



# **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) seit 2015

Leiterin der Abteilung für Chancengleichheit (2004-2014)

École Polytechnique Fédérale de Lausanne

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

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

### Bei der Fakultät Informatik und Kommunikationssysteme

- Prof. André Schiper et M. Rodolphe Buret, Informatik
- Prof. Amin Shokrollahi et Mme Ghid Maatouk, Kommunikationssysteme

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

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

### Bei der Fakultät für Lebenswissenschaften

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

## AUSARBEITUNG DES PÄDAGOGISCHEN BEGLEITHEFTS

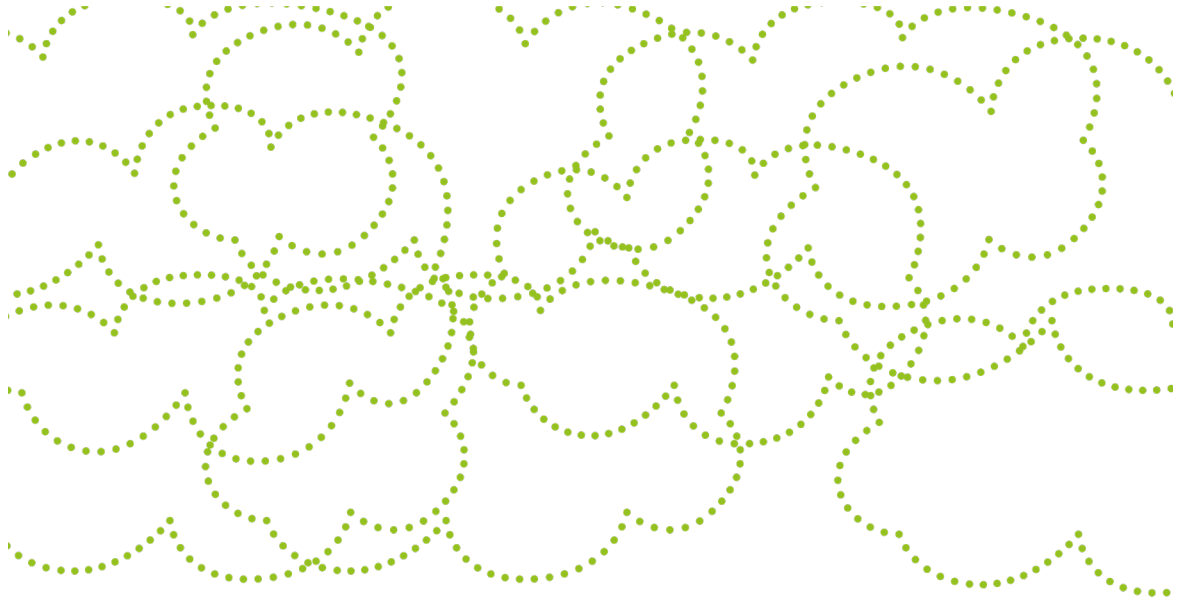
Abteilung für Chancengleichheit der EPFL (2009):

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

**Überarbeitung (2021 und 2025) durch die  
Abteilung für Wissenschaftsförderung der  
EPFL (SPS).**

## TABLE DES MATIÈRES

2	Das Interesse von Jugendlichen für die Wissenschaft wecken
2	Pädagogisches Begleitheft
3	Danksagung
3	Ausarbeitung des Pädagogischen Begleithefts
5	Umweltingenieurwissenschaften
21	Architektur
27	Bauingenieurwissenschaften
35	Materialwissenschaft
49	Mikrotechnik
55	Elektrotechnik und Informationstechnologie
63	Maschineningenieurwissenschaften
69	Life Sciences Engineering
79	Mathematik
89	Chemie und Chemieingenieurwissenschaften
95	Physik
101	Kommunikationssysteme
113	Informatik



# Umweltin- genieurwissen- schaften

## 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 Umweltingenieur\*innen 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. Umweltingenieur\*innen 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.

### **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...),
- 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.

### **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

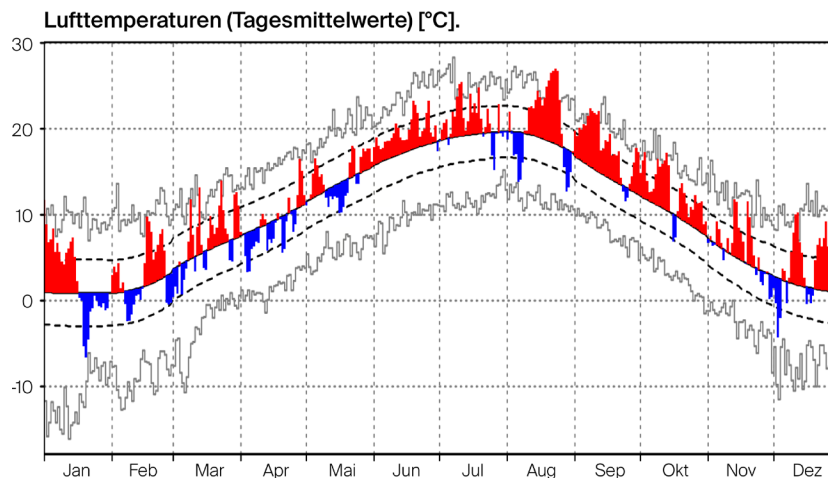


Abbildung 1.1: Temperaturmessungen an der Station Payerne für das Jahr 2023. [Adaptiert von © [MétéoSuisse](#)]

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 1.2](#)) 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 ([Anhang 1](#) und [Anhang 3](#)).

### 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 Erd-

oberfläche 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 ([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.

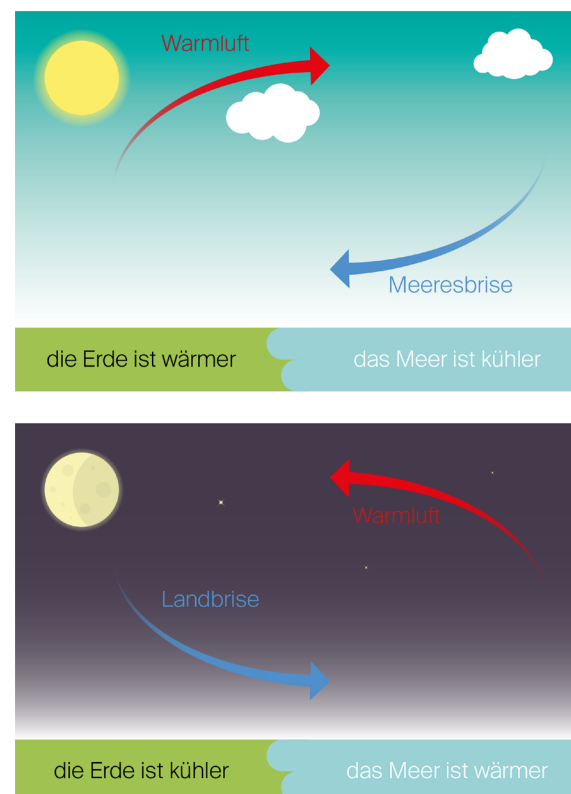


Abbildung 1.2: Entstehung von See- und Landbrisen. [©EPFL SPS]

## SONNENSTRAHLUNG

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

Dank dieser Sonnenstrahlung ist es möglich, Energie in zwei Hauptformen zu erzeugen :

- Wärme (thermische Sonnenenergie),
- Elektrizität (Photovoltaik).

Sonnenenergie ist eine erneuerbare Ressource mit einem immensen Potenzial, da die Erde jedes Jahr etwa 121,5 Petawatt (PW; 1 PW = 1 Million Milliarden Watt) an nutzbarer Sonnenenergie erhält. Im Vergleich dazu liegt der weltweite Energieverbrauch im Jahr 2023 bei etwa 19 Terawatt (TW), eine Zahl, die stetig steigt und seit dem Jahr 2000 um etwa 3,17 TW pro Jahrzehnt gewachsen ist. Trotz dieser steigenden Nachfrage könnte die Sonnenenergie den jährlichen Energiebedarf der Menschheit mehr als 6.000 Mal decken !

Die Sonnenstrahlung, die bei der Kernfusion im Kern der Sonne entsteht, erreicht uns einige Minuten später (etwa 8 Minuten). Sie besteht aus verschiedenen Arten von Strahlen ([Abbildung 1.3](#)), die nach ihrer Wellenlänge in Nanometern (nm; 1 nm = 1 Milliardstel Meter) klassifiziert werden. Sie lassen sich in drei grose Familien unterteilen :

- Strahlung mit einer **kurzen Wellenlänge** (zwischen 0,001 und 400 nm), für unsere Augen unsichtbar, enthalten radioaktive Gammastrahlen, Röntgenstrahlen und Ultraviolettstrahlen (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 cm). Sie stellen ungefähr 48% der gesamten Sonnenenergie dar.

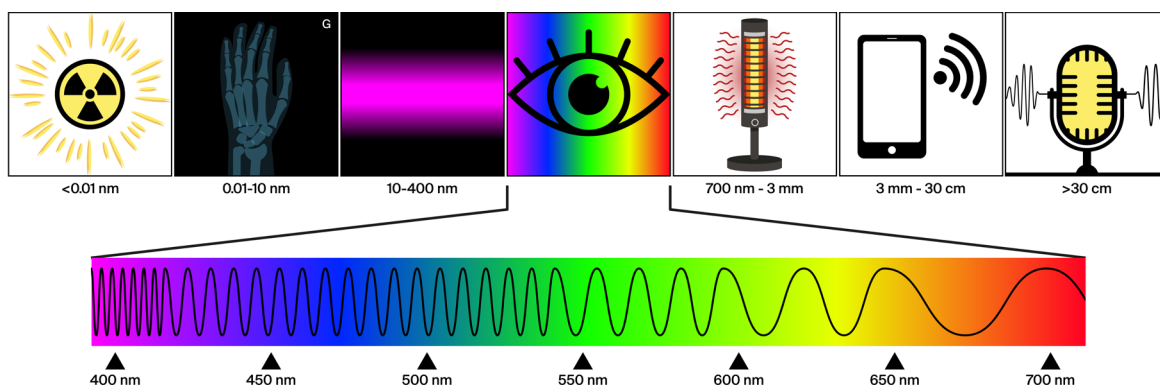


Abbildung 1.3 : Wellenlänge und Zerlegung der Sonnenstrahlung. [©EPFL SPS]

## WÄHREND DES BESUCHS

An der Aussenseite des Busses ist eine Wetterstation angebracht. Mit ihr werden verschiedene Messungen vorgenommen: Temperatur und Luftfeuchtigkeit, Windrichtung und -geschwindigkeit sowie Sonneneinstrahlung. Die Daten werden in Echtzeit im Inneren des Busses präsentiert..

### TEMPERATUR UND LUFTFEUCHTIGKEIT

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

Die ausgestellte Station misst die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit mithilfe von Sensoren, die die Veränderung des elektrischen Widerstands messen. Diese Sensoren können extrem klein sein und sind sehr empfindlich. Die Station misst alle 30-60 Sekunden eine momentane Lufttemperatur.



Abbildung 1.4 : Temperatur- und Feuchtigkeitssensor (grün).

## GLOBALE UND SCHWEIZERISCHE TRENDS

Laut dem Bericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) aus dem Jahr 2023 hat sich die Durchschnittstemperatur der Erde im 20. Jahrhundert um etwa 1,1 °C erwärmt. [Abbildung 1.5](#) zeigt die Entwicklung der Temperaturen seit 1880 auf der Ebene der Ozeane und Kontinente.

In der Schweiz verwaltet MeteoSchweiz die Temperaturdaten von über 150 Stationen, die über die ganze Schweiz verteilt sind. Dank dieses Messnetzes konnte im letzten Jahrhundert eine stärkere Erwärmung der Temperaturen im Vergleich zum globalen Durchschnitt nachgewiesen werden. Das aktuelle Klimamittel der Schweiz liegt bereits 2,8 °C über dem vorindustriellen Mittel 1871-1900 (Stand 2024). Für die letzten zehn Jahre (2014-2023) beträgt der Anstieg 2,7 °C. Seit den 1960er Jahren war jedes Jahrzehnt wärmer als das vorherige.

Laut den Wissenschaftlern des IPCC wird sich die Erderwärmung im 21. Jahrhundert fortsetzen. Von 1990 bis 2100 wird die globale Durchschnittstemperatur voraussichtlich um 1,5 °C bis 4,4 °C steigen. Diese Temperaturspanne ergibt sich aus den verschiedenen Klimamodellen, die von den Bemühungen abhängen, den Ausstoss von Treibhausgasen (THG) zu reduzieren.

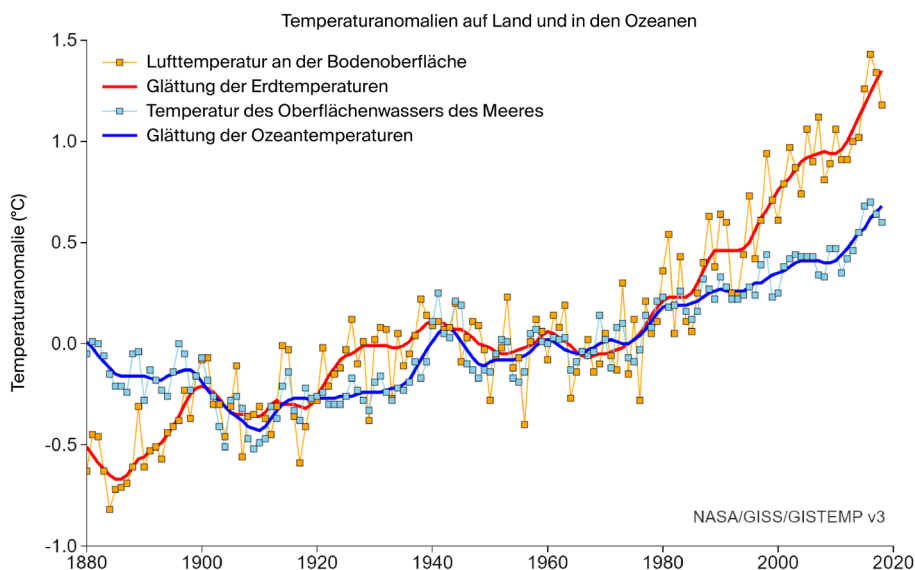


Abbildung 1.5 : Jährliche Temperaturanomalien (dünne Linien) und Fünfjahresmittelwerte (dicke Linien) für die Landoberfläche, Land und Meeresoberfläche (auf dem Teil des Ozeans, der zu jedem Zeitpunkt eisfrei ist), bezogen auf den Zeitraum 1951-1980. [Adaptiert aus [NASA](#), « [Annual Mean Temperature Change over Land and over Ocean](#) », 2023]

In der Schweiz könnten die Temperaturen bis 2100 im Winter um 0,6°C bis 2°C und im Sommer um 0,7°C bis 2,4°C ansteigen, wenn wirksame Klimaschutzmassnahmen ergriffen werden. Weniger optimistische Szenarien (Anstieg der Treibhausgasemissionen) prognostizieren einen Anstieg von 3,1°C bis 5,4°C im Winter und von 4,1°C bis 7,2°C im Sommer.

## GESCHWINDIGKEIT UND RICHTUNG DES WINDES

Mit einem Anemometer kann man die Windgeschwindigkeit messen: Es besteht aus drei kleinen halbkugelförmigen Schalen, die am Ende von Armen im Abstand von 120° angeordnet sind. Ein mit der Drehachse verbundener Zähler misst die Geschwindigkeit und zeichnet sie auf.

Die Windrichtung wird mithilfe einer Windfahne gemessen. Sie wird als ein Punkt auf dem Kompass ausgedrückt, von dem aus der Wind weht. Luft, die sich von Südwest nach Nordost bewegt, wird als Südwestwind bezeichnet. Er kann auch in Grad angegeben werden (für einen Südwestwind: 220°).

Die Messung der Windgeschwindigkeit und -richtung wird alle 2-3 Sekunden aktualisiert. Die verwendeten Einheiten sind Meter pro Sekunde oder Kilometer pro Stunde für die Geschwindigkeit und Grad für die Richtung. Wenn eine Windfahne installiert ist, ist es sehr wichtig, sie in Richtung Norden zu stellen, um den Referenzpunkt zu kennen.



Abbildung 1.6: Sensor für Windrichtung (Windfahne, oben) und -geschwindigkeit (Anemometer, unten).

## Globale und Schweizerische Trends

Sowohl der IPCC als auch [der Bericht CH2018](#) sagen eine Zunahme von Extremereignissen voraus. Für das Jahr 2060 könnte es in der Schweiz jeden Sommer 18 Hitzetage geben, im Vergleich

zu derzeit nur einem Tag, einen Rückgang der Niederschläge um 25% und Trockenperioden von bis zu 20 Tagen. Extreme Regenereignisse, die derzeit selten sind, könnten im Sommer um 20% zunehmen.

## Sonnen- und UV-Strahlung

Die Intensität der Sonnenstrahlung und des UV-Lichts wird mithilfe von Fotodioden gemessen.

Die Intensität der Sonnenstrahlung misst die Gesamtmenge des Lichts, das die Sonne aussendet und das auf eine bestimmte Oberfläche trifft. Sie umfasst alle Wellenlängen, von ultravioletten (UV) Strahlen bis hin zu sichtbarem Licht und Infrarot. Diese Messung, die alle 1-5 Minuten durchgeführt wird, ermöglicht es, die globale Sonneneinstrahlung zu bewerten.

Die UV-Messung hingegen konzentriert sich auf die Intensität der ultravioletten Strahlung. Sie dient zur Berechnung des UV-Index, eines Indikators für die Belastung durch UV-Strahlen, die Sonnenbrand und andere gesundheitsschädliche Auswirkungen verursachen können. Der UV-Index ist auch in Bereichen wie der Klimaforschung und der Landwirtschaft von Nutzen.



Abbildung 1.7: Sonnenstrahlungssensor.

## Globale Trends

Es werden zwei Aspekte behandelt: die Entwicklung der Intensität der Sonnenstrahlung und die Art der Strahlen, die auf der Erde ankommen. Messungen von Raumsonden seit 1980 zeigen, dass die Intensität der Sonnenstrahlung relativ stabil bleibt, sie schwankt um etwa 0,15%, wenn man einem 11-jährigen Sonnenzyklus folgt. Allerdings führt die Zunahme der Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre (z. B. CO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, ...) zu einem Anstieg der Temperatur am Boden. Es besteht also ein Zusammenhang zwischen Strahlung und Temperatur.

## NACH DEM BESUCH

Nachdem wir uns mit den Begriffen der Umweltmessungen befasst haben, ist es interessant, über die globale Erwärmung zu sprechen. Denn dank der Messungen, die über mehrere Jahre hinweg durchgeführt wurden, konnten Szenarien der globalen Erwärmung aufgestellt werden und so Hypothesen für die Folgen dieses Phänomens aufstellen.

Der Bericht „[CH2018 - Klimaszenarien für die Schweiz](#)“ beschreibt die Klimaentwicklung in der Schweiz und die Folgen für die Schweiz bis zum Jahr 2060. Daraus geht hervor, dass das Auftauen des Permafrostbodens (dauerhaft gefrorener Boden) und die Abnahme der Schneedecke sehr ausgeprägte wirtschaftliche und touristische Auswirkungen in der Schweiz haben werden. Andererseits könnte ein Temperaturanstieg von 2-3°C sowohl die Verdrängung bestimmter Vegetationstypen als auch eine Diversifizierung der Vegetation zur Folge haben, was zu einer Störung des Ökosystems führen würde. Diese Phänomene sind grösstenteils auf den Treibhauseffekt zurückzuführen.

### WAS IST DER TREIBHAUSEFFEKT UND DER KLIMAWANDEL ?

Die Erde empfängt Energie (ca. 340 W/m<sup>2</sup>) von der Sonne in Form von elektromagnetischen Wellen. Während etwa 30% dieser Strahlung von Wolken, der Atmosphäre und der Erdoberfläche direkt in den Weltraum reflektiert werden (Albedo), wird der Rest zu einem Drittel (80 W/m<sup>2</sup>) von der Atmosphäre und ihren Treibhausgasen (Wasserdampf, Methan, Kohlendioxid) und zu zwei Dritteln von der Erdoberfläche absorbiert. (170 W/m<sup>2</sup>). Die Erde strahlt diese Energie in Form von Infrarotstrahlung (Wärme) wieder ab. Ein Teil dieser Wärme wird jedoch von den Treibhausgasen eingefangen, die die Wärme nicht in den Weltraum entweichen lassen, sondern in alle Richtungen abstrahlen, auch auf die Erde. Oberfläche der Erde. Dies wird als Treibhauseffekt bezeichnet ([Abbildung 1.8](#)).

Natürlich ist der Treibhauseffekt für das Leben von entscheidender Bedeutung. Ohne ihn würde die durchschnittliche Temperatur auf der Erde etwa -18°C betragen, was den Planeten unwirtlich machen würde.

Der Zusammenhang zwischen Treibhausgasen und Klimawandel ist gut belegt. Wenn die Konzentration von THGs steigt, binden diese Gase mehr Energie und die Temperatur steigt, wodurch der natürliche Treibhauseffekt verstärkt wird, was zu einer globalen Erwärmung führt. Dieses Phänomen, hauptsächlich durch menschliche Aktivitäten verursacht wird, stört das Klimagleichgewicht der Erde.

Zu der „menschlichen“ Produktion von Treibhausgasen (Verbrennung fossiler Ressourcen, Abholzung von Wäldern, Landwirtschaft) kommt die natürliche Produktion (Vulkanausbrüche, Brände usw.) hinzu. Ein Teil der Treibhausgase wird von Kohlenstoffsenken wie den Ozeanen und Wäldern absorbiert, die eine Schlüsselrolle bei der Regulierung von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) spielen. Wissenschaftler stellen jedoch fest, dass diese natürlichen Senken nicht mehr ausreichen, um die zunehmenden Emissionen durch menschliche Aktivitäten auszugleichen. Die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Atmosphäre steigen in einem beispiellosen Tempo.

Den Prognosen des IPCC zufolge könnte die Erde bereits in den 2030er Jahren eine Erwärmung von 1,5°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau erreichen, wenn die weltweiten Treibhausgasemissionen nicht drastisch gesenkt werden. Diese kritische Schwelle wird schwerwiegende Folgen nach sich ziehen, darunter häufigere Extremwetterereignisse, ein Anstieg des Meeresspiegels und grössere ökologische Störungen.

Das Übereinkommen von Paris, das 2015 von fast allen Ländern verabschiedet wurde, stellt eine globale Verpflichtung zur Bekämpfung des Klimawandels dar. Es ersetzt das Kyoto-Protokoll, das 1997 einen ersten internationalen Rahmen für Emissionsreduktionen festgelegt hatte, und sein Hauptziel ist es, den globalen Temperaturanstieg auf deutlich unter 2°C zu begrenzen und gleichzeitig weitere Anstrengungen zu unternehmen, um ihn auf 1,5°C im Vergleich zu vorindustriellen Werten zu halten.

## WAS SIND MÖGLICHE KONSEQUENZEN DES KLIMAWANDELS?

Basierend auf Vorhersagemodellen hat das IPCC die wichtigsten Zusammenhänge zwischen Klimawandel und Ökosystemen ermittelt:

- Die Eisschmelze führt zu einem Anstieg des Meeresspiegels und der Ozeane, was wiederum die Gefahr von Überschwemmungen und Massenvertreibungen mit sich bringt.
- Die Zunahme der Intensität und Anzahl extremer Wetterereignisse wie Hitzewellen, extremer Regen und Dürren.
- Zunahme natürlicher Risiken wie Überschwemmungen und Erdbeben, die durch den veränderten Wasserkreislauf und das Auftauen von gefrorenen Böden (Permafrost) verursacht werden.
- Die Verschiebung bestimmter Vegetationsarten. Beispielsweise dürfte es in alpinen Gebieten alle 10 Jahre zu einem Anstieg der Waldgrenze um etwa 100 Meter kommen.
- Das Verschwinden bestimmter Tier- und Pflanzenarten. Beispielsweise ist der Lebensraum des Eisbären durch die Eisschmelze stark gefährdet.
- Die Verringerung der Schneedecke in den Bergstationen, was einen touristischen und wirtschaftlichen Wandel mit sich bringt.

## ÜBUNGEN

### WETTERBEOBACHTUNG

Die [Anhänge 1, 2 und 3](#) am Ende des Kapitels schlagen vor, eine Wetterbeobachtung durchzuführen, die relative Temperatur zu messen oder auch die Luftfeuchtigkeit zu messen.

### EINEN SOLAROFEN BAUEN

Nach der Erklärung des Treibhauseffekts die Schüler\*innen fragen, wie man diesen Effekt nutzen könnte. Darauf aufbauend sollen Projekte initiiert werden, indem man sich vorstellt, wie man einen Sonnenofen herstellen könnte. Nach einer kurzen Diskussion darüber, wie wir unseren Ofen am effizientesten gestalten können (z. B. Farbe, Lichtreflexion, „Einsperren“ der Wärme durch eine Plastikplatte), verschiedene Modelle bauen und dann den effizientesten Ofen testen, indem sie eine Wärmekurve über 10-15 Minu-

ten erstellen oder beobachten, welcher Ofen am schnellsten ein Quadrat Schokolade zum Schmelzen bringt. Anschliessend können die Kinder auf der Grundlage des soeben durchgeführten Experiments ihren eigenen Ofen bauen.

### MATERIAL

- Pappschachtel (mit einem Deckel)
- Aluminiumfolie
- Klebstoff, Schere, Bleistifte, Filzstifte
- Schwarze Farbe oder schwarzes Papier
- Behälter aus Metall oder schwarz
- Glas (flexible Plastikfolie oder Plexiglasplatte)
- Lebensmittel (Ei, Schokolade, Reis usw.)

### EXPERIMENT

1. Bemale den Boden des Kartons mit schwarzer Farbe.
2. Klebe Alufolie an die Innenwände des Ofens und an die Innenseite des Deckels.
3. Stelle den mit dem zu schmelzenden/zukochenden Lebensmittel gefüllten Behälter in den Ofen.
4. Decke ihn mit dem Glas ab.
5. Richte den Ofen zur Sonne aus und benutze den Deckel als Spiegel, 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-, Vertriebschritte 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, Aufbewahrungsdosen) 2nd Hand Kleidung, usw. Die Schüler\*innen 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.

## QUELLE

# Ein System im Gleichgewicht

Die Erde ist eine riesige Energieaustauschmaschine. Ihre Strahlungsbilanz ist die Differenz, die das System Erde empfängt und verliert. Wenn sich dieses System im Gleichgewicht befindet, ist seine Strahlungsbilanz gleich null: Die Erde empfängt genauso viel Energie von der Sonne, wie sie in den Weltraum abgibt. In diesem Fall bleibt die durchschnittliche Oberflächen-temperatur stabil.

Die Sonne sendet Energie in Form von Strahlung zur Erde. Der größte Teil davon wird von der Oberfläche absorbiert, die dadurch auf eine globale Durchschnittstemperatur von 15 °C erwärmt wird. Ein weiterer Teil wird von der Atmosphäre absorbiert.

