kaum komprimieren lässt, wird der Druck von der Fußpumpe über das Loch im Stopfen auf die Luft im Inneren des Reagenzglases übertragen. Die Luft wird zusammengedrückt, mehr Flüssigkeit dringt ein, sodass der Tauchkörper schwerer wird und sinkt.

Wird der Druck weggenommen, verdrängt die sich im Tauchkörper wieder ausdehnende Luft die eingedrungene Flüssigkeit. Die Flüssigkeit entweicht über das Loch im Korken, der Taucher wird leichter und steigt auf.

Wenn Auftriebskraft und Gewichtskraft gerade im (labilen) Gleichgewicht sind, schwebt der Taucher auf einer gewissen Höhe im Zylinder. Es erfordert ein bisschen Geschick, ist aber machbar.

ANREGUNG

Das Spiel mit dem Flaschenteufel ist auch schon für sehr kleine Kinder faszinierend und Schulkinder bauen es gerne nach.
Im einfachsten Fall reicht eine mit Wasser randvoll gefüllte Flasche, die mit einem Korken verschlossen werden kann. Der Korken muss sich leicht herunterdrücken und wieder hochziehen lassen. Als Taucher lässt sich ein Stück Orangenschale verwenden. Ohne Druck auf den Korken schwimmt sie auf dem Wasser, bei grö-

© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

ßerem Druck sinkt die Orangenschale ab. Lässt der Druck wieder nach, steigt sie langsam auf. Grund für dieses Verhalten ist die in den Poren der Schale eingeschlossene Luft, die wie beim Cartesischen Taucher zusammengedrückt wird und sich bei nachlassendem Druck wieder entspannen kann.

Nachteil bei diesem Aufbau ist, dass man den Einfluss des Drucks auf die Luft in Poren schlecht beobachten kann. Daher sollte man den Taucher besser aus einer leeren Tintenpatrone (oder einem leeren Backaroma-Fläschchen) herstellen. Sie wird teilweise mit Wasser gefüllt und mit einer Büroklammer beschwert, von der ein Drahtstück in die Öffnung der Patrone geklemmt wird. Die Patrone muss so ausgewogen sein, dass sie eben noch (mit der Öffnung nach unten) an der Wasseroberfläche schwimmt. Als Flasche eignet sich auch eine Flasche aus festem Kunststoff, wie sie etwa für Mineralwasser verwendet wird, das mit Kohlensäure versetzt ist. Ist sie wassergefüllt und fest zugeschraubt, kann man durch Druck auf die Wände den Taucher sinken lassen. Dies zeigt auch sehr schön, dass der Druck nicht von oben kommen muss, sondern sich in der Flüssigkeit von einer beliebigen Druckstelle aus gleichmäßig ausbreitet.

Im Internet findet man unter dem Stichwort „Kartesischer Angler" eine Bastelanleitung für eine etwas aufwendigere Konstruktion mit zwei Tauchkörpern, ursprünglich veröffentlicht in der Zeitschrift GEOlino 11/04.

© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

Elektrische Flöhe

Reibe mit dem Fell auf der Plexiglasscheibe!

WORUM GEHT ES?
Keine Angst: Bei der PHÄNOMENTA werden keine echten Flöhe unter Strom gesetzt, sondern nur kleine Styroporkügelchen. Doch woher kommt der Strom? Die Antwort hält der Besucher in den Händen!

WESHALB IST DAS SO?
Kleine Styroporkügelchen befinden sich zwischen einer Holzplatte und einer darüber liegenden Plexiglasscheibe. Wenn man mit dem ausliegenden Wolllappen auf der Plexiglasscheibe entlang reibt, hüpfen die Styroporkügelchen wie Flöhe und haften auf der Unterseite der Plexiglasscheibe, fallen teilweise zurück und springen wieder hoch.

Jeder Stoff enthält positive und negative Ladungen, welche normalerweise in gleichen Mengen vorkommen. Wenn man mit dem ausliegenden Wolllappen kräftig auf der Plexiglasscheibe entlang reibt, kommen die beiden Materialien in einen sehr engen Kontakt (weniger als der millionste Teil eines Millimeters). Elektronen, also negativ geladene Teilchen, aus der Wolle können nun auf die Plexiglasscheibe überspringen, wodurch diese einen Überschuss an negativer Ladung erhält. Weil sich ungleiche Ladungen anziehen und gleiche abstoßen, wirken die überschüssigen Elektronen in der Scheibe „polarisierend" auf die Styroporkugeln.

Das bedeutet, die Ladungen im Styropor trennen sich: Die positiven Teilchen ordnen sich in Richtung der Plexiglasscheibe an und die negativen gehen auf den größtmöglichen Abstand. Übersteigt die elektrische Anziehungskraft dabei die Gewichtskraft des Styropors, bewegen sich die Kügelchen in Richtung Plexiglasfenster.

ALLTAGSBEZUG
Diese Art der elektrischen Aufladung kann man manchmal beim Ausziehen von Pullovern oder Hemden aus bestimmten Materialien beobachten. Hier reibt der Stoff des Kleidungsstücks an der Haut und an den Haaren, wodurch sich die Ladungen trennen. Dadurch springen negative Ladungen auf den Menschen über. Das kann sich nach dem Ausziehen des Pullovers in einem zu Berge stehenden Haarschopf oder in leisem Knistern verbunden mit kleinen Funken äußern.

Ähnliches bewirkt ein Kunststoffkamm bei frisch gewaschenen Haaren oder eine Hose auf dem Autositz, letzteres kann zu einem kleinen ungefährlichen, aber unangenehmen elektrischen Schlag führen.

TECHNISCHE ANWENDUNG
Beim Fotokopierverfahren und beim Laserdrucker springen geladene Farbpartikel (Toner) wie die elektrischen Flöhe auf vor-

© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

her elektrisch geladene Stellen des Papiers, wo sie durch Wärme fixiert werden. Elektrische Aufladung stellt in der Elektronikindustrie ein großes Problem dar. Deshalb sind Mitarbeiter oft über ein Armband mit Kabel geerdet, um elektrische Aufladung zu vermeiden. Computerbauteile werden oft in geschwärzter Folie verpackt. Diese ist elektrisch leitend und soll die Zerstörung der Bauteile durch elektrostatische Aufladung verhindern.

Andererseits verwendet man die Möglichkeit, Staubpartikel in starken elektrischen Feldern elektrostatisch aufzuladen und an sogenannten Niederschlagselektroden abzuscheiden, um z. B. Rauchgas aus Kohlekraftwerken zu reinigen. Die Filter halten bis zu 99,9% des Staubs zurück und schützen damit die Umwelt in erheblichem Maße.

ANREGUNG

Folgende Materialien werden benötigt
- ein Luftballon
- Haare oder Wollpullover
- Papierschnipsel

Der Versuch ist sehr schnell vorbereitet, man muss lediglich einige kleine Papierschnipsel auf einem Tisch verteilen, den Luftballon aufblasen und das Ende gut zuknoten. Wird der Luftballon nun mehrfach vorsichtig in den Haaren oder an einem Wollpullover gerieben, laden sich beide Materialien auf. Vielleicht springen dabei sogar Funken über. Man kann dann hören, wie es leise knistert.

Weil das Ballonmaterial keinen elektrischen Strom leitet, bleibt es für einige Zeit aufgeladen und man kann in Ruhe damit experimentieren.

Zum Beispiel kann beobachtet werden, wie der Luftballon einige Dinge anzieht. Dazu gehören die bereits aufgeladenen Haare oder die Papierschnipsel auf dem Tisch. Wie von Geisterhand bleiben sie an dem Ballon hängen oder springen vielleicht sogar auch weg.

Manchmal ist es auch möglich, den aufgeladenen Luftballon einfach unter die Zimmerdecke zu heften. Dann ist die Anziehungskraft so groß, dass er sein eigenes Gewicht „tragen" kann.

© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

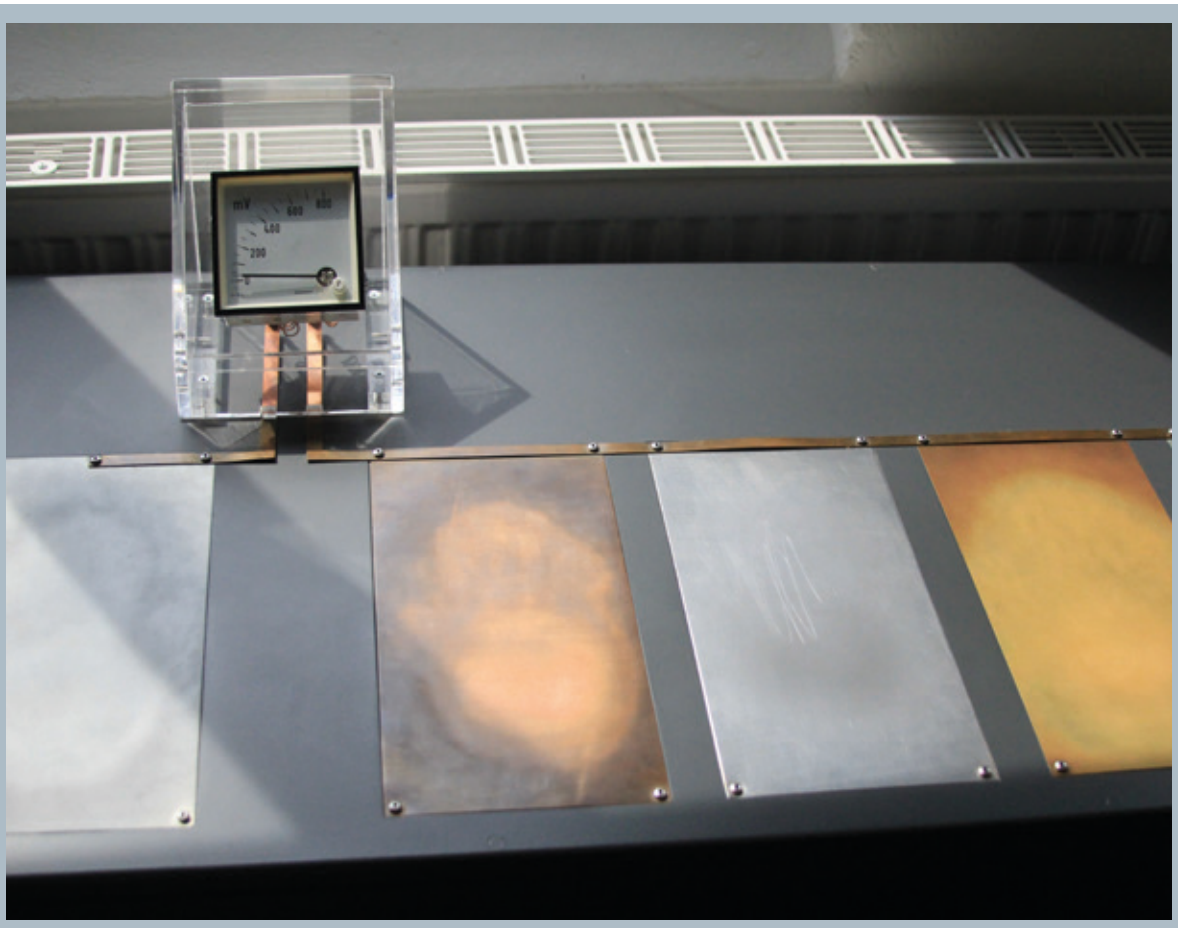
Handbatterie

Lege deine linke Hand auf die Zinkplatte links und die rechte auf eine der anderen Platten! Zwischen welchen Platten entsteht die höchste Spannung?

