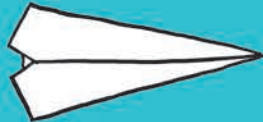
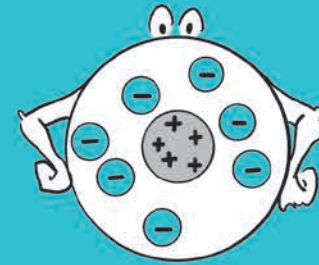
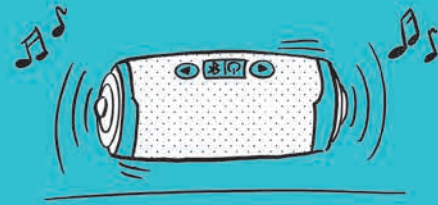
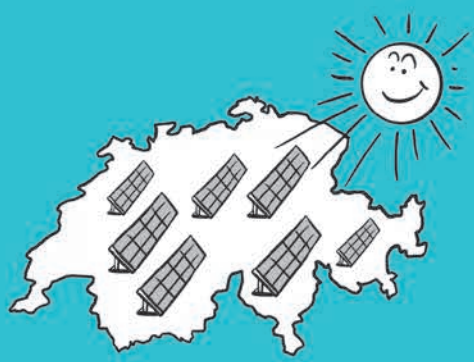


«Warum können Flugzeuge fliegen?»

Expertinnen und Experten
beantworten Kinderfragen.





«Warum können Flugzeuge fliegen?»

**Expertinnen und Experten
beantworten Kinderfragen.**

Wie kommt Strom in die Batterie? Warum klebt Klebstoff, und wie wird aus Sonnenstrahlen eigentlich Energie? Vermeintlich einfache Kinderfragen können Erwachsene schnell ins Schwitzen bringen. Darauf leicht verständliche Antworten zu geben, entpuppt sich zuweilen als echte Herausforderung. Bereits zum zweiten Mal haben sich Dozierende der ZHAW School of Engineering dieser Herausforderung gestellt und die drängendsten Kinderfragen beantwortet. Neben Fragen, die bereits in der ersten Ausgabe beantwortet wurden, kamen auch einige neue hinzu. In Zusammenarbeit mit der Pädagogischen Hochschule Weingarten wurden die Antworten im Hinblick auf eine kindgerechte Sprache überarbeitet. Wir wünschen viel Spass beim Lesen!

7	Wie fahren Autos in Zukunft?
19	Warum können Flugzeuge fliegen?
25	Was bewegt sich beim Strom?
35	Wie kommt der Strom in die Batterie?
45	Wie bewegen sich Daten durch die Luft?
59	Wie schlau ist ein Computer?
71	Was ist künstliche Intelligenz?
79	Wie funktionieren Klappbrücken und Schiffschleusen?
89	Wie klebt Klebstoff?
99	Wie wird aus Sonnenstrahlen Energie?
107	Ist der Treibhauseffekt für uns Menschen Fluch oder Segen?
114	Fragenkatalog – alle Fragen im Überblick

Wie fahren Autos in Zukunft?

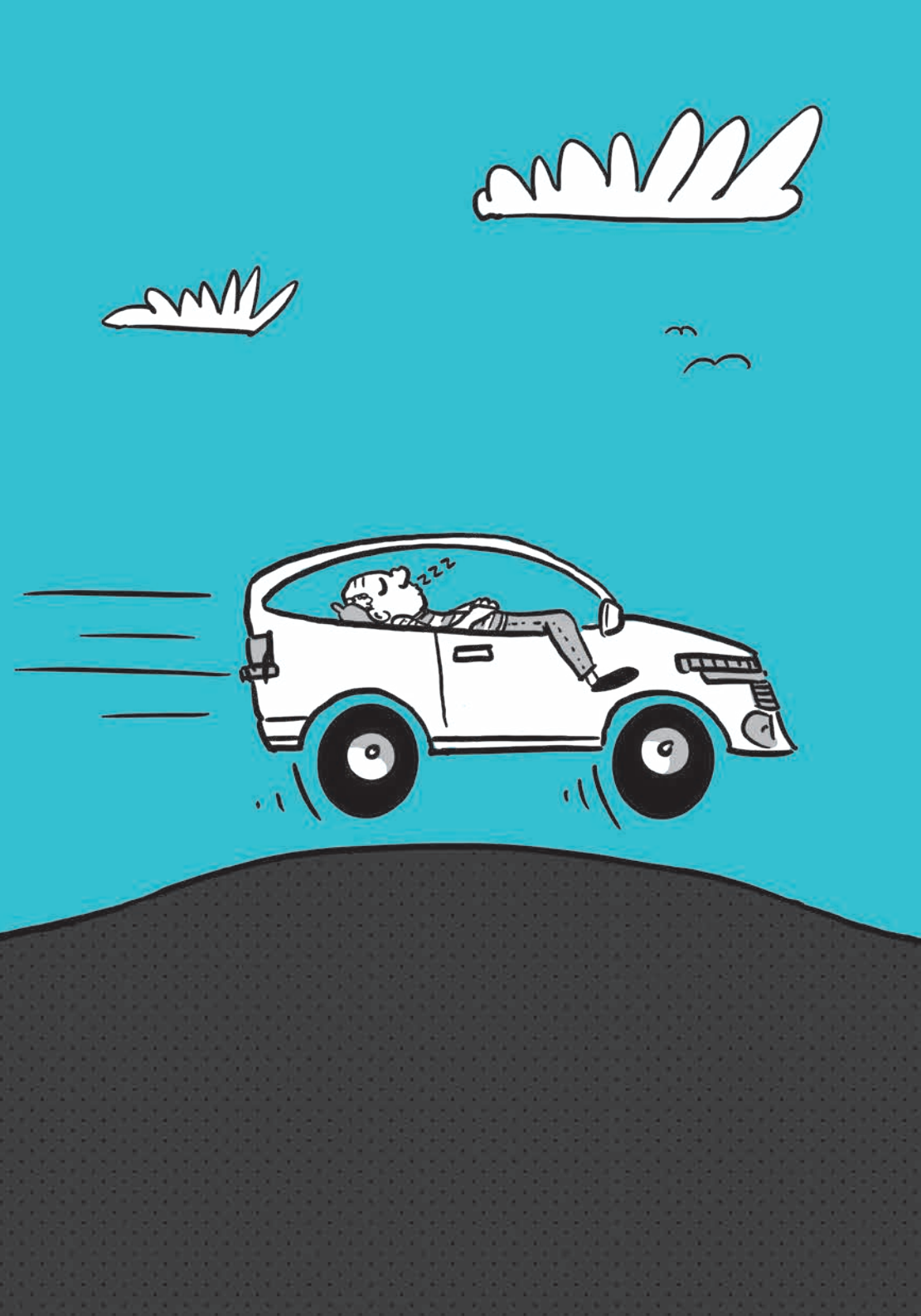
Autos gibt es seit ungefähr 150 Jahren. Jetzt arbeiten Ingenieurinnen und Ingenieure daran, das Autofahren neu zu denken. Wäre es nicht toll, wenn Autofahren kinderleicht wäre?

Fahren Autos schon bald von ganz allein?

Was muss man im Strassenverkehr nicht alles beachten: den richtigen Weg finden, auf die anderen Autos, Lastwagen, Velos, Trams und Fussgängerinnen und Fussgänger achten, sich an die Verkehrsregeln halten. Das ist sehr viel auf einmal, und oft ist es auch zu viel: 17 000 Unfälle gibt es jedes Jahr in der Schweiz, bei denen Menschen verletzt werden. Viele Technikerinnen und Techniker arbeiten daran, dass Autos bald alleine fahren können, also ohne dass ein Mensch lenken, Gas geben oder bremsen muss – das nennt man auch «autonomes Fahren». Aber wann wird es so weit sein? Unser Experte Thomas Sauter-Servaes meint, dass in 30 Jahren niemand mehr den Führerschein machen muss. Dann werden selbstfahrende Autos der Normalfall sein.

Wozu ist das gut? Das Autofahren soll bequemer und vor allem sicherer werden. In Zukunft sollen Menschen während der Fahrt Mails lesen oder etwas essen können, ohne dass es zu Unfällen kommt. Lastwagenfahrerinnen und -fahrer sollen keine Pausen mehr machen müssen. Damit könnte man viel Geld sparen, denn im Beruf gilt: Zeit ist Geld.

Wie wird das gemacht? Thomas Sauter-Servaes hat zur Erklärung, wie die technischen Lösungen für diese Probleme aussehen können, einen interessanten Vergleich gefunden:





Wir Menschen brauchen zum Autofahren Augen und Ohren, Hände und Füsse und vor allem: unseren Kopf. Mit diesem denken und entscheiden wir, und er steuert unsere Hände und Füsse. Ähnlich machen wir das in der Technik: Technische Augen und Ohren heissen Sensoren. Ein Helligkeitssensor misst die Helligkeit, ein Kamerasensor filmt die Umgebung. Technische Hände und Füsse heissen Aktoren. Sie bestehen zum Beispiel aus einem kleinen Elektromotor und Zahnrädern oder Antriebsriemen.

Die technischen Gehirne heissen Computer oder Controller. Über sie werden zum Beispiel die Bilder des Kamerasensors verarbeitet. Wenn sich von der Seite etwas schnell auf das Auto zubewegt, ein Tier vielleicht, werden Bremse und Lenkung aktiviert. Das Auto wird langsamer und wird um das Tier herumgelenkt. Oder wenn der Helligkeitssensor auf der grauen Strasse den weissen Randstreifen misst, lenkt der Controller das Auto zurück in die Mitte der Fahrspur, ohne dass die Fahrerin oder der Fahrer etwas tun muss.

Selbstverständlich können Sensoren nicht wie Menschen sehen, Aktoren nicht von allein lenken und Controller nicht denken. Die Technikerinnen und Techniker müssen den Controller so programmieren, dass er immer den richtigen Aktor in Gang bringt. Von aussen sieht es aber so aus, als würde das alles ganz von allein ablaufen.

Woran forschen wir? Zurzeit fahren in Europa nur Testautos autonom. Dabei muss noch ein Mensch am Lenkrad sitzen und aufpassen. Wir arbeiten jetzt daran, dass die Systeme immer mehr Situationen ohne menschliche Hilfe sicher lösen können. Dafür müssen sie wie ein Mensch trainieren, also viele Kilometer fahren. Anders als Menschen haben die Maschinen aber ein gemeinsames «Gedächtnis»: Die Daten

Lange Zeit hatten Elektroautos den grossen Nachteil, dass die Batterien nur für wenige Kilometer gereicht haben. Dann musste das Elektroauto viele Stunden an eine Steckdose angeschlossen werden, bevor die Fahrt weitergehen konnte. Dank besserer und billigerer Batterien werden Elektroautos nun wieder zur Alternative – wie vor hundert Jahren.



werden gespeichert und mit den Controllern anderer Autos geteilt. So kann eine Gefahrensituation auch bei ihnen gemeistert werden.

Unser vielleicht grösstes Problem ist, dass trotz aller Regeln im Strassenverkehr dauernd Dinge passieren, die niemand voraussehen kann. Deshalb wird es vermutlich zuerst auf Autobahnen erlaubt sein, autonom zu fahren. Dann wird es dort ähnlich sicher zugehen wie im Flugverkehr. Viele Flugzeuge werden heute schon überwiegend im «Autopilot»-Modus geflogen.

Wie funktioniert ein Elektroauto?

Elektroautos werden Benzin- und Dieselaautos bald ersetzen. Eine einfache Antwort darauf, wie sie funktionieren, lautet: mit einem Elektromotor und einem Akku statt mit einem Verbrennungsmotor und einem Benzintank. Da wollen wir aber genauer hinschauen!

Wozu ist das gut? Es gibt zwei besonders wichtige Gründe, warum es mehr Elektroautos geben soll: Erstens kommen aus ihrem Auspuff keine Abgase, die Menschen, Tiere und Pflanzen krank machen und das Klima verändern. Und zweitens werden Benzin und Diesel aus Erdöl hergestellt. Weil wir sehr viel Erdöl verbrauchen, gibt es irgendwann nur noch ganz wenig davon. Es wird dann so teuer, dass sich kaum jemand das Autofahren leisten kann.

Wie wird das gemacht? Ein Elektroauto hat seinen Namen von der Form der Energie, mit der es angetrieben wird. Ein Elektromotor ist sehr leise, gibt keine Abgase ab und erzeugt eine grosse Kraft. Weil das auch bei kleinen Drehzahlen funktioniert, braucht ein Elektroauto kein Getriebe mehr.

Thomas Sauter-Servaes hat einen einfachen und auch lustigen Vergleich gefunden:

Wie bei einem Rührgerät in der Küche, mit dem man einen Kuchenteig herstellt, wird beim Elektroauto aus elektrischer Energie eine Drehbewegung erzeugt, nur viel stärker. Diese Energie wird dann auf die Räder übertragen. Anders als das Rührgerät in der Küche hat das Auto aber kein Kabel, mit dem es während des Betriebs an eine Steckdose angeschlossen wird. Das wäre sehr unpraktisch, müsste das Kabel doch sehr, sehr lang sein. Stelle dir vor, was passieren würde, wenn die vielen Autos durcheinanderfahren würden! Daher kommt der Strom für den Automotor aus Batterien. Genauso wie bei einer Taschenlampe, nur wiederum sehr viel grösser.

Woran forschen wir? Autofahrerinnen und Autofahrer wollen schnell ans Ziel kommen. Fahrerinnen und Fahrer von E-Fahrzeugen hingegen haben das Ziel, mit einer Batterieladung möglichst weit zu fahren. Deshalb arbeiten Ingenieurinnen und Ingenieure an Akkus, die möglichst viel Energie in kurzer Zeit speichern können. An Schnellladestationen kann man heute schon in zehn Minuten so viel laden, dass es für über 200 Kilometer reicht. Weil Akkus empfindlich auf Hitze und Kälte reagieren, werden sie für Winter und Sommer mit Heiz- und Kühleinrichtungen ausgestattet.

Ganz wichtig ist, dass möglichst viel elektrische Energie vorhanden ist, die umweltfreundlich erzeugt wird. Denn wenn von Kraftwerken, in denen der Strom für die Elektroautos erzeugt wird, umweltschädliche Gase ausgestossen werden, ist nicht viel gewonnen. Deshalb müssen auch neue Wasser-, Wind- und Sonnenkraftwerke entwickelt und gebaut werden – auch daran forschen wir. [Mehr zum Thema Sonnenenergie findest du auf den Seiten 99 – 105.](#)

Interessantes und Lustiges

Wusstest du, dass der allererste Porsche eine «Elektrokutsche» war? Der «P1» wurde 1898 gebaut, also vor mehr als 120 Jahren. Ferdinand Porsche baute dafür einen Elektromotor, eine Lenkung und eine Bremse auf eine Pferdekutsche. Sie hatte eine Leistung von 3 PS und konnte bis zu 80 Kilometer weit fahren. Das Elektroauto ist also gar nicht so neu. Heute kann man sich den «P1» im Porschemuseum in Stuttgart anschauen.

Was ist Carsharing?

Heute besitzen fast alle Erwachsenen ein Auto. Familien haben sogar oft mehrere, damit alle zur Arbeit fahren können. Schade, dass das Auto dort oft den ganzen Tag herumsteht. Wäre es nicht praktisch, wenn mehrere Menschen ein Auto teilen würden? So etwas gibt es schon, wir nennen das Carsharing. «Car» ist englisch und heisst Auto, «sharing» heisst teilen. Man könnte also auch «Autoteilen» sagen.



Wenn mehr Menschen Carsharing nutzen würden, wären plötzlich ganz viele Flächen in der Stadt frei. Das wäre ganz einfach möglich, denn die meisten Autofahrerinnen und -fahrer nutzen ihr Auto schon heute nur eine Stunde am Tag. 23 Stunden steht das Auto ungenutzt herum – und braucht viel Platz in unseren engen Städten.

Wozu ist das gut? Viele Menschen in der Schweiz fahren gerne mit Bus, Tram oder Velo. Wenn sie aber einen grossen Einkauf machen oder etwas Schweres transportieren müssen, dann können sie über Carsharing ein Auto nutzen, ohne eines kaufen zu müssen. Im Durchschnitt teilen sich auf diese Art heute neun Leute ein Auto. Was das bringt? Statt neun Parkplätzen brauchen sie nur einen. Und weil Autos aus Metallen, Kunststoffen und Glas gebaut werden, wird auch nur ein Neuntel dieser Materialien verbraucht. Das ist gut für den Geldbeutel der Menschen und für die Umwelt!

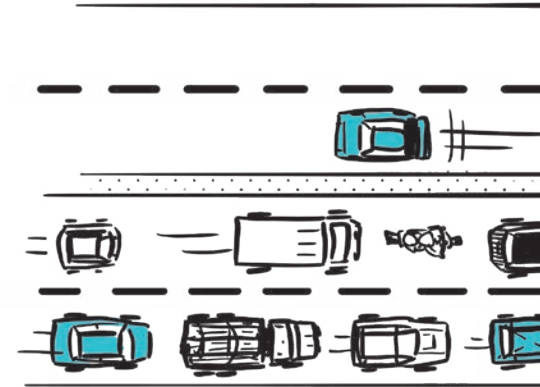
Wie wird das gemacht? Zuerst muss eine Firma Autos kaufen und sie zum Teilen anbieten, wie in einer Art Klub. Diesem Klub müssen dann Menschen beitreten, das sind die «Autoteiler». Und jedes Mal, wenn die Klubmitglieder mit einem Auto fahren, bezahlen sie etwas: je weiter sie fahren, desto mehr.

Die Sharing-Autos stehen auf Parkplätzen in der ganzen Stadt, damit sie für möglichst viele schnell zu erreichen sind. Wenn ein Mitglied eines braucht, schaut sie oder er in einer App, wo das nächste Auto steht, und reserviert es. Dazu muss im Auto ein GPS-Sender eingebaut sein, über den dessen Standort bestimmt werden kann. Nach dem Gebrauch stellt man das Auto einfach wieder auf einem Carsharing-Parkplatz ab. In der App wird dann angezeigt, wo es steht und dass es frei ist. Schon können die Nächsten das Auto nutzen.

Das Tanken oder Laden erledigen Mitarbeitende des Klubs, oder im Auto liegt eine Tankkarte, mit der man kostenlos tanken kann – man bezahlt ja für die Strecke, die man fährt. Der Klub muss das Auto ausserdem in regelmässigen Abständen prüfen, reparieren und vor dem ersten Schnee Winterreifen montieren lassen.

Woran forschen wir? Wer kein eigenes Auto besitzt und stattdessen mit Carsharing-Fahrzeugen fährt, nutzt häufiger auch andere Verkehrsmittel. Je einfacher es ist, bei Bedarf Velos zu leihen und ÖV-Fahrscheine zu kaufen, desto attraktiver ist es auch, das Auto zu teilen. Daher wird verstärkt an Apps gearbeitet, die ein komplettes Mobilitätsangebot aus einer Hand anbieten.

Die wichtigsten Änderungen müssen beim Carsharing aber von den Menschen geleistet werden. Wir müssten alle

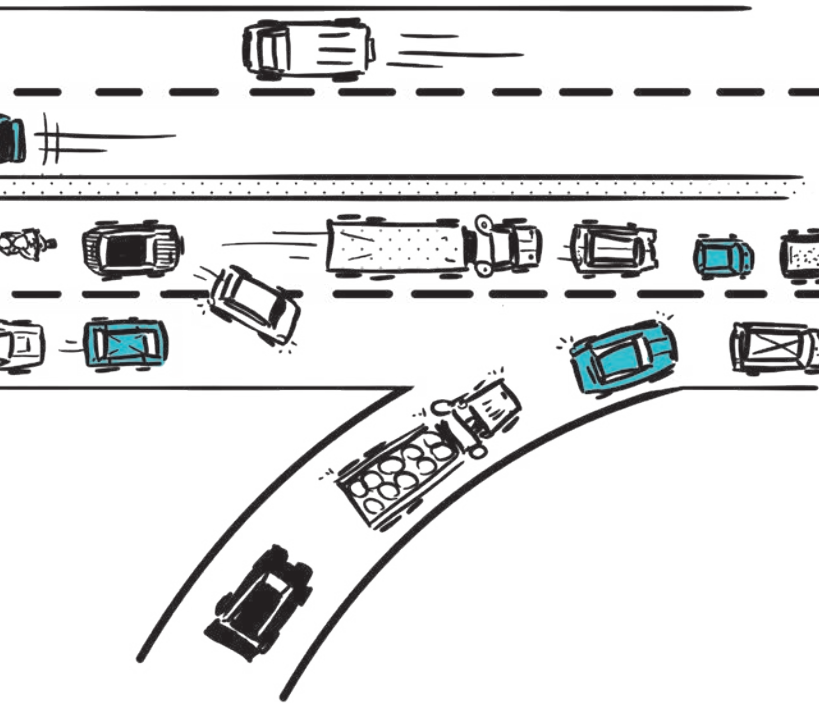


einsehen, dass es billiger ist und die Umwelt schützt, wenn nicht alle ihr eigenes Auto haben. Und noch besser: dass es noch gesünder und billiger wäre, wenn wir mehr mit dem Velo fahren oder zu Fuss gehen würden. Wie siehst du das?

