



# **Wissenschaft, das interessiert mich!**

Pädagogisches Begleitheft

## DAS INTERESSE VON JUGENDLICHEN FÜR DIE WISSENSCHAFT WECKEN

Die Vermittlung von Wissenschaften ist von grosser Bedeutung für die Zukunft. Wir leben in einer Welt, in der die wissenschaftlichen und technologischen Kenntnisse überall eingesetzt werden. Sie sind in unserer heutigen Gesellschaft unverzichtbar. Sie ist der fast einzige Rohstoff der Schweiz und die Weitergabe dieser Ressource an die jüngere Generation ist notwendig, um sie zu erhalten.

In den nächsten Jahren werden die technologischen und wissenschaftlichen Herausforderungen auf globaler Ebene weiter an Bedeutung gewinnen. Deshalb ist es wichtig, Mittel und Wege zu finden, die das Weiterbestehen der Menschheit sichern und gleichzeitig die Umwelt bewahren. Wir brauchen neue Talente, WissenschaftlerInnen, Ingenieure und Ingenieurinnen sowie Architekten und Architektinnen.

Trotz einer weltweit steigenden Zahl von Studenten an den Universitäten, bleibt die Anzahl der Mädchen, die sich für diese Laufbahn entscheiden, gering. Junge Frauen bleiben für einen viel zu grossen Teil von der faszinierenden Welt der Wissenschaft ausgeschlossen. Speziell für sie, aber auch generell für alle Jugendlichen, Mädchen und Jungen, organisiert die EPFL Förderaktionen im Bereich der Wissenschaft und Technologie. Es geht darum, das Interesse und die Neugier der Jugend zu wecken, ihre Leidenschaft für Wissenschaft zu entdecken und zu zeigen, wie sehr das Studium des Universums und des unendlich Kleinen faszinieren kann.

Mit diesen Zielen hat die Abteilung für Wissenschaftsförderung der EPFL (SPS), ehemals die Abteilung für Chancengleichheit, eine interaktive Wanderausstellung in Form eines Busses entwickelt:

„Wissenschaft, das interessiert mich!“. Dieser Bus, fährt mit einem Team von Wissenschaftsvermittlerinnen und -vermittlern durch die ganze Schweiz, um den Jugendlichen zu begegnen. Der Bus wurde in intensiver Zusammenarbeit aller

Fachbereiche und mehrerer Abteilungen der EPFL und mit der Unterstützung ihrer Fakultäten und externen Partner entwickelt, um die nächsten Generationen von Studierenden für die Wissenschaft zu begeistern.

Um das gewünschte Ziel zu erreichen, ist eine Zusammenarbeit mit den Schulen unerlässlich. Wir brauchen Sie, damit wir gemeinsam das Interesse für die Wissenschaft bei den Schülerinnen und Schülern wecken können, die in einem Alter sind, in dem Orientierungsentscheidungen noch nicht getroffen sind.

Wir freuen uns, Sie im Bus „Wissenschaft, das interessiert mich!“ zu empfangen und unsere Leidenschaft für Wissenschaft und Technologie mit Ihren Schülerinnen und Schülern zu teilen.

## PÄDAGOGISCHES BEGLEITHEFT

Das pädagogische Begleitheft, das Sie in den Händen halten, dient der Vorbereitung Ihrer Klassen und zur Aufarbeitung der Inhalte nach dem Besuch des Busses. Während des Besuchs werden Sie auf dreizehn Experimente stossen, die von den entsprechenden Fachbereichen der EPFL entworfen wurden. Dieses Heft enthält ein Kapitel über jedes behandelte Thema, beschreibt die Experimente und liefert detaillierte Erklärungen. Es bietet Ihnen, mit Hilfe von einfachen Erklärungen und Experimenten, eine Möglichkeit mit der Klasse das ein oder andere Thema zu vertiefen. Zudem erklärt es, in Ergänzung zu den Experimenten, den praktischen Teil des Besuchs im Bus.

Dr. Farnaz Moser-Boroumand

Leiterin der Abteilung für Wissenschaftsförderung der EPFL (SPS)

Weitere Informationen über die Aktivitäten zur Wissenschaftsförderung bei Jugendlichen an der EPFL:

<https://sps.epfl.ch>

## DANKSAGUNG

Farnaz Moser-Boroumand, Leiterin des SPS, und die ganze Abteilung für Wissenschaftsförderung, bedanken sich bei den WissenschaftlerInnen der EPFL, die sich für die Umsetzung des pädagogischen Begleithefts eingesetzt haben. Im Besonderen:

### Bei der Fakultät für Grundlagenwissenschaften

- Prof. Gérard Gremaud, Physik
- Prof. Jacques-Edouard Moser, Chemie und Chemieingenieurwesen
- Prof. Manuel Ojanguren, Mathematik

### Bei der Fakultät für Ingenieurwissenschaften

- Cédric Meinen, Elektrotechnik und Elektronik
- Dr. Jean-Marie Fürbringer, Maschinenbauwissenschaften
- Dr. Guy Delacrétaz, Mikrotechnik
- Dr. Homeira Sunderland und Jean-Daniel Wagnière, Materialwissenschaften

### Bei der Fakultät Informatik und Kommunikationssysteme

- Prof. André Schiper und Rodolphe Buret, Informatik
- Prof. Amin Shokrollahi und Ghid Maatouk, Kommunikationssysteme

### Bei der Fakultät für Bau, Architektur und Umwelt

- Dr. Nadja Maillard und Laure Palluel Kochnitzky, Architektur
- Prof. Anton Schleiss und Marc-André Studer, Bauingenieurwissenschaften
- Dr. Vincent Luyet und Chantal Seignez, Umweltingenieurwissenschaften

### Bei der Fakultät für Lebenswissenschaften

- Prof. William Pralong und Sue Schweizer aus der Abteilung für Life Sciences Engineering

## - AUSARBEITUNG DES PÄDAGOGISCHEN BEGLEITHEFTS

### Abteilung für Chancengleichheit der EPFL (2009):

- Marion Albertini, Informatikerin, EPFL
- Sandrine Hajdukiewicz, Biologin und Wissenschaftskommunikation
- Andrea Fabian Montabert, Physikerin und Dr ès Sciences EPFL
- Christophe Pérez, Physiker
- Marie-José Auderset, Journalistin, Microplume Sàrl
- Helen Tilbury, Grafikerin

### Überarbeitung (2021) durch die Abteilung für Wissenschaftsförderung der EPFL (SPS).

# Inhaltsverzeichnis

2	Das Interesse von Jugendlichen für die Wissenschaft wecken
2	Pädagogisches Begleitheft
3	Danksagung
5	Umweltingenieurwissenschaften
13	Architektur
17	Bauingenieurwissenschaften
22	Materialwissenschaften
29	Mikrotechnik
34	Life Sciences Engineering
40	Elektrotechnik und Informationstechnologie
46	Maschineningenieurwissenschaften
49	Mathematik
55	Chemie und Chemieingenieurwissenschaften
60	Physik
64	Kommunikationssysteme
71	Informatik
79	Workshop zur Herstellung von Cyanotypien

# Umweltingenieurwissenschaften

## EINLEITUNG

Die Menschheit steht vor wichtigen Herausforderungen, um die Zukunft zu sichern: Den Klimawandel verstehen und einschätzen, den Verlust der Biodiversität in Ökosystemen stoppen, die Verschmutzung des Luft-Wasser-Boden-Milieus vermeiden, mit wachsenden Abfallmengen umgehen, die Trinkwassernachfrage decken, Infrastrukturen entwickeln und aufrechterhalten sowie Naturgefahren vorhersehen und meistern. Der Fachbereich der Umweltingenieurwissenschaften bildet Umweltingenieure und -ingenieurinnen aus, deren Aufgabe es ist, mit Hilfe anderer die natürlichen Ressourcen und ihre Nachfrage zu planen. Umweltingenieurwissenschaften umfassen mehrere Bereiche.

Umwelt-Biotechnologien haben das Ziel, Mikroorganismen (Bakterien, Pilze und Pflanzen) nutzbar zu machen, um sie zum Vorteil der Menschen einzusetzen und somit die Verschmutzung von Gewässern, Böden und Ökosystemen zu beheben.

Böden und Gewässer stellen vitale Ressourcen dar. Diese Ressourcen sind auf der Welt qualitativ und quantitativ schlecht verteilt. Hinzu kommt, dass sie knapp werden. Außerdem sind wichtige, empfindliche Ökosysteme unterschiedlichen Bedrohungen ausgesetzt und müssen geschützt werden. Umweltingenieure und -ingenieurinnen müssen deshalb diese Ressourcen einschätzen und sie so gut wie möglich im Interesse der Gesellschaft und der nachhaltigen Entwicklung verwalten.

Die Raumentwicklung erfordert das Verständnis von und das Wissen um Auswirkungen der Urbanisierung, der Mobilitätsformen und -verhalten sowie der Funktionen und Veränderungen der Landschaften.

Die Hauptaufgaben der Geomatik sind die Lokalisierung und Beschreibung von Gebieten, sowie die Verwendung von Luft- und Erdbildern.

## VOR DEM BESUCH

Alle Aspekte der Umweltingenieurwissenschaften haben etwas gemeinsam: das Messen von Daten.

Das im Bus präsentierte Experiment zeigt den Schülerinnen und Schülern, wie wichtig es ist, Daten der Umwelt zu erfassen. Als Beispiel wird hier die Meteorologie eingesetzt. Was für ein Wetter herrschte am selben Tag letztes Jahr? War es gestern in Genf oder in Bern wärmer? Wie waren die Temperaturen im Sommer 2003? Und im Winter? Es ist schwierig, diese Fragen auswendig zu beantworten.

### WARUM SOLLEN ALL DIESE EREIGNISSE GEMESSEN WERDEN?

Messen bedeutet objektiv beobachten. Das heißt, den Verlauf verschiedener Phänomene über Zeit und Raum vergleichen und analysieren zu können. Dadurch können sie verstanden und vorhergesagt werden. Die Aufzeichnung der vergangenen und gegenwärtigen Bedingungen ist tatsächlich die Grundlage jeder Analyse. Dasselbe gilt für Prognosemodelle wie Wettervorhersagen oder für Gefahrenkarten, die Überschwemmungen oder verschiedenen Klimaveränderungen aufzeigen. Diese Daten sind ein Hilfsmittel, um unsere Umwelt besser zu verstehen.

Messen ermöglicht es zum Beispiel auch Bauwerke entsprechend zu planen. Möchte man ein Haus bauen, ist es beispielsweise wichtig, die Tiefsttemperaturen zu kennen, um die Dicke der Isolation zu bestimmen.

Wenn man von Messungen redet, muss auch auf Unsicherheiten oder Ungenauigkeiten geachtet werden. Sie stammen aus zwei Quellen: von den Instrumenten (z.B. ein Messgerät funktioniert nicht korrekt...) oder von Beobachtungen (z.B. ein Fehler beim Ablesen).

Bevor man komplexere Klimabetrachtungen angeht, ist es nützlich ein paar grundsätzliche Umweltmessungen anzuschauen. Die einfachsten und bekanntesten sind Temperatur- und Windmessungen.

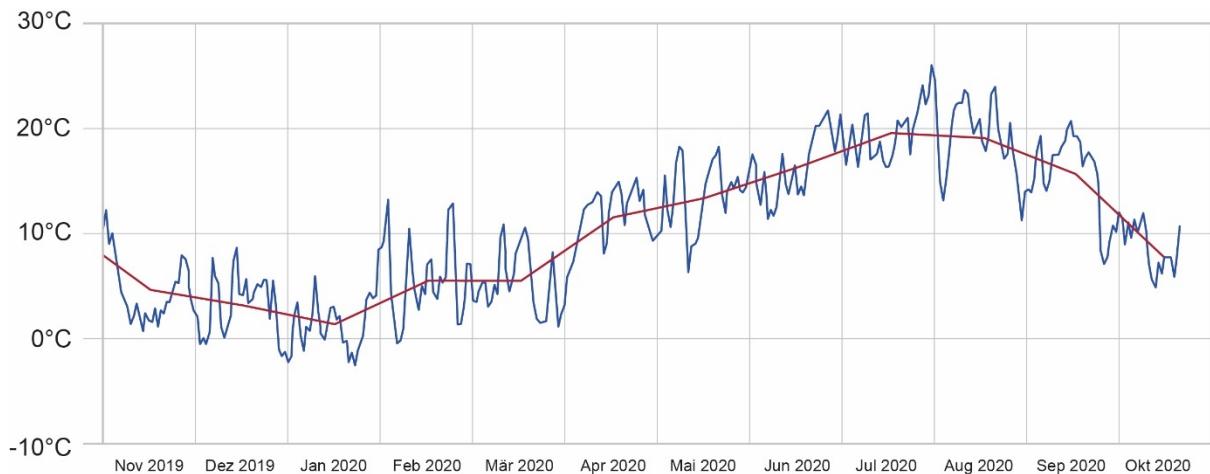


Abbildung 1-1 Temperaturmessung von der Station in Bern / Zollikofen von November 2019 bis Oktober 2020. (MeteoSchweiz)

## EIGENSCHAFTEN DER LUFT:

### DIE TEMPERATUR

Die Temperatur wird als eine physikalische Grösse betrachtet, die mit der Empfindung von warm und kalt zusammenhängt. Sie ist, auf makroskopischer Ebene, das Ergebnis der Bewegung von Atomen und Molekülen. Eine hohe Temperatur entspricht viel atomarer Bewegung. Es gibt zwei internationale Einheiten für Temperaturen: Grad Celsius °C und Kelvin (K). Manche angelsächsischen Länder und die Vereinigten Staaten benutzen jedoch eine andere Einheit: die Grad Fahrenheit (°F). Die tiefste Temperatur des Celsius-Systems ist -273,15 °C, die 0 K entsprechen und man den absoluten Nullpunkt nennt, der noch nie erreicht worden ist.

Zu Beginn kann man eine Temperaturkurve wie in Abbildung 1-1 betrachten. Andere Graphen sind auf der Website von MeteoSchweiz verfügbar (Referenz in der Bibliographie).

Für die Klasse wäre es interessant so einen Graphen selber zu machen, oder einen für die Windrichtung. Ein Beispiel für eine Tabelle (Tabelle 1) ist am Ende des Kapitels abgebildet.

### LUFTFEUCHTIGKEIT

Die Luftfeuchtigkeit entspricht dem Wasserdampf, in Prozent, der in der Luft enthalten ist. Über 80% wird die Luft als feucht bezeichnet und unter 50% als trocken. Es ist möglich, diese relative Luftfeuchtigkeit mit zwei identischen Thermometern zu messen. Experimente mit der Messung der relativen Luftfeuchtigkeit werden am Ende des Kapitels vorgeschlagen.

### ENTSTEHUNG VON WIND

Wind ist der physikalische Parameter der Bewegung der Luft. Er ist die Folge eines Druckunterschiedes. Er bewegt sich von Hochdruckgebieten zu Tiefdruckgebieten. Die Windrichtung wird durch die vier Himmelsrichtungen angegeben: ein Wind von N-W ist ein Wind, der von Nordwesten kommt. Diese Richtung kann auch mit Grad ausgedrückt werden, wobei 0° dem Norden entspricht. Die Windgeschwindigkeit wird in m/s oder in km/h gemessen.

Die Herkunft der Winde ist mit dem Luftdruckunterschied verbunden. Die Schwankungen sind hauptsächlich auf die ungleichmässige Verteilung der Sonnenenergie, die auf die Erdoberfläche trifft, und auf die unterschiedlichen thermischen Eigenschaften der Oberflächen der Kontinente und Ozeane zurückzuführen. Zum Beispiel hat das Land am Tag die Tendenz wärmer zu sein als das Meer (siehe Abbildung 1-2). Die Luft beginnt sich zu bewegen, weil die Luftmassen über den Kontinenten erwärmt werden, sich ausdehnen, leichter werden und aufsteigen. Deshalb bewegt sie sich über die kältere und schwerere Luft, die vom Kontinent angesaugt wird. Je grösser der Druckunterschied ist, desto stärker bläst der Wind.

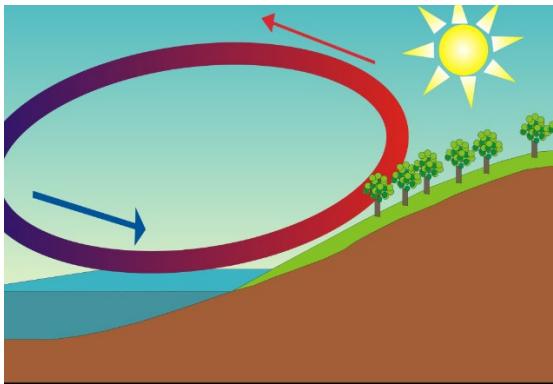


Abbildung 1-2 Illustration der Entstehung von Wind über dem Meer und Land während des Tages.

([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sea\\_Land\\_Breeze.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sea_Land_Breeze.svg))

## SONNENSTRÄHLUNG

Sonnenstrahlen sind Wellen, die von der Sonne stammen und Energie liefern. Ihre Einheit ist Watt pro Quadratmeter ( $\text{W}/\text{m}^2$ ). Man kann diese Energie mit Glühbirnen verschiedener Leistungen symbolisieren.

Dank der Sonnenstrahlung ist es möglich, Sonnenenergie entweder in Wärme (thermische Sonnenenergie) oder in Elektrizität (Photovoltaik) umzuwandeln. Diese erneuerbare Energie besitzt ein starkes Wachstumspotenzial, da die Sonne den Energiebedarf der Menschheit jedes Jahr 40'000 Mal decken würde.

Die Sonne ist die wichtigste natürliche Energiequelle der Erde. Die Kernfusion, die im Inneren der Sonne stattfindet, befreit eine kolossale Menge an Energie, die uns ein paar Minuten später (Lichtgeschwindigkeit im luftleeren Raum: 300 000 km/s) in der Form von elektromagnetischen Wellen erreicht. Diese Wellen, die man auch Sonnenstrahlung nennt, bestehen aus mehreren Arten der Strahlung. Sie werden entsprechend ihrer Wellenlänge, die in Nanometern ausgedrückt wird ( $1 \text{ nm} = 1 \text{ Milliardstel Meter}$ ), unterschieden. Man kann sie in drei grosse Kategorien einordnen:

- Strahlung mit einer **kurzen Wellenlänge** (zwischen 0,001 und 400 nm), für unsere Augen unsichtbar, enthalten radioaktive Gammastrahlen, Röntgenstrahlen und Ultraviolettrstrahlen (UV), die für die Bräunung der Haut verantwortlich sind. Sie entsprechen nur rund 6% der gesamten Sonnenenergie. Die Gamma- und Röntgenstrahlen sind extrem gefährlich. Sie werden jedoch glücklicherweise von der Erdatmosphäre abgefangen. Die UV-Strahlen hingegen werden von der Ozonschicht nur teilweise filtriert.

- Das **sichtbare Licht** entspricht ungefähr 46% der ganzen Sonnenenergie. Die Wellenlängen betragen ungefähr 380 - 780 nm. Zwischen 450 und 500 nm erscheint das Licht blau, die Wellenlänge für rotes Licht befindet sich zwischen 620 und 720 nm.
- Die Strahlungen mit **langen Wellenlängen**, ebenfalls unsichtbar für unser Auge, enthalten Infrarotstrahlen (zwischen 1000 und 300 000 nm), Mikrowellen (zwischen 3 und 10 cm) und Radiowellen ( $> 10 \text{ cm}$ ). Sie stellen ungefähr 48% der gesamten Sonnenenergie dar.

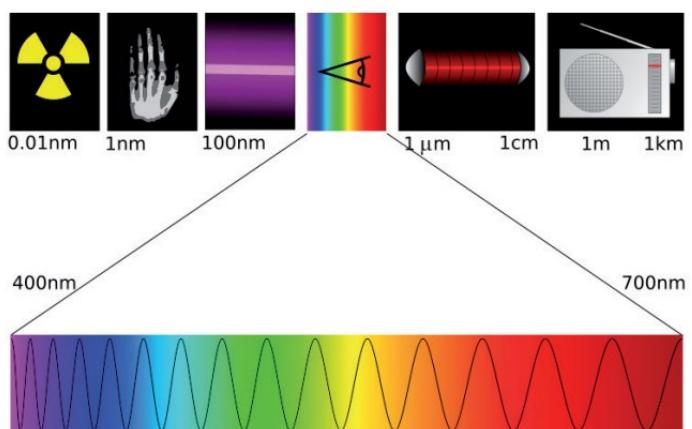


Abbildung 1-3 Wellenlänge und Zerlegung der Sonnenstrahlung

## WÄHREND DES BESUCHS

Eine SensorScope Station wird ausserhalb des Busses installiert. Sie misst die Temperatur und Luftfeuchtigkeit, die Luftgeschwindigkeit und -richtung und die Sonnenstrahlung. Die Daten werden in Echtzeit im Bus angezeigt.

Anmerkung: Das Instrument wird eine Bodentemperatur um die  $0^\circ \text{ C}$  anzeigen, unabhängig vom Wetter, weil es keinen Bodentemperatursensor hat. Diese kleine Falle zeigt, wie man eine „absurde“ Angabe interpretieren und somit auf Fehlersuche gehen kann.

## TEMPERATUR UND LUFTFEUCHTIGKEIT

### WIE WIRD DIE TEMPERATUR AUF DER SENSORSCOPE STATION GEMESSEN?

Die Station ist der Lufttemperatur ausgesetzt. Die Lufttemperatur wird mit einem Sensor gemessen (siehe folgendes Foto), der Schwankungen im elektrischen Widerstand misst. Diese Sensoren können extrem klein und sehr empfindlich sein. Die Station misst alle zwei Minuten und macht eine Momentaufnahme der Luft.



Abbildung 1-4 Sensor Lufttemperatur

### WELTWEITE TRENDS

Gemäss dem Zwischenstaatlichen Ausschuss für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ist die durchschnittliche Temperatur auf der Erde im Laufe des 20. Jahrhunderts um ungefähr  $1^{\circ}\text{C}$  gestiegen. Abbildung 1-5 zeigt, dass die Temperaturen inzwischen bei über  $1^{\circ}\text{C}$  über dem Durchschnitt von 1951-80 liegen.

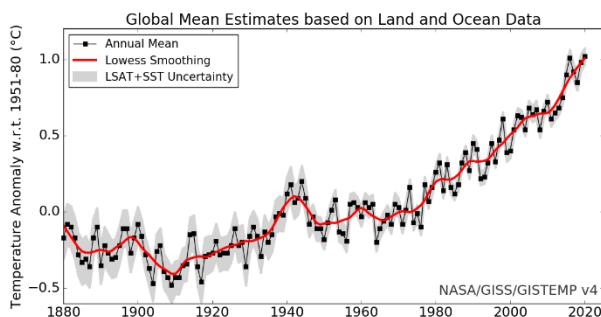


Abbildung 1-5 Globaler Temperaturverlauf (Unterschied zum Durchschnitt 1956-80) von 1880-2020. (NASA)

In der Schweiz verwaltet MeteoSchweiz Temperaturdaten von mehr als 150 Stationen, die auf dem ganzen schweizerischen Gebiet verteilt sind. Dieses Messnetzwerk hat es ermöglicht, klar darzustellen, dass im Laufe des letzten Jahrhunderts eine markante Temperatursteigerung erfolgte. In der Schweiz hat sich die bodennahe Temperatur seit Beginn der Aufzeichnung um ca.  $2^{\circ}\text{C}$  erwärmt. Laut der WissenschaftlerInnen des IPCC wird sich die Erwärmung im 21. Jahrhundert fortsetzen. Zwischen 1990 bis 2100 soll die durchschnittliche globale Temperatur um  $1,4^{\circ}\text{C}$  bis  $5,8^{\circ}\text{C}$  ansteigen. Diese Temperaturbandbreite ergibt sich aus den verschiedenen Klimamodellen. Eine Studie der Schweiz „CH2018“ sieht eine Erwärmung von ungefähr  $2^{\circ}\text{C}$  im Herbst, Winter und Frühling und eine Erwärmung von fast  $3^{\circ}\text{C}$  im Sommer voraus. Berücksichtigt man die Unsicherheiten, dürften die Erwärmung zwischen  $1$  und  $4^{\circ}\text{C}$  schwanken.

### GESCHWINDIGKEIT UND RICHTUNG DES WINDES

Die Luftgeschwindigkeit wird mit einem Anemometer gemessen. Es besteht aus drei kleinen halbkugelförmigen Schälchen, die an den äussersten Enden der metallischen Arme, die jeweils einen Abstand von  $120^{\circ}$  zueinander haben, fixiert sind (Abbildung 1-6). Ein Zähler, der mit der Rotationsachse verbunden ist, macht es möglich, die Geschwindigkeit zu lesen und zu speichern.

Die Windrichtung wird mit einer Wetterfahne gemessen. Sie zeigt woher der Wind kommt. Wind, der sich von Südwesten nach Nordosten bewegt, wird Südwestwind genannt. Er kann auch in Grad angegeben werden ( $220^{\circ}$  für Südwestwind).

Die SensorScopes Station misst die durchschnittliche Geschwindigkeit und die momentane Windrichtung mit Hilfe eines Anemometers und einer Wetterfahne (eine Messung alle zwei Minuten). Die Maßeinheit für die Windrichtung ist Grad und für die Geschwindigkeit ist Meter pro Sekunde oder Kilometer pro Stunde. Bei der Installation einer Windfahne ist es sehr wichtig, sie in Richtung Norden zu platzieren um den Referenzpunkt zu kennen.



Abbildung 1-6 Messgerät für Windgeschwindigkeit und Windrichtung

### WELTWEITE TENDENZ

Sowohl der IPCC als auch CH2018 sagen eine Steigerung von Extremereignissen wie Stürmen vorher (Januar 2007: Rekord für eine Windböe in den Bergen:  $150\text{ km/h}$  und im Flachland:  $132\text{ km/h}$ ).

### SONNENSTRÄHLUNG

Die Sonnenstrahlung wird gemessen, weil sie einen Einfluss auf die Verdunstung und Feuchtigkeit des Bodens hat. Die Messstation benutzt ein Pyranometer, das die Wellenlängen der Sonnenstrahlung zwischen  $400$  und  $1000\text{ nm}$  misst. Das Pyranometer besteht aus einem doppelten Glasschälchen, einer Reihe von Thermoelementen und einem Datenspeichersystem. Das Instrument liefert eine elektrische Spannung, die eindeutig proportional zur

Intensität der direkten Strahlung ist und macht eine Momentaufnahme (alle zwei Minuten) in  $\text{W/m}^2$ .

## WELTWEITE TENDENZ

Zwei Aspekte werden behandelt: Die Entwicklung der Intensität der Sonnenstrahlen und die Art der Strahlung, die zur Erde gelangt. Die seit 1980 von den Raumsonden durchgeführten Messungen zeigen, dass die Intensität der Sonnenstrahlung relativ stabil bleibt. Sie schwankt um ungefähr 0,15% und folgt einem Sonnenzyklus von 11 Jahren. Jedoch führt die Erhöhung der Treibhausgase in der Atmosphäre (z.B.  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_4$  ...) zu einer Erwärmung der Bodentemperatur, da sie die von der Erde ausgestrahlten Infrarotstrahlungen absorbieren. Es besteht also ein Zusammenhang zwischen Strahlung und Temperatur.

## NACH DEM BESUCH

Nachdem gewisse Umweltmessungen angesprochen wurden, ist es interessant über die Klimaerwärmung und den Treibhauseffekt zu reden. Dank der Messungen über mehrere Jahre können Szenarien zur Erderwärmung gemacht werden und somit Hypothesen zu den Auswirkungen dieses Phänomens erstellt werden.

Der Bericht „CH2018“ erläutert die zukünftige Klimaentwicklung und deren Auswirkungen in der Schweiz bis 2060. Es zeigt sich, dass die Permafrostschmelze (Böden, die permanent gefroren sind) und das Schrumpfen von Schneedecken sehr starke wirtschaftliche und touristische Auswirkungen in der Schweiz haben werden. Die Temperaturerhöhung von 2 oder 3 °C kann negative (Verschiebung von manchen Vegetationsarten) und positive Auswirkungen (eine grössere Diversität der Vegetation) haben. Diese Phänomene hängen zu einem grossen Teil mit dem Treibhauseffekt zusammen.

## TREIBHAUSEFFEKT UND KLIMAWANDEL, WAS IST DAS?

Die Erde bekommt Energie (ungefähr  $340 \text{ W/m}^2$ ) von der Sonne in Form von elektromagnetischen Wellen. Ein Teil dieser Strahlungen wird von den Wolken ( $65 \text{ W/m}^2$ ) und von verschiedenen Schichten der Erdatmosphäre ( $15 \text{ W/m}^2$ ) wieder in den Weltraum zurückgeworfen. Der Rest wird zu einem Drittel ( $80 \text{ W/m}^2$ ) von der Atmosphäre und ihren Treibhausgasen (Wasserdampf, Methan, Kohlendioxid) absorbiert und die anderen zwei Drittel werden von der Erdoberfläche

aufgenommen. Die Erdoberfläche gibt  $50 \text{ W/m}^2$  zurück, wovon  $20 \text{ W/m}^2$  definitiv in die Atmosphäre abgestrahlt werden und  $30 \text{ W/m}^2$  wieder zur Erdoberfläche zurückkehren. Diese Erwärmung, die durch die Aufnahme und Rückgabe dieser  $30 \text{ W/m}^2$  erzeugt wird, nennt man den natürlichen Treibhauseffekt. Ein natürliches Phänomen, das für das Leben auf der Erde notwendig ist. Ohne Treibhauseffekt wäre die durchschnittliche Temperatur auf der Erde tatsächlich  $-18^\circ\text{C}$ !

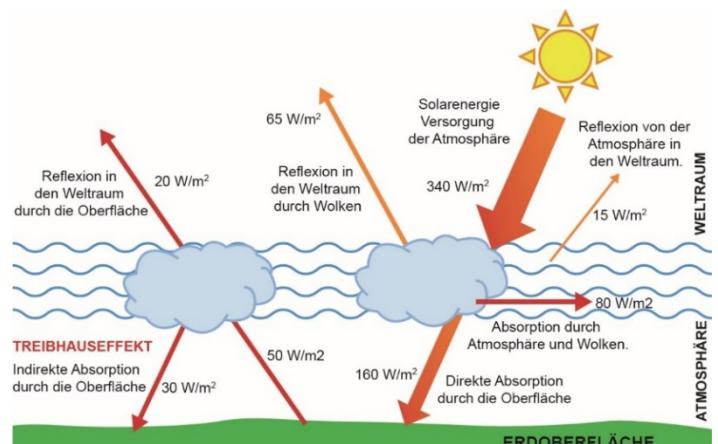


Abbildung 1-7 Der Treibhauseffekt (von Météo France)

Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen Treibhausgasen ( $\text{CO}_2$ , Methan...) und dem Klimawandel. Wenn die Konzentration der Treibhausgase steigt, halten diese mehr Energie zurück was eine Erhöhung der Temperatur und somit die Klimaerwärmung zur Folge hat.

Zum „menschlichen“ Ausstoss von Treibhausgasen (Verbrennung von fossilen Energien, Abholzung, Landwirtschaft), kommt der natürliche Ausstoss (Vulkanausbruch...) hinzu. Ein grosser Teil dieser Treibhausgase wird auf natürliche Weise von den Pflanzen und Ozeanen aufgenommen. Heute sind die Wissenschaftler beunruhigt, weil sich aufgrund von menschlichen Aktivitäten das Gleichgewicht zwischen produzierten und aufgenommenen Treibhausgasen verändert. Die Menge an  $\text{CO}_2$  in der Atmosphäre steigt zu schnell an und die natürlichen „Kohlendioxidsenken“ können diese Entwicklung nicht regulieren. Laut den Voraussagen des IPCC wird die Konzentration von Kohlendioxid eine kritische Schwelle erreichen und in den Jahren 2030 verheerende Konsequenzen haben. Unsere Treibhausgasemissionen müssen dringend reduziert werden!

Nach dem Kyoto-Protokoll, das vorsah, bis 2012 die  $\text{CO}_2$ -Emission 38 industrialisierter Länder um 5,2%

im Vergleich zu 1990 zu reduzieren, wurde 2015 das Pariser Klimaabkommen verabschiedet. Ziel dieses Abkommens war, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 °C im Vergleich zum vorindustriellen Niveau zu begrenzen.