SONNENSTRAHLUNG

Die Atmosphäre absorbiert einen Teil der von der Sonne empfangenen Energie und strahlt sie in Form von Wärme (Infrarotstrahlen) wieder ab. Der grösste Teil dieser Wärmeenergie wird zur Erdoberfläche zurückgestrahlt, der Rest ins Weltall.

TREIBHAUSEFFEKT

Die Erdoberfläche, von der Sonne erwärmt, sendet Infrarotstrahlen aus. Dies trägt dazu bei, die Atmosphäre zu erwärmen. Nur ein kleiner Teil der von der Oberfläche wieder ausgestrahlten Energie gelangt direkt zurück in den Weltraum.

Die von der Erdoberfläche ausgehende Wärmeenergie wird von bestimmten Gasen in der Atmosphäre absorbiert und zum Teil wieder zum Boden zurückgestrahlt. Die Wärme wird dann in einer Schleife zwischen der Atmosphäre und der Oberfläche eingefangen; das ist der Treibhauseffekt.

ALBEDO

NASA. *Science – CERES*. Récupéré sur CERES : <https://ceres.larc.nasa.gov/science/>

Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz. *Klimat - MétéoSuisse*. Abgerufen von MeteoSchweiz : <https://www.meteoschweiz.admin.ch/klima.html>

The Intergovernmental Panel on Climate Change. *Reports – IPCC*. Abgerufen von IPCC : <https://www.ipcc.ch/reports/>

Swiss Polar Class. *Swiss Polar Class – Swiss Polar Institute*. Abgerufen von Swiss Polar Class : <https://polar-class.ch/de/german/>

Aktivitäten und Erklärungen zur Meteorologie :

<https://www.wetteronline.ch/wetterschule/wie-entsteht-eine-wettervorhersage>

<https://www.wetteronline.de/wetterschule>

Wetterlexikon des Deutschen Wetterdienstes (DWD) :

[https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/lexikon\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/lexikon_node.html)

## ANHANG - UMWELTINGENIEURWISSENSCHAFTEN

## ANHANG 1 - EXPERIMENTE ZUR RELATIVEN LUFTFEUCHTIGKEIT

Du hast wahrscheinlich schon bemerkt, dass die Luftfeuchtigkeit (die Menge an Wasserdampf in der Luft) einen Einfluss darauf hat, wie du die Temperatur empfindest. Wenn die Luftfeuchtigkeit im Sommer hoch ist, spricht man von „Schwere“, und wenn es kühl ist, sagt man, es sei „roh“. Die Luftfeuchtigkeit kann einen heißen Tag noch heißer und einen kühlen Tag noch kälter machen.

### HERSTELLUNG EINES PSYCHROMETERS

In diesem Experiment bestimmst du die relative Luftfeuchtigkeit, indem du zwei Thermometer verwendest: eines mit trockenem und eines mit feuchtem Kolben. Das so entstandene Gerät wird Psychrometer genannt.

#### MATERIAL

- 2 identische Alkoholthermometer (Celsius)
- Unterlage (leere Flasche, Karton usw.)
- Klebeband
- Ventilator (oder Föhn ohne Hitze)
- Gaze (oder Wattebäusche)
- Gummiband
- Ein kleiner Behälter mit Wasser

#### EXPERIMENT

1. Befestige die beiden Thermometer in einem Abstand von etwa 5-10 cm an der Halterung ([Abbildung 1.9](#)).
2. Stelle die Anordnung 5 Minuten lang vor einen auf mässige Geschwindigkeit eingestellten Ventilator und zeichne die Temperaturen auf. Damit soll sichergestellt werden, dass die Thermometer kalibriert sind und unter Kontrollbedingungen die gleiche Temperatur anzeigen.
3. Tränke die Gaze mit Wasser und benutze das Gummiband, um sie um die Zwiebel eines einzelnen Thermometers zu binden, wobei du darauf achtest, dass ein Teil der Gaze in das Wasser eintaucht.
4. Halte die Thermometer wie zuvor vor den Ventilator und messe die Temperaturen der „feuchten Zwiebel“ und der „trockenen Zwiebel“ nach 5 Minuten.
5. Um die relative Luftfeuchtigkeit zu bestimmen, subtrahiere die Temperatur der „Feuchtkugel“ von der Temperatur der „Trockenzwiebel“, um die Differenz zu er-

halten, und vergleiche sie mit der psychrometrischen Tabelle ([Tabelle 1.1](#)).

#### ERKLÄRUNG

Auch wenn sich die Lufttemperatur nicht verändert hat, solltest du auf dem Feuchtkugelthermometer eine niedrigere Temperatur bemerken. Das liegt daran, dass während des Austrocknens der Gaze ein Teil des Wassers verdunstet ist, d. h. es geht vom flüssigen in den gasförmigen Zustand über (Wasserdampf).

Für die Verdunstung wird Wärmeenergie benötigt, die aus der Umgebungsluft und dem Thermometerkolben entnommen wird. Dies führt zu einem Wärmeverlust um den feuchten Thermometerkolben herum.

Je trockener die Luft, desto schneller die Verdunstung und desto niedriger die Temperatur des feuchten Thermometers.

#### Quelle :

<https://www.livescience.com/40663-measuring-relative-humidity-science-fair-projects.html> (Januar 2022)

		Temperaturdifferenz zwischen den beiden Thermometern (°C)												
		0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Temperatur des Feuchthermometers (°C)	0	100	90	81	72	64	56	50	42	36	30	25	20	16
	1	100	91	82	74	66	58	52	45	39	34	28	23	18
	2	100	91	83	75	67	60	54	48	42	36	31	26	22
	3	100	92	84	76	69	62	56	50	44	39	34	29	25
	4	100	92	84	77	70	64	57	52	47	41	36	32	28
	5	100	93	85	78	71	65	59	54	48	43	39	34	30
	6	100	93	85	79	72	66	61	55	50	45	41	36	33
	7	100	93	86	79	73	67	62	57	52	47	43	39	35
	8	100	93	87	80	74	69	63	58	54	49	45	41	37
	9	100	94	87	81	75	70	65	60	55	51	47	43	39
	10	100	94	87	82	76	71	66	61	57	53	49	45	41
	11	100	95	89	83	77	72	67	62	58	54	50	47	43
	13	100	95	90	84	78	74	69	65	61	57	53	50	46
	14	100	95	89	84	79	74	70	66	62	58	54	51	47
	15	100	94	89	84	80	75	71	67	63	59	55	52	49
	16	100	95	90	85	80	76	72	68	64	60	57	54	50
	17	100	95	90	85	81	77	72	69	65	62	58	55	52
	18	100	95	90	86	81	77	74	70	66	63	59	56	53
	19	100	95	91	86	82	78	74	70	66	63	60	57	54
	20	100	96	91	87	82	78	74	71	67	64	61	58	55
	21	100	96	91	87	83	79	75	72	68	65	62	59	56
	22	100	95	91	87	83	80	76	72	69	66	63	60	57
	23	100	96	91	87	84	80	76	73	69	67	63	61	58

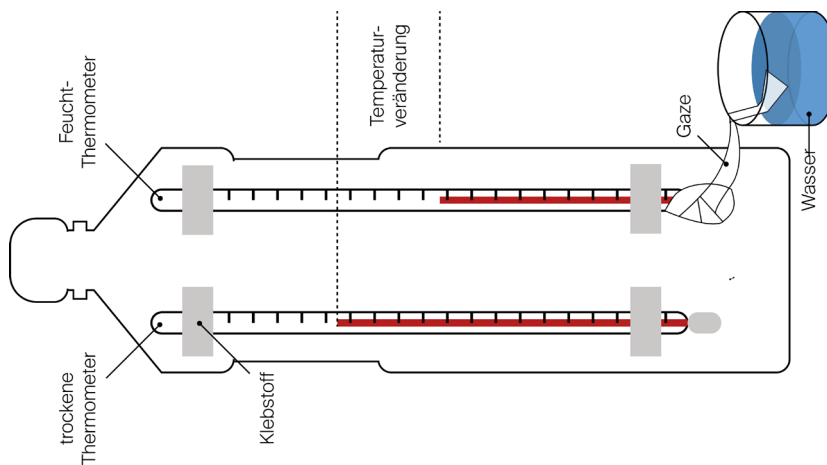


Abbildung 1.9: Herstellung eines Psychrometers.

Tabelle 1.1: Psychrometrische Tabelle.

Mit dieser Tabelle kannst du die relative Luftfeuchtigkeit (in %) aus den Temperaturen ablesen, die von einem nebeneinander liegenden Trocken- und Feuchthermometer angezeigt werden. Die linke Spalte (blauer Hintergrund) entspricht der Temperatur des Feuchthermometers. Die obere Zeile (gelber Hintergrund) zeigt den Temperaturunterschied zwischen den beiden Thermometern (feucht und trocken) in °C. Am Schnittpunkt liest man die relative Luftfeuchtigkeit der Raumluft in % ab. Beispiel: Das feuchte Thermometer zeigt 16 °C an und das trockene Thermometer 21 °C. Der Temperaturunterschied beträgt also 5 °C. Nach der obigen Tabelle hat die relative Luftfeuchtigkeit einen Wert von 57%.

## ANHANG 2 - WETTERBEOBACHTUNG

Tabelle 1.2: Tabelle für die Messung von Temperatur, Windrichtung, ...

Name und Vorname : \_\_\_\_\_ Klasse: \_\_\_\_\_

### WETTERBEOBACHTUNG

DATUM	ZEIT	TEMPERATUR [°C]	WINDRICHTUNG N, NW, W, SW, S, SO, O, NO	HIMMEL Sonne, Wolken...	NIEDERSCHLAGSMENGE [mm]
MONTAG	morgen				
	nachmittag				
DIENSTAG	morgen				
	nachmittag				
MITTWOCH	morgen				
	nachmittag				
DIENSTAG	morgen				
	nachmittag				
FREITAG	morgen				
	nachmittag				

Ort der Beobachtungen und Messungen :

### ANHANG 3 - HERSTELLUNG EINES HYGROMETERS

Ein Hygrometer ist ein Gerät, das Folgendes misst die Feuchtigkeit oder die Menge an Wasserdampf, die in der Luft enthalten ist. Je mehr Wasserdampf die Luft enthält, desto höher ist die Luftfeuchtigkeit. Vielleicht ist Ihnen schon aufgefallen, dass Ihr Haar bei feuchtem Wetter kraus wird. Das passiert, weil sich das Haar in Gegenwart von Feuchtigkeit ausdehnt. Mithilfe dieses Prinzips kann man aus einem Haar ein einfaches Hygrometer herstellen, mit dem man die relative Luftfeuchtigkeit messen kann.

#### MATERIAL

- Bleistift
- Lineal
- Ein Stück dünner Karton
- Ein Stück fester Karton A4
- Schere
- Klebeband
- Ein ca. 20 cm langes Haar
- Ein Stück Holz
- Wanzen

#### EXPERIMENT

1. Zeichne mithilfe des Lineals einen Pfeil von etwa 12,5 cm x 2,5 cm auf den dünnen Karton und schneide ihn aus.
2. Befestige die lange Kante des festen Kartons mit Reisszwecken an dem Holzstück. Das Holz dient als Stütze. Klebe ein Ende des Haares oben und in der Mitte auf den festen Karton.
3. Klebe das freie Ende des Haares in die Mitte der Rückseite des Pfeils.
4. Lege den Pfeil an den Karton und bewege ihn, bis die Haare vollständig ausgezogen sind und parallel zur kurzen Seite des Kartons verlaufen. Befestige dann das nicht spitze Ende des Pfeils mit einem Reissnagel an den Karton.

#### KALIBRIERUNG

Erwärme das Haar mit einem Föhn, bis sich der Pfeil nicht mehr bewegt. Der Pfeil zeigt dann einen Feuchtigkeitsgehalt von 0 % an. Markiere diese Stelle auf der Karton.

Lege das Hygrometer in eine Plastiksachtel, die du mit einem feuchten Tuch verschliesst. Nach 10 Minuten eine Markierung an der Stelle

des Zeigers anbringen. Wiederhole den Vorgang, bis sich der Pfeil nicht mehr bewegt. Er zeigt dann 100% Luftfeuchtigkeit an.

Unterteilen Sie den Raum zwischen 0% und 100% in 10. Räume und markieren Sie diese von 10 % bis 100 %.

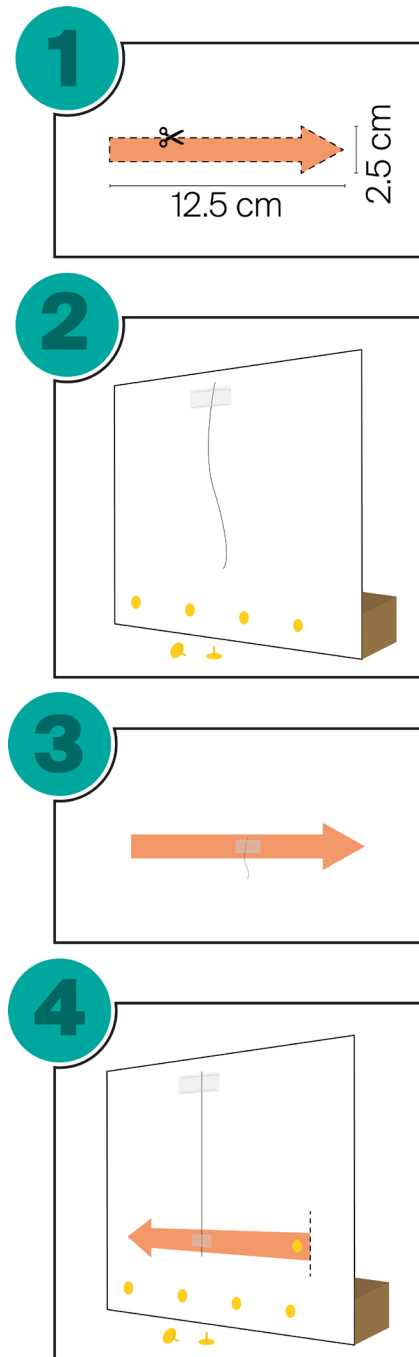


Abbildung 1.10: Herstellung eines Hygrometers.

#### Quelle :

<https://www.remedes-de-grand-mere.com/fabriquer-un-hygrometre-naturel>, <https://www.wikihow.com/Make-a-Hygrometer> (Januar 2022)





# Architektur

## EINLEITUNG

Die Fakultät für Architektur bildet Architekt\*innen an der EPFL aus. Durch die Integration in die School of Architecture, Civil and Environmental Engineering und der Zusammenarbeit mit diesen zwei anderen Fakultäten (Bau- und Umweltingenieurwissenschaften), ist die Ausbildung sehr interdisziplinär.

Neu auftkommende Probleme unserer Gesellschaft werden speziell im Hinblick auf nachhaltige Entwicklung aufgegriffen, die einen wichtigen Bestandteil im Schaffen zukünftiger Architekt\*innen ausmachen wird. Die in diesem Rahmen von der Fakultät durchgeführte Forschung beeinflusst den Lehrplan. Architekturstudent\*innen 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 Architekt\*in 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, Materialien, Physik...

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

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

Die Umsetzung und Verknüpfung all dieser Disziplinen ermöglicht es, mögliche Antworten auf architektonische, städtische oder räumliche 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 jede und 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?

- Bauingenieur\*innen, um die Strukturen zu berechnen
- Vermessungsingenieur\*innen (Geometriker\*innen) für die Datenerfassung und die Vermessung des Geländes
- Firmen, die auf Fundamente spezialisiert sind
- Maurer\*in
- Zimmerleute
- Spengler\*innen, Dachdecker\*innen
- Schreiner\*innen
- Elektriker\*innen
- Sanitärinstallateur\*innen
- Fliesenleger\*innen
- Maler\*innen
- Landschaftsarchitekt\*innen
- 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 Materialien
- Die Bedürfnisse der Kunden
- usw.

## ÜBUNGEN

### EURE SCHULE « ANALYSIEREN »

Die Schüler\*innen 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 Schüler\*innen 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 angegeben. 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. Ein Schnitt ist so, als würde man ein Gebäude vom Boden bis zum Dach in zwei Hälften „schneiden“, um in das Innere blicken zu können.

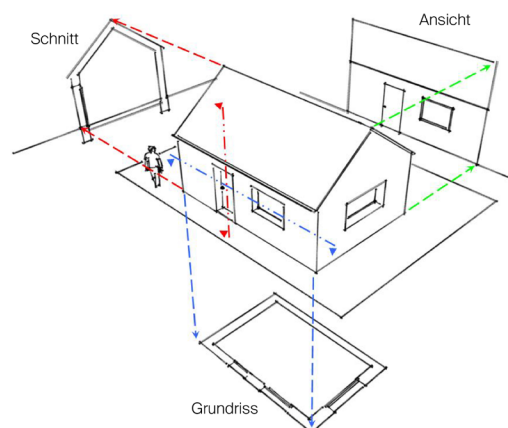


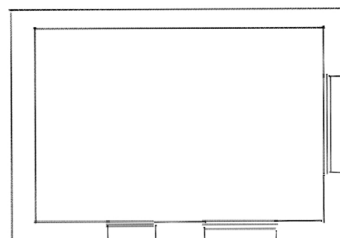
Abbildung 2.1: Annotiertes Modell.

### GRUNDRISS, ANSICHT UND SCHNITT ERSTELLEN

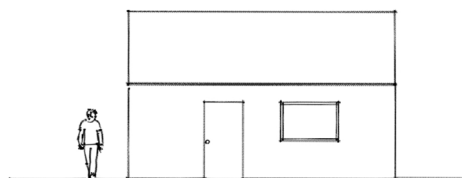
Mit Hilfe dieser Abbildungen lassen Sie die Schüler einen Grundriss, eine Ansicht und/oder einen Schnitt (siehe unten) zeichnen.



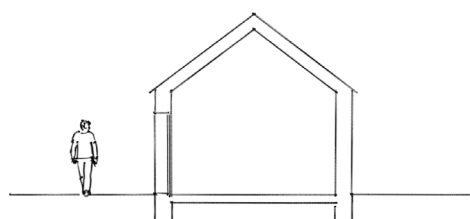
Grundriss :



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. Die Schüler\*innen 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.

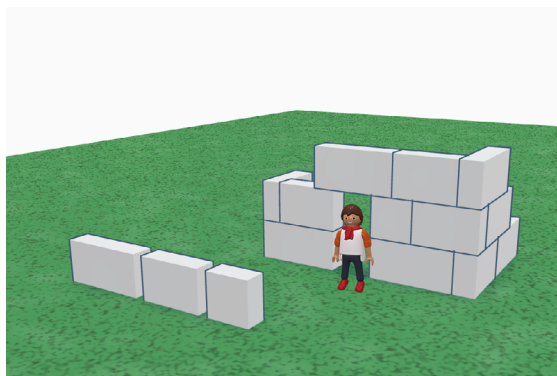


Abbildung 2.2: Verschachtelung der Blöcke in den Ecken und ein 2 m langer Sturz über einer 1 m breiten Öffnung.

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

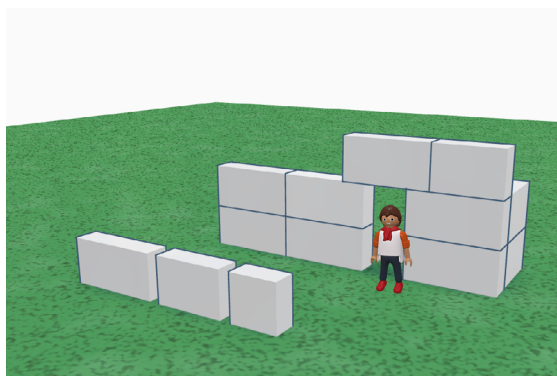


Abbildung 2.3: Fehlende Verschachtelungen schwächen die Konstruktion.

Bei einer 2 m breiten Öffnung besteht der Sturz aus zwei 2 m langen, freitragenden Blöcken. Der Begriff „Kragarm“ bezeichnet eine Konfiguration, bei der ein Element von einem Teil gestützt wird, der sich selbst über dem Nichts befindet, d. h. ohne Unterstützung direkt unter diesem Element. In diesem Fall liegen die beiden Blöcke, die den Kragarm bilden, nur auf der Hälfte ihrer Fläche auf, wodurch das Ganze an die Grenze der Stabilität stösst.

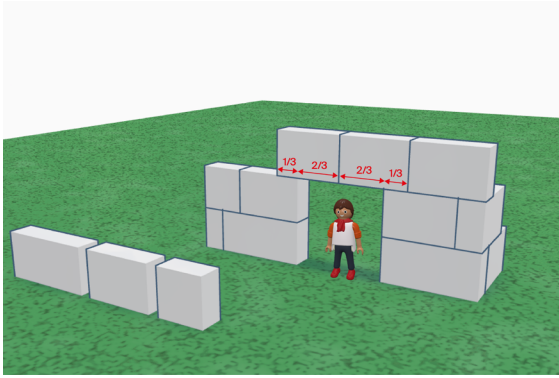


Abbildung 2.4: Kragarm von  $\frac{1}{2}$  an einem 2-Meter-Sturz.

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

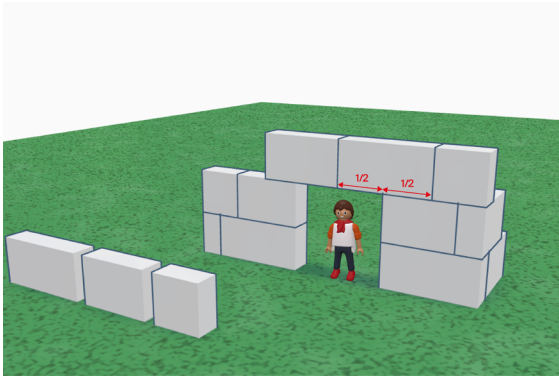


Abbildung 2.5: Kragarm von  $\frac{3}{4}$  an einem 2-Meter-Sturz.

## NACH DEM BESUCH ÜBUNGEN

### VERSCHIEDENE BAUVORGÄNGE ENTDECKEN

#### EXPERIMENT

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.

#### ERKLÄRUNG

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 Bauvor-

gänge 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.archijeunes.ch/vermittelnde>

<https://www.srf.ch/sendungen/school/gestalten-musik/bauen-und-wohnen>

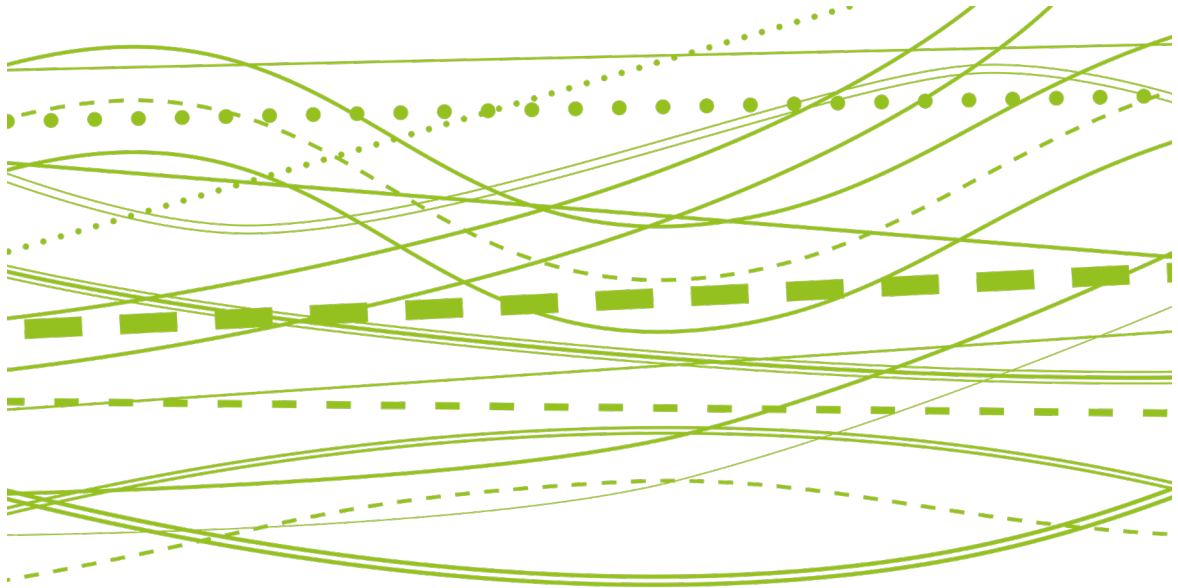
## SPIEL

Villa Paletti – Die Spieler\*innen 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)

## BÜCHER

Sauer I., & Kretschmer C. (2011). *Kinder entdecken Architektur. Projekte für die Grundschule*. Klett-Kallmeyer im Friedrich-Verlag. ISBN: 978-3-7800-1075-9

Leitzgen, A. M., & Rienermann L. (2011). *Entdecke deine Stadt. Stadtsafari für Kinder*. Weinheim/Basel. ISBN: 978-3-407-76185-9



# Bauingenieur- wissenschaften

## 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.

Die Fakultät für Bauingenieurwissenschaften bildet die Ingenieur\*innen des 21. Jahrhunderts 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.

## BAUINGENIEUR\*IN: 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.

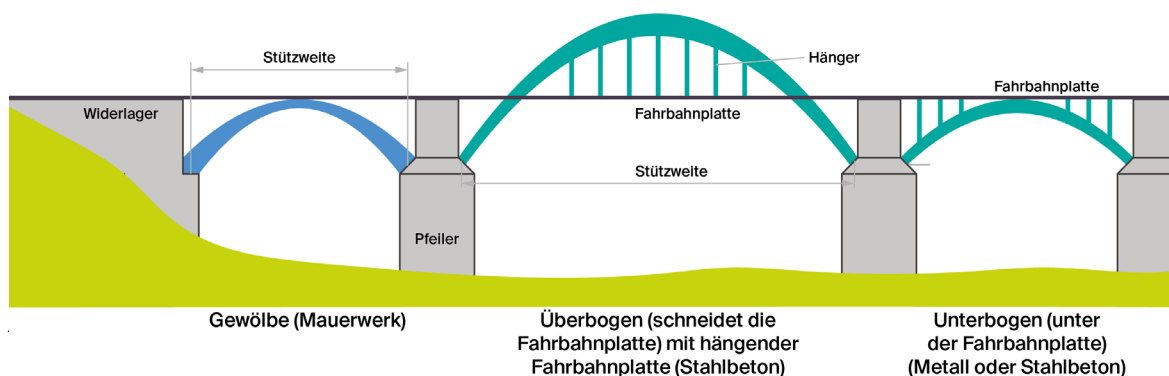
Als Bauingenieur\*in arbeitet man in der Konzeption, der Umsetzung, dem Betrieb und der Sanierung.

## VOR DEM BESUCH

### WAS SIND DIE VERSCHIEDENEN BESTANDTEILE EINER BRÜCKE?

Grundsätzlich hat eine Brücke die folgenden Bestandteile ([Abbildung 3.1](#)):

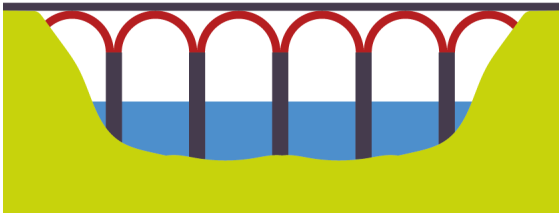
- Die Fahrbahnplatte stützt die Verkehrswege (Gleise oder Strasse).
- Die Widerlager dienen als Stützpunkt für den Übergang der Fahrbahnplatte zum Grund an den äusseren Enden.
- Die Pfeiler tragen die Fahrbahnplatte zwischen den Widerlagern, falls die Länge der Fahrbahnplatte es erfordert. Im Falle einer 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.