Warum gibt es eigentlich so viele Staus auf unseren Strassen?

Hast du dich auch schon einmal gefragt, weshalb du auf dem Weg in die Ferien oder durch Städte so häufig im Stau stehst? Unser Experte Albert Steiner erklärt uns, weshalb das so ist. Es gibt verschiedene Faktoren, die dazu führen, dass im Strassenverkehr Staus auftreten können. Wir wollen uns nun ein paar wichtige Gründe für Staus etwas genauer ansehen. Viel Verkehr ist allen Beispielen gemeinsam.

Wenn es auf der Strasse nicht mehr genügend Platz für alle hat. Staus treten häufig auf, wenn an einem Ort auf der Strasse mehr Fahrzeuge durchfahren wollen, als tatsächlich Platz haben. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn durch eine Baustelle nicht mehr alle Fahrspuren benutzt werden können.



Es kommt öfters vor, dass wegen eines grossen Zuflusses von einer Autobahnauffahrt auf eine stark befahrene Hauptfahrbahn die Fahrzeuge auf der Hauptfahrbahn abbremsen müssen. Dies kann zu einer Kettenreaktion führen, da dann die nachfolgenden Fahrzeuge auch abbremsen müssen und es rasch zu einem langen Stau kommen kann.

Dies lässt sich im Sommer sehr regelmässig auf den Autobahnen beobachten, da in dieser Jahreszeit viel saniert oder neu gebaut wird. Selbstverständlich sind auch die immer noch viel zu häufig auftretenden Unfälle dafür verantwortlich, dass nicht mehr alle oder gar keine Fahrspuren mehr frei sind.

Es kommt aber auch öfters vor, dass wegen eines grossen Zuflusses von einer Autobahnauffahrt auf eine stark befahrene Hauptfahrbahn die Fahrzeuge auf der Hauptfahrbahn abbremsen müssen. Dies kann zu einer Kettenreaktion führen, da dann die nachfolgenden Fahrzeuge auch abbremsen müssen und es rasch zu einem langen Stau kommen kann. Der Stau löst sich erst wieder auf, wenn vorne wieder mehr Fahrzeuge wegfahren können, als hinten neu dazukommen – was teilweise ganz schön lange dauern kann. Es wäre also schön, wenn weniger Autos unterwegs wären: Damit gäbe es weniger Staus, die Luft wäre sauberer, wir würden so einiges fürs Klima tun, und für die, die unterwegs sind, wäre es sicherer.

Mobilitäts-Kreuzworträtsel

Lösungshinweise

Horizontal

- 2) Fahrzeug mit Motor
- 4) Das löst du hier :)
- 6) Menschen im Strassenverkehr

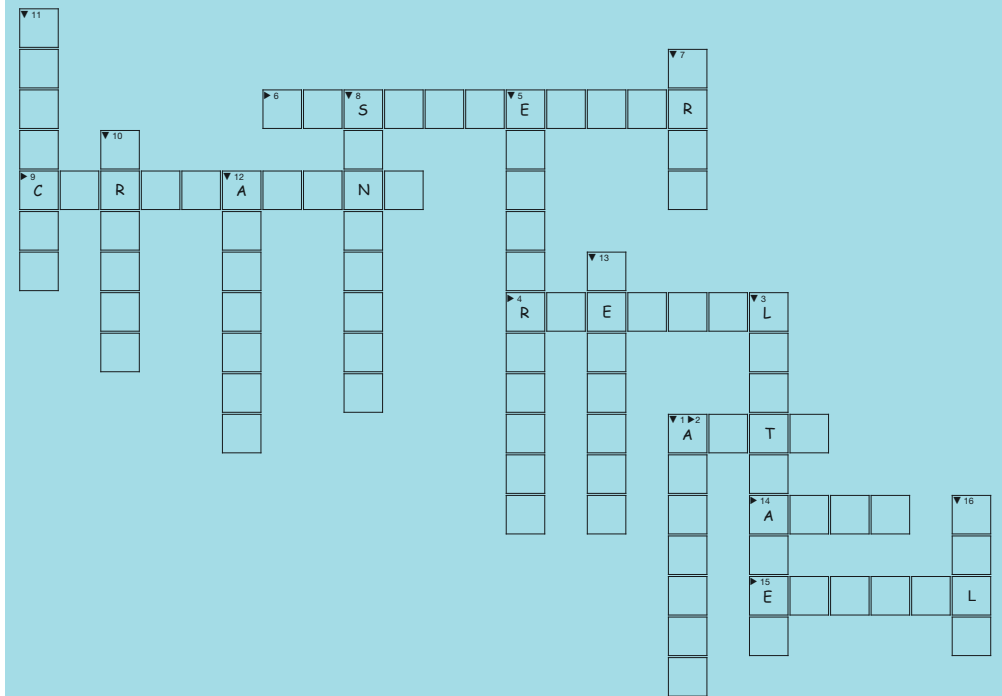
- 9) Wenn sich mehrere Leute ein Auto teilen (engl.)
- 14) «Tank» eines Elektroautos
- 15) Woraus werden Benzin und Diesel hergestellt?

Vertikal

- 1) Fremdwort für «selbständig»
- 3) Fahrzeug zum Transportieren von Waren
- 5) Das Auto der Zukunft

- 7) Fahrzeug auf Schienen
- 8) Technische Augen
- 10) Ohne sie kann man nicht anhalten
- 11) Erfinder des ersten Elektroautos

- 12) Technische Hände und Füsse
- 13) Braucht man für Kurven
- 16) Fahrzeug mit Muskelantrieb



Lösungen
 1) AUTONOM, 2) AUTO, 3) LASTWAGEN, 4) RÄTSEL, 5) ELEKTROAUTO, 6) FUSSGÄNGER, 7) TRAM, 8) SENSOR, 9) CARSHARING, 10) BREMSE, 11) PORSCHE, 12) AKTOREN, 13) LENKRAD, 14) AKKU, 15) ERDÖL, 16) VELO

Wenn die Verkehrsteilnehmenden keine Geduld haben. Ein Stau kann sich aber auch bilden, wenn es einigermaßen viel Verkehr hat, Autofahrerinnen und Autofahrer aber zusätzlich sehr ungeduldig sind und häufig überholen. Wegen des dichten Verkehrs haben die überholenden Fahrzeuge meist nicht viel Platz, um sich auf der benachbarten Spur wieder einzufädeln. Damit dies trotzdem funktioniert, müssen nachfolgende Fahrzeuge oft abrupt abbremsen. Je nachdem, wie viel Verkehr es gerade hat, dauert es dann mehr oder weniger lange, bis sich die Situation wieder normalisiert. Man sagt zu diesem Phänomen auf der Autobahn auch «Stau aus dem Nichts», weil der Stau ohne ersichtlichen Grund begonnen hat und (meist) nach kurzer Zeit wieder vorbei ist.

Ein weiterer wichtiger Faktor, der das Verhalten von Verkehrsteilnehmenden beeinflusst, ist ihre individuelle Reaktionszeit. Dies ist vor allem dann relevant, wenn sich die Reaktionszeit, beispielsweise aufgrund von Alkoholkonsum, stark verlängert. Dann werden Brems- oder Überholmanöver nicht mehr genügend rasch beziehungsweise präzise ausgeführt, und es kann viel schneller zu Unfällen kommen.

Woran forschen wir? Der Verkehr der Zukunft muss deutlich nachhaltiger werden, da er einen sehr grossen Einfluss auf den Klimawandel hat. Dazu wollen wir mit unserer Forschung zu verschiedenen Themen im Bereich des privaten und öffentlichen Personen- und Güterverkehrs konkrete Beiträge leisten. Hier eine kleine Auswahl von Beispielen: Mit neuen Angebots- und Betriebskonzepten möchten wir dazu beitragen, dass der öffentliche Verkehr stabiler und attraktiver gegenüber dem Strassenverkehr wird. Stabiler heisst hier unter anderem, dass Störungen weniger Einfluss auf die Pünktlichkeit (und damit auf die Attraktivität) haben und Züge und Busse nach Störungen schnell wieder im Normalbetrieb

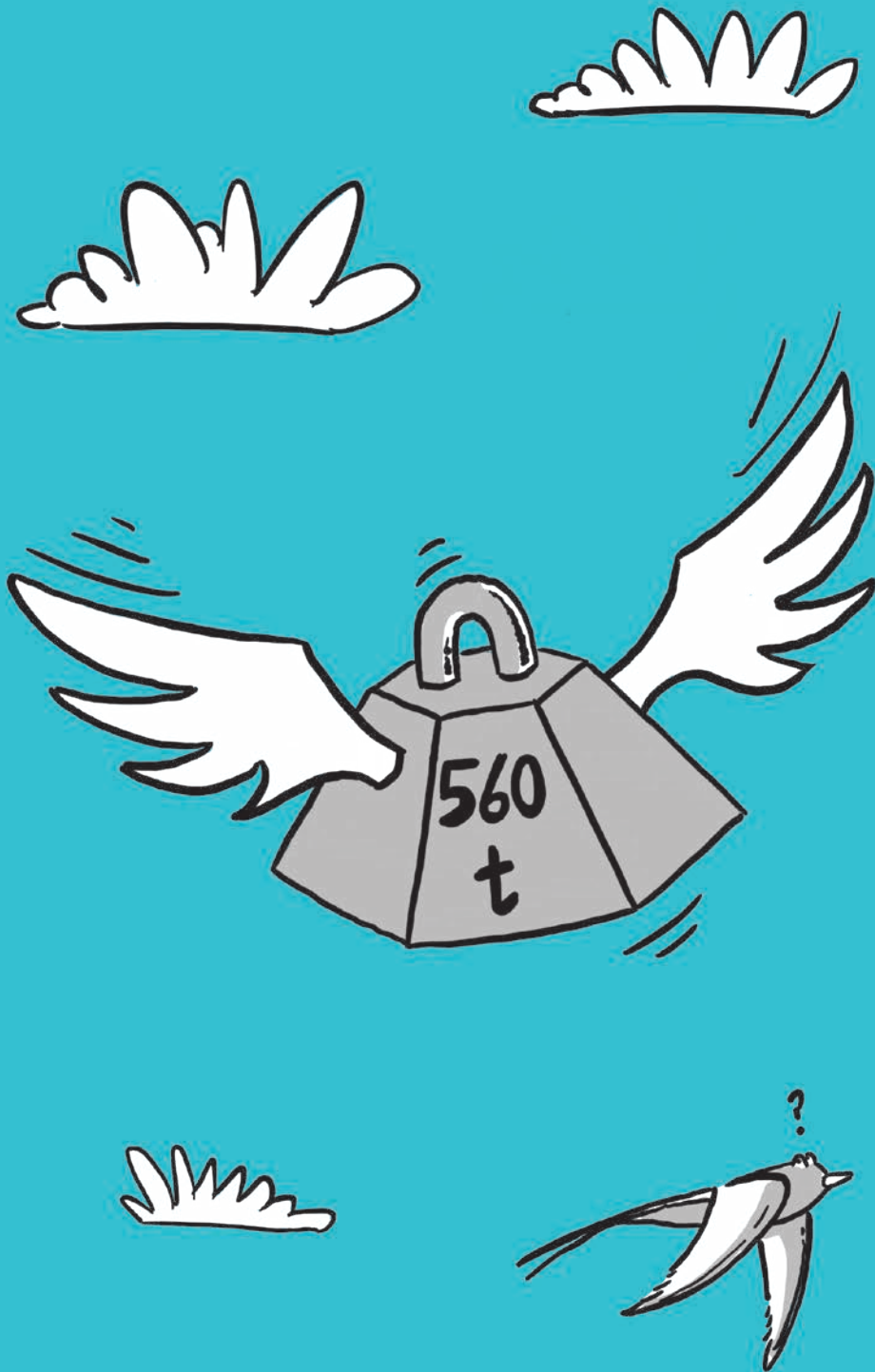


Prof. Dr. Thomas Sauter-Servaes ist Mobilitätsforscher und Leiter des Studiengangs Verkehrssysteme an der ZHAW School of Engineering.



Albert Steiner ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Projektleiter und Koordinator der ZHAW-Plattform «Digital Mobility» an der ZHAW School of Engineering.

sind. Wir arbeiten aber auch darin, die Güterlogistik in Städten so zu verändern, dass weniger laute und stinkende Transportfahrzeuge unterwegs sein müssen, um die stark steigende Zahl von Online-Bestellungen zu liefern. Weiter soll die Entwicklung und Umsetzung von neuen Methoden zur Verkehrssteuerung helfen, dass die Anzahl von Staus und Unfällen in Städten reduziert wird. Gerade in stark frequentierten Stadtgebieten mit vielen Kreuzungen bieten diese Methoden ein sehr grosses Potenzial.



Warum können Flugzeuge fliegen?

Bist du schon einmal in die Ferien geflogen? Oder hast du schon einmal beobachtet, wie Flugzeuge starten oder landen? Dann hast du sicherlich auch gesehen, wie viele Menschen, Koffer und Kisten in einem Flugzeug verstaut werden können. Wenn du einmal die Gelegenheit hast, einen Flughafen zu besichtigen, wirst du viele unterschiedliche Flugzeuge sehen. Sie unterscheiden sich vorwiegend durch die Grösse – und können Städte in Europa oder sogar auf anderen Kontinenten anfliegen.

Wozu ist das gut? Wir brauchen Flugzeuge nicht nur, um als Touristen oder Geschäftsleute schneller von hier in die ganze Welt zu kommen. Sie werden auch benötigt, um Lebensmittel, Medikamente, Post, Pakete oder auch Tiere zu transportieren. Wie du sicher weisst, sind Flugzeuge für Rettungskräfte oder Löschflugzeuge zum Löschen von Waldbränden notwendig. Das Militär braucht sie in Kriegsgebieten. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nutzen Flugzeuge, um während des Flugs Experimente durchzuführen. Und manchmal wird zum Sport geflogen oder einfach nur, weil es Spass macht. Der Airbus A380 ist das derzeit grösste Passagierflugzeug, voll beladen wiegt er 560 Tonnen. Das ist so viel wie 112 ausgewachsene Elefanten. Ist es nicht erstaunlich, wie so ein schweres Flugzeug abheben und fliegen kann?

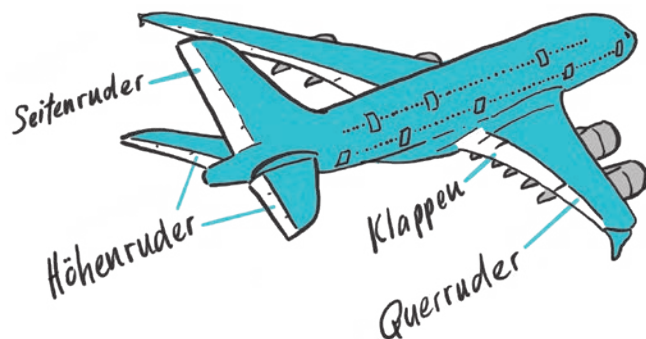
Wie wird das gemacht? Weil beim Flugzeug die Flügel nicht wie bei einem Vogel bewegt werden, braucht es Motoren – die sogenannten Triebwerke. Der Airbus A380 hat vier Triebwerke. Damit er abheben kann, müssen sie gestartet werden. Im Triebwerk ist eine Art Propeller, über den die Luft in das Triebwerk eingesaugt und zusammengedrückt wird. Jetzt wird Flugbenzin (Kerosin) im Inneren des Triebwerks eingespritzt und verbrannt. Das Luft-Kerosin-Gemisch dehnt sich

aus und kommt am hinteren Ende des Triebwerks mit hoher Geschwindigkeit wieder heraus. Dadurch wird das Flugzeug nach vorne bewegt. Man nennt das die Schubkraft, die durch die Motoren erzeugt wird.

Das kannst du mit einem Luftballon ausprobieren. Du bläst die Luft hinein, sie wird dabei zusammengedrückt. Wenn du den Luftballon loslässt, strömt Luft mit viel Druck heraus, und er fliegt kurz durch die Luft. Das ist das Prinzip, welches das Flugzeug nach vorne stösst.

Schauen wir uns an, was passiert, wenn ein Flugzeug startet. Die Pilotin (oder der Pilot) lässt das Flugzeug auf die Startbahn rollen. Sie stellt die Klappen am hinteren Flügelteil nach unten und vergrössert so die Flügelfläche. Hat sie die Startgenehmigung vom Tower (das ist der Kontrollturm auf dem Flughafen) erhalten, beschleunigt sie das Flugzeug. Wenn es ungefähr 300 Stundenkilometer schnell ist, stellt die Pilotin die Startklappen und das Höhenruder so, dass die Flugzeugnase nach oben geht – der «Blechvogel» hebt ab. Wenn das Flugzeug in der Luft ist, hebt oder senkt die Pilotin die Flugzeugnase mit dem Höhenruder. Der Experte Michel Guillaume erklärt die Funktionsweise der Höhen- und Seitenruder folgendermassen:

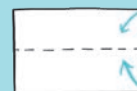
Das Höhenruder ist eine Klappe, die hinten am Heck des Flugzeuges angebracht ist. Es sieht fast gleich aus wie die Klappen beim Flügel – nur ist es viel kleiner und befindet sich am Ende des Flugzeugs am Seitenleitwerk. Das Seitenleitwerk ist dazu da, das Flugzeug nach links und rechts zu «leiten». Es steht senkrecht ganz am Ende des Flugzeugs. Du erkennst es daran, dass dort das Logo der Fluggesellschaft angebracht ist. Die Swiss hat dort zum Beispiel ein Schweizerkreuz.



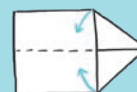
Du kannst dir hierzu einen Papierflieger bauen und ausprobieren, wie die Nase nach oben und nach unten kippen kann. Wenn das Flugzeug in der Luft ist, werden die Startklappen waagrecht gestellt, man nennt dies «Einfahren der Klappen». Die Flügel heissen auch Tragflächen, weil sie das Flugzeug in der Luft tragen.

Selber forschen!

Wie das Höhenruder auf das Flugzeug einwirkt, kannst du leicht selbst ausprobieren. Falte ein Papierflugzeug. Knicke dann am Ende der Flügel kleine Klappen und beobachte, wie sich das Flugverhalten ändert.



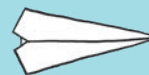
Falte ein DIN-A4-Blatt der Länge nach zur Mitte und öffne es wieder. Falte die beiden Seitenflügel zur Mitte.



Falte erneut beide Seitenflügel zur Mitte.



Falte nun ein drittes Mal beide Seitenflügel zur Mitte. Knicke beide Seitenflügel entlang der Mittellinie nach unten weg.



Drücke nun noch die Tragflächen gerade. Nun kann dein Papierflieger starten.

Kannst du die Sätze ergänzen?

- 1) Wenn die Ruder nach unten zeigen, fliegt der Flieger _____ ,
- 2) wenn sie nach oben zeigen, _____ .
- 3) Je stärker die Klappen angestellt sind, desto _____ .

Lösungen 1) ... abwärts, 2) ... fliegt der Flieger aufwärts, 3) ... mehr Auftrieb hat das Flugzeug



Das Design des Flügels erfordert fähige Ingenieurinnen und Ingenieure und ist eine schwierige Aufgabe. Die Firmen Airbus und Boeing haben da schon über 100 Jahre Erfahrung. Zur Form der Flügel erklärt Michel Guillaume:

Die Aufgabe der Flügel ist es, das Flugzeug oben in der Luft zu halten. Das funktioniert nur, wenn an ihnen ein Auftrieb entsteht, der (beim Geradeausflug) dem Gewicht des Flugzeugs entspricht, beim A380 also 560 Tonnen. Das wird erreicht, indem der Flügel ein gewölbtes Profil hat, wenn man ihn von der Seite her betrachtet. Heute haben einige Flugzeuge an den Enden der Flügel nach oben geknickten Verlängerungen, das sind die Winglets. Sie leisten einen kleinen Beitrag zur Verringerung des Luftwiderstandes und ermöglichen so, weniger Treibstoff zu verbrauchen.

Zum Kurvenfliegen nutzt der Pilot (oder die Pilotin) die Querruder. Das sind Klappen hinten am äusseren Flügelse. Wenn er sie asymmetrisch auslenkt, also eine nach oben und die andere nach unten, neigt sich das Flugzeug auf die Seite und fliegt eine Kurve.

Falls eine Böe das Flugzeug seitlich erfasst, kann durch das Auslenken des Seitenruders nach rechts oder links das Flugzeug die Flugrichtung halten und auf Kurs bleiben. Probieren es doch bei deinem Papierflieger gleich aus. Wo sich die Ruder befinden, kannst du aus der Skizze auf Seite 20 entnehmen.