#### WAS SIND MÖGLICHE KONSEQUENZEN DES KLIMAWANDELNS?

Gestützt auf Prognosemodellen, hat der IPCC die Hauptzusammenhänge zwischen Klimawandel und Ökosystemen aufgelistet:

- Die Eisschmelze, die eine Erhöhung des Meeresspiegels und somit die Gefahr von Überschwemmungen und einer massiven Verschiebung der Bevölkerung mit sich bringen könnte;
- Häufigere und intensivere extreme Wetterereignisse wie Hitzewellen, ausserordentliche Regenfälle und Dürre;
- Die Häufung von Naturgefahren, wie Überschwemmung und Erdrutsch, die auf die Veränderung des Wasserzyklus und dem Schmelzen der gefrorenen Böden (Permafrost) zurückzuführen sind;
- Die Verschiebung der Pflanzenarten. In alpinen Gebieten könnte die Waldgrenze z.B. alle 10 Jahre um 100 Meter steigen;
- Das Aussterben bestimmter Tier- und Pflanzenarten. Zum Beispiel ist der Lebensraum des Eisbären aufgrund der Eisschmelze stark bedroht;
- Das Schrumpfen der Schneedecken und Gletscherschmelze in den Bergen wird zu Veränderungen im Tourismus- und Wirtschaftssektor führen.

#### ÜBUNGEN

Umweltmessungen am Beispiel der Meteorologie

Ein für Schulklassen gestaltetes Projekt steht zur Verfügung: das ClimatScope, das die Messstation SensorScope benutzt.

Mehr Informationen auf:

<https://eflum2.epfl.ch/climatscope/Deutsch.php>

#### EINEN SOLAROFEN UND/ODER EIN MINI-GEWÄCHSHAUS BAUEN

Nachdem der Treibhauseffekt erklärt wurde, kann man die Schüler fragen, auf welche Weise dieses Phänomen eingesetzt werden könnte.

Als Projekt kann zusammen mit den Schülern ein Gewächshaus oder einen Solarofen entwickelt werden. Das kann auch in Form eines Wettbewerbs gestaltet werden: Die Gruppe, die die wärmste Temperatur erreicht hat oder die etwas zum Kochen oder Schmelzen gebracht hat (Ei, Schokolade, Reis, Hartweizengriess, usw.), gewinnt.

#### MATERIAL

- Holzschatz, wenn möglich mit einem Deckel
- Aluminiumfolie
- Kleber, Schere, Stifte, Filzstifte
- Schwarze Farbe oder schwarzes Papier
- Metallbehälter oder ein schwarzer Behälter (Ofen)
- Scheibe (flexibles Plastikblatt oder Plexiglas)

#### ANLEITUNG

- Den Boden der Schachtel schwarz bemalen
- Aluminiumfolie auf die inneren Wände des Ofens und auf die innere Seite des Deckels kleben
- Den Behälter in den Ofen stellen
- Mit der Scheibe bedecken
- Den Ofen Richtung Sonne drehen und den Deckel als Spiegel benutzen, um das Licht in den Ofen zu reflektieren

#### „ÖKO-TATEN“ ZEIGEN UND LERNEN

Die Lebenszyklen der alltäglich wiederverwerteten Gegenstände durchgehen: Papier, Plastik, Kleidung, usw. Die verschiedenen Fabrikations-, Transports-, Vertriebsschritte analysieren und die Energienutzung und die Kosten einbeziehen. Fragen, ob es nicht möglich wäre, „unnötige“ Ausgaben in diesen Schritten zu reduzieren. Zum Beispiel, recyceltes Papier und beide Seiten eines Blatts zu benutzen, nur ausdrucken, wenn es wirklich notwendig ist, wiederverwendbare Behälter verwenden anstatt Einwegprodukte (Einkaufstaschen, Aufbewahrungsboxen) 2nd Hand Kleidung, usw. Die Schüler beauftragen, Öko-Taten zu finden und sie und deren möglichen Auswirkungen auf die Umwelt zu erklären (Erhaltung der Wälder, weil sie die Lungen der Erde sind, Erdöl sparen, usw.). Viele Webseiten schlagen Projekte und Aktivitäten im Zusammenhang mit Umweltbewusstsein vor.

## QUELLEN

- Meteorologische Daten  
<https://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/schweizer-klima-im-detail.html>  
<https://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima.html>  
<https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/beobachtete-klimaentwicklung-in-der-schweiz.html>
- Aktivitäten und Erklärungen zur Meteorologie  
<https://www.wetteronline.ch/wetterschule/wie-entsteht-eine-wettervorhersage>  
<https://www.wetteronline.de/wetterschule>
- Wetterlexikon des Deutschen Wetterdienstes (DWD)  
[www.dwd.de/lexikon](http://www.dwd.de/lexikon)

Tabelle 1

Name: \_\_\_\_\_

Klasse: \_\_\_\_\_

METEOROLOGISCHE MESSUNG

	Datum	Uhrzeit	Temperatur	Windrichtung	Himmel	Niederschlag
			°C	N-NW-W-SW-S-SO-O-NO	Sonne, Wolken...	mm
MONTAG						
Vormittag						
MONTAG						
Nachmittag						
DIENSTAG						
Vormittag						
DIENSTAG						
Nachmittag						
MITTWOCH						
Vormittag						
MITTWOCH						
Nachmittag						
DONNERSTAG						
Vormittag						
DONNERSTAG						
Nachmittag						
FREITAG						
Vormittag						
FREITAG						
Nachmittag						

Ort der Beobachtungen und der Messungen:

# Architektur

## EINLEITUNG

Die Fakultät für Architektur bildet Architekten an der EPFL aus. Durch die Integration in die School of Architecture, Civil and Environmental Engineering und der Zusammenarbeit mit diesen zwei anderen Fakultäten (Bauingenieur- und Umwelt-ingenieurwissenschaften), ist die Ausbildung sehr interdisziplinär.

Neu aufkommende Probleme unserer Gesellschaft werden speziell im Hinblick auf nachhaltige Entwicklung aufgegriffen, die einen wichtigen Bestandteil im Schaffen zukünftiger Architekten ausmachen wird. Die in diesem Rahmen von der Fakultät durchgeführte Forschung beeinflusst den Lehrplan. ArchitekturstudentInnen müssen sich eine Welt vorstellen, sie verstehen und umsetzen können, in der sich der Mensch wohl fühlt, angesprochen wird, den Lebensstandard verbessert und ihm gleichzeitig ermöglicht seinen Träumen und Zielen freien Lauf zu lassen.

Um dies zu verstehen müssen die Architektin oder der Architekt die Geschichte und Theorien der Architektur, der Städteplanung und des Bauens kennen.

Um zu handeln müssen die Architektin oder der Architekt die notwendigen Werkzeuge besitzen: Statik, Strukturen, Materialen, Physik...

Für die Umsetzung ihrer oder seiner Ideen müssen Kenntnisse in Geometrie, Darstellungstechniken, Zeichnen und Computersimulationen vertieft und beherrscht werden.

Die menschliche Dimension wird mit Hinblick auf eine soziologische Herangehensweise, wirtschaftlichen Aspekten des Bauens und nachhaltiger Entwicklung berücksichtigt.

Die Umsetzung und Verknüpfung all dieser Disziplinen ermöglicht es, mögliche Antworten auf architektonische, städtische oder territoriale Fragen zu finden.

## VOR DEM BESUCH

### WAS IST DER LEBENSRAUM?

Seit Anbeginn der Zeit muss sich der Mensch gegen die Natur schützen, möchte sich von der Gemeinschaft isolieren oder, im Gegenteil, Räume schaffen, in denen die Gemeinschaft sich versammeln kann.

Die Architektur ist tief in der Geschichte verwurzelt und wird durch Wahrnehmungen, Empfindungen und Erfahrungen inspiriert.

Die Wahrnehmung des Raums ist für jeden anders. Das Leben auf dem Land unterscheidet sich vom Leben in der Stadt. Der Lebensraum kann in Zellen eingeteilt werden. Familienmitglieder teilen diesen Bereich entsprechend ihrer Kultur, ihren Gewohnheiten und ihrer Lebensweise. Das Zimmer ist die kleinste Zelle unserer Wohnform.

Die Architektur steht im Dienst der Menschen und der Gesellschaft. Sie muss sowohl den Lebensraum als auch die Gebäude bauen, die für eine funktionierende Gesellschaft (Schule, Krankenhaus, Läden, Arbeitsplätze, usw.) unerlässlich sind.

### UM EIN GEBÄUDE ZU BAUEN, BENÖTIGT DIE ARCHITEKTIN ODER DER ARCHITEKT HILFE VON ANDEREN. WER HILFT IHNEN?

- BauingenieurInnen, um die Strukturen zu berechnen
- VermessungsingenieurInnen (Geometriker/innen) für die Datenerfassung und die Vermessung des Geländes
- Firmen, die auf Fundamente spezialisiert sind
- Maurer
- Zimmerleute
- SpenglerInnen, DachdeckerInnen
- SchreinerInnen
- SchlosserInnen
- ElektrikerInnen
- SanitärinstallateurlInnen
- FliesenlegerInnen
- ParkettlegerInnen
- MalerInnen
- LandschaftsarchitektInnen
- usw.

## WELCHE EINSCHRÄNKUNGEN SIND MIT EINEM HAUSBAU VERBUNDEN?

- Das Gelände und seine Eigenschaften (Form der Parzelle, Steigung, Ausrichtung)
- Das Klima
- Die natürliche Umwelt
- Die gebaute Umwelt
- Die Zufahrt
- Die Normen und Vorschriften
- Die Kosten
- Die Materialen
- Die Bedürfnisse der Kunden
- usw.

## ÜBUNGEN

### EURE SCHULE „ANALYSIEREN“

Die Schülerinnen und Schüler führen eine gemeinsame Überlegung über die schulische Einrichtung und deren Geschichte aus.

- Wie ist die Lage in der Stadt und im Quartier?
- Wie sind der Zugang und die Transportmittel?
- Gibt es Parkanlagen oder Sportplätze in der Nähe?
- Wie ist die Außenarchitektur: altmodisch oder modern? (und vielleicht eine Zeichnung machen?)
- Wie kann man die Innenarchitektur beschreiben (Gebäude, Klassenzimmer)?

Nach Anfertigen von Skizzen und Messungen können die SchülerInnen Klassen- und Schulpläne zeichnen und ein Modell bauen.

## DAS MODELL

Ein Modell ist die Darstellung eines Bauwerkes im verkleinerten Massstab. Die für das Modell benutzten Materialien bedeuten nicht, dass der Bau aus denselben Materialien bestehen wird. Das Modell kann mit Karton, Wellpappe, usw. verwirklicht werden.

## WAS IST EIN MASSSTAB?

Der Massstab ist das Verhältnis zwischen dem Mass eines realen Objekts und dem Mass seiner Darstellung (geographische Karte, Modell, usw.). Er wird in einer Bruchzahl angeben. Um ein Gebäude darzustellen, benutzt man normalerweise einem Massstab von 1/50. In diesem Fall entspricht 1 cm auf der Zeichnung 50 cm in der Wirklichkeit. Man könnte auch 1:50 schreiben.

## WAS IST EIN GRUNDRISS, EINE ANSICHT, EIN SCHNITT?

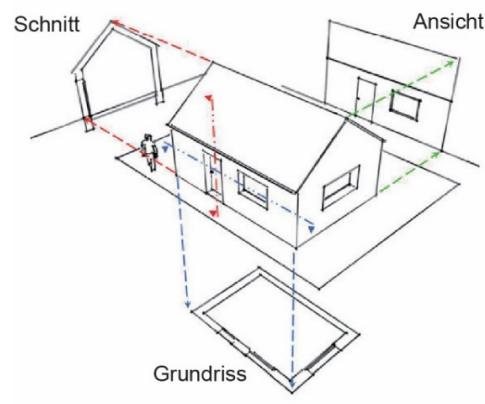
Der Grundriss ist die Darstellung des Gebäudes von unten, als ob man den Boden abgeschnitten hätte.

Die Ansicht zeigt eine Seite des Gebäudes, zum Beispiel der Hauptfassade oder Seitenfassade.

Der Schnitt ist eine Zeichnung von irgendeinem Teil des Gebäudes.

## GRUNDRISS, ANSICHT UND SCHNITT ERSTELLEN

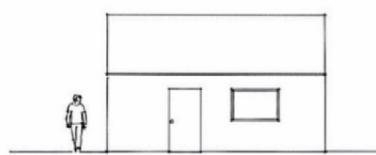
Mit Hilfe dieser Abbildungen lassen Sie die Schüler einen Grundriss, eine Ansicht und/oder einen Schnitt (siehe unten) zeichnen.



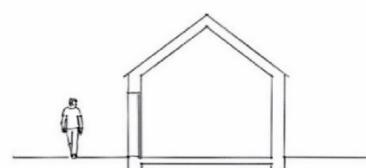
Grundriss :



Ansicht :



Schnitt :



## WÄHREND DES BESUCHS

Das im Bus vorgeschlagene Experiment bezieht sich auf die Bedürfnisse des Kunden und die Materialien. Die Eigenschaften des Geländes sind hier so neutral wie möglich.

Der zu realisierende Bau ist von der Grösse des Geländes, der Bausteine, aber auch von der Grösse des Menschen (eine Figur steht zur Verfügung) abhängig.

## DER BAU EINES MODELLS

Das Modell hat einen Massstab von 1:25. Das Gelände, auf dem gebaut wird, misst 48 x 48 cm, was in der Wirklichkeit 12 x 12 m und somit einer Oberfläche von 144 m<sup>2</sup> entspricht.

Die Schüler haben folgende Bausteine zur Verfügung:

- 30 Bausteine mit einer Grösse von 8 x 4 x 2 cm, in Wirklichkeit 2 x 1 x 0,5 m.
- 15 Bausteine mit einer Grösse von 6 x 4 x 2 cm, in Wirklichkeit 1,5 x 1 x 0,5 m.
- 15 Bausteine mit einer Grösse von 4 x 4 x 2 cm, in Wirklichkeit 1 x 1 x 0,5 m.

Die benutzten Bausteine lassen sich nicht ineinander stecken wie Lego© Bausteine. Sie halten nur durch ihr Eigengewicht. Das erwünschte Gleichgewicht wird durch die Baustatik erreicht.

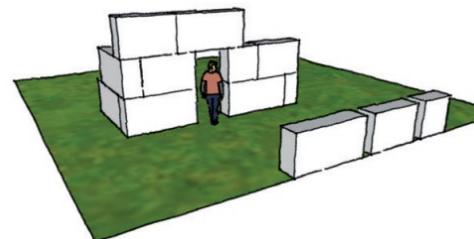
## ZIELE

- Zeigen, dass durch einfaches Aufstapeln die Wand nicht hält und somit zeigen, wie wichtig es ist, dass die Bausteine versetzt zueinander liegen.
- Zeigen, dass ein Loch in der Wand nicht auf irgendeine Art und Weise gemacht wird.
- Wand = Fassade, Zwischenwand, Trennung.
- Tür = Eingang, äusserer/innerer Durchgang.
- Fenster = Lichtzufuhr, Sicht nach Draussen.
- Mit dem menschlichen Massstab vergleichen.
- Sich einen Raum mit einer angenehmen Raumgrösse vorstellen und ihn, zum Beispiel, für eine Familie entwerfen. Der kulturelle Aspekt sollte ebenfalls berücksichtigt werden...

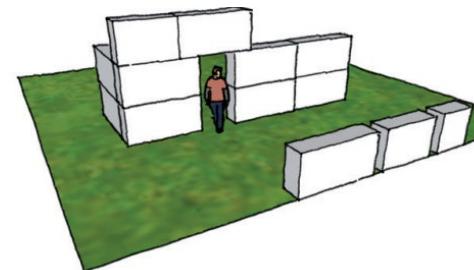
In den folgenden Beispielen hält der Querträger (Sturz) alle Materialien über der Öffnung zusammen.

Ein paar Beispiele:

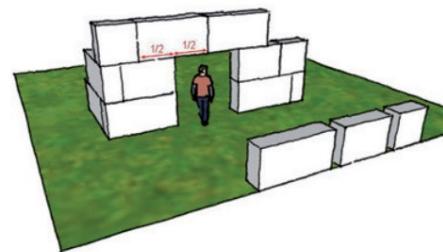
Für eine gute Stabilität der Wände ist der Versatz (die Bausteine sind versetzt zueinander angeordnet) sowohl in den Wänden als auch in den Ecken sehr wichtig. Für eine 1 Meter Öffnung ist ein Sturz von 2 Metern ausreichend.



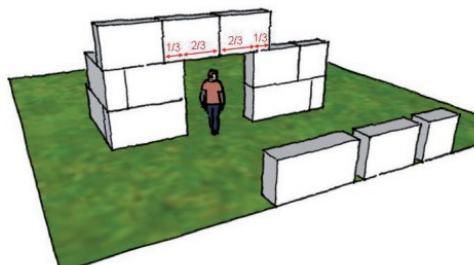
Beispiel, dem man nicht folgen sollte: Kein Versatz in den Wänden oder in den Ecken.



Für eine 2 Meter breite Öffnung, besteht der Sturz aus zwei 2 Meter langen und überhängenden Bausteinen. Das Gesamtwerk hat die Stabilitätsgrenze erreicht.



Benutzt man zwei Bausteine von 1,5 m für eine 2 m breite Öffnung, beträgt die Überschneidung für den Sturz nur 2/3. Das Ganze ist nicht stabil.



## NACH DEM BESUCH

### ÜBUNGEN

#### VERSCHIEDENE BAUVORGÄNGE ENTDECKEN

Wer baut das höchste Gebäude mit diesen unterschiedlichen Materialien:

- Modellierung mit einem Stück Lehm/Ton,
- Ziegel stapeln mit Zuckerwürfeln,
- Versatz, Zusammenbau mit Holzstäben, mit Eisendraht, mit Kleber oder Karton.

Die Architektur wird so von einem technischen Standpunkt betrachtet.

Erstens ermöglicht die Aktivität den Schülern sich bewusst zu werden, in welchem Umfang Materialien und Techniken verbunden sind.

Zweitens experimentieren die Schüler, wie der Architekt/die Architektin, verschiedene Bauvorgänge berücksichtigen muss, um ein Gebäude zu entwerfen.

Diese Experimente sollen zum Nachdenken über die verschiedenen Lebensräume, Ursprungsstrukturen, Entwicklung der Materialien und Räume in verschiedenen Kulturen anregen. Der Vergleich zwischen einem Inuit-Iglu und einer afrikanischen Hütte zeigt, dass selbst, wenn die Materialien nicht dieselben sind, es gewisse Ähnlichkeiten gibt.

## QUELLEN

- Gemeinnütziger Verein zur baukulturellen Bildung für Kinder und Jugendliche  
<https://www.archijeunes.ch/>
- weiterführende Links  
<https://www.archijeunes.ch/vermittelnde/>
- Freilichtmuseum Ballenberg  
<https://www.ballenberg.ch/de/themen/hauslandschaften>
- für Besuche mit der Klasse  
<https://www.ballenberg.ch/de/mitmachen/schulen>
- Weitere Quellen zu Baukultur und Architektur  
<https://www.baugeschichten.ch/baugeschichten/vermittlung/>  
<https://www.srf.ch/sendungen/myschool/bauen-und-wohnen>
- Bücher:
  - o Inge Sauer und Christine Kretschmer: Kinder entdecken Architektur, Projekte für die Grundschule, Klett-Kallmeyer im Friedrich-Verlag, ISBN: 978-3-7800-1075-9
  - o Leitzgen, Anke M. und Rienermann, Lisa: Entdecke deine Stadt. Stadtsafari für Kinder, Weinheim/Basel 2011, ISBN: 978-3-407-76185-9
- Spiel: Villa Paletti – Die SpielerInnen müssen mit den verfügbaren Säulen die höchste Villa bauen, ohne dass sie zusammenbricht. [https://de.wikipedia.org/wiki/Villa\\_Paletti](https://de.wikipedia.org/wiki/Villa_Paletti)

# Bauingenieurwissenschaften

## EINLEITUNG

Bauingenieurwissenschaften sind das verbindende Element zwischen Bau und Unterhalt der physischen Infrastruktur der Gesellschaft, sowie der Bewirtschaftung und Bewahrung der natürlichen Ressourcen für das Wohl aller. Bauingenieurinnen und Bauingenieure gestalten, bauen und arbeiten zugleich visionär und in leitenden Positionen. Neben einem fundierten technischen Wissen besitzen sie einen Sinn für menschliche Belange und kümmern sich um die sozialen Auswirkungen ihrer Projekte. Es ist die Wissenschaft im Dienst der Gesellschaft. Bauingenieurwissenschaften bieten einen Tätigkeitsbereich an, der so faszinierend wie vielfältig ist. Routine ist nicht angesagt. Diese fachübergreifende Ausbildung richtet sich sowohl an Frauen als auch an Männer.

Die Fakultät für Bauingenieurwissenschaften bildet die IngenieurInnen des 21. Jahrhundert aus. Sie legt den Schwerpunkt dank einer fachübergreifenden Ausbildung, die den 3 ENAC-Fakultäten (Bau- und Umweltingenieurwissenschaften, Architektur) gemein ist, auf die Interdisziplinarität und folgt dem Konzept „zusammen planen“. Dieses Konzept erkennt die Besonderheiten jeder Disziplin an, fördert den Wissensaustausch und bereitet die zukünftigen Ingenieurinnen und Ingenieure darauf vor, Projekte mit mehreren Akteuren und Herausforderungen zu integrieren und zu leiten.

## BAUINGENIEURIN: DER BERUF DES GLEICHGEWICHTS

Die Bereiche der Bauingenieurwissenschaften sind sehr vielfältig, aber es können folgende hervorgehoben werden: Bauwerke, Hoch- und

Tiefbau, Wasserbau, Verkehrsbau und Umweltschutz.

Als BauingenieurInn arbeitet man in der Konzeption, der Umsetzung, dem Betrieb und der Sanierung.

## VOR DEM BESUCH

Das Experiment, das im Bus präsentiert wird, wurde aufgrund seiner historischen Bedeutung ausgewählt.

Der Bogen ist ein Bauwerk aus Steinen und Ziegeln, um einen Bereich mithilfe einer Wölbung zu überqueren. Im Bauingenieurwesen hat der Bogen durch die Jahrhunderte zahlreiche Anwendungen in Gebäuden und Kunstwerken gehabt. Er wurde schon von den Römern benutzt, im Mittelalter weiterentwickelt und ist in der romanischen Architektur dominant.

## WAS SIND DIE VERSCHIEDENEN BESTANDTEILE EINER BRÜCKE?

Grundsätzlich hat eine Brücke die folgenden Bestandteile (Abbildung 3-1):

- Die Fahrbahnplatte stützt die Verkehrswege (Gleise oder Strasse).
- Die Widerlager dienen als Stützpunkt für den Übergang der Fahrbahnplatte zum Grund an den äusseren Enden.
- Die Pfeiler tragen die Fahrbahnplatte zwischen den Widerlagern, falls die Länge der Fahrbahnplatte es erfordert. Im Falle einer Hängebrücke wird die Fahrbahnplatte von Hängern oder Wanten unterstützt, die an Masten aufgehängt sind.
- Die Stützweite beschreibt die Bereiche der Brücke zwischen den Pfeilern oder zwischen einem Pfeiler und einem Widerlager.

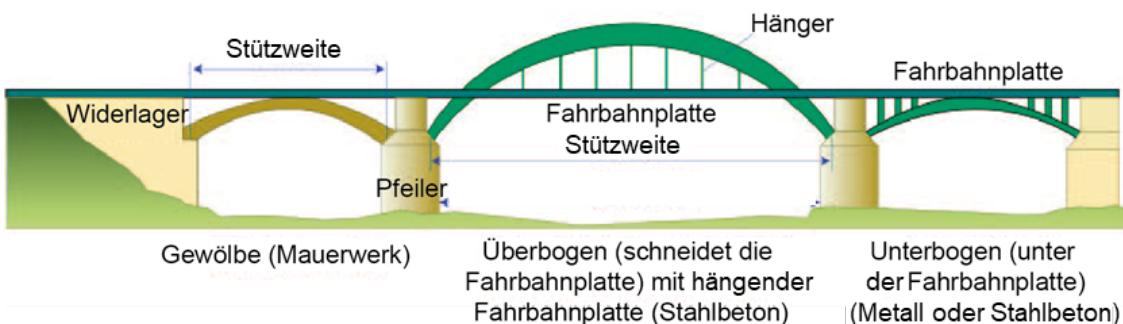
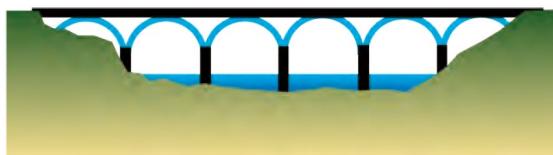


Abbildung 3-1 Eine Brücke und ihre Bestandteile.

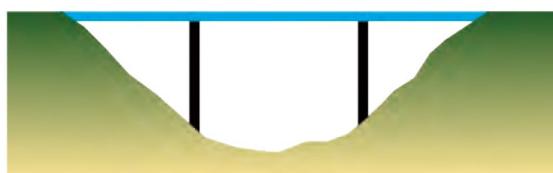
KENNST DU DIE VERSCHIEDENEN  
BRÜCKENARTEN?

Die in blau gemalten Strukturen sind tragend.

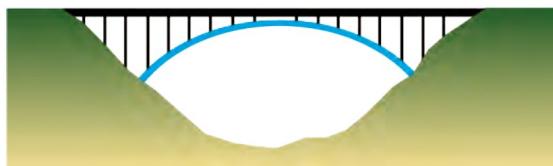
DIE GEWÖLBEBRÜCKE



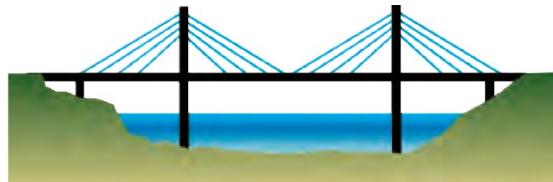
DIE BALKENBRÜCKE



DIE BOGENBRÜCKE



SCHRÄGSEILBRÜCKE



Die Fahrbahnplatte kann aus Beton sein. Auf dem  
Millau-Viadukt ist sie aus Stahl.

DIE HÄNGEBRÜCKE



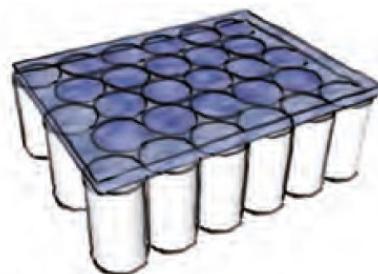
Die Fahrbahnplatte muss aus Metall sein.

ÜBUNGEN

EINE ÜBERRASCHEND STARKES PODEST AUS  
PAPIER!

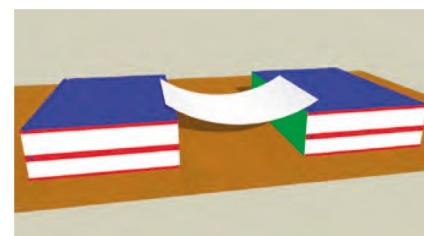
Material:

- A4 Papierblätter, Klebeband.
- 21 cm hohe Papierzylinder aus den Blättern und Klebeband bauen, nebeneinanderstellen und z.B. eine Plexiglasschreibe auflegen, damit ein Kind sich draufstellen kann.

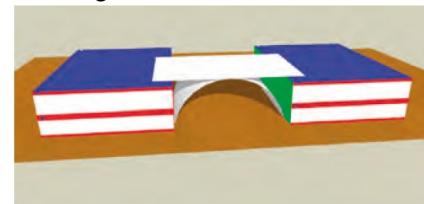


EINE BRÜCKE BAUEN... AUS PAPIER

Das Experiment kann zum Beispiel in der Form eines Spiels durchgeführt werden. Die Aufgabe: ein Spielzeugauto über ein Blatt Papier, das zwischen zwei Bücherstapeln liegt, fahren lassen.

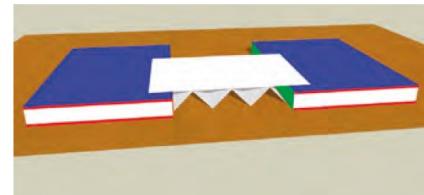


Lösungen:



Hier findet man die Widerlager (=die Bücher) wieder, die als Stützpunkte des Bogens notwendig sind.

oder:

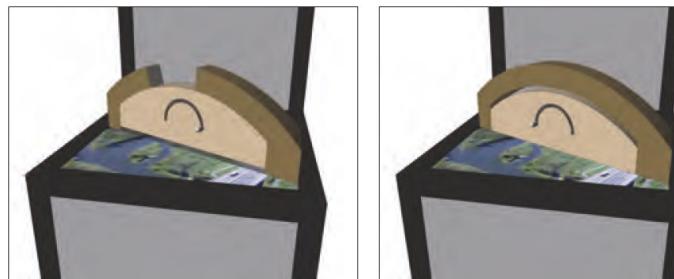


## WÄHREND DES BESUCHS

### DAS GLEICHGEWICHT UND DIE STABILITÄT EINES BOGENS VERSTEHEN

#### AUFBAU

Ein provisorisches Baugerüst aufbauen, um die Konstruktion des kompletten Bogens zu ermöglichen. Den kompletten Bogen bauen, indem man von aussen an den Stützpunkten anfängt und in der Mitte beim Schlussstein endet. Am Ende das Baugerüst herunterziehen und wegnehmen.



#### BEZOCHTUNG

Der Bogen bleibt stehen. Er ist durch sein eigenes Gewicht im Gleichgewicht.

#### VERSUCH

Mit den Händen von oben, vertikal auf den Bogen drücken.

- symmetrisch in der Mitte: der Bogen bewegt sich nicht
- von weiter aussen, auf einer Seite: der Bogen bricht zusammen

#### ERKLÄRUNG

Der Bogen hält dank einer guten Bogenform, sowie der auf dem ganzen Bogen verteilten Last (hauptsächlich wegen der Schwerkraft), den zwei festen Haltepunkten (die das Verrutschen der Füsse verhindern) und dem Druck, der durch diese zwei Blöcke entsteht (kein Gleiten). Der Bogen ist bewegungslos, also in einem stabilen Gleichgewicht. Wenn eine dieser Eigenschaften nicht mehr da ist, z.B. die Symmetrie der Hauptlast, fängt der Bogen an sich zu bewegen, wird stark verschoben und instabil und fällt zusammen (Ruine).

#### SCHLUSSFOLGERUNG

Der Bogen ist ein gutes Beispiel, wie mit den eingesetzten Mitteln das Gleichgewicht eines Baus gewährleistet wird.

## NACH DEM BESUCH

Die im Vorfeld geleistete Arbeit der BauingenieurInnen ist sehr wichtig. Vor dem Bau analysieren sie die Interaktionen mit der Umwelt: Wohnraum, natürliche Einschränkungen, andere Bauwerke, ...

Wie es das Bild, das im Bus präsentiert wird, zeigt, fügt sich ein Bau in ein vielfältiges Umfeld ein (siehe Abbildung 3-2 am Ende des Kapitels).

Mit den Schülern können Sie alle Faktoren suchen, die in Betracht gezogen werden müssen, bevor ein Brückenbau beginnen kann: Häuser, Strasse, Flüsse, Ufer, Wasserkraftwerke, ...

#### ÜBUNGEN

Es können mehrere Begriffe erläutert werden wie Kräfte, Belastung, Lasten, Gewicht, Überlast, ... Die Belastung kann als Verteilung der Kräfte im Inneren eines Objekts, das einer Last ausgesetzt ist (sein eigenes Gewicht) beschrieben werden. Das Gewicht ist eine Kraft, die auf der Masse beruht. Die Überlast ist die Last, die man auf die Fahrbahnplatte hinzugeben wird.

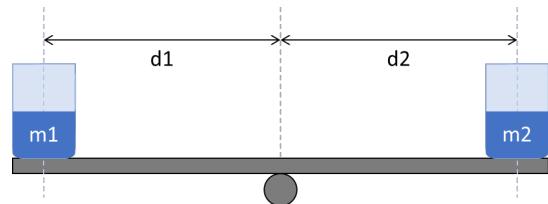
#### DAS GLEICHGEWICHT DER WAAGE FINDEN

Das Gleichgewicht: Das Gleichgewicht auf einer Waage wird erreicht, wenn die Kraftausübung der zwei Gewichte  $P_1$  und  $P_2$  gleich ist. Das heisst, dass  $P_1 \times d_1 = P_2 \times d_2$ .  $d_1$  und  $d_2$  sind die Abstände zur Achse.