## KENNST DU DIE VERSCHIEDENEN BRÜCKENARTEN?

Die in rot gemalten Strukturen sind tragend.

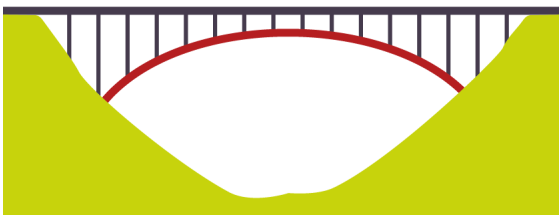
### DIE GEWÖLBEBRÜCKE



### 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
- Plexiglasplatte oder andere

#### EXPERIMENT

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

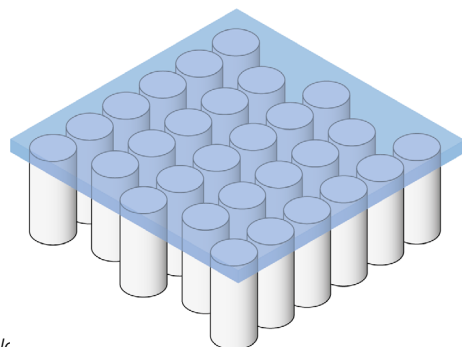


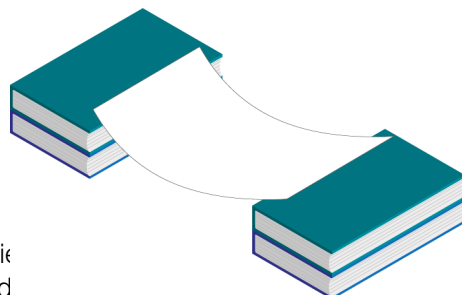
Abbildung 3.2.1 Podest aus Papierzylindern, die unter einer Platte angeordnet sind.

### 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.

#### MATERIAL

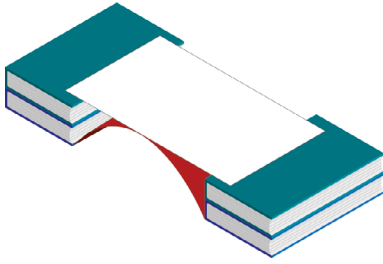
- A4 Papierblätter, Klebeband
- Miniaturauto
- Zwei Stapel Bücher



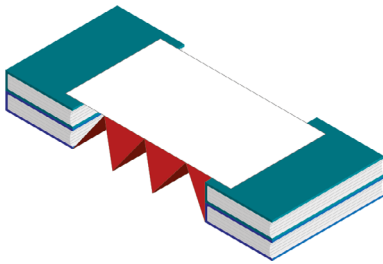
Hier wieder sind.

shen-ven-

## LÖSUNG 1



## LÖSUNG 2



## WÄHREND DES BESUCHS

### DAS GLEICHGEWICHT UND DIE STABILITÄT EINES BOGENS VERSTEHEN

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.

### EXPERIMENT

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.

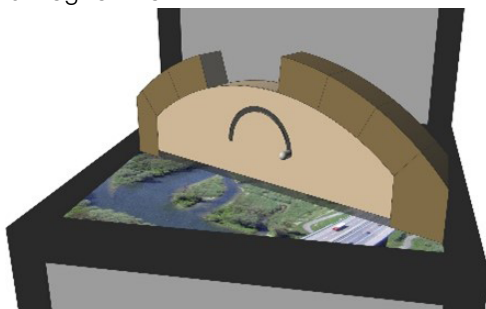


Abbildung 3.3 Bau der Brücke mithilfe des angehobenen Gerüsts.

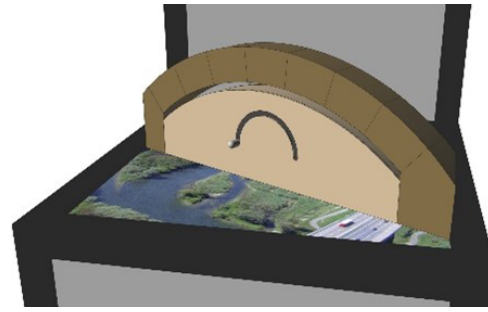


Abbildung 3.4: Das Gerüst wird abgesenkt, nachdem der Schlussstein aufgestellt wurde. Die Brücke bleibt an ihrem Platz.

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

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).

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 Bauingenieur\*innen 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 ([Abbildung 3.9](#) im Anhang am Ende des Kapitels).

Mit die Schülerinnen und Schülern können Sie alle Faktoren suchen, die in Betracht ge-

zogen 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

#### MATERIAL

- Zwei Gläser mit Wasser gefüllt
- Ein Brett
- Ein kleiner Zylinder, der unter das Brett gelegt wird

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.

$$P_1 \times d_1 = P_2 \times d_2,$$

wobei  $d_1$  und  $d_2$  die Abstände zur Achse sind.

#### EXPERIMENT

Stellen Sie den kleinen Zylinder unter das Brett in der Mitte und die beiden mit Wasser gefüllten Gläser an die Enden. Lassen Sie die Schüler\*innen  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $P_1$  und  $P_2$  in den beiden unten abgebildeten Fällen finden:

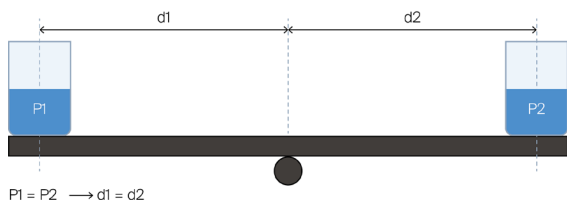


Abbildung 3.5: 2 Gläser, die mit der gleichen Menge Wasser gefüllt sind, werden in gleichem, entgegengesetztem Abstand zum Zylinder unter dem Brett aufgestellt. [© EPFL SPS]

Es hat gleich viel Wasser in den zwei Gläsern :

$$P_1 = P_2, \text{ deshalb, } d_1 = d_2.$$

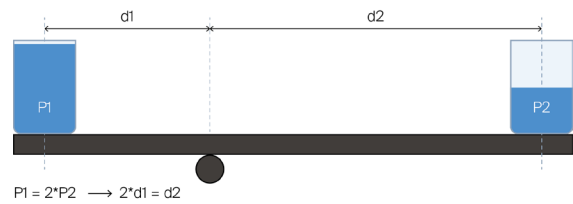


Abbildung 3.6: Das Glas  $P_1$ , das 2x mehr Flüssigkeit enthält als das Glas  $P_2$ , befindet sich 2x näher am Zylinder unter dem Brett als das Glas  $P_2$ . [© EPFL SPS]

Es hat doppelt so viel Wasser im Glas 1 als im Glas 2:

$$P_1 = 2 \times P_2, \text{ deshalb, } d_1 = d_2/2$$

### DEN KRAGARM 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 Schüler\*innen 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.

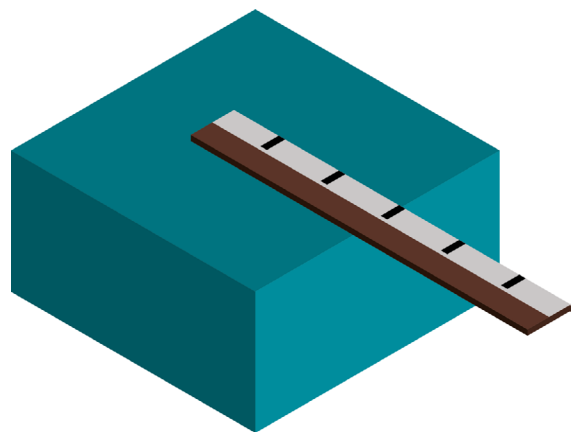


Abbildung 3.7: Lineal in prekärem Gleichgewicht. [© EPFL SPS]

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

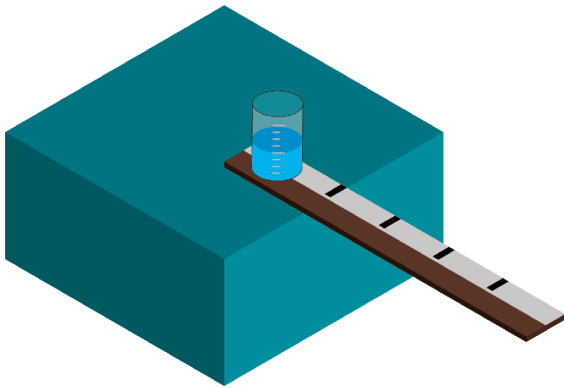


Abbildung 3.8: Stabiles Gleichgewicht durch das auf dem Lineal liegende Gewicht. [© EPFL SPS]

## QUELLEN

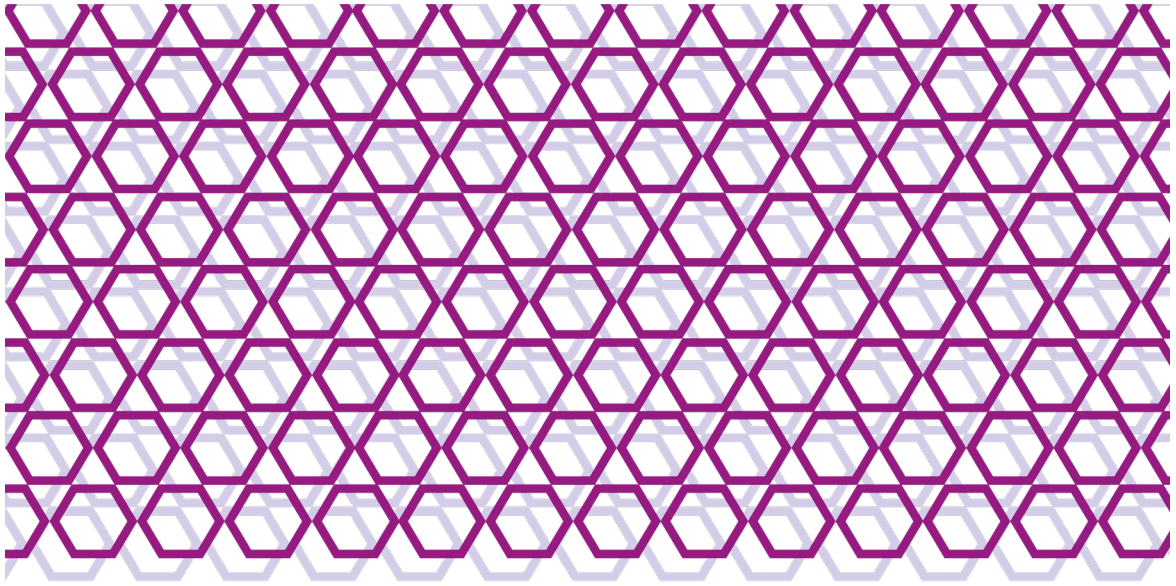
Brücke. Von Wikipedia abgerufen :  
<https://de.wikipedia.org/wiki/Brücke>

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

## ANHANG - BAUINGENIEURWISSENSCHAFTEN



Abbildung 3.9: Wasserkraftwerk Ruppoldingen an der Aare (Foto ATEL - Aare-Tessin AG für Elektrizität, jetzt Alpiq)



# **Material- wissenschaft**

## 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 Mikroelektronik, 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. Heute ist Stahl nach wie vor ein zentrales Material für das Bauwesen, während Silizium für die Informationstechnologie von entscheidender Bedeutung ist. 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.

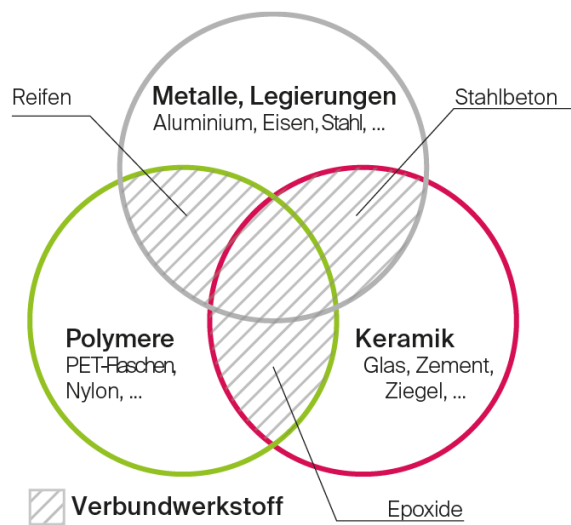


Abbildung 4.1: Venn-Diagramm der verschiedenen Materialgruppen

## WAS SIND IHRE EIGENSCHAFTEN UND AUS WELCHEN MATERIALIEN BESTEHEN SIE?

### POLYMERE

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, Do-

sen, 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 SCHÜLER\*INNEN, EIN OBJEKT MITZUBRINGEN**

Die Schüler\*innen 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 dann über den heißen Luftstrom eines Föhns halten. Wenn er aus dem warmen Wasser kommt, wird er wieder die Form annehmen, die er „im Gedächtnis“ hatte...

## ERKLÄRUNG

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

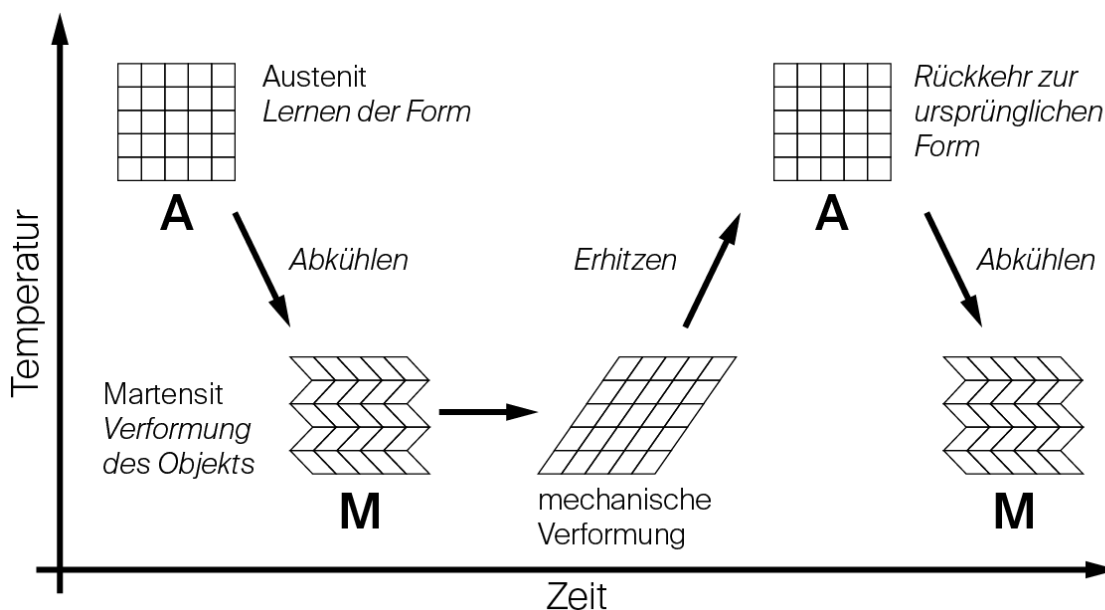


Abbildung 4.2: Schema zur Visualisierung der Transformation einer Formgedächtnislegierung

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 Kuppelungsmuffe 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.

## 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 Lehmart 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 Ingenieur\*innen, insbesondere bei Materialien. Ein Beispiel dafür sind die Lotusblätter, die, dank ihrer rauen Oberflächenstruktur (Nanostruktur), auch in oft schlammigen Teichen immer sauber bleiben.

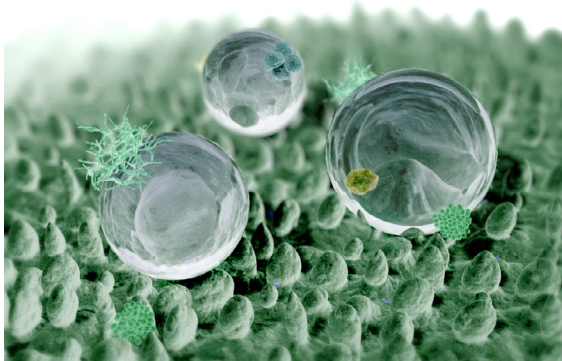


Abbildung 4.3: Simulation eines mikroskopischen Bildes von Wassertropfen und Schmutz auf einem Lotusblatt. [William Thielicke, Wikipedia, CC BY-SA 4.0]

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. [Ralf Pfeifer, Wikipedia, CC BY-SA 3.0]

## UMWELT

Die Entwicklung eines Kunststoffes 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 Wandisolationen. Ein schaubildendes Verfahren erlaubt es so ein leichtes und solides Material mit guten thermischen und akustischen Isolationseigenschaften zu erhalten.



Abbildung 4.5: PET-Flaschen für das Recycling (Pexels).

## 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.

Zu den Herausforderungen der Zukunft gehören nicht nur die Miniaturisierung, sondern auch die Suche nach Materialien mit höherer Energieleistung, Supraleitung, Haltbarkeit und die Schaffung intelligenter und anpassungsfähiger Materialien.

## SICHERHEIT

Ärzt\*innen retten Leben... nach dem Unfall! Materialwissenschaftler\*innen 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 Materialwissenschaftler\*innen 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).

## ÜBUNGEN

### DAS SPIEL „WAS IST DAS?“

#### (EINE ABWANDLUNG VON TABU)

Die Schüler\*innen 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 Schüler\*innen 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 [Anhang](#) am 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 entsprechen.

## QUELLEN

### VIDEOS ÜBER „SMART MATERIALS“ VON SMART<sup>3</sup>

*FGL, DEA und Piezo - was ist das eigentlich?*

<https://www.youtube.com/watch?v=q5riBQNxuCI>

*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=rA27NYYUzbw>

## ANHANG - MATERIALWISSENSCHAFTEN

<b>PLEXIGLAS ®</b>	<b>TEFLON ®</b>
Scheibe bruchfest Plastik	Pfanne Küche Fett
<b>LEHM</b>	<b>STYROPOR ®</b>
weich Töpferei Erde	weiss leicht Kügelchen
<b>KAUTSCHUK</b>	<b>GORE-TEX ®</b>
Baum elastisch Latex	Jacke Schuhe Wasser
<b>PET</b>	<b>KEVLAR ®</b>
Flasche Recyceln Plastik	Weste Handschuhe Polizei

**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



<b>KRISTALL</b>	<b>ALUMINIUM</b>
Glass teuer zerbrechlich	grau Metall Papier
<b>DIAMANT</b>	<b>ZINN</b>
hart unvergänglich Schmuck	Löten Draht Metall
<b>ZEMENT</b>	<b>PORZELLAN</b>
Mauer grau Ziegel	Teller zerbrechlich weiss
<b>BETON</b>	<b>GLAS</b>
Zement Mauer Lastwagen	trincken Fenster scharfkantig

**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



<b>NICKEL</b>	<b>EISEN</b>
leitend Metall Allergie	Metall Pferd Rost
<b>STAHL</b>	<b>KUPFER</b>
fest Metall Aufbau	Schlauch Elektrizität leitend
<b>BRONZE</b>	<b>TITAN</b>
blau-grün Medaille Alter	Technologie Flugzeug hart
<b>BLEI</b>	<b>KARBONFASERN</b>
schwer Fischen Gewehr	Flugzeug Tennisschläger Fahrrad

**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**

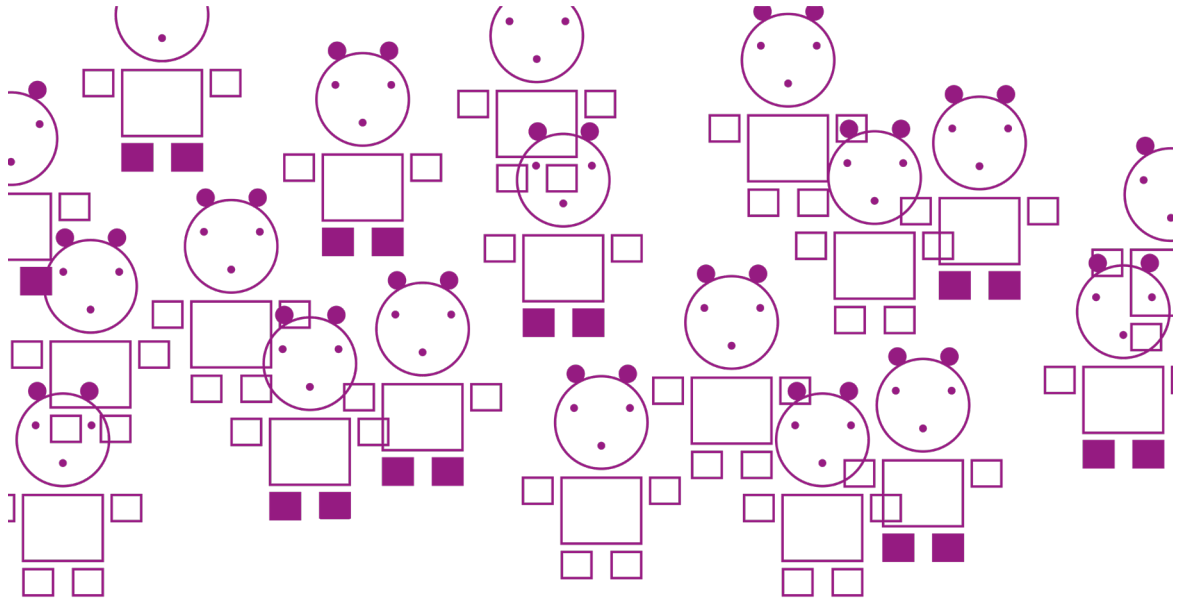


**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**



**WISSENSCHAFT,  
DAS INTERESSIERT MICH !**





# Mikrotechnik

## EINLEITUNG

Die heutige Industrie entwickelt Geräte, die immer kleiner und kleiner sind. Und die Mikro-technik 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 Miniaturobjekte. 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, informatische, chemische, mechanische oder optische Komponenten sowie verschiedene Materialien brauchen.

Die Industrie wendet sich in vielen Bereichen der Produktion an die Ingenieur\*innen der Mikro-technik: Messgeräte, biomedizinische Anwendungen, Mikro- und Nano-Roboter, Uhrwerke, usw.

## VOR DEM BESUCH

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  $\mu\text{m}$ )
- Ein rotes Blutkörperchen (7  $\mu\text{m}$ )
- Die Dicke einer Spinnwebe (7  $\mu\text{m}$ )
- 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) 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.

Präfix	Symbole	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 die Einheit
Zenti	c	$10^{-2}$ - ein Hundertstel die Einheit
Milli	m	$10^{-3}$ - ein Tausendstel die Einheit
Mikro	$\mu$	$10^{-6}$ - ein Millionstel die Einheit
Nano	n	$10^{-9}$ - ein Milliardstel die Einheit
Piko	p	$10^{-12}$ - ein Billionstel die Einheit
Femto	f	$10^{-15}$ - ein Billionstel die Einheit

### DAS BEISPIEL DES ROBOTERS : WELCHE ARTEN VON ROBOTERN GIBT ES UND WOFÜR KANN MAN SIE EINSETZEN ?

#### EXPLORATIONSROBOTER

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 [Wikimedia Commons, domaine public]

#### 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 am Fließband [Reymond Clavel, 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.

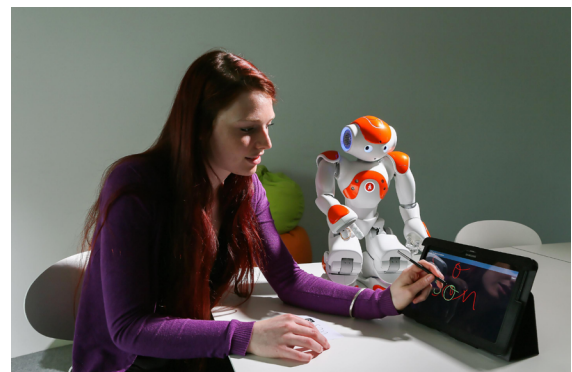


Abbildung 5.3: Der Roboter NAO (Link zum Artikel in der Bibliografie) [Alain Herzog, EPFL]



Abbildung 5.4: Roboter Aibo [KKPCW, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0]

### ZAHLEICHIGE 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 Kamerasystem, kann er sogar Objekte auf einem Laufband greifen, die bewegt wurden oder nicht gut ausgerichtet sind.

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.

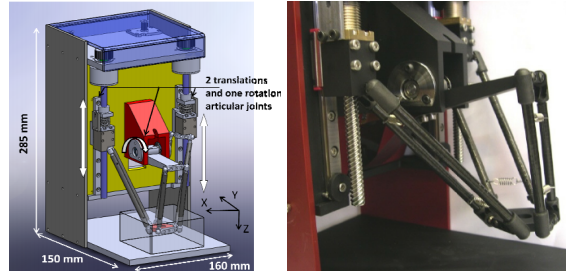


Abbildung 5.7: Delta Ibis [Bilder aus dem Artikel : Bouri, Mohamed & Clavel, R., (2010), *The Linear Delta : Developments and Applications. 1 - 8.*]

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 euch 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.

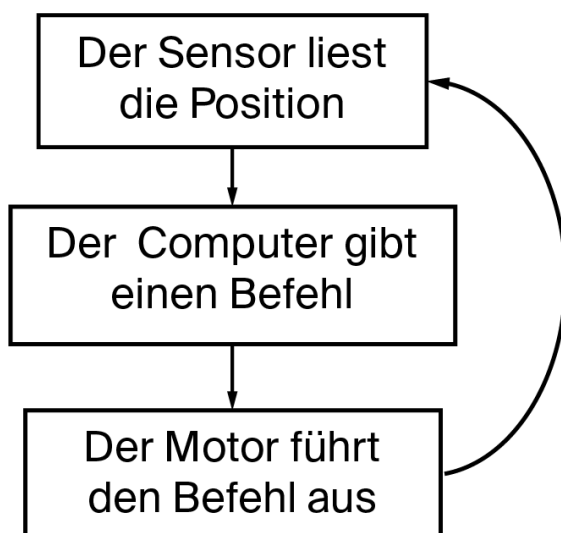
## MATERIAL

- Ein Metermass

## EXPERIMENT

- 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).