Beim Landen muss ein Flugzeug sehr langsam fliegen können, und trotzdem muss sein Gewicht in der Luft gehalten werden. Dazu muss der Auftrieb am Flügel erhöht werden.



Prof. Dr. Michel Guillaume ist Zentrumsleiter des Zentrums für Aviatik an der ZHAW School of Engineering.

Wie das gemacht wird? Bei der Landung werden die Klappen am Flügel wieder nach unten gestellt, wie beim Start. Durch die jetzt grössere Wölbung des Flügelprofils werden der Auftrieb und der Luftwiderstand erhöht, und man kann langsamer fliegen. Diese Klappen heissen darum auch Landeklappen.

Wenn das Flugzeug auf der Landebahn aufgesetzt hat, muss es schnell und stark bremsen. Dazu werden auf dem Flügel Bremsklappen aufgestellt und die Luft der Motoren nach vorne gelenkt. Dieses Umlenken der Luft wird als Schubumkehr bezeichnet, weil dadurch der Schub der Triebwerke nach vorne geht und nicht mehr nach hinten.

Woran forschen wir? Sicherlich hast du schon davon gehört, dass Menschen, die direkt an einem Flughafen wohnen, über den Fluglärm klagen. Zudem sind die Abgase der Flugzeuge für unsere Umwelt schädlich. Und besonders beim Starten braucht das Flugzeug viel Treibstoff, damit es abheben kann. An der Verbesserung dieser Probleme wird viel geforscht:

Beim Starten sind die Triebwerke besonders laut, beim Landen verursachen die ausgefahrenen Klappen und die ausgefahrenen Fahrwerke wegen des Luftwiderstands viel mehr Lärm als die Triebwerke. Um das zu verringern, werden an den Triebwerken, der Flugzeugoberfläche sowie an den Flügeln und Fahrwerken (Rädern) Änderungen vorgenommen. Das hilft nicht nur, den Lärm zu verringern, sondern senkt auch den Treibstoffverbrauch. Pro Passagierin und pro Passagier verbraucht heute ein A380 auf 100 Kilometer weniger Treibstoff als ein Auto! Und je weniger Treibstoff verbrannt wird, desto weniger Abgase werden in die Umwelt abgegeben.

Was bewegt sich beim Strom?

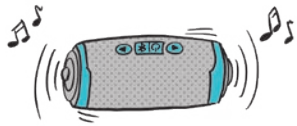
Man kann ihn weder sehen noch hören, riechen oder schmecken, aber fühlen: den elektrischen Strom. Roland Büchi beantwortet uns, wie Strom funktioniert, und erklärt ausserdem, was unter künstlicher Intelligenz zu verstehen ist.

Warum funktionieren manche Dinge mit Strom?

In unserem Alltag gibt es sehr viele Dinge, die mit Strom funktionieren. Beispiele sind der Spielzeugkran, der Staubsauger, das Radio oder das Licht. Manche anderen Dinge funktionieren wiederum ohne Strom, beispielsweise der Bobbycar, die Chügelibahn, das Würfelspiel oder auch das Spielzeugauto. So mag man sich gerne fragen, weshalb die einen Dinge Strom zum Funktionieren benötigen und weshalb die anderen nicht.

Wozu ist das gut? Der Schlüssel zur Beantwortung dieser Frage heisst Energie. Immer wenn etwas nicht stillstehen, sondern bewegt werden soll, wird Energie benötigt. Diejenigen Dinge, die sich ohne Strom bewegen können, muss der Mensch selbst bewegen.

Das Kind stösst seinen Bobbycar selbst den Weg hinauf, um anschliessend mit ihm wieder herunterzubaufen. Bei der Chügelibahn hebt man selbst die Kugel vom Boden auf und legt sie oben in die Bahn. Den Würfel hebt die Spielerin oder der Spieler selbst auf und lässt ihn auf den Tisch fallen, und den Federmotor eines Spielzeugautos zieht man selbst auf, sodass es danach für einige Zeit fahren kann. Bei allen Beispielen bringt der Mensch die Energie für die Bewegung eben selbst auf.



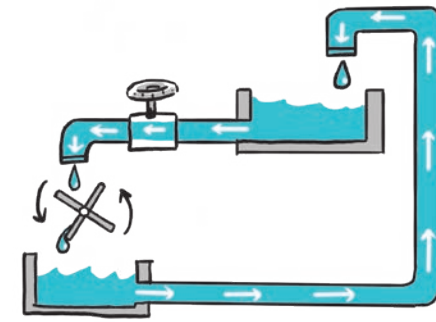
Das Radio funktioniert ebenfalls mit Strom, der entweder von einer Batterie oder aus der Steckdose kommt. Auch hier gibt es eine Bewegung: Der Lautsprecher muss nämlich vibrieren, damit Töne erzeugt werden.

Wie funktioniert das? Sollen sich Dinge bewegen, ohne dass der Mensch selbst für die Bewegung sorgt, übernimmt der Strom die Energiezufuhr. Beim Spielzeugkran beispielsweise versorgt die Batterie den Motor mit Strom, sodass dieser Lasten anheben kann. Beim Staubsauger wird der Motor über das Kabel mit Strom versorgt. Dieser treibt dann einen Ventilator an, der den Staub einsaugt. Das Radio funktioniert ebenfalls mit Strom, der entweder von einer Batterie oder aus der Steckdose kommt. Auch hier gibt es eine Bewegung: Der Lautsprecher muss nämlich vibrieren, damit Töne erzeugt werden. Noch etwas spezieller ist es bei Licht. Auch hier benötigt die Glühbirne Strom, um zu leuchten, und auch hier bringt der Strom etwas in Bewegung. Es sind kleinste Teilchen, die für das Auge nicht sichtbar sind und deren Schwingungen für die Beleuchtung sorgen.

Wie funktioniert die Stromleitung?

Die Stromleitung können wir am einfachsten mit einer Wasserleitung vergleichen. Als Gedankenexperiment möchten wir ein Wasserrädchen in Bewegung setzen.

Wie wird das gemacht? Dazu wird Wasser benötigt, das von einem Reservoir stammt. Es fließt durch die Wasserleitung, aus dem Wasserhahn und schliesslich auf das Wasserrädchen. Dieses wollen wir mit einer Stromleitung vergleichen, über welche ein Elektromotor angetrieben wird. Eine Stromleitung alleine genügt jedoch nicht, denn um einen Elektromotor anzutreiben, werden zwei Leitungen benötigt, von denen jede in einen eigenen Steckerpol mündet. Ein Stecker hat ja mindestens zwei Steckerpole. So entsteht eben ein Stromkreis mit den zwei Leitungen, denn der Strom



Strom fließt wie Wasser in der Leitung. Der Wasserhahn funktioniert wie der Stromschalter. Das Wasserrädchen wird in Bewegung gesetzt wie ein Elektromotor.

fließt dabei in der einen Leitung zum Elektromotor hin und in der anderen wieder von ihm weg.

Wie funktioniert das? Wenden wir uns wieder dem Gedankenexperiment der Wasserleitung und dem Wasserrädchen zu: Wenn wir annehmen, dass das Wasser nach dem Durchlauf durch das Wasserrädchen in einem Becken gesammelt wird und von dort über eine zweite Leitung wieder ins Reservoir zurückgepumpt wird, so stimmt der Vergleich wieder. Es gibt zwei Wasserleitungen: eine, um das Wasser zum Wasserrädchen hin-, und eine, um es wieder von diesem weg ins Reservoir zu führen. Der Wasserhahn sorgt dafür, dass das Wasser überhaupt fließen kann, und genau gleich sorgt der Stromschalter dafür, dass der Strom fließen kann. Die Wasserpumpe sorgt dafür, dass das Wasser wieder zum Reservoir, also am Ende im Kreis herum fließt. Mit der Wasserpumpe ist das Strom- oder elektrische Kraftwerk vergleichbar. Es sorgt dafür, dass der Strom fließen kann.

Ist denn jetzt der Strom mit dem Beispiel mit Wasser vergleichbar? Nicht ganz, eigentlich sind in Stromleitungen nicht sichtbare bewegliche Teilchen mit dem Wasser vergleichbar, nämlich sogenannte Elektronen. Wie das Wasser in der Wasserleitung, so sind auch diese in jeder Stromleitung immer vorhanden.

Wozu ist das gut? Das Wasserrad beziehungsweise der Elektromotor dreht sich erst dann, wenn sich das Wasser durch das Aufdrehen des Wasserhahns bewegt beziehungsweise wenn sich die Elektronen durch das Einschalten des Schalters bewegen. Analog zum Wasserfluss entsteht so der Elektronenfluss oder umgangssprachlich eben der Stromfluss.



Wie leitet die Klingel das Signal von unten nach oben?

Die Klingel ist oftmals über dem Klingelknopf montiert, und so fragt man sich, wie das denn funktionieren soll, dass der Strom sozusagen aufwärts fließt. Wenn du vorhin gelesen hast, wie die Stromleitung funktioniert, erkennst du, dass auch hier der Strom genau gleich im Kreis fließt.

Wie wird das gemacht? Physikalisch funktioniert das wieder mit den Elektronen, die zwar wie das Wasser schon in der Leitung vorhanden sind, aber erst durch das in der Ferne liegende Kraftwerk in der Leitung bewegt werden. Das Kraftwerk kann wieder mit der Pumpe verglichen werden, die das Wasser im Kreis herum pumpt. Der Klingelknopf ist der Schalter, der wieder vergleichbar ist mit dem Wasserhahn. Der Schalter sorgt dafür, dass der Stromkreis geschlossen wird, sodass der Strom fließen kann. Der ganze Stromkreis besteht also aus den folgenden Elementen: aus dem Kraftwerk, der Stromleitung zum Haus, dem Klingelknopf als Schalter, der Stromleitung zur Klingel hin, der Stromleitung von der Klingel weg sowie der Stromleitung, die wieder zum Kraftwerk hinführt. Bei einer batteriebetriebenen Klingel ersetzt die Batterie das Kraftwerk. Ob sich jetzt die Klingel über, neben oder auch unter dem Klingelknopf befindet, hat gar keinen Einfluss auf das Funktionieren, da der Strom ja eben im Kreis herum fließt.

Wie funktioniert das? Bei der modernen Klingel sorgt der Strom dafür, dass der Lautsprecher in eine Vibration versetzt wird. Genau genommen ist es eine sogenannte runde Membrane, die vibriert. Diese versetzt die Luft selbst auch in eine Vibration. Diese Vibration breitet sich in der Luft aus, und

Richtig denken kann ein Roboter nicht. Er kann nur das ausführen, was ihm vorher von einer Informatikerin oder einem Informatiker einprogrammiert wurde.

unser Ohr kann sie hören. Diese Ausbreitung der Vibration in der Luft nennt man in der Fachsprache «Schallwelle». Bei den modernen Klingeln können auch ganz verschiedene Melodien eingestellt werden. Ein ganz kleiner Computer, der in der Klingel eingebaut ist, sorgt dann dafür, dass die Membrane in die für die Tonfolge nötigen Vibrationen versetzt wird.

Können Roboter denken?

Diese Frage wollen wir anhand des heute weitverbreiteten Rasenmäロボters beantworten. Richtig denken kann ein solcher Roboter nicht. Er kann nur das ausführen, was ihm vorher von einer Informatikerin oder einem Informatiker einprogrammiert wurde. (Mehr dazu erfährst du [übrigens auch im Kapitel «Wie schlau ist ein Computer» ab Seite 59.](#))

Wie wird das gemacht? Wurde der Roboter beispielsweise so programmiert, dass er zu einer bestimmten Zeit mit dem Mähen anfangen soll, so wird die einprogrammierte Uhrzeit immer wieder mit der Zeit einer eingebauten Uhr verglichen. Sobald die einprogrammierte Zeit mit der Uhrzeit übereinstimmt, starten der Fahr-Motor zum Vorwärtsfahren und der Mäh-Motor, der die Messer dreht. Die eingebaute Uhr läuft weiter und wird immer wieder mit der einprogrammierten Zeit für die Abschaltung verglichen. Solange diese Zeit noch nicht erreicht ist, fährt und mäht er weiter. Sobald der Rasenmäroboter auf ein Hindernis stößt, löst dieses einen Schalter aus. Dann führt der Roboter einen zuvor einprogrammierten Ablauf aus. Er fährt dann beispielsweise für drei Sekunden rückwärts, dreht sich für drei Sekunden um die eigene Achse und führt dann die Vorwärtsfahrt wieder fort. Stößt er danach immer noch auf das Hindernis, führt er dieses Prozedere

noch einmal aus, und zwar so lange, bis er eine Richtung eingeschlagen hat, in der das Hindernis nicht mehr auf seinem Weg liegt. Bei der Rasengrenze wird oftmals ein Kabel in den Boden gelegt.

Wie funktioniert das? Mit einem speziellen Sensor kann der Rasenmähroboter dieses Kabel erkennen. So wird er dann wieder in das oben beschriebene Prozedere wechseln, und zwar so lange, bis er wieder vom Kabel und damit von der Rasengrenze wegfährt. Wir Menschen denken anders, wir können uns viel kompliziertere Dinge ausdenken. Auch wenn es von aussen den Anschein hat, dass der Rasenmähroboter tatsächlich denkt oder überlegt, welchen Weg er jetzt einschlagen soll, so merkt man bei genauerem Hinsehen, dass er nur ganz wenigen vorher einprogrammierten Mustern folgen kann. So klärt sich auch die Frage, ob denn ein Roboter je so gut denken kann, dass er den Menschen überlegen ist. Auch wenn es heute schon kompliziertere und mit viel mehr einprogrammierten Prozedere ausgestattete Roboter gibt, so können sie doch nie intelligenter werden als die Informatikerin oder der Informatiker, die oder der sie vorher programmiert hat. Dazu gibt es auch einen Fachausdruck, nämlich die sogenannte künstliche Intelligenz. Wenn dich die künstliche Intelligenz noch mehr interessiert, blättere mal auf Seite 71 – da erklärt uns Anna Drewiek, wie sie genau funktioniert.



Beim Einkaufen liest ein Laser den Strichcode auf den Produkten und erfasst so den richtigen Preis. Dadurch können viele Daten gleichzeitig erfasst und weitergegeben werden, zum Beispiel um welches Produkt es sich handelt, was es kostet und wo es hergestellt wurde.

Wie funktioniert ein Laser?

Hast du schon einmal einen Laserpointer gesehen? Per Knopfdruck lässt sich ein farbiger Punkt zum Beispiel auf eine weit entfernte Wand «zaubern». Mit einer Taschenlampe geht das nicht, da kommt nur ein grösseres Lichtfeld an. Unser Dozent Frank Huber erklärt, wie ein Laser funktioniert.

Wozu ist das gut? Laser begegnen uns oft im Alltag. Beim Einkaufen zum Beispiel liest ein Laser den Strichcode auf den Produkten und erfasst so den richtigen Preis. Dadurch können viele Daten gleichzeitig erfasst und weitergegeben werden, zum Beispiel um welches Produkt es sich handelt, was es kostet und wo es hergestellt wurde. Auch im DVD- oder Blu-ray-Player ist es ein Laser, der den Film von der Scheibe liest. Laser können aber auch in der Medizin eingesetzt werden, um Krankheiten zu erkennen. Und in der Industrie schneidet man mit extrastarken Lasern Metalle viel präziser und schneller, als es zum Beispiel über Sägen möglich wäre. Die Funktionen von Lasern sind also sehr vielfältig. Aber wie sieht die Technik dahinter eigentlich aus?

Wie funktioniert das? Das Besondere an Lasern ist, dass sie Licht auf einen kleinen Punkt konzentrieren können. Ein Laserstrahl wird in einem Behälter, zum Beispiel in einer Glasröhre, erzeugt. Darin sind links und rechts Spiegel angebracht. Zwischen den Spiegeln befindet sich ein Gas, das wird in der Lasertechnik «aktives Medium» genannt. Man kann dafür Kohlendioxid (CO₂) verwenden. Das ist ein Stoff, in dem sich immer ein Atom Kohlenstoff mit zwei Atomen Sauerstoff verbindet.



Prof. Dr. Roland Büchi ist Dozent für Regelungstechnik und Leiter der Abteilung Informatik, Elektrotechnik und Mechatronik an der ZHAW School of Engineering.



Frank Huber ist Dozent für Produktentwicklung an der ZHAW School of Engineering.

Nun muss diesem Medium Energie zugeführt werden. Das passiert in der Regel elektrisch, also mit Strom aus der Steckdose. Durch die Energiezufuhr werden die Gasatome «angeregt». Das bedeutet, dass ihre Elektronen bewegt werden. Elektronen sind Teilchen in den Atomen. Bei ihrer Bewegung geben die Elektronen Energie in Form von Photonen ab.

Photonen sind Lichtteilchen, die von den Gasatomen ausgesendet werden. Sie regen weitere Photonen zur Bewegung an. Zwischen den Spiegeln werden diese Photonen sehr oft reflektiert. Das kannst du dir vorstellen wie die Kugel in einem Flipperkasten, die zwischen den Wänden hin und her geschleudert wird. Weil viele Photonen in dem Gas sind, werden immer weitere zur Bewegung angeregt. Dadurch entsteht immer mehr Licht.

Einer der beiden Spiegel ist leicht transparent und kann etwas Licht durchlassen. Ist das Licht hell genug, tritt ein Teil davon durch diesen Spiegel aus, das Laserlicht.

Die gesamte Einheit nennt man den Resonator. Resonanz ist lateinisch und heisst «Mitschwingen» – vielleicht hast du schon einmal den Begriff Resonanzkörper gehört, wo über Musikinstrumente gesprochen wurde. Laserresonatoren bestehen meist nicht nur aus Spiegeln, sondern zusätzlich aus Linsen und anderen optischen Bauteilen. Sie sind so angeordnet, dass der Laserstrahl eng gebündelt wird. Du erinnerst dich? Ein Laserpointer überträgt einen kleinen Lichtpunkt sehr weit, ohne sein Licht zu streuen, es ist eng gebündelt.

Strom-Kreuzworträtsel

Lösungshinweise

Horizontal

- Ein Laserstrahl wird in einem Behälter erzeugt. Links und rechts befinden sich ...
- Gerät, das einen farbigen Punkt an eine Wand zaubert.
- Ein anderer Name für Stromfluss
- Bei der Klingel sorgt der Strom in der Luft für eine ...

Vertikal

- In diesem Kapitel geht es um ...
- Eine Stromleitung funktioniert wie eine ...
- Mit was wird der Rasen an der Rasengrenze begrenzt?
- Strom stammt entweder aus der Steckdose oder aus der ...
- Wer sagt dem Rasenmäroboter, was er machen soll?
- Was kann das Gerät beim Einkaufen «lesen»?

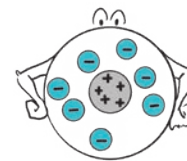
(1) SPiegel, (2) BATTERIE, (3) LASERpointer, (4) WASSERLEITUNG, (5) ELEKtronENfluss, (6) KABEL, (7) STRICHcode, (8) INformatIKer, (9) SCHALLWELLE, (10) STROM

Wie kommt der Strom in die Batterie?

In unzähligen elektrischen Geräten steckt eine Batterie, die diese mit Strom versorgt. Es gibt auch Batterien, die man mehrmals aufladen kann, diese nennt man Akku. Doch wie funktionieren Batterien eigentlich, und wie bekommt man den Strom da hinein? Diese Fragen und noch einige mehr beantwortet uns Martin Winkler in diesem Kapitel.

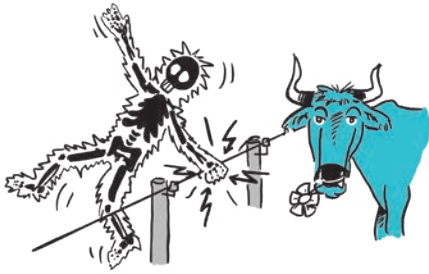
Wozu sind Batterien gut?

Die Antwort ist so klar, dass sie zu lustigen Beispielen führt. Stelle dir vor, dein Smartphone hätte keinen Akku. Dann müsstest du immer eine Leitung hinter dir herziehen. Wenn man sich vorstellt, was auf einer Party dann für ein «Kabelsalat» entstehen würde. Batterien sind also dazu da, Geräte auch ohne Anschluss an eine Steckdose mit Strom zu versorgen. Doch um zu wissen, wie der Strom in die Batterie kommt, müssen wir erstmal wissen, was Strom eigentlich ist und wie er funktioniert (siehe auch Kapitel «Was bewegt sich beim Strom?» ab Seite 25). Martin Winkler erklärt uns, was genau beim elektrischen Strom fließt und was es zum Leiten von Strom braucht.



Ein Atom besteht aus Elektronen (-) sowie einem Atomkern aus Protonen (+) und Neutronen.