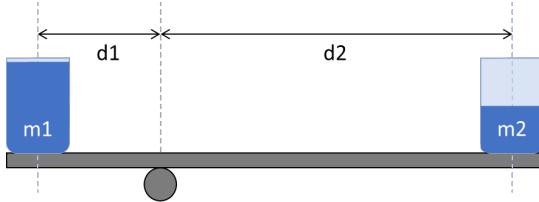
#### EXPERIMENT

Die Schülerinnen und Schüler können die Distanz  $d_1$ ,  $d_2$  und die Masse  $m_1$ ,  $m_2$  selbst bestimmen:

Es hat gleich viel Wasser in den zwei Gläsern,  $m_1 = m_2$  und, deshalb,  $d_1 = d_2$



Es hat doppelt so viel Wasser im Glas 1 als im Glas 2,  $m_1 = 2 \times m_2$ , also  $2 \times d_1 = d_2$



### DEN KRAGTRÄGER TESTEN

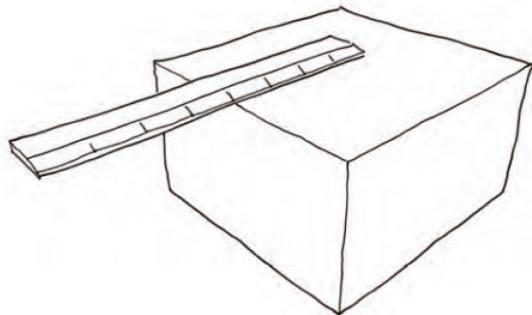
Eine Installation wird als Kragträger bezeichnet, wenn ein Element einseitig gelagert wird. Er hat ein freihängendes Ende.

Bei einer Kragträgerinstallation besteht das Risiko des Ungleichgewichts oder des Bruchs im Falle einer Überbelastung, weil sie auf der Stabilität der Träger beruht.

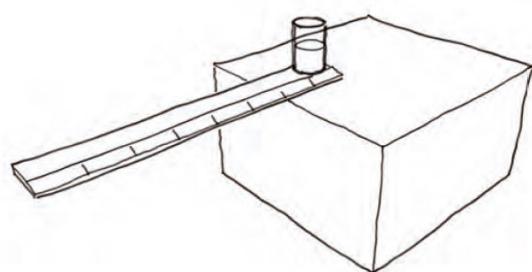
### EXPERIMENT

Die SchülerInnen können einen Kragträger zum Beispiel mit einem Lineal auf der Tischkante testen:

Der Teil auf dem Tisch und der über dem Leerraum sind gleichlang: das Lineal ist also im Gleichgewicht.



Ist der Teil über dem Leerraum länger, muss man ein Gewicht auf das Ende auf dem Tisch stellen, um das Gleichgewicht wieder zu erreichen.



### QUELLEN

- Video über Brückenlager, Die Sendung mit der Maus (WDR)  
<https://www.wdrmaus.de/filme/sachgeschichten/brueckenrollen.php5>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Brücke>

Abbildung 3-2



# Materialwissenschaften

## EINLEITUNG

Materialien sind feste Bestandteile unseres Umfelds: Autos, Flugzeuge, Satelliten, Computer, sportliche und medizinische Geräte, um nur einige Beispiele zu nennen. Materialwissenschaften haben zum Ziel, die Struktur der Materie bis auf die Atomebene zu kontrollieren und die Herstellungsverfahren zu optimieren, um leistungsstarke und innovative Materialien zu erhalten, die den Anforderungen und Bedürfnissen der Gesellschaft von heute und morgen entsprechen.

Das Departement für Materialwissenschaften der EPFL ist stark fachübergreifend; sie besitzt ihre eigenen Wissensbereiche, stützt sich aber auch auf Naturwissenschaften wie Physik und Chemie sowie auf Bereiche des Ingenieurwesens wie die Mechanik und chemische Verfahrenstechnik. Auch wenn die Materialwissenschaft hauptsächlich wissenschaftliche Forschung betreibt, hat sie auch die praktische Anwendung im Auge und pflegt enge Beziehungen zur Industrie. Sie ist die Schnittstelle der Technologien, ist umweltbewusst und strebt die optimale und sparsame Nutzung der natürlichen Rohstoffe an.

Das Studium in diesem Fachbereich ist dynamisch und bietet zahlreiche Möglichkeiten und vielversprechende Karrieren. Es berücksichtigt die technologischen, wissenschaftlichen, menschlichen, ökologischen und ökonomischen Aspekte in vielfältigen Anwendungen wie Mikrotechnik, Kommunikation, Biomedizin, Luftfahrt, Sport und Energie.

## VOR DEM BESUCH

Während Jahrtausenden waren Steine, Holz und andere natürliche Elemente die einzigen Materialien, die vom Menschen benutzt und verarbeitet wurden. Heutzutage beschränkt sich unsere Zivilisation noch auf Eisen (Stahl) als Konstruktionsmaterialien und Silizium für die Informationstechnologie. In den letzten Jahren jedoch wurde eine wahre Explosion in der Vielfalt der Materialien festgestellt, die vermehrt für spezialisierte Anwendungen genutzt werden: Verbundwerkstoffe mit Kohlenstofffasern oder Kevlar® für Sport, Legierungen mit Titan, Aluminium oder Magnesium für die Automobil- oder Luftfahrtindustrie, Biomaterialien um verschiedene

defekte oder verletzte Organe des menschlichen Körpers zu erneuern oder zu ersetzen, Nanomaterialien aus Keramik für die Miniaturisierung der elektronischen oder mikrotechnischen Bauteile, Keramikgläser für thermische Anwendungen, usw.

## WAS SIND DIE HAUPTGRUPPEN DER MATERIALIEN?

Generell geht man bei den Materialien von vier Hauptgruppen aus. Diese sind Kunststoff (oder Polymere), Metalle (und Legierungen), Keramik und Verbundwerkstoffe (Abbildung 4-1). Jede Familie besitzt spezifische Eigenschaften je nach ihrer Zusammensetzung, Herkunft und Materialstruktur.

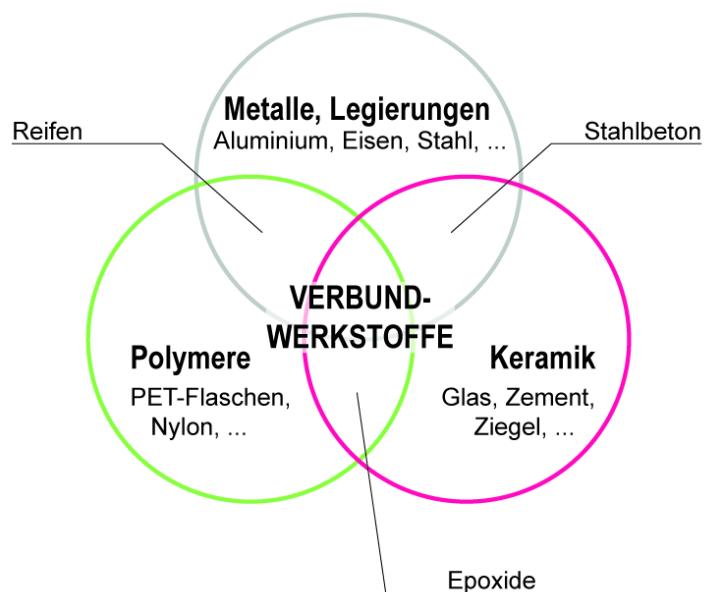


Abbildung 4-1 Venn-Diagramm der verschiedenen Materialgruppen

WAS SIND IHRE EIGENSCHAFTEN UND AUS WELCHEN MATERIALIEN BESTEHEN SIE?

DIE MEISTEN POLYMERE WERDEN AUS ERDÖL HERGESTELLT

Es gibt jedoch viele natürliche Polymere, wie Naturkautschuk. Viele Gegenstände unseres Alltags bestehen aus verschiedenen Kunststoffen. Das ist zum Beispiel der Fall bei Wasserflaschen (PET: Polyethylenterephthalat), Nylonstrumpfhosen (PA: Polyamide), Lego®-Steine (ABS: Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer) oder Skibindungen (POM: Polyoxymethylen).

METALLE SIND AUCH WOHLBEKANNT

Sie sind meistens gute elektrische oder Wärmeleiter. Man kennt zum Beispiel Blei (beim Druck oder Angeln), Zinn (Lötungen, Ziergeschirr, Kannen) oder Aluminium (Aluminiumfolie, Dosen, Fenster, Rollläden) oder Metalllegierungen (Mischung aus mehreren Metallsorten) wie Stahl (Eisen und Kohlenstoff), Messing (Kupfer und Zink) oder Bronze (Kupfer und Zinn).

KERAMIK IST EIN GROSSER BESTANDTEIL UNSERES ALLTAGS

Keramik ist hochtemperaturbeständig aber sehr zerbrechlich. Glas, Zement oder Lehm sind Teile dieser Gruppe. Zurzeit redet man von „Keramik der neuen Generation“ oder von Funktionskeramiken. Diese haben optische, magnetische und elektrische Eigenschaften, die immer häufiger eingesetzt werden.

Wenn ein Stück Keramik stimuliert wird, reagiert es mit einer elektrischen Reaktion. Zum Beispiel sind die thermischen Sensoren von Infrarotkameras aus Keramik: die erfasste Wärme wird in elektrische Signale umgewandelt. Diese werden dann in Bilder konvertiert.

DIE VIERTE GRUPPE IST EINE MISCHUNG ALLER ANDEREN

Es handelt sich um Verbundwerkstoffe, die, wie der Name es bereits sagt, aus mehreren Materialien bestehen. Ein Beispiel ist der Stahlbeton, der aus Zuschlägen (Sand und Kies), Zement und dem Metallgerüst besteht und der zum Bau von Gebäuden, Brücken oder Tunnels dient. Kohlenstofffasern, die mit Polymeren vermischt sind, werden zum Beispiel in den Spoilern von Autos benutzt. Diese bestehen aus Kohlenstofffasern, die in Epoxidharzen eingegossen werden.

Verbundwerkstoffe werden immer häufiger eingesetzt, da ihre Vielfalt an Eigenschaften technologische Erfindungen ermöglichen. Sie können gleichzeitig sehr leicht und widerstandsfähig sein, wie es bei Kohlenstofffasern der Fall ist. Ein unbestreitbarer Vorteil in manchen Bereichen wie im Sport oder der Luftfahrtindustrie.

## ÜBUNGEN

BITTEN SIE DIE SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER, EIN OBJEKT MITZUBRINGEN

Die Schülerinnen und Schüler sortieren die verschiedenen Gegenstände je nach Material und ordnen sie in die Gruppen ein (Polymere, Metall, Keramik, Verbundwerkstoffe).

## OBJEKTE NEU EINTEILEN

Die Schüler stellen die Unterschiede der Materialien fest (Härte, elektrische Leitfähigkeit, Masse/Dichte, Farbe, Griff, usw.) und teilen sie dann gemäss ihren physikalischen, chemischen und mechanischen Eigenschaften ein.

## PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN

Sie beziehen sich auf das Verhalten des Materials, wenn es erwärmt oder gekühlt wird, verschiedenen Wellenlängen, einem elektrischen oder magnetischen Feld ausgesetzt wird.

- Ist das Material stromleitend oder isolierend? → elektrische Leitfähigkeit
- Wird das Material von einem Magneten angezogen oder nicht? → magnetische Eigenschaften
- Lässt das Material die Wärme durch? → thermische Leitfähigkeit
- Verschlechtert sich das Material, wenn man es lange in der Sonne lässt? → UV-Beständigkeit

## CHEMISCHE EIGENSCHAFTEN

Sie bestimmen die Korrosionsbeständigkeit.

- Wird das Material beschädigt, wenn es Säure ausgesetzt ist?
- Rostet das Material?

## MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN

Sie bezeichnen das Verhalten eines Materials, wenn es mehreren Kräften ausgesetzt ist.

- Ist es kratzfest? → Härte
- Rutscht das Material einfach auf einer anderen Oberfläche oder bleibt es stehen? → Reibungskraft mit einer anderen Oberfläche
- Kann man das Material biegen? → Steifigkeit
- Der Widerstand gegen Materialermüdung kann getestet werden indem man das Material einer Kraft aussetzt, die dreimal kleiner ist als sein Bruchpunkt. In Ikea-Läden werden diese Tests gezeigt (Widerstand eines Sessels). Viele Materialien unterliegen diesen wichtigen Tests: Seilbahnkabel, Kletterseile, Autostossdämpfer, usw.
- Absorbiert das Material einen Aufprall? → Stossdämpfung

## WÄHREND DES BESUCHS

Manche Materialien sind unter einer mechanischen Belastung leichter verformbar (Büroklammern zum Beispiel). Aber wenn sie in ihre Ausgangsposition zurückkommen sollen, wird es schwieriger. Die Formgedächtnislegierungen (FGL) haben die Eigenschaft mittels Wärme wieder in ihre Ursprungsform zurückzukehren! Das während des Besuchs vorgestellte Experiment erlaubt diese Verbundwerkstoffe zu testen. Ihr werdet den NiTi-Draht (Nickel-Titan-Legierung) biegen und ihn in ein Wasserbad eintauchen. Wenn er aus dem warmen Wasser kommt, wird er wieder die Form annehmen, die er „im Gedächtnis“ hatte...

## MECHANISMUS

Das Material besteht aus Atomen, die als Kugeln dargestellt werden können. Um ein Molekül zu formen, setzen sich die Atome auf eine bestimmte Weise zusammen. Diese Ordnung folgt geometrischen Regeln und bildet eine Kristallstruktur. Formgedächtnismetalle besitzen zwei Kristallphasen: die Austenitphase und die Martensitphase.

Während übliche Materialien ein elastisches, sprödes, brüchiges, usw. Verhalten haben, nehmen die Materialien mit einer martensitischen Phase wieder ihre ursprüngliche Form an, wenn man sie erhitzt. Diese Eigenschaft nennt man das Formgedächtnis.

Generell, wenn eine starke mechanische Belastung auf ein Metall ausgeübt wird, werden die Atome irreversibel verschoben. Im Fall der Formgedächtnislegierungen (FGL) jedoch erlaubt die martensitische Phase die Atome wieder umzuordnen, ohne sie zu verschieben: ganze Atomgruppen werden sich durch Scherung auf einer kurzen Distanz neu organisieren, ohne dabei die Nachbarn zu wechseln. Das nennt man eine „homogene Verformung des Kristallgitters“.

Im allgemeinen Sprachgebrauch, wenn man von Phasenübergang redet, denkt man an Wasser, das zu Eis oder Dampf wird (Flüssigkeit > Feststoff oder Flüssigkeit > Gas).

Im Fall eines martensitischen Phasenübergangs geht man von Festphase zu Festphase, aber mit einer anderen Anordnung der Atome. Dieser Phasenübergang von manchen Metalllegierungen kann in folgenden Eigenschaften resultieren:

- Das Formgedächtnis
- Die Superelastizität
- Die starke Dämpfung

Wir werden hier nur vom Formgedächtnis-Effekt reden (Abbildung 4-2).

Damit eine Legierung wieder in die gewünschte Form zurückkommt, muss man ihr diese Form „beibringen“. Das passiert bei einer hohen Temperatur, in der austenitischen Phase. Wenn daraufhin, bei Raumtemperatur, die Legierung kälter wird, gibt es einen Übergang in die martensitische Phase, das heisst, dass die Atome sich wieder anordnen und das Metall eine andere Form annimmt. Man kann dann die Legierung durch mechanische Belastungen verformen. Wenn man nun das Metallstück erneut erwärmt, wird es wieder zu seiner ursprünglichen Form zurückkehren, das heisst in diejenige, die es in der austenitischen Phase „gelernt“ hatte.

Austenitische Phase = Phase bei hoher Temperatur, Speichern einer bestimmten Form im Gedächtnis der Legierung

Martensitische Phase = Phase bei niedriger Temperatur, Verformung des Objekts

Die Transformations- und „Erinnerungs“-temperaturen unterscheiden sich je nach Legierung: chemische Zusammensetzung und thermomechanische Behandlungen.

Eine der ersten Anwendungen war eine Kupplungsmuffe für Flugzeuge. Das Teil verbindet zwei Rohre und ist in der martensitischen Phase gedehnt. Wenn es erwärmt wird, zieht sich die Verbindung zusammen, wodurch die zwei Röhren wasserdicht und stabil zusammenzuhalten.

Andere Anwendungen gibt es im biomedizinischen Bereich: Eine Klammer erlernt eine geschlossene Form in der austenitischen Phase, die sich in der martensitischen Phase öffnet. Bei Körpertemperatur schliessen sie sich von alleine wieder. Das ermöglicht das Anbringen von Klammern im Körper.

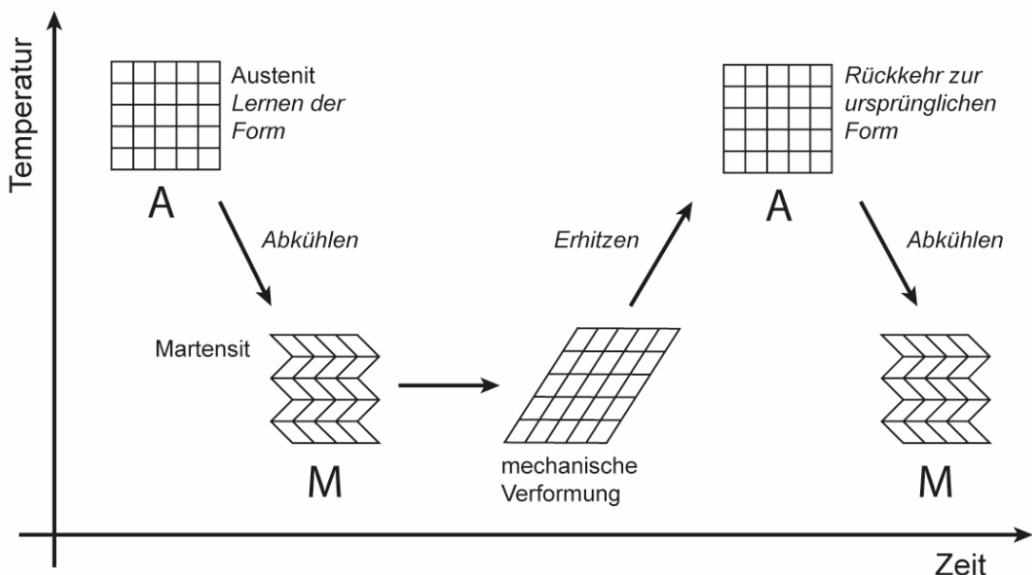


Abbildung 4-2 Schema zur Visualisierung der Transformation einer Formgedächtnislegierung

## NACH DEM BESUCH

Materialwissenschaften sind sehr umfangreich und man sollte sich auf eine oder wenige Eigenschaften beschränken. Manche sind intuitiv und sie fallen einem sofort ein, andere sind weniger offensichtlich. Wir schlagen Ihnen hier andere Aspekte von Materialien vor sowie Beispiele für deren Einsatzgebiete.

### PLASTISCHE ODER ELASTISCHE VERFORMUNG?

Wenn man ein Material einer plastischen Verformung unterzieht, ist diese per Definition unwiderruflich. Eine elastische Verformung hingegen ist umkehrbar, wie wir es bei Gummi kennen.

### POLYMERE

Polymere bestehen aus langen Ketten, die Makromoleküle heißen und stark ineinander verschlungen sind. Man kann sie mit einem Spaghetti-Teller vergleichen.

Wenn man sie einer Zugkraft oder Dehnung aussetzt (wenn man auf einer Seite zieht) werden sich diese Ketten tendenziell in die Richtung der Dehnung orientieren. Wie leicht ein Polymer sich verformen lässt, hängt von der Natur und der Zahl der Bindungen zwischen den Ketten ab. Wenn es nur chemische Bindungen gibt (Vernetzungspunkt) und davon nur wenige, kann das Polymer grosse Verformungen eingehen (elastisches Verhalten). Bei einer grösseren Anzahl an chemischen oder physikalischen Bindungen (zum Beispiel in kristallinen Regionen) wird das Polymer schwer verformbar. Manche Polymere wie das Polyethylen (das kristalline Regionen besitzt), können jedoch grosse Verformungen eingehen, wenn man ausreichend Kraft ausübt. Allerdings sind diese Verformungen unwiderruflich und diese Materialien werden als „plastisch“ bezeichnet.

## EINFLUSS DER TEMPERATUR

Die Reaktion auf Temperatur ist eine Eigenschaft von Materialien (siehe „Vor dem Besuch“). Eine der ältesten Materialien, die vom Menschen benutzt wird, ist Terrakotta oder Lehm. Lehm kann sich sehr unterschiedlich verhalten, je nach Zusammensetzung der Mineralien (wie z.B. Feldspat oder Glimmer), aber hauptsächlich durch den Anteil an Tonmineralen (bestehend aus gestapelten Schichten oder Blättchen, die leicht Wasser auf- oder abgeben können und durch diese Eigenschaft den Lehm entscheidend beeinflussen). Tonminerale sind sehr fein erodierte Gesteine, die kleiner als 0,002 mm sind. Mit Wasser vermischt bilden die Lehmarten eine Art formbaren Schlamm und werden hart, wenn sie Luft ausgesetzt sind und trocknen. Jedoch bleiben die so erhaltenen Objekte sehr zerbrechlich und sind nicht wasserbeständig. Brennt man hingegen Lehmobjekte, werden sie wasserbeständig. Brennen (bei 1000 bis 2000°C) ermöglicht es tatsächlich das Material umzuwandeln und ihm so andere Eigenschaften zu geben, wie Wasserundurchlässigkeit. Daher der Name Terrakotta (italienisch für „gebrannte Erde“) ...

## ANWENDUNGEN DER MATERIALWISSENSCHAFT

### KREATIVITÄT

Natur ist oft eine Inspirationsquelle für die IngenieurInnen, insbesondere bei Materialien. Ein Beispiel dafür sind die Lotusblätter, die, dank ihrer rauen Oberflächenstruktur (Nanostruktur), auch in oft schlammigen Teichen immer sauber bleiben.

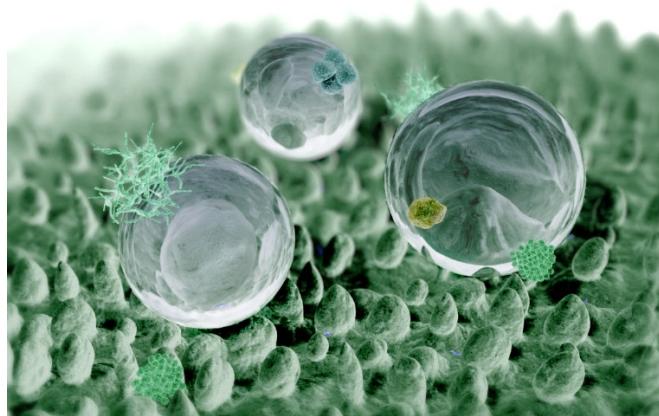


Abbildung 4-3 Simulation eines mikroskopischen Bildes von Wassertropfen und Schmutz auf einem Lotusblatt. (William Thicke, Wikimedia Commons)

Dieser Effekt, Lotuseffekt genannt, erleichtert es dem Regen, der über die Blätter fliesst, die

Unreinheiten abzuwaschen (Abbildung 4-4). Die Entdeckung dieses Effekts hat es ermöglicht, neue Materialien für selbstreinigende und hydrophobe Oberflächen zu entwickeln.



Abbildung 4-4 Wasser auf einem Lotusblatt. (Wikipedia)

### UMWELT

Die Entwicklung eines Plastikstoffes wie Polyethylenterephthalat (PET) ermöglicht es nicht nur Getränkeverpackungen zu erstellen, die extrem leicht und hygienisch sind, sondern auch recycelbar. Nach Gebrauch, z.B. als Flasche, kann PET in Fasern umgewandelt werden, die in Fleecejacken und Teppichböden verarbeitet werden.

Eine andere mögliche Anwendung von recyceltem PET ist die Herstellung von Wandisolierungen. Ein schaumbildendes Verfahren erlaubt es so ein leichtes und solides Material mit guten thermischen und akustischen Isolationseigenschaften zu erhalten.

### NEUE TECHNOLOGIEN

Fortschrittliche Materialien nehmen einen wesentlichen Platz in allen Anwendungen der Spitzentechnologie ein: Infrarot-Sensoren, CCD-Kameras, Festspeicher von Computern, Beschichtungen von DVDs, Hochtemperatursupraleiter für Magnete, Superlegierungen für Flugzeugmotoren, Keramikziegel für Raumschiffe, usw.

Die Festspeicher, die für die neuen Generationen von Computern und Chipkarten entwickelt wurden, sind ein interessantes Beispiel. Die zukünftige Herausforderung besteht darin die Grösse dieser Speicher bis auf 50 Nanometer (0,00005 mm) zu miniaturisieren, um noch leistungsstärkere Maschinen zu entwickeln.

## SICHERHEIT

Ärzte retten Leben... nach dem Unfall! MaterialwissenschaftlerInnen versuchen hingegen die Schäden im Vorfeld zu vermeiden, zum Beispiel indem sie die Verformungsbereiche eines Fahrzeugs entwickeln und optimieren, um ein Maximum der Aufprallenergie zu absorbieren oder indem sie Airbags entwickeln, die immer leistungsfähiger sind.

Die Verformung einer Motorhaube aus Aluminium hängt stark von der Natur und Struktur der Mikrostruktur ab.

## GESUNDHEIT

Biomaterialien werden benutzt, um ein Organ oder ein verletztes Körperteil zu ersetzen oder zu reparieren. Die Transplantation von synthetischen Knochen durch Injektion macht es möglich, verletzte Wirbel zu verstärken und so eine grosse Operation zu vermeiden. Der Knochen erholt sich nach Aufnahme (Resorption) des Stoffes.

Im orthopädischen Bereich versuchen die MaterialwissenschaftlerInnen zum Beispiel, die Haftung der Prothese an den anliegenden Knochen zu verbessern, indem sie die Oberflächentextur auf mikroskopischer Ebene verändern (Schaffung von Verankerungsorten für Knochenzellen).

## QUELLEN

- Videos über „smart materials“ von smart<sup>3</sup>  
„FGL, DEA und Piezo - was ist das eigentlich?“  
<https://www.youtube.com/watch?v=q5riBQNxuCl>  
  
„Was sind eigentlich Formgedächtnislegierungen?“  
<https://www.youtube.com/watch?v=JxvymojKaRU>  
  
„Was sind eigentlich Piezokeramiken?“  
[https://www.youtube.com/watch?v=P-3w\\_tpzPag](https://www.youtube.com/watch?v=P-3w_tpzPag)  
  
Was sind eigentlich Dielektrische Elastomere?  
<https://www.youtube.com/watch?v=rA27NYUzbw>

## ÜBUNGEN

DAS SPIEL „WAS IST DAS?“ (EINE ABWANDLUNG VON TABU)

Die SchülerInnen bilden zwei Gruppen und die Lehrkraft ist Referee, behält die Karten und bittet ein Kind, eine zu ziehen. Das Kind muss dann den oben auf der Karte geschriebenen Begriff von seinem Team erraten lassen, ohne die darunter stehenden, verbotenen Wörter zu verwenden. Der Referee überprüft, dass die Wörter nicht benutzt werden. In einer vorgegebenen Zeit (z.B. 30 s oder 1 min) müssen die SchülerInnen so viele Karten wie möglich von ihrem Team erraten lassen. Am Ende dieser Zeit ist die andere Gruppe dran. Die Person, die die Begriffe beschreibt, muss nach jeder Runde wechseln. Das Team, das die meisten Begriffe erraten hat, gewinnt die Partie. (Siehe Ende des Kapitels).

## EIN PROJEKT IN GRUPPENARBEIT

Jede Gruppe muss ein Material wählen, das sie brauchen würde, um ein vorab definiertes Objekt zu bauen (Telefon, Schiff, Rucksack, Zug, Zelt, Schlafsack, Alltagsgegenstände, usw.).

Indem sie die Anforderungen des Objektes betrachten (es muss leicht sein, schockbeständig, wasserfest, usw.), bestimmen die Schüler, welche Materialien sie brauchen. Sie können sogar neue Materialien erfinden, die perfekt wären und allen Anforderungen entsprächen.

## SPIEL «Was ist das?»

PLEXIGLAS ®	TEFLON ®
Scheibe bruchfest Plastik	Pfanne Küche Fett
LEHM	STYROPOR ®
weich Töpferei Erde	weiss leicht Kügelchen
Kautschuk	GORE-TEX®
Baum elastisch Latex	Jacke Schuhe Wasser
PET	KEVLAR®
Flasche Recyceln Plastik	Weste Handschuhe Polizei
KRISTALL	ALUMINIUM
Glas teuer zerbrechlich	grau Metall Papier
DIAMANT	ZINN
hart unvergänglich Schmuck	Löten Draht Metall
ZEMENT	PORZELLAN
Mauer grau Ziegel	Teller zerbrechlich Weiss
BETON	GLAS
Zement Mauer Lastwagen	trinken Fenster scharfkantig
NICKEL	EISEN
leitend Metall Allergie	Metall Pferd Rost
STAHL	KUPFER
fest Metall Fett	Kochtopf gelb leitend
BRONZE	TITAN
braun-grün Medaille Alter	Technologie Flugzeug hart
BLEI	KOHLENSTOFFFASERN
schwer Fischen Gewehr	Flugzeug Tennisschläger Fahrrad

# Mikrotechnik

## EINLEITUNG

Die heutige Industrie entwickelt Geräte, die immer kleiner und kleiner sind. Und die Mikrotechnik macht das möglich. Mikrotechnik erlaubt es, Geräte, Systeme und Komponenten zu entwickeln, herzustellen und zu benutzen, die nur wenige Mikrometer oder sogar Nanometer gross sind! „Immer kleiner“ ist das Motto der Hersteller spezialisierter Geräte, aber auch der breiten Öffentlichkeit... Man muss nur an die Evolution der Mobiltelefone denken, die mitten in den 80er Jahren noch gross und sperrig waren! Mikrotechnik begrenzt sich nicht nur auf Miniaturenobjekte. Man findet sie schon im Vorfeld, in der Entwicklung von Maschinen, die diese Objekte herstellen. Diese Produktionsmaschinen enthalten selbst Mikrokomponenten und Apparate, die dank Mikrotechnik produziert werden!

Die herausragende Eigenschaft von diesem Bereich ist die Interdisziplinarität, weil diese mikrotechnischen Systeme elektronische, informative, chemische, mechanische oder optische Komponenten sowie verschiedene Materialien brauchen.

Die Industrie wendet sich in vielen Bereichen der Produktion an die IngenieurInnen der Mikrotechnik: Messgeräte, biomedizinische Anwendungen, Mikro- und Nano-Roboter, Uhrwerke, usw.

## VOR DEM BESUCH

Viele Objekte um uns herum enthalten mikrotechnische Bestandteile. Wenn man ein mobiles Telefon, einen Fernsehbildschirm oder eine Uhr demontiert, findet man viele Bestandteile aus der Mikrotechnik.

Wie der Name es bereits andeutet, betrifft Mikrotechnik, unter anderem all das, was sehr klein in der Technik ist. Sie beruht auf der Miniaturisierung von Komponenten und diese in einem kleinen Objekt zusammenzuhalten. Als ob man ein ganzes Lexikon in ein kleines Viereck packen wollte, das die Grösse einer Ameise hat.

## WOZU IST DAS GUT?

Um tauben Kindern es zu ermöglichen, zu kommunizieren. Um Mobiltelefone zu entwickeln, die immer intelligenter und leistungsfähiger werden mit immer kleineren Komponenten. Einen

Rettungsroboter entwickeln, der Opfer bei Naturkatastrophen wiederfindet. Neue Systeme zu erfinden, um Behinderten wieder eine Form von Mobilität zu schenken. Leistungsfähigere Mikroskope herzustellen, um noch kleinere Dinge zu beobachten.