## 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
- 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.

## QUELLEN

### ARTIKEL ÜBER DEN ROBOTER NAO (AUF FRANZÖSISCH)

Perrin, S. (2016, mars 22). *Le robot et l'enfant apprennent ensemble à écrire* - EPFL. Abgerufen von EPFL Actualités : <https://actu.epfl.ch/news/le-robot-et-l-enfant-apprennent-ensemble-a-ecri-11/>

Pralong, M. (2024, mai 15). *À l'EPFL, même la crèche a son robot* - lematin.ch. Abgerufen von Lematin.ch : <https://www.lematin.ch/story/technologies-a-lepfl-meme-la-creche-a-son-robot-103105018>

### INTERAKTIVE WEB-APPLIKATION ZUM ENTDECKEN DER VERSCHIEDENEN GRÖSSENORDNUNGEN IM UNIVERSUM

Huang, C. *The Scale of the Universe 2*. Abgerufen von : <https://htwins.net/scale2/>

### EINE WEBSITE, UM DAS PROGRAMMIEREN ZU LERNEN

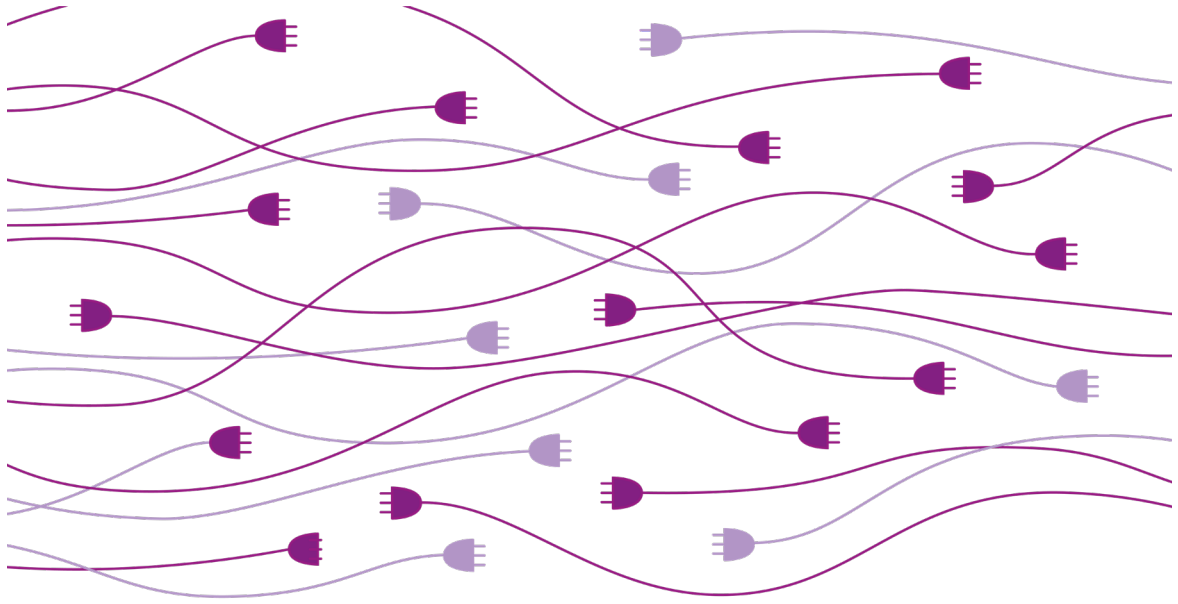
Code.org. (2024). *Learn*. Abgerufen von Hour of Code : <https://hourofcode.com/fr/de/learn>

### UM EINE AKTIVITÄT MIT ROBOTERN FORTZUSETZEN, IST ES MÖGLICH, PROGRAMMIERBARE ROBOTER ZU BAUEN

Makeblock. mBot Robot kit for Beginners to Learn Block Based Coding and Arduino | Makeblock. Abgerufen von Makeblock.com : <https://www.makeblock.com/pages/mbot-robot-kit>

Microsoft Makecode. Microsoft MakeCode for micro:bit. Abgerufen von Microsoft microbit : <https://makecode.microbit.org/>

Thymio. Accueil - Thymio. Abgerufen von Thymio : <https://www.thymio.org/de/>



# 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 alle 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.)  $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$

### 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.

### 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.

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

### ELEKTRIZITÄT MESSEN

Man kann den elektrischen Strom mit einem Wasserfall vergleichen. Die Stromstärke ist die Menge an Wasser, die über einen bestimmten Zeitraum fliesst (die Durchflussmenge), während die Spannung die Höhe darstellt, aus der das Wasser fällt.

- *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.

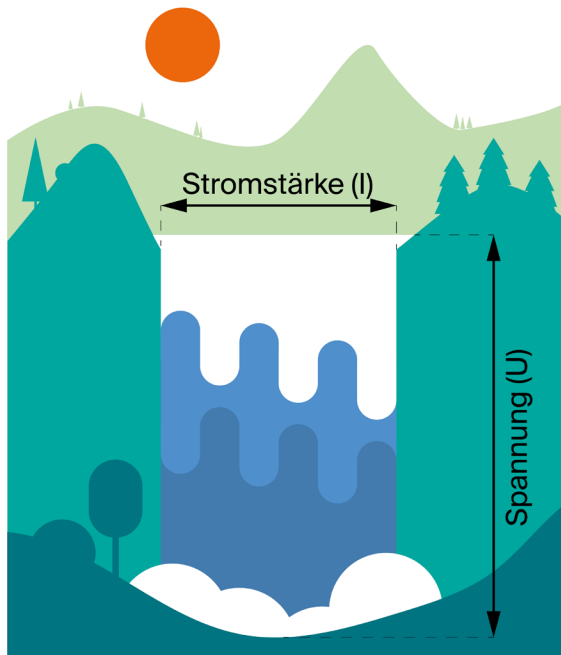


Abbildung 6.1: Analogie der Elektrizität zum Wasser. Die Breite des Falls kann mit der Stromstärke und die Höhe des Falls mit der Spannung verglichen werden. [© EPFL SPS]

### LEISTUNG

Die Leistung (P) ist das Produkt aus Spannung und Stromstärke. Sie wird in Watt (W) gemessen.

$$P (W) = U (V) \times I (A)$$

Die Leistung eines Geräts ist auf dem Gerät selbst angegeben. Ein Taschenrechner hat z. B. eine Leistung im Milliwattbereich und ein Haushaltsgerät eine Leistung im Kilowattbereich. Glühbirnen haben in der Regel eine Leistung von 7 bis 25 W.

Je größer die Leistung eines Geräts ist, desto mehr Energie verbraucht es, denn elektrische Energie (E) ist das Produkt aus der verbrauchten Leistung (P) und der Nutzungsdauer (t). Ihre Einheit ist die Kilowattstunde (kWh).

$$E (kWh) = P (kW) \times t (h).$$

Die internationale Einheit für Energie bleibt jedoch das Joule (J) :

$$E (J) = P (W) \times t (s).$$

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$$

### WAS KANN MAN MIT 1 KWH MACHEN ?

- eine Wäsche bei 60 °C waschen
- 17 Stunden lang fernsehen (LED-Bildschirm)
- eine Stereoanlage 8 Tage lang im Standby-Modus lassen
- 1,2 km mit einem benzinbetriebenen Mittelklassewagen fahren.

## 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\*innen daran erinnern, dass wir erst im 19. Jahrhundert begonnen haben (mit Volta, Gramme, Edison, usw.) uns die Elektrizität zu Nutzen zu machen und dass sie sich erst im 20. Jahrhundert durchgesetzt hat.

### VORSCHLAG FÜR EIN EXPERIMENT

In dieser Aktivität erfahren die Schüler\*innen, wie sie eine Zitrone in eine Energiequelle verwandeln können, indem sie eine Batterie herstellen, die eine kleine Glühbirne betreiben kann. Das Experiment basiert auf der in der Zitrone enthaltenen Zitronensäure, die bei Kontakt mit Metallen wie Kupfer und Zink eine chemische Reaktion auslöst, die Elektrizität erzeugt. Diese einfache und spielerische Aktivität vermittelt den Schüler\*innen die Grundlagen der Funktionsweise einer elektrischen Batterie, indem sie das Prinzip der Umwandlung von chemischer in elektrische Energie anschaulich veranschaulicht.

### MATERIAL

- drei halbe Zitronen
- drei Zinkstreifen (verzinkte Unterlegscheiben oder Büroklammern)
- drei Kupferlamellen (z. B. Draht oder 1-, 2- oder 5-Euro-Cent-Münzen)
- eine kleine LED-Birne

- Stromkabel/ Draht

### AUFBAU

Stecke je ein Kupfer- und ein Zinkplättchen in jede Zitrone, sodass sie ziemlich nah beieinander liegen, sich aber nicht berühren.

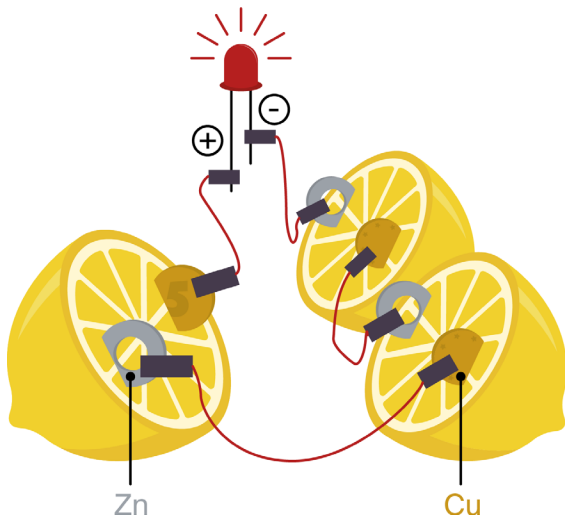


Abbildung 6.2: Schema für den Aufbau der Zitronenbatterie. [© EPFL SPS]

Hänge an jede Lamelle einen elektrischen Draht und verbinde ihn mit der Glühbirne, sodass der Stromkreis geschlossen ist. Die Glühbirne leuchtet, weil zwischen den beiden Metalllamellen ein elektrischer Strom entsteht. Da sie sich in einem sauren Medium befinden, können die Ionen von einer Lamelle zur anderen fließen und einen kleinen Strom induzieren. Zink gibt auf natürliche Weise Elektronen in den Stromkreis ab, während Kupfer sie anzieht. Achte auf die Polarität der LED: Das kurze Bein der LED entspricht dem Minuspol (-) und muss mit Zink verbunden werden.

### ALTERNATIVE

Der Zitronensaft, der den Transport der Ionen ermöglicht, kann durch Essig oder eine andere saure Lösung (z. B. Cola) ersetzt werden. Du kannst deine Batterie also mithilfe des Schemas in [Abbildung 6.3](#) herstellen. Achte auf die Polarität der LED: Das kurze Bein der LED entspricht dem Minuspol (-) und muss mit Zink verbunden werden. Verwende mindestens drei Behälter mit Säurelösung, damit die LED leuchtet.

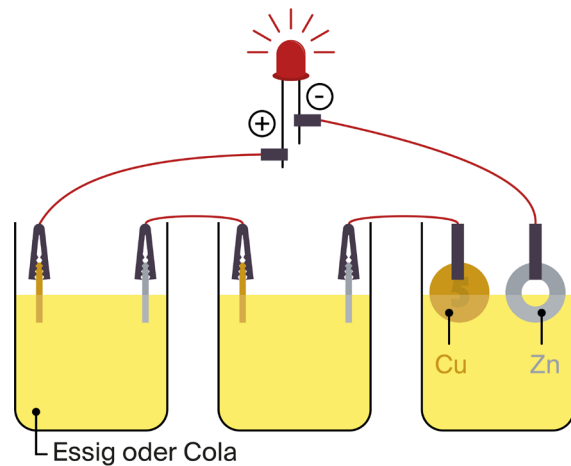


Abbildung 6.3: Schema einer Essig- (oder Cola-) Batterie. [© EPFL SPS]

### WÄHREND DES BESUCHS

Unabhängig von ihrer Herkunft (Sonne, Wind, Wasser, Erdwärme usw.) wird Energie in den meisten Fällen in Elektrizität umgewandelt, um sie in unserem Alltag zu nutzen.

Bei der überwiegenden Mehrheit der Energiequellen erfolgt die Umwandlung in Elektrizität in zwei Schritten:

1. Umwandlung in mechanische Energie: Einsatz einer Turbine.
2. Erzeugung von Elektrizität: Verwendung eines Wechselstromgenerators.

Wir schlagen den Kindern eine kleine Manipulation vor, die es ihnen ermöglicht, diese Umwandlungen zu visualisieren.

### TURBOGENERATOR

Auf der einen Seite haben wir einen Turbogenerator, der aus einer Turbine und einem Wechselstromgenerator besteht. Die Turbine wird durch eine Kurbel dargestellt, die von den Kindern gedreht wird. Der Generator besteht aus einer sich bewegenden Spule (Rotor) und mehreren feststehenden Permanentmagneten (Stator). Durch das Drehen der Kurbel verändert sich die Wirkung des von den Magneten erzeugten Magnetfelds auf die Spule. Diese Veränderung induziert eine elektrische Spannung und erzeugt so einen elektrischen Strom.

## Fahrradalternator

## Industrieanternator

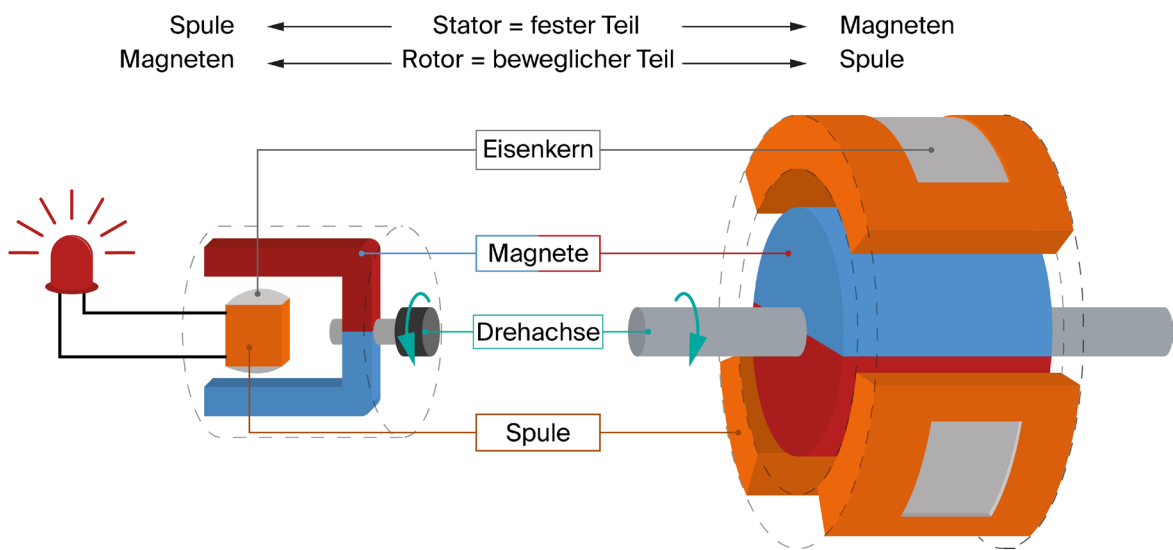


Abbildung 6.4: Schematische Darstellung eines Fahrradgenerators und eines Industriegenerators. Die Spule bildet bei einem Fahrradgenerator den Rotor, während sie bei einem Industriegenerator den Stator bildet. [© EPFL SPS]

### MODELL EINER WINDTURBINE

Auf der anderen Seite befindet sich ein Modell einer Windkraftanlage, die mit einem Miniaturwohnzimmer verbunden ist, in dem man entweder einen Ventilator, einen Fernseher oder beide gleichzeitig einschalten kann. Anhand dieser Demonstration lässt sich feststellen, dass es viel weniger Energie benötigt, um den Ventilator einzuschalten als den Fernseher oder beide gleichzeitig.

Interessanterweise ist die Funktionsweise des Ventilators umgekehrt zu der des Turbogenerators. Beim Turbogenerator wird eine Spule in einem Magnetfeld gedreht, um Strom zu erzeugen, während beim Ventilator der elektrische Strom, der durch die von Magneten umgebene Spule fließt, diese in Bewegung setzt.

Diese Manipulation ermöglicht es den Kindern, die Grundprinzipien der Energieumwandlung zu verstehen und konkret zu sehen, wie verschiedene Energiequellen in nutzbare Elektrizität umgewandelt werden können.

### 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 Wissenschaftler\*innen 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 unter-

geordneten 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 Forscher\*innen im Bereich der Nanotechnologien versprechen. Wieder ein Bereich, in dem Elektroingenieur\*innen eine entscheidende Rolle spielen werden!

## ÜBUNGEN

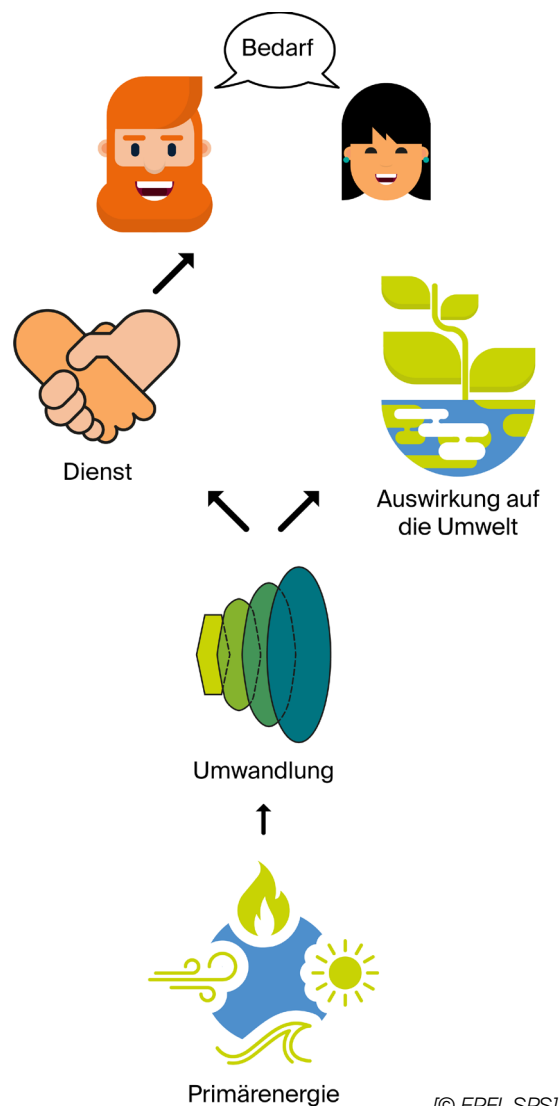
### FLUSSDIAGRAMM ZU ENERGIEBEDARF UND -UMWANDLUNG

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 die Verbraucher\*innen am Ende der Kette ist. Davon ausgehend kann

man die Schüler\*innen bitten, ein Energieumwandlungsdiagramm zu erstellen, indem man von einem spezifischen Bedarf ausgeht.

Die Verbraucher\*innen 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.



[© EPFL SPS]

## **EIN PROJEKT FÜR DEN BAU EINES INNOVATIVEN OBJEKTS VORSCHLAGEN**

Die Schüler\*innen 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 ([www.opitec.ch](http://www.opitec.ch)).

## **QUELLEN**

Unterrichtsmaterial über Energie von EnergieSchweiz

<https://www.energieschweiz.ch/bildung/unterrichtsthema/>

Für Kinder aufgearbeitete Seite über Energie und -träger

<https://www.energie-umwelt.ch/>

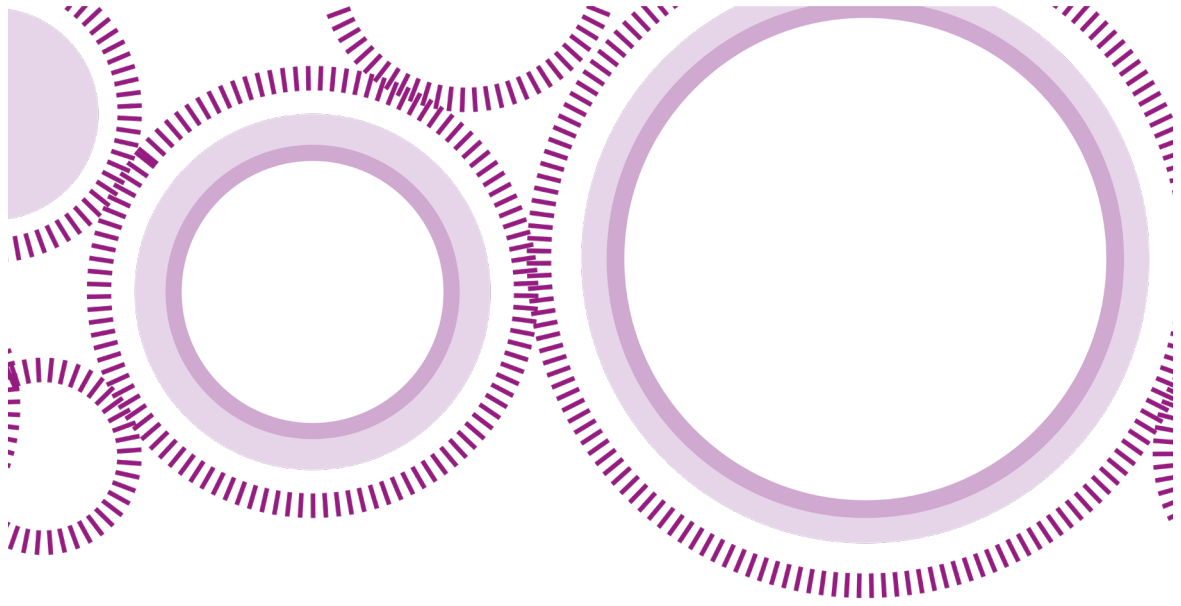
Grafiken zur Visualisierung der Stromproduktion und des Verbrauchs

<https://www.strom.ch/de/medien/grafiken-und-illustrationen>

Seite mit Projektvorschlägen

<http://www.webenergie.ch/accueil.php?lang=de>





# Maschinen- genieurwissen- schaften

## EINLEITUNG

Maschinenbauingenieur\*innen 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, Massetransport 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, Mechanik, Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Technologie und neue Materialien.

Digitale Signalverarbeitung, Informationstechnologien und modernste Messinstrumente sind Schlüsselemente der Forschungsarbeit des Instituts.

## 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  $R$ .



Abbildung 71: ein Elefant, der auf einem Ballon balanciert. [Bild erzeugt mit [Adobe Firefly](#)]

Wir können zwei Arten von Gleichgewicht haben :

- *ein stabiles Gleichgewicht* : die potentielle Energie des Objekts ist an einem absoluten oder lokalen Minimum.
- *ein labiles Gleichgewicht* : die potentielle Energie des Objekts ist an einem Maximum.

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

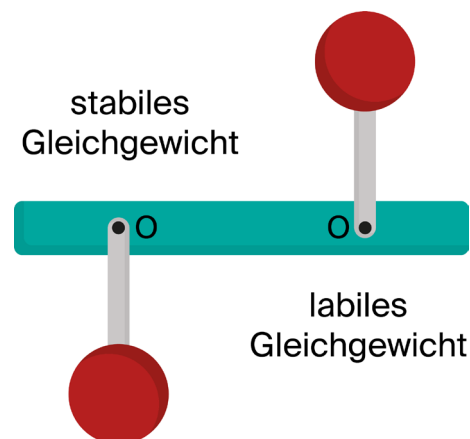


Abbildung 72: Gleichgewichtspositionen eines Pendels an einem Aufhängepunkt „O“. [© EPFL SPS]

## 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.

Entweder, weil es sich um ein instabiles Gleichgewicht handelt: In diesem Fall setzt die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts ständige Anpassungen voraus, um Störungen von außen, die zu einem Sturz führen würden, entgegenzuwirken. Oder weil der Begriff des Gleichgewichts relativ zu einem Bezugssystem ist. Tatsächlich gibt es im Universum keinen „ruhenden Punkt“, alles ist relativ zu etwas anderem in Bewegung. Die Erde dreht sich um die Sonne, die Sonne bewegt sich in der Galaxie und die Galaxie selbst bewegt sich durch das Universum. Ein Objekt, das in einem Bezugssystem im Gleichgewicht zu sein scheint (wie ein Buch auf einem Tisch in einem Haus), ist also absolut gesehen nicht wirklich unbeweglich, da es sich mit der Erde, dem Sonnensystem und so weiter in Bewegung befindet.

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 EIN CLOWN, DER EINEN BESEN AUF SEINER HAND ODER STIRN BALANCIERT, UND EINE PERSON AUF EINEM HOVERBOARD 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. das Hoverboard zum Laufen zu bringen, mussten die Ingenieure eine Lösung für das Problem der Instabilität des Systems suchen.

Ein Hoverboard verwendet Sensoren, um die Neigung des Benutzers zu erkennen, und Motoren, um die Bewegungen der Räder anzupassen, damit das dynamische Gleichgewicht erhalten bleibt.



Abbildung 7.3: Kinder, die Hoverboard fahren. [Photo von Ben Muk auf Pexels, gemeinfrei]

## 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 KANN DIE STABILITÄT DES INSTABILEN SYSTEMS VERBESSERT WERDEN?

Die Ingenieurinnen und Ingenieure wenden die Beobachtungen aus dem Experiment an, um das Problem zu lösen. Es wurde festgestellt, dass die Position der Hand ständig angepasst werden muss, damit der Stab im Gleichgewicht bleibt. Dieses Prinzip wird also in den zuvor vorgeschlagenen Beispielen angewandt: Die Berechnung der Position des Stabes und die Aktion, um ihn wieder senkrecht zu stellen, müssen automatisiert werden (siehe Abschnitt „[Während des Besuchs](#)“).

### KANN MAN DAS HALTEN DES GLEICHGEWICHTS ERSCHWEREN?

#### MATERIAL

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

#### EXPERIMENT

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?

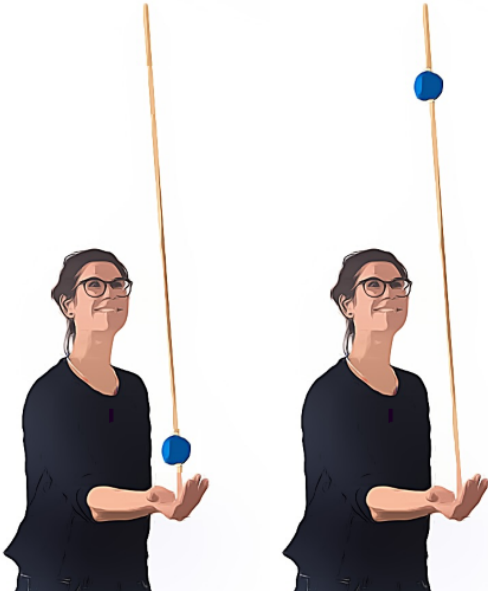


Abbildung 7.4: Einen Stock mit Knetmasse nahe oder weit von der Hand entfernt balancieren. [© EPFL SPS]

## ERKLÄRUNG

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 Be-

suchs 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 :

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

Diese Kontrollschleife entspricht unserer Reaktion, wenn wir das gleiche Experiment machen:

1. Man schaut das Pendel an (Messung der Position),
2. man beurteilt die nötige Anpassung, damit es wieder ins Gleichgewicht kommt,
3. 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)

#### EXPERIMENT

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.

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

### ERKLÄRUNG

Newtons 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 Radiant 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 Eiskunstläufer\*innen 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.