Was ist eigentlich Strom? Zwar kommt kein Wasser aus der Steckdose, jedoch hilft uns der Vergleich mit einem Fluss ein bisschen. Alles, was uns umgibt, ist aus ganz kleinen Teilchen aufgebaut: die Luft, die du atmest, das Velo, auf dem du in die Schule fährst, oder auch das Znünibrot, das du isst. Diese winzig kleinen Teilchen nennt man Atome. Auch dein Körper besteht aus ganz vielen Atomen.



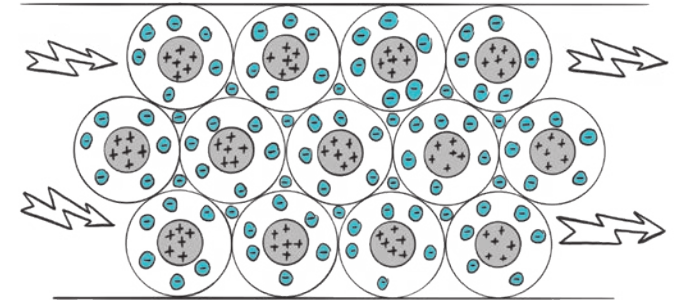
Eine elektrische Ladung kannst du spüren, wenn du einen Weidezaun anfässt oder wenn du mit der Zunge die Enden einer geladenen Blockbatterie berührst.

Und aus was bestehen die Atome? Sie bestehen aus noch kleineren Teilchen: den Elektronen, Protonen und Neutronen. Für die Frage, wie Strom funktioniert, sind die Elektronen besonders wichtig. Sie tragen eine negative elektrische Ladung. Diese elektrische Ladung kannst du spüren, wenn du einen Weidezaun anfässt oder wenn du mit der Zunge die Enden einer geladenen Blockbatterie berührst. Es gibt Stoffe, bei denen sind die Elektronen fest an das zugehörige Atom gebunden, und dann gibt es andere Stoffe, bei denen sind einige Elektronen nicht fest einem Atom zugeordnet. Sie können frei zwischen den Atomen bewegt werden. Genau das ist bei den Metallen der Fall. Man kann also Elektronen in Metallen durch das Metall «hindurchdrücken», genauso wie man Wasser durch eine Wasserleitung drücken kann. Deshalb kann man sagen: Wenn Strom fließt, dann fließen Elektronen. Den Druck, mit dem die Elektronen durch das Metall fließen, nennt man Spannung. Die Menge an Elektronen, die innerhalb einer bestimmten Zeit durch das Metall fließen, nennt man Stromstärke.

Wieso leitet Metall Strom, Holz aber nicht?

Metalle sind eine ganz besondere Art von Stoffen. In ihnen können sich einige der Elektronen frei bewegen. Die einzelnen Atome werden also von den beweglichen Elektronen umschwirrt. Die Atome baden praktisch in einem See aus Elektronen.

Weil aber die Atome dort so eng beieinander sind, dass sie sich berühren und sich nicht gut bewegen können, sind Metalle (außer Quecksilber) trotzdem fest. Schließt man an ein Metall (zum Beispiel einen Draht) eine «Elektronenpumpe» an – man nennt dies eine Strom- oder Spannungsquelle –,

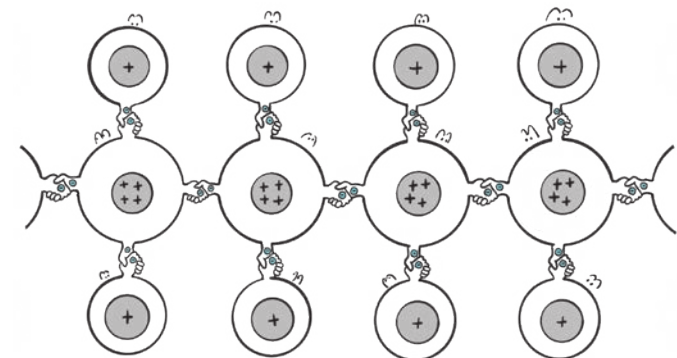


Schließt man an ein Metall (zum Beispiel einen Draht) eine «Elektronenpumpe» an – man nennt dies eine Strom- oder Spannungsquelle –, dann werden die Elektronen durch den Draht gedrückt.

dann werden die Elektronen durch den Draht gedrückt (siehe [Abbildung oben](#)). Müssen die Elektronen auf ihrem Weg durch einen Motor fließen, können sie aufgrund ihres Drucks den Motor in Bewegung setzen. Das ist so ähnlich, wie wenn Wasser ein Wasserrad antreibt ([das war schon Thema auf Seite 27](#)).

Bei Holz oder bei Kunststoffen sieht es ganz anders aus: Hier sind die Elektronen fest an die Atome gebunden und halten die einzelnen Atome zusammen. Immer zwei Elektronen stellen eine Verbindung zwischen den Atomen her. Das kann man sich vorstellen, wie wenn sich zwei Atome die Hand geben. Dies nennt man eine Bindung. Da die Elektronen die Atome zusammenhalten, können sie sich nicht frei durch den Stoff bewegen wie bei den Metallen. Stoffe, bei denen die Elektronen die Atome zusammenhalten, nennt man Moleküle. Kunststoffe sind zum Beispiel Riesenmoleküle. Schließt man

In Molekülen, wie hier im Kunststoff Polyethylen, sind alle Elektronen an die einzelnen Atome gebunden. Das kann man sich vorstellen, wie wenn sich zwei Atome die Hand geben. Dies nennt man eine Bindung. Da die Elektronen die Atome zusammenhalten, können sie sich nicht frei durch den Stoff bewegen wie bei den Metallen.



jetzt eine Elektronenpumpe an ein Stück Holz oder Kunststoff an, so wird der Strom nicht weitergeleitet, weil die Elektronen nicht bewegt werden können.

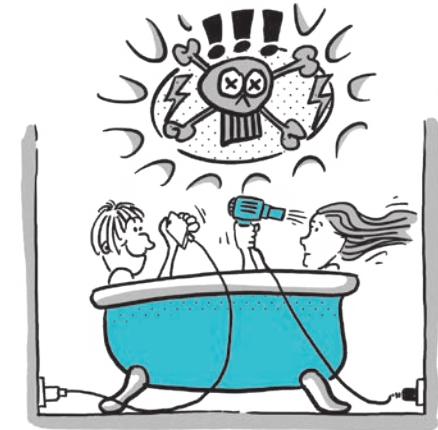
Wieso gibt es einen Stromschlag, wenn Strom mit Wasser in Berührung kommt?

Wir haben gesehen: Moleküle leiten den Strom nicht, denn die Elektronen sind dort nicht beweglich. Wasser besteht aus Wassermolekülen, diese leiten den Strom deshalb nicht. Aber im Wasser aus der Leitung zu Hause sind gelöste Stoffe wie Salz oder Kalk enthalten. Sie können eine positive oder negative Ladung besitzen, man nennt solche Stoffe Ionen. Wenn es in den Atomen innerhalb eines Ions mehr Protonen als Elektronen hat, dann ist das Ion positiv geladen. Wenn die Elektronen in der Überzahl sind, dann ist das Ion negativ geladen.

Hält man nun ein Metall, das an eine Stromquelle angeschlossen ist (zum Beispiel ein elektrisches Gerät wie einen Föhn), ins Wasser, dann werden die positiven Teilchen im Wasser von den vielen Elektronen im stromführenden Metall angezogen. Dort nehmen sie, wenn der Elektronendruck im Metall hoch genug ist, die Elektronen auf. Auf der anderen Seite fliehen die negativ geladenen Ionen von der negativen Stromquelle. Sie entladen sich an einem positiv geladenen Ort. Das kann ein Kabel im Föhn sein oder auch der Abfluss, der aus Metall ist. Die Elektronen können dann über komplizierte Wege wieder zur Stromquelle zurückfließen. Der Stromkreis ist wieder geschlossen.

Unser Körper besteht aus ganz viel Wasser, und in unserem Körper gibt es ganz viele Ionen, die in diesem Wasser gelöst

Im Wasser solltest du nie mit Strom hantieren. Das heisst: Keine Haare föhnen in der Badewanne und nicht mit eingestecktem Handy in der Badewanne whatsappen.



sind. Kommt unser Körper nun mit stromführendem Wasser in Berührung, wird über diese vielen Ionen Strom geleitet. Das Problem dabei ist, dass unser Körper auch Strom verwendet, um zum Beispiel dem Herz zu sagen, dass es jetzt schlagen soll. Kommt viel Strom von aussen durch unseren Körper, können diese Stromsignale gestört werden, und wir bekommen einen Stromschlag, was zum Tod führen kann.

Deshalb: nie die Haare in der Badewanne föhnen oder mit Strom und Wasser gleichzeitig hantieren – du solltest zum Beispiel also auch nicht mit eingestecktem Handy in der Badewanne lesen.

Warum gibt es einen Stromschlag, wenn ich mit Gummisohlen über den Boden schlurfe, und weshalb ist dieser nicht lebensgefährlich?

Die Sohlen deiner Schuhe bestehen aus Kunststoffmolekülen. Diese leiten den Strom nur sehr schlecht. Beim «Schlurfen» über bestimmte Fussböden, die auch aus Kunststoffen bestehen und den Strom nicht leiten, können ein paar Elektronen vom Fussboden an den Schuhen hängen bleiben.

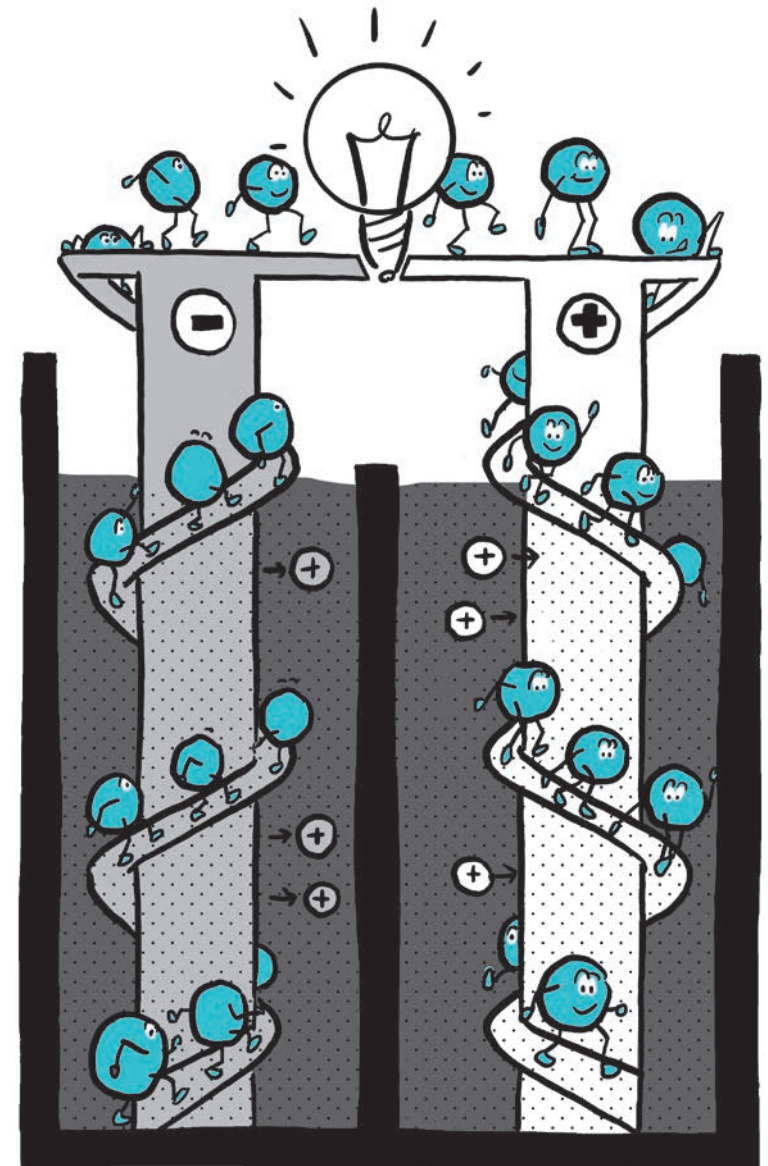
Deine Schuhe werden deshalb immer mehr negativ aufgeladen. Die Sohlen leiten ausserdem ein kleines bisschen Strom in deinen Körper. Da dein Körper über die Ionen in deinem Blut und deinem Schweiß den Strom relativ gut im Verhältnis

zu den Schuhen leitet, lädt sich auch dein Körper etwas auf. Wenn du dann ein Geländer anfasst, können die Ladungen über die Ionen im Handschweiss wieder in das sehr gut leitende Metall des Geländers abfließen, was du als kleinen Stromschlag spürst. Gefährlich ist das aber nicht, denn es kommt immer darauf an, wie viele Ladungen gleichzeitig abfließen. Im Fall des Schlurfens sind es eben nur sehr wenige Ladungen, die durch deinen Körper fließen. Anders wäre das, wenn du in eine Steckdose fassen würdest. Dort wären es sehr viele Elektronen, die durch dich hindurchfließen würden, was tödlich sein kann.

Wie kommt der Strom in die Batterie?

Eine Batterie besteht immer aus zwei Kammern, die voneinander getrennt sind. In den Kammern befinden sich leitende Stäbe, die Elektroden. Sie stellen die Pole der Batterie dar. Die Elektroden tauchen in eine Flüssigkeit ein, die Elektrolyte.

In einer einfachen Batterie bestehen die Stäbe aus unterschiedlichen Metallen. Es gibt sehr viele verschiedene Metalle. Das Metall in der einen Kammer ist so ausgewählt, dass es sehr gern als positives Ion in der Flüssigkeit herumschwimmen und sich in der Flüssigkeit lösen möchte. Dazu muss es aber seine Elektronen abgeben. Es wird dann zu einem positiven Ion. Löst sich das Metall in der Flüssigkeit, dann bleiben seine Elektronen im restlichen Metall zurück. Das Metall lädt sich negativ auf (zur Erinnerung: Elektronen haben eine negative Ladung). Das ist der Minuspol der Batterie. In der anderen Kammer befindet sich ein Metallstab in einer Lösung aus positiven Metall-Ionen, die lieber wieder Metall wären. Dazu müssen sie aber Elektronen aufnehmen. Dies ist der Pluspol der Batterie.



Schema einer Batterie:
Am Minuspol geht
Metall in Lösung,
am Pluspol lagert es
sich an.



Prof. Dr. Martin Winkler
ist Dozent und Labor-
leiter an der ZHAW
School of Engineering.

Verbindet man nun die beiden Pole mit einem Draht, fliessen die Elektronen, die am Minuspol zu viel sind, durch den Draht zum Pluspol. Mit diesem Strom kann dann zum Beispiel eine Lampe betrieben werden. Kommen die Elektronen am Pluspol an, ziehen sie die gelösten (positiv geladenen) Metall-Ionen aus der Lösung an. Sind die Ionen am Metallstab angekommen, nehmen sie die Elektronen auf und werden so zu Metall. Das bedeutet: Während eine Batterie betrieben wird, löst sich das eine Metall auf, am anderen wird das Metall immer mehr. Das geht so lange, bis sich das eine Metall aufgelöst hat oder in der anderen Kammer kein Metallsalz mehr in der Flüssigkeit ist, das zu Metall werden könnte. Dann ist die Batterie leer.

Da in einer Batterie viele teilweise giftige oder auch wertvolle Metalle und Hilfsstoffe enthalten sind, darf man eine leere Batterie unter keinen Umständen einfach wegwerfen. Batterien und Akkus werden extra gesammelt und recycelt.

Da in einer Batterie viele teilweise giftige oder auch wertvolle Metalle und Hilfsstoffe enthalten sind, darf man eine leere Batterie unter keinen Umständen einfach wegwerfen. Batterien und Akkus werden extra gesammelt und recycelt.



Finde die versteckten Wörter

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

Diese Wörter sind versteckt
QUECKSILBER, METALL, MINUSPOL, BATTERIE, AKKU, STROMQUELLE, ELEKTRONEN, STECKDOSE, ATOME, STROMSCHLAG,
PROTONEN, NEUTRONEN

Wie bewegen sich Daten durch die Luft?

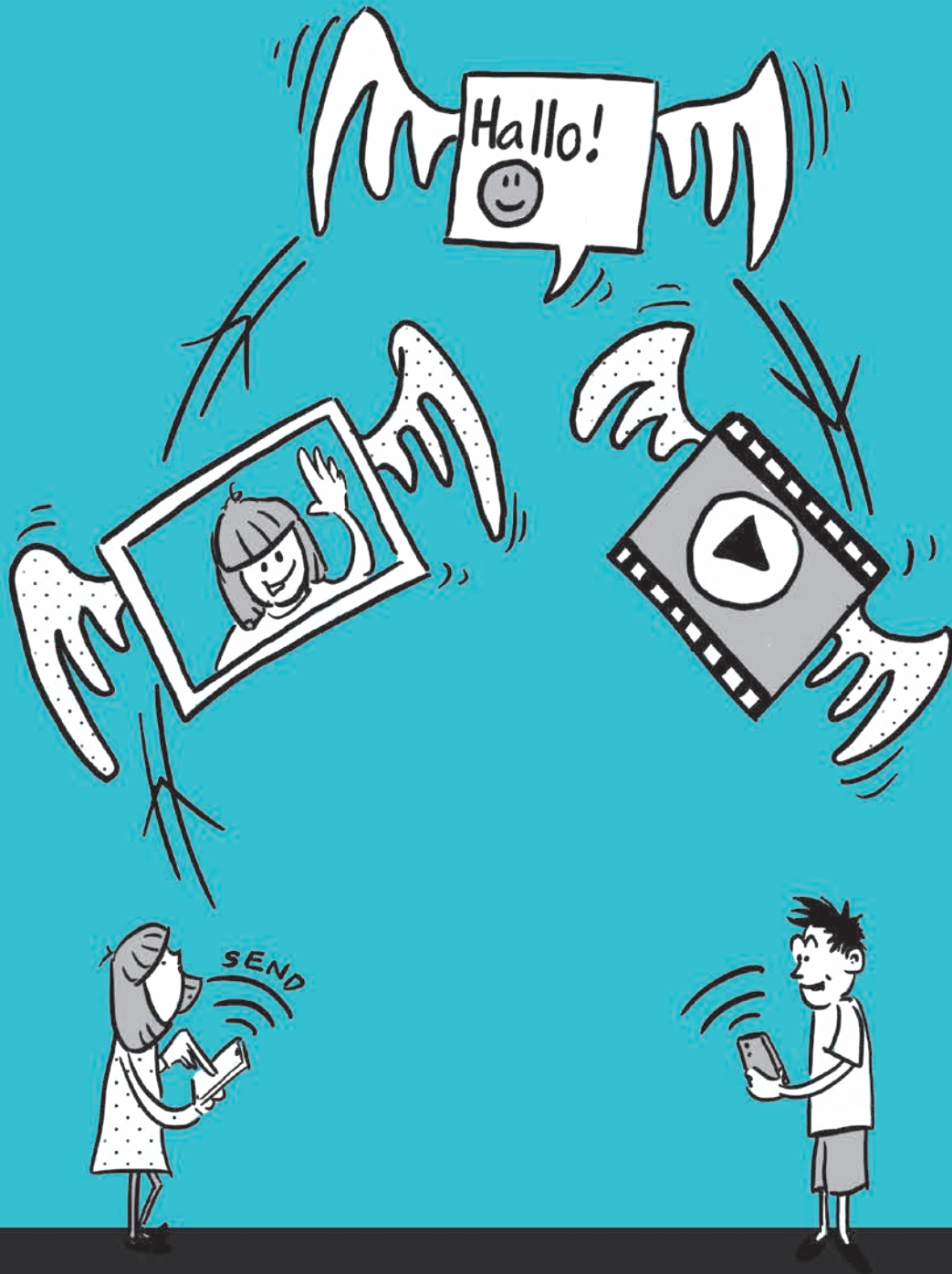
Wir tauschen Informationen mit dem Smartphone aus, über die ganze Welt und in Sekundenschnelle. Wir finden eine gute Fahrtroute mit dem Navi und können die Heizung oder das Licht über eine App ein- und ausschalten. Aber wie funktioniert das alles?

Wie kommt meine Nachricht auf das Smartphone meiner Freundinnen und Freunde?

Nehmen wir als Beispiel an, Marianne ist krank und will Reto fragen, was in der Schule in Mathe gemacht wurde. Sie schickt ihm diese Frage über eine App auf ihrem Smartphone. Reto antwortet, und andere Mitschülerinnen und Mitschüler, die dieselbe App nutzen, ergänzen seine Antwort. So erfährt Marianne ziemlich viel über den Unterricht, obwohl sie gar nicht da war.

Wozu ist das gut? Das Beispiel zeigt, dass wir auf diese Weise unkompliziert und schnell Informationen austauschen können. Stell dir vor, wie das früher ging, ohne Smartphone. Marianne musste Reto anrufen, wenn er wieder zu Hause war. Er musste ihr alles am Telefon erzählen oder bei ihr vorbeigehen. Das dauerte ziemlich lange – heute geht das viel schneller und unkomplizierter.