## ÜBUNGEN

### WAS IST DAS GANZ KLEINE?

In der folgenden Liste, ordne die Elemente von gross nach klein:

- Die Erde
- Ein Wolkenkratzer
- Der Durchmesser eines Haares
- Ein rotes Blutkörperchen
- Die Entfernung zwischen der Erde und der Sonne
- Ein Elektron
- Ein Mensch
- Der Radius eines Atoms
- Das Matterhorn
- Eine Ameise
- Die Dicke einer Spinnwebe
- Ein elektronisches Bauteil (Chip)
- Ein Virus

## LÖSUNG

- Die Entfernung zwischen der Erde und der Sonne (150 Millionen km)
- Die Erde (Äquator: 40 000 km)
- Das Matterhorn (4478 m)
- Ein Wolkenkratzer (400 m)
- Ein Mensch (1,7 m)
- Ein elektronisches Bauteil (Chip) (1 cm)
- Eine Ameise (1 cm)
- Der Durchmesser eines Haares (80 µm)
- Ein rotes Blutkörperchen (7 µm)
- Die Dicke einer Spinnwebe (7 µm)
- Ein Virus (100nm)
- Der Radius eines Atoms (Hydrogen: 25 pm)
- Ein Elektron (1 fm)

Die meistbenutzten Präfixe sind Milli- (Tausendstel), Zenti- (Hundertstel), Dezi- (Zehntel) und Kilo- (Tausend). Wenn man zum Beispiel von Metern redet, ist Millimeter  $10^{-3}$  m, der Zentimeter ist  $10^{-2}$  m, der Dezimeter  $10^{-1}$  m und der Kilometer  $10^3$  m (1000 m).

Um immer kleinere Objekte zu messen, kann man den Mikrometer ( $10^{-6}$  m, ein millionstel Meter oder ein tausendstel Millimeter), den Nanometer ( $10^{-9}$  m, ein milliardstel Meter) und den Pikometer ( $10^{-12}$  m)

WELCHE ARTEN VON ROBOTERN GIBT ES UND

WOFÜR KANN MAN SIE EINSETZEN?

EXPLORATIONSROBOTER

Präfix	Symbol	Multiplikator der Einheit
Tera	T	$10^{12}$ 1000 Milliarden Mal die Einheit
Giga	G	$10^9$ eine Milliarden Mal die Einheit
Mega	M	$10^6$ eine Millionen Mal die Einheit
Kilo	k	$10^3$ tausendmal die Einheit
Hekto	h	$10^2$ hundertmal die Einheit
Deka	da	$10^1$ zehnmal die Einheit
Dezi	d	$10^{-1}$ ein Zehntel der Einheit
Zenti	c	$10^{-2}$ ein Hundertstel der Einheit
Milli	m	$10^{-3}$ ein Tausendstel der Einheit
Mikro	$\mu$	$10^{-6}$ ein Millionstel der Einheit
Nano	n	$10^{-9}$ ein Milliardstel der Einheit
Piko	p	$10^{-12}$ ein Billionstel der Einheit
Femto	f	$10^{-15}$ ein Billiardstel der Einheit

benutzen. Es werden noch andere Präfixe verwendet, um eine grössere Zahl zu bezeichnen. So werden Hertz (Frequenz-Einheit) oft in Megahertz ( $10^6$  Hz, eine Million Hertz), Gigahertz ( $10^9$  Hz, eine Milliarde Hertz) oder Terahertz ( $10^{12}$  Hz, 1000 Milliarden Hertz) ausgedrückt.

Mikrotechnik ist die Technik des Kleinen, die Technik angewandt auf das Kleine. Sie hat Anwendungen in vielen Bereichen wie das Uhrwerk, wo alles angefangen hat, bis zu Messgeräten wie biomedizinischen Sensoren (Schrittmacher, Endoskop, Katheter, alle Arten von Sensoren). Der Leitgedanke ist dabei immer die Miniaturisierung des Bauteils.

Im Bus wird Mikrotechnik durch einen Roboter dargestellt. Es gibt viele Sorten von Robotern in verschiedenen Grössen. Sie enthalten mikrotechnische Bestandteile, die man überall findet: in Autos, Flugzeugen, Haushaltsgeräten, usw.

Roboter können, dank ihrer Wendigkeit, Präzision und Schnelligkeit, ebenfalls dazu dienen, mikrotechnische Komponenten zu bauen. Sie können ausserdem die gleiche Bewegung immer wieder wiederholen, ohne zu ermüden.

Sie sind dafür bekannt, auf allen Oberflächen, auch auf dem steilsten und felsigsten Untergrund, zurechtzukommen und autonom auf verschiedene Situationen reagieren können, das heisst ohne externe Steuerung. Es handelt sich zum Beispiel um Roboter wie Rover, der entwickelt wurde, um die Oberfläche von Mars zu erkunden. Es kann sich auch um Roboter handeln, die, anstatt menschlichen Rettern, nach Opfern von Katastrophen wie Erdbeben oder einem nuklearen Zwischenfall suchen.



Abbildung 5-1 Mars Exploration Rover (Wikipedia)

## MONTAGEBANDROBOTER

Diese Roboter können automatisierte Aufgaben durchführen. Zum Beispiel kann ein Roboter am Fliessband Schokoladenstücke in ihre Verpackung platzieren oder Objekte bewegen.



Abbildung 5-2 Delta Roboter (Alain Herzog, EPFL)

## HUMANOIDE ROBOTER UND ROBOTER FÜR ZUHAUSE

Diese Roboter sind gebaut, um die Bewegungen von Lebewesen (Menschen und anderen) zu imitieren. Sie können ein spielerisches oder auch erzieherisches Ziel haben. Zum Beispiel ermöglicht Robota es autistischen Kindern, ihre Fähigkeit, Bewegungen nachzumachen, zu verbessern.



Abbildung 5-3 Robota Imitationsroboter (Alain Herzog, EPFL)

## ZAHLREICHE ANDERE ROBOTER

Heimroboter haben als Ziel, den Menschen im Alltag zu helfen; Orchesterdirigent-Roboter können einen Dirigentenstab bewegen, um ein Orchester zu leiten, usw.

## WÄHREND DES BESUCHS

Das im Bus vorgestellte Experiment behandelt die Robotik, ein wichtiges Feld der Mikrotechnik. Man

kann den Roboter eine vom Besucher ausgewählte Form auf ein Blatt malen lassen.

Der vorgestellte Roboter ist ein *Delta Roboter*, der 1985 an der EPFL entwickelt wurde. Er besteht aus drei Armen, die eine umgedrehte Pyramide bilden. Die Spitze der Pyramide, wo die Arme zusammenkommen, wird, durch den Antrieb der Arme, dreidimensional im Raum bewegt. Dieser Roboter wird auf dem Montageband benutzt, um Objekte zu greifen. Seine Haupteigenschaften sind seine Geschicklichkeit und seine Geschwindigkeit, denn er kann tatsächlich Objekte sehr schnell bewegen. Er wird zum Beispiel benutzt, um Schokolade oder Kekse in Schachteln zu platzieren. Gekoppelt mit einem Kamerasytem, kann er sogar Objekte auf einem Laufband greifen, die bewegt wurden oder nicht gut ausgerichtet sind.



Abbildung 5-4 Delta Roboter am Fliessband (Reymond Clavel, EPFL)

Die Arme dieses Roboters sind sehr leicht und die Motoren, die diese Arme antreiben, sind fixiert. Dadurch ist diese Art Roboter besonders geschickt und schnell. Der Roboter, der im Bus vorgestellt wird, ist sehr klein und er wird *Delta Ibis* genannt.

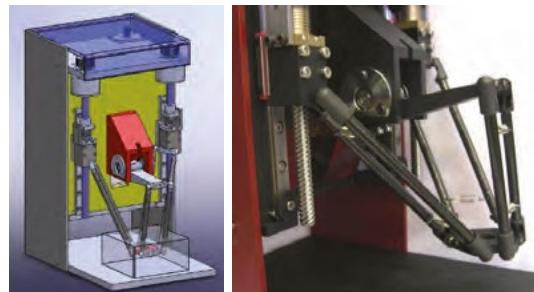


Abbildung 5-5 Delta Ibis (Reymond Clavel, EPFL)

Der Delta Roboter kann auf Montagebändern oder für Automatisierung benutzt werden, aber auch im medizinischen Bereich, um chirurgische Werkzeuge

zu halten oder auch als Werkzeugmaschine, zum Beispiel als Bohrer oder Fräsmaschine.

## SCHWERER UND LANGSAMER ALS DIE DELTA ROBOTER

Auf den Montagebändern der Autoindustrie arbeiten Roboter mit Gelenkarmen. In diesem Fall sind die Motoren in jedem Gelenk montiert. Diese Roboter sind beeindruckend und sehr träge. Daher ist ihre Bewegungsgeschwindigkeit verlangsamt.

Es ist tatsächlich einfacher ein leichtes Objekt schnell zu bewegen als ein schweres. Um sich davon zu überzeugen, kann man das folgende Experiment in der Klasse durchführen: Versucht erst eine Nadel und dann einen Hammer ganz schnell von Punkt A zu Punkt B zu bewegen! Was ist einfacher?

## NACH DEM BESUCH

### ÜBUNGEN

Wir bieten Ihnen mehrere Rollenspiele an, die es möglich machen, verschiedene Parameter der Robotik zu verstehen.

### DIE BESTANDTEILE EINES ROBOTERS

Ein Roboter besteht aus verschiedenen Elementen: Motoren, die ihn zum Bewegen bringen, Sensoren, die Information von der Außenwelt erhalten und der Computer, der das Programm, je nach Information der Sensoren, ausführt, um den Motoren Befehle zu schicken.

### MATERIAL:

- Ein Metermass

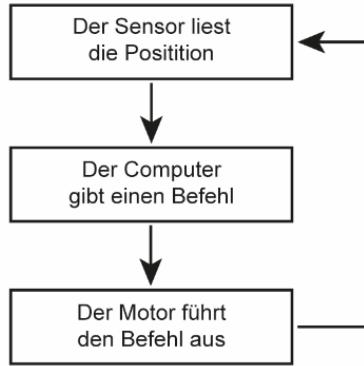
### TEILNEHMER:

- Ein Kind stellt den Motor dar, es hat die Augen verbunden und gehorcht den Befehlen, die vom Computer kommen.
- Ein Kind stellt den Sensor dar: es liest die Position des Motors auf dem Metermass ab.
- Ein Kind stellt den Computer dar: es gibt die Befehle („ein bisschen vorwärts“, „weit vorwärts“, „ein bisschen rückwärts“, „weit rückwärts“), je nach den Informationen vom Sensor.

Am Anfang befindet sich der Motor (von einem Kind dargestellt) beim Nullpunkt des Metermasses, das

in einer geraden Linie vor ihm liegt. Das Ziel des Spiels ist es, den Motor bis zu einem bestimmten Punkt zu bewegen. Der Punkt wird am Anfang festgelegt (z.B. 1,68 m).

### ABLAUF



### DIE VERSCHIEDENEN ARTEN VON ROBOTERN

Die Kinder erstellen eine Liste der Befehle, die vom Roboter verstanden werden. Zum Beispiel:

- Vorwärts gehen
- Rückwärts gehen
- Nach rechts drehen
- Nach links drehen
- Schneller
- Langsamer

Auf einem Gelände mit einigen Hindernissen, ist der folgende Ablauf durchzuführen: ein Kind ist der Roboter, es befindet sich auf dem Mond, ein anderes gibt die Befehle. Der Roboter kann nicht selber denken, er befolgt nur die Befehle.

Damit die Situation jedoch realistischer ist, sollte man einen kleinen Moment vergehen lassen zwischen dem Zeitpunkt, in dem der Befehl gegeben wird, z.B. „nach rechts drehen“, und dem Zeitpunkt, in dem sich der Motor dann nach rechts dreht.

Wenn der Roboter tatsächlich auf dem Mond ist, muss man eine Zeit vorsehen zwischen dem Moment, in dem der Befehl gegeben wird und dem Moment, in dem er vom Roboter erhalten und ausgeführt wird. Man muss ebenso die Zeit berücksichtigen, in der die Sensoren des Roboters ein Loch bemerken und bis die Information die Person erreicht, die den Roboter auf der Erde steuert.

Das Rollenspiel ist wieder durchzuführen, diesmal mit einer Reaktionszeit zwischen der Anweisung

und der Ausführung. Das Kind zählt bis 5 und führt dann den Befehl aus. Die Zeitverzögerung stellt Probleme bei der Steuerung dar, zum Beispiel bei der Anwesenheit von Hindernissen. Man muss vorausschauen!

Eine Möglichkeit dieses Problem zu lösen, wäre einen autonomen Roboter zu benutzen: ein autonomer Roboter kann auf verschiedene, relativ vorhersehbare Situationen reagieren, auf die er programmiert wurde. Zum Beispiel, wenn einer der Sensoren des Roboters einen Krater findet, wird der Roboter anhalten und rückwärts gehen dank eines Befehls, der ihm sagt, dass er anhalten und rückwärts fahren muss, wenn er einen Krater entdeckt.

Wenn man einen autonomen Roboter benutzt, kann man also Befehle hinzufügen wie:

- Wenn du eine Wand siehst, hältst du an, drehst nach rechts und bewegst dich nach vorne:
  - Beobachtung: eine Wand
  - Reaktion: du drehst nach rechts und bewegst dich dann vorwärts

## QUELLEN

- MakeCode Editor für micro:bit Online-Editor zum Programmieren eines virtuellen micro:bit (kleiner Computer/Roboter), für einen einfachen Einstieg ins Programmieren.  
<https://makecode.microbit.org/#>
- „Ultimate Zoom“ Video, das durch alle Größenordnungen „zoomt“  
<https://www.youtube.com/watch?v=bhofN1xX6u0>
- Interaktive Web-Applikation zum Entdecken der verschiedenen Größenordnungen im Universum  
<https://htwins.net/scale2/>
- Thymio Roboter zum spielerischen Lernen:  
<https://www.thymio.org/de/>
- mBot Roboter zum spielerischen Lernen:  
<https://www.makeblock.com/steam-kits/mbot>

- Wenn du einen speziellen Gegenstand siehst, bewegst du dich nach vorne bis zum Gegenstand, du entnimmst eine Probe des Gegenstands, steckst ihn in deine Tasche und fährst rückwärts, um den Gegenstand zu umfahren.

- Beobachtung: ein spezieller Gegenstand, der nicht in der üblichen Umgebung erscheint
- Reaktion: Du fährst bis zum Gegenstand vor, du entnimmst eine Probe, du drehst nach rechts und dann fährst du vorwärts.

Das Rollenspiel kann wieder durchgeführt werden. Der Roboter kann diesmal auf ein paar zusätzliche Situationen reagieren, aber diese wurden immer vorhergesehen von der Person, die den Roboter programmiert hat. Ein Roboter besitzt keine eigene Intelligenz, die ihm erlaubt, selbst auf eine unvorhergesehene Situation zu reagieren.

# Life Sciences Engineering

## EINLEITUNG

In den letzten Jahren wurden in den Bereichen der Molekularbiologie und der Genomik, dank Naturwissenschaften wie Mathematik und Informatik, beträchtliche Fortschritte gemacht. Diese Fortschritte haben grundsätzlich den Platz der Life Sciences (Biowissenschaften) im wissenschaftlichen Umfeld verändert. Neue Technologien sind nun unerlässliche Verbündete. Dieser Bereich nutzt die Naturwissenschaften für das Verständnis von Phänomenen. Die Computerwissenschaften werden für die Analyse dieser Phänomene benutzt und die Ingenieurwissenschaften für deren Beobachtung. Damit können Technologien entwickelt werden mit denen neue Lösungen für die grossen Gesundheitsprobleme unserer Gesellschaft gefunden werden sollen.

Life Sciences sind in mehreren Bereichen der Forschung aktiv, wie in den Neurowissenschaften, deren Ziel es ist, besser zu verstehen, wie das Gehirn funktioniert. Außerdem untersuchen Life Sciences Bakterien und Viren und forschen im Bereich der Onkologie und des Stoffwechsels, um Behandlungen von Krankheiten wie Krebs, Diabetes oder Bluthochdruck zu finden und zu verbessern.

Im Bio-Engineering werden schliesslich die Methoden der Ingenieurwissenschaft mit Medizin und Biologie vereint. Ein anschauliches Beispiel ist die Forschung für Neuroprothesen, die mittels biomedizinischer Technologien Menschen mit Behinderungen wieder Mobilität ermöglichen.

## VOR DEM BESUCH

### WAS SIND NEUROWISSENSCHAFTEN?

Neurowissenschaften sind der jüngste Forschungszweig im Bereich der Life Sciences. Historisch gehen sie aus der Biologie und der Medizin hervor. Heute vereinen sie alle Wissenschaften, die für die Erforschung des Nervensystems notwendig sind: Medizin, Biologie, Physik, Chemie, Informatik.

## WIE FUNKTIONIERT DAS NERVENSYSTEM?

Das Gehirn ist Teil des Nervensystems, genauso wie die Nerven und das Rückenmark. Das Nervensystem ist zuständig für die Kontrolle aller Funktionen des Organismus. Es reguliert die Atmung, den Blutkreislauf und den Stoffwechsel. Es ist auch zuständig für die Bewegungen unserer Muskeln.

Das Nervensystem übernimmt, wenn zum Beispiel unsere Hand über einem heißen Objekt ist. Die Haut, das Sinnesorgan, sendet dem Gehirn ein Signal, das befiehlt die Hand zurückzuziehen, indem der Muskel des Arms zusammengezogen wird. Das Signal, das unseren Körper durchläuft, ist ein elektrischer Strom. Er wird mit sehr hoher Geschwindigkeit von den Neuronen, spezialisierte Zellen, die man überall im Körper findet, übertragen. Allein in unserem Gehirn haben wir ungefähr 100 Milliarden Neuronen.

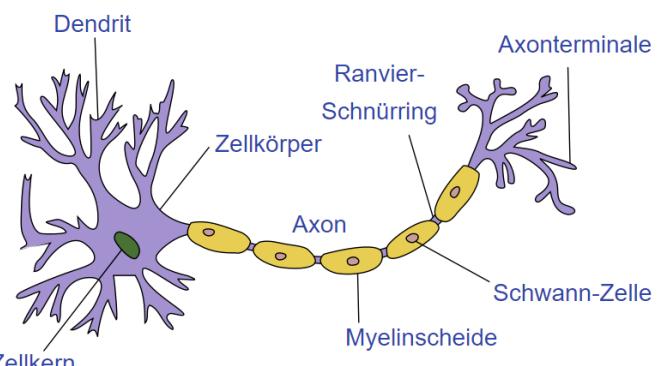


Abbildung 6-1 Nervenzelle (Wikipedia)

Die Reize treten in die Nervenzelle durch die Dendriten ein. Wenn der Reiz, den die Nervenzelle erhält, einen bestimmten Schwellenwert übersteigt, wird er in das Axon geleitet und an die angrenzenden Nervenzellen weitergegeben.

## WORUM KÜMMERT SICH DAS GEHIRN?

Das Gehirn ist zuständig für verschiedene Aufgaben. Die Bereiche, die es verwaltet, sind im Gehirn relativ klar definiert und unterschieden (Abbildung 6-2).

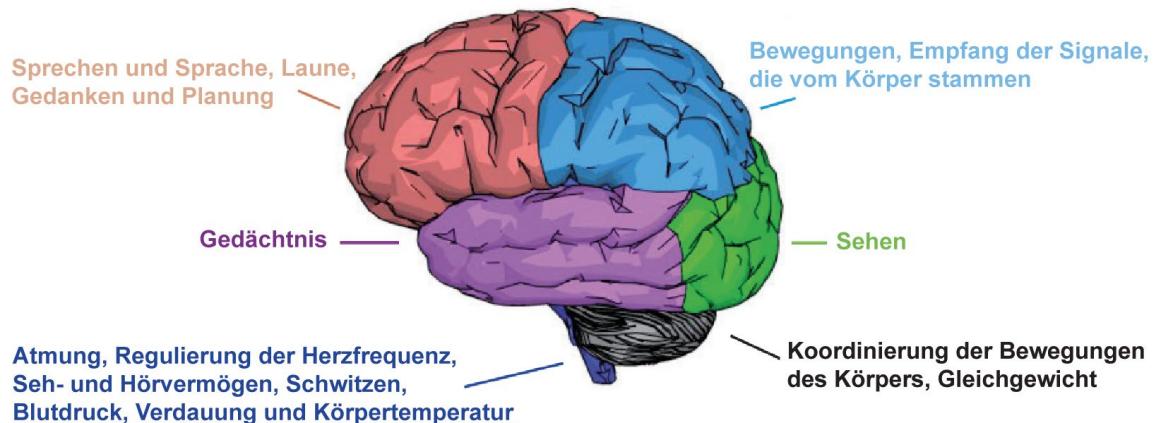


Abbildung 6-2 Verschiedene Gehirnareale des menschlichen Gehirns.

## SEIT WANN WEISS MAN, DASS DAS GEHIRN EMOTIONEN STEUERT?

Im 4. Jahrhundert v. Chr. behauptete schon Hippokrates von Kos, dass das Gehirn der Sitz der Emotionen ist. Die meistverbreitete Theorie ist jedoch die von Aristoteles, nach der das Gehirn einzig und allein für die Kühlung des Blutes zuständig ist. Aristoteles behauptete, dass das Herz die Emotionen verwaltet, wahrscheinlich wegen des Herzklopfens, das man während starker Gefühlsregungen spürt. Diese Idee findet man auch in gängigen Redewendungen wie „Du brichst mir das Herz“ oder „alles, was das Herz begehrte“.

Seit dem 19. Jahrhundert versteht man dank der Entwicklung von verschiedenen Techniken wie Mikroskopie oder Elektromagnetismus, dass das Gehirn für Emotionen, Erinnerungen und logisches Denken verantwortlich ist.

## ÜBUNGEN

Um zu zeigen, dass das Gehirn sich auch täuschen kann, sind hier ein paar Experimente, die man in der Klasse machen kann.

### 1. EXPERIMENT

Nenne so schnell wie möglich die Farbe der folgenden Wörter!

ROT	GELB	GRÜN	BLAU
BLAU	ROT	LILA	GRÜN
LILA	BLAU	ROT	GELB
GRÜN	GRÜN	GELB	LILA
GELB	LILA	BLAU	ROT

Normalerweise, gar kein Problem...

Und hier? Nenne die Farben der folgenden Wörter!

ROT	GELB	GRÜN	BLAU
BLAU	ROT	LILA	GRÜN
LILA	BLAU	ROT	GELB
GRÜN	GRÜN	GELB	LILA
GELB	LILA	BLAU	ROT

Im zweiten Fall wird unser Gehirn vom geschriebenen Text verwirrt. Es fällt uns tatsächlich leichter, geschriebene Worte zu lesen, als die Farben zu nennen, die wir sehen. Wir müssen uns mehr konzentrieren, die Farben zu nennen, als die Wörter zu lesen.

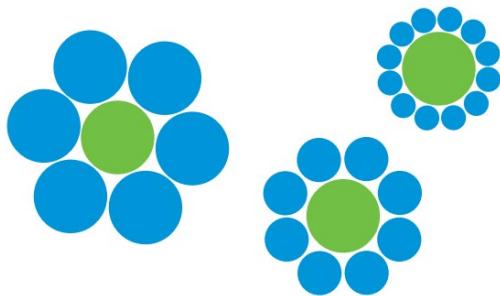
## 2. EXPERIMENT

Rechnet die folgende Aufgabe so schnell wie möglich durch:

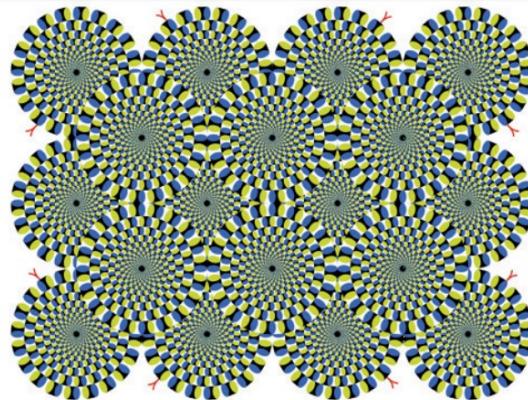
$$\begin{array}{r}
 1000 \\
 + 40 \\
 + 1000 \\
 + 30 \\
 + 1000 \\
 + 20 \\
 + 1000 \\
 + 10 \\
 \hline
 ? \\
 \end{array}$$

Die häufigste Antwort ist wahrscheinlich 5000, obwohl das Ergebnis dieser Rechnung 4100 ist. Unser Gehirn neigt dazu, runde Zahlen vorzuziehen. Dadurch, dass man schnell vorgeht, hat man die Tendenz 5000 zu sagen, ohne zu merken, dass  $4090 + 10$  nicht 5000, sondern 4100 ergibt. Diese Experimente zeigen uns, dass unser Gehirn nicht unfehlbar ist und getäuscht werden kann. Optische Täuschungen sind auch ein klassisches Beispiel. Hier sind ein paar:

### EBBINGHAUS-TÄUSCHUNG ODER TITCHENER CIRCLES



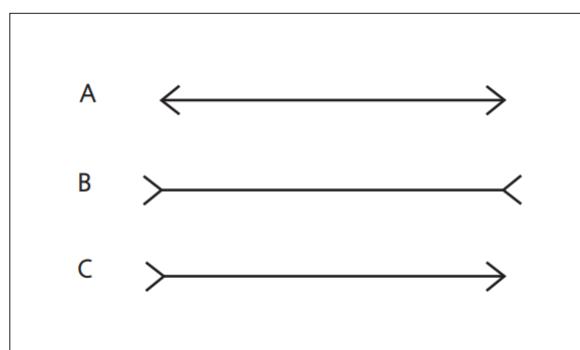
Die Ebbinghaus-Täuschung betrifft die Größenwahrnehmung. Die Bekannteste ist die mit den Kreisen, die von anderen Kreisen verschiedener Grösse umgeben sind. Die grünen Kreise in der Mitte erscheinen unterschiedlich gross, obwohl sie alle gleich gross sind.



Rotating snakes. Akiyoshi KITAOKA

Bei dieser optischen Täuschung hat man den Eindruck, dass die Räder anfangen sich zu drehen, sobald man sie nicht mehr anschaut. Sobald man auf ein Rad fokussiert, scheint es abrupt anzuhalten.

Ordnet die Linien der Grösse nach:



Wenn man nachmisst, merken wir, dass sie alle gleich lang sind.

Hier ist eine bekannte optische Täuschung, die mit dem Lesen von bekannten Wörtern zusammenhängt:

Gmäeß eneir Sutide eneir elgnihcesn Uvinisterät ist es nchit withcg, in wlecehr Rneflogheie die Bstachuebn in eneim Wrot snid, das ezniige was wcthiig ist, ist, dass der estre und der letzte Bstabchue an der ritihcegn Pstoision snid. Der Rset knan ein ttoaelr Bsinöldn sien, tedztorm knan man ihn onhe Pemoblire lseen. Das ist so, wiel wir nicht jeedn Bstachuebn enzelin leesn, snderon das Wrot als gseateems.

## WÄHREND DES BESUCHS

Das im Bus präsentierte Experiment zeigt, wie die Neuronen des Gehirns und die kortikale Säule, eine Neuronengruppe, die von derselben Rezeptorengruppe aktiviert wird, aufgebaut sind. Der Film erklärt auch das Prinzip von zwei optischen Täuschungen:

### DIE THATCHER-ILLUSION

Die Thatcher-Illusion ist eine optische Täuschung, die es erschwert, Veränderungen auf einem auf dem Kopf gestellten Gesicht zu erkennen (Abbildung 6-3). Diese Veränderungen werden jedoch sehr deutlich, wenn das Gesicht richtig herum gezeigt wird. Dieses Phänomen wurde 1980 von Professor Peter Thompson beschrieben. Der Name kommt von der ehemaligen Premierministerin Margaret Thatcher, weil der Effekt mithilfe ihres Fotos demonstriert wurde. Der Mund, die Augen und die Augenbrauen wurden umgedreht. Das schockiert uns nicht, wenn man das Gesicht kopfüber sieht.

Wenn ein Gesicht hingegen richtig herum ist, haben wir eine Horrorvision.

Betrachten wir ein Gesicht, verarbeitet unser Gehirn die Information mit einem ganzheitlichen Ansatz. Es bewertet die emotionale und kulturelle Komponente des Gesichts, aber auch die Entfernung zwischen den Augen, der Nase und dem Mund und die relative Position jedes Teils des Gesichts.

Wenn ein Gesicht aber kopfüber steht, ist unser Gehirn nicht daran gewöhnt, die Details des auf den Kopf gestellten Gesichts zu erkennen und analysiert infolgedessen nicht mehr den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Teilen. Deshalb sehen wir nicht, dass die Augen und der Mund, im Gegensatz zum restlichen Gesicht, falschherum sind. Es ist dieses Phänomen, das eine optische Täuschung bewirkt und zeigt, wie unser Gehirn Gesichter erkennt.



Abbildung 6-3 Thatcher-Illusion

### DIE GEDREHTEN SHEPARD-TISCHE

Unsere Retina hat eine zweidimensionale Struktur, wie eine Kamera. Die Welt in der wir leben ist jedoch dreidimensional.

Die Oberflächen der zwei Tische in Abbildung 6-4 scheinen verschieden zu sein, weil unser Gehirn diese Bilder interpretiert als wären sie in drei Dimensionen. Es vermittelt eine dreidimensionale Wahrnehmung dank räumlichen Sehens. Das Gehirn verarbeitet die Zeichnung als ob sie aus einer realen Welt kommen würde.

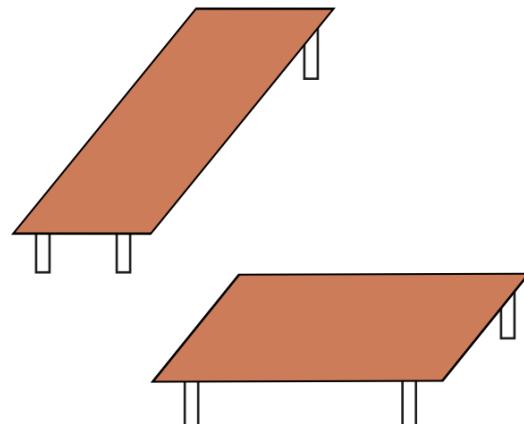


Abbildung 6-4 Shepard-Tische

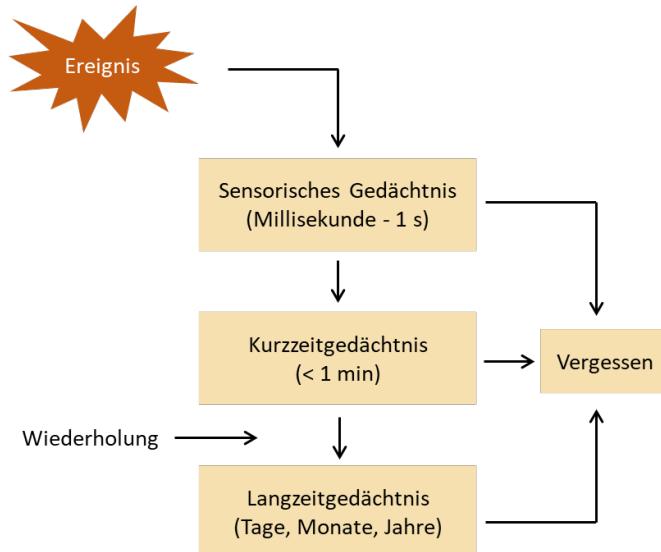
Haben diese Tische die gleiche Oberfläche? Sind sie identisch? Die Schüler werden die Möglichkeit haben mithilfe eines Aufbaus der Abteilung für Life Sciences Engineering die zwei Tischplatten zu vergleichen.

## NACH DEM BESUCH

Das Gehirn ist ebenso der Sitz des Gedächtnisses. Wie wohl jeder schon aus eigener Erfahrung kennt, gibt es verschiedene Arten von Gedächtnis. Das sensorische Gedächtnis behält die Information nur ein paar Millisekunden und muss auf dem Weg ins Kurzzeitgedächtnis passiert werden. Es ermöglicht zum Beispiel, dass wir uns an Zahlen erinnern, die wir in diesem Moment zusammenrechnen wollen.

Dann kommt das Kurzzeitgedächtnis, das uns ermöglicht, uns an Dinge für weniger als eine Minute zu erinnern. Zum Beispiel an eine Telefonnummer, die man zufällig gehört hat und die man sehr schnell wieder vergisst, wenn man nicht versucht sie in Erinnerung zu behalten.

Zuletzt kommt das Langzeitgedächtnis, das Sachen in unser Gedächtnis „eingraviert“.