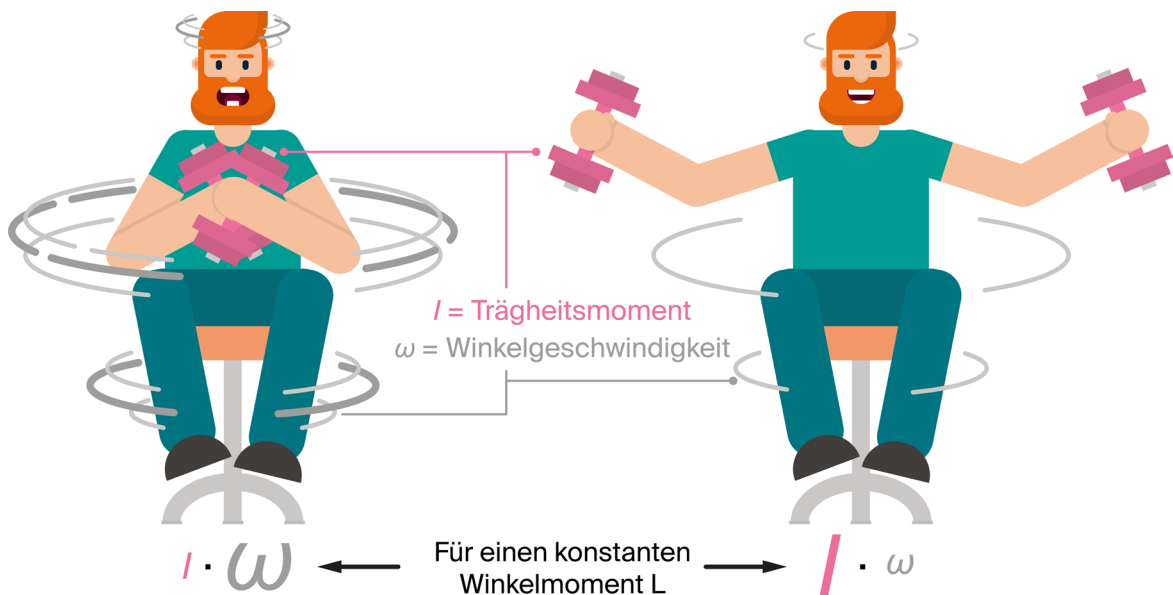


Abbildung 7.5 : Da das Winkelmoment  $L$  konstant ist, ändern sich das Trägheitsmoment  $I$  und die Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  umgekehrt proportional. Wenn wir das Trägheitsmoment verringern, indem wir die Hanteln näher an den Körper bringen, erhöhen wir die Winkelgeschwindigkeit. [© EPFL SPS].

### QUELLEN

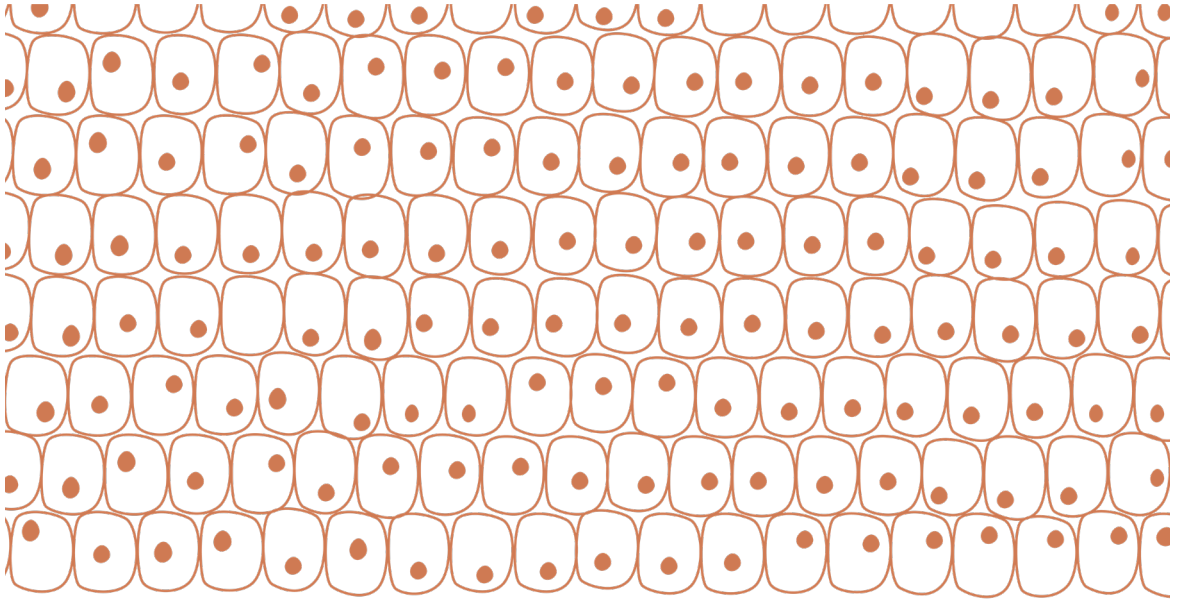
Paul Doherty, Don Rathjen and The Exploratorium Teacher Institute. (1996). *The Spinning Blackboard and Other Dynamic Experiments on Force and Motion*. John Wiley & Sons.

Tulloue, G. (2019, janvier). *Le pendule inversé*. Abgerufen von Figures Animées pour la Physique : [https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/Meca/non\\_galileen/pendule\\_inverse.php](https://phyanim.sciences.univ-nantes.fr/Meca/non_galileen/pendule_inverse.php)

Wikipedia. *Trägheitsmoment* – Wikipedia. Abgerufen von Wikipedia : <https://de.wikipedia.org/wiki/Trägheitsmoment>

Die Seite mit der Maus - WDR. *Trägheit*. Abgerufen von Die Seite mit der Maus - WDR : <https://www.wdrmaus.de/filme/sachgeschichten/traegheit.php5>





# **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 von den Neuronen mit sehr hoher Geschwindigkeit weitergeleitet. Diese Zellen sind auf die schnelle Übertragung von Informationen spezialisiert. Sie sind überall in unserem Körper zu finden, obwohl sie im Gehirn mit etwa 100 Milliarden Zellen am zahlreichsten sind.

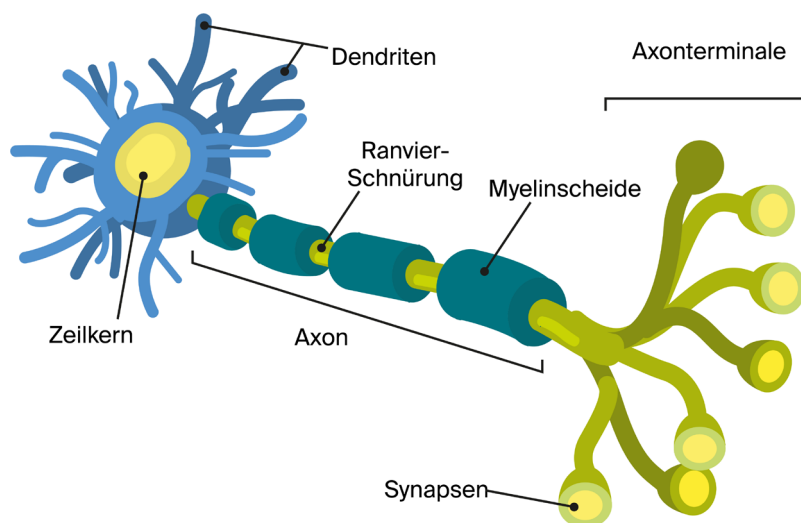


Abbildung 8.1: Schema eines Neurons. [© EPFL SPS]

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.

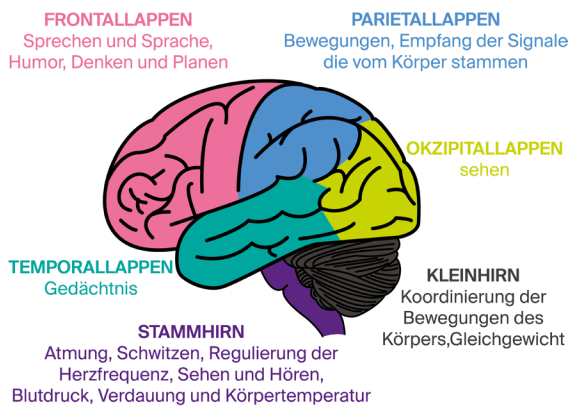


Abbildung 8.2: Verschiedene Gehirnareale des menschlichen Gehirns. [© EPFL SPS]

### 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 begehrt“.

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 :

### EXPERIMENT 1

Nenne so schnell wie möglich die Farbe der folgenden Wörter :

ROT	GELB	GRÜN	BLAU	WEISS
BLAU	ROT	WEISS	GRÜN	GELB
WEISS	BLAU	ROT	GELB	BLAU
GRÜN	GRÜN	GELB	WEISS	ROT
GELB	WEISS	BLAU	ROT	GRÜN

Normalerweise, gar kein Problem...

Und hier? Nenne die Farben der folgenden Wörter :

ROT	GELB	GRÜN	BLAU	WEISS
BLAU	ROT	WEISS	GRÜN	GELB
WEISS	BLAU	ROT	GELB	BLAU
GRÜN	GRÜN	GELB	WEISS	ROT
GELB	WEISS	BLAU	ROT	GRÜN

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.

## EXPERIMENT 2

Rechnet die folgende Aufgabe so schnell wie möglich durch :

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

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

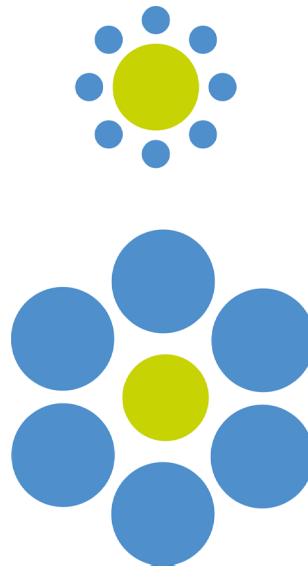


Abbildung 8.3: Die Ebbinghaus-Täuschung ist eine optische Täuschung der Wahrnehmung von relativer Grösse.

Die Ebbinghaus-Täuschung betrifft die Gröszenwahrnehmung. 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.

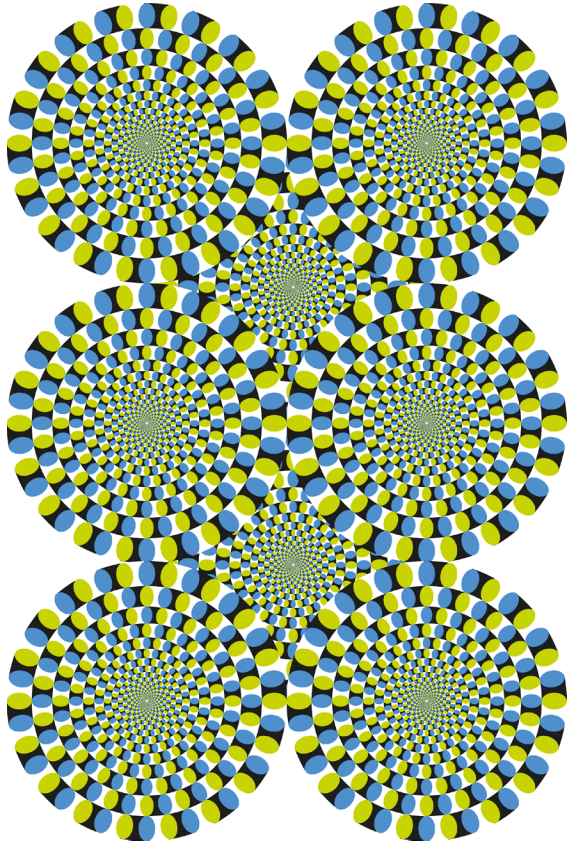


Abbildung 8.4: Rotierende Schlangen (rotating snakes) sind eine Art optische Täuschung, die von dem Japaner Akiyoshi Kitaoka entworfen wurde.

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 :

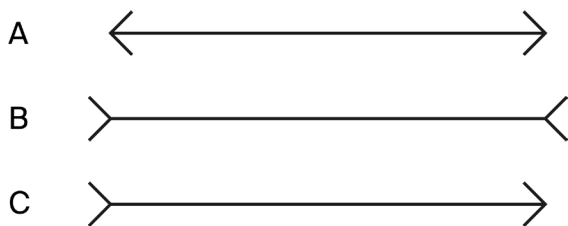


Abbildung 8.5: Illusion von Pfeilen..

Wenn man nachmisst, merken wir, dass sie alle gleich lang sind. Es ist die Form der Extremitäten, die den Anschein eines Unterschieds erweckt.

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

Gmæß eneir Sutide eneir elgnihcesn Uvinisterät ist es nchit witihcg, in wlecehr Rneflogheie die Bstachuebñ in eneim Wrot snid, das ezniige was wcthiig ist, ist, dass der estre und der leztte Bstabchue an der ritihcegn Pstioion snid. Der Rset knan ein ttoaelr Bsinöldn sien, tedztorm knan man ihn onhe Pemoblre lseen. Das ist so, wiel wir nciht jeedñ Bstachuebñ enzelin leesn, snderon das Wrot als gseatems.

### WÄHREND DES BESUCHS

Im Bus werden die Kinder weitere Illusionen entdecken :

#### 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 8.6: Die Thatcher-Illusion, die von Peter Thompson von der Universität York in England entwickelt wurde, enthüllt, dass die Gesichtsverarbeitung beim Menschen hochspezialisiert ist.

### 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.

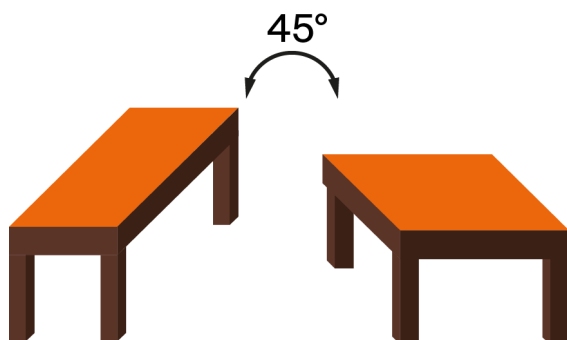


Abbildung 8.7: Shepard-Tische.

Haben diese Tische die gleiche Oberfläche? Sind sie identisch? Die Schüler\*innen werden die Möglichkeit haben mithilfe eines Aufbaus

der Abteilung für Life Sciences Engineering die zwei Tischplatten zu vergleichen.

### NACH DEM BESUCH

Das Gehirn ist auch der Sitz des Gedächtnisses. Wie jeder bereits aus eigener Erfahrung weiß, gibt es verschiedene Gedächtnisse (siehe [Abbildung 8.8](#)).

Das sensorische (oder unmittelbare) Gedächtnis ermöglicht es dem Gehirn, Informationen aus den Sinnen kurzzeitig zu behalten, bevor sie weiter verarbeitet werden. Als erste Stufe des Gedächtnisses erfasst es eine große Menge an Informationen, speichert sie aber nur für eine sehr kurze Zeit, von Sekundenbruchteilen bis zu einigen Sekunden. Es ermöglicht uns zum Beispiel, einen Satz, den wir gerade gehört haben, zu wiederholen.

Danach kommt das Kurzzeitgedächtnis, das Dinge für weniger als eine Minute behält. Das ist z. B. eine zufällig aufgeschnappte Telefonnummer, die wir schnell wieder vergessen, wenn wir uns nicht bemühen, sie uns zu merken.

Und schließlich gibt es noch das Langzeitgedächtnis, das Dinge in unser Gedächtnis „einbrennt“.

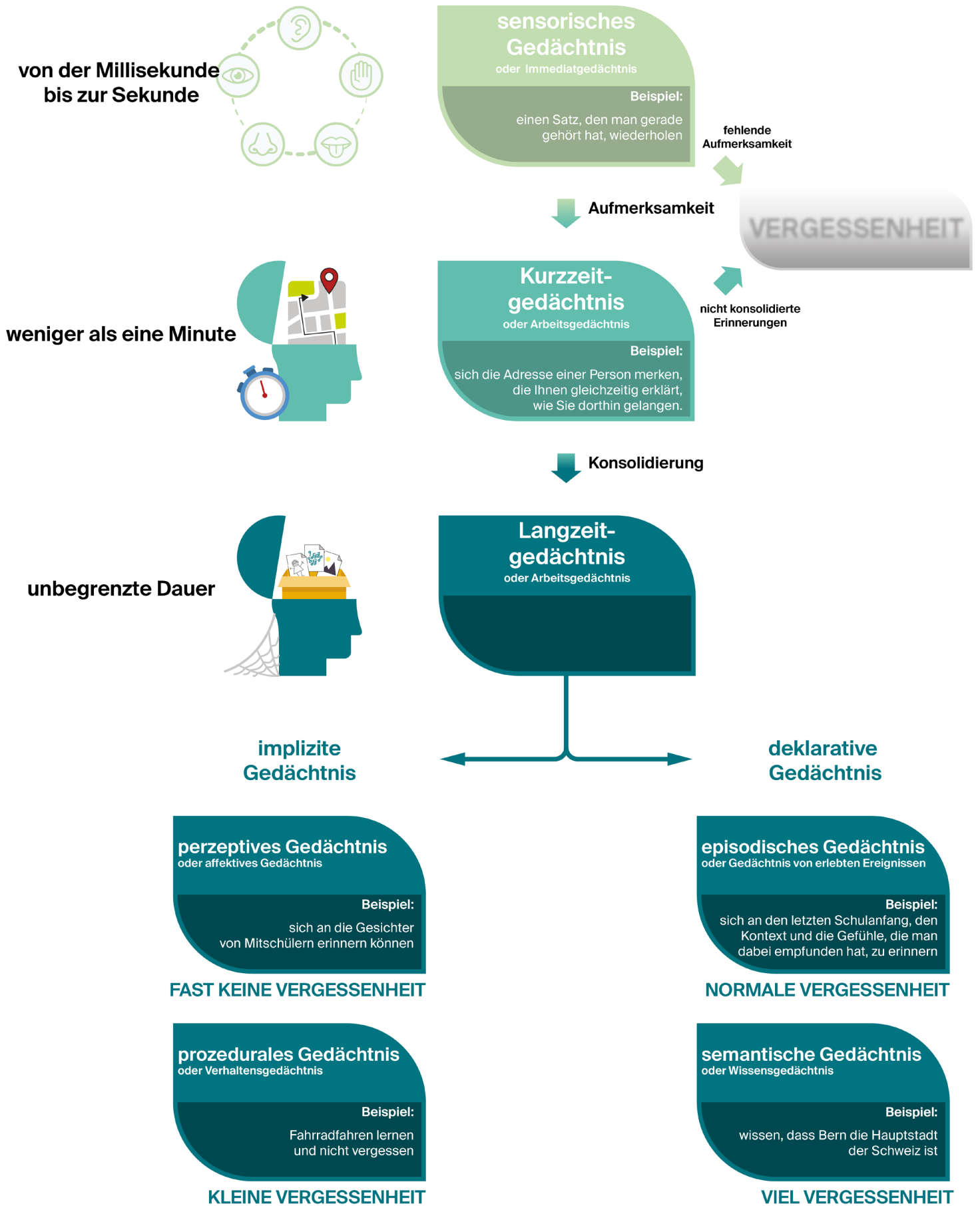


Abbildung 8.8: Die verschiedenen Erinnerungen. [© EPFL SPS]

## 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.

### EXPERIEMENT 1

Schaue diese Begriffe für 30 Sekunden an, decke sie ab und mache während einer Minute etwas anderes. Versuche danach dich an alle zu erinnern :

ERSCHAFFEN	SONNE
PAPIER	AUTOMATISCH
ACHWIERIG	
BERG	ABZIEHEN
KLAVIER	NASHORN
LILA	SCHÜSSEL
	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“.

### EXPERIEMENT 2

Schaue dir diese Zahlen für 30 Sekunden an und decke sie dann ab. Mache während einer Minute etwas anderes. Versuche dann, dich 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.

### EXPERIEMENT 3

Schaue dir diese Objekte für 30 Sekunden an, decke sie dann ab und mache etwas anderes während einer Minute. Kreuz danach die Objekte in der untenstehenden Liste an :



- |                                       |                                    |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Uhr          | <input type="checkbox"/> Tasse     |
| <input type="checkbox"/> Haartrockner | <input type="checkbox"/> Peitsche  |
| <input type="checkbox"/> Teller       | <input type="checkbox"/> Schüssel  |
| <input type="checkbox"/> Löffel       | <input type="checkbox"/> Gabel     |
| <input type="checkbox"/> Pinsel       | <input type="checkbox"/> Buch      |
| <input type="checkbox"/> Messer       | <input type="checkbox"/> Ring      |
| <input type="checkbox"/> Toaster      | <input type="checkbox"/> Teigrolle |
| <input type="checkbox"/> Schuh        | <input type="checkbox"/> Kochtopf  |
| <input type="checkbox"/> Telefon      | <input type="checkbox"/> Krug      |

Hast du 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

Chudler, E. (1996). *Experiments and Activities*. Abgerufen von Neuroscience For Kids : <https://faculty.washington.edu/chudler/experi.html>

### EINIGE VEREINFACHTE ERKLÄRUNGEN ÜBER DAS GEHIRN (AUF ENGLISCH)

Dana Foundation. (2024). *Neuroanatomy: The Basics*. Abgerufen von Dana Foundation : <https://dana.org/resources/neuroanatomy-the-basics/>

### AUFGEARBEITETE INFORMATIONEN ÜBER DIE SINNE UND SINNESORGANE

<https://www.simplescience.ch/teens-liesnach-archiv/articles/brain-bus-unsere-sinne.html>

### 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.unserkoerper.de/lernfilme/gehirnundnervenblauton2/index.html>

### EINIGE VIDEOS

SRF Kids. *Wie funktioniert das Gehirn des Menschen? – Clip und klar! | Für Kinder erklärt*. Abgerufen von YouTube : <https://www.youtube.com/watch?v=JmLEK0-PhW4>

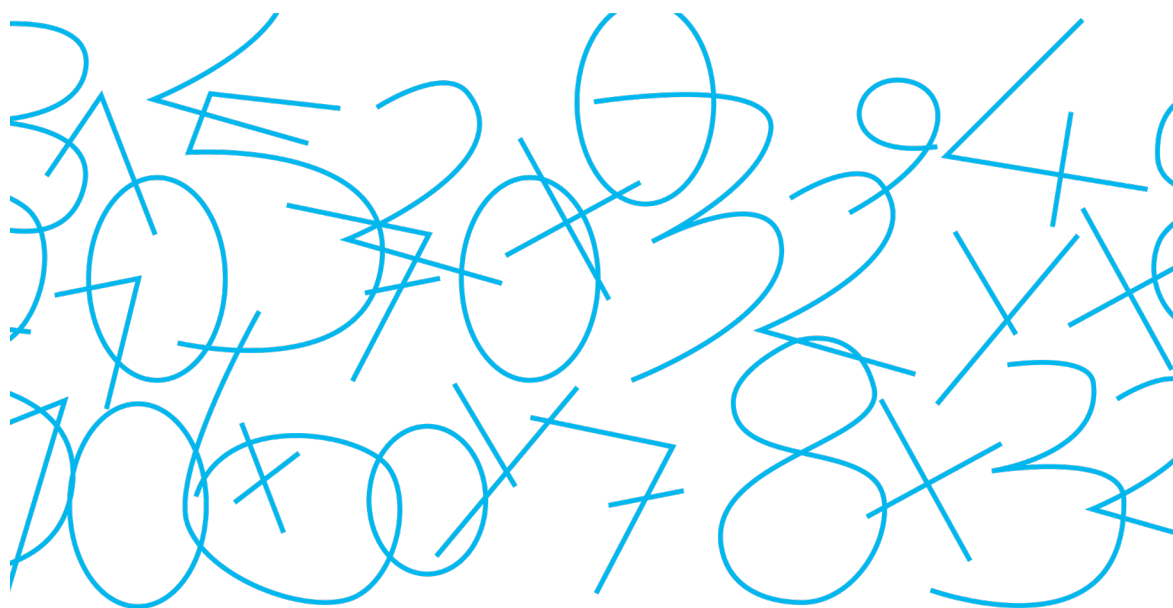
Es war einmal... *Es war einmal...das Leben - das Gehirn*. Abgerufen von YouTube :

[https://www.youtube.com/watch?v=MMTpZ\\_RHZ4c](https://www.youtube.com/watch?v=MMTpZ_RHZ4c)

### BUCH

Vetulani, J., & Mazurek, M. (2019). *Avas Traum oder Wie das Gehirn funktioniert*. Helvetiq Verlag.





# 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 1640 stellte Pierre de Fermat ein Theorem auf, das viel später zur Lösung von Problemen in der Kryptografie und sogar in der Quanteninformatik verwendet wurde.<sup>1</sup>

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.

---

<sup>1</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/Kleiner\\_fermatscher\\_Satz](https://de.wikipedia.org/wiki/Kleiner_fermatscher_Satz)

## 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. Unser Beispielrezept ist also kein perfekter Algorithmus, da er nicht genau genug ist (wie viel Mehl, Eier und Milch müssen gemischt werden?).

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.

## WÄHREND DES BESUCHS

### DIE CHINESISCHEN RINGE

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 (A.D. 181-234) zugeschrieben, der es angeblich seiner Frau schenkte, damit sie eine Beschäftigung hatte, während er im Krieg



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:

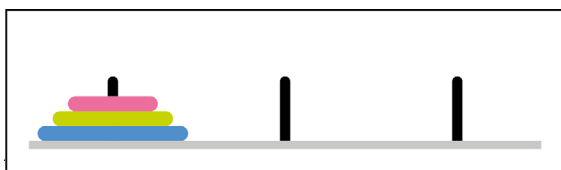
$$15 = (2 \text{ mal } 7) + 1$$

Es gibt für dieses Rätsel keinen schnelleren Algorithmus als diesen !

## NACH DEM BESUCH

### ÜBUNGEN

#### DIE TÜRME VON HANOI



[© EPFL SPS]

#### 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.

sere 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.

#### MATERIAL

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

Scheibe 60 x 10 mm; [Art.-Nr. Opitec 601157](#)

Scheibe 50 x 10 mm; [Art.-Nr. Opitec 601146](#)

Scheibe 40 x 10 mm; [Art.-Nr. Opitec 601135](#)

Scheibe 30 x 8 mm; [Art.-Nr. Opitec 601124](#)

- 4 Stäbchen (Spiesschen) aus Holz
- Eventuell Farbe und Pinsel, falls das Projekt zum Kunstprojekt wird.

#### EXPERIMENT

Nachdem das Medium aufgebaut ist, versuchen die Schüler\*innen in einem ersten Schritt, das Rätsel selbst zu lösen, um sich mit den Regeln vertraut zu machen.