Gibt es aber auch Nachteile? Erwachsene sagen oft, dass es viel netter sei, wenn Reto vorbeikommt. Dann kann ihm Marianne zum Dank für seine Hilfe eine Schoggi geben – das geht nicht über eine App. Und beide sehen, wie der andere sich fühlt, was sie für ein Gesicht macht, und sie können miteinander lachen. «Das ist eine viel bessere Kommunikation», sagen die Eltern, «nur so entstehen echte Freundschaften.» Wie siehst du das? Was klappt mit dem Smartphone besser, was geht dabei verloren?



Beim Aussenden von Informationen haben die Chips im Sender den Elektronen gesagt, wie schnell sie sich auf und ab bewegen sollen (Frequenz) und wie viele von ihnen sich gleichzeitig bewegen müssen (Amplitude). Darin steckt die Information, beispielsweise eine SMS oder ein Bild, das man übertragen möchte.



Wie wird das gemacht? Roland Küng kennt sich mit der technischen Seite dieser Fragen sehr gut aus. Er erklärt es so, dass du sogar mitmachen kannst.

Wenn du mit dem Smartphone eine Frage verschickst, wird sie in eine elektromagnetische Welle umgewandelt. Warum? Weil sich solche Wellen sehr weit und blitzschnell versenden lassen, ganz ohne Kabel. Das geschieht mit einem Chip im Smartphone. Er erzeugt einen Wechselstrom. Dieser Wechselstrom lässt in der Antenne des Smartphones Elektronen hin- und herbewegen – ungefähr eine Milliarde Mal pro Sekunde! Dadurch entsteht eine elektromagnetische Welle. Wir können sie nicht sehen oder spüren, sie kann aber gemessen werden.

Die wirklichen Zusammenhänge sind zu kompliziert, um sie einfach erklären zu können. Du kannst Wellen aber selbst erzeugen, zwar keine elektromagnetischen, aber andere Wellen!

Die Nachricht an Reto wird über einen Chip im Smartphone in eine elektromagnetische Welle umgewandelt. Wenn man sie sichtbar macht, sieht «Hallo» so aus:



Diese Welle wird dann von Mariannes Smartphone losgeschickt. Wenn sie bei Reto ankommt, lässt sie die Elektronen in der Antenne seines Smartphones mit derselben Frequenz und Amplitude schwingen. Dieses «Signalmuster» wird dann über einen Chip wieder in Worte umgewandelt, Reto hört «Hallo».



Selber forschen!

Was du brauchst: ein längeres Haushaltsgummi, einen Türgriff. Was du ausprobieren kannst: Hänge das Gummi am Türgriff ein und spanne es leicht an. Zupfe das Gummi mit dem Finger an und beobachte genau, wie es sich bewegt:

1) Am Anfang bewegt sich das Gummi _____.

2) Dann wird die Bewegung immer _____.

Wenn man ein Foto von dem schwingenden Gummi machen würde, sähe es ungefähr so aus:



Du siehst, warum man das eine Welle nennt.

Was du ausprobieren kannst: Zupfe das Gummi einmal schwach an, dann stark. Beobachte, wie die Welle dadurch verändert wird.

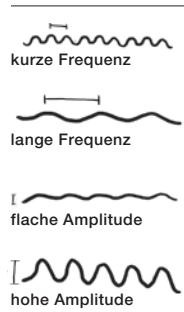
3) Je stärker ich das Gummi spanne, desto _____ wird der Ton.

4) Je stärker ich das Gummi spanne, desto _____ ist die Welle, die ich sehen kann.

Lösungen
1) ... stark, 2) ... schwächer, 3) ... höher, 4) ... flacher

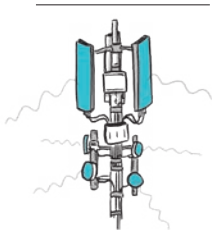
Roland Küng erklärt, was du aus den Versuchen über das Smartphone lernen kannst.

Was zeigt uns das Gummiband? Beim Smartphone schwingt kein Gummi, sondern Elektronen, und es entstehen auch keine Klangwellen, sondern elektromagnetische Wellen. Vergleichbar ist aber das Verhalten der Wellen. Je nachdem, wie stark oder schwach und wie schnell oder langsam die Elektronen bewegt werden, ent-



stehen typische Wellenformen. Sie unterscheiden sich in der «Frequenz» und in der «Amplitude». In der Abbildung links kannst du das sehen.

Das Smartphone funktioniert natürlich nicht mit Haushaltsgummis, und es werden keine Klangwellen übertragen. Die elektromagnetischen Wellen breiten sich auch nicht wie eine Linie aus, sondern eher wie die Wellen in einem Teich, wenn du einen Stein hineinwirfst – also rundherum. Wenn du den Stein sehr weit wirfst, dann kommt bei dir nur noch eine ganz flache Welle an. Ganz ähnlich ist das bei den Funkwellen: Je grösser die Entfernung ist, desto geringer wird die Wellenhöhe (Amplitude) und desto schwächer ist das Signal. Im Smartphone ist deshalb ein Chip eingebaut, über den schwache Signale wieder verstärkt werden.



Die Signale deines Handys werden als Welle an eine Basisstation gesendet, wie sie auf diesem Bild zu sehen ist. Von dort werden sie über ein Kabel an die Basisstation in der Nähe deiner Freundin gesendet und von dort aus wieder als Welle zu ihrem Smartphone.

Vielleicht hast du schon einmal auf Hausdächern Antennen gesehen wie in dem Bild links. Wozu man sie braucht? Wenn du in Winterthur wohnst und deine Freundin in Bern, dann sind die Signale deines Smartphones für eine Verbindung zwischen Winterthur und Bern zu schwach. Nicht einmal der Chip kann sie verstärken. Deshalb werden deine Signale als Welle an eine Basisstation gesendet, wie sie auf dem Foto zu sehen ist. Von dort werden sie über ein Kabel an die Basisstation in der Nähe deiner Freundin gesendet und von dort aus wieder als Welle zu ihrem Smartphone.

Woran forschen wir? Sicher kennst du das auch: Jemand schimpft, weil er keinen Empfang hat. Dann ist die nächste Basisstation zu weit weg, oder zwischen der Station und dem Smartphone ist ein Hindernis. Das gibt es häufiger in Tunnels oder in Tälern. In Städten ist es nicht schwierig, genügend Stationen zu finden. Aber in abgelegenen Dörfern

oder entlang der Strecken der SBB gibt es immer wieder «Funklöcher». Wenn man die beseitigen will, kostet es viel Geld. Ausserdem gibt es Leute, die keinen Funkmasten direkt neben ihrer Wohnung haben wollen. Deshalb müssen Kompromisse gefunden werden: Wo können mit einer neuen Station die meisten Menschen oder Firmen versorgt werden? Wo stört eine neue Station am wenigsten? Weil aber immer mehr Bilder in WhatsApp verschickt, Filme und Musik gestreamt werden, werden auch immer mehr Wellen notwendig.

Warum weiss das Navi, wo es sich befindet?

Ihr macht einen Ausflug mit dem Velo, und in der Navi-App zeigt ein kleiner Punkt an, wo ihr gerade seid. Woher weiss das Navi das? Genau genommen weiss das Navi das gar nicht, weil es ein Gerät ist und kein Mensch. Dass wir unseren Standort sehen können, liegt an dem Empfänger im Navi. Er empfängt Signale aus dem Weltraum. Von Ausserirdischen? Natürlich nicht, sondern von den Satelliten des GPS. GPS steht für «Global Positioning System», das ist englisch und kann mit «System zur weltweiten Positionsbestimmung» übersetzt werden.

Wozu ist das gut? Navigationsgeräte werden zu sehr vielen Zwecken genutzt. Menschen suchen damit den Weg beim Wandern, mit dem Velo oder Auto. Sogar alle Fahrpläne der SBB sind dort gespeichert. Navis helfen beim Transport von Waren mit Flugzeugen und Schiffen. Es gibt auch schon Supermärkte, in denen über eine App angezeigt wird, wie man zum Regal mit dem Obst oder den Getränken kommt.

Wie wird das gemacht? Um aus den Signalen den Standort bestimmen zu können, braucht es viel Mathematik, wie Roland Küng erklärt:

Zum GPS-System gehören 24 Satelliten, die mit 14 000 km/h um die Erde sausen. Sie haben hochgenaue Atomuhren an Bord und senden Signale immer exakt zur gleichen Zeit aus. Das tun sie 1 000 Mal pro Sekunde. Die Signale treffen nach einer gewissen Laufzeit auf der Erdoberfläche auf. Jeder Satellit hat ein eindeutiges Signal, das sich wie ein Name von den Signalen der anderen Satelliten unterscheidet.

Ein Navi hat eine Antenne, mit der die Funksignale empfangen werden. Das geht aber nur von den Satelliten, die gerade vom Navi aus sichtbar wären, wenn man ein riesiges Fernrohr hätte. Nehmen wir einmal an, dass drei Satelliten in Sicht wären. Dann empfängt das Navi diese drei Signale. Je nachdem, wie weit weg der Satellit vom Navi ist, braucht sein Signal eine bestimmte Laufzeit. Die drei Signale sind also nicht gleichzeitig dort. Im Navi wird das Signal erkannt und die Entfernung errechnet, die es zurückgelegt hat. Man multipliziert dazu die Laufzeit mit der Lichtgeschwindigkeit, denn solche Signale bewegen sich so schnell wie das Licht.

Jetzt kennt man die Entfernung zwischen dem Navi und den drei Satelliten. Es ist wichtig, dass es immer drei Satelliten sind. Warum gerade drei? Weil man mit drei Entfernungen jeden Punkt auf der Erdoberfläche bestimmen kann. Das ist gar nicht so schwer zu verstehen, wenn man es selbst ausprobiert.

In Wirklichkeit ist alles noch etwas komplizierter. Im Navi ist eine Art Fahrplan der Satelliten gespeichert. Der wird in die Signale «eingebaut» und mitgesendet. Für die Berechnung muss die genaue Zeit bekannt sein, wann die Signale ausgesendet wurden. Die GPS-Empfänger haben aber



Damit eine Lokalisierung mittels GPS möglich ist, braucht es das Signal von drei Satelliten im Weltall.

Selbst forschen!

Was du brauchst

Drei unterschiedlich lange Schnüre (ungefähr 2 Meter, 3 Meter und 4 Meter lang).

Was du ausprobieren kannst

Knote jede Schnur an einem Gegenstand fest, zum Beispiel an einem Regal, einem Stuhl, einem Fenstergriff. Die Gegenstände sind deine Satelliten. Sie dürfen nur so weit auseinander sein, dass die Schnüre noch in einem Punkt zusammengehalten werden können.

Wenn du die Enden der Schnüre aneinanderhältst, dann findest du im ganzen Raum nur einen Punkt, wo alle Schnüre gespannt sind. Und wenn du dann von einer Schnur ein Stück abschneidest, dann treffen sich die Enden wieder an genau einem Punkt. Das ist aber nicht derselbe wie der erste. Und was sagt uns das über das Navi?

Die drei Punkte, an denen du die Schnüre festgeknotet hast, sollen die drei Satelliten zeigen. Die drei Schnüre stehen für die Signale, die über die Satelliten ausgesendet werden. Und dort, wo sich die Enden der Schnüre treffen, musst du dir das Navi vorstellen. Du hast damit festgestellt, dass es bei drei verschiedenen langen Strecken genau einen Punkt gibt, an dem sie sich treffen. Auf das Navi übertragen: Zu drei verschiedenen Entfernungen von Signalen gibt es genau einen Punkt auf der Erdoberfläche, in dem sie sich treffen.

keine Uhr, die genau genug ist, um die Laufzeiten korrekt zu messen. Deshalb wird das Signal eines vierten Satelliten benötigt, mit dem die genaue Zeit bestimmt wird. So kann die Position des Navis auf 30 Meter genau bestimmt werden. Ausserdem sind noch Landkarten auf dem Navi gespeichert, mit allen Strassen und Häusern.

Interessantes und Lustiges

Immer wieder verlassen sich Autofahrerinnen und Autofahrer so sehr auf ihr Navi, dass sie gar nicht mehr sehen, was um sie herum los ist. So fuhren Mitarbeitende einer französischen Firma in das Dorf Lille, wo sie etwas reparieren sollten. Dumm nur, dass sie dem Navi nach Belgien folgten. Dort gibt es nämlich auch ein Dorf namens Lille, nicht nur in Frankreich. Schon komisch, dass sie nicht bemerkt haben, dass sie in ein anderes Land gefahren sind. Das ist aber nichts im Vergleich mit der nächsten Geschichte: Ein anderer Mann ist mit seinem Auto eine Treppe hinuntergefahren. Der Polizei sagte er, er hätte nicht auf die Strasse geschaut, sondern nur auf sein Navi. Und dort wurde keine Treppe angezeigt, sondern eine Strasse. Ein teurerererererer Fehehehehler!

Solche Missgeschicke sind zum Glück selten. Von Navis können aber ganz andere Gefahren ausgehen. Die Firmen, die die Daten des Navis verarbeiten, wissen sehr genau, wo sich Menschen aufhalten und wo sie hingehen. Vielleicht ist es dir auch schon so ergangen, dass du mit deinen Eltern in einem Restaurant warst und ihr später aufgefordert wurdet, eine Bewertung über das Essen abzugeben. Wer möchte das wissen, und woher weiss er überhaupt, wo ihr wart? Die Firma, die die Daten verarbeitet, kann euren Standpunkt jederzeit herausfinden. Ist das gefährlich? Sprich mit deinen Eltern darüber, wie sie das finden.



Früher musste man an der Liftstation den Skipass vorzeigen oder in ein Lesegerät stecken. Das war mit Handschuhen ganz schön schwierig, mit RFID-Chips geht das viel bequemer!

Woran forschen wir? Man will immer genauer wissen, wo man sich befindet, Flugzeuge sollen automatisch landen, Fahrzeuge ohne Menschen fahren. Dazu werden immer bessere Satelliten gebaut von Amerika, Russland, China und Europa. Das europäische Satellitensystem heisst Galileo. Um all diese Signale zu nutzen, braucht es neue GPS-Geräte und neue Rechenalgorithmen ([mehr zu Algorithmen findest du im Kapitel zur künstlichen Intelligenz ab Seite 71](#)). Dabei soll das Gerät aber nicht mehr Strom brauchen als bisher und auch im flachen Smartphone Platz finden. Die Ideen für diese neuen Chips und eine genauere Positionsbestimmung werden bei uns ausgetüftelt und ausprobiert. Wir können bald schon auf den Zentimeter genau eine Position bestimmen.

Wie erkennt der Skilift den gültigen Skipass?

Beim Skifahren geht die Schranke am Lift auf, ohne dass du deinen Skipass auspacken musst. Das Zauberwort für diese Technik heisst RFID. Das steht für Radio Frequency Identification, auf Deutsch: Erkennung über Funkfrequenzen.

Wozu ist das gut? Früher musste man an der Liftstation den Skipass vorzeigen oder in ein Lesegerät stecken. Das war mit Handschuhen ganz schön schwierig, mit RFID-Chips geht das viel bequemer! Sie helfen aber noch in anderen Bereichen: Im Kaufhaus werden damit Waren vor Diebstahl geschützt. Am Ausgang steht ein Gerät, das ein Alarmsignal aussendet, wenn etwas mitgenommen wird, das nicht bezahlt wurde. Oder in Autofabriken, wo RFID-Chips auf das Fahrgestell geklebt werden. Wenn es dann auf dem Fliessband zur nächsten Station kommt, werden dort die Akkuschauber so eingestellt, dass die Schrauben mit genau der

richtigen Kraft angezogen werden. So können Fehler vermieden werden.

Wie wird das gemacht? Roland Küng erklärt, wie diese Funktionen technisch gelöst werden.

Im Skipass sind ein Chip und eine kleine Antenne verpackt. Es ist keine Batterie vorhanden, die man wechseln oder nachladen muss. Die Antenne besteht aus einer flachen Spirale aus Draht und aus einer Spule. Im Chip sind Daten gespeichert: eine Nummer, über die der Chip erkannt wird, und die Information, dass du Geld bezahlt hast und deshalb durch die Schranke gehen darfst. Diese Informationen werden über die Drahtantenne an ein Lesegerät gesendet, das am Liftzugang steht. Ist dort dein Chip gespeichert, bekommst du das grüne Licht.

Mit einem besonderen Trick wird der Chip mit Strom versorgt: Im Lesegerät am Lift wird ein Signal mit einer bestimmten Frequenz erzeugt. ([Was Frequenzen sind, kannst du bei der Frage zum Smartphone auf Seite 48 nachlesen.](#)) Dabei entsteht ein Magnetfeld. Die Spulenantenne im Skipass zapft nun das Magnetfeld an und versorgt den Chip so mit Energie.

Das Magnetfeld und der Strom, der dabei fließt, sind so schwach, dass nichts passieren kann. Ausserdem sind die Daten verschlüsselt, sodass man nicht einfach selbst ein solches Abo programmieren kann. Sonst könnte man kostenlos Lift fahren, und der Liftbetreiber würde zu wenig Geld verdienen, um den Lift am Laufen halten zu können.

Woran forschen wir? Ein Nachteil bei RFID ist die Reichweite: Das Signal für die Stromversorgung reicht nur wenige Zentimeter. Das ist gut zu wissen, denn wenn dein Skipass nicht funktioniert, liegt es oft daran, dass der Chip zu weit

weg vom Lesegerät ist. Man kann das Signal des Lesegerätes stärker machen und die Antenne am Skipass vergrössern. Das System muss je nach Einsatzgebiet optimal berechnet sein, damit es gut funktioniert. Wir forschen aber nun auch daran, dass nicht nur solche Abos berührungsfrei gelesen werden können, sondern auch Sensoren in Strassen, Wänden, Dächern. Diese Sensoren messen Temperatur, Feuchte, Vibration und vieles mehr und können von aussen mit einem Lesegerät jederzeit abgefragt werden. So lassen sich Brücken, Betonpfeiler und Maschinenteile ganz ohne Kabel oder Batterie überwachen.

Selbst forschen Manchmal siehst du solche Antennenschleifen mit Chip auf Videoschachteln, an Kleidern oder auf Eintrittskarten. Wenn du ein Android-Handy mit NFC-Funktion hast und dazu eine NFC-App installierst, kannst du die meisten dieser RFID-Etiketten lesen. Du siehst dann ihren «Namen», also ihre ID, am Handy. Dazu brauchst du vielleicht etwas Hilfe deiner Eltern.

Wie funktioniert WLAN?

WLAN funktioniert eigentlich genau gleich wie die zu Beginn erklärte Verbindung der Smartphones. Luciano Sarperi erklärt es uns.

Wenn du einen Laptop mit WLAN verwendest, um im Internet etwas nachzulesen, dann wird der Inhalt der Website drahtlos mithilfe elektromagnetischer Wellen von einem sogenannten Access Point auf deinen Laptop übertragen. WLAN ist praktisch, weil du damit mit dem Laptop frei in der Wohnung herumlaufen kannst und kein Kabel benötigst, um das Internet zu verwenden.



Weil WLAN kleine Sendeleistungen verwendet, ist die Reichweite nur einige Zimmer weit. Darum hat meistens jede Wohnung einen eigenen Access Point, der auf der einen Seite drahtlos mit deinem Laptop verbunden ist und auf der anderen Seite über ein Kabel mit einer Zentrale und von dort aus mit dem Internet. Diese Kabelverbindung besteht übrigens entweder aus einem Kupferkabel oder aus einem Lichtwellenleiter.

Wie wird das gemacht? Weil WLAN kleine Sendeleistungen verwendet, ist die Reichweite nur einige Zimmer weit. Darum hat meistens jede Wohnung einen eigenen Access Point, der auf der einen Seite drahtlos mit deinem Laptop verbunden ist und auf der anderen Seite über ein Kabel mit einer Zentrale und von dort aus mit dem Internet. Diese Kabelverbindung besteht übrigens entweder aus einem Kupferkabel oder aus einem Lichtwellenleiter. Beim Kupferkabel wird der Inhalt der Website mithilfe von elektrischen Signalen aus der Zentrale auf den Access Point übertragen, beim Lichtwellenleiter mithilfe von optischen Signalen (Lichtimpulsen).

Witziges und Interessantes

Dank der kleinen Sendeleistung von WLAN können übrigens deine Nachbarn ebenfalls ein eigenes WLAN-Netz mit Access Point verwenden, ohne dass sich die zwei Netze gegenseitig stören. WLAN-Netze verhalten sich in dieser Hinsicht wie gute Nachbarn, die in ihrer Wohnung nicht allzu laut Musik hören, um sich gegenseitig nicht zu stören.



Dr. Luciano Sarperi ist Dozent für Wireless Communication an der ZHAW School of Engineering.