WORUM GEHT ES?
An dieser Station kannst du selbst zum wesentlichen Bestandteil einer Batterie werden. Wie groß die dabei entstehende Spannung ist, lässt sich mit einem Voltmeter messen, bei jedem ist sie anders!

WESHALB IST DAS SO?
Die Station ist folgendermaßen aufgebaut: Auf einen Tisch sind verschiedene Metallplatten geschraubt, die linke Platte aus Zink ist mit einem Anschluss eines Voltmeters verbunden. Die vier rechten Platten aus Kupfer, Aluminium, Messing und Zink sind mit einem breiten Kabel untereinander und mit dem zweiten Anschluss des Voltmeters verbunden.

Legst du deine linke Hand auf die linke Zinkplatte und die rechte auf eine der



© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

anderen Platten, wirst du zu einem Teil der Batterie und die entstehende Spannung wird am Voltmeter angezeigt.

Durch deine Hände entsteht eine elektrisch leitende Verbindung zwischen deinen Handflächen und der Metalloberfläche der Platten. Sie ermöglicht es, dass positiv geladene Teilchen (Ionen) die Metalloberfläche verlassen und sich an den Handinnenflächen anlagern. Im Metall bleiben einzelne negativ geladene Teilchen zurück, die Elektronen. Legt man zum Beispiel die linke Hand auf die Zinkplatte ganz links auf dem Pult und die rechte Hand auf die Kupferplatte weiter rechts, lösen sich aus dem Zink mehr Ionen heraus als aus dem Kupfer. Das liegt daran, dass Kupfer ein edleres Metall als Zink ist und sich somit die Kupferionen wesentlich schwerer aus dem Metallverbund herauslösen lassen.

Mit dem Auflegen der Hände entsteht also ein Elektronenüberschuss auf beiden Platten. Jedoch ist die Anzahl der Elektronen, die auf der Zinkplatte zurückbleiben, größer als die auf der Kupferplatte. Der so entstandene Ladungsunterschied verursacht eine elektrische Spannung zwischen den Platten, die von dem Gerät auf dem Pult, einem so genannten Voltmeter, gemessen werden kann. Die Spannung bleibt solange aufrecht, wie der Hautkontakt mit den Metalloberflächen besteht.

Während dieser Zeit finden zwei Prozesse gleichzeitig statt. Zum einen kann sich der Elektronenüberschuss über die Verbindung durch die Metallbänder ausgleichen. Und zum anderen werden ständig neue positive Ionen durch den Kontakt zwischen Haut und Metall aus den Platten herausgelöst. Die entstehende Spannung hängt dabei ganz wesentlich von der Feuchtigkeit der Hände ab, weil sie es ist, die den leitenden Kontakt zwischen Hand und Metall herstellt. So kann es passieren, dass Menschen mit eher trockenen Händen eine geringere Spannung erzeugen als Menschen mit feuchteren Händen. Außerdem hängt die entstehende Spannung von den Materialien der Platten ab, die man benutzt. Wählt man zum Beispiel die beiden Zinkplatten aus, entsteht gar keine Spannung, weil sich auf beiden Seiten gleich viele Ionen aus dem Metall herauslösen.

TECHNISCHE ANWENDUNG

Der Aufbau dieser Station entspricht im Wesentlichen dem galvanischen Element, benannt nach dem Italiener Luigi Galvani, das auch heute noch Anwendung in Batterien findet. Dabei übernimmt der Mensch mit seinen leicht feuchten Händen die Aufgabe der Batteriesäure, die sonst in Batterien dafür zuständig ist, die Ionen aus den Elektroden herauszulösen.

Batterien und ihre wieder aufladbaren Pendants, die Akkumulatoren (Akkus) finden eine weite Anwendung vor allem in Bereichen, in denen eine Netzversorgung nicht möglich ist. Man unterscheidet drei Bauformen:

1. Rundzellen; sie werden am häufigsten eingesetzt, z. B. in Taschenlampen, Radios, Spielzeugautos, Digitalkameras, Küchenuhren, Kurzzeituhren, Weckern usw.

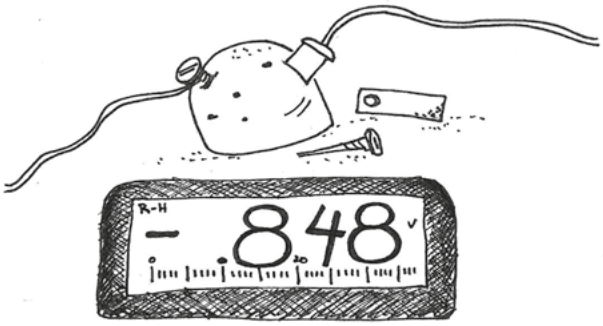
2. Knopfzellen, sie sind besonders klein. Sie werden vor allem in elektronischen Geräten mit geringem Stromverbrauch verwendet, z. B. in Hörgeräten, Armbanduhren, Taschenrechnern, Fernsteuerungen usw.

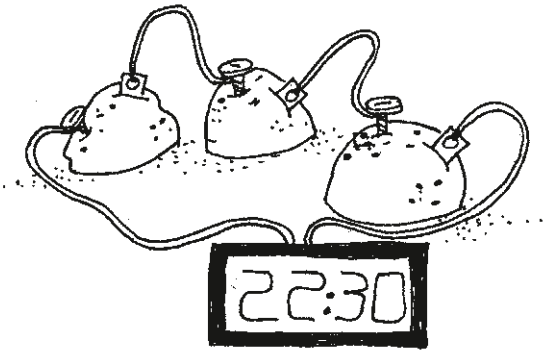
3. Blöcke, sie sind zum Erreichen einer höheren Spannung intern aus mehreren in Serie geschalteten Zellen aufgebaut. Bekannt ist die 9V-Blockbatterie mit Druck-

© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

knopfanschlüssen. Sie enthält 6 Zellen zu 1,5V, die in Serie geschaltet sind. Man findet sie in Personenwaagen, Rauchmeldern, Vielfachmessinstrumenten usw.

Die Elektrochemie der Batterien und Akkus ist vielfältig, verschiedene Materialien und Materialkombinationen sind gebräuchlich: Kohle-Zink, Alkali-Mangan, Nickel-Cadmium, Nickel-Metallhydrid, Zink-Luft, Lithium, Lithium-Ionen, Quecksilberoxid.
Die Autoindustrie entwickelt zurzeit Akkus für den Antrieb von Elektroautos; diese müssen leicht sein, eine hohe Speicherkapazität besitzen (und damit eine große Reichweite ermöglichen), einen guten Wirkungsgrad haben, bei jeder Witterung einsatzbereit sein, schnell ladbar und schließlich umweltfreundlich sowie wirtschaftlich sein. Lithium-Ionen-Akkus sind dabei die Favoriten, aber die Ergebnisse sind noch nicht völlig überzeugend.





ANREGUNG

Folgende Materialien werden benötigt, um eine Kartoffelbatterie herzustellen:

- Kartoffeln, ersatzweise auch Zitronen, Äpfel oder Zwiebeln (anschließend sind die Lebensmittel nicht mehr zum Verzehr geeignet!)
- Zinknägel
- Kupferstücke (z. B. eine 1-Cent-Münze)
- Kabel (mit Krokodilklemmen)
- Eine Uhr mit LCD-Anzeige oder eine LED oder ein Kopfhörer oder ein Vielfachmessgerät.

Für den Versuch werden zum Beispiel drei Kartoffelhälften verwendet, in die jeweils ein Kupferstück und ein Zinknagel gesteckt werden. Das Ergebnis sind drei galvanische Elemente, die je eine Spannung von etwa einem Volt liefern. Das Kupferstück ist dabei der Plus- und der Zinknagel der Minuspol. Für eine höhere Spannung können mehrere Kartoffel-Batterien in Reihenschaltung verbunden werden. Mit drei Elementen kann eine Uhr mit LCD-Anzeige betrieben werden, eine LED leuchtet schwach, mit dem Kopfhörer kann man den entstehenden Strom durch ein Knackgeräusch nachweisen und mit dem Vielfachmessgerät die Spannung messen.

© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

Klebeluft

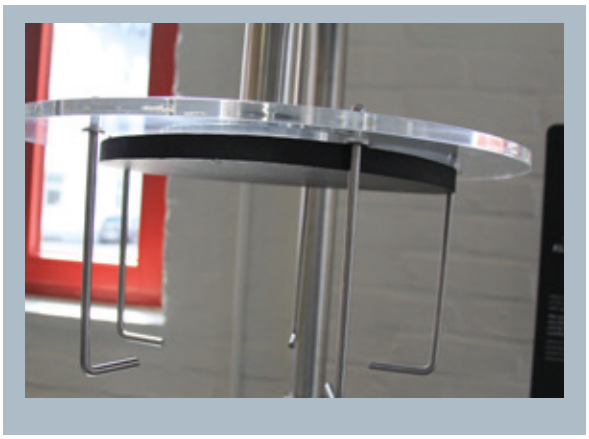
Was passiert, wenn du das Gebläse einschaltest und die Platte gegen die Luftöffnung drückst?

WORUM GEHT ES?
Jeder, der schon einmal mit einem Flugzeug in den Urlaub geflogen ist, weiß, wie schön Fliegen sein kann. Aber warum fliegt das Flugzeug? Das zugrunde liegende Prinzip kann an dieser Station nachvollzogen werden. Drückt man die Scheibe von unten gegen den Luftstrom, beginnt sie ab einer bestimmten Höhe zu schweben – wie ein Flugzeug.

Und das erscheint widersprüchlich: Von oben drückt der Luftstrom und trotzdem „klebt" die Scheibe unter der Öffnung. Die Physik nennt das Phänomen deshalb das „Hydrodynamische Paradoxon".