Der nächste Schritt besteht darin, einen Algorithmus zu zeichnen, der alle Möglichkeiten (auch die, die nicht zu einer Lösung führen) aufzeigt und die schnellste Möglichkeit, die zur Lösung führt, auswählt. In der Abbildung unten können wir diesen Algorithmus für drei Scheiben sehen:

Das Rätsel der Türme von Hanoi kann auch effizient gelöst werden, indem die folgenden beiden Verschiebungen wiederholt werden:

1. Verschieben der kleinsten Scheibe in die nächste Spalte.
2. Verschieben Sie eine weitere Scheibe.

Dieser Algorithmus ist unabhängig von der Anzahl der Scheiben gültig. Man kann auch die minimale Anzahl an Bewegungen, die zur Lösung des Rätsels notwendig sind, in Abhängigkeit von der Anzahl der Scheiben ermitteln, indem man die folgende Formel verwendet:

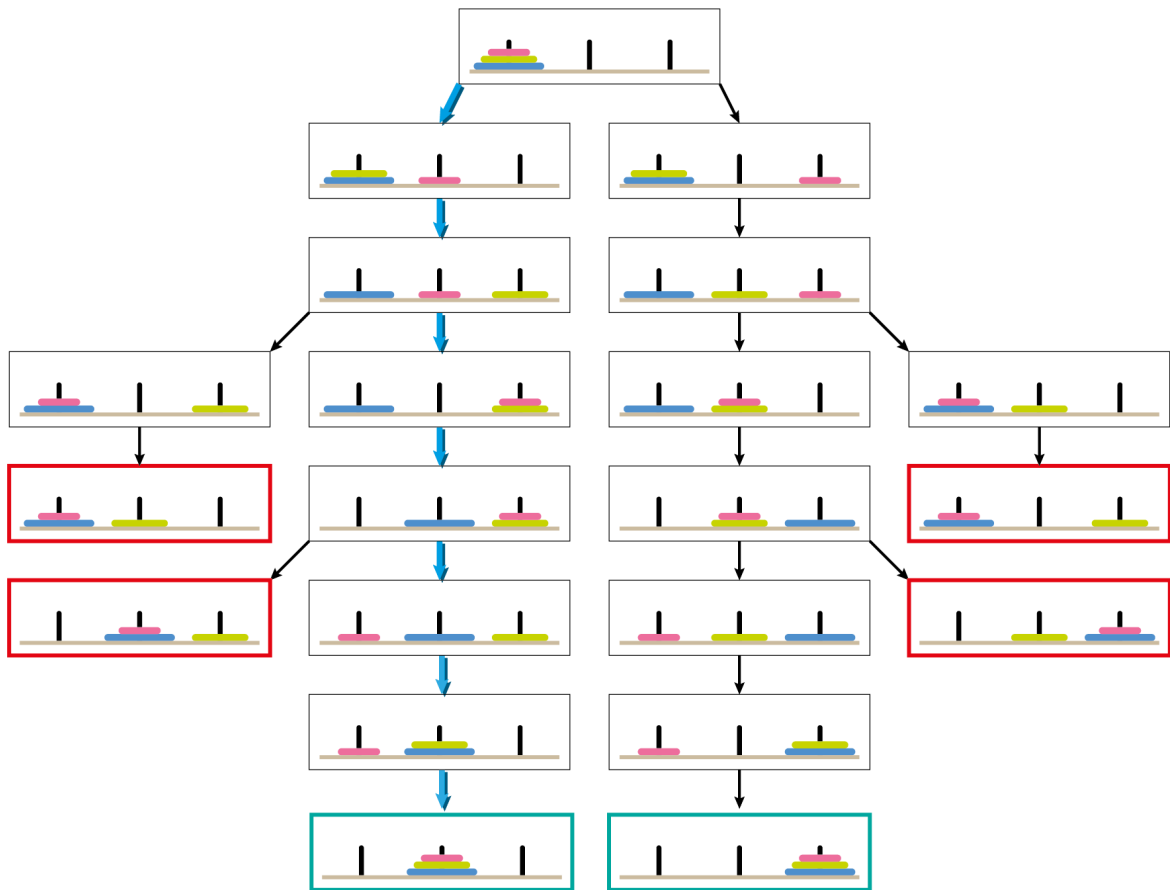


Abbildung 9.3: Diagramm zur Auflösung der Türme von Hanoi mit drei Festplatten. Die Bewegung einer einzelnen Scheibe auf einen leeren Platz wird nicht angezeigt (identische Situation) und Konfigurationen, die zu keiner neuen Anordnung führen, sind rot umrandet. Ein iteratives Vorgehen wird durch die blauen Pfeile angezeigt. [© EPFL SPS]

Mindestanzahl an Bewegungen =  $2^n - 1$ , wobei  $n$  die Anzahl der Scheiben ist. Für 3 Scheiben sind 7 Bewegungen erforderlich ( $2^3 - 1$ ), für 4 Scheiben sind 15 Bewegungen erforderlich ( $2^4 - 1$ ).

## BOCKSPRINGEN

### BESCHREIBUNG

Auf einem Spielfeld mit 7 Feldern sind Schafe in einer bestimmten Reihenfolge platziert, jeweils eines pro Feld. Es geht nun darum, die Schafe unter Einhaltung bestimmter Regeln zu bewegen, um sie in eine andere Reihenfolge zu bringen. Es gibt verschiedene mögliche Start- und Zielkonfigurationen. Wir stellen Ihnen zwei verschiedene vor.

### DAUER

Etwa 2 Stunden Unterricht mit der Herstellung und dem Ausprobieren der 2 verschiedenen Ausgangssituationen.

### MATERIAL

- Schere
- Blätter „Felder + Schafe“, in [Anhang](#)

### EXPERIMENT

Nachdem das Spielbrett und die Schafe ausgeschnitten wurden, versuchen die Schüler\*innen zunächst, das Rätsel selbst zu lösen, um sich mit den Regeln vertraut zu machen.

Wie bei den Türmen von Hanoi besteht der nächste Schritt darin, einen Algorithmus zu zeichnen, der es ermöglicht, alle Möglichkeiten zu sehen (auch die, die nicht zu einer Lösung führen) und die schnellste auszuwählen, die zur Lösung führt.

### VERSION 3+3 SCHAFE

In dieser Version sind die Start- und Zielsituationen in der folgenden Abbildung dargestellt :

#### START



#### ZIEL



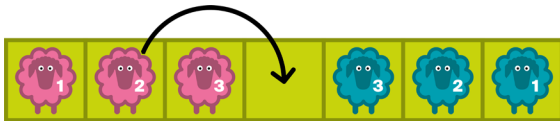
Abbildung 9.4 : 3 rosafarbene und 3 blaue Schafe in ihren Start- und Zielpositionen. [© EPFL SPS]

Die Regeln für das Reisen sind wie folgt :

1. Ein Schaf darf auf das Nachbarfeld ziehen, wenn dieses frei ist.



2. Ein Schaf kann über ein anderes springen, um in das nächste Feld zu gelangen, wenn es frei ist.



3. Ein Schaf kann nicht zurückgehen.



#### LÖSUNG

Man kann zur Endsituation gelangen, indem man 2 bestimmte Regeln (zusätzlich zu den in der Aussage angegebenen) mit einer Bedingung befolgt :

1. Bewege das Schaf mit der kleinsten Zahl
2. Wenn es zwei Schafe mit der kleinsten Zahl gibt, die bewegt werden können, dann wählen Sie zuerst das rosafarbene aus.

**Voraussetzung :** das bewegte Schaf darf nicht auf ein Feld gelangen, das ein Schaf derselben Farbe als Nachbarn hat, es sei denn, es gelangt auf seine Endposition.

Dieser Problemlösungsalgorithmus funktioniert auch, wenn man die Anzahl der Schafe so erhöht, dass links und rechts gleich viele Schafe stehen, wobei zwischen den rosa und blauen

Schafen jeweils ein Feld als Trennlinie bleibt. Man kann auch die Mindestzahl der Bewegungen, die man machen muss, um das Rätsel zu lösen, anhand der Anzahl der Schafe in jeder Farbe ermitteln, indem man die folgende Formel verwendet :

Mindestanzahl an Bewegungen =  $n^2+2n$ , wobei  $n$  die Anzahl der Schafe in jeder Farbe ist. In der gezeigten Version sind 15 Bewegungen erforderlich ( $3^2+2\cdot 3$ ), und für 4 Schafe jeder Farbe sind 24 Bewegungen erforderlich ( $4^2+2\cdot 4$ ).

### VERSION 6 SCHAFE

In dieser Version sind die Start- und Zielsituationen in der folgenden Abbildung dargestellt :

#### START



#### ZIEL



Abbildung 9.5: 6 moutons roses dans leurs positions de départ (1 à 6) et d'arrivée (6 à 1). [© EPFL SPS]

Die Bewegungsregeln sind identisch mit der 3+3-Schaf-Version, mit der Ausnahme, dass die Schafe zurücklaufen können.

#### LÖSUNG

Man kann zur Endsituation gelangen, indem man den folgenden Algorithmus wiederholt :

1. Verschiebe die „geraden“ Schafe in absteigender Reihenfolge (6-4-2)
2. Verschieben Sie die „ungeraden“ Schafe in aufsteigender Reihenfolge (1-3-5).
3. Beginnen Sie erneut mit Schritt 1, bis Sie die Endposition erreicht haben.

Dieser Problemlösungsalgorithmus funktioniert auch, wenn man die Anzahl der Schafe erhöht. Die Anzahl der gruppierten Bewegungen (alle geraden oder ungeraden Zahlen auf einmal) kann mithilfe der folgenden Formel bestimmt werden :

Minimale Anzahl an gruppierten Bewegungen =  $n+1$ , wobei  $n$  die Anzahl der Schafe ist.

In unserem Beispiel werden 7 ( $6+1$ ) gruppierte Bewegungen benötigt (6-4-2 / 1-3-5 / 6-4-2 / 1-3-5 / 6-4-2 / 1-3-5 / 6-4-2). Wenn wir eine ungerade Anzahl von Schafen verwenden, müssen wir le-

diglich die Regeln anpassen, sodass zuerst die ungeraden Schafe in absteigender Reihenfolge bewegt werden und dann die geraden Schafe in aufsteigender Reihenfolge.

## QUELLEN

Kauffman, L. H. (1996). *Tangle Complexity and the Topology of the Chinese Rings*. Dans K. S. Jill P. Mesirov (Éd.), *Mathematical Approaches to Biomolecular Structure and Dynamics* (Vol. 82, pp. 1-10). Springer.

Przytycki, J. H., & Sikora, A. S. (2002). *Topological Insights from the Chinese Rings*. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 130, 893-902.

Berchtold, B. *Türme von Hanoi*. Abgerufen von [mathematik.ch](http://mathematik.ch) :

[https://www.mathematik.ch/spiele/hanoi\\_mit\\_grafik/](https://www.mathematik.ch/spiele/hanoi_mit_grafik/)

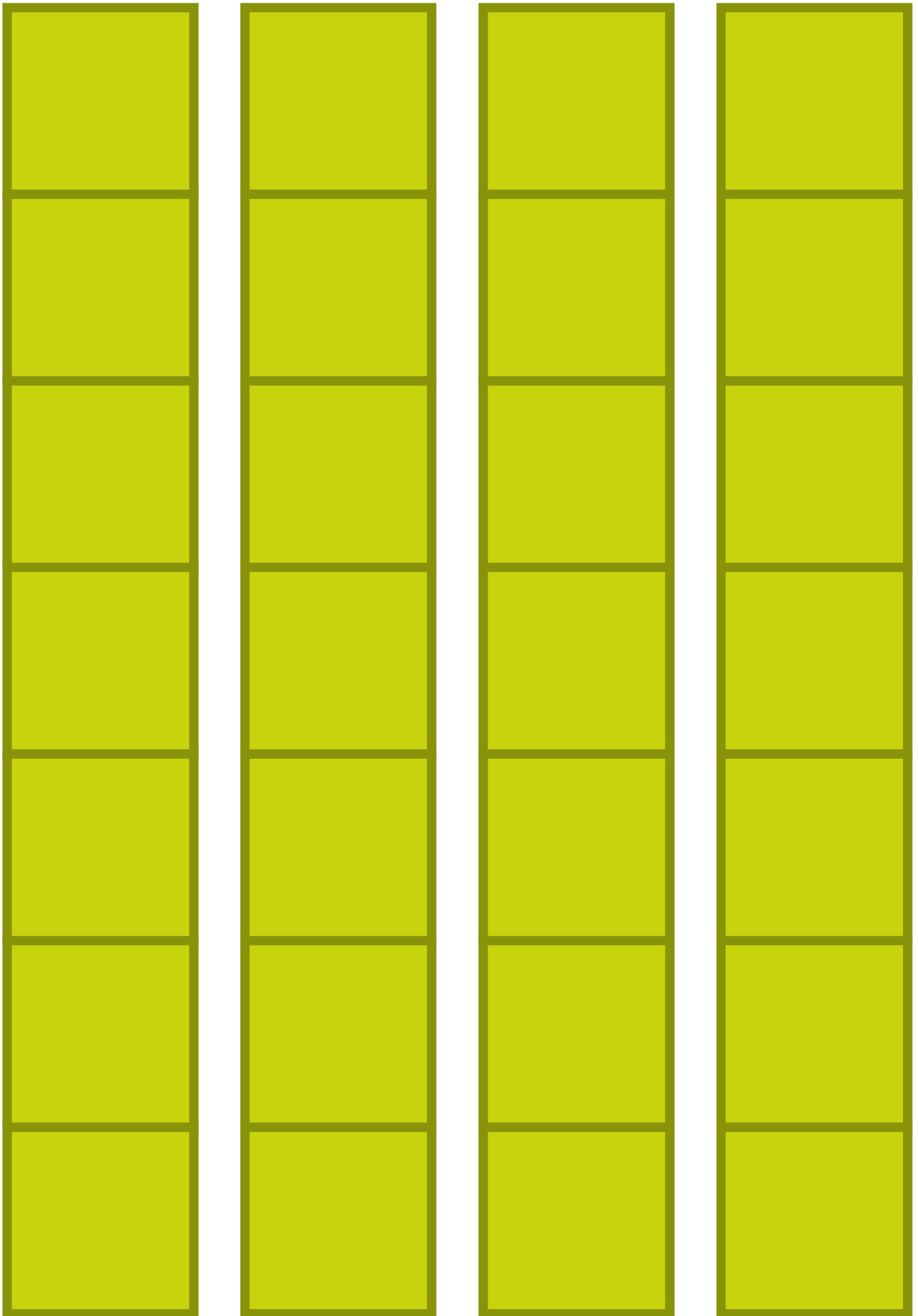
School of Mathematics and Statistics, University of St Andrews, Scotland. *Ada Lovelace (1815 - 1852) - Biography*. Abgerufen von [MacTutor History of Mathematics](http://MacTutorHistoryofMathematics) :

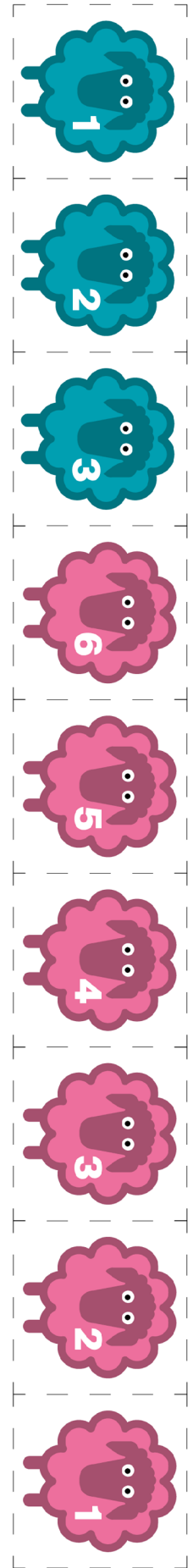
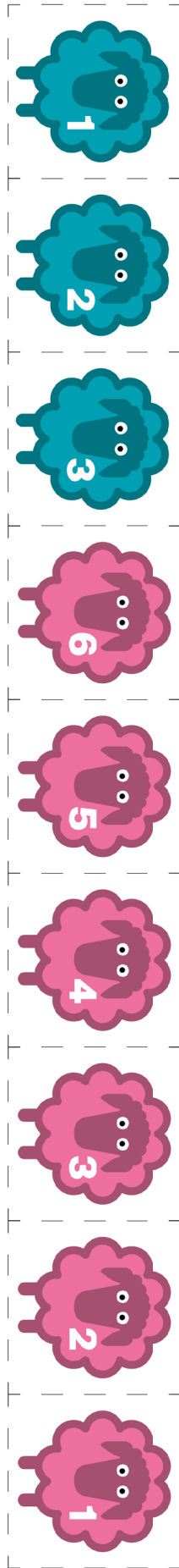
<https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Lovelace/>

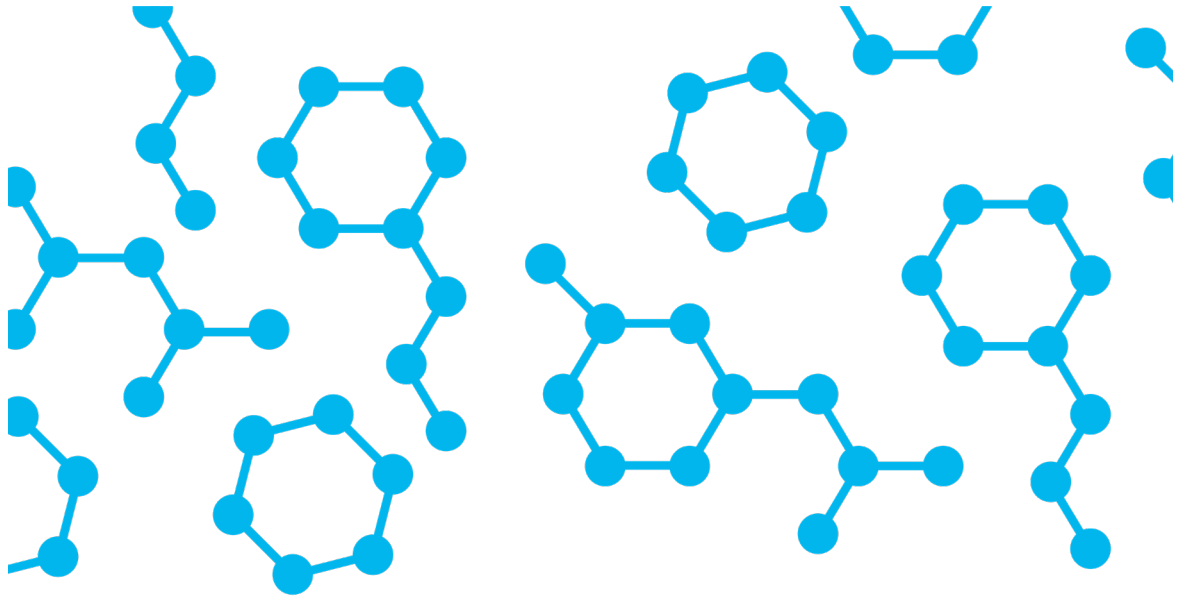
School of Mathematics and Statistics, University of St Andrews, Scotland. *Alan Turing (1912 - 1954) - Biography*. Abgerufen von [MacTutor History of Mathematics](http://MacTutorHistoryofMathematics) :

<https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Turing/>

## ANHANG - MATHEMATIK







# Chemie und Chemieinge- nieurwissen- schaften

## EINLEITUNG

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

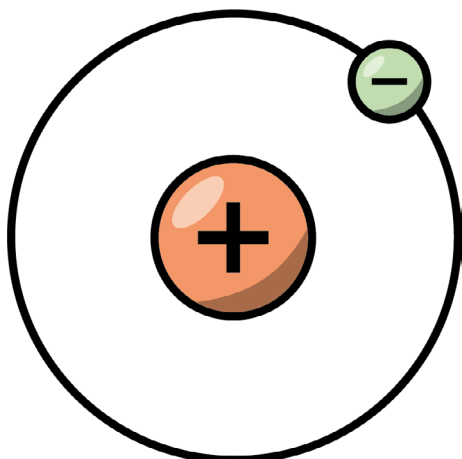
Einen biologischen Mechanismus verstehen, ein neues Medikament produzieren, ein bahnbrechendes Material herstellen, einen sauberen und sicheren Herstellungsprozess erfinden, neue Energiequellen für die Zukunft der Menschheit gestalten oder das empfindliche Gleichgewicht, das unsere Umwelt bestimmt, verstehen,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

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

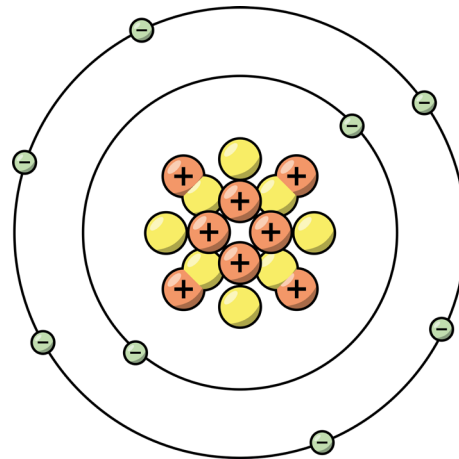
## VOR DEM BESUCH

### 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).

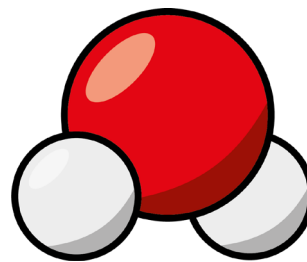


Ableitung 10.1: Wasserstoffatom, dessen Kern aus 1 Proton (+) besteht, um das 1 Elektron (-) kreist.



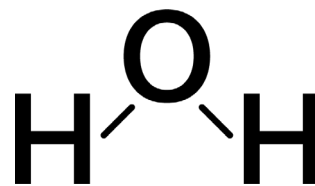
Ableitung 10.2: Sauerstoffatom, dessen Kern aus 8 Protonen (+) und 8 Neutronen (gelb) besteht, die von 8 Elektronen (-) umkreist werden.

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



Ableitung 10.3: Wassermolekül ( $H_2O$ ) mit dem Sauerstoffatom in Blau und den beiden Wasserstoffatomen in Weiss.

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.

### WAS IST EINE CHEMISCHE REAKTION?

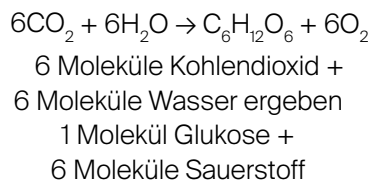
Bei einer chemischen Reaktion werden die chemischen Verbindungen, die die Materie bilden, modifiziert. Die Gesamtmasse der Reagenzien bleibt erhalten. Chemische Reaktionen provozieren eine Veränderung der chemischen Beschaffenheit der Materie, anders als physikalische Veränderungen (Veränderung des Aggregatzustandes, 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.

Beispiel für die chemische Gleichung der Photosynthese :



### 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.

### 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 chemischen Ursprungs (Chemilumineszenz).



### ÜBUNGEN

#### EXOTHERME REAKTION : FÄLLUNG VON NATRIUMACETAT

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.

#### EXPERIMENT

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, oxidiert. 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 10.4](#)).

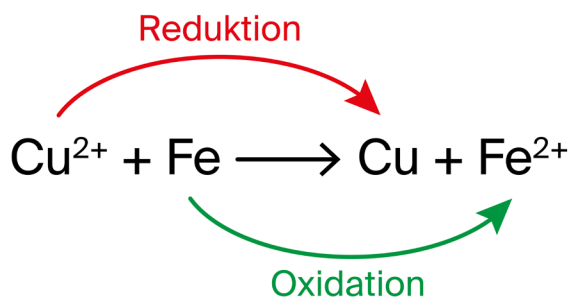
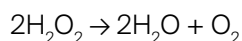


Abbildung 10.4: Redoxreaktion von Kupfer und Eisen.

## EXPERIMENT MIT WASSERSTOFFPEROXID

Wasserstoffperoxid  $\text{H}_2\text{O}_2$  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  $\text{H}_2\text{O}_2$  als Oxidationsmittel und  $\text{H}_2\text{O}_2$  als Reduktionsmittel beschrieben werden. Die Disproportionierungsreaktion



besteht aus den zwei folgenden halben Redoxgleichungen:

1.  $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$   
(in der  $\text{H}_2\text{O}_2$  das Oxidationsmittel ist)
2.  $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$   
(in der  $\text{H}_2\text{O}_2$  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 Zersetzungsrates des Wasserstoffperoxids beträchtlich. Dieses Phänomen resultiert in starker Wasserstoff- und Hitzeentwicklung.

## MATERIAL

- 2 Gläser
- Auffangbehälter
- Getrocknete Hefe
- Wasserstoffperoxid 10% (oder 30 Volumen)
- Seife
- Holzspatel
- Feuerzeug oder Streichhölzer

## EXPERIMENT

Im ersten Glas 1 g Trockenhefe in 10 ml lauwarmem Wasser auflösen. Im zweiten Glas 25 ml Wasserstoffperoxid und 10 Tropfen Seife mischen.

Giesse den Inhalt des ersten Glases in das zweite Glas und lasse die Reaktion ablaufen. Schaum wird entstehen und im Glas aufsteigen.

Ein Ende des Holzspatels mit dem Feuerzeug oder einem Streichholz anzünden. Die Flamme löschen, das Holz aber glühen lassen.

Tauche das glühende Ende des Pickels schnell in den Schaum, ohne das Wasser am Boden des Glases zu berühren.

### Was sieht man ?

Man sieht, dass sich der Spatel wieder entzündet, sobald sein glühendes Ende mit dem Schaumstoff in Kontakt kommt.

## ERKLÄRUNG

Hefe ist ein Mikroorganismus, der zahlreiche Enzyme in sich trägt, darunter die Katalase, die es ermöglicht,  $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$  umzuwandeln. Ein einziges Katalase-Enzym ist in der Lage, mehr als 40 Millionen Moleküle Wasserstoffperoxid in einer Sekunde umzuwandeln!!!

Sobald die Hefe in das Wasserstoffperoxid fällt, stirbt sie ab und setzt die Katalase frei. Bei

der Reaktion entsteht dann sehr schnell reiner Sauerstoff, der in der Seife eingeschlossen wird und Schaum bildet.

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

Auch die Verbrennung von Holz ist eine chemische Reaktion, die Sauerstoff verbraucht und Kohlendioxid CO<sub>2</sub> erzeugt.

## EXPERIMENT MIT ZUCKER

### MATERIAL

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

### EXPERIMENT

Man macht 3 Häufchen auf den umgedrehten Glastöpfchen:

1. Eins aus Zucker
2. Eins aus Asche
3. Eins aus einer Mischung von Zucker und Asche. Man braucht etwas mehr Zucker als Asche..

Man versucht dann jeden Haufen anzuzünden.

#### Was sieht man ?

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

### ERKLÄRUNG

Schauen wir uns zuerst an, was der Verbrennungsprozess ist. Die Verbrennung ist die Oxidationsreaktion einer Substanz mit Sauerstoff.

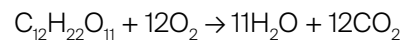
Zwei Bedingungen sind notwendig, damit eine Substanz verbrennt:

1. Während der Oxidation muss die Menge der freigesetzten Wärme ausreichen, um die Verbrennung aufrechtzuerhalten.
2. Die Oxidationsreaktion muss schnell genug ablaufen.

Die Oxidation von Zucker kann viel Wärme freisetzen (er enthält ein hohes Mass an Kalorien, was der Energie entspricht, die bei ihrer Oxidation/Verdauung im Körper entsteht). Allerdings ist die Oxidation von Zucker recht langsam: Zucker verbrennt nicht leicht.

Asche ist ein komplexes Stoffgemisch, das Metallsalze oder -oxide enthält. Diese Salze oder Oxide wirken in der Verbrennungsreaktion des Zuckers als Katalysatoren, indem sie die Energiemenge verringern, die nötig ist, damit die Reaktion funktioniert.