Prof. Roland Küng war Dozent am Zentrum für Signalverarbeitung und Nachrichtentechnik der ZHAW School of Engineering. Er ist jetzt pensioniert.

Finde die versteckten Wörter

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

Diese Wörter sind versteckt
NAV, SMARTPHONE, ANTENNE, AMPLITUDE, FREQUENZ, SIGNAL, EMPFÄNGER, SENDE, BASISSTATION, WELLE, CHIP, LAUFZEIT, ELEKTROMAGNET, SPULE, RFID, SIGNALMUSTER.

Wie schlau ist ein Computer?



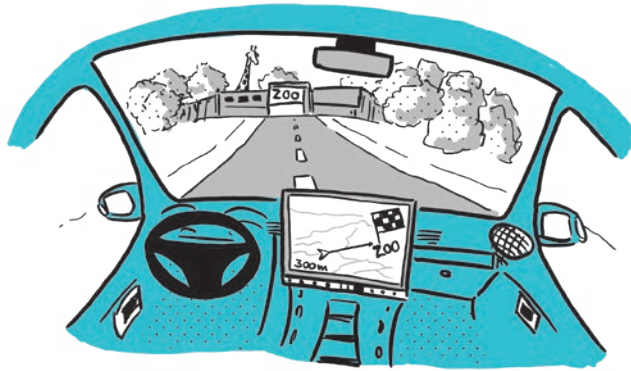
Vielleicht kennst du den Roboter Wall-E, der eigenständig die Erde vom Müll befreien will, oder das selbstfahrende Auto KITT aus der Serie «Knight Rider», das selbstständig auf Verbrecherjagd geht. Das sind Erfindungen von Filmmachern, die den Zuschauerinnen und Zuschauern früher wie reine Fantasie vorkamen. Heutzutage werden solche Maschinen in der echten Welt durch Informationswissenschaftler wie Andreas Weiler entwickelt. Er hilft uns, Fragen zum Thema Computer zu beantworten.

Woher weiss ein Computer, was er tun soll?

Du kannst deinen Computer, dein Tablet oder Smartphone auf unterschiedliche Weise dazu bringen, das zu machen, was du möchtest. Entweder du klickst oder tippst auf ein Symbol. Dann wird das hinterlegte Programm gestartet, zum Beispiel der Zugang zum Internet mit einem Browser hergestellt. Oder du sagst deinem Smartphone einfach, was es erledigen soll. Und wie von Zauberhand versteht das Smartphone, was es machen soll, und macht es dann auch.

Wozu ist das gut? Ein Computer ist nur ein Gerät, auf dem Programme ausgeführt werden. Eigentlich wollen wir keinen Computer selbst bedienen, sondern er soll uns automatisch morgens wecken oder eine Rechenaufgabe für uns lösen. Für solche Aufgaben gibt es viele verschiedene Programme. Zum Beispiel kannst du, wenn du mit deinen Eltern im Auto sitzt und den Zoo in Zürich besuchen willst, ganz einfach dem Navigationsgerät zurufen: «Bring uns zum Zoo in Zürich.» In dem Computer, der im Navigationsgerät eingebaut ist, werden dann die korrekte Adresse und die zugehörige Route

Wenn du mit deinen Eltern im Auto sitzt und den Zoo in Zürich besuchen willst, kannst du ganz einfach dem Navigationsgerät zurufen: «Bring uns zum Zoo in Zürich.» In dem Computer, der im Navigationsgerät eingebaut ist, werden dann die korrekte Adresse und die zugehörige Route zum Zoo in Zürich herausgesucht und berechnet.



zum Zoo in Zürich herausgesucht und berechnet. Nun müssen deine Eltern nur noch dem Navigationsgerät folgen, und ihr kommt an den richtigen Ort. Das ist nicht nur bequem, sondern macht das Autofahren sicherer, weil man nicht mehr nebenher nach dem richtigen Weg suchen muss.

Wie wird das gemacht? Im Navigationsgerät läuft ein Programm, das zwei wichtige Aufgaben hat: Es muss erkennen, ob du dich nur normal unterhältst oder ob du das, was du sagst, als Befehl gemeint hast – wir nennen das «Spracheingabe». Zweitens muss die Spracheingabe in die Ausführung des Befehls umgewandelt werden. Dabei läuft im Navigationsgerät Folgendes ab:

Dein Satz «Bring uns zum Zoo in Zürich» wird über ein Mikrofon aufgenommen und durch eine Software in einzelne Wörter zerteilt. Diese Wörter werden dann mit sehr vielen anderen Sätzen verglichen, die in einer Datenbank gespeichert sind. Wenn ähnliche Sätze wie deiner gefunden werden, kann ihre Bedeutung auf deinen Satz übertragen werden: Hier sucht jemand einen Weg zu einem Ziel. Nun wird der Befehl gestartet, die schnellste oder kürzeste Route zu dem Ziel zu suchen. Zu der Eingabe «Zoo in Zürich» wird aus einer Datenbank die Adresse abgerufen, also Zürichbergstrasse 221 in 8044 Zürich. Sie wird als Zielort im Navigationsgerät gespeichert. Nun werden aus einem riesigen Berg von Daten mögliche Routen von deinem Startort zum Zielort berechnet. Es werden noch Staumeldungen abgerufen, und dann wird die aktuell schnellste Route angezeigt.

Für uns sieht es so aus, als hätte die Software selbstständig erkannt, dass du in die Stadt Zürich zum Zoo fahren möchtest, und entschieden, welche Route sie euch vorschlägt. In Wirklichkeit werden im Computer nur Daten abgerufen, verarbeitet und Befehle ausgeführt. Alle Daten müssen vorher von Menschen bewertet und alle Befehle von Technikerinnen oder Technikern programmiert werden. Der Computer weiss also streng genommen nichts, er ist eine Maschine – wenn auch eine, die schon sehr selbstständig funktioniert. Hieraus ergibt sich schon die nächste Frage, nämlich was das für Daten sind und wie viele es eigentlich gibt.

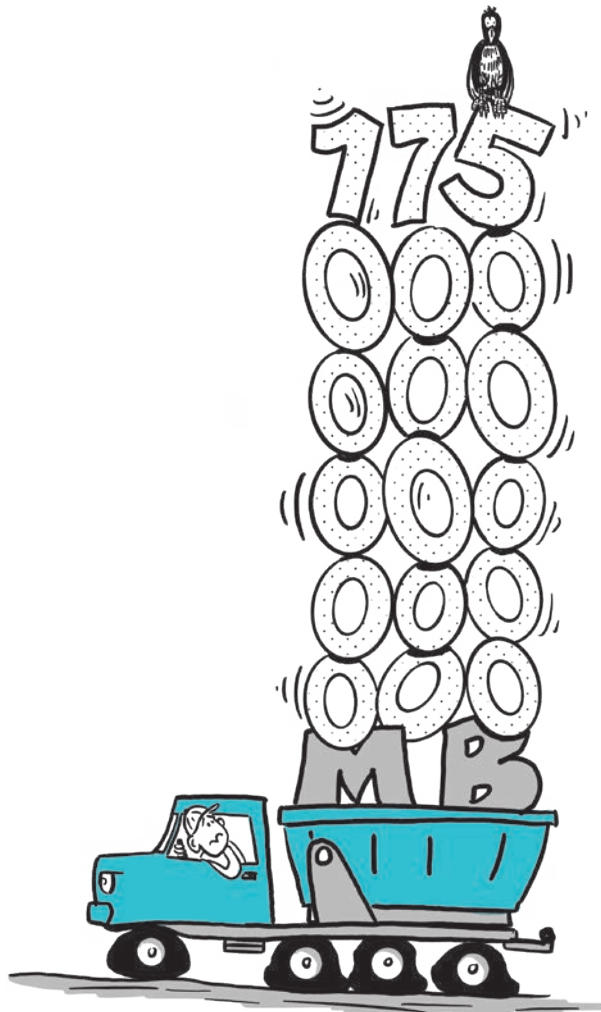
Was für Daten und wie viele Daten gibt es eigentlich?

Die Frage, wie viele digitale Daten es gibt, ist sehr schwierig zu beantworten. Die Menge ist beinahe unendlich gross und verändert sich ständig.

Daten werden oft in der Einheit Megabyte gemessen. Das digitale Buch zu «Kinder fragen Expertinnen und Experten» besteht zum Beispiel aus ungefähr 4 Megabyte Daten. Schätzungen zufolge wird es im Jahr 2025 weltweit 175 Zettabyte an Daten geben. Diese 175 Zettabyte entsprechen 175 000 000 000 000 000 Megabyte, also sehr, sehr vielen digitalen Kopien des Buches.

So eine grosse Zahl können wir uns nicht mehr wirklich vorstellen. Deshalb soll ein Vergleich aufgestellt werden. Könnte man jedes dieser Megabyte an Daten für einen Rappen verkaufen, würde man dafür 175 000 000 000 000 Franken bekommen, das sind 175 Billionen Franken. Auf der Welt gibt es ungefähr 800 Millionen Menschen, die extrem arm sind.

Daten werden oft in der Einheit Megabyte gemessen. Das digitale Buch zu «Kinder fragen Expertinnen und Experten» besteht zum Beispiel aus ungefähr 4 Megabyte Daten. Schätzungen zufolge wird es im Jahr 2025 weltweit 175 Zettabyte an Daten geben. Diese 175 Zettabyte entsprechen 175 Billionen Megabyte, also sehr, sehr vielen digitalen Kopien des Buches.



Würde man ihnen dieses ganze Geld schenken, bekäme jeder eine viertel Million Franken, und die weltweite Armut wäre abgeschafft. Leider ist das nur ein Gedankenexperiment!

Wozu ist das gut? Ohne Daten könnte kein Navigationsgerät funktionieren, keine Bilder oder Filme online angeschaut werden, müssten wir jede Telefonnummer immer wieder neu eingeben. Aber nicht nur für uns sind die Daten wichtig. Die

Apps, die wir nutzen, werden von Firmen hergestellt und durch Daten am Funktionieren gehalten. Die Firmen verdienen Geld mit unseren Daten, deshalb wollen sie natürlich viele davon speichern.

Wie wird das gemacht? Woher kommt ein solcher Berg von Daten? Unser Experte Andreas Weiler erklärt zunächst, wie Daten entstehen.

Du musst dir vorstellen, dass, sobald du oder deine Eltern morgens ein Gerät wie das Smartphone, den Fernseher oder das Auto starten, Daten produziert und gesammelt werden. Wenn du dir weiterhin vorstellst, dass weltweit drei Milliarden Smartphones in allen möglichen Situationen genutzt werden, dann ahnst du vielleicht, was nur durch Smartphones für eine riesige Menge an Daten entsteht. In Smartphones sind zum Beispiel Sensoren eingebaut, mit denen Daten über deine Bewegungen und Aufenthaltsorte gesammelt werden. Du kannst dann jeden Abend sehen, wie viele Schritte du zurückgelegt hast, wie viele Minuten du im Sitzen oder Liegen verbracht hast, wie du von einem Ort zum anderen gekommen bist und an welchen Orten du wie viel Zeit verbracht hast.

Du siehst, dass du eigentlich auch eine Herstellerin beziehungsweise ein Hersteller bist: Du produzierst Daten. Die Frage geht aber noch weiter, sie richtet sich auf die Art von Daten. Das weiss Andreas Weiler selbstverständlich auch.

Zunächst geht es hier nur um digitale Daten, die in Computern verarbeitet werden können. Sie stammen nicht nur aus Sensoren, sondern entstehen auch, wenn du in sozialen Netzwerken wie Instagram, Facebook oder TikTok etwas liest, schreibst, bewertest, Sprachnachrichten oder Fotos verschickst. Alle Informationen, die du im Internet von dir veröffentlichst, werden gesammelt und gespeichert. Wir

steuern also täglich auf verschiedene Art und Weise einen grossen Anteil zum riesigen Berg an Daten bei. Zum einen werden Daten über uns automatisch erfasst und abgespeichert. Zum anderen produzieren wir aktiv Daten, die den automatisch erfassten zugeordnet und damit in Beziehung gebracht werden können. Zum Beispiel wird ein Foto, das wir bei unserem Ausflug in den Zürcher Zoo aufnehmen, automatisch mit dem Ort «Zoo Zürich» markiert, ohne dass wir das selbst erledigen müssen.

Wenn man genau darüber nachdenkt, dann ist schwer zu verstehen, wie man in diesem riesigen Berg an Daten die findet, die man braucht, und sie dann so einsetzen kann, dass die gewünschte Aufgabe erfüllt wird.

Wie trifft ein Computer Entscheidungen?

Ein Computer ist eine Maschine, er kann nicht wie wir Menschen selbst denken, bewerten und Entscheidungen treffen. Trotzdem sieht es aber so aus, als könne er das.

Wozu ist das gut? Je eigenständiger ein Computer funktioniert, desto weniger müssen wir selbst tun. Das kann einfach nur bequem sein: Autos schalten automatisch das Licht ein, wenn es dunkel wird. Die Heizung wird wärmer, wenn es draussen kälter wird. Es kann Abläufe aber auch beschleunigen und sicherer machen: Zum Beispiel können Lastwagen automatisch abgebremst werden, wenn vor ihnen ein Stau ist – bevor der Fahrer oder die Fahrerin das überhaupt sehen kann.

Wie wird das gemacht? Wie das technisch gelöst wird, kann man gut an einem Beispiel zeigen. Stelle dir vor, du

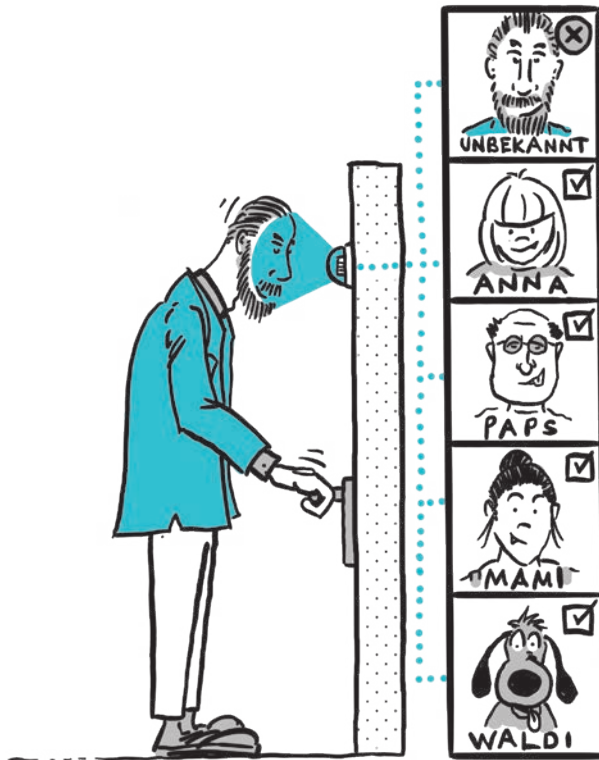
gehst mit deinen Eltern an den Bankomaten. Deine Eltern wollen von ihrem Konto 250 Franken für den Zoo Zürich abheben. Sie lassen dich die EC-Karte einstecken, doch leider vertippst du dich bei der Eingabe der Geheimzahl. Der Bankomat zahlt die 250 Franken nicht aus, sondern zeigt auf dem Display an, dass du nicht die richtige Geheimzahl eingegeben hast.

Andreas Weiler erklärt, wie das funktioniert.

Der Bankomat gibt das Geld nicht aus, weil die Dateneingabe der Geheimzahl gegen eine Regel verstösst, die in seiner Software einprogrammiert wurde. Die Regel lautet: «Überprüfe die eingegebene Geheimzahl mit der festgelegten Geheimzahl auf Übereinstimmung.» Die von dir eingegebene Zahl wird also mit der in eurem Konto festgelegten verglichen und das Ergebnis mit der Regel verknüpft. Wird die Regel nicht verletzt, wird das Geld ausgegeben, ansonsten wird die Fehlermeldung am Display ausgegeben.

Es gibt aber noch eine zweite Lösungsmöglichkeit, wie Computer «Entscheidungen» treffen können. Dabei wird nicht mit von Hand eingegebenen Daten gearbeitet, sondern mit automatisch erfassten. Stell dir vor, ihr habt ein sehr modernes Haus mit einer Überwachungskamera an der Tür. Ihr habt zwar einen Hausschlüssel, aber die Tür zum Haus soll wirklich nur von deiner Mama, deinem Papa, dir und deinen Geschwistern aufgeschlossen werden können. Warum könnt ihr die Tür aufschliessen, jemand anderes aber nicht? In einer Datenbank müssen Bilder von allen Familienmitgliedern gespeichert und mit der Regel verknüpft sein, dass nur Personen eingelassen werden, die genauso aussehen wie die Mitglieder deiner Familie.

Stell dir vor, ihr habt ein sehr modernes Haus mit einer Überwachungskamera an der Tür. Ihr habt zwar einen Hausschlüssel, aber die Tür zum Haus soll wirklich nur von deiner Mama, deinem Papa, dir und deinen Geschwistern aufgeschlossen werden können. Warum könnt ihr die Tür aufschliessen, jemand anderes aber nicht? In einer Datenbank müssen Bilder von allen Familienmitgliedern gespeichert und mit der Regel verknüpft sein, dass nur Personen eingelassen werden, die genauso aussehen wie die Mitglieder deiner Familie.



Wenn du nun nach Hause kommst und den Schlüssel in das Schloss steckst, wirst du mit der Überwachungskamera gefilmt. Die Aufnahmen werden mit den gespeicherten Bildern auf Gemeinsamkeiten verglichen. Die Regel heisst in diesem Fall, dass die Türe nur aufgeschlossen wird, wenn der richtige Schlüssel eingesteckt wird und zugleich das Bild, das die Überwachungskamera von dir macht, eine gewisse Übereinstimmung mit den in der Datenbank hinterlegten Bildern hat und somit mit der Regel «Zugang erlaubt» verknüpft ist.

Das ist schon beruhigend: Selbst wenn du den Hausschlüssel verlierst oder er dir gestohlen wird, könnte niemand anderes eure Haustüre aufschliessen. Nun wirst du vielleicht sagen,

dass der Einbrecher oder die Einbrecherin einfach ein Bild von dir oder deinen Eltern vor die Überwachungskamera halten kann. Andreas Weiler erklärt, wie solche Tricks technisch verhindert werden.

Die Software ist so programmiert, dass sie sogar Bilder deines Gesichts von deinem originalen Gesicht unterscheiden kann. Hierbei verwendet die Software verschiedene Aspekte, wie Ausrichtung, Spiegelung, Farben, Strukturen, Kontraste und Helligkeit, die im Bild und deinem originalen Gesicht erkannt werden. Dein originales Gesicht unterscheidet sich – für das menschliche Auge vielleicht nicht ersichtlich – in vielen Bereichen deutlich von einem Bild deines Gesichtes. Diese Unterschiede macht sich die Software zu Nutze, um einen Einbrecher von einer Hausbewohnerin zu unterscheiden.

Woran forschen wir? An der ZHAW arbeiten sehr viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler daran, dass Programme aus einer riesigen Menge an Daten «lernen» können. Das heisst, dass auch in solchen Fällen passende Befehle gestartet werden, die vorher niemand eingespeichert hat.

Ein konkretes Beispiel ist die Forschung zur Erkennung von Objekten in Sportübertragungen im Fernsehen, etwa bei Fussballspielen oder Hockeymatches. In den Filmaufnahmen sollen zum Beispiel der Ball, die Spielerinnen und Spieler oder die Werbebanden am Spielfeldrand automatisch erkannt werden. Das ist vergleichsweise einfach bei neuen Aufnahmen, weil in vielen Bällen Sensoren eingebaut sind und manche Spielerinnen oder Spieler Sensoren am Körper tragen. Richtig knifflig ist es aber bei älteren Aufzeichnungen. Weil früher keine Sensoren eingesetzt wurden, gibt es auch keine Daten, die einfach ausgelesen werden können.



Dr. Andreas Weiler
ist Dozent im Fach-
bereich Intelligent
Information Systems
und Studienleiter des
CAS Information
Engineering und
Machine Intelligence.

Weiterhin wird daran geforscht, dass Nutzerinnen und Nutzer in Programmen Vorschläge bekommen, die gut zu ihren persönlichen Interessen passen. Wenn jemand zum Beispiel bei Netflix oder iTunes ein Benutzerkonto hat und damit Filme anschaut, wird dies in einer Datenbank gespeichert: Diese Person schaut zweimal in der Woche «Simpsons». Wenn sie sich das nächste Mal in ihr Benutzerkonto einloggt, wird das aus der Datenbank ausgelesen. Ihr werden dann die neusten Folgen von «Simpsons» und ähnliche Serien wie zum Beispiel «Futurama» vorgeschlagen. Dasselbe passiert bei Facebook, wenn uns neue Freunde vorgeschlagen werden, mit denen wir uns verbinden sollen.