WESHALB IST DAS SO?
Diesem Phänomen liegt der Bernoulli-Effekt zu Grunde. Drückt man die Scheibe von unten gegen den Luftstrom, so weicht die Luft der Scheibe aus. Das kann sie aber nur längs der Oberflächen zwischen dem Gehäuse und der Platte. Damit dort alle Luft vorbei passt, ohne einen Stau zu verursachen, muss sie schneller strömen. Dabei verringert sich die Dichte der Luft oberhalb der Scheibe im Vergleich zu der unterhalb und es entsteht ein Unterdruck. Die Scheibe wird nach oben gesaugt. Gleichzeitig wird sie von der ausströmenden Luft auch nach unten gedrückt. Befindet sich die Scheibe in dem Abstand, an dem sich beide Kräfte genau aufheben, schwebt sie in der Luft.

TECHNISCHE ANWENDUNG
Der Bernoulli-Effekt ist, wie schon gesagt, für den dynamischen Auftrieb beim Flie-



gen verantwortlich und findet dort eine ganz wesentliche technische Anwendung. Insgesamt ist die Erklärung dafür, dass ein Flugzeug fliegt, aber komplizierter als es nach der Betrachtung dieses Experiments erscheint.

Das schnellere Strömen der Luft über die obere Fläche des gewölbten Flugzeugflügels bewirkt zwar einen Sog nach oben, dazu muss aber noch eine Zirkularströmung betrachtet werden, die den Luftstrom unter dem Flügel verlangsamt. Außerdem wirkt noch die Auftriebskraft, die durch die Richtungsumkehr der Luftmoleküle entsteht, die von unten auf die schräg gestellte Tragfläche treffen. (Mit diesen drei Komponenten kann man übrigens auch erklären, warum ein „Scheunentor" fliegen kann, ein Tragflächenprofil ist zum Fliegen nämlich nicht notwendig.) Aus dem täglichen Leben weiß man, dass ein Duschvorhang, der vom Sog des nach unten strömenden Wassers angezogen wird, sich dem Duschenden nähert. Schwimmer werden in eine Strömung hineingezogen.

© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

Parallel fahrende Schiffe ziehen sich gegenseitig an. Fahnen flattern wegen des Bernoulli-Effekts im Wind, auch Wasserstrahlpumpen und Zerstäuber arbeiten mit diesem Effekt. Letztere haben einen weiten Anwendungsbereich: bei Zerstäuberpumpen auf Parfümflaschen, in der Medizintechnik, bei Airbrush-Spritzpistolen, Kraftstoffeinspritzpumpen in der Motortechnik, in Tintenstrahldruckern und beim Verteilen von Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft.

Schließlich sei noch der NCT (Non Contact Transport) erwähnt. Der NCT ermöglicht die berührungslose Materialhandhabung. Er hebt (anders als mit Vakuumtechnik) Objekte an, ohne dabei mit ihrer Oberfläche in Kontakt zu kommen und diese möglicherweise zu beschädigen. Von oben wird Luft auf die Objekte geblasen, der Luftstrom unterhalb des NCT erzeugt einen Unterdruck, aus dem sich die Hubkraft zwischen NCT und Objekt ergibt, wobei ein geringer Luftspalt bleibt. Das Einsatzspektrum des NCT reicht von der Handhabung glatter, aber auch poröser oder durchlässiger Werkstücke über Objekte mit rauer, staubiger Oberfläche bis hin zu weichen Materialien wie Kunststoffbeuteln. Was aussieht, wie von Geisterhand bewegt, folgt einem physikalischen Gesetz: dem Bernoulli-Effekt.

ANREGUNG

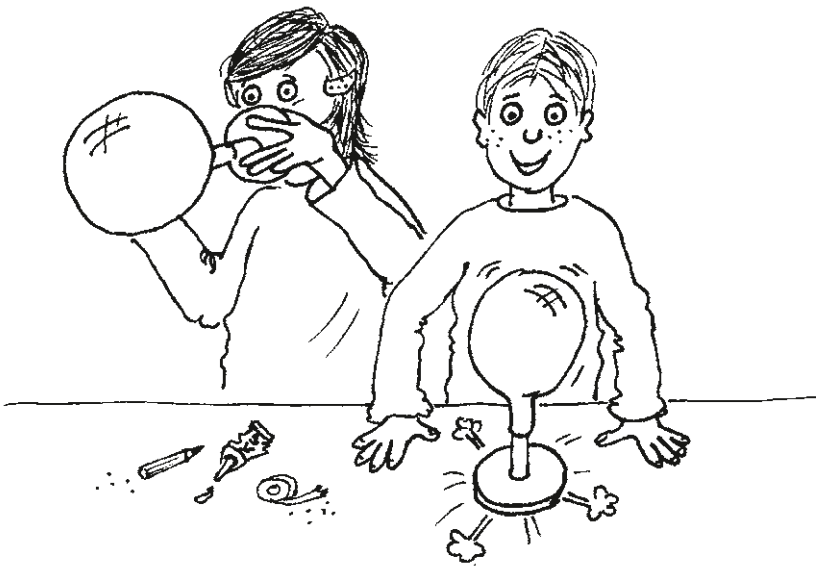
Ganz leicht ist auch der folgende Freihandversuch durchzuführen:
Man legt eine der Länge nach gebogene Postkarte auf den Tisch und versucht sie umzudrehen, indem man unter sie bläst. Es wird einem nicht gelingen, im Gegenteil, die Karte schmiegt sich noch fester an den Tisch und flattert ein wenig. Wieder bewirkt nämlich die schneller fließende Luft unter der Karte einen geringeren Druck als der Luftdruck oberhalb und die Karte wird nach unten gepresst.

MATERIAL FÜR DAS FOLGENDE EXPERIMENT

1 Luftballon, 1 Wickelkern einer Toilettenpapierrolle, etwas Papier oder besser Pappe (z. B. einen Bierdeckel), Klebeband, Klebstoff, Schere.

Ein Wickelkern einer Toilettenpapierrolle sollte von unten nach oben aufgeschnitten werden und anschließend nochmals der Länge nach in zwei Teile. Eine der Hälften kann um einen Finger zu einem Röhrchen geformt und außen mit Klebeband zugeklebt werden. Aus einem Stück Papier oder Pappe wird nun ein Kreis ausgeschnitten. Der Kreis kann mit einem Becher oder einem Trinkglas vorgezeichnet werden. In die Mitte schneidet man ein Loch, so groß wie das Röhrchen innen breit ist. Dann wird über diesem Loch das Röhrchen mit Klebstoff festgeklebt. Wenn die Klebeverbindung trocken ist, muss der Luftballon über das Röhrchen gezogen und durch die Scheibe und Röhrchen aufgeblasen werden. Die Konstruktion mit der Scheibe nach unten auf den Tisch stellen und loslassen!

© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.



Der Luftballon fliegt nicht, wie man erwarten würde, wie eine Rakete nach oben, sondern schwebt wie angeklebt ganz dicht über dem Tisch. Nur wenn die Pappe vom Tisch gleitet, kann die Luft direkt nach unten entweichen und die ganze Konstruktion fliegt hoch.

Quelle für die Bauanleitung: Hecker, Joachim: Der Kinder-Brockhaus, Experimente, Den Naturwissenschaften auf der Spur, Gütersloh/München 2006, S. 50

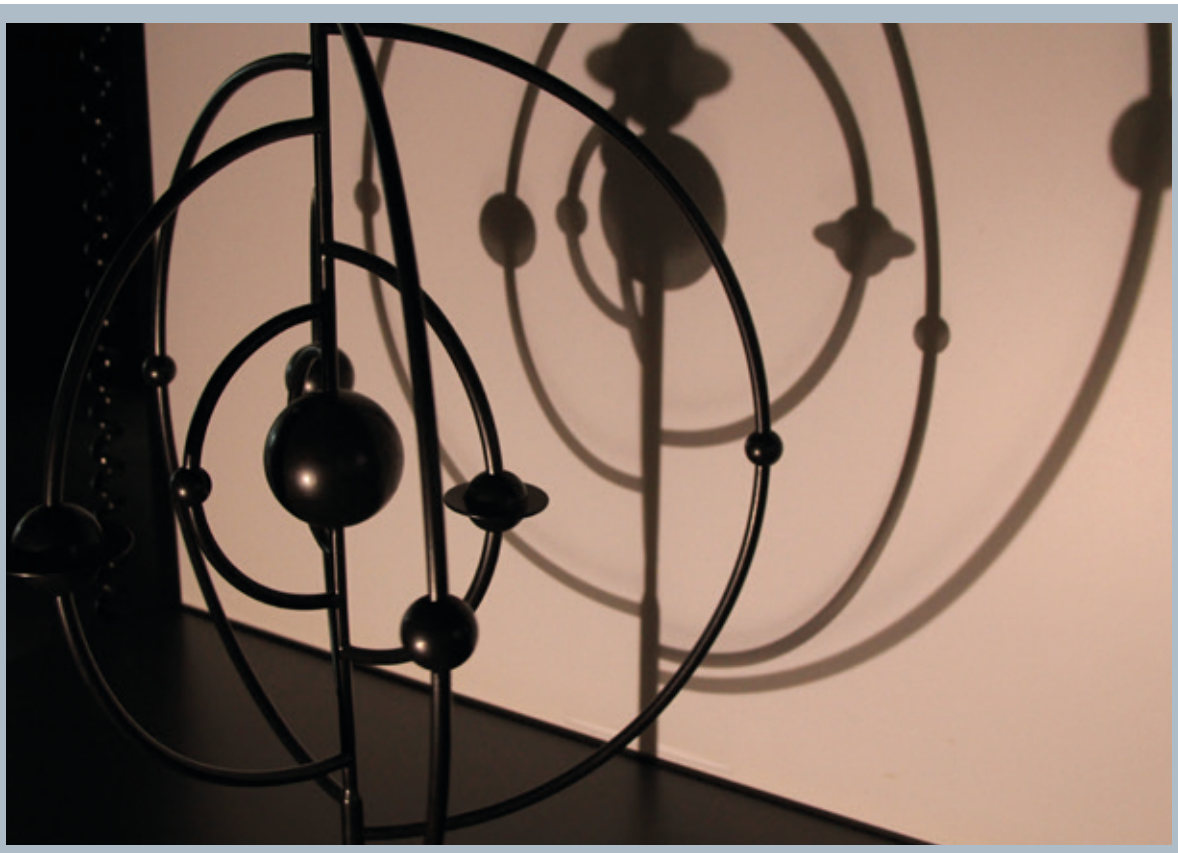
© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

Pulfrich-Effekt

Betrachte die bewegten Schatten mit beiden Augen, schaue dabei mit einem Auge durch den Graufilter!

WORUM GEHT ES?
Mit einem Scheinwerfer wird der Schatten eines bewegten Modells des Planetensystems auf eine Mattscheibe geworfen. Von der Rückseite betrachtet sieht man den bewegten Schatten ohne jegliche räumlich Information. Benutzt der Besucher die bereitliegende Brille, bei der ein Glas grau ist, dreht sich das Modell wieder räumlich im Kreis: Pulfrichs Universum.