## ÜBUNGEN

Das Gehirn kann sich täuschen und das Gedächtnis ebenfalls. Hier sind ein paar Experimente, die man in der Klasse durchführen kann, um sich selbst davon zu überzeugen.

### EXPERIMENT 1

Schaut diese Begriffe für 30 Sekunden an, deckt sie ab und macht während einer Minute etwas anderes. Versucht danach euch an alle zu erinnern:

PAPIER ERSCHAFFEN SONNE AUTOMATISCH SCHWIERIG BERG ABZIEHEN LILA NASHORN KLAVIER SCHLÜSSEL SCHNEE

Prinzipiell ist es einfacher sich an die Begriffe zu erinnern, die man mit etwas oder miteinander verbinden konnte, wie zum Beispiel „Sonne“, „Schnee“ und „Berg“. Es ist auch einfacher sich Gegenstände zu merken, als zum Beispiel Verben oder Adverbien. Deshalb werden sich die meisten eher an „Klavier“ erinnern, als an das Wort „abziehen“.

### EXPERIMENT 2

Schaut euch diese Zahlen für 30 Sekunden an und deckt sie dann ab. Macht während einer Minute etwas anderes. Versucht dann, euch an die richtige Reihenfolge zu erinnern.

7 2 8 1 3 4 5 7 6 3

Unser Kurzzeitgedächtnis schafft es im Prinzip sich an sieben Elemente zu erinnern. Diese Zahlenfolge ist also etwas zu lang für unser Gedächtnis.

### EXPERIMENT 3

Schaut euch diese Objekte für 30 Sekunden an, deckt sie dann ab und macht etwas anderes während einer Minute. Kreuzt danach die Objekte in der untenstehenden Liste an:



- Uhr
- Haartrockner
- Teller
- Löffel
- Pinsel
- Messer
- Toaster
- Schuh
- Telefon
- Tasse
- Peitsche
- Schüssel
- Gabel
- Buch
- Ring
- Teigrolle
- Kochtopf
- Krug

Habt ihr die Gabel angekreuzt? Durch Assoziationen und Verknüpfung können wir „falsche Erinnerungen“ erzeugen. In diesem Fall haben wir in den vielen Küchengegenständen fälschlicherweise auch z.B. eine Gabel vermutet.

### QUELLEN

- Englische Webseite, die Neurowissenschaften einfach erklärt und Aktivitäten und Spiele vorschlägt  
<https://faculty.washington.edu/chudler/experi.html>
- Einige vereinfachte Erklärungen über das Gehirn (auf Englisch)  
<https://www.dana.org/category/brain-basics/fact-sheets/>
- Aufgearbeitete Informationen über die Sinne und Sinnesorgane  
<https://www.simplyscience.ch/teens-liesnach-archiv/articles/brain-bus-unsere-sinne.html>
- Video über das Gehirn von SRF Clip und klar!  
<https://www.youtube.com/watch?v=JmLEKO-PhW4>
- Einfache Erklärung über die Funktionsweise des Gehirns  
[https://www.dein-gehirn.com/info\\_gehirn.html](https://www.dein-gehirn.com/info_gehirn.html)  
<http://www.medizin-fuer-kids.de/bibliothek/koerperfunktionen/gehirn.htm>
- Es war einmal...das Leben, Folge über das Gehirn  
<https://www.youtube.com/watch?v=MDLOPdsCZDc>
- Buch:  
Jerzy Vetulani und Maria Mazurek, Avas Traum oder Wie das Gehirn funktioniert, Helvetiq, ISBN: 978-2-940481-73-6

# Elektrotechnik und Informationstechnologie

## EINLEITUNG

Elektrizität ist überall. Es gibt keinen einzigen wissenschaftlichen, industriellen, Dienstleistungs- oder Alltagsbereich, der ohne Elektrizität funktionieren kann. Man nimmt überall Technologien in Anspruch, die mit ihr zusammenhängen. Jedoch ist Elektrizität so normal geworden, dass wir immer weniger an sie denken... Zugleich eine Energie und ein Informationsträger, ist sie eine einmalige Ressource. Diese doppelte Funktion ist mit der phänomenalen Weiterentwicklung der Elektronik, bei der beide Funktionen vereint wurden, noch wichtiger geworden. Heutzutage ist die Elektrotechnik in einer Vielzahl von Bereichen gefragt:

- Informationstechnologien (Akustik, Radiofrequenz, Photonik, Signalverarbeitung, Fotografie und Videos, Bildanalyse, Erkennung von Formen, usw.),
- Mikroelektronik, integrierte Schaltkreise, Computer,
- Alle industriellen Bereiche, einschliesslich Gesundheit, Biotechnologie und Sport,
- Fortgeschrittene wissenschaftliche Forschung.

Die Anwendungen, die Elektrizität benutzen, sind deshalb so vielseitig wie verschieden, vom mikroskopischen bis zum ganz grossen Massstab:

- Opto-, Mikro- und Nanoelektronik für die Herstellung von integrierten Schaltkreisen, die immer kleiner, komplexer und leistungsfähiger werden
- Brennstoffzellen und Solarzellen als verbesserte Energiequellen
- Mittel, um elektromagnetische und elektroakustische Wellen zu produzieren und weiterzugeben, optische Fasern und Laserstrahlen, Netzwerke für Telekommunikation und für den Transport von elektrischer Energie.

Dies sind alles Bereiche und Anwendungen, die fortlaufend weiterentwickelt werden.

## VOR DEM BESUCH

### WAS IST ENERGIE?

Energie ermöglicht es eine Arbeit zu verrichten wodurch Hitze, Licht oder Bewegung produziert wird. Sie wird in Joule (J) ausgedrückt. Zum Beispiel, ein Kind, das die Treppe ein Stockwerk hochläuft verbraucht ungefähr 1000 J. Eine andere verwendete Einheit, hauptsächlich für Lebensmittel, ist die Kalorie (cal.) 1 cal = 4,18 J

### WOHER KOMMT ENERGIE?

Es gibt verschiedene Energiequellen. Fossile Energiequellen wie Erdöl, Kohle und Gas sind bekannt für ihre erwiesenen, negativen Auswirkungen auf das Klima und die Umwelt. Erneuerbare Energiequellen wie Sonne, Wind, Wasser, Biomasse und Geothermie haben hingegen nur wenig Einfluss auf die Umwelt und das Klima. Deshalb sind deren Weiterentwicklung und Ausbau so wichtig und boomen dementsprechend. Außerdem gibt es noch die Atomenergie, die auf der Umwandlung eines Erzes (Uranium) basiert und Hitze produziert. Mit dieser Wärme können Turbinen bewegt werden, die Strom erzeugen.

Muskeln, Lipide (Fette) und Kohlenhydrate (Zucker) sind eine Quelle chemischer Energie.

### WAS IST ELEKTRISCHE ENERGIE?

Elektrische Energie wird mit den oben genannten Energiequellen produziert. Man verwandelt sie, um Elektrizität zu erhalten, die viel einfacher zu benutzen ist. Elektrische Energie (E) ist das Produkt der verwendeten Leistung (P) mal die Nutzungsdauer (t). Ihre Einheit ist die Kilowattstunde (kWh).  $E(\text{kWh}) = P(\text{kW}) \times t(\text{h})$  Die internationale Einheit für Energie bleibt jedoch Joule (J).  $E(\text{J}) = P(\text{W}) \times t(\text{s})$

### WAS KANN MAN MIT 1 KWH MACHEN?

- Einen Waschdurchgang bei 60°C
- Fernsehen:
  - o 4 Stunden mit einem Plasmabildschirm
  - o 17 Stunden mit einem LED Bildschirm
  - o 25 Stunden mit einem OLED Bildschirm
- Eine Stereoanlage 8 Tage auf Standby lassen
- Mit einem mittelgrossen Auto fahren:
  - o 1,2 km mit einem Benzinmotor
  - o 7 km mit einem Elektromotor

## LEISTUNG

Die Leistung ist das Produkt elektrischer Spannung  $U$  (in Volt = V) und der Stromstärke  $I$  (in Ampere = A). Sie wird in Watt gemessen (W) und wird oft mit  $P$  (wie engl. Power) bezeichnet.  $P(W) = U(V) \times I(A)$

Je leistungsfähiger ein Apparat ist, desto mehr Energie wird er verbrauchen.  $1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$

Die Leistung eines Gerätes ist meistens auf ihm angegeben. Zum Beispiel hat ein Taschenrechner eine Leistung von einigen Milliwatt und ein Haushaltsgerät in der Größenordnung von Kilowatt. Moderne Leuchtmittel variieren zwischen 7 und 25 W.

## WAS IST ELEKTRIZITÄT?

Elektrizität ist die Bewegung von Elektronen in einer elektrischen Leitung. Es ist eine Möglichkeit, Energie zu transportieren.

## ELEKTRIZITÄT MESSEN

Man kann elektrischen Strom mit einem Fluss vergleichen. Die Stromstärke ist die Wassermenge die während einer gewissen Zeit durchfliesst (der Durchfluss), die Spannung hingegen stellt die Geschwindigkeit dar, mit der das Wasser fliesst.

- Stromstärke ( $I$ ): Anzahl von Elektronen, die einen Leitungsabschnitt während einer gewissen Zeit durchqueren, vergleichbar mit einem Fluss. Wird in Amper gemessen (A).
- Spannung ( $U$ ): Kraft, mit der die Elektronen sich bewegen, vergleichbar mit einer Steigung. Wird in Volt (V) gemessen.

Zu Hause haben wir eine Stromversorgung mit einer Spannung von 230 V.

## ÜBUNGEN

### DIE VERSCHIEDENEN ENERGIEQUELLEN NENNEN

Versucht, die Energiequellen in verschiedene Familien aufzuteilen: erneuerbare und fossile Energien. Welche werden zurzeit verwendet? Wie stark wird jede benutzt? Könnte man auf die eine oder andere verzichten? Usw.

Beispiele: Erdöl (Benzin, Kunststoffe), Windkraftanlage, thermische Solarenergie, photovoltaische Solarenergie, Kohle (Heizung), Wasserkraft, Erdgas, Geothermie, Holz-Biomasse, Biokraftstoff, usw.

Wir können noch nicht vollständig auf fossile Energie verzichten. Es werden aber ständig neue Lösungen entwickelt, damit wir nicht mehr von fossilen Energieträgern abhängig sind und sie stattdessen durch erneuerbare Energieträger ersetzen können. Wir müssen trotzdem unseren Verbrauch zu regulieren und zu sparen.

## SICH EIN SZENARIO OHNE ELEKTRIZITÄT VORSTELLEN

Die Schüler daran erinnern, dass wir erst im 19. Jahrhundert begonnen haben (mit Volta, Gramme, Edison, usw.) uns die Elektrizität zu Nutze zu machen und dass sie sich erst im 20. Jahrhundert durchgesetzt hat.

## VORSCHLAG FÜR EIN EXPERIMENT

Elektrizität kann zum Beispiel aus Zitronen gewonnen werden. Es handelt sich um chemische Energie, die in elektrische Energie umgewandelt wird. Das ist das Prinzip von Batterien und Akkus.

## MATERIAL

- ein paar Zitronen
- zwei Zinkelektroden (verzinkte Nägel, kleine Stücke von einer Rinne oder eine Büroklammer)
- zwei Kupferelektroden (z.B. Draht, Kabel)
- eine kleine LED-Birne
- Stromkabel/ Draht

## AUFBAU

Ein Stück Kupfer und ein Stück Zink als Elektroden in jede Zitrone stecken, sodass sie ziemlich nah zusammen sind, aber sich nicht berühren (Abbildung 7-1).

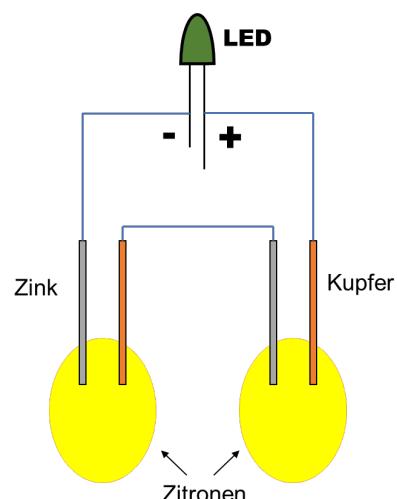


Abbildung 7-1 Aufbau Zitronenbatterie

Ein Stromkabel an jede Elektrode anschliessen und mit der LED-Birne verbinden, um den Schaltkreis zu schliessen. Die LED fängt an zu leuchten, weil ein elektrischer Strom zwischen den zwei Metallstücken anfängt zu fliessen. Da sie in einer sauren Umgebung sind, können die Ionen von einer Elektrode zur anderen zirkulieren und einen kleinen Strom erzeugen. Man kann mit mehreren Zitronen auch einen grossen Schaltkreis bauen. Achtet auf die Pole der LED: die kurze Litze ist der negative Pol (-) und muss mit dem Zink verbunden sein.

#### ALTERNATIVE

Eine Batterie nach untenstehendem Schema bauen (Abbildung 7-2, Quelle: [www.lamap.fr](http://www.lamap.fr)). Drei Becher (ein Becher entspricht einer Batterie) mit Essig oder Cola (einer Säure) füllen. Jeweils eine Zink- und eine Kupferelektrode eintauchen. Das Ganze gemäss dem Schema mit elektrischen Kabeln verbinden, die mit Krokodilklemmen versehen sind. Auf die Polarität der LED achten: die kurze Litze ist der negative Pol (-) und muss mit dem Zink verbunden sein. Mindestens 3 Batterien benutzen, damit die LED angeht.

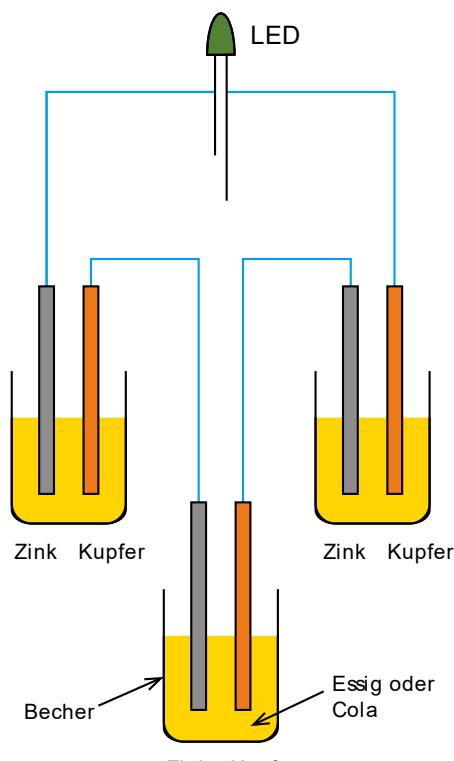


Abbildung 7-2 Aufbau Essigbatterie

#### WÄHREND DES BESUCHS

Wir bieten den Kindern einen kleinen Versuch mit folgendem Szenario an: Um ein Fest in einem Haus feiern zu können, müssen sie die verschiedenen Energiequellen, die wir anbieten und vorstellen, aktivieren. Die verfügbaren Energiequellen sind Solarenergie, Wassерenergie und Windenergie.

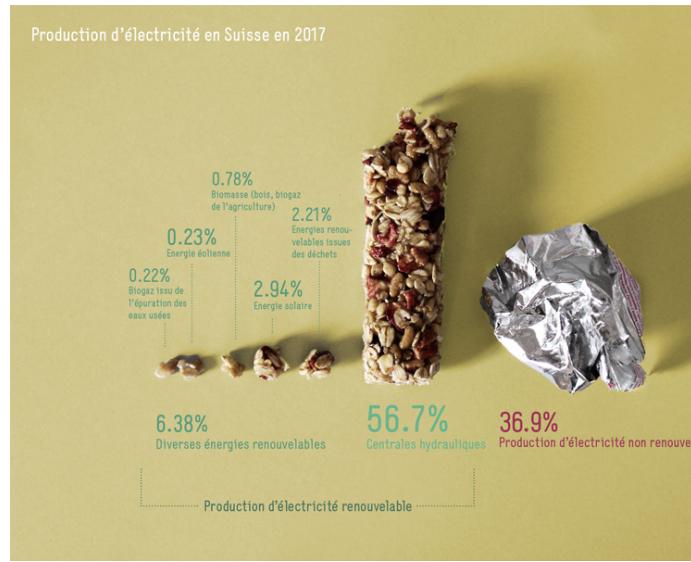
- In einem Wasserkraftwerk wird die mechanische Energie des Wassers mithilfe einer Turbine, die einen Wechselstromgenerator antreibt, in elektrische Energie umgewandelt. Da sich das Magnetfeld ständig ändert, wird eine Spannung induziert und erzeugt so einen elektrischen Strom. Sie können dieses Prinzip an einem Fahrraddynamo veranschaulichen, der auseinandergebaut wurde, um den Magneten und die Spule zu zeigen, die ihn zum Laufen bringen. Achtung! Ein Fahrraddynamo ist ein Wechselstromgenerator. Ein echter Dynamo hingegen ist ein Generator, der Gleichstrom produziert, während ein Wechselstromgenerator – wie der Name schon sagt – Wechselstrom produziert.
- Windkraftanlagen funktionieren nach demselben Prinzip, jedoch stammt die mechanische Kraft, die umgewandelt wird, von der Luftbewegung.
- Solarzellen fangen Licht ein. Dieses besteht aus Energiepartikeln, den Photonen. Die Photonen übertragen ihre Energie auf die Elektronen des Siliziums, woraus die Solarzelle besteht. Diese Elektronen fangen an sich zu bewegen: es entsteht ein elektrischer Strom. Thermische Sonnenkollektoren verwandeln die Energie des Lichts in Wärme um, um uns mit Warmwasser und Heizungswärme zu versorgen.

Die produzierte Energiemenge wird mit Hilfe einer LED-Anzeige angezeigt. Je mehr Energiequellen aktiviert werden, desto mehr LEDs gehen an. Das Ziel des Experiments ist es, zu zeigen, dass mehrere Energiequellen nötig sind, um genug Energie für das Fest zu haben.

Die für das Fest notwendige Energiemenge wird ebenfalls mit Hilfe von LEDs dargestellt. Sie zeigen den Verbrauch eines jeden Postens an (Heizung, Küchenmaschine, und Musik).

Wenn die insgesamt benötigte Energie produziert ist (die komplette LED-Anzeige leuchtet), kann das Fest beginnen.

Dieses Experiment stellt drei der Energiequellen dar. In der Schweiz stammt mehr als die Hälfte der Elektrizität von Wasserkraft.



Gesamtenergieverbrauch der Schweiz im Jahr 2017

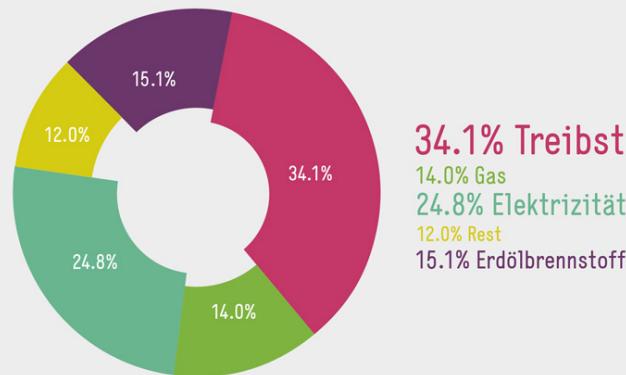


Abbildung 7-3 Energiemix Schweiz (Bundesamt für Energie (BFE), 2018)

Alle Haushaltsgeräte wie auch Pkws besitzen eine „Energieetikette“ (Abbildung 7-4). Diese zeigt den Energieverbrauch an. Ein Apparat der Energieklasse A trägt nicht nur indirekt zum Umweltschutz bei, sondern hilft auch die Stromrechnungen zu senken. Das ist gleich ein doppeltes Ersparnis!

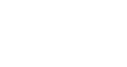
Waschmaschine	
Hersteller Modell	
<b>Niedriger Energieverbrauch</b>	
 <b>A</b>	
 <b>B</b>	
 <b>C</b>	
 <b>D</b>	
 <b>E</b>	
 <b>F</b>	
 <b>G</b>	
<b>Hoher Energieverbrauch</b>	
<b>Energieverbrauch</b> kWh/Waschprogramm (ausgehend von den Ergebnissen der Normprüfung für das Programm „Baumwolle, 60 °C“)	<b>0,89</b>
Der tatsächliche Energieverbrauch hängt von der Art der Nutzung des Gerätes ab	
<b>Waschwirkung</b> A: besser      G: schlechter	<b>A B C D E F G</b>
<b>Schleuderwirkung</b> A: besser      G: schlechter Schleuderdrehzahl (U/min)	<b>A B C D E F G</b> 1800
<b>Füllmenge (Baumwolle) kg</b> <b>Wasserverbrauch</b> $\ell$	5 39
<b>Geräusch</b> (dB(A) re 1 pW)	<b>Waschen</b> Schleudern
Ein Datenblatt mit weiteren Geräteangaben ist in den Prospekten enthalten	
Norm EN 60456 Richtlinie 95/12/EG Waschmaschinenetikett	

Abbildung 7-4 Beispiel einer Energieetikette (<https://de.wikipedia.org/wiki/Energieverbrauchs kennzeichnung>)

Mehr dazu beim BFE:  
<https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/effizienz/energieetiketten-und-effizienzanforderungen.html>

## NACH DEM BESUCH

Elektrizität und Elektronik sind heute ein Teil unseres Alltags, ohne dass man es unbedingt merkt. Daher gibt es sehr viele Anwendungen, bei denen beides genutzt wird.

## SICHERHEIT: ERKENNUNG UND PRÄVENTION VON LAWINEN

Staublawinen werden immer noch wenig verstanden. Deshalb wird eine riesige Zone im Wallis von dem Institut für Schnee- und Lawinenforschung für natürliche Versuche benutzt. Das Vallée de la Sionne (Sionne-Tal) ist tatsächlich sehr geeignet, um solche Beobachtungen zu machen. Die WissenschaftlerInnen planen viele Experimente. Zum Beispiel lösen sie künstlich eine Lawine aus und messen die Geschwindigkeit mit Hilfe von Radar und Ultraschall. Hindernisse, die voll mit Elektronik bestückt sind, ermöglichen eine präzise Rekonstruktion der Lawine.

## TELEKOMMUNIKATION: EXPLOSION DER ÜBERTRAGUNGSRATE

Mobile Telekommunikation bietet immer mehr und neue Möglichkeiten und Funktionen, die die bereits bestehende Festnetzinstallationen ergänzen. Diese Entwicklung ist dank einer leistungsstarken Mikroelektronik und der ausgereiften Verarbeitung der damit verbundenen Signale möglich. Basisstationen wie z.B. Router, das sind Systeme zur Verteilung von Datenpaketen, ermöglichen dank der Kombination von Elektronen und Photonen (Optoelektronik), grosse Übertragungsraten. In mobilen Telefonen werden unauffällige Flachantennen für optimierte Strahlung verwendet, die die Eigenschaften von fraktalen Objekten nutzen (d.h. die gleiche Struktur ist in einem Teil der über- und untergeordneten Struktur wiederzufinden), um auf vielen verschiedenen Frequenzen gleichzeitig zu senden.

## ERNEUERBARE ENERGIEN: ELEKTRISCHE HEIZUNG UND WINDKRAFT

In den kühleren Regionen der Welt ist die Kombination von elektrischer Heizung und Windkraft ideal. Der Wärmeverlust von Häusern ändert sich tatsächlich mit der Windgeschwindigkeit, genauso wie die Produktion von Elektrizität von Windrädern. Die meisten Windräder auf der Welt sind mit dem Stromnetz verbunden. Sie geben die Energie, die sie produzieren, direkt an das öffentliche Netz ab.

## KÜNSTLICHE HERZEN: DEM MANGEL AN SPENDERHERZEN ENTGEGENWIRKEN

Herzversagen ist eine der Haupttodesursachen in der westlichen Welt. Ärzte der ganzen Welt forschen seit mehreren Jahrzehnten an einem Ersatz des Herzmuskels, um den Mangel von Spendern entgegenzuwirken. Dank der Biomedizin konnten künstliche Herzen und zuverlässige, bereits heute nutzbare Systeme entwickelt werden. Die Forschung bietet heute zwei Arten von künstlichen Herzen, die aber ständig verbessert werden: pneumatische Aktuatoren und elektrische Aktuatoren.

## ELEKTRONIK IN DER ÄRA DER NANOTECHNOLOGIEN

Ein Transistor in der Grösse eines Virus, ein Supercomputer, der nicht grösser ist als eine menschliche Zelle ist: Das sind nur zwei Beispiele für Durchbrüche, die uns die ForscherInnen im Bereich der Nanotechnologien versprechen. Wieder ein Bereich, in dem ElektroingenieurInnen eine entscheidende Rolle spielen werden!

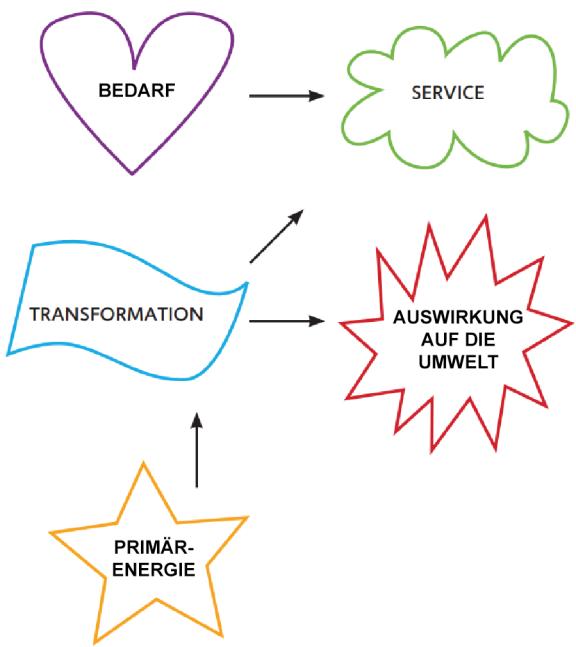
## VORSCHLAG FÜR ÜBUNGEN MIT DEN SCHÜLERN

## FLUSSDIAGRAMM ZU ENERGIEBEDARF UND -UMWANDLUNG

Durch Verfolgung des gesamten Produktionswegs eines Produkts, sollen die verschiedenen Schritte, z.B. welche Energie benötigt und wie diese produziert wird, analysiert werden.

Nach einer Regel der Thermodynamik von Lavoisier: „Nichts geht verloren, nichts wird erschaffen, alles verwandelt sich“, können wir davon ausgehen, dass jeder Verbraucher am Ende der Kette ist. Davon ausgehend kann man die Schüler bitten, ein Energieumwandlungsdiagramm zu erstellen, indem man von einem spezifischen Bedarf ausgeht.

Der Verbraucher nennt seinen Bedarf, zum Beispiel im Winter im Warmen zu sein. Dieser Service kann ihm dank einer Heizung ermöglicht werden: z.B. durch die Umwandlung (Heizungskessel) einer primären Energiequelle (Erdöl). Jedoch wird das eine Auswirkung auf die Umwelt haben: Verschmutzungen verbunden mit der Umwandlung, dem Transport, usw.



## EIN PROJEKT FÜR DEN BAU EINES INNOVATIVEN OBJEKTS VORSCHLAGEN

Die Schüler suchen das ideale Produkt in Bezug auf energetisch-elektrischen Verbrauch.

## ELEKTRONIK SELBER BAUEN

Mit Grundkenntnissen der Elektrizität können eigene elektrische Gegenstände gebaut werden: Taschenlampe, Nachtlicht, Bewegungsmelder, usw. Der Anbieter Opitec bietet elektrische/elektronische Bastelkits an, die auch als Beispiel dienen können (<https://www.opitec.ch>).

## QUELLEN

- Unterrichtsmaterial über Energie von EnergieSchweiz  
<https://www.energieschweiz.ch/page/de-ch/unterrichtsthema-energie>
- Für Kinder aufgearbeitete Seite über Energie und -träger  
<https://www.energie-umwelt.ch/>
- Grafiken zur Visualisierung der Stromproduktion und des Verbrauchs  
<https://www.strom.ch/de/medien/grafiken-und-illustrationen>
- Seite mit Projektvorschlägen  
<http://www.webenergie.ch/accueil.php?lang=de>

# Maschineningenieurwissenschaften

## EINLEITUNG

MaschinenbauingenieurInnen spielen eine zentrale Rolle in der Entwicklung unserer Gesellschaft. Sie bieten insbesondere Antworten auf den Bedarf erhöhter Mobilität und Komforts sowie vielseitiger Dienstleistungen und Produkte. Sie arbeiten unter Einhaltung strenger Regeln, die Ressourcen und die Umwelt betreffen.

Die Forschungsarbeit am Institut und das Studium an dieser Fakultät behandeln den Entwurf, die Modellierung und die Optimierung von komplexen Systemen mit Hinblick auf nachhaltige Entwicklung.

Durch ihre Arbeit soll substantiell den Fortschritten der grundsätzlichen, wissenschaftlichen Aspekte der Ingenieurwissenschaft beigetragen werden: Festkörpermechanik, Strömungslehre, Thermodynamik, Wärmeübertragung, Massentransport und Automatisierung. Außerdem werden systemische, multiphysische und mehrskalige Ansätze verfolgt. Insbesondere die folgenden Bereiche betreffend: fortgeschrittene Energiesysteme und deren Technologien, dynamische, mehrskalige Phänomene, Entwurf und Produktion von nachhaltigen Produkten, Mechatronik, Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Technologie und neue Materialien.

Digitale Signalverarbeitung, Informationstechnologien und modernste Messinstrumente sind Schlüsselemente der Forschungsarbeit des Instituts, das zurzeit 19 verschiedene Labore zählt.

## VOR DEM BESUCH

### WAS IST GLEICHGEWICHT?

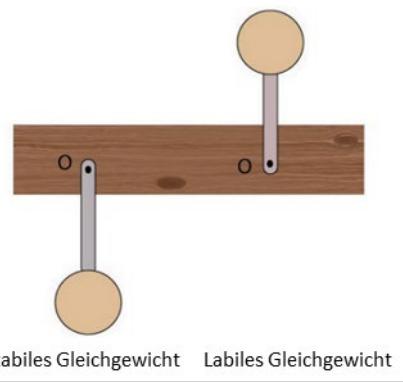
In der Physik wird von Gleichgewicht gesprochen, wenn alle Kräfte, die auf ein Objekt einwirken, in einer resultierenden Kraft enden die gleich Null ist. Anders gesagt, wenn ein Objekt bewegungslos ist (es hat keinen Impuls) in Bezug auf einen gegebenen Referenzpunkt R.



### GIBT ES MEHRERE ARTEN VON GLEICHGEWICHT?

Wir können zwei Arten von Gleichgewicht haben: ein stabiles Gleichgewicht (d.h. die potentielle Energie des Objekts ist an einem absoluten oder lokalen Minimum) und ein labiles Gleichgewicht (d.h. die potentielle Energie des Objekts ist an einem Maximum).

Im Fall des Pendels zum Beispiel, sind diese Punkte auf dem folgenden Bild gezeigt, wobei O der Befestigungspunkt ist:



### GLEICHGEWICHT UND BEWEGUNG: WIE ERHÄLT MAN EIN GLEICHGEWICHT?

Obwohl, wir intuitiv annehmen, dass das Gleichgewicht eine Bewegung ausschliesst, kann es in Wirklichkeit nicht von der Bewegung getrennt werden.

Sei es, weil es sich, wie oben gezeigt, um ein labiles Gleichgewicht handelt und man für die Erhaltung des Gleichgewichts ständige Anpassungen braucht, um externe Störungen, die zum Umfallen führen würden, entgegenzuwirken. Oder weil das Konzept von Gleichgewicht relativ zu einem Referenzpunkt ist. Es gibt nämlich keinen „Fixpunkt“ im Universum.

Die Trägheit eines Körpers ist seine Eigenschaft eine konstante Geschwindigkeit zu behalten (oder bewegungslos zu bleiben), wenn keine externe Kraft wirkt oder wenn die wirkenden Kräfte sich ausgleichen.

Das Trägheitsmoment ist das Äquivalent der Trägheit für die Drehung. Das Trägheitsmoment hängt von der Verteilung der Masse des Objekts im Bezug zur Drehachse ab.

WAS HABEN EINE RAKETE, DIE GERADE NACH OBEN FLIEGT, EIN CLOWN, DER EINEN BESEN AUF SEINER HAND BALANCIERT UND EIN SEGWAY GEMEINSAM?