Es ist gut zu erkennen, dass uns solche technischen Lösungen das Leben leichter machen können. Wer genauer hinschaut, sieht aber auch Risiken. Denn wenn wir uns zu sehr auf die Technik verlassen, werden wir durch diese gesteuert und wir verlernen, Situationen selbst richtig einzuschätzen oder Entscheidungen zu treffen. Wichtig ist also, wie wir mit der Technik und dem Fortschritt umgehen!

Etwas Interessantes zum Schluss. Die digitalen Daten können für sehr nützliche Zwecke genutzt werden, an die ursprünglich niemand gedacht hat. Wenn es irgendwo auf der Welt zum Beispiel ein Erdbeben gibt, schreiben die betroffenen Menschen über Twitter, wie es ihnen geht, und versenden Fotos aus den zerstörten Gebieten. Diese Daten können von Rettungsstellen an allen möglichen Orten ausgelesen werden. Sie erkennen, wo die Not am grössten ist. Zusätzlich kann aus den Bewegungsdaten, die die Menschen im Katastrophengebiet mit ihren Navigationsgeräten erzeugen, ausgelesen werden, wie sich die Menschen bewegen und wie die Retterinnen und Retter schnell an die wichtigsten Orte gelangen können.

Buchstabenrätsel

Bringe die Buchstaben in die richtige Reihenfolge, um die Antwort auf die Frage zu bekommen.

- 1) Der Zugang zum Internet wird mit einem _____ hergestellt.
R B E R S O W
- 2) Auf einem Computer werden _____ ausgeführt.
R M M G O P R E A
- 3) Dort werden riesige Mengen an Daten gespeichert: _____
N K D N T B A A E
- 4) Ein anderes Wort für Programm: _____
W R S T F O A E
- 5) In dieser Einheit werden Daten gemessen: _____
Y M G A B E T E
- 6) Ein kleiner Computer: _____
H P O E N S A M T R
- 7) Daten entstehen auch in sozialen _____
W E N Z T E K R N E
- 8) Fussbälle enthalten zum Teil _____
R N O S S E E N

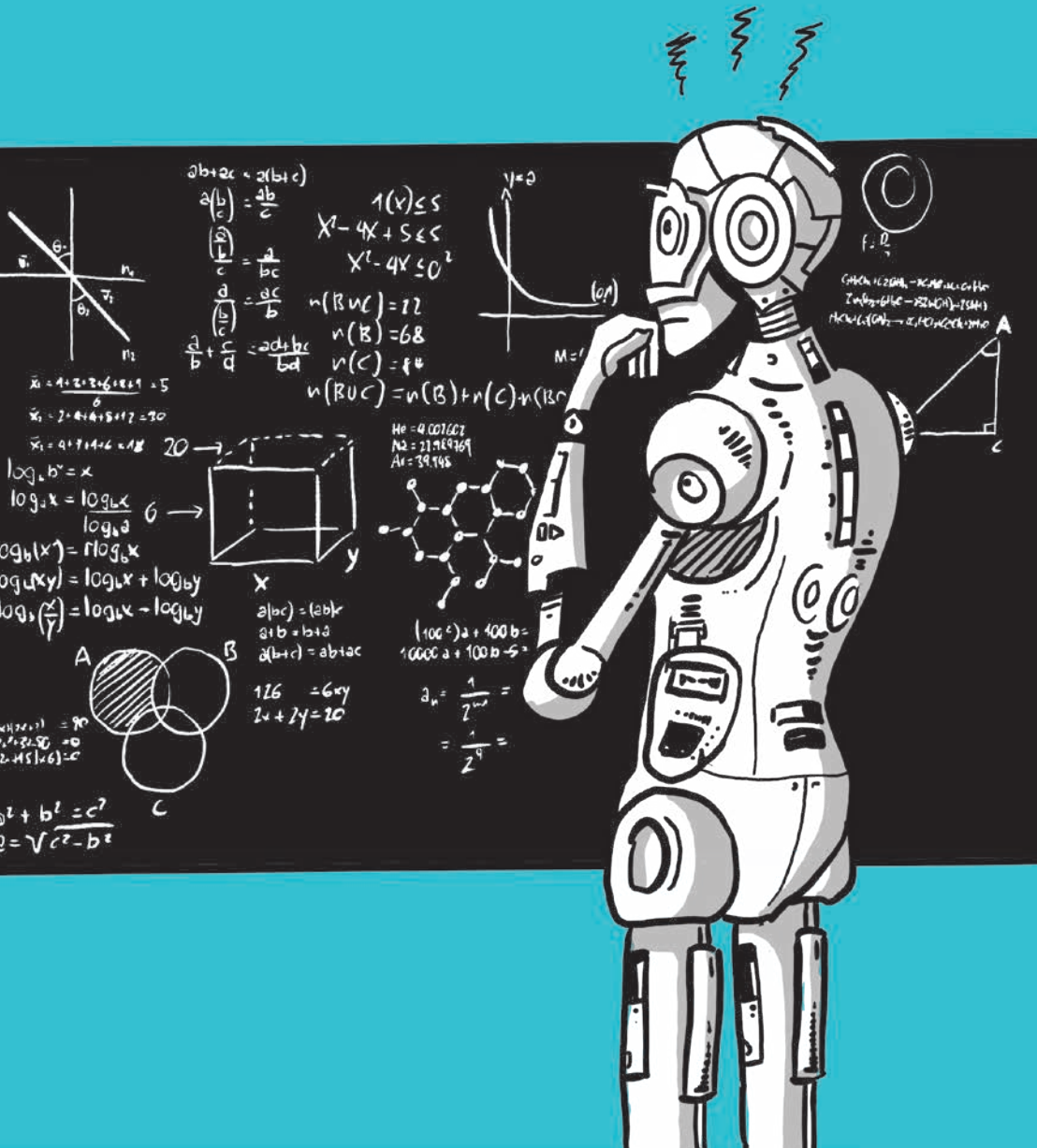
Antworten
(1) BROWSER, (2) PROGRAMME, (3) DATENBANK, (4) SOFTWARE, (5) MEGABYTE, (6) SMARTPHONE, (7) NETZWERKEN, (8) SENSOREN

Was ist künstliche Intelligenz?

Hast du schon einmal einen Roboter gesehen? Konnte er eventuell reden und hat auf deine Fragen reagiert? Oder einen Roboter, der die Wohnung putzt oder im Garten den Rasen mäht? Oder hast du vielleicht schon mal ein selbstfahrendes Auto gesehen? Woher weiss der Roboter, was er dir auf deine Fragen antworten muss, woher weiss er, welche Ecken er in der Wohnung putzen muss und wo im Garten der Rasen ist? Und woher kennt das selbstfahrende Auto den Weg? Sie sind so schlau, weil sie eine künstliche Intelligenz besitzen.

Wozu ist das gut? Die Einsatzmöglichkeiten von Systemen mit künstlicher Intelligenz sind sehr vielfältig. Intelligente Roboter übernehmen inzwischen viele Arbeitsschritte, die für Menschen zu schwer oder gar nicht zu bewältigen wären. Ganz aktuell zum Beispiel der Mars-Roboter «Perseverance». Für einen Menschen war es bisher unmöglich, auf den Mars zu fliegen und diesen zu erforschen. Auch führen intelligente Roboter zahlreiche Operationen im Krankenhaus durch, da sie sehr viel präziser arbeiten als eine menschliche Chirurgin oder ein menschlicher Chirurg. Vielleicht habt ihr auch schon vom IBM-Rechner «Watson» gehört, der darin programmiert wurde, Krebszellen zu erkennen.

Die künstliche Intelligenz hält immer mehr Einzug in unseren Alltag, so kann zum Beispiel eine künstliche Intelligenz dafür sorgen, dass die Fensterstoren je nach Wetterverhältnissen, Zeit und Vorlieben der Bewohnenden einer Wohnung automatisch geschlossen und geöffnet werden. Oder es gibt Staubsaugroboter oder Rasenmäherroboter, die mittels künstlicher Intelligenz die unbekannte Umgebung zu Hause erkunden und dann immer besser darin werden, diese sauber zu halten beziehungsweise das Gras zu schneiden.





Wo muss der Roboter sich zum Beispiel in die Warteschlange vor der Gelateria einreihen? Wenn er zu Hause losfährt, wissen wir ja noch nicht, wie viele Leute bei der Gelateria in der Schlange stehen. Oder wie soll der Roboter reagieren, wenn Erdbeere ausverkauft ist? Wenn wir alle Optionen im Voraus festlegen und programmieren müssen, wird das Programm mit den Anweisungen sehr lange. Künstliche Intelligenz hilft hier weiter.

viel Zeit. Künstliche Intelligenz hilft hier weiter: Der Roboter lernt, selbst zu denken, und kann auf unbekannte Situationen, die nicht programmiert wurden, reagieren. Aus dieser Erfahrung kann er lernen, sodass er beim nächsten Glacé-Kauf genau weiss, wo er sich zum Beispiel in die Warteschlange einreihen muss.

Wie lernt eine Maschine zu denken?

Künstliche Intelligenz ahmt das menschliche Gehirn nach. Wie ein kleines Kind, dem mehrfach gezeigt wird, wie man zur Gelateria läuft und dort ein Glacé kauft, lernt auch die Maschine anhand von vielen Beispielen, wie es funktioniert. Lernen besteht aus Erfassen und Verarbeiten von Informationen. Das Erfassen, was bei uns Menschen durch die Sinnesorgane geschieht, wird bei der Maschine von Kameras oder verschiedenen Sensoren übernommen. Die aufgenommenen Informationen werden dann nach bestimmten Regeln, die durch den Programmiercode festgelegt sind, weiterverarbeitet. Bei uns übernimmt diese Aufgabe das Gehirn. Es besitzt rund 86 Milliarden Nervenzellen, sogenannte Neuronen, die miteinander über elektrische Impulse kommunizieren. Sie bilden ein sehr komplexes Netzwerk mit vielen zehntausend Verbindungen.

Wozu ist das gut? Ein grosser Vorteil ist, dass mit künstlicher Intelligenz Milliarden von Informationen in Bruchteilen von Sekunden verarbeitet werden können. Auch ist künstliche Intelligenz in der Lage, Informationen aus Daten zu ziehen, die ein Mensch niemals erfassen könnte, weil sie etwa zu zahlreich oder die darunterliegenden Muster zu komplex sind.

In unserem Smartphone steckt ebenfalls jede Menge künstliche Intelligenz: Eine Spracherkennung, die unsere gesprochenen Worte in eine Nachricht umwandeln kann. Eine Navigation, die uns zu einem bestimmten Ort bringt und dabei Staus oder Baustellen mit einberechnet. Oder ein Fotoalbum, das die Bilder nach Personen und Dingen, die darauf abgebildet sind, sortiert. (Mehr dazu findest du im vorherigen Kapitel «Wie schlau ist ein Computer?» ab Seite 59.)

Wie wird das gemacht? Wenn eine Maschine eine bestimmte Aufgabe erledigen soll, so muss man ihr dies zuerst beibringen. Dies geschieht mit einfachen Befehlen, die die Maschine versteht, dem sogenannten Programmiercode. Man kann sich das als eine Aneinanderreihung von vielen «Wenn dies passiert, dann mach das» vorstellen. Stellen wir uns zum Beispiel vor, dass wir einen Roboter losschicken möchten, um uns eine Kugel von unserem Lieblingsglacé (Erdbeere) zu kaufen. Um diese Aufgabe zu bewältigen, müssen wir dem Roboter sehr genaue Anweisungen geben: Fahre zuerst 50 Meter geradeaus, dann biege nach links ab, dann nochmal 200 Meter geradeaus, dann stelle dich in die Warteschlange vor der Gelateria. Sobald du an der Reihe bist, sage der Glacé-Verkäuferin: «Eine Kugel Erdbeere im Becher.» Dann gib ihr das Geld, nimm den Becher in die Hand und fahre wieder nach Hause.

Nun muss man hierbei auf ziemlich viel achten: Wo muss der Roboter sich zum Beispiel in die Warteschlange vor der Gelateria einreihen? Wenn er zu Hause losfährt, wissen wir ja noch nicht, wie viele Leute bei der Gelateria in der Schlange stehen. Oder wie soll der Roboter reagieren, wenn Erdbeere ausverkauft ist? Wenn wir alle Optionen im Voraus festlegen und programmieren müssen, wird das Programm mit den Anweisungen sehr lange. Es ist fast unmöglich, solch ein Programm zu schreiben, und braucht unheimlich

Man kann dem System zum Beispiel viele Bilder von Erdbeerglace und Schoggiglace geben und behaupten, dass dies beides Erdbeerglace sei. Die Maschine würde niemals nachfragen, warum die beiden Glaces unterschiedliche Farben haben.



Wie wird das gemacht? Eines der vielversprechendsten Computerprogramme ist ähnlich wie das menschliche Gehirn aufgebaut. Es besteht aus künstlichen Neuronen (also Nervenzellen), die miteinander über Schichten verbunden sind. Wie die Maschine konkret lernt, erklärt uns unsere Expertin Anna Drewek anhand des Beispiels mit dem Erdbeerglace:

In der Lernphase werden dem Programm sehr viele Beispiele gezeigt, also zum Beispiel Bilder mit Erdbeerglace. Es entscheidet bei jedem Bild, ob ein Erdbeerglace darauf abgebildet ist oder nicht, und bekommt anschließend Feedback, ob die Entscheidung richtig oder falsch war. Je nach Feedback verändern sich dann die Verbindungen zwischen den künstlichen Neuronen. Diejenigen, die zu einer richtigen Antwort geführt haben, werden verstärkt, die anderen werden geschwächt. Nach sehr vielen Versuchen ist das so aufgebaute künstliche neuronale Netzwerk so gut, dass es eigenständig arbeiten und sehr zuverlässig Erdbeerglace auf neuen, ihm unbekannten Bildern identifizieren kann.

Da man aktuell allerdings noch nicht zu 100 Prozent versteht, wie das Lernen im menschlichen Gehirn funktioniert, haben die meisten intelligenten Systeme eine sogenannte schwache



Das Wort «Algorithmus» wird meist im Zusammenhang mit Computern verwendet. Ein Algorithmus sagt dem Computer, was er tun muss, wenn man einen Knopf drückt oder ein Programm aufruft. Das Ganze ist vergleichbar mit einer Kochanleitung. Zum Beispiel braucht es folgende Schritte fürs Spaghettikochen:

- 1) Fülle einen Topf mit Wasser,
- 2) stelle den Topf auf den Herd,
- 3) bring das Wasser zum Kochen,
- 4) gib die Spaghetti hinein und
- 5) warte 12 Minuten.

Beim Algorithmus ist es wichtig, dass die Anweisungen in der vorgegebenen Reihenfolge ausgeführt werden. Wenn man zuerst die Spaghetti in den Topf gibt, dann 12 Minuten wartet und zuletzt das Wasser hinzugibt, ergibt das keine essbaren Spaghetti.

künstliche Intelligenz. Das heisst, die komplexen Computerprogramme bilden nur einen kleinen Teil der menschlichen Fähigkeiten ab. Sie können meist nur eine ganz spezielle Frage beantworten. Der Roboter, dem wir beigebracht haben, ein Glace zu kaufen, würde eine Fehlermeldung ausgeben, wenn er plötzlich Blumen kaufen müsste, da er nie gelernt hat, wo ein Blumengeschäft ist und wie eine Blume aussieht.

Auch haben künstlich intelligente Systeme kein Bewusstsein. Man kann dem System zum Beispiel viele Bilder von Erdbeerglace und Schoggiglace geben und behaupten, dass dies beides Erdbeerglace sei. Die Maschine würde niemals nachfragen, warum die beiden Glaces unterschiedliche Farben haben.

Woran wird geforscht? Die Vielfalt und die Anzahl von digitalen Geräten und Sensoren, welche die Umwelt erfassen, nehmen stetig zu. Dadurch vergrößert sich die Datenmenge, aus denen die intelligenten Systeme lernen können, fortlaufend. Wir forschen an neuen Rechenvorschriften, die diese neuen Daten in nützliche Informationen für den Computer umwandeln und geeignet miteinander verknüpfen können. Auch arbeiten wir Forschenden an der Optimierung schon bestehender Programmierungen, mit dem Ziel, dass die Maschine noch besser eigenständig Muster erkennen kann.

Die komplexen Muster und Formen, die vom Algorithmus (siehe [Wörterklärung links](#)) gebraucht werden, sind aktuell auch noch nicht verstanden. Insbesondere das künstliche neuronale Netzwerk ist fast genauso undurchdringbar wie das menschliche Gehirn. Wir möchten besser verstehen, warum die Maschine bei einem Bild das Erdbeerglace als ein solches erkennt. Was ist ausschlaggebend – die Farbe, die Form?

Selber forschen!

Finde mit diesem Versuch heraus, was es zum Lernen einer bestimmten Aufgabe braucht und wie schwierig das sein kann.

Vorbereitung

Male 10 verschiedene Gesichter. Davon sind 4 Gesichter ganz normal und 6 Gesichter besonders. Die 6 besonderen Gesichter sollen eines oder beide der folgenden Merkmale haben:

- grosse Ohren
- zwei bis vier Sommersprossen auf den Backen

Achte darauf, dass bei den anderen 4 normalen Gesichtern keine Sommersprossen sind und die Ohren eine normale Grösse haben.

Versuchsdurchführung

- 1) Wähle eine Versuchsperson (dein Bruder/deine Schwester oder dein/-e Freund/Freundin oder deine Eltern).
- 2) Zeige der Versuchsperson eine der nachfolgend beschriebenen Kombinationen von Gesichtern:
 - A) 4 Gesichter: 2 normale Gesichter, 2 Gesichter mit Sommersprossen
 - B) 4 Gesichter: 2 normale Gesichter, 2 Gesichter mit grossen Ohren
 - C) 6 Gesichter: 2 normale Gesichter, 2 Gesichter mit Sommersprossen und 2 Gesichter mit grossen Ohren
 - D) 9 Gesichter
- 3) Ordne die Gesichter in 2 Gruppen an (normale Gesichter und besondere Gesichter).

- 4) Gib der Versuchsperson ein weiteres Gesicht und frage sie, ob es ein normales oder ein besonders Gesicht ist.

Wiederhole den Versuch und ändere dabei die gezeigte Kombination (A, B, C oder D) UND/ODER das Gesicht, das die Person als normal oder besonders zuordnen soll.

Auswertung

- Wie oft hat die Zuordnung geklappt?
- Konnte dir die Versuchsperson nach dem Versuch die beiden Merkmale nennen, durch welche sich die zwei Gruppen unterscheiden?
- Klappte die Zuordnung bei A, B, C oder D am besten?
- Wann hat die Zuordnung gar nicht geklappt?

Bemerkung

Die Zuordnung sollte am besten klappen, wenn die Versuchsperson durch die gezeigten Gesichter in Schritt 2 bemerkt, dass sie auf Gesichter achten muss, die entweder Sommersprossen, grosse Ohren oder beides haben. Hierfür eignet sich optimalerweise die Kombination D. Fehlt etwas in der gezeigten Kombination, wird es beinahe unmöglich, ein neues Gesicht mit dem fehlenden Merkmal in Schritt 4 richtig zuzuordnen. Zum Beispiel kann die Versuchsperson bei A nur erkennen, dass die Gesichter alle Sommersprossen haben. Muss die Person nun ein Gesicht mit nur grossen Ohren zuordnen, so wird sie sich schwertun.

Es braucht also zum Lösen dieser Zuordnungsaufgabe möglichst viele Beispiele, die alle Merkmale (grosse Ohren, Sommersprossen oder auch beides) zeigen. Das gilt für jegliche Aufgabe, die eine Maschine mittels künstlicher Intelligenz erlernen soll. Ein möglichst vielfältiges, gut ausgewähltes Lernset (Schritt 2) ist eine wichtige Grundlage für die Entwicklung der Intelligenz.



Dr. Anna Drewiek
ist Dozentin für
statistische Daten-
analyse an der
ZHAW School of
Engineering.

Momentan brauchen die intelligenten Systeme sehr viele Beispiele, um eine Aufgabe zu erlernen. Eine Frage, die wir Forschenden uns daher stellen, ist: Wie kann man dem System beibringen, Dinge schneller zu erlernen? Auch noch offen ist, wie man am besten die erlernten Fähigkeiten in einer anderen Situation wiederverwenden kann. Dass also der Roboter beispielsweise mit wenigen kleinen Anpassungen dann doch auch Blumen kaufen kann.

Ein grosser Traum ist es, eine intelligente Maschine zu bauen, die dem Menschen sehr ähnelt beziehungsweise das menschliche Verhalten imitieren kann. Bei selbstfahrenden Autos ist man mithilfe umfangreicher Sensor- und Fahrdaten schon sehr weit, um sie eigenständig durch die Strassen fahren zu lassen. Je weiter die Forschung voranschreitet, desto mehr treten auch ethische Fragen in den Vordergrund: Wie soll sich ein selbstfahrendes Auto in einer Situation entscheiden, in der es nur die Wahl hat, einen Passanten zu überfahren oder gegen einen Baum zu fahren und die Personen im Auto damit zu verletzen?