WESHALB IST DAS SO?
Der Pulfrich-Effekt ist eine optische Täuschung, die 1922 vom deutschen Physiker Carl Pulfrich entdeckt wurde. Der Effekt beruht auf der Tatsache, dass helle optische Reize vom Auge schneller wahrgenommen werden als dunkle Reize, also als dunklere Objekte im Sichtfeld. Wenn ein seitwärts bewegter Gegenstand mit beiden Augen betrachtet wird, wobei ein Auge (beispielsweise mit einer Sonnenbrille) abgedunkelt wird, kommt das Bild des Gegenstandes des abgedunkelten Auges etwas später zur Wahrnehmung. Mit diesem kleinen Zeitunterschied in der Wahrnehmung ergibt sich bei einem bewegten Objekt, dass es an zwei räumlich etwas auseinander liegenden Orten zu liegen scheint. Da das Gehirn weiß, dass es sich nicht um zwei



© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

Gegenstände handelt, muss es versuchen, die beiden Informationen zu einer zu verarbeiten. Es sieht also den Gegenstand im Schnittpunkt der beiden scheinbaren Blickrichtungen und dieser liegt vor oder hinter der Projektionsebene. Also ermittelt das Gehirn eine räumliche Tiefeninformation, die objektiv nicht gegeben ist.

Eine drehende Bewegung wird dreidimensional und sie ändert interessanterweise ihre Drehrichtung mit dem Wechsel des abgedunkelten Auges.

ANREGUNG

Pulfrichs Universum im Selbstbau

Um das Experiment zu Hause oder in der Schule nachzubauen, ist etwas Kreativität erforderlich. Ein gezielter Blick in Bastelkeller, Kinderzimmer oder Physiksammlung kann für die notwendigen kreativen Prozesse hilfreich sein.

Man benötigt zunächst einen dreidimensionalen Körper, z. B. das Kantenmodell eines Würfels, das man aus festem Kleiderbügeldraht biegen kann. Der Körper wird mit einem Antrieb (Kurbel, Treibriemen, Zahnradgetriebe aus Fischertechnik, Experimentiermotor o.ä.) in langsame Rotation versetzt und von vorne schräg von unten mit einer punktförmigen Lichtquelle (z. B. Halogenspot) beleuchtet. Dann entsteht auf einer dahinterliegenden weißen Wand das zweidimensionale bewegte Bild des rotierenden Körpers. Ein nicht zu dunkles Sonnenbrillenglas, das anstelle des Graufilters vor ein Auge gehalten wird, lässt dann den Pulfrich-Effekt entstehen.

© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

Rollenwettlauf

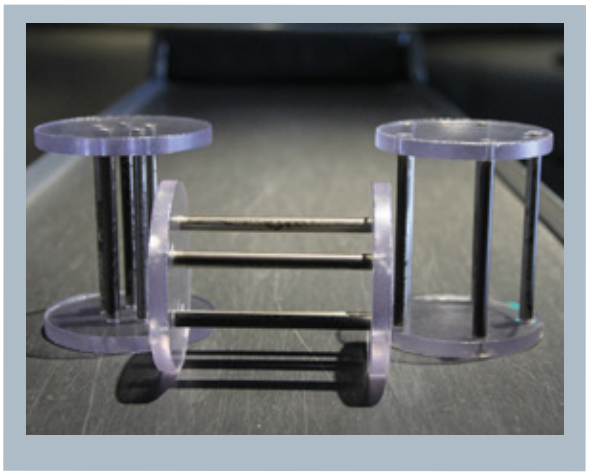
Die drei unterschiedlichen Rollen wiegen gleich viel! Sind sie auch gleich schnell?

WORUM GEHT ES?
Lasst die Rollen alle gleichzeitig die schiefe Ebene herunterrollen. Ihr werdet bald bemerken, dass sie trotz gleichen Gewichts alle unterschiedlich schnell sind.

Alle drei Rollen haben die gleiche Masse und rollen auf einer gemeinsamen Bahn hinunter. Sie überwinden den gleichen Höhenunterschied, sie besitzen dadurch anfangs die gleiche Lageenergie. Sie unterliegen also alle gleichen äußeren Bedingungen, erfahren auch keine unterschiedlichen Luft- und Rollreibungswider-stände und kommen trotzdem zeitlich versetzt unten an.

WESHALB IST DAS SO?
Der Grund liegt darin, dass die Gesamtmasse bei den einzelnen Rollen verschieden verteilt ist. Bei der ersten Rolle ist die Masse dicht an der Drehachse konzentriert, bei der zweiten sitzt sie eher in der Mitte zwischen Achse und Rand und bei der dritten ist sie dicht am Rand konzentriert.
Wenn sich eine der Rollen bewegt, macht jedes Masseteilchen, das sich nicht genau auf der Achse befindet, zwei Bewegungen: Eine geradlinige vorwärts und die kreisförmige um den Mittelpunkt herum. Die anfängliche Lageenergie teilt sich also in zwei Energieformen auf, einerseits in die Energie für die geradlinige Bewegung (Translationsenergie) und in die Energie für die Drehbewegung (Rotationsenergie).

Ein Masseteilchen, das sich nahe am Rand der Rolle befindet, legt auf der Kreisbahn einen weiteren Weg zurück als eines, welches sich mehr in der Mitte befindet. Es ist also schneller und benötigt mehr Energie, um in Rotation versetzt werden zu können. Bei der Rolle, bei der sich die Masse mehr am Rand befindet, ist der Anteil der Rotationsenergie am größten, es bleibt weniger für die Translation übrig, sie rollt langsamer. Bei der Rolle mit der meisten Masse im Mittelpunkt ist es genau andersherum: Sie rollt entsprechend schneller.



Legte man jede Rolle auf ein kleines Wägelchen und ließe diese die Bahn herunterrollen, dann wären alle drei gleich schnell. Das unterschiedliche Ankommen der Rollen am unteren Ziel ist auch mit dem Begriff des Trägheitsmoments zu erklären. Das Trägheitsmoment beschreibt die Wirkung der Massenverteilung um eine Drehachse herum. Dabei gilt: Je größer die Masse und je größer der Abstand der Masse zur Achse, desto größer ist auch das Trägheitsmoment des Körpers, desto schwieriger wird es, den Körper in Drehung zu versetzen.

© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

Das Trägheitsmoment kann man leicht am eigenen Körper spüren, wenn man auf einem Drehstuhl sitzt. Streckt man hier während der Drehung die Arme und Beine aus, dreht man sich langsamer, als wenn man sie anwinkelt. Das liegt daran, dass man durch Strecken und Anziehen der Beine sein eigenes Trägheitsmoment ändert.

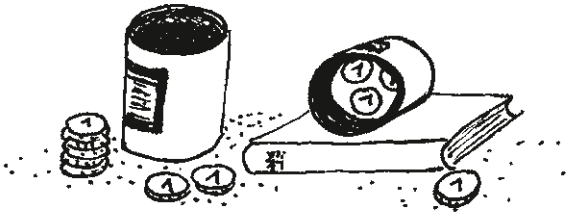
ALLTAGSBEZUG UND TECHNISCHE ANWENDUNG

Im Allgemeinen versucht man, Massen möglichst klein zu halten, anders ausgedrückt, möglichst leicht zu bauen. Das geht aber nicht immer. Manchmal braucht man Gewicht (Masse), z. B. in dem Kiel eines Bootes, damit es stabiler aufrecht schwimmt. So ist das auch bei Massen, die sich drehen. Normalerweise will man die Rotationsmassen niedrig halten: Deshalb verwendet man Alufelgen bei Fahrrädern und Autos. Manchmal braucht man genau das Gegenteil, z. B. bei Schwungrädern in Motoren, um einen ruhigen Lauf zu erzielen. Dort bringt man die Masse möglichst weit außen an, um so das Gesamtgewicht relativ niedrig zu halten, das Trägheitsmoment aber möglichst groß zu machen. Am schönsten kann man das an den Schwungrädern bei alten Dampfmaschinen sehen, wo die Masse möglichst weit außen angebracht ist. In der Mitte, direkt an der Achse, wäre die Masse für das Trägheitsmoment „vergeudet". Ist das Schwungrad erst einmal in Schwung gekommen, kann es durch sein großes Trägheitsmoment viel Energie speichern und für einen gleichmäßigen Lauf der Maschine sorgen.

Sportler, insbesondere Tänzer, nutzen die Änderung des Trägheitsmoments. Ob es eine Wendung beim Fußball ist oder eine Pirouette: Wenn es schnell gehen soll, müssen Arme und Beine möglichst nah an der Drehachse sein. Zum Abbremsen und stabilisieren kann man die Arme weit ausstrecken.

Bei den Rädern eines Fahrrades versucht man, das Trägheitsmoment möglichst klein zu machen, damit sich das Fahrrad leicht beschleunigen lässt. Das ist interessant für Sprinter, für die jede Zehntelsekunde über Sieg oder Niederlage entscheidet, aber auch für Tourenradfahrer, die mit einem weniger trägen Laufradsatz auf die Dauer Kraft sparen können. Dazu werden Felgen aus einem leichten Material hergestellt (Aluminium oder CFK (kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff)) und die notwendige Stabilität durch Formgebung erreicht. Auch die Reifen werden aus leichtem Material gefertigt.

Das trotzdem verbleibende Trägheitsmoment hat aber auch seinen Vorteil, denn durch ihre Kreiseleigenschaften stabilisieren die Räder die Fahrt: Ein fahrendes Fahrrad fällt weniger leicht um als ein stehendes!

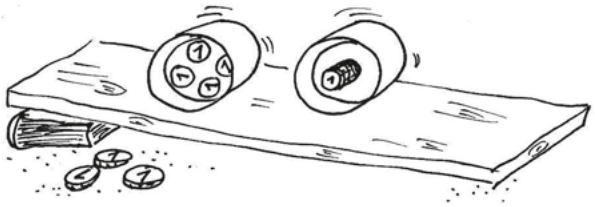


ANREGUNG

Den Rollenwettlauf kann man leicht in Form eines Dosenwettrennens nachbauen. Dafür werden benötigt: 2 leere, gleichgroße Dosen, acht 1 €-Münzen, doppelseitiges Klebeband, ein Brett als Rennstrecke, 1 Klotz (Buch, Ziegelstein oder ähnliches)

Um Schnittwunden zu vermeiden, müssen die Dosenränder sorgfältig z. B. mithilfe eines Messergriffs geglättet werden. Auf den Boden einer Dose klebt man mit dem

© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.



Doppelklebeband vier 1 €-Münzen gleichmäßig verteilt an den Rand. Bei der zweiten Dose klebt man vier Münzen übereinander in die Mitte des Bodens. Jetzt hat man zwei gleich schwere Dosen zur Verfügung, deren Massenverteilung unterschiedlich ist. Ein Ende des Brettes legt man nun auf den Klotz oder Ziegelstein, so dass eine schiefe Ebene entsteht. Die Dosen werden auf das obere Ende der schiefen Ebene gelegt und gleichzeitig losgelassen.