Das alles sind Beispiele für ein inverses Pendel. Alle unterliegen dem gleichen Prinzip: ein mehr oder weniger grosser Stab muss vertikal im Gleichgewicht gehalten werden. Das erfordert ständige Anpassungen.

Um z.B. den Segway zum Funktionieren zu bringen, mussten die IngenieurInnen eine Lösung für das Problem der Labilität des Systems finden.



## ÜBUNGEN

### WIE BLEIBT DER STAB AUFRECHT?

Jedes Kind versucht einmal einen Stab aufrecht auf seiner Hand zu balancieren. Um das zu schaffen, muss es ständig die Position seiner Hand anpassen, damit der Stab aufrecht bleibt.

### WIE HABEN DIE INGENIEURINNEN DAS PROBLEM DES LABILEN SYSTEMS GELÖST?

Es ist genau das Prinzip, das gerade beschrieben wurde. Es muss ständig die Position angepasst werden. Dafür muss die Berechnung der Position und die Bewegung, die das System wieder aufrichtet, automatisiert werden (siehe Teil „Während des Besuchs“).

### KANN MAN DAS HALTEN DES GLEICHGEWICHTS ERSCHWEREN?

#### MATERIAL

Ein Stab aus Holz oder Bambus, ein grosses Stück Knetmasse.

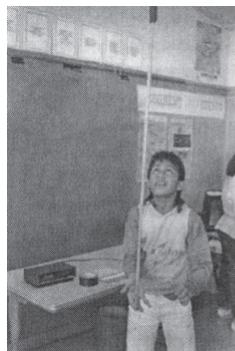
#### ABLAUF

Ein faustgrosses Stück Knetmasse ca. 20 cm vom Ende des Stabs befestigen.

Bitten Sie eine Schülerin oder einen Schüler Ihrer Klasse den Stab in den zwei folgenden Situationen auf einer Hand zu balancieren:

- 1) Die Knetmasse befindet sich auf dem Ende nahe der Hand.
- 2) Den Stab umdrehen und versuchen ein Gleichgewicht zu erhalten, wenn sich die Knetmasse auf der oberen Hälfte des Stabs befindet.

In welcher dieser zwei Situationen ist es einfacher das Gleichgewicht zu halten?



### WIE FUNKTIONIERT DAS?

Der Stab fällt langsamer, wenn das Gewicht oben ist. Dies lässt uns deshalb mehr Zeit, um die Position anzupassen und das Gleichgewicht zu halten.

Wenn das Gewicht unten ist, hat der Stab ein kleineres Trägheitsmoment und fällt schneller. Je weiter weg die Masse von der Drehachse ist (hier die Hand), desto grösser ist das Trägheitsmoment und desto langsamer bewegt sich der Stab.

Je grösser die Masse eines Objekts ist, desto schwieriger ist es, dieses in Bewegung zu setzen.

Das Gleiche gilt für das Trägheitsmoment: Es ist schwieriger, eine rotierende Bewegung eines Objekts mit einem grösseren Trägheitsmoment zu ändern.

#### WÄHREND DES BESUCHS

Das präsentierte Experiment zeigt das Problem des inversen Pendels, ein labiles System, ähnlich wie einen Stab aufrecht auf einem Finger zu balancieren.

Zwei Experimente sind während des Besuchs möglich. Das erste besteht darin, die Reaktionszeit des Roboters, der das Pendel balanciert, zu wählen: von schnell, bei dem das inverse Pendel ohne Probleme aufrecht gehalten wird, bis langsam, bei dem das Pendel fällt. Beim zweiten Experiment wird

das Pendel leicht destabilisiert, um zu beobachten, ob das Gleichgewicht wieder erreicht wird.

Eine Kontrollschleife ist programmiert, um das Gleichgewicht des Pendels in Funktion von seiner Bewegung wieder zu erreichen.

- Messung der Position des Pendels
- Beurteilung des Ausschlags und der durchzuführenden Bewegung, um das Pendel wieder vertikal auszurichten.
- Aktion, um die vertikale Position des Pendels wiederherzustellen.

Diese Kontrollschleife entspricht unserer Reaktion, wenn wir das gleiche Experiment machen: Man schaut das Pendel an (Messung der Position), man beurteilt die nötige Anpassung, damit es wieder ins Gleichgewicht kommt und man bewegt den Arm, um es zu erreichen.

Viele Parameter kommen in der Berechnung der durchzuführenden Bewegung vor, um das Pendel aufrecht zu halten. Man muss zum Beispiel die Verzögerung zwischen der Messung der Position und der gewünschten Reaktion beachten. Das Pendel bewegt sich nämlich während dieser Verzögerung weiter. Die Berechnung der Stärke der Reaktion muss also in diesen Parameter mit einfließen.

## NACH DEM BESUCH

### ÜBUNGEN

#### DER TRÄGHEITS-HOCKER

#### MATERIAL

- Einen Hocker oder einen Stuhl, der sich leicht drehen lässt
- 2 Hanteln (je grösser deren Gewicht, desto grösser der Effekt)

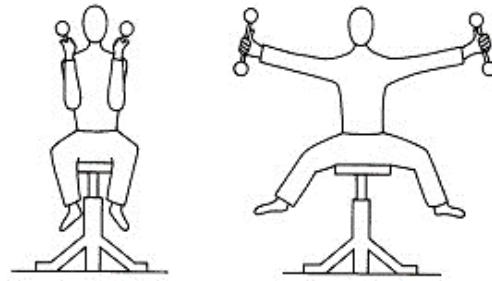
#### ABLAUF

Setzt euch gut auf den Drehstuhl, mit je einer Hantel in jeder Hand und den Armen horizontal zur Seite ausgestreckt. Bittet eine Person, euch zu drehen.

### QUELLEN

- Video über Trägheit, Die Sendung mit der Maus (WDR) <https://www.wdrmaus.de/filme/sachgeschichten/traegheit.php5>
- Internetseite mit Simulation eines inversen Pendels [http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve\\_tulloue/Meca/non\\_galileen/pendule\\_inverse.html](http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Meca/non_galileen/pendule_inverse.html)

Wenn ihr anfangt langsamer zu werden, zieht die Arme an euren Körper: Ihr werdet wieder schneller!



### ERKLÄRUNG

Newton's erstes Gesetz lautet: „Ein kraftfreier Körper bleibt in Ruhe oder bewegt sich geradlinig mit konstanter Geschwindigkeit.“ Dieses Gesetz heisst auch das Trägheitsgesetz und wird mit der Erhaltung des Impulses (Produkt der Masse des Systems und seiner Geschwindigkeit) ausgedrückt.

Es gibt auch ein äquivalentes Gesetz für die Objekte in einer Drehbewegung: ein drehendes Objekt dreht mit einem konstanten Drehimpuls, während die resultierende Kraft der externen Kräfte gleich Null bleibt.

Der Drehimpuls ist das Produkt von zwei Grössen, nämlich die Winkelgeschwindigkeit (in Radian per Sekunde gemessen) und das Trägheitsmoment.

Letzteres hängt von der Masse des Objekts und der geometrischen Verteilung dieser Masse ab. Deshalb ähnelt das obig vorgeschlagene Experiment dem, was EiskunstläuferInnen machen: Wenn sie ihre Arme an ihren Körper pressen, drehen sie sich schneller, weil ihr Trägheitsmoment kleiner wird. Und umgekehrt drehen sie sich langsamer, wenn sie ihre Arme ausstrecken, weil das Trägheitsmoment grösser wird. So kann man das Gesetz der Erhaltung des Drehimpulses ganz gut verstehen.

# Mathematik

## EINLEITUNG

Die Mathematik ist ein sehr weitläufiger Fachbereich, der sich in mehrere Teilgebiete unterteilt. Manche sind sehr alt, wie die Geometrie oder die Theorie der Zahlen. Andere sind jünger, wie z.B. die Analysis, Topologie oder Algorithmik.

Seit Urzeiten wird die Mathematik in anderen Wissenschaften und zur Lösung konkreter Probleme genutzt. Sie haben zu erstaunlichen Entdeckungen geführt.

Um das Jahr 250 v.Chr. berechnete Eratosthenes den Erdumfang mit einer geometrischen Herangehensweise.

Um das Jahr 1630 entdeckte Pierre de Fermat eine Methode, die später unerlässlich für die Kommunikation über das Internet sein sollte.

Im Jahr 1842 erfand Ada Lovelace die Programmierung von Rechnern, ein Jahrhundert bevor man den ersten baute.

Im Jahr 1859 zeigte J.C. Maxwell, ohne auch nur einmal in den Himmel zu sehen, durch lange Berechnungen, dass die Ringe des Saturns aus einer riesigen Menge von Steinen bestehen.

Im Jahr 1942 erstellte Alan Turing die Pläne eines Computers, der im zweiten Weltkrieg benutzt wurde, um die geheimen Nachrichten der Deutschen zu entziffern.

Im Jahr 2006 veröffentlichte George Sugihara seine Forschungen über industrielles Fischen, das Sardinen vor dem Aussterben retten wird.

Von der Meteorologie bis zur Raumfahrt, von der Medizin bis zum Glücksspiel, von der Genanalyse bis zu einer Studie der Heiratsgesetze in australischen Stämmen: jede Aufgabe, sei sie noch so einfach, kann von der Mathematik profitieren. Für die Menschen jedoch, die sich damit beschäftigen, ist es vor allem eine Leidenschaft.

## VOR DEM BESUCH

### WAS IST EIN ALGORITHMUS?

Ein Algorithmus ist eine definierte Abfolge von Einzelschritten, die man befolgt, um eine Lösung zu finden.

### HIER IST EIN BEISPIEL EINES BEKANNTEN ALGORITHMUS

Mehl, Eier, Milch, Butter und eine Prise Salz in eine Schüssel geben und mit dem Rührgerät zu einem glatten Teig rühren. Etwas Butter in einer Pfanne erhitzen und eine  $\frac{1}{2}$  Kelle des Teigs in die Pfanne geben und verteilen. Backen, bis die Unterseite sich löst und wenden. Fertig backen und mit dem restlichen Teig genauso verfahren.

Wenn man diesem bekannten Algorithmus folgt, sollte man leckere Crêpes erhalten.

Ein anderer Algorithmus, den jeder kennt, ist zum Beispiel die Methode um zwei ganze Zahlen zu multiplizieren. Man muss dafür bloss wissen, wie man eine ganze Zahl mit einer anderen Zahl multipliziert und addiert um, in kleinen Schritten, grosse, ganze Zahlen zu multiplizieren.

Ein Algorithmus muss eindeutig und in einer Sprache geschrieben werden, die die Anwenderin oder der Anwender versteht. Wenn der Algorithmus von einem Computer angewandt wird, nennt man ihn ein Programm und ist in einer der speziellen Sprachen geschrieben, die Computer verstehen. Wenn der Algorithmus dazu dient ein Spiel zu gewinnen, wird er Strategie genannt.

### WIE HÄNGT DAS MIT DER ARBEIT VON MATHEMATIKERINNEN ZUSAMMEN?

Es ist viel interessanter, einen Algorithmus zu erfinden als ihn auszuführen. Eine der Aufgaben von MathematikerInnen ist die Erfindung neuer Algorithmen.

Algorithmik ist die Wissenschaft von Algorithmen, mit der die nötigen Operationen für eine Rechnung erforscht werden.

Darüber hinaus ist Algorithmik die Basis einer viel neueren Ingenieurwissenschaft: der Informatik.

## WÄHREND DES BESUCHS

DAS EXPERIMENT IM BUS

Die Chinesischen Ringe sind eines der ältesten Rätsel der Welt. Es gibt es schon seit mehr als 2000 Jahren in China. Man glaubt, dass es so beliebt ist, weil logisches und kreatives Denken kombiniert werden muss. Dieses Rätsel scheint im ersten Augenblick nicht einfach zu lösen zu sein. Mithilfe eines Algorithmus, kommt man jedoch automatisch zur Lösung.

Seine Erfindung wird dem chinesischen General Hung Ming (181-234 v.Chr.) zugeschrieben, der es angeblich seiner Frau schenkte, damit sie eine Beschäftigung hatte, während er im Krieg war.

Im Bus müssen die Schüler versuchen, einen verknoteten Faden unter den Ringen verschiedener Farbe herauszuholen (Abbildung 9-1).

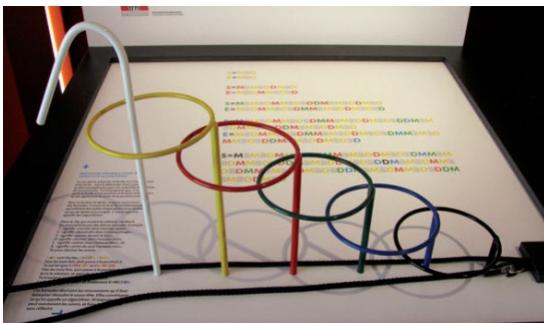


Abbildung 9-1 Chinesische Ringe (EPFL)

Am Anfang versuchen sie es durch Ausprobieren. Idealerweise finden sie eine Methode, um die Schnur aus irgendeinem der Ringe zu holen.

## DER ALGORITHMUS IM DETAIL

Fangen wir mit dem einfachsten Fall an: der Fall, in dem die Schnur nur unter dem gelben Ring eingefädelt ist.

Man geht mit dem Faden hoch in den gelben Ring – eine Aufwärtsbewegung, als **O** geschrieben (oben). Dann hebt man ihn über den weissen Haken – als **W** geschrieben (weiss). Danach geht man wieder hinunter in den gelben Ring – als **U** geschrieben (unten). Und voilà, der Faden ist frei! **A** steht für den Vorgang, unter dem gelben Ring herauszukommen (Ausgang). Genauso wird der Faden auch wieder unter den gelben Ring eingefädelt – als **E** notiert (Eingang). In Zeichen:

A=OWU, E=OWU

Gehen wir jetzt zum Fall, in dem der Faden unter dem roten Ring durchgefädelt ist (zweiter Ring).

Zuerst gehen wir wieder hoch in den roten Ring, als M notiert.

Wenn wir jetzt unter den gelben Ring hindurch und im roten Ring herunter gehen, sind wir wieder in der vorherigen Situation. Wir müssen jetzt nur noch unter dem gelben Ring herauskommen und der Faden ist frei.

Um wieder unter den roten Ring einzufädeln, führt man die gegensätzlichen Operationen in der umgekehrten Reihenfolge durch. In Zeichen:

A=OWEUA. E=EOAWU

Indem man die gelben Buchstaben durch ihre jeweiligen Schritte ersetzt, bekommt man:

A=OWOWUWUOWU, E=OWUOOOWUWU

Wenn man einmal weiss, wie man unter den roten Ring rein und raus kommt, kann man das auch für den grünen Ring: man geht im grünen Ring hoch, über den Haken drüber, unter den roten Ring raus, wieder in den grünen Ring runter unter dem roten Ring raus.

Hier sind die durchzuführenden Bewegungen:

A=MWEUA, E=EOAWU

Oder, wenn man die roten Buchstaben durch ihre vorherige Beschreibung ersetzt:

A=OWOWUOOOWWUUOWOWOWUUOWU,  
E=OWUOOOWWUUOOOWOWUUOWUWU

Wie man vom gelben Ring zum roten und vom roten zum grünen geht, kann man auch vom blauen zum grünen gehen:

A=OWEUA, E=EOAWU

Oder, in extenso:

A=OWOWUOOUWUOOOWOWUUOWUWUUOW  
OWUOOUWUWUOOWOWUUOW,  
E=OWUOOUWUWUOOOWOWUUOWUWUOOOW  
UOOOWUWUUUOWOWUUOWUWU

Gehen wir jetzt zu der nächsten Etappe über, um die Schnur aus dem schwarzen Ring herauszuholen.

Der Übergang eines Ringes zum anderen ist automatisch und erfordert keine Überlegung mehr. Die Formel, um aus dem schwarzen Ring zu kommen ist:

A=OWEUA

Oder, ganz ausgeschrieben:

A=OWOWUOOUWUOOOWOWUUOWUWUOO  
 OWUOOUWUUUOWOWUUOWUWU  
 OWOWUOOUWUOOOWOWUUOWUWUOO  
 WUOOUWUUOWOWUUOWU

Jeder kann jetzt das Rätsel lösen, indem er die Methode befolgt, ohne nachzudenken.

Indem man die Formel analysiert, kann man auch die Zeit abschätzen, die es braucht, um ein Rätsel zu lösen. Man bemerkt, dass man mit einem Ring einmal über dem Haken geht, mit zwei Ringen geht man 3-mal drüber, mit drei Ringen 7-mal. Man sieht so, dass jedes Mal, wenn man einen Ring dazu gibt, man die Anzahl der vorigen Durchgänge verdoppeln und 1 addieren muss. Mit 5 Ringen geht man 31-mal über den Haken (zählt die Anzahl der B in der Formel). Wenn man alle 4 Sekunden über den Haken kommt, braucht es 124 Sekunden, um das Rätsel mit 5 Ringen zu lösen. Wenn es 10 Ringe geben würde, bräuchte es mehr als eine Stunde und mit 20 Ringen, bräuchte man 145 Tage und ein paar Stunden (bei 8 Stunden Arbeit pro Tag).

Kurz gesagt, erhält man die Zahlenfolge 1,3,7,15... der Anzahl der Durchgänge, indem man die vorherige Anzahl verdoppelt und 1 addiert.

Deshalb gilt für den zweiten Ring:

$$3 = (2 \text{ mal } 1) + 1$$

Für den dritten:

$$7 = (2 \text{ mal } 3) + 1$$

Und, zuletzt, für den vierten:

$$15 = (2 \text{ mal } 7) + 1$$

Es gibt für dieses Rätsel keinen schnelleren Algorithmus als diesen!

## NACH DEM BESUCH

### ÜBUNGSVORSCHLÄGE MIT DEN SCHÜLERN DIE TÜRME VON HANOI



Abbildung 9-2 Türme von Hanoi

#### BESCHREIBUNG

Die Scheiben mit verschiedenen Durchmessern, sollen mit einer minimalen Anzahl von Einzelschritten vom Anfangsturm (normalerweise der Erste) zum Zielturm (der Dritte) bewegt werden, indem man über einen Zwischenturm geht. Dabei gelten die folgenden Regeln:

- es kann jeweils nur eine Scheibe auf einmal bewegt werden
- man kann eine Scheibe nur auf eine grössere Scheibe oder auf einen leeren Platz stecken.

Man geht davon aus, dass diese letzte Regel in der Anfangskonfiguration befolgt wird.

#### DAUER

Ungefähr 2 Stunden mit dem Bau.

#### BENÖTIGTES MATERIAL FÜR DEN BAU DER TÜRME VON HANOI (1 TURM PRO SCHÜLER)

- Heissklebepistole mit Nachfüllpackung
- Bohrer
- vorgeschnittenes 21 x 6 cm Brettchen (1 pro Schüler)
- Schere (1 pro Schüler)
- 4 Holzscheiben (rund) mit verschiedenen Durchmessern, 4 pro Schüler (man kann zum Beispiel welche bei Opitec finden: [www.opitec.ch](http://www.opitec.ch))

Scheibe 60x10 mm; Art.-Nr. Opitec 601157

Scheibe 50x10 mm; Art.-Nr. Opitec 601146

Scheibe 40x10 mm; Art.-Nr. Opitec 601135

Scheibe 30x8 mm; Art.-Nr. Opitec 601124

- 4 Stäbchen (Spiesschen) aus Holz (4 pro Schüler)

- Zeitungspapier (zum Schutz)
- Eventuell Farbe und Pinsel, falls das Projekt zum Kunstprojekt wird

## ABLAUF DES WORKSHOPS

Zuerst versuchen die Schüler selbst das Rätsel lösen zu lassen, um sich mit den Regeln vertraut zu machen.

Die folgende Etappe besteht darin einen Algorithmus zu malen, der es möglich macht alle Möglichkeiten zu sehen (auch die, die keine Lösung sind) und die auszusuchen, die am schnellsten zu einer Lösung führen. Auf der folgenden Abbildung ist der Algorithmus für 3 Ringe (Abbildung 9-3).

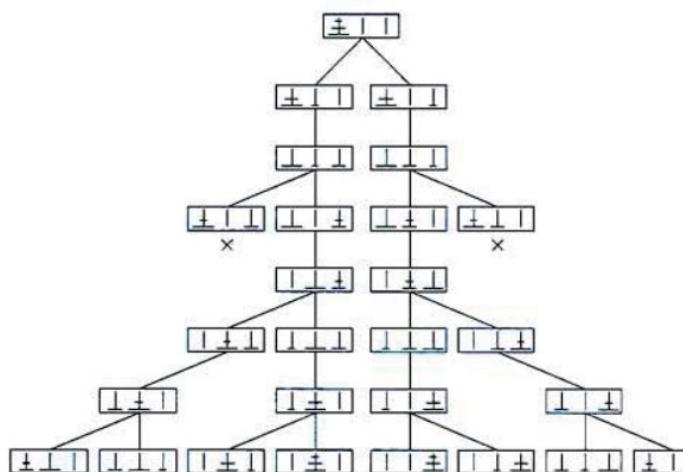


Abbildung 9-3 Alle Möglichkeiten der Türme von Hanoi mit 3 Scheiben

## KURZE RÄTSEL, DIE ALGORITHMEN ERFORDERN

### DAS EIMER-PROBLEM

Wie kann man 1 Liter Wasser mit Hilfe eines 2 Liter-Eimers und eines 5 Liter-Eimers (dieser ist am Anfang voll) abmessen?

Antwort: man füllt den 2 Liter Behälter, und dann leert man ihn aus. Es bleiben also 3 Liter im 5 Liter-Behälter. Man füllt noch einmal den 2 Liter-Behälter. Die restliche Wassermenge ist also noch 1 Liter.

### DAS SANDUHR-PROBLEM

Opa isst nicht alles! Zum Frühstück isst er ein Ei. Er isst es nur, wenn es während 15 Minuten gekocht wurde. Nicht mehr, nicht weniger! Er bittet dich, sein Frühstück vorzubereiten. Du hast keine Uhr, aber zwei Sanduhren. In einer fliesst der Sand in 11 Minuten ab und in der anderen in 7 Minuten. Was machst du?

Antwort: Man muss zuerst beide Sanduhren gleichzeitig auf den Kopf stellen. Wenn der Sand in der 7-Minuten-Sanduhr abgelaufen ist, bleiben 4 Minuten in der 11-Minuten Sanduhr und man fängt mit dem Kochen vom Ei an. Wenn die 4 Minuten abgelaufen sind, dreht man nochmal die 11-Minuten-Sanduhr und man bekommt so eine Kochzeit von 4 Minuten + 11 Minuten = 15 Minuten.

## DER WOLF, DER KOHL UND DIE ZIEGE

Ein Mann muss einen Wolf, eine Ziege und einen sehr grossen Kohlkopf in einem Boot über einen Fluss bringen. Das Boot ist so klein, dass es nur einen der drei für jede Überfahrt aufnehmen kann.

Wie kann er alle drei über den Fluss bringen, ohne dass der Wolf die Ziege oder die Ziege den Kohl frisst?

Antwort: es gibt zwei Lösungen.

### ERSTE LÖSUNG

Schritt Nr.	Linkes Ufer	Fluss	Rechtes Ufer
1	为人   		
2	 	为人  →	
3	 	← 为人	
4		为人  →	
5		←  为人	
6		为人  →	
7		← 为人	 
8		为人  →	 
9			为人   

### ZWEITE LÖSUNG

Schritt Nr.	Linkes Ufer	Fluss	Rechtes Ufer
1	为人   		
2	 	为人  →	
3	 	← 为人	
4		为人  →	
5		←  为人	
6		为人  →	
7		← 为人	 
8		为人  →	 
9			为人   

## DAS WAAGEN-PROBLEM

Wie findet man eine falsche Münze unter 4 Münzen, mit nur zweimal Abwiegen? (Wir wissen von vornherein nicht, ob die falsche Münze leichter oder schwerer ist als die anderen.)

## LÖSUNG

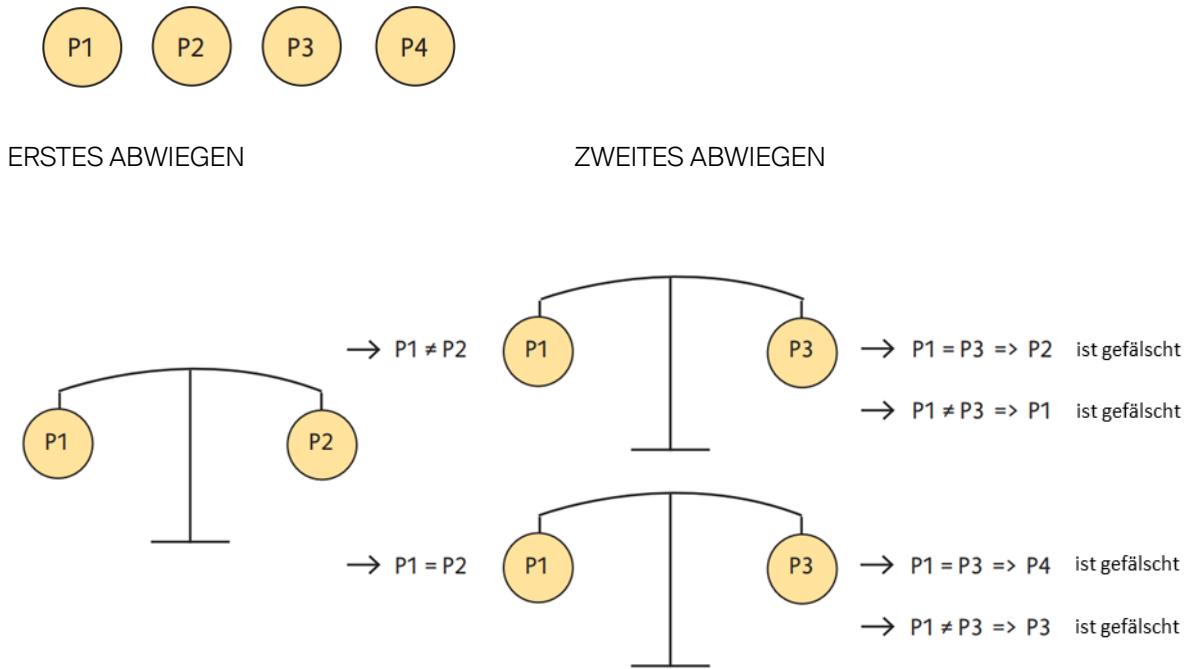


Abbildung 9-4 Lösung zum Waagenproblem

## QUELLEN

- Anwendung der chinesischen Ringe in der Biologie
- L. H. KAUFFMAN Tangle complexity and the topology of the Chinese rings, in Mathematical approaches to biomolecular structure and dynamics, IMA Vol. 82, Springer, 1996, 1-10.
- Theorie hinter den Chinesischen Ringen (auch Baguenaudier genannt)  
J. H. PRZTYCKI and A. S. SIKORA Topological Insights from the Chinese Rings,  
*Proc. Amer. Math. Soc.*, 130 (2002), no. 3, 893-902.
- Online-Version der Türme von Hanoi  
[https://www.mathematik.ch/spiele/hanoi\\_mit\\_grafik/](https://www.mathematik.ch/spiele/hanoi_mit_grafik/)
- Biographien von Ada Lovelace und Alan Turing, Pioniere der Programmierung und Computerwissenschaft (englisch)  
<https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Lovelace/>  
<https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Turing/>

# Chemie und Chemieingenieurwissenschaften

## EINLEITUNG

Die Chemie ist momentan die zentrale Fachrichtung der modernen Forschung, an der Schnittstelle aller Naturwissenschaften.

Einen biologischen Mechanismus verstehen, ein neues Medikament produzieren, ein bahnbrechendes Material herstellen, einen sauberen und sicheren Herstellungsprozess erfinden, neue Energiequellen für die Zukunft der Menschheit gestalten oder das empfindliche Gleichgewicht, das unsere Umwelt bestimmt, verstehen, um sie zu schützen: damit und vielen anderen Aufgaben beschäftigen sich die ChemikerInnen und ChemieingenieurInnen heutzutage.

Das Departement für Chemie und Chemieingenieurwissenschaften und deren Lehrkräfte möchten die zukünftigen WissenschaftlerInnen und IngenieurInnen ausbilden, denen eine Karriere in der Forschung, der Analyse und der Entwicklung in den Molekularwissenschaften, den chemischen Ingenieurwissenschaften und der Biotechnologie bevorsteht.

## VOR DEM BESUCH

Hier sind ein paar Konzepte, die im Experiment im Bus vorgestellt werden und ein paar Ideen, um sie einfach anzugehen.

### WELCHE MITTEL KENNT IHR, UM LICHT ZU PRODUZIEREN?

Man kann Licht als Energiepartikel beschreiben, die man Photonen nennt. Licht stammt von einer Energieumwandlung, z.B. elektrischen (Glühlampen, Leuchtstoffröhren oder Energiesparlampen: elektrische Entladung in ein Gas, Leuchtdioden), thermischen (Verbrennung) oder, wie wir es in diesem Experiment sehen werden, chemischen Ursprungs. Chemolumineszenz findet man in der Natur bei Glühwürmchen und manchen Meeresorganismen. Sie entsteht durch eine chemische Reaktion.

### WAS IST EINE CHEMISCHE REAKTION?

Bei einer chemischen Reaktion werden die chemischen Verbindungen, die die Materie bilden, modifiziert. Die Gesamtmasse der Reagenzien

bleibt erhalten. Chemische Reaktionen provozieren eine Veränderung der chemischen Beschaffenheit der Materie, anders als physikalische Veränderungen (Veränderung des Aggregatzustandes, Erosion, Brüche, nukleare Reaktionen, ...).

Zu den bekanntesten chemischen Reaktionen zählen:

- Atmung, Milchsäuregärung und alkoholische Gärung, die Organismen erlauben Energie zu produzieren
- Sekretion durch Organe (Tränen, Schweiss, Magensäure, Hormone, ...), Reaktion dieses Sekrets
- Verbrennung (unter anderen in Verbrennungsmotoren und Heizkessel), Feuer
- Kochen von Nahrungsmitteln, Brandwunden
- Korrosion von Material (zum Beispiel Rost)
- Chlorophyll-Photosynthese, die es Pflanzen erlaubt Zucker aus Kohlendioxid und Wasser zu produzieren
- Auflösung der Metalle durch Säure
- Fotoentwicklung in der analogen Fotografie
- Stromerzeugung durch Batterien, Speicherung und Abgabe von Strom mit Akkus und Batterien.
- Gewinnung von Metallen aus Erzen (Metallurgie)
- Herstellung von Benzin, Ölen und Kunststoffen aus Erdöl
- Herstellung von Reinigungsmitteln: Seife (Verseifungsreaktion), Bleichmittel, Salzsäure, Natronlauge, Ammoniak.

## WORAUS BESTEHT MATERIE?

Materie besteht aus Atomen verschiedener Elemente (zum Beispiel die Moleküle unseres Körpers bestehen aus Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, ...), die selbst aus kleineren Teilchen bestehen (Protonen, Neutronen und Elektronen).

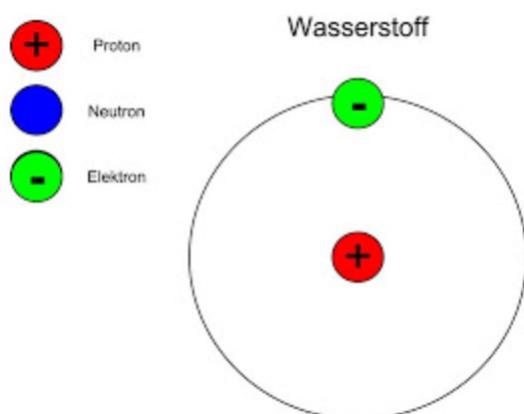


Abbildung 10-1 Wasserstoffatom (knowphy.de)

Eine Verbindung mehrerer Atome bildet ein Molekül. Zum Beispiel das Wassermolekül, mit der chemischen Formel  $H_2O$ :

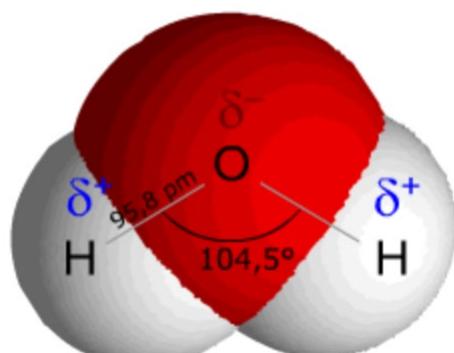
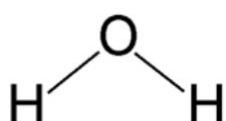


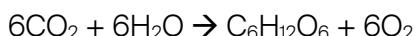
Abbildung 10-2 Wassermolekül Kugelmodell, (chemgapedia.de)

Es wird auch so dargestellt:



Die Chemie studiert die Zusammensetzung der Materie, ihre Struktur und Umwandlungen. Um die Phänomene darzustellen, die während einer chemischen Reaktion stattfinden, schreibt man eine Reaktionsgleichung.