Die chemische Formel von Zucker (Saccharose) lautet C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>. Er reagiert wie folgt:



Dasselbe Experiment kann man auch mit einer Kerze durchführen. Das Wachs der Kerze kann man nämlich nicht ohne Docht fest werden lassen

## WÄHREND DES BESUCHS

### PHOTOCHROMISMUS

Das Experiment besteht aus einer Flasche, die mit einer gelben Lösung gefüllt ist, die Aberchrom 670 enthält, sowie aus zwei Lampen, von denen eine mit ultraviolettem (UV) und die andere mit weissem Licht leuchtet. Die Flasche ist an einer Halterung befestigt, mit der sie über eine der beiden Lichtquellen bewegt werden kann.

Wenn die gelbe Lösung über der UV-Lampe steht, hält man einen Druckknopf gedrückt, um die Lösung kontinuierlich zu beleuchten. Man beobachtet dann, dass sich der beleuchtete Bereich rot färbt. Dies ist das Phänomen des Photochromismus.

Da diese Reaktion umkehrbar ist, kann man die Flasche anschliessend über das weisse Licht halten. Wenn man die Flasche mit dem weissen Licht beleuchtet, wird die Flüssigkeit wieder gelb..

### ERKLÄRUNG

Die vom Aberchrom-Molekül absorbierte Lichtenergie bewirkt, dass bestimmte Bindungen zwischen seinen Atomen aufbrechen und sich neu anordnen. Diese Veränderung verändert die Art und Weise, wie das Molekül das Licht reflektiert, und verändert so seine Farbe. Dies ist ein umkehrbares Phänomen.

## NACH DEM BESUCH

### **EINIGE ANWENDUNGEN, DIE PHOTOCHROMIE VERWENDEN**

Der Photochromismus findet im Alltag viele Anwendungen: z. B. in den Gläsern mancher Brillen, wodurch diese als Reaktion auf die Sonneneinstrahlung abgedunkelt werden können. Dadurch ist es möglich, Brillen und Sonnenbrillen zu kombinieren.

Photochrome Tinten sind vielseitig und werden in verschiedenen Bereichen eingesetzt: Sie sichern den Druck von Dokumenten wie Banknoten und offiziellen Dokumenten, indem sie je nach Lichteinfall ihre Farbe ändern und so Fälschungen vorbeugen. Sie schaffen auch interaktive Verpackungen, visuelle Effekte in Werbung und Design und Muster, die sich in Kleidung und Textilien durch Sonnen- oder UV-Licht verändern. Die Forschung zielt darauf ab, die Haltbarkeit, Stabilität und Reversibilität von photochromen Pigmenten zu verbessern und damit neue Perspektiven in Technologie und Kunst zu eröffnen.

## QUELLEN

### **EXPERIMENTE FÜR KINDER**

<https://kinderlabor.ch/experimentieren-fuer-kinder/> <https://www.geo.de/geolino/basteln/15225-thma-experimente>

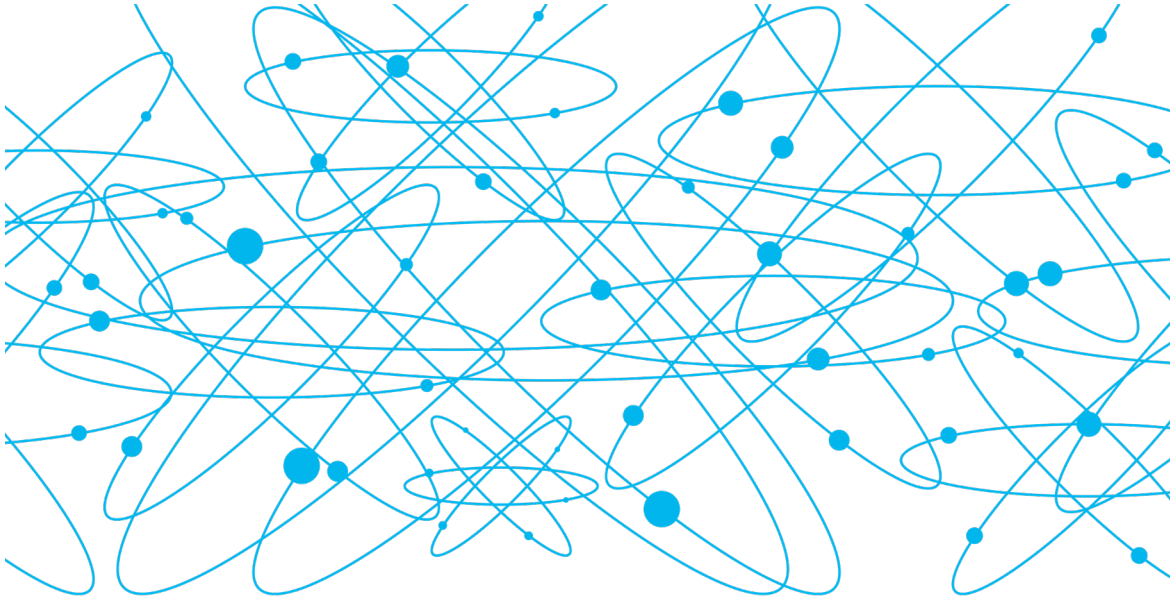
### **WISSENSSEITE ÜBER EINIGE CHEMISCHE THEMEN**

<https://www.simplyscience.ch/kids-zellen-molekuele.html>

*MEL Science*. Abgerufen von Burning sugar | MEL Chemistry :

<https://melscience.com/US-en/chemistry/experiments/burning-sugar/>

Piard, J. (2013). *Le photochromisme : définition et applications*.



# 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 Physiker\*innen sind Wissenschaftler\*innen 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.

Die beruflichen Perspektiven für Physiker\*innen 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.



Abbildung 11.1: Seifenblase, randvoll gefülltes Glas und Tau. [[Pexels](#), [Sciencebuddies](#) und [Pixnio](#), [gemeinfrei](#)]

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 minimieren. Die Oberflächenspannung wird in N/m gemessen.



Abbildung 11.2: Wasserläufer nutzen die Oberflächenspannung, um über das Wasser zu laufen. [Schnobby, Wikimedia Commons, CC BY-SA]

## 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“.

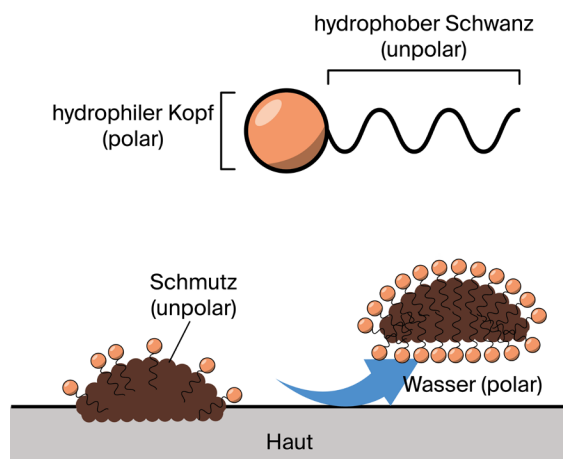


Abbildung 11.3: Schema eines amphiphilen Moleküls. Das untere Bild zeigt, wie der hydrophobe Teil der Seifenmoleküle am Schmutz auf der Haut haftet. Die polaren Gruppen sind wasserlöslich und helfen dabei, den Schmutz von der Haut zu lösen. [© EPFL SPS]

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 Seifen-

film 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 gerichtet, weil sie gerne im Wasser sind.

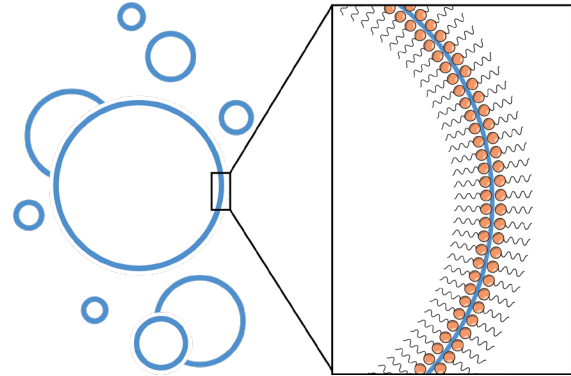


Abbildung 11.4: Schematische Ansicht einer Seifenblase und der Monolagen aus amphiphilen Molekülen, die den Wasserfilm umgeben. [© EPFL SPS]

## WIRKUNG VON AMPHIPHILEN MOLEKÜLEN

Amphiphile Moleküle üben bei der Bildung von Seifenblasen drei Wirkungen aus :

1. Sie fördern die Bildung von Blasen.
2. Sie verlangsamen das Verschwinden von 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.
3. Sie verhindern, 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 11.3).

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

Wenn eine Physiker\*in einen Seifenschaum untersucht, interessiert er/sie sich unter anderem für den Abstand zwischen den Blasen.

Das heisst, wie dick der Wasserfilm ist, der zwei benachbarte Blasen voneinander trennt. Die Untersuchung kann sich auch auf die Anzahl und Grösse der benachbarten Blasen einer bestimmten Blase beziehen.

Die Ruhestruktur eines Schaums entspricht derjenigen, die die kleinste Seifenfilmfläche bietet, wobei die besondere Organisation der Blasen untereinander und ihr Volumen berücksichtigt werden.

Man kann eine Vorrichtung verwenden, die den Schaum dazu zwingt, nur eine einzige Schicht zu bilden.

Der Schaum wird dann als quasi zweidimensional bezeichnet. Auf diese Weise ist es möglich, eine Kamera zu fokussieren und die Entwicklung der Zellstruktur zu filmen.

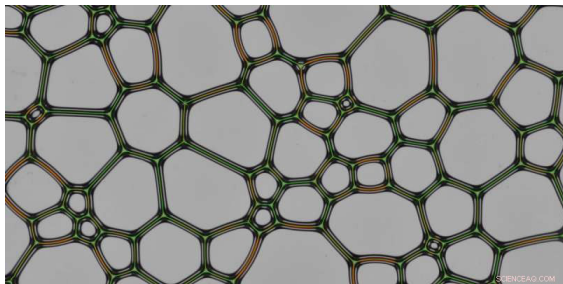


Abbildung 11.5: Zellstruktur eines quasi-zweidimensionalen Schaums aus feuchten Seifenblasen. [Anthony Chieco, Doug Durian, University of Pennsylvania]

Die Untersuchung von Seifenblasen trägt auch zum besseren Verständnis einiger atmosphärischer Phänomene bei. Wie die Seifenblasen besteht auch die Atmosphäre aus einer im Verhältnis zu ihrem Durchmesser sehr dünnen Schicht.

Durch ein Experiment am CNRS (Laboratoire Ondes et Matière d'Aquitaine) kann man z. B. die Entstehung von Hurrikanen verstehen, indem man eine halbe Seifenblase erzeugt, die „am Äquator“ erhitzt und „an den Polen“ abgekühlt wird. Dadurch entsteht ein grosser einzelner Wirbel in der Nähe des Gipfels, der sich in der Atmosphäre wie echte Wirbelstürme oder Hurrikane verhält.

Die Zufallskomponente, die in der Bewegung von Hurrikanen immer vorhanden ist, wurde ebenfalls gemessen, um sie bei der Vorhersage der Zugbahn von Hurrikanen berücksichtigen zu können. Dadurch ist es möglich die Wahrscheinlichkeit von verschiedenen möglichen Zugbahnen zu berechnen.

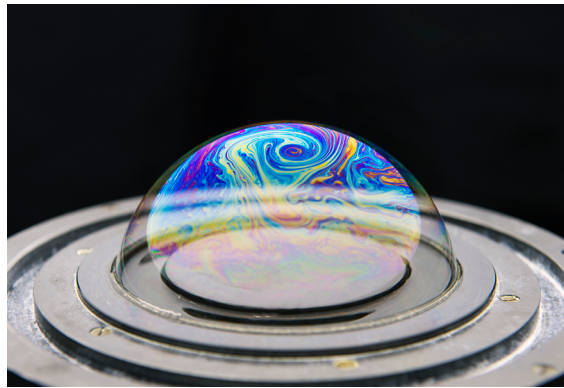


Abbildung 11.6: Seifenblase, die einem Temperaturgradienten zwischen Äquator und Pol ausgesetzt ist. [© Cyril FRESILLON/LOMA/CNRS Images]

## WÄHREND DES BESUCHS

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

Diese Flächen sind sogenannte Mindestflächen. Diese Form kann bei ein und demselben Rahmen von Mal zu Mal unterschiedlich sein. Das liegt daran, dass es mehr als eine Möglichkeit gibt, eine Mindestfläche für den Seifenfilm zu erhalten. Der Würfel besitzt drei davon.

In der Architektur versucht man oft minimale Oberflächen zu erzeugen, weil sie sehr schön sind und eine minimale Menge an Materialien brauchen (Abbildung 11.7). Jedoch sind die Berechnungen sehr kompliziert.

## NACH DEM BESUCH

### ÜBUNGEN

#### DIE WASSERHAUT

##### DAUER

Von 7 und 10 Minuten.

##### MATERIAL

- Eine Nadel pro Zweiergruppe
- Ein Wasserglas pro Zweiergruppe

##### EXPERIMENT

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

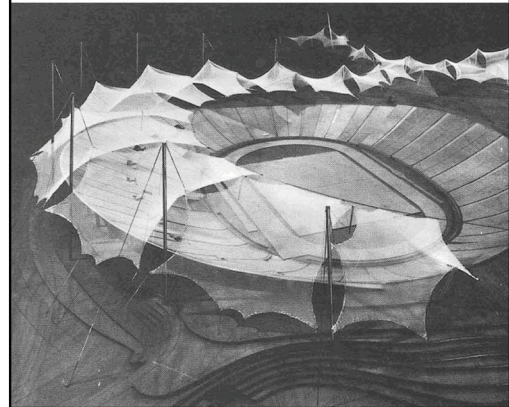
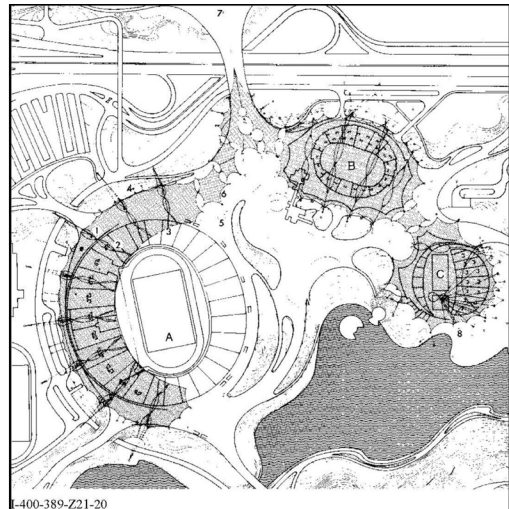
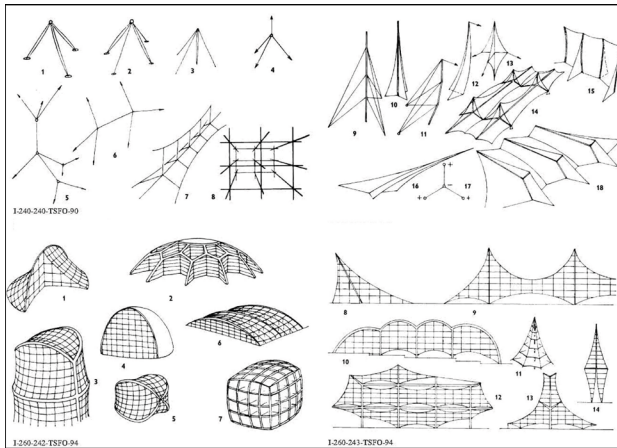


Abbildung 11.7: Dach des Olympiastadions in München. Im Uhrzeigersinn, von oben links: Mathematische Verfahren zur Bestimmung seiner Form und seines Verhaltens, um eine architektonische Form mit „minimalen Flächen“ zu erhalten. Testgelände und -modell. Blick auf den Olympiapark und das Stadion mit seinem 74.800 m<sup>2</sup> grossen Dach. [Schwarz-Weiss-Bilder: [Otto-01](#) et [Otto-03](#), CC BY-SA 4.0 / Farbbild: [Sandro Halank](#), [Wikimedia Commons](#), CC BY-SA 4.0]

## ERKLÄRUNG

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.

Wenn man Flüssigseife hinzufügt, verringert sie die Oberflächenspannung. Die Seife stört die Anziehungskräfte zwischen den Wassermolekülen, wodurch die „Haut“ der Oberfläche geschwächt wird. Bei einer niedrigeren Oberflächenspannung kann das Wasser die Nadel nicht mehr halten, sodass sie schliesslich ausläuft.

## 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.

### EXPERIMENT

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 ?

### ERKLÄRUNG

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 die Tinte breitet sich aus.

### DIE OBERFLÄCHENSpannung DER SEIFENBLASEN

#### DAUER

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

#### MATERIAL

- Pfeifenputzer
- Strohhalme
- Schere

## QUELLEN

Murphy, P., & Macaulay, E. (2006). *Exploratopia : More Than 400 Kid-friendly Experiments and Explorations for Curious Minds*. Little, Brown Books for Young Readers.

### ERKLÄRUNG ZU SEIFENBLASEN

chemie-schule.de. *Seifenblase*. Abgerufen von Chemie-Schule :

<https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Seifenblase>

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/calendar>

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

### EXPERIMENT

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.

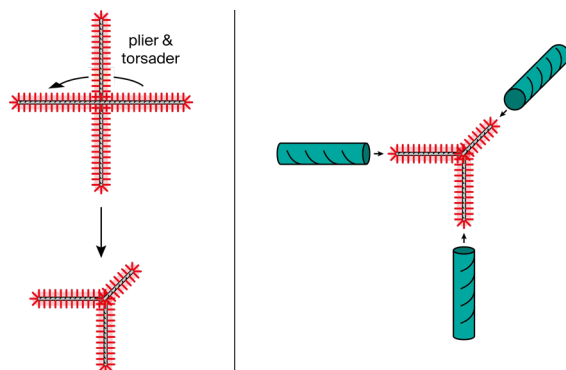
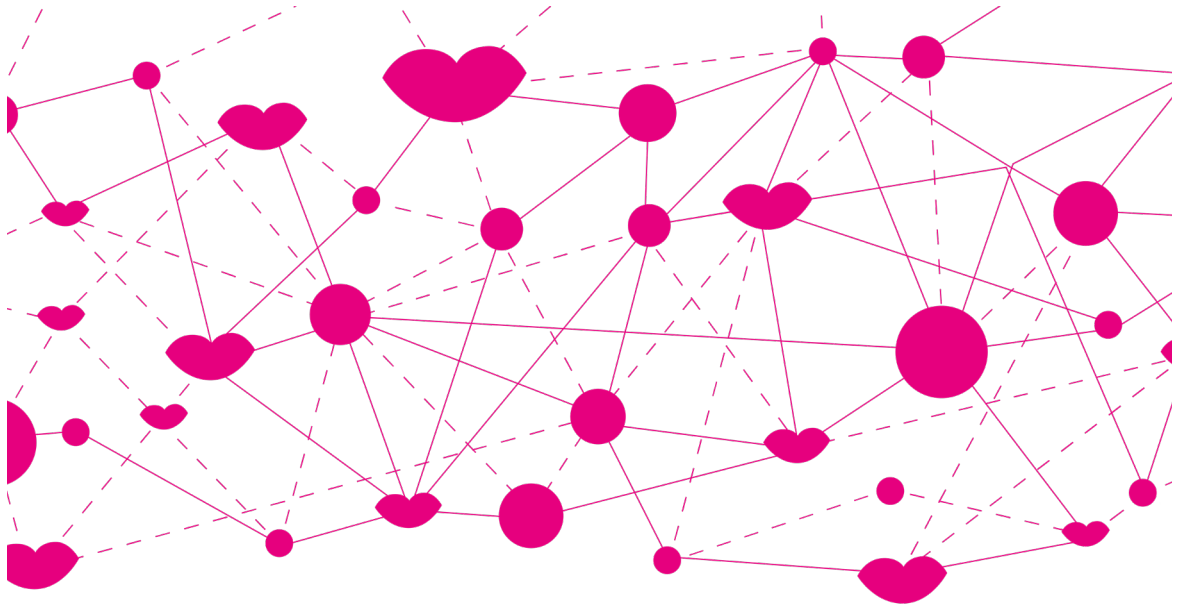


Abbildung 11.8: Herstellung von Polyedern mit Strohhalmen und Pfeifenreinigern.

### ERKLÄRUNG

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.



# 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 zu übermitteln, haben die Menschen schon immer versucht, Codes zu finden. Man denke zum Beispiel an die Rauchzeichen der Indianer, die Semaphore (ein an einer Küste errichteter Signalposten, um mit Schiffen in Sichtweite zu kommunizieren) oder den Morsecode, mit denen Nachrichten über grosse Entfernungen übermittelt werden können.

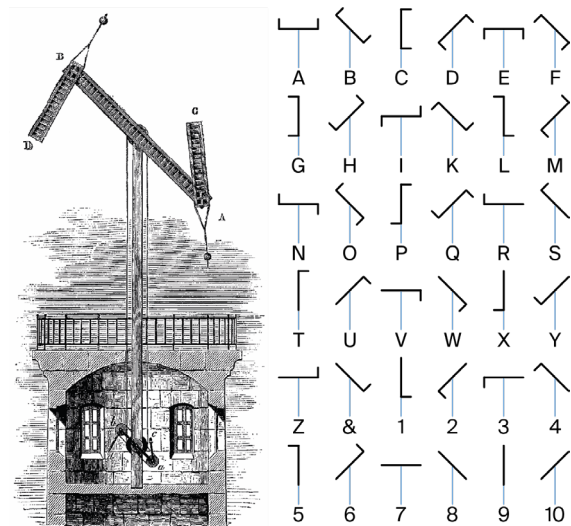


Abbildung 12.1: Chappe-Telegraf und sein alphanumerischer Code zur Übermittlung von Informationen zwischen den Semaphor-Türmen. [Louis\_Figuier/Wikimedia Commons, gemeinfrei]

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.

## Internationaler Morsecode

1. Ein Bindestrich entspricht drei Punkten.
2. Der Abstand zwischen zwei Elementen desselben Buchstabens entspricht einem Punkt.
3. Der Abstand zwischen zwei Buchstaben entspricht drei Punkten.
4. Der Abstand zwischen zwei Wörtern entspricht sieben Punkten.

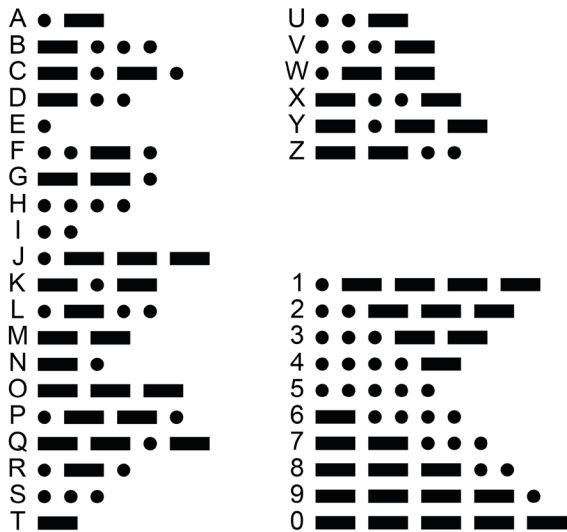


Abbildung 12.2: Buchstaben und Zahlen im Morsecode. [\[Wikimedia Commons, gemeinfrei\]](#)

## 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](#)).

### ADDITION IM 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.

ZEHNERSYSTEM		BINÄRSYSTEM
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.

Abbildung 12.3: Umrechnung von Zahlen zur Zehnersystem (wie wir zählen) in Zahlen zur Binärsystem (wie Computer zählen).

Die Schüler\*innen sollen im binären System bis 20 zählen. Sie können dann Additionen im binären System durchführen (s. [Arbeitsblatt 2](#)). Das Prinzip ist das gleiche wie für Operationen in der Zehnerbasis. Man beachtet den Übertrag bei der Addition.

$$\begin{aligned}
 0 + 0 &= 0 \\
 0 + 1 &= 1 \\
 1 + 1 &= 10 \\
 1 + 1 + 1 &= 11
 \end{aligned}$$

BEISPIEL :

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

### LÖSUNGEN VON SCHÜLERARBEITSBLATT 2

#### Übung 1

$$\begin{aligned}
 11 &\rightarrow 1011 & 16 &\rightarrow 10000 \\
 12 &\rightarrow 1100 & 17 &\rightarrow 10001 \\
 13 &\rightarrow 1101 & 18 &\rightarrow 10010 \\
 14 &\rightarrow 1110 & 19 &\rightarrow 10011 \\
 15 &\rightarrow 1111 & 20 &\rightarrow 10100
 \end{aligned}$$

#### Übung 2

$$\begin{aligned}
 10 + 01 &= 11 \\
 1000 + 0101 &= 1101 \\
 11 + 01 &= 100 \\
 110101 + 010101 &= 1001010 \\
 101111 + 010111 &= 1000110
 \end{aligned}$$

## 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

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 anzuzeigen, 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

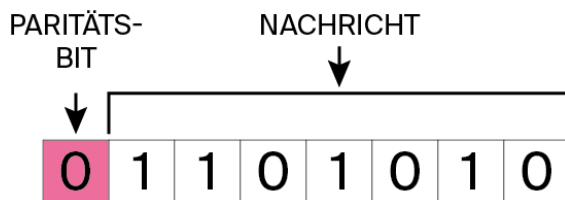
ihn jedoch korrigieren zu können) und so fragen, die Nachricht erneut zu verschicken.

## BEISPIEL

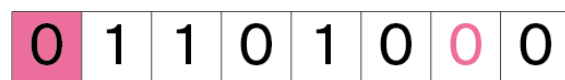
Man kann die folgende Nachricht schicken :



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.



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.

## FEHLERERKENNUNG IN EINEM BILD

Diese Methode wird auf ein „Bild“ angewendet, das durch ein Raster aus 5x5 Quadraten dargestellt wird, wobei jedes Quadrat 1 Bit (0 in Blau oder 1 in Orange) repräsentiert. Die Schülerinnen und Schüler werden aufgefordert, ein Bild zu erstellen, indem sie die orangefarbenen (1) und blauen (0) Quadrate zufällig anordnen :

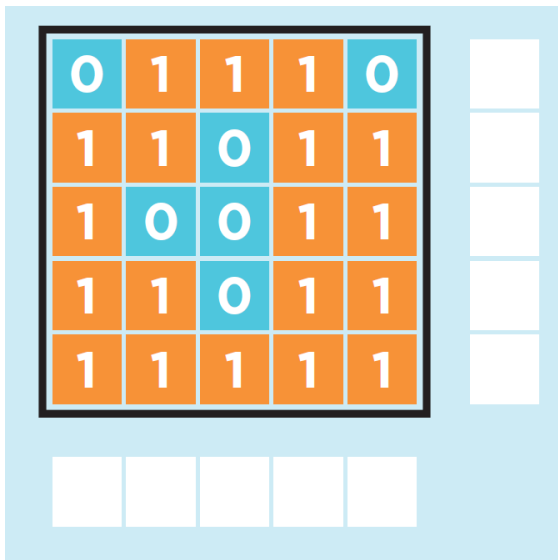


Abbildung 12.4: Erstellen eines „binären“ Bildes.