Es ist zu erkennen: Wie beim Rollenwettlauf sind die gleich schweren Dosen nicht gleich schnell. Die Dose mit den Münzen in der Mitte rollt schneller hinunter.

Man kann auch ein Dosenwettrennen mit zwei gleich großen und gleich schweren Dosen mit unterschiedlichem Inhalt veranstalten, z. B. einmal „Ravioli“ und mit „Erbsen hochfein“ vergleichen oder einmal „Coca-Cola“ und mit „Coca-Cola geschüttelt“. Welche Dose gewinnt in diesen Fällen?

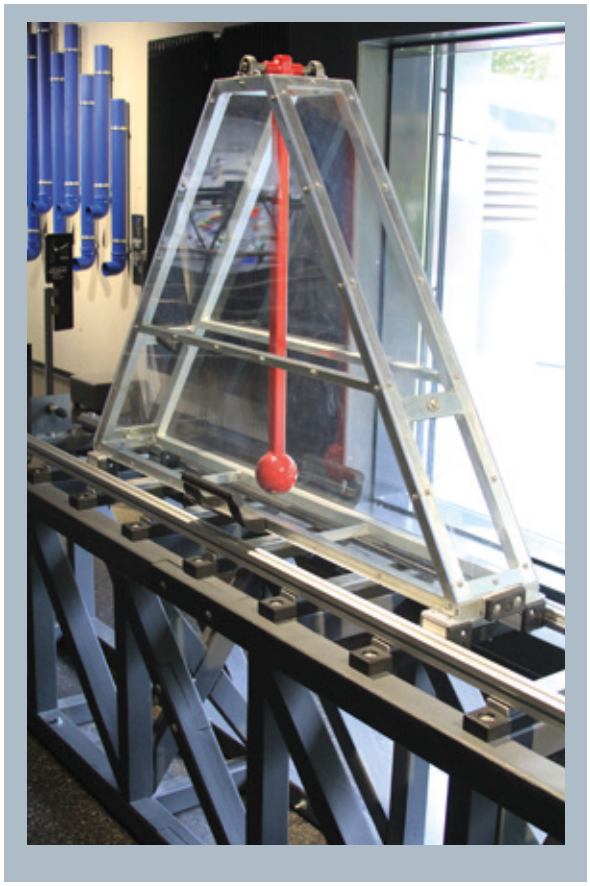
© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

Rückstoßwagen

Schiebe den Wagen hin und her, so dass das Pendel in Schwung kommt! Lasse dann den Wagen los!

WORUM GEHT ES?
Auf einer von Prellböcken begrenzten Schiene steht ein Wagen, auf dem ein Pendel hin und her schwingen kann. Je nachdem, wie sehr der Besucher den Wagen und damit das Pendel in Bewegung bringt, verhält sich der Wagen nach dem Loslassen unterschiedlich: Mal fährt er ruckartig über die Schiene, mal pendelt er sanft hin und her.

WESHALB IST DAS SO?
Alle Bewegungen, die beim Rückstoßwagen zu beobachten sind, resultieren vor allem aus der Impulserhaltung. Das bedeutet, dass in einem abgeschlossenen System die Summe aller Impulse konstant ist. Umgangssprachlich wird der Impuls oft als Schwung bezeichnet und wenn man den Begriff besser verstehen will, dann ist folgendes Beispiel hilfreich. Ein LKW mit großer Masse und kleiner Geschwindigkeit kann durch seinen Schwung einen ähnlich großen Schaden anrichten wie ein PKW mit höherer Geschwindigkeit. Also hängt der Schwung von Masse und Geschwindigkeit ab und in der Physik wird daher der Impuls als Produkt aus Masse und Geschwindigkeit definiert. Außerdem hat der Impuls eine Richtung, die gleich der Bewegungsrichtung ist.



Ein möglicher Zustand beim Loslassen des Pendelwagens sieht so aus: Das Pendel ist maximal nach links ausgeschlagen und steht in diesem Moment still, der Wagen steht ebenfalls. Dann ist der Gesamtimpuls am Anfang Null, weil sich nichts bewegt. Wenn das Pendel dann nach rechts schlägt, wird es bis zum tiefsten Punkt immer schneller mit nach rechts gerichteten Impuls. Soll der Gesamtimpuls aber konstant Null bleiben, muss der Wagen mit einem zunehmenden Impuls nach links reagieren. Er erhält einen so genannten Rückstoß und fährt nach links. Schlägt das Pendel weiter aus, wird es wieder langsamer bis zum Stillstand, also bremst auch der Wagen bis zum Stillstand. Insgesamt betrachtet pendeln Wagen und Pendel um den Startpunkt im Gegentakt hin und her. Andere Bewegungen von Pendel und Wagen lassen sich entsprechend erklären.

© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

TECHNISCHE ANWENDUNG

Die bekannteste Anwendung für das Rückstoßprinzip ist wahrscheinlich der Raketenantrieb, auch wenn man es im ersten Moment gar nicht vermutet. Hier strömen hinten aus dem Antrieb mit einer möglichst großen Geschwindigkeit Verbrennungsprodukte und heiße Gase, so dass die Rakete einen Schub nach vorne bekommt. Das ist mit einem Mann in einem Boot zu vergleichen, der ständig Steine „heckwärts" über Bord wirft. Er würde durch diesen Rückstoß ebenfalls das Boot in Bewegung setzen. Einfacher geht es bei einem Boot allerdings mit Rudern oder Schiffsschrauben, mit denen Wasser nach hinten bewegt wird.

Bei Fahrzeugen, die eine flüssige Ladung transportieren, kann das gleiche passieren wie bei dem Rückstoßwagen: Das Fahrzeug bremst, aber die nach vorne schwappende Ladung schiebt es mit einem kräftigen Ruck nach vorne. Deshalb befinden sich in solchen Fahrzeugen sogenannte Schwallbleche, die verhindern, dass die Ladung schwappen oder verrutschen kann.

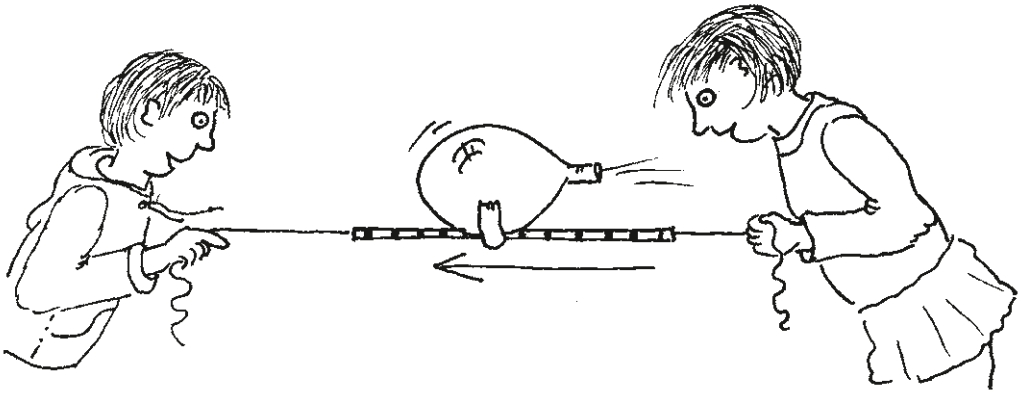
ANREGUNG

Man benötigt für die Luftballon-Rakete folgende Materialien:
1 Luftballon, 1 Trinkhalm,
1 Wäscheklammer, einige Meter Faden,
z. B. Nähgarn und Klebefilm.

Der Faden wird durch den Trinkhalm gefädelt und die Fadenenden zum Beispiel zwischen zwei Stühlen befestigt. Der Luftballon muss aufgeblasen, die Tülle verdreht und mit einer Wäscheklammer verschlossen werden. Die Luft darf nicht entweichen! Der Luftballon muss mit Klebefilm so seitlich an den Trinkhalm befestigt werden, dass das eine Ende des Halms Richtung Tülle und das andere Ende Richtung Kopf des Ballons zeigt. Schiebe die Luftballon-Rakete an das Fadenende, zu dem die Tülle zeigt.

Wenn jetzt die Wäscheklammer gelöst wird, saust der Luftballon an der Schur entlang zum anderen Ende, dabei dreht er sich mit dem Trinkhalm um die Schnur und verliert all seine Luft.

Quelle für die Bauanleitung: Hecker, Joachim: Der Kinder-Brockhaus, Experimente, Den Naturwissenschaften auf der Spur, Gütersloh/München 2010, S. 64



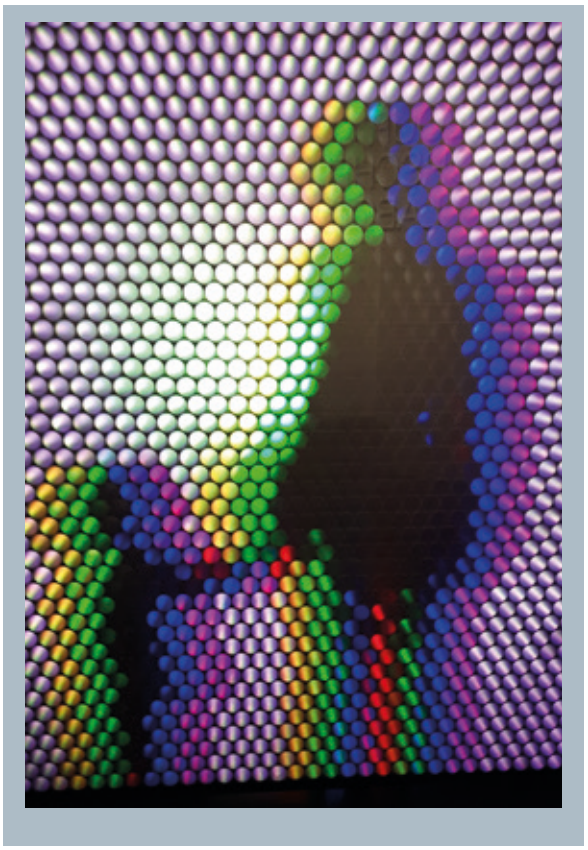
© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

Schattenfarben mit Spiegelpixel

Deine Schatten sind hier bunt, aber woher kommt das gelbe Licht? Und sieh die Welt wie ein Insekt!

WORUM GEHT ES?
Lichtfarben mischt man ganz anders als Malfarben. Wir wissen seit Kindesbeinen, dass viele Farben in einem Farbtopf zusammengemischt eine dunkle Farbe ergeben. Ganz anders bei Lichtfarben: Je mehr man hinzufügt, desto heller wird die Farbe. Man kann weißes Licht „herstellen", indem man die drei Grundfarben des Lichtes Rot, Grün und Blau mischt. Genauso kann man mit der Abdeckung einzelner Farbanteile farbige Schatten innerhalb der erzeugten weißen Fläche erzeugen.