Beispiel der Photosynthese:



Kohlendioxid + Wasser reagiert zu Glukose (Zucker) + Sauerstoff

## WAS IST EIN KATALYSATOR?

In der Chemie ist ein Katalysator eine Substanz, die die Geschwindigkeit der chemischen Reaktion erhöht; er ist an der Reaktion beteiligt, wird aber am Ende der Reaktion regeneriert. Es ist also kein Reaktant und kein Produkt in der Reaktionsgleichung. Wenn ein Katalysator benutzt wird um eine Reaktion zu beschleunigen, wird diese katalysiert genannt.

Wir werden verschiedene Katalysatoren in den vorgeschlagenen Experimenten benutzen.

## ÜBUNGEN

### EXOTHERME REAKTION

In Chemie wird eine Reaktion exotherm genannt, wenn sie Wärme produziert. Diese plötzlich freigesetzte Wärme kann dazu führen, dass die Reaktion beschleunigt und damit explosiv wird. Viele Reaktionen, in denen Säuren und Basen vorkommen, sind exotherm. Die Reaktion kann plötzlich sein. Ein Stück metallisches Natrium reagiert sehr intensiv mit Wasser wegen der starken Entwicklung von gasförmigem Wasserstoff (brennbar), Natronlauge (Natriumhydroxid) und Wärme. Letztere kann den Wasserstoff entzünden (gefährliches Experiment).

### EXPERIMENT

Fällung von Natriumacetat:

Lösen Sie in warmem Wasser (ungefähr 60°C) so viel Natriumacetat auf wie möglich (ungefähr 170 g/100 ml). Die Mischung langsam abkühlen lassen. Die Lösung ist übersättigt, d.h. sie enthält mehr gelösten Stoff als sie normalerweise aufnehmen kann. Die Lösung ist metastabil, d.h., dass der gelöste Stoff bei der geringsten Störung ausfällt, zum Beispiel wenn man die Lösung mit den Fingerspitzen berührt (die Lösung darf also keine Unreinheiten wie Staub enthalten). Die Kristallisation setzt Wärme frei (wie z.B. die Handwärmer, die man in Läden findet).

## REDOXREAKTION Fe/Cu: VERKUPFERUNG EINES EISENNAGELS

Eine Redoxreaktion ist ein Prozess, der Elektronen von einem Atom zum anderen überträgt. In unserem Fall hier, ist das Oxidationsmittel das Kupfer in Form von Ionen und das Reduktionsmittel das Eisen.

### EXPERIMENT

Zwei Kaffeelöffel Kupfersulfat in einem Wasserglas auflösen. Den Eisennagel hinein tauchen. Nach ein paar Minuten kann man sehen wie die Oberfläche Rosa wird und dann mit Kupfer überzogen ist.

Während der Reaktion wird das ionische Kupfer ( $\text{Cu}^{2+}$ ), das in Lösung ist, reduziert. Zugleich wird das metallische Eisen (Fe), das sich im Nagel befindet, reduziert. Am Ende der Reaktion erhält man metallisches Kupfer (Cu), das sich auf dem Nagel abgeschieden hat und ionisches Eisen ( $\text{Fe}^{2+}$ ), das in Lösung gegangen ist (Abbildung 10-3).

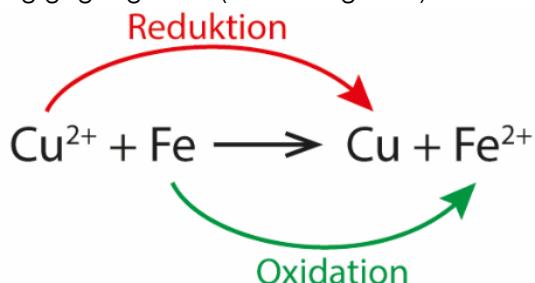


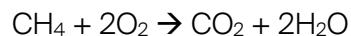
Abbildung 10-3 Redoxreaktion von Kupfer und Eisen

## VERBRENNUNG => HITZE + „WARMES“ LICHT

Die Verbrennung ist eine exotherme, chemische Redoxreaktion. Wenn die Verbrennung leuchtend ist, gibt es eine Flamme oder sogar eine Explosion. Die Verbrennung ist die Oxidation eines Brennstoffes durch einen Verbrennungsstoff: der Brennstoff ist der Reaktant, der während der Verbrennung oxidiert wird; er ist ein Reduktionsmittel und gibt Elektronen ab. Der Verbrennungsstoff ist der Reaktant, der reduziert wird; er ist ein Oxidationsmittel und erhält Elektronen.

### BEISPIEL

Verbrennung von Methan mit molekularem Sauerstoff:



Kohlendioxid  $\text{CO}_2$  und Wasser  $\text{H}_2\text{O}$  sind stabiler als das Sauerstoffmolekül und Methan. Das Licht wird von der Flamme emittiert.

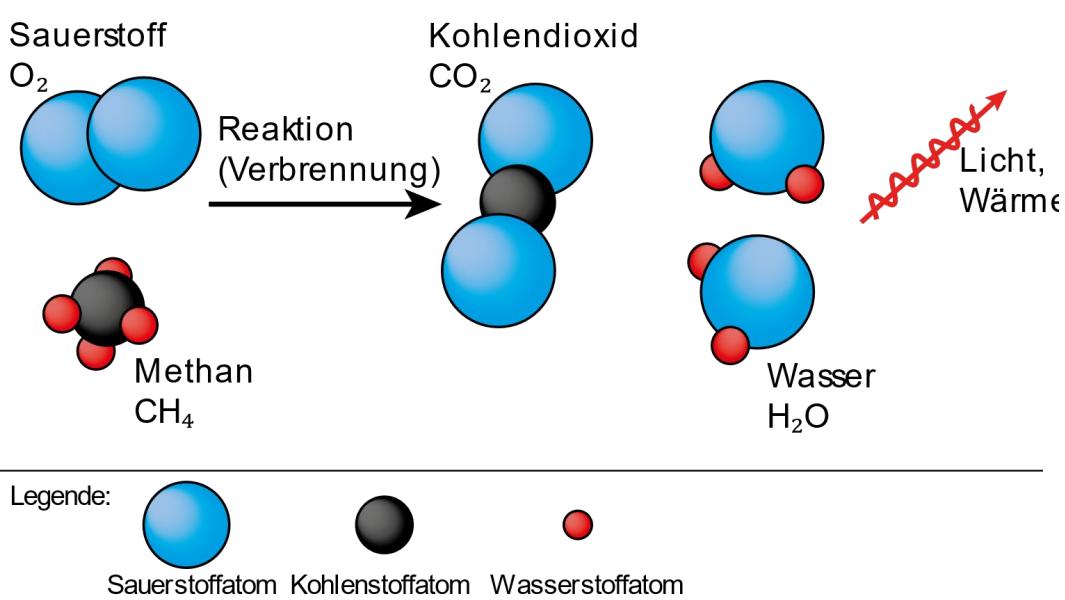
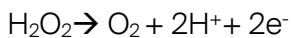


Abbildung 10-4 Reaktionsschema Verbrennung von Methan

## EXPERIMENT MIT WASSERSTOFFPEROXID

Wasserstoffperoxid  $H_2O_2$  wird in einer exothermen Disproportionierungsreaktion zu Wasser und Sauerstoff umgewandelt. Wie stark, hängt von der Temperatur und der Menge an Unreinheiten und Stabilisatoren ab.

Die Disproportionierungsreaktion zeigt die oxidativen und reduktiven Eigenschaften des Wasserstoffperoxids auf. Sie kann als Reaktion zwischen  $H_2O_2$  als Oxidationsmittel und  $H_2O_2$  als Reduktionsmittel beschrieben werden. Die Disproportionierungsreaktion  $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$  besteht aus den zwei folgenden halben Redoxgleichungen:



(in der  $H_2O_2$  das Reduktionsmittel ist)

Die Disproportionierungsreaktion ist langsam und wässrige Lösungen von Wasserstoffperoxid können lange gelagert werden.

Wasserstoffperoxid wird von vielen Substanzen zersetzt, z.B. von den meisten Übergangsmetallen und deren Verbindungen, organischen Stoffen, Staub, usw. Die Benutzung eines Katalysators (Mangandioxid, Kaliumpermanganat, Silber oder das Enzym Katalase) fördert die Zersetzungsraten des Wasserstoffperoxids beträchtlich. Dieses Phänomen resultiert in starker Wasserstoff- und Hitzeentwicklung.

### DAS MATERIAL

- ein Glasgefäß mit Deckel
- eine Tüte Kaliumpermanganat
- Wasserstoffperoxid
- Grillspieß aus Holz
- Feuerzeug oder Streichhölzer

### DER VERSUCH

Etwas Kaliumpermanganat in das Gefäß geben. Wasserstoffperoxid hinzufügen und das Gefäß mit dem Deckel schliessen, um zu vermeiden, dass Gas entweicht.

Ein Ende des Holzspießes mit einem Streichholz anzünden. Die Flamme löschen, aber das Holz glühen lassen (Glimmspan).

Den Deckel abnehmen und schnell den Spieß in das Glas halten, ohne die Flüssigkeit im Gefäß zu berühren.

### WAS SIEHT MAN?

Man sieht, dass der Spieß wieder anfängt zu brennen, sobald sein glühendes Ende im Gefäß ist. In manchen Fällen hört man sogar eine kleine Explosion.

### ERKLÄRUNG

Wenn man Kaliumpermanganat und Wasserstoffperoxid mischt, erfolgt eine chemische Reaktion. Diese Reaktion produziert ein Gas - molekularer Sauerstoff oder auch Disauerstoff genannt.

Sauerstoff ist sehr reaktiv und ermöglicht es, die erloschene Flamme auf dem glühenden Holzstück wieder zu entfachen.

Kaliumpermanganat ist ein Katalysator, der die Redoxreaktion des Wasserstoffperoxids beschleunigt.

Eines der Produkte dieser Reaktion ist reiner Sauerstoff, der im geschlossenen Gefäß aufgefangen wurde und als Brandbeschleuniger wirkt.

Die Verbrennung des Holzes ist ebenfalls eine chemische Reaktion, die Sauerstoff verbraucht und Kohlendioxid produziert.

### EXPERIMENT: KATALYSE

#### DAS MATERIAL

- 3 kleine Becher/Töpfe aus Glas
- Puderzucker
- Asche
- Feuerzeug oder Streichhölzer

#### VERSUCH

Man macht 3 Häufchen auf den umgedrehten Glastöpfchen:

- Eins aus Zucker
- Eins aus Asche
- Eins aus einer Mischung von Zucker und Asche. Man braucht etwas mehr Zucker als Asche.

Man versucht dann jeden Haufen anzuzünden.

### WAS SIEHT MAN?

- Der Zucker wird braun.
- Bei der Asche passiert nichts.
- Ein einziger Haufen fängt an zu brennen: die Mischung aus Zucker und Asche.

## ERKLÄRUNG

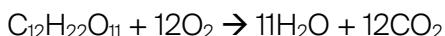
- Der Zucker karamellisiert unter der Einwirkung der Hitze (Oxidation des Zuckers).
- Asche kann nicht allein brennen (sie besteht nur aus Kohlenstoff).
- Die Mischung enthält alle Elemente, die förderlich sind für die Verbrennung.

Zucker ist ein Brennstoff, der mit einem Verbrennungsmittel, dem Luftsauerstoff, reagieren kann, wenn er brennt.

Jedoch muss der Zucker verdampfen, damit die Reaktion funktioniert und man braucht deshalb einen Anzünder. Asche fungiert als Anzünder.

Man kann die gleiche Art von Experiment mit einer Kerze machen. Man kann tatsächlich kein Kerzenwachs ohne Docht (Anzünder) zum Brennen bringen.

Die chemische Formel des Zuckers (Saccharose) ist  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . Er reagiert so:



## WÄHREND DES BESUCHS

Das Experiment besteht aus einer Glasrohrschnalle, die an ihrem oberen Ende ein Fläschchen hat, in das drei verschiedene Produkte gefüllt werden können.

Ein erster Druckschalter erlaubt es Luminol und Wasserstoffperoxid einzufüllen. Wenn die zwei Flüssigkeiten sich beim Herunterfließen vermischen, findet die Reaktion in der Schnalle statt und es erfolgt eine Reaktion mit Lumineszenz.

Mit dem zweiten Druckschalter wird zu den zwei anderen Lösungen eine Fluoresceinlösung

hinzugefügt. Während der Reaktion wird die Anregungsenergie des Luminols auf das Fluorescein übertragen und wieder in Form eines grünen Lichts emittiert, man spricht dann von Fluoreszenz.

Die Reaktion wäre auch mit anderen Farbstoffen möglich.

## NACH DEM BESUCH

### EIN PAAR ANWENDUNGEN, DIE CHEMILUMINESZENZ NUTZEN

Luminol wird in der Kriminaltechnik benutzt, um Blutspuren zu finden, auch wenn diese aufgewischt worden sind (ausser, wenn sie mit Bleichmittel, einem starken Oxidationsmittel, entfernt worden sind). Die ErmittlerInnen bereiten eine Lösung von Luminol und einem Aktivierungsmittel vor und versprühen sie auf dem Tatort. Das Eisen und die Katalase, die im Blut vorhanden sind, werden die chemische Reaktion katalysieren, die Lumineszenz auslösen und so die Blutstellen zeigen. Die Menge des Katalysators, die für die Reaktion nötig ist, ist sehr gering im Gegensatz zu der Menge an Luminol. Dadurch können auch unendlich kleine Blutmengen detektiert werden. Blaues Licht wird emittiert, dies dauert ungefähr 30 Sekunden. Der Raum muss dunkel genug sein, um das Leuchten zu sehen. Jede Lichtemission muss mit einem Langzeitbelichtungsfoto archiviert werden.

Für Umweltforschungen kann dieses Phänomen auch für die Erkennung von Stickstoffoxid benutzt werden: dieses Gas reagiert gut mit Luminol.

Es gibt auch viele medizinische Anwendungen dieses Phänomens, wie die Früherkennung von Krebszellen oder Herzinfarkten.

In ein hohles Plastikrohr gefüllt, kann man mit diesem Phänomen Rettungslichter machen oder auch dekorative Objekte (Armbänder, Ketten, Reifen, usw.) für Partys.

## QUELLEN

- Experimente für Kinder  
<https://kinderlabor.ch/experimentieren-fuer-kinder/>  
<https://www.geo.de/geolino/basteln/15225-thma-experimente>
- Wissensseite über einige chemische Themen  
<https://www.simplyscience.ch/kids-zellen-molekuele.html>

# Physik

## EINLEITUNG

Seit Urzeiten stellt sich die Menschheit Fragen zur Natur der Dinge und die Gesetze, die den Ablauf des Universums bestimmen. Die Entdeckung und die Kenntnis der Materie, woraus wir bestehen und die uns umgibt, vom unendlich Kleinen bis zum unendlich Grossen, vom kleinsten Elementarpartikel bis zur grössten Galaxie des Universums, aber auch die Entdeckung und die Kenntnis von Mechanismen, die die Organisation und Transformation der Materie bestimmen, machen das Wesen der Physik aus.

Grosse Entdeckungen prägen die Geschichte der Physik. Entdeckungen wie die des Atoms, des Elektrons, des Photons, der Gravitation, der Gesetze der Astronomie, der Röntgenstrahlung, der Radioaktivität, der Relativität, der Kernenergie, der Quarks, des Big-Bang und der Entstehung des Universums, der Halbleiter und Supraleiter, u.v.m.

EPFL PhysikerInnen sind WissenschaftlerInnen mit Universitätsabschluss, die ihre Forschungsergebnisse für technische Lösungen unserer modernen, sozio-ökonomischen und umweltrelevanten Probleme finden. Deshalb wird ihre wissenschaftliche Ausbildung mit Technik- und Managementkenntnissen für Projektleitung und Lösung technischer Probleme ergänzt. Dieser Studiengang beschäftigt sich mit konkreten Fragestellungen und verlangt sowohl mathematische Fähigkeiten als auch eine Vorliebe für wissenschaftliche Genauigkeit und Hang zur Konzeptualisierung und Abstraktion.

## WAS SIND DIE BERUFLICHEN PERSPEKTIVEN?

Die beruflichen Perspektiven für PhysikerInnen sind sehr vielseitig. Sie können eine Anstellung in der Grundlagen- oder angewandten Forschung finden, die mit Spitzentechnologien wie thermonukleare Fusion, Biophysik, Nanotechnologien, Supraleitung, Quantenoptik oder Experimenten in grossen Partikelbeschleunigern zusammenarbeiten. Sie besetzen aber auch Positionen im Management und Führungspositionen von Firmen und öffentlichen Einrichtungen, oder auch im Lehrwesen.

Aufgrund des allgemeinwissenschaftlichen Aspektes der Ausbildung, sind die privaten Arbeitgeber häufig mittlere bis grosse Firmen.

## VOR DEM BESUCH

### DIE OBERFLÄCHENSPANNUNG

Eine Oberflächenspannung gibt es an der Grenzfläche von zwei Umgebungen (zwischen einem festen oder flüssigen Stoff und einem gasförmigen Stoff).

Nachdem Moleküle es vorziehen, von gleichen Molekülen umgeben zu sein, neigt das System dazu, die Kontaktfläche zwischen zwei Umgebungen zu minimieren.

So kann man auch die Kugelform der Seifenblasen verstehen, denn dabei handelt es sich um die minimale Oberfläche.

Ein anderes Beispiel: die gewölbte Form der Wasseroberfläche in einem Glas, das ein bisschen zu voll ist. Ohne die Oberflächenspannung, die der Ausdehnung der Oberfläche entgegenwirkt, würde das Wasser überlaufen.

Auch der Tautropfen auf der Oberfläche eines Blatts hat etwas mit Oberflächenspannung zu tun. Hier sind drei Umgebungen vorhanden: Wasser, Luft und das Blatt. Anstatt sich auf dem Blatt zu verteilen, verkleinert der Tropfen seine Kontaktfläche mit diesem so weit wie möglich. Es konkurrieren die Oberflächenspannungen Blatt-Luft und Luft-Wasser.

Insgesamt ist die Oberflächenform das Gleichgewicht zwischen dem Druck des Gases, der Anziehung vom Inneren der Flüssigkeit und der Gravitationskraft. Das System neigt dazu, die Oberflächenenergie zu minimisieren. Die Oberflächenspannung wird in N/m gemessen.



Abbildung 11-1 Wasserläufer nutzen die Oberflächen-spannung, um über das Wasser zu laufen.

## DIE STRUKTUR DER SEIFE

Seifenmoleküle haben zwei Teile: einen wasserlöslichen Kopf, den man „hydrophil“ nennt; und einen Schwanz bestehend aus 10 bis 20 Kohlenstoffatomen, der nicht im Wasser sein mag und den man „hydrophob“ nennt. So mögen diese Moleküle Wasser, aber stossen es gleichzeitig ab! Man nennt sie „amphiphile Moleküle“.

Beim Händewaschen platzieren sich die Seifenmoleküle an die Oberfläche zwischen Wasser und Fett, und erlauben es so dem Wasser das Fett mitzunehmen (was das Wasser alleine nicht schafft). Es sind die gleichen Moleküle, die die Seifenblasen so lange erhalten. In einem Seifenfilm gibt es hauptsächlich einen Wasserfilm. Er wird von beiden Seiten von einer Monolage amphiphiler Moleküle bedeckt. Ihre Schwänze zeigen nach aussen, in die Luft. Ihre Köpfe sind nach innen gerichtet, weil sie gerne im Wasser sind.

### AMPHIPHILE MOLEKÜLE ÜBEN DREI FUNKTIONEN AUS

Erstens fördern sie die Bildung von Blasen.

Zweitens verlangsamen sie das Verschwinden der Blasen. Die zwei Monolagen bilden Wände, die das Wasser eindämmen. Manche Spülmittel eignen sich besser als andere, weil sie eine elastischere Monolage bilden. Man kann auch den Wasserverlust verlangsamen, indem man das Wasser dickflüssiger macht (mit 10% Glycerin, das man billig in einer Apotheke kaufen kann). Um die Verdunstung bei trockener Luft zu verlangsamen, kann man 5% Zucker ins Wasser geben.

Drittens verhindern sie, dass die Blasen in sich zusammenfallen: die zwei Molekülschichten auf beiden Seiten des Films stossen sich gegenseitig ab.

Kurz gesagt besteht eine Seifenblase aus einer dünnen Wasserschicht, die wie bei einem Sandwich zwischen zwei Schichten von Seifenmolekülen gepackt ist (Abbildung 11-2).

### Lamellenbildung bei einer Seifenblase

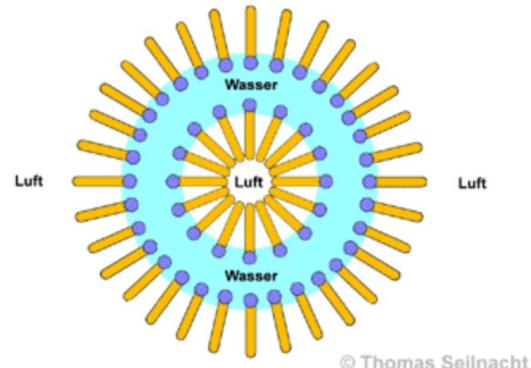


Abbildung 11-2 Entstehung einer Seifenblase (sehnacht.com)

### WAS HAT DAS MIT DER ARBEIT EINER PHYSIKERIN ODER EINES PHYSIKERS ZU TUN?

Ein Schaum nimmt in Ruhe die Form an, die in der kleinsten Seifenfilmoberfläche resultiert (entsprechend der Grösse und Anordnung der einzelnen Blasen).

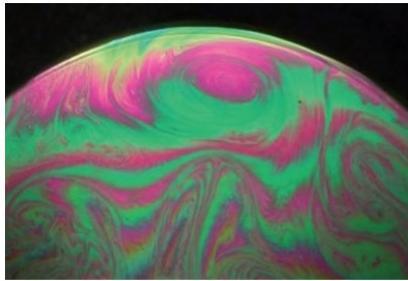
Benutzt man ein Gerät, das den Schaum zwingt, nur eine einzige Lage zu bilden, wird dieser quasi zweidimensional.

Dadurch ist es möglich eine Kamera auf den Schaum zu fokussieren und die Veränderung seiner Zellstruktur zu filmen.

Wenn PhysikerInnen einen Schaum studieren, interessieren sie sich unter anderem für den Abstand zwischen den Blasen, d.h. die Dicke des Wasserfilms der zwei Blasen trennt. Sie können auch die Anzahl der benachbarten Blasen zählen oder ihre Grösse messen.

Sie untersuchen Seifenblasen auch, um manche atmosphärischen Phänomene zu verstehen. Wie Seifenblasen, besteht die Atmosphäre im Vergleich zu ihrem Durchmesser aus einer sehr dünnen Schicht.

ForscherInnen konnten zum Beispiel die Entstehung von Orkanen verstehen, indem sie eine halbe Seifenblase gebildet haben, die sie am „Äquator“ erwärmt und dann am „Pol“ gekühlt haben. So entsteht ein grosser Wirbel, der einem Orkan ähnelt (Abbildung 11-3).



© CNRS Photothèque/APS/KELLAY Hamid, SEYCHELLES Fanny

Abbildung 11-3 Wirbel auf einer Seifenblase zur Simulation von Stürmen.

Sie haben auch die Zufallsparameter gemessen, die in der Bewegung der Orkane enthalten sind, und für die Vorhersage des Verlaufs eines Orkans berücksichtigt werden müssen. Damit können Orkanbewegungen mit einer Wahrscheinlichkeit berechnet werden.

### WÄHREND DES BESUCHS

Die Abteilung für Physik präsentiert ein Experiment, bei dem die SchülerInnen polyedrische Rahmen in eine Seifenlösung eintauchen und die Oberflächen beobachten, die der Seifenfilm im Inneren dieser Rahmen bildet.

Diese Oberflächen nennt man minimale Oberflächen. In der Architektur versucht man oft minimale Oberflächen zu erzeugen, weil sie sehr schön sind und eine minimale Menge an Materialen brauchen. Jedoch sind die Berechnungen sehr kompliziert. Das Géode in Paris ist ein Beispiel dafür (Abbildung 11-4).



Abbildung 11-4 La Géode, ein Omnimax in Paris

## NACH DEM BESUCH

### ÜBUNGEN

#### DIE WASSERHAUT

Dauer: Zwischen 7 und 10 Minuten

#### MATERIAL

- Eine Nadel pro Zweiergruppe
- Ein Wasserglas pro Zweiergruppe

#### ABLAUF

Die Herausforderung besteht darin die Nadel auf die Wasseroberfläche zu legen, ohne dass sie untergeht.

Wenn man abrupt eine Nadel ins Wasser fallen lässt, geht sie unter. Jedoch schwimmt dieselbe Nadel an der Oberfläche, wenn man sie vorsichtig auf das Wasser legt. Wieso?

Metall ist dichter als Wasser und die Nadel sollte deshalb untergehen. Die Oberflächenspannung kann aber ausreichen, um kleine Objekte an der Wasseroberfläche zu halten. Diese Objekte müssen eine ausreichend grosse Oberfläche im Vergleich zu ihrer Masse haben.

#### DIE «PSYCHEDELISCHE MILCH»

Dauer: Von 5 bis 7 Minuten

#### MATERIAL

- Ein Gefäß, zum Beispiel einen Teller
- Milch
- Tintenpatronen in einer oder mehreren Farben
- Eine Schere
- Einen Grillspiess
- Ein paar Tropfen Spülmittel in einem anderen Gefäß

#### DER ABLAUF

Etwas Milch in ein Gefäß füllen und ein bisschen Tinte (oder Lebensmittelfarbe) verschiedener Farben auf die Milch tropfen (aber nicht in die Mitte). Den Grillspiess in das Spülmittel tauchen und damit die Milchoberfläche in der Mitte des Gefäßes berühren. Die Bewegung, mit der sich die Farben verteilen, scheint aufzuhören. Nun die Milchoberfläche mit dem Grillspiess am Rand berühren!

## WAS PASSIERT?

Sobald der in das Spülmittel eingetauchte Grillspiess die Milch berührt, verstreuen sich die Farben an der Milchoberfläche und gehen vom Spiess weg.

Milch besteht zu einem grossen Teil aus Wasser, Fetten und Proteinen. Wenn Tinte auf Milch getropft wird, schwimmt diese, weil sie weniger dicht ist als Milch. Die Fette und Proteine hindern das Farbmittel daran, sich zu verteilen. Wieso verstreuen sich die Farben beim Kontakt mit Spülmittel? An der Oberfläche der Milch bilden die Wassermoleküle eine Art straffen Film. Das ist wegen der Oberflächenspannung. Indem die Milchoberfläche mit Spülmittel berührt wird, wird die Oberflächenspannung verringert. Dieser Effekt breitet sich aus und damit auch die Tinte.

## DIE OBERFLÄCHENSPANNUNG DER SEIFENBLASEN

Dauer: Zwischen 20 und 30 Minuten mit der Herstellung der Rahmen. Man kann auch das Experiment vom Bus in der Klasse nachmachen.

## MATERIAL

- Pfeifenputzer
- Strohhalme
- Schere
- Flüssigkeit für Seifenblasen in einem Gefäß, das gross genug ist, um dreidimensionale Formen darin einzutauchen

## ABLAUF

Mit Hilfe von Pfeifenputzern und Strohhalmen können dreidimensionale, geometrische Formen gebildet werden, wie z.B. einen Würfel, ein Tetraeder oder eine andere Form, die euch einfällt. Wenn diese Form in die Seifenlösung getaucht wird, könnt ihr geometrische Formen sehen, die von dem Seifenfilm umgeben sind.

## WAS PASSIERT?

Wenn die geometrische Form aus der Seifenlösung herausgenommen wird, nimmt der Seifenfilm den minimalen Energiezustand ein. Dieser minimale Energiezustand entspricht der kleinsten Oberfläche, die der seifige Film bedecken kann. Die komplizierten Formen, die im Inneren des Rahmens zu sehen sind, entsprechen dem minimalen Bereich, den der Seifenfilm bedecken kann.

## QUELLEN

- Physik-Adventskalender mit Experimenten zum Selbermachen. In der Adventszeit kann durch tägliche Teilnahme ein Preis gewonnen werden. Im restlichen Jahr stehen die Aufgaben und Lösungen zur Verfügung:  
<https://www.physik-im-advent.de/calender>
- Erklärung zu Seifenblasen  
<https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Seifenblase>

# Kommunikationssysteme

## EINLEITUNG

### WAS SIND KOMMUNIKATIONSSYSTEME?

Die Welt entwickelt sich schnell und der Motor dieser Änderungen ist engstens verbunden mit den ständig erweiterten Kommunikationsmöglichkeiten. Was gestern völlig futuristisch schien, wird morgen Wirklichkeit sein. SMS, WWW, Peer-to-Peer, E-Commerce, Fernstudium sind so vertraute Konzepte, dass es schwierig ist, sich eine Welt ohne sie vorzustellen. Selbst, wenn es unmöglich ist die nächsten Entwicklungen vorherzusagen, ist es fast sicher, dass sie aus Verbesserungen im Sektor der Informationstechnologien hervorgehen werden.

Wie hängen ein Lied auf einer CD und ein Morsecode zusammen? Oder Engpässe im Internet und Stau im Strassenverkehr?

Die Antwort zu diesen Fragen hat das Studium der Kommunikationssysteme. Vergleichbar mit Gegenständen, die den Gesetzen der Physik unterliegen, unterliegt die Information den Gesetzen der Informationstheorie. Es gibt Grenzen in der Art, wie man Information speichert, transportiert oder nutzt, unabhängig von der verwendeten Technologie. Ob es sich um eine CD oder einen Morsecode, Internet oder das Verkehrsnetz handelt, es gelten dieselben Gesetze oder Grundprinzipien.

### WAS IST EIN CODE?

Der Sinn eines Codes ist es, eine Nachricht umzuwandeln, um sie auf einem Kanal zu versenden, also auf einem Medium, das erlaubt Nachrichten weiterzuleiten. Dieser Kanal verbindet den Absender mit dem Empfänger. Es handelt sich zum Beispiel um die Telefonleitung bei einem Telefonanruf.

Um einen Satz über einen Kanal zu versenden, der zum Beispiel nur 0 und 1 akzeptiert, muss man den Satz in 0 und 1 umwandeln, d.h. ihn codieren. Die Folge von 0 und 1 wird bei der Ankunft decodiert und wieder in einen für Menschen verständlichen Satz umgewandelt. Das Codieren besteht darin, eine Nachricht in ein anderes Alphabet umzuwandeln. Morse ist ein Codebeispiel. Man darf nicht das Codieren einer Information mit dem Verschlüsseln einer Information verwechseln. Codieren dient dazu die Informationen zu transformieren, um sie auf einem Kanal versenden zu können. Verschlüsseln

hingegen ist eine Sicherheitsfunktion und dient der Geheimhaltung der durchgegebenen Information.

## VOR DEM BESUCH

Um Informationen durchzugeben, haben die Menschen schon immer versucht Codes zu finden, beispielsweise die Rauchsignale der nordamerikanischen Ureinwohner oder der Morsecode. Mit beiden können Nachrichten über grosse Distanzen übertragen werden.

Mit Morsecode kann ein Text mit Hilfe von elektrischen- oder Lichtimpulsen übertragen werden. Er besteht aus langen und kurzen Pulsen, die, wenn zusammengefügt, Buchstaben codieren.