Ohne den Schülern die Technik zu erklären, werden 0/1-Quadrate **ausserhalb** des Rasters (rechts von jeder Zeile und unter jeder Spalte) so angeordnet, dass in jeder Zeile und jeder Spalte eine gerade Anzahl von 0/1-Quadraten derselben Farbe entsteht :

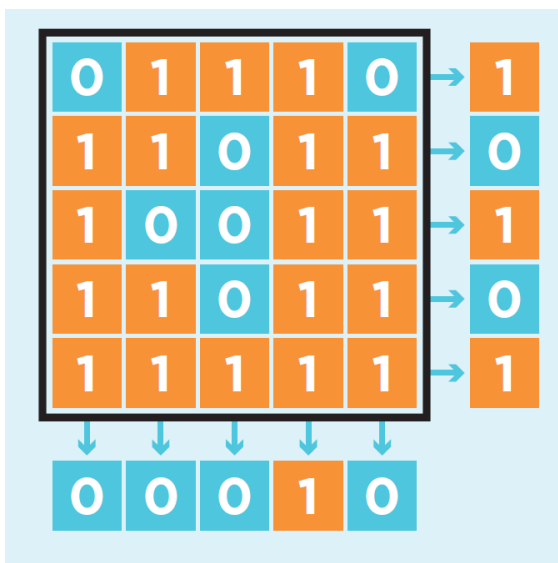


Abbildung 12.5: Hinzufügen des Paritätsbits für jede Zeile und jede Spalte.

Ein-e SchülerIn wird dann gebeten, eines der Bits, aus denen das Bild besteht, umzudrehen, während wir die Augen schliessen (also einen Übertragungsfehler einzuführen). Sobald dies geschehen ist, öffnen wir die Augen und finden schnell heraus, welches Quadrat verändert wurde: Die Zeile und die Spalte, die diesem Quadrat entsprechen, werden eine ungerade Anzahl von Quadraten derselben Farbe haben.

## ERKLÄRUNG

Die 0/1-Quadrate des ursprünglichen 5x5-Rasters können eine Art von Daten sein, z. B. Text, der mithilfe von Bits dargestellt wird, oder ein Bild oder Zahlen. Obwohl sie in einem Raster angeordnet sind, würden auf einem Computer die Bitreihen nacheinander gespeichert oder übertragen werden.

Die zusätzlichen 0/1-Quadrate, die wir hinzugefügt haben, sind die **Paritätsbits**. Durch das Hinzufügen der zusätzlichen 0/1-Quadrate, so dass eine gerade Anzahl oranger Quadrate (1) in jeder Zeile und Spalte gewährleistet wird, sorgt man dafür, dass die Zeilen und Spalten eine sogenannte gerade Parität haben.

Wenn ein 0/1-Quadrat zurückgegeben wurde, simulierte dies einen Fehler in den Daten. Wir führten eine **Fehlererkennung** durchgeführt. Da sich das Quadrat, das zurückgegeben worden war, am Schnittpunkt der Zeile und der Spalte befand, die eine ungerade Anzahl orangefarbener Quadrate (1) enthielt, konnten wir also eine **Fehlerkorrektur** anwenden.

Dieses System funktioniert, um einen Fehler zu erkennen und zu korrigieren, wenn nur ein 0/1-Quadrat zurückgegeben wird. Wenn mehr 0/1-Quadrate zurückgegeben werden, wird diese Methode in der Regel Fehler erkennen, aber nicht korrigieren können.

Jede Informationsübertragung kann anfällig für Störungen sein. Mobiltelefone sind beispielsweise mobil und werden häufig entweder weit entfernt von Sendemasten oder in einer städtischen Umgebung mit hohem elektromagnetischem Rauschen verwendet, was zu Störungen bei der Nachrichtenübertragung führen kann. Man spricht von einem verrauschten Kanal, wenn die Übertragung durch Störungen beeinträchtigt wird.

Man kann auch Raumsonden erwähnen, die sich in astronomischen Entfernungen befinden und eine Antenne haben, die selbst bei bestmöglicher Ausrichtung nicht perfekt ist. Die auf der Erde ankommenden Nachrichten können daher etwas verfälscht sein.

## NACH DEM BESUCH

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 CODETECHNIK FÜR FEHLERKORREKTUREN

Auch wenn das in der Ausstellung gezeigte Experiment eine vereinfachte Methode ist, findet sie sich dennoch in vielen anderen Codes, um Fehler zu erkennen. Beispiele dafür sind die Buchkennung (ISBN) oder der Strichcode.

Ein Standard-Barcode besteht aus mehr oder weniger dicken vertikalen Strichen und deren Übersetzung in 13 Ziffern. Wenn es nicht möglich ist, die Balken mit einem optischen Lesegerät zu lesen, können die Zahlen direkt mit der Hand eingegeben werden. Wenn die Zahlen jedoch ebenfalls schwer zu lesen sind (z. B. gefaltet oder teilweise verblasst), kann man beim Abschreiben der Zahlen Fehler machen.

Es ist so, dass nur die ersten 12 Ziffern zur Codierung des Produkttyps verwendet werden und die dreizehnte Ziffer zur Fehlererkennung dient. Sie wird daher in Abhängigkeit von den anderen berechnet.



Abbildung 12.6: 13-stelliger Strichcode.

Um die letzte Zahl zu finden, muss man :

1. jede zweite Zahl von der ersten ausgehend nehmen (ohne die 13.) und sie zusammenzählen.  
Hier  $5+0+2+4+2+4=17$
2. jede zweite Zahl von der zweiten ausgehend nehmen, die Summe bilden und das Ergebnis mit 3 multiplizieren.  
Hier  $(9+1+3+1+3+5)*3=66$
3. die beiden Ergebnisse zusammenzählen.  
Hier  $17+66=83$
4. nur die Einerstelle behalten.  
Hier 3

5. Dann diese Zahl von 10 abziehen.  
Hier  $10-3=7$

Mit dieser Methode können wir den Fehler zwar nicht beheben, aber wenn nur eine der Ziffern unleserlich ist, ist es unmöglich, auf einen gültigen Code zu stossen, und wir können mit Sicherheit feststellen, dass der Code falsch gelesen wurde.

## ÜBUNGEN

### DIE 13. STELLE DES BARCODES

In der 1. Übung sollen die Schüler\*innen die 13. Ziffer des Barcodes bestimmen, indem sie die oben beschriebenen 5 Schritte durchführen.

In der 2. Übung sollen die Schüler\*innen feststellen, ob die empfangene Nachricht richtig ist oder einen Fehler enthält (s. [arbeitsblatt 3](#)).

### LÖSUNGEN VON ARBEITSBLATT 3

#### Übung 1

1. 3
2. 2
3. 8

#### Übung 2

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

## QUELLEN

*Paritätsbit*. Von Wikipedia abgerufen :  
<https://de.wikipedia.org/wiki/Paritätsbit>

Seite zum codieren und decodieren mit Morse :  
<https://morsedecoder.com/de/>

Studyflix. *Binärsystem • Binärzahlen in Dezimalzahlen, Zweiersystem · [mit Video]*. Abgerufen von Studyflix: <https://studyflix.de/mathematik/binaersystem-5007>

## ANHANG - KOMMUNIKATIONSSYSTEME

## ARBEITSBLATT 1 - DER MORSECODE

1. Schreibe einen Satz auf Deutsch :

---

---

2. Transkribiere diesen Satz in Morsecode :

3. Schicke diesen Satz mithilfe einer Taschenlampe oder auf einem Blatt Papier an deinen Nachbarn / deine Nachbarin.

4. Kopiere hier in Morsecode den Satz, den du von deinem Nachbarn / deiner Nachbarin erhalten hast :

---

---

5. Entschlüsselt den erhaltenen Satz :

---

---

### Internationaler Morsecode

1. Ein Bindestrich entspricht drei Punkten.
2. Der Abstand zwischen zwei Elementen desselben Buchstabens entspricht einem Punkt.
3. Der Abstand zwischen zwei Buchstaben entspricht drei Punkten.
4. Der Abstand zwischen zwei Wörtern entspricht sieben Punkten.

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	— — — — —

## ARBEITSBLATT 2 - BINÄRSYSTEM

Rückruf :

ZEHNERSYSTEM		BINÄRSYSTEM
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 vor der Zahl ihre Entsprechung im Binärsystem.

11	
----	--

12	
----	--

13	
----	--

14	
----	--

15	
----	--

16	
----	--

17	
----	--

18	
----	--

19	
----	--

20	
----	--

### Übung 2

Führe die folgenden Additionen durch :

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

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

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

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

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

## ARBEITSBLATT 3 - DIE 13. ZIFFER DES STRICHCODES

### Übung 1

Wie lautet die 13. Ziffer der folgenden Strichcodes? Du findest sie, indem du folgende Schritte ausführst :

1. Jede zweite Zahl, beginnend mit der ersten, nehmen und zusammenzählen
2. Jede zweite Zahl, beginnend mit der zweiten, nehmen und zusammenzählen. Das Ergebnis mit 3 multiplizieren.
3. Addiere die beiden erhaltenen Ergebnisse.
4. Nur die Zahl der Einheiten behalten.
5. Dann diese Zahl von 10 abziehen.

Beispiel



1.  $7 + 6 + 2 + 0 + 1 + 3 = 19$

2.  $8 + 3 + 1 + 1 + 6 + 0 = 19, \quad 19 \times 3 = 57$

3.  $19 + 57 = 76$

4. 6

5.  $10 - 6 = 4$



1.

2.

3.

4.

5.



1.

2.

3.

4.

5.



1.

2.

3.

4.

5.

## Übung 2

Überprüfe, ob die folgenden Strichcodes richtig oder falsch sind.

1.



1.

2.

3.

4.

5.

2.



1.

2.

3.

4.

5.

3.



1.

2.

3.

4.

5.

4.



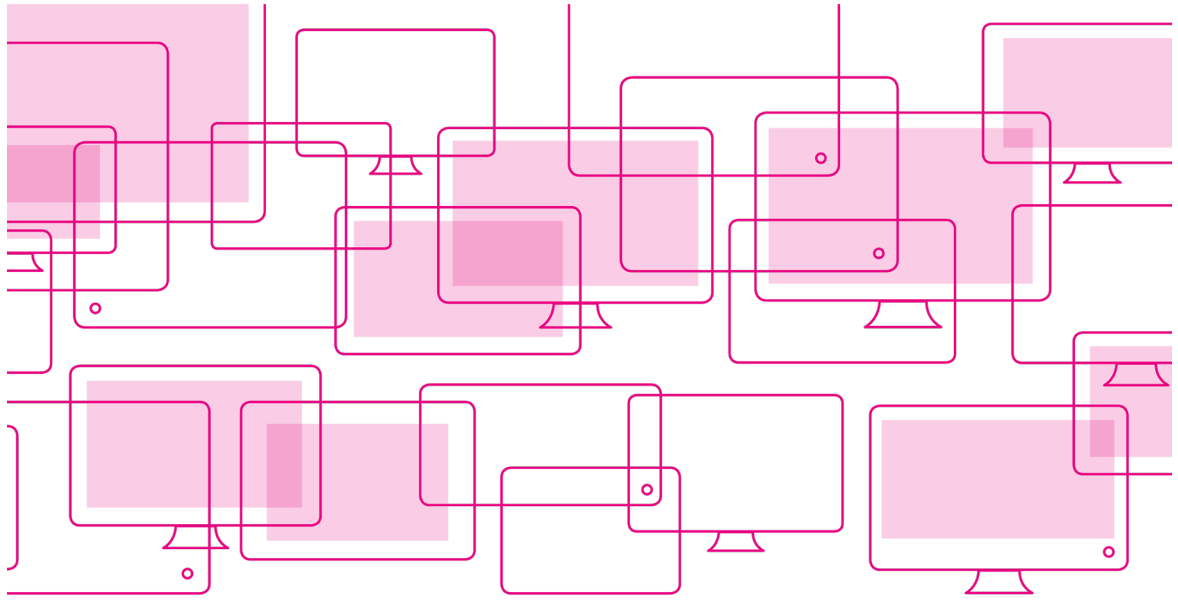
1.

2.

3.

4.

5.



# Informatik

## EINLEITUNG

Eine Welt ohne Computer ist unvorstellbar: Die Informationstechnologie ist allgegenwärtig, sei es zu Hause (vernetzte Fernseher), am Arbeitsplatz, in der Freizeit (digitale Fotografie), im Verkehr (Autos, Verkehrsmanagement Luft- und Schienenverkehr), in den Medien oder im Finanzwesen.

Ebenso ist das Gesundheitswesen ohne IT in den Krankenhäusern sowie in der ambulanten Medizin nicht mehr vorstellbar. Das Web hat unseren Zugang zu Informationen radikal 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 Speicherkarte, 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.



Abbildung 13.1: Die hauptsächlichsten Peripheriegeräte und die Zentraleinheit eines Computers.

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.



Abbildung 13.2: Eingabegeräte (Webcam, Tastatur, Maus, Joystick, Modem), Ausgabegeräte (Bildschirm, Ton, Drucker), die Zentraleinheit und ein Speichermedium.

## 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.



Abbildung 13.3: Hauptplatine.

### DER PROZESSOR

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

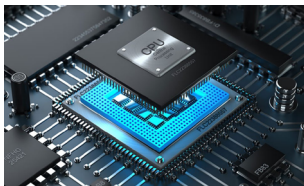


Abbildung 13.4: Prozessor oder CPU (Central Processing Unit).

### DER ARBEITSSPEICHER (RAM)

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

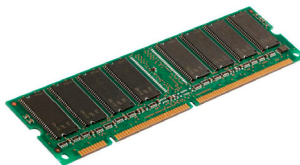


Abbildung 13.5: Barette des Arbeitsspeichers oder RAM (Random Access Memory).

### DIE FESTPLATTE

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



Abbildung 13.6: Festplatte, deren Gehäuse Schutzhülle entfernt wurde.

### DIE GRAFIKKARTE

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

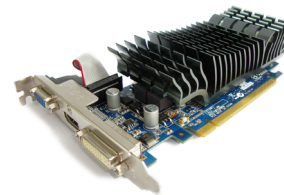


Abbildung 13.7: Grafikkarte

### DIE AUDIOKARTE

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

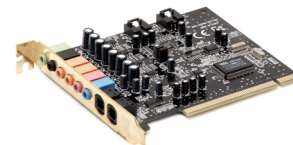


Abbildung 13.8: Audiokarte.

### 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.



Abbildung 13.9: Netzwerkkarte.

## DAS INTERNET-NETZWERK

Das Internet ist ein riesiges Computernetzwerk, das Millionen von Computern auf der ganzen Welt miteinander verbindet und es ihnen ermöglicht, über grosse Entfernungen hinweg zu kommunizieren und Informationen auszutauschen. Die ersten Versionen eines solchen Netzwerks stammen aus den späten 1950er Jahren, aber die erste Nutzung liess bis 1972 auf sich warten.

1989 startete ein Mitarbeiter des CERN, Tim Berners Lee, eine Internetanwendung mit Hyperlinks, die als World Wide Web bezeichnet wurde. Diese Hyperlinks, die man anklicken konnte, verwiesen an anderer Stelle auf der gleichen Seite auf andere Medien (Ton, Foto, Video) oder auf andere Webseiten. Das Internet entstand also vor dem Web, aber erst das Web machte es für alle zugänglich. 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.

## WÄHREND DES BESUCHS

Ein Lied, eine Fotografie, ein Buch oder Ihr Familienstand... alle diese auf den ersten Blick sehr unterschiedlichen Elemente bestehen aus Informationen: Töne, Farben, Texte oder auch Zahlen.

Bei der Digitalisierung oder Digitalisierung wird die Information in kleine Teile aufgeteilt und als eine Reihe von 0 und 1 dargestellt..

## ZWEI STAATEN SIND GENUG

Computer verwenden die Binärsprache, weil die beiden Werte (0 oder 1) einer sehr einfachen elektronischen Situation entsprechen: ein offener Schalter, der keinen Strom fließen lässt (0), oder ein geschlossener Schalter, der Strom fließen lässt (1).

Auf die gleiche Weise muss man bei der Übertragung oder Speicherung digitaler Informationen in der Binärsprache nur zwischen zwei entgegengesetzten Zuständen unterscheiden: starke oder schwache Lichtintensität in einer Glasfaser, zwei Polarisationszustände in herkömmlichen Festplatten...

## EIN BIT, EIN OKTETT, UM ALLES ZU BESCHREIBEN

Maschinen verarbeiten, speichern, übertragen und geben Informationen in Form von 0 und 1 wieder. Jede 0 oder 1 ist ein Informationsbit. Nach der Konvention werden sie zu 8 zusammengefasst, was man als Byte bezeichnet. Das Byte ist dann die Grundeinheit in der Informatik. Mit einem Byte können 28 oder 256 verschiedene

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Zeile	BIN	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
1	0000	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
2	0001	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
3	0010	SP	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
4	0011	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
5	0100	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
6	0101	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
7	0110	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
8	0111	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	DEL

Abbildung 13.10: Der ASCII-Code definiert 128 Zeichen, die von 0 bis 127 durchnummeriert und binär codiert sind. Die Zeichen mit den Nummern 0 bis 31 und die 127 (grün hinterlegt) entsprechen Steuerbefehlen für Computerterminals. Ein Zeichen wird codiert, indem die Nummer der Zeile und die Nummer der Spalte (auf blauem Hintergrund), an deren Schnittpunkt es sich befindet, kombiniert werden, alles binär (auf gelbem Hintergrund). Der Buchstabe „A“ steht in Zeile 5 und Spalte 2, was 0100 0001 ergibt.

ne Werte dargestellt werden, z. B. 256 Zahlen, 256 Zeichen oder 256 Schattierungen einer Farbe.

In dem vorgeschlagenen Experiment werden wir beim Schreiben eines Textes auf die Tastatur verzichten und den Text direkt mithilfe des Binärcodes kodieren.

Damit alle Geräte denselben Code verwenden, um die Buchstaben des Alphabets und andere Zeichen darzustellen, wurde der internationale Standard ASCII (American Standard Code for Information Interchange) gewählt: Er legt fest, welcher Binärzahl jeder Buchstabe und jedes Satzzeichen entspricht ([Abbildung 13.10](#)).

## 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 Informatiker\*innen 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 :

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <title>
      Titel meiner Webseite
    </title>
  </head>
  <body>
    Hier ist meine erste Webseite !
  </body>
</html>
```

Es würde die folgende Seite ergeben :



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

### DIE WICHTIGSTEN HTML-TAGS

<B></B>	<b>Fett</b>
<I></I>	<i>Kursiv</i>
<U></U>	<u>Unterstreichen</u>
<FONT SIZE =5></FONT>	Schriftgrösse 5 einstellen
<A HREF = «url»> texte du lien </A>	<a href="#">Einen Link anzeigen</a>
<IMG SRC= «url de l'image»>	Ein Bild anzeigen
 	Zeilenumbruch
<CENTER></CENTER>	Einen Text zentrieren
<BODY BGCOLOR= «couleur»></BODY>	Die Hintergrundfarbe wählen

\*url = Adresse einer Website, eines Bildes.

```

<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <title>
      Titel meiner Webseite
    </title>
  </head>
  <body style="background-color:yellow;">
    <center>
      <font size=5>
        Hier ist meine erste Webseite !
      </font>
      <br>
      <br>
      <B>Hier ist ein Bild meiner Katze</B>
      <br>
      <br>
      
      <br>
      <br>
      Und hier ist ein Link zu meiner Lieblingsseite !
      <br>
      <a href="http://sps.epfl.ch">Cliquez ici</a>
    </center>
  </body>
</html>

```



Abbildung 13.11: Beispiel für einen HTML-Code (oben) und die daraus resultierende Webseite (unten).

## ÜBUNGEN

### ÜBUNG 1

Ein Quellcode einer Webseite wird gegeben. Die Schüler\*innen sollen die Webseite zeichnen, die mit diesem Code erstellt wird. (s. [Arbeitsblatt 1](#)).

### ÜBUNG 2

Die Schüler\*innen sollen den Code schreiben, mit dem die vorgegebene Webseite erstellt wird (s. [Arbeitsblatt 2](#)).

### ZUM VERTIEFEN

Sie benötigen lediglich einen Browser, der auf Ihrem Computer installiert ist, sowie einen Texteditor wie Notepad oder Wordpad.

Erstellen Sie eine Textdatei, die den Code enthält. Fügen Sie beim Speichern die Erweiterung .html zum Dateinamen hinzu und wählen Sie den Dateityp „Alle Dateien“ (nicht .txt-Datei).

Öffnen Sie die Datei mit dem Browser, die Webseite wird angezeigt. Wenn Änderungen am Quellcode vorgenommen wurden, speichern Sie die Datei und aktualisieren Sie die Webseite erneut.

## 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)

### WEB

Informationen für Lehrkräfte

<https://www.internet-abc.de/lehrkraefte/internet-abc-fuer-lehrkraefte>

klicksafe. *Wie lange darf mein Kind an Handy und PC ?* Abgerufen von klicksafe :

<https://www.klicksafe.de/bildschirm-und-medienzeit-was-ist-fuer-kinder-in-ordnung>

SRF Kids. *Frag Fred: Wie funktioniert das Internet ?* Abgerufen von YouTube :

<https://www.youtube.com/watch?v=e9FJpNFQWi8>

Studyflix. *Binärsystem • Binärzahlen in Dezimalzahlen, Zweiersystem · [mit Video]*. Abgerufen von Studyflix: <https://studyflix.de/mathematik/binaersystem-5007>

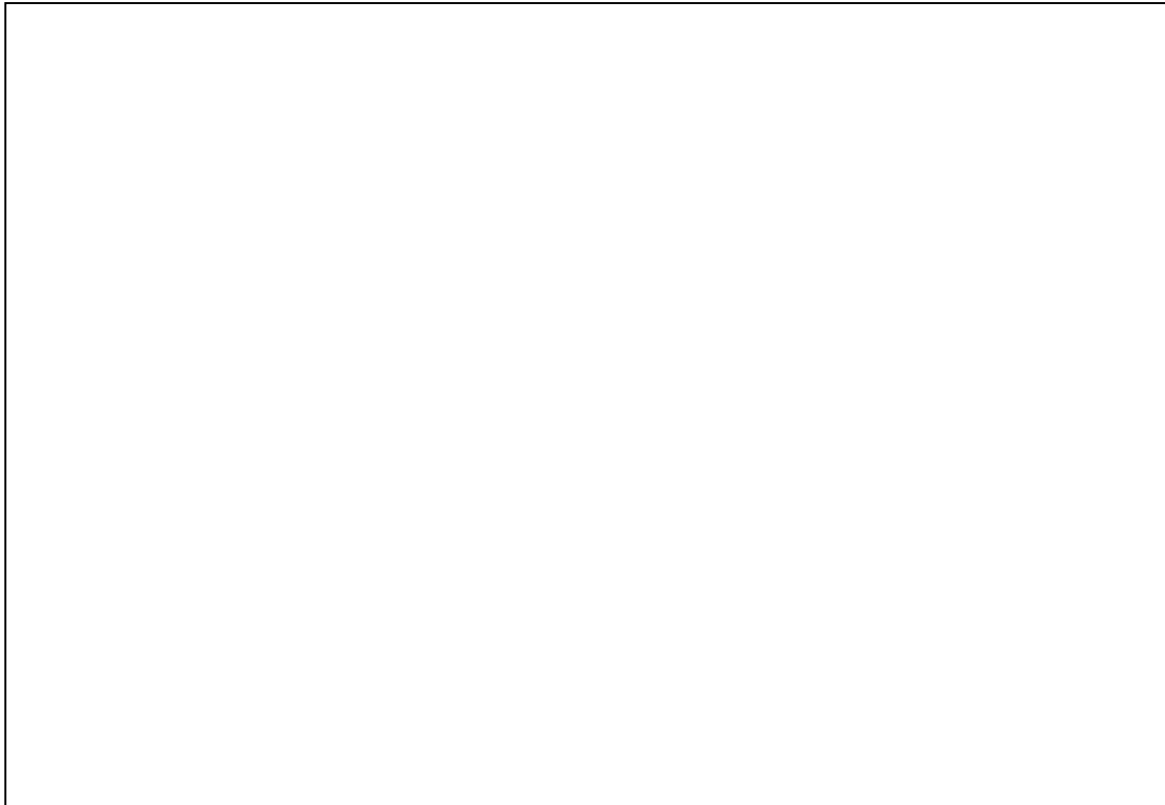
Tadeusiewicz, R., Mazurek, M., & Wierzchowski, M. (2020). *Ava im Land der Zukunft oder Wie künstliche Intelligenz funktioniert*. Helvetiq.

## ANHANG - INFORMATIK

## ARBEITSBLATT 1 - DER HTML-CODE

Zeichne in das weisse Quadrat die Webseite, die du mithilfe des folgenden HTML-Codes erhalten hast:

```
<!DOCTYPE html>
  <html>
    <head>
      <title>
        Titel meiner Webseite
      </title>
    </head>
    <body style="background-color:lightgreen ;">
      <center>
        <font size=7>
          <B>
            Willkommen auf meiner Webseite!
          </B>
        </font>
        <br>
        <br>
        Um zu einer anderen sehr interessanten Seite zu gelangen,
        muss man klicken <a href="http://sps.epfl.ch">ici</a>.
        <br>
        <br>
        <br>
        <br>
        
      </center>
    </body>
  </html>
```



## ARBEITSBLATT 1 - DER HTML-CODE - LÖSUNG

Zeichne in das weisse Quadrat die Webseite, die du mithilfe des folgenden HTML-Codes erhalten hast:

```
<!DOCTYPE html>
  <html>
    <head>
      <title>
        Titel meiner Webseite
      </title>
    </head>
    <body style="background-color:lightgreen ;">
      <center>
        <font size=7>
          <B>
            Willkommen auf meiner Webseite!
          </B>
        </font>
        <br>
        <br>
        Um zu einer anderen sehr interessanten Seite zu gelangen,
        muss man klicken <a href="http://sps.epfl.ch">ici</a>.
        <br>
        <br>
        <br>
        <br>
        
      </center>
    </body>
  </html>
```



## ARBEITSBLATT 2 – DER HTML-CODE

Schreibe den HTML-Code, mit dem die folgende Webseite erstellt wurde :



- Der Link des Bildes auf der Webseite ist [https://go.epfl.ch/bus\\_des\\_sciences.jpg](https://go.epfl.ch/bus_des_sciences.jpg).
- Der Text „Die Seite der Abteilung für Wissenschaftsförderung der EPFL“ verweist auf die Seite <http://go.epfl.ch/schulklassen>.

## ARBEITSBLATT 2 - DER HTML-CODE - LÖSUNG

Schreibe den HTML-Code, mit dem die folgende Webseite erstellt wurde :



- Der Link des Bildes auf der Webseite ist [https://go.epfl.ch/bus\\_des\\_sciences.jpg](https://go.epfl.ch/bus_des_sciences.jpg).
- Der Text „Die Seite der Abteilung für Wissenschaftsförderung der EPFL“ verweist auf die Seite <http://go.epfl.ch/schulklassen>.

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <title>
      Titel meiner Webseite
    </title>
  </head>
  <body style="background-color: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>
      <br>
      <br>
      
      <br>
      <br>
      Um mehr Informationen über diesen Bus zu erhalten, muss man auf die
      folgende Seite gehen:
      <br>
      <a href="http://sps.epfl.ch/bus">Die Seite der Abteilung für
      Wissenschaftsförderung der EPFL</a>
    </center>
  </body>
</html>
```