WESHALB IST DAS SO?
Drei fixierte Scheinwerfer mit den Grundfarben des Lichts Rot, Grün und Blau werfen ihre Strahlen auf eine semitransparente Projektionsfläche (freistehend im Raum). Die Scheinwerfer sind übereinander ausgerichtet, dass auf der Projektionsfläche die Fläche weiß leuchtet. Nur die Randbereiche der einzelnen Lichtkegel erscheinen in der jeweiligen Farbe der Strahler. Stellt sich der Besucher zwischen Lichtquellen und Wand, erscheinen seine Halbschatten jeweils farbig. Ergänzend zu diesem bekannten Effekt reiht sich ein ästhetisches Farbspiel auf der Rückseite des Raumteilers. Zahlreiche aneinandergereihte Spiegelrollen bilden ein Cluster aus kleinen „Zellen", in welchen jeweils nur eine Farbe „gefiltert" aufleuchtet. Diese Farben werden von den Halbschatten der Vorderseite generiert. Ein buntes Pixelbild der Besucher entsteht.



ANREGUNG
Die Schattenfarben kann man (ohne die Spiegelpixel) als Experiment zuhause oder in der Schule leicht nachmachen, indem man als Projektionsfläche einfach eine wei-

© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

ße Wand verwendet. Dazu benötigt man drei Strahler mit den Farben Rot, Grün und Blau, z. B. steuerbare LED-Scheinwerfer, bunte Theaterscheinwerfer, Taschenlampen oder Experimentierleuchten aus der Physiksammlung mit Farbfiltern. Wenn die Strahler einzeln in der Helligkeit steuerbar sind, kann man wie bei PHÄNOMENTA eine große Variation von farbigen Schatten erzeugen.

© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

Stereohören

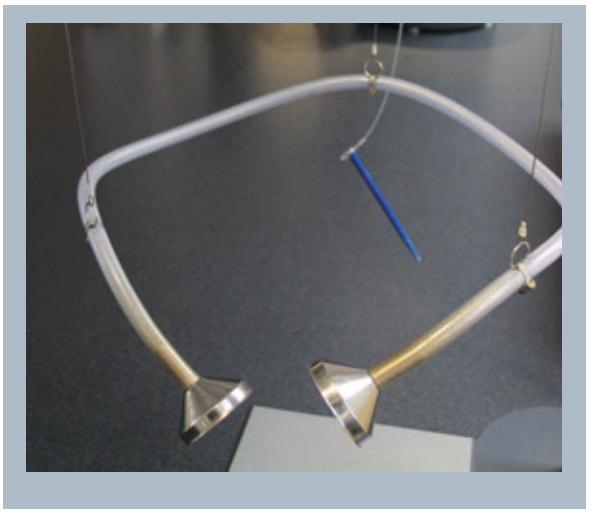
Setze dich auf den Hocker! Halte die Hörmuscheln so an deine Ohren, dass der Schlauch hinter deinem Kopf verläuft! Kannst du hören, an welcher Stelle dein Partner auf den Schlauch klopft?

WORUM GEHT ES?

Jeder Mensch ist auf zwei Ohren angewiesen, um wahrnehmen zu können, aus welcher Richtung ein Geräusch kommt. Wie gut das funktioniert, kannst du an dieser Station ausprobieren. Halte die Hörmuscheln an deine Ohren, sodass der Schlauch hinter deinem Kopf verläuft. Lass einen Partner mit dem Stock an verschiedenen Stellen leicht auf den Schlauch klopfen. Zeige ihm an oder sag ihm, auf welcher Seite du das Klopfen gehört hast. Du kannst dich nicht entscheiden? Dann war der Schlag wohl ziemlich in der Mitte!

WESHALB IST DAS SO?

Je nachdem, wo eine Schallwelle ihren Ursprung hat und wie unser Kopf zu diesem Ursprung gedreht ist, muss sie zu unseren beiden Ohren unterschiedlich lange Strecken zurücklegen. Das heißt, die Ohren registrieren den Laut zu unterschiedlichen Zeiten. Dadurch kann das Gehirn entscheiden, aus welcher Richtung das Geräusch kommt. Genauso funktioniert es auch an dieser Station. Klopft man genau auf die Mitte des Schlauches, so muss der damit erzeugte Schall in beide Richtungen einen gleich langen Weg zu den Ohren zurücklegen. Er erreicht also beide Ohren zur selben Zeit, woraus das Gehirn schließt, dass das Geräusch genau mittig hinter dem Kopf entstanden ist. Klopft man nun ein kleines Stück weiter rechts oder links auf den Schlauch, so erreicht der Schall das eine Ohr eher als das andere.



Das Gehirn kann aufgrund dieser unterschiedlichen Eintreffzeiten erkennen, aus welcher Richtung das Signal kommt. Schlägt man den Schlauch zum Beispiel 1,5 cm links von der Mitte an, so muss der Schall zum rechten Ohr insgesamt 3 cm mehr zurücklegen als zum linken Ohr. Das entspricht bei einer Schallgeschwindigkeit von 340 Metern pro Sekunde ungefähr einem Zeitunterschied von 1/10.000 Sekunde, die das Signal eher bzw. später am Ohr eintrifft. Bereits dieser kleine Zeitunterschied reicht für unser Ohr und unser Gehirn aus, um zu bestimmen, aus welcher Richtung das Geräusch stammt.

ALLTAGSBEZUG

Diese gut entwickelte menschliche Fähigkeit des Richtungshörens mithilfe seiner Ohren ist überlebenswichtig im Urwald und im Dschungel der Großstadt: Man muss

© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

wissen, von wo die Gefahr (angreifendes Tier oder heranfahrendes Auto) kommt um ihr rechtzeitig ausweichen zu können.

TECHNISCHE ANWENDUNG

Bei der Stereofonie und auch der Kunstkopfstereofonie werden die Laufzeitunterschiede von den räumlich verteilten Schallquellen (z. B. den Instrumenten eines Orchesters) zu den Mikrofonen aufgezeichnet. Bei der Wiedergabe mit Lautsprechern oder Kopfhörern wird der Schall mit den entsprechenden Verzögerungen wieder ausgesandt und dies ermöglicht es dem Zuhörer über das Richtungshören einen Raumklang zu erleben.

BIOLOGIE

Übrigens: Es gibt in Südamerika einen Frosch, den Panama Stummelfußfrosch, der sehr klein ist.

Um trotzdem noch gut Richtungshören zu können, müssen die Ohren einen möglichst großen Abstand voneinander haben. Daher hat der Frosch seine Ohren an der breitesten Stelle seines Körpers: an den Hüften.

ANREGUNG

Dieses Experiment kann man gut selbst nachbauen. Man benötigt dafür: 1 Stück PVC-Schlauch, 1,5 bis 2 m lang, 2 Trichter aus Kunststoff oder Metall, einige Meter Bindfaden zum Aufhängen des Schlauchs, Schlauchschellen oder Klebstoff, Klebeband, 1 Stöckchen.

Die Trichter müssen in die Schlauchenden gesteckt und mit den Schlauchschellen (oder mit Klebstoff) daran befestigt werden. (Es geht auch ganz ohne Trichter, diese machen aber das Hören angenehmer). Die Mitte des Schlauches kann man mit einem Stück Klebeband markieren, als Stöckchen reicht ein Filzstift. In der Schule kann man die ganze Anordnung mit den Bindfäden beispielsweise an einen Kartenständer hängen.

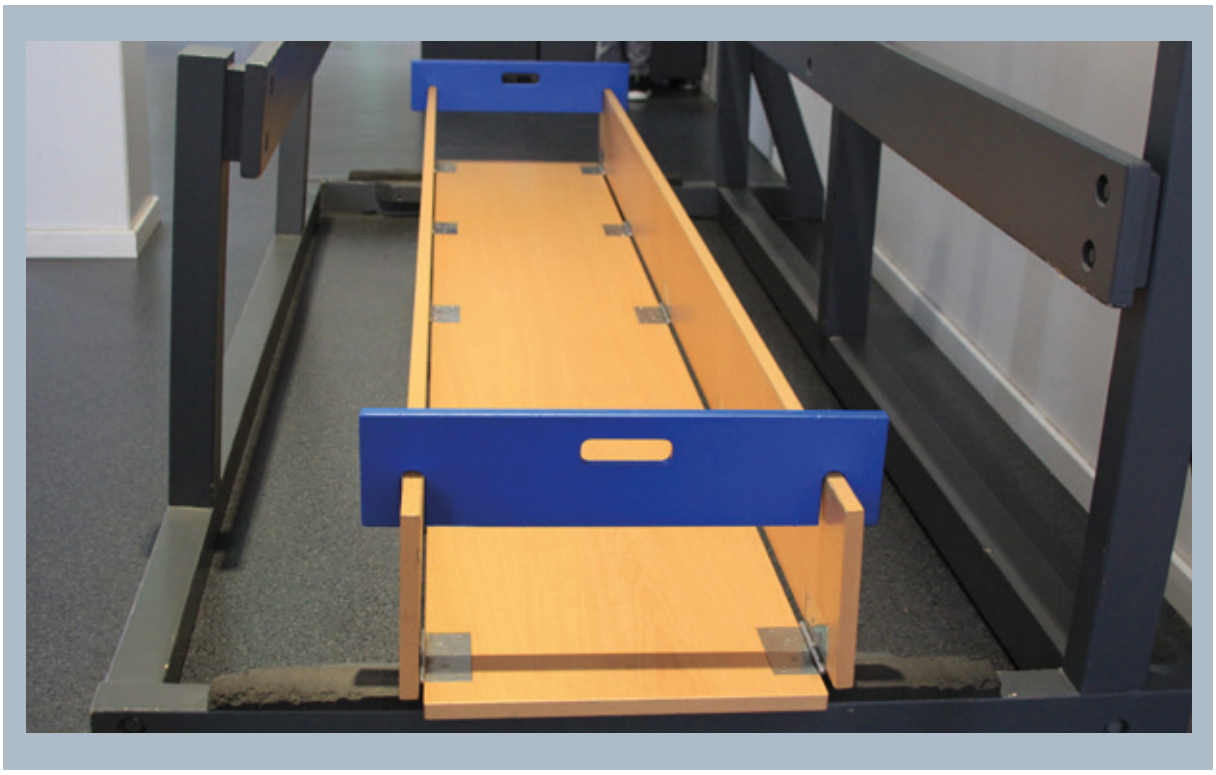
© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

Weiche Brücke – Harte Brücke

Ist es nicht erstaunlich, wie fest diese Brücke wird, wenn du die Seitenteile hochklappst?
Es ist sicherer, wenn sie dabei durch die Klemmbretter festgehalten werden!