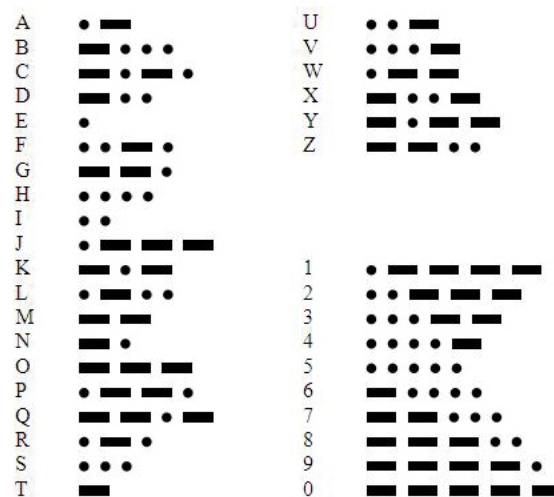


Abbildung 12-1 Morsealphabet

## ÜBUNGEN

MIT HILFE DES MORSECODES EINE VERSCHLÜSSELTE NACHRICHT AN DEN NACHBARN SCHICKEN

Man kann Taschenlampen benutzen, um lange oder kurze Signale zu senden, aber man kann auch nur den mit Morsealphabet verschlüsselten Satz auf ein Blatt Papier schreiben. Der Nachbar muss den Satz entschlüsseln (s. Arbeitsblatt 1 am Ende des Kapitels).

## BINÄRSYSTEM

Um Informationen auf einer Festplatte zu speichern, einen Satelliten zu steuern oder um eine elektronische Nachricht zu senden, muss man die gesendeten Informationen codieren. Jede Information wird in eine Folge von binären Zahlen

codiert. In ASCII (American Standard Code for Information Interchange), das von Computern benutzt wird, wird beispielsweise jedes Symbol durch eine binäre Zahl codiert. A ist zum Beispiel 01000001.

Der Computer benutzt nur die Zahlen 0 und 1. Er zählt also 0,1,10,11,100,101, usw.

ZEHNSYSTEM wie wir zählen	BINÄRSYSTEM wie die Computer zählen
0	→ 0
1	→ 1
2	→ 10
3	→ 11
4	→ 100
5	→ 101
6	→ 110
7	→ 111
8	→ 1000
9	→ 1001
10	→ 1010
usw. für alle Zahlen, es werden nur 0 und 1 benutzt	

## ADDITION IM BINÄRSYSTEM

Die SchülerInnen sollen im binären System bis 20 zählen. Sie können dann Additionen im binären System durchführen. Das Prinzip ist das gleiche wie für Operationen in der Zehnerbasis. Man beachtet den Übertrag bei der Addition.

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 10$$

$$1 + 1 + 1 = 11$$

## BEISPIEL

$$\begin{array}{r}
 1\ 1\ 1\ 1 \\
 1\ 1\ 0\ 1\ 0 \\
 +\ 0\ 1\ 1\ 1\ 0 \\
 \hline
 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0
 \end{array}$$

(s. Arbeitsblatt 2 am Ende des Kapitels)

Bei Übertragungen von Nachrichten können Fehler geschehen. Deshalb kann die Nachricht verfälscht werden, wenn man einen Satz an eine Person, die weit weg ist, weitergibt und über mehrere Zwischenpersonen geht.

## STILLE POST

Alle Kinder sitzen in einer Reihe. Das erste Kind flüstert eine Nachricht in das Ohr des nächsten Kindes. Dieses muss es ins Ohr des nächsten Kindes flüstern, das es ins nächste Ohr flüstert, usw. bis zum Ende der Kette. Das letzte und erste Kind sagen ihre Nachricht laut, damit alle sie vergleichen können. Es ist selten, dass die Nachricht korrekt ankommt.

Die Originalnachricht darf nicht zu einfach sein und die Kinder dürfen sie nicht wiederholen, wenn eines sie nicht verstanden hat.

Wenn man mit jemandem aus der Entfernung spricht, besteht das Risiko, dass unsere Nachricht schlecht verstanden wird. Zwei Möglichkeiten bieten sich uns dann an: die Lautstärke erhöhen, indem man lauter spricht oder mehrmals die Nachricht wiederholen.

Genauso können die vom Computer übermittelten Nachrichten Fehler enthalten. Die Technik des fehlerkorrigierenden Codes benutzt deshalb das Wiederholungsprinzip, um dieses Problem zu beheben. Sie besteht darin, die Wörter der Nachricht zu verlängern, um so die Fehler zu entdecken und sie zu korrigieren.

Eine einfachere Technik würde darin bestehen, jedes Symbol zu verdreifachen. So würde 1 in der Form 111 verschickt werden. Wenn ein Fehler vorkommt und eine 101 empfangen wird, kann der Fehler entdeckt und korrigiert werden, weil die 3 Symbole nicht identisch sind. Diese Methode ist aber teuer, weil die Länge jeder Nachricht verdreifacht wird.

Die fehlerkorrigierenden Codes werden in vielen Bereichen benutzt: sie dienen zum Beispiel dazu, falsche Daten während des Speicherns auf einem USB-Stick zu korrigieren. Sie wurden auch beim Senden von Bildern vom Planeten Mars durch die Raumsonde Mariner 9 benutzt.

## WÄHREND DES BESUCHS

Die grosse Herausforderung der Theorie der fehlerkorrigierenden Codes besteht darin, Codes zu generieren, die eine maximale Anzahl an Fehlern korrigieren aber die Nachrichten so wenig wie möglich verlängern und sie leicht entschlüsseln lassen.

## EINE ANDERE TECHNIK VON FEHLERKORRIGIERENDEN CODES

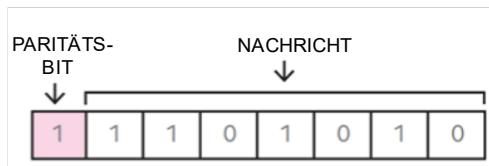
Eine andere Technik, um Fehler bei Nachrichtenübertragungen zu entdecken, besteht darin, einen Paritätsbit (eine binäre Zahl, 0 oder 1, in der Informatik genutzt) am Anfang der Nachricht hinzufügen, um anzusehen, ob die Nachricht eine gerade Anzahl von 1 hat oder nicht. So ist 1 der Paritätsbit der Nachricht 1101010, um zu zeigen, dass es eine gerade Anzahl an 1 gibt. Wenn der Empfänger nun 1100010 mit einem Paritätsbit 1 erhält, kann er so den Fehler detektieren (ohne ihn jedoch korrigieren zu können) und so fragen, die Nachricht erneut zu verschicken.

### BEISPIEL

Man kann die folgende Nachricht schicken:

1	1	0	1	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---

Man zählt die Anzahl von 1 in der Nachricht. Es hat vier, eine gerade Zahl. Man fügt deshalb einen Paritätsbit 1 hinzu. Wäre die Anzahl von 1 ungerade, hätte man einen Paritätsbit 0 hinzugefügt.



Ein Übertragungsfehler taucht auf. Die vorletzte 1 wird in eine 0 transformiert.

1	1	1	0	1	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

### QUELLEN

- Paritätsbit  
<https://de.wikipedia.org/wiki/Paritätsbit>
- Seite zum codieren und decodieren mit Morse  
<https://morsedecoder.com/de/>
- Binär rechnen, Die Sendung mit der Maus  
[https://www.youtube.com/watch?v=9I-I\\_dD6qPQ](https://www.youtube.com/watch?v=9I-I_dD6qPQ)

Der Empfänger will überprüfen, ob die Nachricht richtig übertragen wurde. Er zählt die Anzahl von 1 in der Nachricht (ohne den Paritätsbit zu zählen). Er zählt 3 – eine ungerade Zahl. Der Paritätsbit sollte also 0 sein, aber hier ist er eine 1. Der Empfänger kann daraus schliessen, dass die Nachricht einen Fehler enthält. Er kann die Wiederübertragung der Nachricht anfordern.

### NACH DEM BESUCH

### ÜBUNGEN

#### ANZAHL VON 1 IN DER NACHRICHT

In der ersten Übung sollen die Schülerinnen und Schüler den Wert des Paritätsbits bestimmen, indem sie die Anzahl von 1 in der Nachricht zählen.

In der zweiten Übung sollen sie herausfinden, ob die erhaltene Nachricht richtig ist oder ob die Nachricht nochmal verschickt werden soll, weil sie einen Fehler enthält (siehe Schüler Arbeitsblatt 3).

### LÖSUNG

#### Übung 1

- 1
- 2
3. 0

#### Übung 2

1. Falsch
2. Richtig
3. Richtig
4. Falsch

### ANWENDUNGEN

Man benutzt ein ähnliches Prinzip wie den Paritätsbit bei der Übertragung von Daten im Internet (TCP Protokoll).

# Schüler Arbeitsblatt 1 - Der Morsecode

Schreibe einen Satz auf Deutsch:

---

---

Schreibe den Satz in Morsecode:

Schicke deinem Nachbarn oder deiner Nachbarin diesen Satz mit Hilfe einer Taschenlampe oder einem Blatt Papier.

Schreibe hier in Morse den Satz auf, den du von deinem Nachbarn/deiner Nachbarin bekommen hast:

Dekodiere den erhaltenen Satz:

---

---

A	• -	U	• • -
B	- - - .	V	• - - -
C	- - . - .	W	- - - -
D	- - . .	X	- - - . -
E	•	Y	- - - - -
F	• . - - .	Z	- - - - . .
G	- - - - .		
H	• • • •		
I	• •		
J	• - - - -		
K	- - . -	1	• - - - - - -
L	• - - - .	2	• - - - - - -
M	- - -	3	• - - - - - -
N	- - .	4	• - - - - - -
O	- - - - .	5	• - - - - - -
P	• - - - . .	6	• - - - - - -
Q	- - - - . -	7	• - - - - - -
R	• - - - . .	8	• - - - - - -
S	• • •	9	• - - - - - -
T	- - -	0	• - - - - - -

## Schüler Arbeitsblatt 2- Das Binärsystem

Zur Erinnerung:

ZEHNSYSTEM wie wir zählen	BINÄRSYSTEM wie die Computer zählen
0	0
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
6	110
7	111
8	1000
9	1001
10	1010

### Übung 1

Zähle weiter im Binärsystem! Schreibe in das Kästchen neben der Zahl seinen entsprechenden Wert im Binärsystem.

11	<input type="text"/>
12	<input type="text"/>
13	<input type="text"/>
14	<input type="text"/>
15	<input type="text"/>
16	<input type="text"/>
17	<input type="text"/>
18	<input type="text"/>
19	<input type="text"/>
20	<input type="text"/>

## Übung 2

Führe die folgenden Additionen durch:

$$\begin{array}{r} 10 \\ + \underline{01} \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1000 \\ + \underline{0101} \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 11 \\ + \underline{01} \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 110101 \\ + \underline{010101} \\ \hline \end{array}$$

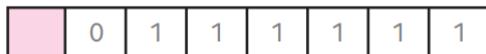
$$\begin{array}{r} 101111 \\ + \underline{010111} \\ \hline \end{array}$$

# Schüler Übungsblatt 3 – Fehlerkorrigierende Codes

## Übung 1

Welcher Paritätsbit muss vor den folgenden Nachrichten stehen?

1.  1 1 0 1 0 1 0

2.  0 1 1 1 1 1 1 1

3.  1 1 0 0 0 1 0 0

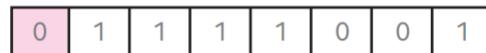
## Übung 2

Du erhältst die folgenden Nachrichten. Finde heraus, ob sie richtig oder falsch sind und ob die Nachricht neu versendet werden muss!

1.  1 0 0 1 0 0 1 1

---

---

2.  0 1 1 1 1 0 0 1

---

---

3.  1 0 0 1 0 1 0 0

---

---

4.  0 1 1 0 1 0 1 0

---

---

# Informatik

## EINLEITUNG

Heutzutage kann man sich eine Welt ohne Informatik nicht mehr vorstellen. Informationstechnologien sind omnipräsent, sei es zu Hause, am Arbeitsplatz, bei Hobbies, in Transportmitteln oder in den Medien. Nur als Beispiel: Eure Fernseher, euer Handy, eure Smartwatch, euer Fotoapparat, ... Die Informatik macht auch einen Grossteil der Komponenten in Flugzeugen, im Bahntransport (mehr und mehr U-Bahnen fahren ohne Fahrer) und in Autos aus. Die Informatik hat die Medien und das Finanzwesen revolutioniert. Genauso könnte man sich nicht mehr den Gesundheitsbereich ohne Informatik in Krankenhäusern und der Hausarztpraxis vorstellen. Das Internet, Google, Amazon, Facebook, Apple und Microsoft haben unseren Zugang zur Information grundlegend verändert.

Selbst wenn die Informatik omnipräsent ist, ist sie oft unsichtbar. Man sieht, was sie möglich macht, aber nicht, wie sie es möglich macht. Man kann einen Laptop, einen Prozessor, eine Speicherplatte, eine Festplatte anfassen, aber das hilft nicht, die Informatik zu verstehen. Informatik ist vielfältig angesichts der vielen, immer komplexeren Anwendungen.

Man kann heute der Informatik Aufgaben anvertrauen, die in der Vergangenheit undenkbar waren und eine Komplexität haben, die oft das übertrifft, was Menschen erreichen können. Ein Beispiel dafür ist das System zur Gepäckverteilung im Flughafen von Denver. Es kontrolliert den Verkehr von 4000 durch Computer ferngesteuerten Wagen über mehr als 30 km Schienen, sowie 5000 Elektromotoren, 400 Funkempfänger und 56 Barcodescanner. Die Entwicklung von solchen Informatiksystemen stellt eine wahre Herausforderung dar, weil sie absolut zuverlässig sein müssen, aber nicht einfach zu bedienen sind.

## VOR DEM BESUCH

Wenn man Informatik sagt, denkt man oft an den Computer am Schreibtisch, obwohl Informatik auch in vielen anderen Bereichen präsent ist.

Der Computer besteht aus verschiedenen Elementen. Um zu funktionieren, braucht der Computer eine Zentraleinheit – eine Art von Gehirn des Computers. Dort werden die Daten gespeichert, laufen die Programme oder werden die Berechnungen durchgeführt. Der Computer braucht auch Peripheriegeräte, d.h. Material, das mit der zentralen Einheit verbunden werden kann. Die wichtigsten Peripheriegeräte sind der Bildschirm, die Maus und die Tastatur. Mit ihnen können wir den Computer bedienen.



Man kann einen Drucker, Lautsprecher, einen (Spiele)Controller, eine externe Festplatte oder auch ein Modem für den Internetzugang anschliessen. Man klassifiziert sie als Eingabe- und Ausgabegeräte.



## EINGABEGERÄTE

Damit können Informationen zur Zentraleinheit geschickt werden. Dazu gehört die Tastatur, der Controller, die Maus, die Webcam, der Scanner, digitale Fotoapparate, usw.

## AUSGABEGERÄTE

Damit kann der Computer uns Informationen schicken. Es handelt sich um den Bildschirm, den Drucker, Lautsprecher, usw.

## EINGABE - UND AUSGABEGERÄTE

Ein Modem ist sowohl Eingabe- als auch Ausgabegerät, weil es zugleich Daten empfangen und versenden kann.

## SPEICHERGERÄTE

Externe Festplatten, SD-Karten und USB-Sticks sind Datenträger. Auf ihnen können Dateien, zum Beispiel Musik, Fotos oder Texte, gespeichert werden.

## WAS BEFINDET SICH IN DER ZENTRALEINHEIT?

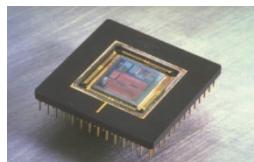
### DIE HAUPTPLATINE (MOTHERBOARD)

Das ist das Nervensystem des Computers. Sie verbindet alle Bestandteile des Computers miteinander.



## DER PROZESSOR

Das ist das Kontrollzentrum des Computers. Dort wird der Grossteil der Rechnungen durchgeführt.



## DER ARBEITSSPEICHER (RAM)

Er speichert Informationen, die der Prozessor für seine Berechnungen braucht. Dieses „Gedächtnis“ wird gelöscht, wenn man den Computer ausschaltet.



## DIE FESTPLATTE

Sie ist für die Langzeitspeicherung der Daten zuständig. Dort werden die Dateien abgelegt, wenn man auf den „Speichern“-Knopf eines Programmes drückt.



## DIE GRAFIKKARTE

Sie wandelt die vom Prozessor gelieferten Dateien in ein verständliches Bild um, wenn es auf dem Bildschirm angezeigt wird.



## DIE AUDIOKARTE

Sie ermöglicht es, Audiosignale zu erzeugen und zu speichern. Lautsprecher oder Mikrofone werden an diese Karte angeschlossen.



## DIE NETZWERKKARTE

Sie verbindet den Computer mit einem Netzwerk, d.h. mit mehreren Computern oder anderer Hardware, die miteinander verbunden sind, um Informationen auszutauschen. Das Internet ist ein Beispiel für ein Netzwerk.



## CD/DVD-LAUFWERKE

Mit ihnen können Dateien auf Medien wie CDs oder DVDs gelesen oder gebrannt werden.

## WAS IST DAS INTERNET?

Das Internet ist ein Netzwerk, das über die ganze Welt verteilt ist. Es kann wie ein Strassen- und Autobahnnetz für Daten betrachtet werden. Jede Person, die Zugang zum Internet hat, kann Daten empfangen und verschicken.

Das Netzwerk besteht aus zwei Arten Computern: Clients und Server. Clients sind die Computer, die man zu Hause haben kann und die man benutzt, um im Internet zu surfen oder E-Mails zu empfangen. Die Server hingegen dienen dazu, den Inhalt von Webseiten oder E-Mails zu speichern. Wenn man eine Webseite besuchen will, stellt unser Computer eine Anfrage beim Server, der die Seite speichert. Dieser antwortet, indem er uns die angefragten Informationen schickt.

Die Daten, die man zum Beispiel für das Anzeigen von einer Webseite beantragt, benutzen nicht immer denselben Weg, um bis zu unserem Computer zu kommen. Wenn ein Weg defekt ist, können sie einen über einen anderen verschickt werden.

## NACH DEM BESUCH

Wir haben bisher die „Hardware“-Seite (materielle) der Informatik betrachtet, d.h. die verschiedenen Bestandteile, die der Computer braucht, um zu funktionieren. Jedoch reicht der materielle Aspekt nicht aus. Man muss sich auch mit der „Software“-Seite beschäftigen, d.h. mit den Programmen, die den Computer zum Laufen bringen und seine Benutzung einfacher machen oder seine Möglichkeiten erweitern.

Um zu vertiefen und zu verstehen, dass Informatik nicht nur darin besteht, die übliche Software zu benutzen, sondern diese auch zu entwickeln, wird eine sehr einfache Einführung in das Programmieren angeboten.

## WAS IST EINE PROGRAMMIERSPRACHE?

Eine Programmiersprache ist eine Sprache, mit der Menschen Anwendungen entwickeln können, wie z.B. ein Textverarbeitungs- oder Zeichenprogramm oder ein Videospiel. Es gibt viele Programmiersprachen, mit denen mehr oder weniger komplexe Sachen entwickelt werden

können. Die bekanntesten sind wohl C, Java oder PHP.

## WAS IST EIN PROGRAMM?

Ein Programm ist eine Folge von Anweisungen, die von InformatikerInnen geschrieben worden sind und die dann vom Computer ausgeführt werden.

## WAS IST HTML?

HTML ist eine Programmiersprache, mit der man Webseiten kreieren kann. Wenn man im Internet surft, sind die simplen Seiten mit Hilfe dieser Sprache gemacht. Es ist möglich den HTML Code der Webseiten zu sehen, indem man mit der rechten Maustaste auf die Seite klickt und dann auf „Quelle anzeigen“ oder „Quelltext der Seite“ klickt.

HTML besteht aus Anweisungen wie <HTML> oder <BODY> oder <FONT>, systematisch gefolgt mit einer Anweisung wie </HTML>, </BODY> oder </FONT>.

Ein HTML-Basisprogramm könnte dem folgenden ähneln:

```
<HTML>
<HEAD>
  <TITLE>
    Titel meiner Webseite
  </TITLE>
</HEAD>
<BODY>
Hier ist meine erste Webseite !
</BODY>
</HTML>
```

Es würde die folgende Seite ergeben:

Hier ist meine erste Webseite !

Man kann verschiedene Optionen hinzufügen wie ein kursiver, fetter oder unterstrichener Text oder Grossbuchstaben, Links, Bilder, usw.

## DIE WICHTIGSTEN HTML-TAGS

- Fett  
<B></B>

- Kursiv  
`<I></I>`
- Unterstreichen  
`<U></U>`
- Zeilenumbruch  
`<BR>`
- Schriftgrösse 5 einstellen  
`<FONT SIZE=5></FONT>`
- Ein Bild anzeigen  
`<IMG SRC= „Adresse des Bildes“>`
- Einen Link anzeigen  
`<A HREF="Adresse des Links">Text des Links</A>`
- Einen Text zentrieren  
`<CENTER></CENTER>`
- Die Hintergrundfarbe wählen  
`<BODY BGCOLOR= « Farbe »></BODY>`

```

<HTML>
<HEAD>
  <TITLE>
    Titel meiner Webseite
  </TITLE>
</HEAD>
<BODY BGCOLOR="yellow">
  <CENTER>
    <FONT SIZE=5>
      Hier ist meine erste Webseite!
    </FONT>
    <BR>
    <B> Hier ist ein Bild meiner Katze</B>
    <BR>
    <IMG SRC = "./katzen_bild.jpg">
    <BR>
    Und hier ist ein Link zu meiner Lieblingsseite!
    <A HREF="http://www.epfl.ch">Hier klicken</A>
  </CENTER>
</BODY>
</HTML>

```



## ÜBUNGEN

### ÜBUNG 1

Ein Quellcode einer Webseite wird gegeben. Der Schüler muss die Webseite malen, die mit diesem Code produziert werden wird. (Siehe Schüler Arbeitsblatt 1)

### LÖSUNG

**Willkommen auf meiner Webseite!**

Um eine andere interessante Webseite zu besuchen, musst du  
[hier klicken](#)



### ÜBUNG 2

Der Schüler muss den Code schreiben, der die gegebene Webseite produziert. (S. Schüler Arbeitsblatt 2)

### LÖSUNG

```
<HTML>
<HEAD>
    <TITLE>
        Titel meiner Webseite
    </TITLE>
</HEAD>
<BODY BGCOLOR="lightblue">
    <CENTER>
        <FONT SIZE=7>
            <B>
                Die Vorstellung des Busses "Wissenschaft, das interessiert mich!"
            </B>
        </FONT>
    <BR><BR>
    Wir konnten den Bus besuchen und viele Experimente in vielen Bereichen des
    Ingenieurwesens und der Wissenschaften machen.
    <BR><BR>
    <IMG SRC = "./logo_bus.jpg">
    <BR><BR>
    Um mehr Informationen über diesen Bus zu erhalten, muss man auf die folgende Seite gehen:
    <A HREF="http://go.epfl.ch/schulklassen">Die Seite der Abteilung für Wissenschaftsförderung
    der EPFL</A>
    </CENTER>
</BODY>
</HTML>
```

## ZUM VERTIEFEN

Wenn die Schule einen Computerraum oder einen Klassencomputer besitzt:

Es reicht einen Internetbrowser zu haben, der auf dem Computer installiert ist und einen Texteditor wie Notepad oder WordPad.

Eine Textdatei erstellen, die den Code enthält. Sie mit der Extension .html benennen: z.B. beispiel.html

Diese Datei mit dem Browser öffnen. Die Webseite wird angezeigt.

Wenn Veränderungen im Quellcode gemacht werden:  
die Datei speichern und die Webseite aktualisieren.

## QUELLEN

- Coding Club for Girls, kostenlose Programmierworkshops der EPFL für Mädchen zwischen 11 und 15 Jahren in verschiedenen Städten der Deutschschweiz und Westschweiz  
[www.codingclub.ch](http://www.codingclub.ch)
- Informationen für Lehrkräfte  
<https://www.internet-abc.de/lehrkraefte/internet-abc-fuer-lehrkraefte/>
- Wie funktioniert das Internet?, Frag Fred, SRF Kids  
<https://www.youtube.com/watch?v=e9FJPnFQWi8>
- Seite mit kindgerechten Internetseiten und Apps  
<https://www.klicksafe.de/eltern/gute-internetseiten-und-apps-fuer-kinder/>
- Buch über künstliche Intelligenz  
<https://www.helvetiq.com/ava-im-land-der-zukunft-oder-wie-kunstliche-intelligenz-funktioniert>

## Schüler Übungsblatt 1

Male die Webseite die mit dem folgenden HTML Code erhalten wird:

```
<HTML>
<HEAD>
    <TITLE>
        Titel meiner Webseite
    </TITLE>
</HEAD>
<BODY BGCOLOR="lightgreen">
    <CENTER>
        <FONT SIZE=7>
            <B>
                Willkommen auf meiner Webseite!
            </B>
        </FONT>
        <BR><BR>
        Um eine andere interessante Webseite zu besuchen, musst du
        <BR>
        <A HREF="http://go.epfl.ch/schulklassen">hier klicken</A>
        <BR><BR>
        <IMG SRC = "./foto_fisch.jpg">
    </CENTER>
</BODY>
</HTML>
```

## Schüler Übungsblatt 2

Schreibe den HTML Code, der die folgende Webseite kreiert:

### Der Bus «Wissenschaft, das interessiert mich!» besucht uns!

Wir konnten den Bus besuchen und viele wissenschaftliche Experimente machen.

**Wissenschaft, das interessiert mich!**



Für mehr Informationen, gehe auf diese Seite: [die Seite der Abteilung für Wissenschaftsförderung](#)

# Workshop zur Herstellung von Cyanotypien

Nach diesem photochemischen Workshop können die Schülerinnen und Schüler ein selbst entwickeltes und lustiges Bild zum Thema Forschung an der EPFL, mit nach Hause nehmen. Photochemie ist ein Bereich der Chemie, der die vom Licht induzierten Reaktionen studiert.

Die Herstellung einer Cyanotypie ist ein Beispiel dafür. Das Prinzip wurde im Jahr 1842 durch Sir John Herschel (1792-1871) entdeckt. Es ermöglicht, einen Druck von Fotografien oder anderen Dokumenten in einem dunklen, monochromen Cyan zu machen.

Es war Anna Atkins (1799-1871), die dieses Verfahren im Bereich der Fotografie eingeführt hat. Sie ist die erste weibliche Fotografin und hat dieses Verfahren bekannt gemacht. Es ist ein einfacher und günstiger Prozess, mit dem grosse Druckformate ermöglicht werden, die haltbar und mehr oder weniger permanent sind.

## ABLAUF DES WORKSHOPS

- Diskussion über Chemie und Fotografie
- Erklärungen des Ablaufs des Workshops, Sicherheitsvorschriften
- Umsetzung in die Praxis
  - o Abwiegen der Produkte und Vorbereitung der chemischen Lösungen
  - o Mischen der Lösungen und Auftragen auf das Papier
  - o Auswahl des Negativfilms und Belichtung des Papiers
  - o Entwicklung des Bildes, spülen, trocken.

## PROTOKOLL

Der Prozess des Druckens einer Cyanotypie nutzt zwei chemische Verbindungen: Kaliumhexacyanidoferrat(III) („Rotes Blutaugensalz“, dessen chemische Formel  $K_3[Fe(CN)_6]$  ist) und Ammoniumeisen(III)-citrat ( $C_6H_{11}FeNO_7$ ). Je 0,35 g jedes Produktes werden getrennt in 10 ml Wasser aufgelöst und dann in gleicher Menge vermischt. Die Mischung ist lichtempfindlich. Man kann Cyanotypien auf jeder Oberfläche machen, die diese Lösung absorbiert: Textilien, Papier, Karton oder anderes absorbierendes Material. Sie werden mit der Lösung behandelt und in einem Ort, der nicht der Sonne ausgesetzt ist, getrocknet. Jede Fotografie, sei sie mit einer digitalen oder analogen Kamera gemacht, kann in einen Negativfilm umgewandelt werden. Der Negativfilm wird auf dem

sensibilisierten Material fixiert. Das Ganze wird dann während 6 Minuten vom Sonnenlicht bestrahlt oder, im Fall eines bewölkten Himmels, von einer Ultraviolet-Lampe bestrahlt. Man erhält ein Positivbild aus einem Negativfilm durch die photochemische Reaktion des Eisens. Die Oberfläche wird dann mit Wasser abgespült, um die Chemikalien, die nicht mit Licht reagiert haben, abzuwaschen. Man kann Essig oder Zitronensaft in das Abwaschbad dazugeben, damit die blaue Farbe länger hält. Um schöne weisse Farben zu erhalten muss man es gut mit Wasser spülen. Man muss es dann nur noch trocknen lassen. Das Blau wird an der Luft intensiver.

## CHEMIE

Der Prozess ist eine photochemische Reaktion, bei der eine Redoxreaktion durch Licht ausgelöst wird (Abbildung 14-1).

Hier liegt das gelöste Eisen ionisiert vor (es fehlen ihm Elektronen). Wir haben  $Fe^{3+}$  Ionen. Durch die UV-Strahlen wird das Eisen(III) ( $Fe^{3+}$ -Ionen) angeregt und wird zu Eisen(II) ( $Fe^{2+}$ -Ionen) reduziert, d.h., dass es Elektronen aufnimmt.

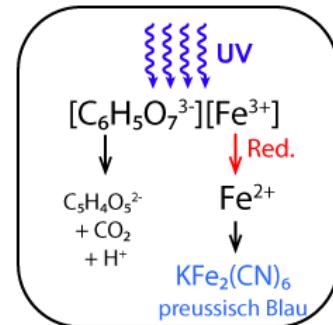


Abbildung 14-1 Chemische Reaktion der Cyanotypie

Die blaue Farbe kommt vom ausgefällten Stoff, dem Ferriferrocyanid, dessen chemische Formel  $KFe_2(CN)_6$  ist und auch Preussisch Blau, Turnbulls Blau oder Berliner Blau genannt wird. In diesem Molekül sind zwei Arten von Eisenionen vorhanden, das man wie folgt notiert:  $KFe^{3+}[Fe^{2+}(CN)_6]$ . Dieses blaue, feste und kaum wasserlösliche Pigment wird in den Papierfasern eingelagert.

## ANWENDUNGEN

Dies ist ein einfacher und billiger Prozess, um Fotografien mit Negativfilmen durch Kontakt zu vervielfachen, er hat jedoch nicht den gleichen Erfolg wie die Schwarzweißfotografie gehabt, weil

seine blaue Farbe zu weit entfernt von der Wirklichkeit ist.

Er wird heute von Künstlern oder Designern benutzt, um zum Beispiel auf Stoff zu drucken.

Er wurde lange benutzt, um Architekturpläne zu reproduzieren. Seit den 80er Jahren wurde der Prozess durch digitale Werkzeuge ersetzt. Die Pläne wurden von Hand auf Transparentpapier mit schwarzer Tinte gemalt und wurden dann auf ein lichtempfindliches Papier übertragen so, wie wir es während des Workshops machen.

Botaniker haben es lange benutzt, um Pflanzensammlungen zu illustrieren, wie es Anna Atkins das erste Mal mit Algen gemacht hat und in ihrem ersten Buch zu sehen ist: *Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions* (Abbildung 14-2).

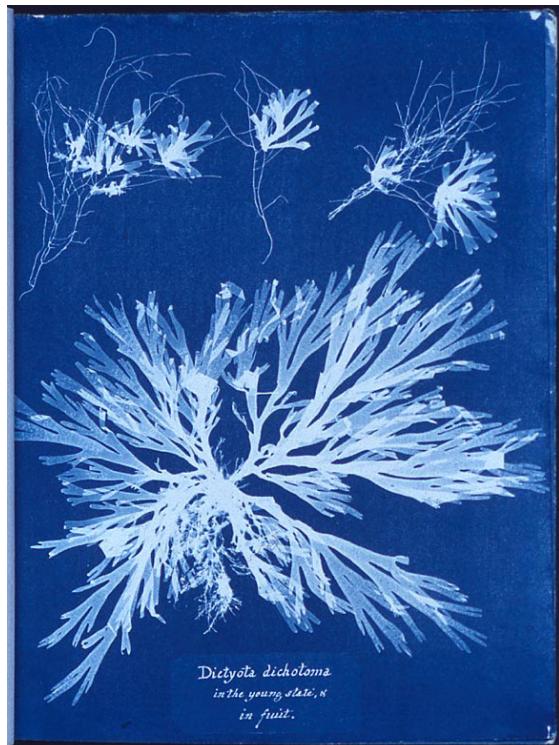


Abbildung 14-2 Cyanotypie einer Alge aus dem ersten Buch von Anna Atkins (Wikipedia)