WORUM GEHT ES?
Eine Brücke aus drei Holzbrettern ändert ihre Stabilität erheblich, wenn sie ihre Form ändert. Geht man zunächst über die Brücke, die nur an den Enden aufliegt, so biegt sie sich selbst bei sehr leichten Personen bis auf den Boden durch. Klappt man dann die Seitenteile hoch, so wird man schnell feststellen, dass die Brücke jetzt mehrere Menschen trägt und dabei kaum noch durchhängt.

WESHALB IST DAS SO?
Für den Aufbau der Brücke kann man sich das Brett so vorstellen, als wäre es aus mehreren einzelnen Schichten aufgebaut. Ein dünnes Brett besteht dabei aus wenigen Schichten und ein dickes Brett aus vielen Schichten. Wird das Brett nun von oben belastet, so werden die Schichten durch das Gewicht verformt. Die mittlere Schicht behält dabei ihre ursprüngliche Länge (neutrale Faser), die oberen Schichten werden zusammengedrückt und verkürzt (Druckzone), die unteren im Gegenzug gedehnt und verlängert (Zugzone). Klappt man die Seitenteile der Brücke hoch, bedeutet das eine Vervielfachung der Schichten. Für eine gleich starke Durchbiegung in der Mitte müssen die direkt



© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

benachbarten Schichten von der neutralen Faser genauso verkürzt und verlängert werden wie vorher, gleichzeitig aber viele weitere, von der Mitte immer entferntere Schichten erheblich stärker. Dafür wäre aber eine erheblich größere Kraft nötig. Die Brücke wird viel stabiler, sodass sie jetzt auch mehrere Menschen gleichzeitig tragen kann, ohne den Boden darunter zu berühren.

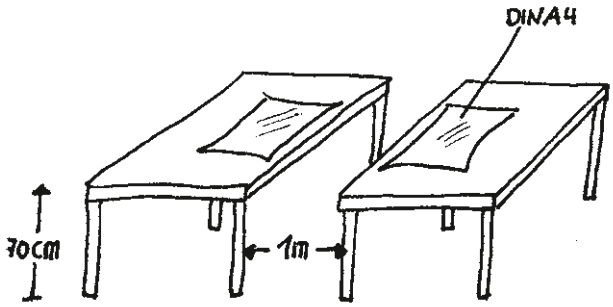
BIOLOGIE
Diese sparsame und höchst effektive Methode der Stabilisierung durch Formgebung lässt sich auch in der Natur beobachten, z. B. in der Struktur von Halmen, bei Knochen des Skeletts oder im Aufbau von Insektenflügeln.

TECHNISCHE ANWENDUNG
Auch in der Architektur kommt dieses Prinzip zur Anwendung, zum Beispiel beim Einsatz von T-Trägern oder Fachwerk und die Verpackungsindustrie nutzt man die Kenntnis von der erhöhten Stabilität durch Formgebung u.a. bei Wellpappe.

ANREGUNG
Im Technik- oder Physikunterricht kann man folgendes Brückenbau-Projekt gut durchführen.

Ziel der Aufgabe ist es, eine Brücke mit minimalem Eigengewicht zu bauen, die eine vorgegebene Distanz von 1 m zwischen zwei Tischen überbrückt und dabei einen gegebenen zylinderförmigen Körper mit Durchmesser d = 6 cm und der Masse m = 1000 g trägt, der in der Mitte der Brücke aufgelegt wird. Der Probekörper wird während des Wettbewerbs zur Verfügung gestellt.

BAUSTELLE:
Werkraum oder Physikraum
Zugelassene Baumaterialien:



Ausschließliche Verwendung von Papier (80 g/m2), Bindfaden (max. 1 mm Durchmesser) und Klebstoff

AUFLAGEN:
Die Brücke darf auf beiden Seiten nur auf maximal DIN A4 großen Flächen aufliegen und nicht gegen Boden oder Seiten abgestützt werden.

Die Brücke muss über eine durchgehende Fahrbahn verfügen, die soviel Freiraum lässt, dass eine Modelleisenbahn im Maßstab H0 (1:87) der Länge nach auf Schienen über die Brücke fahren könnte. Eine „Test-Eisenbahn" einschließlich Schienen wird beim Wettbewerb zur Verfügung gestellt.

BEWERTUNGSKRITERIEN:
Eigengewicht der Papierbrücke (möglichst gering) und Originalität bzw. Kreativität der Lösung

Quelle: Universität Duisburg-Essen, freestyle-physics 2005

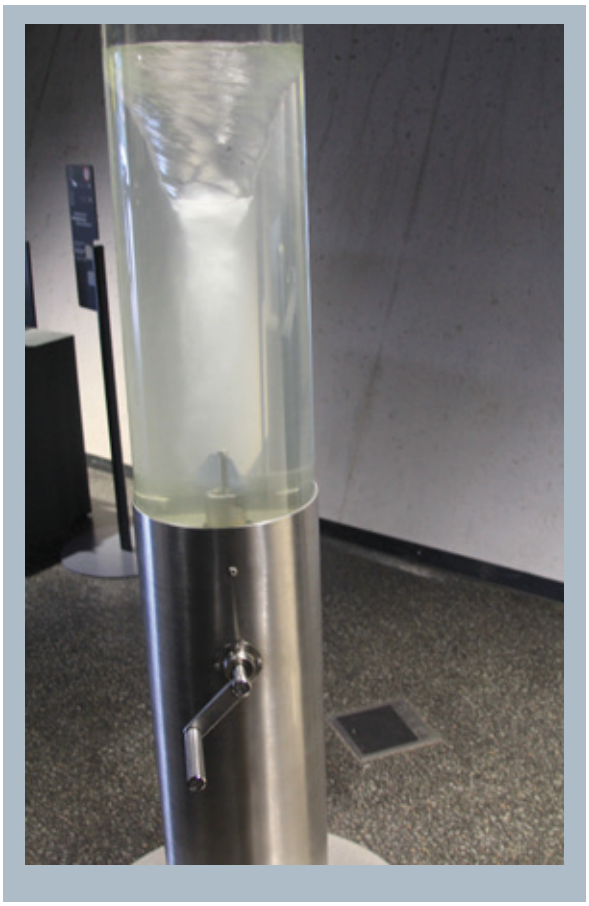
© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

Wirbeltrichter

Drehe an der Kurbel und beobachte das Wasser im Zylinder!

WORUM GEHT ES?
Jeden Morgen könnt ihr in einen Wirbeltrichter schauen, wenn ihr beim Frühstück euren Kakao, Tee oder Kaffee umrührt. Mit Hilfe der Wassersäule in diesem Experiment könnt ihr das Phänomen einmal genauer unter die Lupe nehmen.

Eine Plexiglassäule ist bis zu $^2/_3$ mit Wasser gefüllt. Am Boden befindet sich ein Flügelrad, das mit Hilfe einer Kurbel in Drehung versetzt werden kann. Dadurch dreht sich das Wasser mit. Es bildet sich ein Wassertrichter.



WESHALB IST DAS SO?
Durch Drehen der Kurbel bewegt sich das Flügelrad in der Wassersäule und versetzt das Wasser in Bewegung. Begrenzt durch die Plexiglassäule wird es auf eine Kreisbahn gezwungen, wobei das Wasser der Fliehkraft unterliegt. Ähnlich wie die Personen in einem Auto, das durch eine Kurve fährt, wird das Wasser durch die Fliehkraft nach außen gedrückt. Dadurch entsteht in der Mitte der Wassersäule ein Unterdruck, der das Wasser absinken lässt, und in den äußeren Bereichen ein Überdruck, sodass das Wasser dort in die oberen Schichten ausweicht und der Wasserspiegel steigt. Ein Wirbeltrichter bildet sich aus.

Je schneller nun das Wasser durch das Flügelrad bewegt wird, desto stärker formt sich der Trichter aus. Der Unterdruck in der Mitte und der Überdruck am Rand werden mit steigender Geschwindigkeit größer. Das Wasser sinkt bzw. steigt dementsprechend stärker.

Dadurch, dass das Wasser träge ist, bewegt es sich auch nach Stoppen des Flügelrades zunächst weiter und verliert nur langsam an Geschwindigkeit. Der Trichter ist also noch zu sehen, während sich die Kurbel schon lange nicht mehr dreht. Auch in eurer Kaffee-, Tee- oder Kakaotasse ist der Trichter noch zu sehen, wenn der Löffel schon längst wieder neben dem Becher liegt.

Auch Tornados und Hurrikane sind Wirbeltrichter mit mehreren Kilometern Durchmesser. Sie entstehen u.a. ebenfalls durch Druckunterschiede in der Atmosphäre.

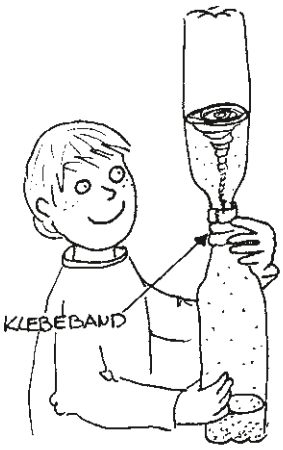
© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

TECHNISCHE ANWENDUNG

Die Fliehkräfte, die beim Wirbeltrichter eine entscheidende Rolle spielen, werden in der Technik bei Zentrifugen vielfältig genutzt. Schon in eurem Haushalt könnt ihr Zentrifugen entdecken, z. B. als Salat- oder als Wäscheschleuder. In beiden Fällen wird das überflüssige Wasser durch die Fliehkräfte aus der rotierenden Trommel nach außen befördert und fließt dort ab. In Laboratorien werden Zentrifugen benutzt, um z. B. Blut in seine Bestandteile zu zerlegen. Der Imker schleudert den Honig mithilfe von Zentrifugen aus den Waben. In Gas-Ultrazentrifugen, die mit sehr hoher Umdrehungszahl laufen, kann man Gasmoleküle verschiedener Masse voneinander trennen, z. B. Uranhexafluorid mit dem nicht spaltbaren Uranisotop 238 von Uranhexafluorid mit dem spaltbaren Uranisotop 235. Letzteres wird zum Herstellen von Kernbrennstoff benutzt.

ANREGUNG

Man benötigt für den Tornado in der Flasche folgende Materialien und Hilfsmittel: 2 PET-Flaschen von 1,5 oder 2 Liter (Glasflaschen sind wegen der Bruchgefahr nicht geeignet!), 2 Schraubverschlüsse, Textil-Klebeband, 1 Bohrmaschine mit 8 mm-Bohrer.

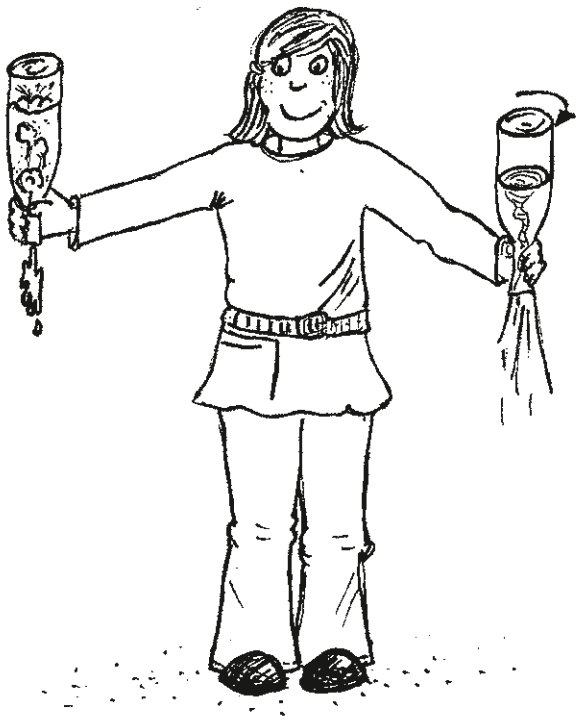


Die zwei Schraubverschlüsse müssen fest und wasserdicht mit Textil-Klebeband umwickelt werden, wobei die Gewinde jeweils nach außen weisen. Diese werden mittig mit dem 8 mm-Bohrer durchbohrt: fertig ist das sogenannte Tornado-Rohr. (Eine stabilere Konstruktion erhält man, wenn die beiden Verschlüsse in ein etwa 3 cm langes Kunststoffrohr oder einen Schlauch mit passendem Durchmesser wasserdicht eingeklebt werden.)

Eine Flasche muss noch zu etwa $^2/_3$ mit Wasser befüllt und beide Flaschen mit dem Tornado-Rohr verbunden werden. Wird die gefüllte Flasche nach oben gebracht, fließt das Wasser normalerweise schluckweise von der oberen in die untere Flasche, gleichzeitig steigen von unten große Luftblasen durch das Wasser nach oben.

Will man einen Tornado erzeugen, dann müssen die Flaschen kurz und schnell in eine drehende Bewegung versetzt werden. Das Wasser läuft dann gleichmäßig und schnell von oben nach unten und die Luft kann durch den Wirbeltrichter ungehemmt in die obere Flasche strömen.

Fügt man dem Wasser kleine Schwebeteilchen bei, z. B. kleine Papierschnipsel, dann kann man beobachten, dass das Wasser oben langsam und im Flaschenhals sehr schnell rotiert.



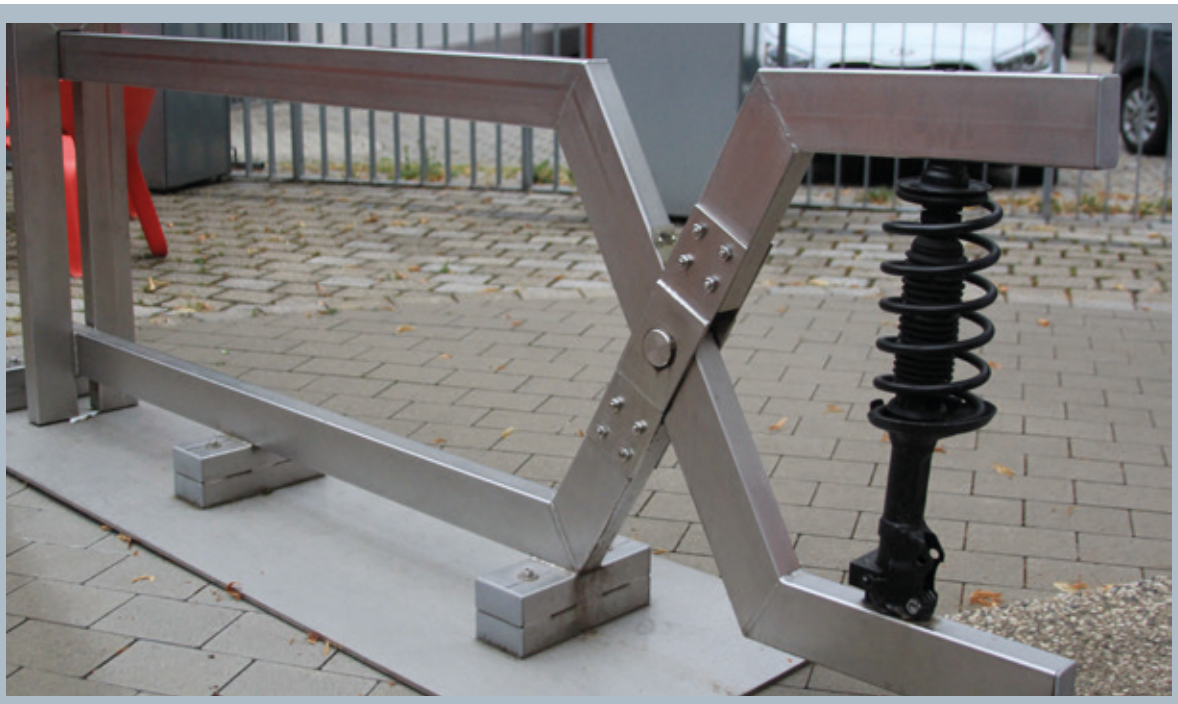
© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

Zange

Eine starke Feder hält das „Maul“ der Zange offen. An welcher Stelle brauchst du besonders viel, wo vergleichsweise wenig Kraft, um die Feder zusammen zu drücken?

WORUM GEHT ES?
Muskelkraft alleine reicht nicht immer. Es kommt auch darauf an, wie bzw. wo sie angewendet wird. Das beweist auch diese riesige, drei Meter lange Zange. Bei der starken Feder im „Maul“ der Zange handelt es sich um das Federbein mit Stoßdämpfer aus einem PKW. Diese lässt sich wirklich nur zusammendrücken, wenn man die überdimensionale Zange aus Edelstahl weit weg vom Drehpunkt, also am hinteren Ende, betätigt.

WESHALB IST DAS SO?
An dieser Station wird das Prinzip des Hebelgesetzes demonstriert. Es besagt: Je länger der Hebel ist, der über einen Drehpunkt die Kraft an einen Körper weitergibt, desto leichter wird es, den Körper zu bewegen. Im Fall der Zange besitzen die zwei Hebel einen gemeinsamen Drehpunkt, an dem sich die beiden Bügel schneiden. Will man die Feder, die sich zwischen den Backen dieser überdimensionalen Zange befindet, zusammendrücken, muss man viel Kraft aufwenden. Dabei gilt, je näher man die Druckkraft an der Feder ansetzt, desto schwieriger wird es, sie auch nur einen Millimeter zu stauchen. Drückt man jedoch ganz am Ende der Zange, wird der Hebel, der die Kraft überträgt, möglichst lang. So ist es fast ein „Kinderspiel“, die Feder zu stauchen.



© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

TECHNISCHE ANWENDUNG

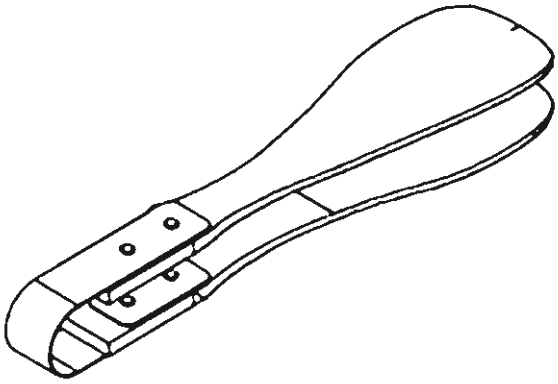
Ein Hebel gehört zu den einfachen Maschinen und wird sogar von Tieren genutzt. Bei einem Hebel nutzt man aus, dass auf einer Seite die Kraft stark vergrößert werden kann, wenn man auf der anderen Seite einen größeren Weg in Kauf nimmt. Da die Kraft eines Menschen eher beschränkt ist, der Weg aber praktisch keine Begrenzung kennt, liegt es sehr nahe, Weg statt Kraft zu nutzen. So verwendet man z. B. Brecheisen und Flaschenöffner, beides sind kraftsparende Hebel. Die Zange ist eine Verbindung zweier Hebel mit gemeinsamem Drehpunkt. Selbst ein Getriebe kann man unter diese Rubrik einsortieren: Dort wird hohe Drehzahl, aber wenig Kraft, umgewandelt in niedrige Drehzahl, aber hohe Kraft. Oder auch umgekehrt, je nachdem welche Übersetzung gerade gebraucht wird.
Zangen sind in der modernen Technik weit verbreitet, aber sie sind auch schon aus dem Altertum bekannt, wie Darstellungen auf griechischen Vasen belegen. Ursprünglich wurden sie vermutlich zur Handhabung von heißen Gegenständen bei der Metallverhüttung und beim Schmieden verwendet. Heutige Zangen haben vielfältige Aufgaben: greifen, halten, schneiden, trennen und verformen, manche kombinieren einige Aufgaben. Im Folgenden werden mehr oder weniger bekannte Zangen aufgezählt: Kneifzange, Flachzange, Rundzange, Flachrundzange, Kombizange, Spitzzange, Sicherungsringzange, Wasserpumpenzange, Rohrzange, Gripzange, Revolverlochzange, Seitenschneider, Brotzange, Grillzange, Crimpzange, Geburtszange, Tupferzange, ...

BIOLOGIE

Der Bizeps ist der Muskel am Oberarm, der den Unterarm anwinkelt. Der Unterarm ist im Prinzip ein einseitiger Hebel, Last und Kraft liegen auf der gleichen Seite vom Ellbogengelenk aus gesehen. Muskeln können sich nur relativ kurze Wege zusammenziehen, aber viele Muskelfasern (dicke Muskeln) können recht große Kräfte aufbringen. Hier hat man eine Übersetzung ins „Schnelle", d. h. einen kurzen und kraftvollen Weg der Muskeln, aber ein weiter Weg der Hand. Am ausgestreckten Arm herrschen ziemlich schlechte Hebelverhältnisse: Versuche einmal, wie lange du eine volle Mineralwasserflasche halten kannst!

ANREGUNG

Anders als die bisher betrachteten Zangen aus zwei zweiseitigen Hebeln mit einem gemeinsamen Drehpunkt besteht eine Salatzange aus zwei einseitigen Hebeln, die über einen federnden Blechstreifen am Ende miteinander verbunden sind. Der Bau ist relativ aufwendig, aber gut für den Werkunterricht geeignet. Eine Bauanleitung findet man unter dem Stichwort Aduis Salatzange im Internet.



© 2018, Phänomenta Lüdenscheid e.V. · Phänomenta-Weg 1 · 58507 Lüdenscheid
E-Mail: verein@phaenomenta-luedenscheid.de · Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.