Wie funktionieren Klappbrücken und Schiffschleusen?

Flüsse waren schon immer wichtige Verkehrswege. Wichtige technische Entwicklungen beschäftigen sich damit, dass ein Fluss das Reisen der Menschen und den Transport von Waren sowohl erleichtern als auch verhindern kann.

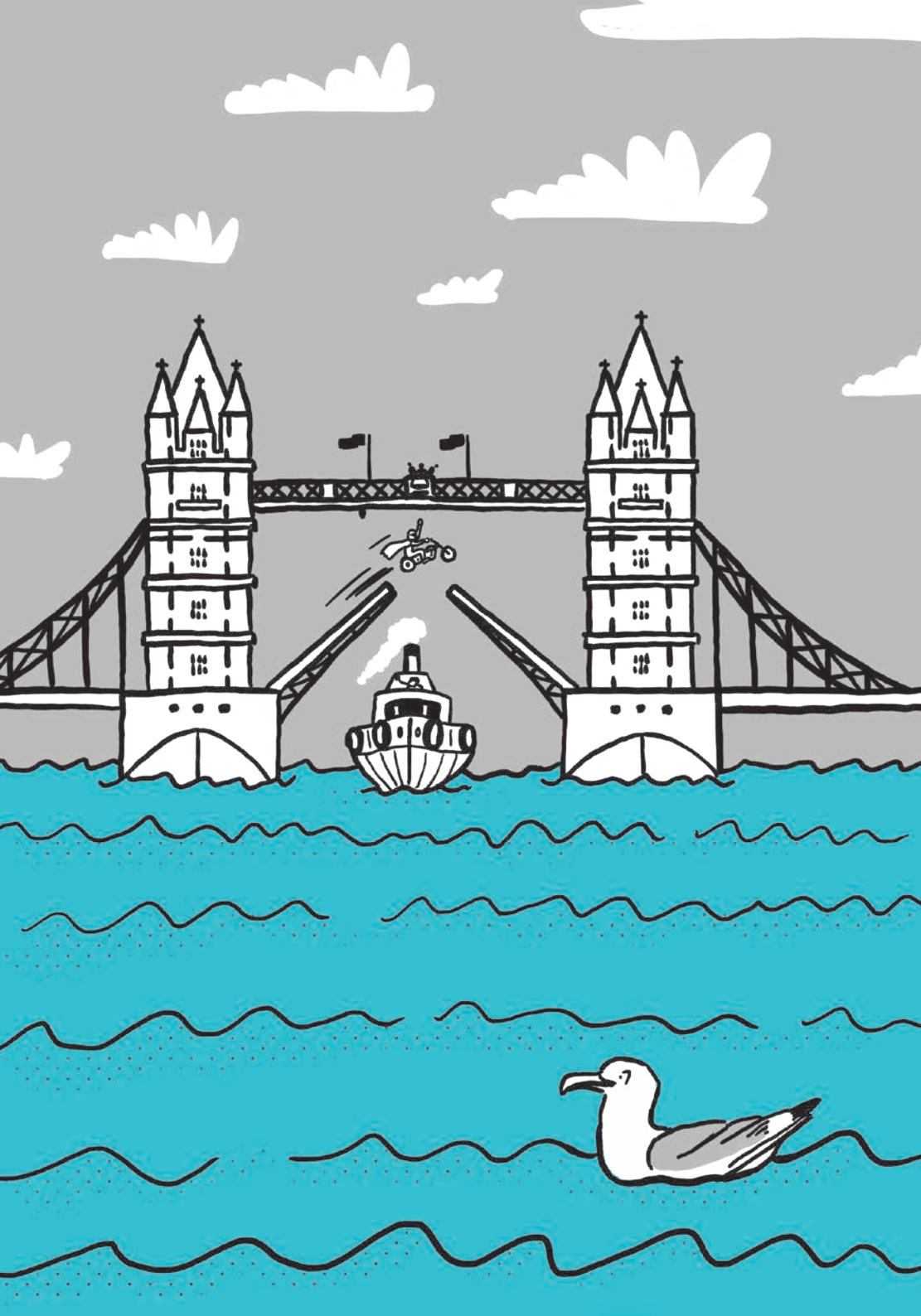
Wie funktioniert die Tower Bridge?

Wer kennt sie nicht, die wohl berühmteste Klappbrücke der Welt: die Tower Bridge in London. Wie ist es den Ingenieuren von damals gelungen, die Brückenkappen mit einem Gewicht von je über 1000 Tonnen in weniger als zwei Minuten auf einen maximalen Neigungswinkel von 86 Grad hochzuklappen?

Wozu ist das gut? Ist das nicht eine verrückte Idee, so schwere Fahrbahnen einer Brücke hochzuklappen? Wieso hat man nicht eine «normale» Brücke gebaut? Um das zu verstehen, müssen wir in die Vergangenheit reisen.

London wuchs ab 1800 stark an: Immer mehr Menschen, immer mehr Waren, immer mehr Verkehr. Der Fluss Themse wirkte wie ein Verkehrshindernis, besonders in der Umgebung des London Tower. Eine Brücke wollte man zuerst gar nicht bauen, weil die Ufer dort so niedrig sind, dass die grossen Schiffe nicht mehr unter ihr hätten durchfahren können. Was tun?

Als erste Lösung wurde 1870 die «Tower Subway» gebaut, also eine Tunnelröhre unter der Themse hindurch. Sie war aber wenige Jahre später schon zu klein für den rasch wachsenden Verkehr. 1884 wurde daher der Vorschlag des Stadtbaumeisters von London angenommen, eine Klappbrücke zu bauen. Wenn grosse Schiffe einlaufen, werden die Brücken-



träger hochgeklappt. Der Strassenverkehr muss dann warten, bis die Fahrbahnen wieder geschlossen sind.

Wie wird das gemacht? Schon viel früher wurden Zugbrücken gebaut, du hast sie sicher schon an Burgen gesehen. Sie haben einen grossen Nachteil: Das ganze Gewicht des Brückenträgers muss hochgezogen und gehalten werden. Bei einer Klappbrücke wird das anders gelöst. Hinter die Drehachse des Trägers wird ein grosses Gewicht verlagert und die Brückenklappe dadurch angehoben.

Bei der Tower Bridge wird das mit einem ausgeklügelten hydraulischen System gemacht. Hydraulisch heisst, dass die Kraft durch eine Flüssigkeit übertragen wird. Ja richtig, zum Betrieb der Brücke nutzt man die Wasserkraft: zum Öffnen und Schliessen der beiden Brückenteile, für die Aufzüge zu den Fussgängerübergängen und selbst für die Verkehrssignale. Frank Huber ist Experte bei Hydrauliksystemen. Er erklärt diese technische Meisterleistung:

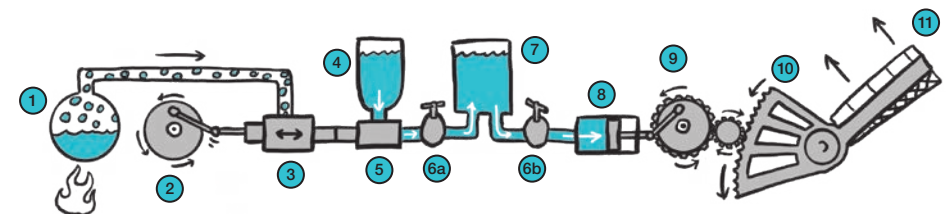
Damit ausreichend Energie für ein rasches Hochschwingen der Brückenklappen vorhanden ist, braucht es genügend Wasser. Deshalb wird das Wasser in grosse, mit Gewichten belastete Speicherbehälter gepumpt – in die sogenannten Akkumulatoren. Sobald der Klappmechanismus ausgelöst wird, strömt das in den Akkumulatoren gespeicherte Wasser durch die Gewichtskraft durch acht hydraulische Motoren. Sie heben über Zahnräder und Zahnsegmente die Brückenklappen an.

Der Druck für die Bewegung des Wassers wurde lange Zeit mit Dampfkesseln unter dem Südteil der Brücke erzeugt. Sie wurden mit Kohle geheizt und lieferten einen Dampfdruck von 5 bis 5,5 bar. Das ist etwas mehr, als ein Reifen eines Mountainbikes hat. Dieser Dampfdruck

setzte zwei riesige Kolbendampfmaschinen in Bewegung, die Wasser unter einem Druck von 52 bar in das Hydrauliksystem pumpen.

Damit das Hochschwingen über die Drehzapfen möglichst energieeffizient geschehen konnte, waren die Brückenklappen mit Gegengewichten ausgestattet. Die Drehzapfen, das ist etwas Ähnliches wie Achsen, liegen in einem Lager, das einen Durchmesser von 50 Zentimetern hat! Findest du irgendwo eine Achse mit einem solchen Durchmesser?

Für ein so grosses Gewicht wie die Brückenklappen der Tower Bridge genügt keine Lösung, die mehr recht als schlecht funktioniert. Mit zahlreichen Detaillösungen sorgten die Ingenieure für einen sicheren Ablauf. Sie sind in der folgenden Abbildung vereinfacht gezeichnet.



- 1 Dampfkessel
- 2 Schwungrad
- 3 Kolbendampfmaschine
- 4 Wasserreservoir
- 5 Wasserpumpe
- 6 Ventil
- 7 Akkumulator
- 8 Hydraulikmotor
- 9 Zahnräder
- 10 Zahnsegment
- 11 Brückenklappe

Der Kessel, mit dem der Dampfdruck von 5 bar erzeugt wird, ist ganz links zu sehen. Der Dampf strömt in die Kolbendampfmaschine (3). Das Schwungrad (2) ist nötig, damit der Kolben immer wieder hin- und herläuft. Von der Kolbendampfmaschine wird das Wasser aus dem Reservoir (4) in den Akkumulator (7) gepumpt. Das Ventil links (6a) ist ein Rückschlagventil, das verhindert, dass das im Akkumulator (7) gespeicherte Wasser zurück in das Reservoir läuft. Wenn das Ventil (6b) rechts geöffnet wird, strömt das Wasser nun mit

grossen Druck in den Hydraulikmotor (8). Die Zahnräder (9) drehen sich und treiben das Zahnsegment (10) an, das an der Brückenklappe (11) befestigt ist.

1974, also nach beinahe 100 Jahren, wurde das Hebesystem von Wasser auf Ölhydraulik umgestellt. Anstelle der Dampfmaschinen erzeugen nun elektrisch betriebene Kolbenpumpen den erforderlichen Öldruck, der direkt über Hydraulikmotoren und Zahnräder die Klappen antreibt. Das Maschinenhaus mit den Dampfmaschinen wurde ausser Betrieb genommen. Es kann heute noch besichtigt werden, obwohl es keine Funktion mehr hat.

Interessantes und Witziges

Die Errichtung dieser Brücke beanspruchte acht Jahre Bauzeit, 30 000 Tonnen Stein, 11 000 Tonnen Stahl sowie zwei Millionen Nieten und verursachte Baukosten in der Höhe von umgerechnet rund 1,8 Millionen Franken. Heute wird die Themse im Stadtgebiet Londons hauptsächlich von Touristinnen und Touristen genutzt. Daher müssen die Brückenträger der Tower Bridge immer seltener geöffnet werden. Vollständig geöffnet werden sie nur noch bei besonderen Feiern.

Ausser den Hebe- und Klappmechanismen gibt es noch andere bewegliche Brücken. Eine Eisenbahnbrücke über den Suezkanal hat Fahrbahnen, die nicht hochgeklappt, sondern zur Seite weggedreht werden. Das dauert 15 Minuten. Bei Hubbrücken wird der Brückenträger waagrecht nach oben gezogen. Sie brauchen besonders stabile Brückentürme am Flussufer, die das Gewicht der Träger halten. In Griechenland hat man das Prinzip umgedreht: Die Fahrbahn wird in das Wasser des Flusses versenkt. Diese «Senkbrücke» kommt ganz ohne Brückentürme aus.

Wie funktioniert eine Schleuse?

Eine Fahrt mit dem Schiff ist immer eine aufregende Sache. Besonders spannend wird es, wenn das Schiff in eine Schleuse fährt. Schleusen sind technisch aufwändige und teure Bauwerke, die sehr wichtig für die Schifffahrt sind.

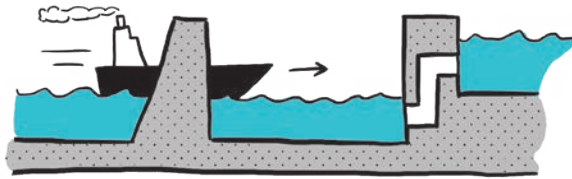
Wozu ist das gut? Für ein Schiff, das Menschen oder Waren transportiert, ist ein starkes Gefälle eines Flusses sehr ungünstig. Flussaufwärts bräuchte es einen sehr starken Motor und viel Kraftstoff. Und flussabwärts wäre die Gefahr, dass es zu schnell wird und auf das Ufer oder eine Sandbank aufläuft. Dann könnten Menschen verletzt werden oder Schadstoffe in den Fluss auslaufen.

Schon seit über 2000 Jahren werden Bäche und Flüsse aufgestaut. Zwischen zwei Staustufen wird ein Bereich des Flusses flacher und die Strömung schwächer. Dadurch wird das Problem aber nur verlagert, denn wie kann man mit einem Boot oder Schiff nun die Staustufe überwinden? Eine Lösung ist die Schleuse. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, die zwischen schiffbaren Flüssen oder Kanälen liegenden Landstrecken oder andere Hindernisse, wie zum Beispiel einen Wasserfall, zu überbrücken.

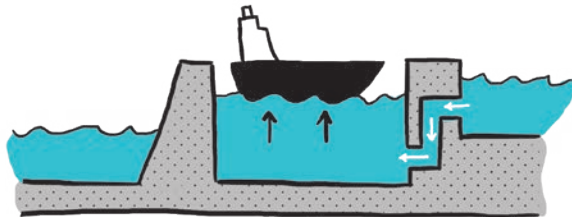
Wie wird das gemacht? Eine Schleuse besteht aus zwei hintereinanderliegenden Toren. Angenommen, ein Schiff will zu Berg, also aufwärts geschleust werden: Vom Unterwasser kommend läuft es durch das geöffnete Untertor in die Schleusenkammer ein. Das Obertor, in der Zeichnung das rechte, ist wasserdicht geschlossen.

Hinter dem Schiff wird jetzt auch das Untertor geschlossen. Dann werden die Schieber unter dem Obertor geöffnet.

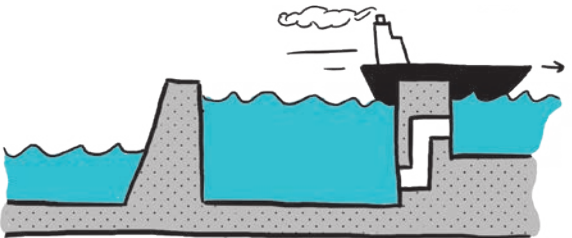
Eine Schleuse besteht aus zwei hintereinanderliegenden Toren. Angenommen, ein Schiff will zu Berg, also aufwärts geschleust werden: Vom Unterwasser kommend läuft es durch das geöffnete Untertor in die Schleusenkammer ein. Das Obertor, in der Zeichnung das rechte, ist wasserdicht geschlossen.



Hinter dem Schiff wird jetzt auch das Untertor geschlossen. Dann werden die Schieber unter dem Obertor geöffnet. Dadurch strömt Oberwasser von unten in die Schleuse ein. So steigt der Wasserstand in der Schleusenkammer an. Mit dem steigenden Wasserstand wird auch das Schiff angehoben. Das besonders Raffinierte daran ist, dass das allein durch den Druck des Oberwassers gelingt. Nur für das Heben und Senken der schweren Schleusentore muss Energie aufgewendet werden.



Wenn der Wasserstand in der Schleusenkammer das Niveau des Oberwassers erreicht hat, wird das Obertor geöffnet. Das Schiff hat das Hindernis überwunden und kann die Schleuse verlassen.



Dadurch strömt Oberwasser von unten in die Schleuse ein. So steigt der Wasserstand in der Schleusenkammer an. Mit dem steigenden Wasserstand wird auch das Schiff angehoben.

Das besonders Raffinierte daran ist, dass das allein durch den Druck des Oberwassers gelingt. Nur für das Heben und Senken der schweren Schleusentore muss Energie aufgewendet werden.

Wenn der Wasserstand in der Schleusenkammer das Niveau des Oberwassers erreicht hat, wird das Obertor geöffnet. Das Schiff hat das Hindernis überwunden und kann die Schleuse verlassen.

Flussabwärts funktioniert es genau umgekehrt: Das Schiff läuft vom Oberwasser durch das offene Obertor in die Schleusenkammer ein. Hinter dem Schiff schliesst sich das Obertor wasserdicht. Dann werden die Schieber unter dem Untertor geöffnet, sodass das Wasser aus der Schleusenkammer in das Unterwasser abfließt.

Der Wasserstand in der Schleusenkammer sinkt langsam, und mit ihm sinkt auch das Schiff nach unten – so lange, bis der Wasserstand in der Schleusenkammer das Niveau des Unterwassers erreicht hat. Dann wird das Untertor geöffnet, das Schiff kann aus der Schleusenkammer in das Unterwasser laufen. Das ist natürlich nur eine ganz einfache Darstellung. In Wirklichkeit ist eine Schleuse technisch sehr aufwändig.

Es gibt ganz verschiedene Sorten von Schleusen, und bis ein Schiff da durch ist, kann es je nach Grösse von Schiff und Schleuse sogar mehrere Stunden dauern. Bedient werden die Schleusen entweder von Schleusenwärterinnen oder Schleusenwärtern oder manchmal auch von der Boots-



Frank Huber ist Dozent für Produktentwicklung an der ZHAW School of Engineering.

besatzung selber. Dies geschieht meist elektrisch. Bei kleineren Schleusen kann es durchaus vorkommen, dass man die Tore und Schieber von Hand aufdrehen muss. Das ist dann ein ganz schönes Stück Arbeit.

Finde die versteckten Wörter

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

Diese Wörter sind versteckt
KAMMER, HINDERNIS, SCHLEUSE, KOLBEN, BRÜCKENKLAPPE, SANDBANK, BESÄTZUNG, OBERWASSER, VERKEHRSWEG, HYDRAULIK, WASSER, TOWERBRIDGE

Wie klebt Klebstoff?

Ohne Klebstoff geht beim Basteln gar nichts. Aber warum halten die Teile überhaupt zusammen? Klebstoff-Experte Christof Brändli hilft uns, das zu verstehen.

Warum klebt der Leim überall, aber nicht in der Tube?

Die Frage, warum Kleber nicht in der Tube klebt, wird häufig gestellt. Schauen wir zuerst darauf, wozu er überhaupt dient.



Beim Weissleim handelt es sich um ein Gemisch aus einem Kunststoff (Polymer) und Wasser (Lösungsmittel). Der Kunststoff ist in Form von kleinen Kugeln ganz fein im Wasser verteilt.

Wozu ist das gut? Wenn mehrere Teile zusammenhalten sollen, ist Kleben eine praktische Lösung. Es ist billig und leicht zu machen. Kleber kann schnell oder langsam aushärten, sehr fest oder nur leicht kleben, und es gibt für fast alle Materialien geeignete Kleber. Mit Sekundenkleber lassen sich Holz, Metall, Glas und Kunststoff kleben. Weissleim eignet sich besonders für Holz, und mit Fliesenkleber kann man Fliesen verkleben. Am Fahrrad werden Schrauben verklebt, damit sie sich bei Erschütterungen nicht lösen. Bäckerinnen und Bäcker kleben mit Eiweiss Teigstücke zusammen, und sogar in der Medizin wird geklebt: Schnittwunden werden mit Klebestreifen zusammengehalten, und bei Unfällen können Blutungen mit Sekundenkleber gestoppt werden, weil er so schnell hart wird.

Interessantes und Lustiges

Die Erfindung des Sekundenklebers war eigentlich ein Fehler. Der US-amerikanische Chemiker Harry Coover wollte eigentlich einen Kunststoff mit ähnlichen Eigenschaften wie Glas entwickeln. Die Substanzen, mit denen er experimentierte, blieben aber überall kleben. Aus purem Zufall hatte er den Sekundenkleber erfunden.



In der Packung ist der Kaugummi trocken. Sobald man ihn in den Mund nimmt und kaut, wird er gummiartig und klebrig. Der Speichel im Mund ist wie ein Lösungsmittel und weicht den Kaugummi auf. Er wird dehnbar und haftet auf allen möglichen Oberflächen.

Wie funktioniert das? Die Antwort ist gar nicht so einfach, weil man dafür Wissen aus der Chemie braucht. Christof Brändli erklärt es uns so einfach wie möglich.

Es gibt viele verschiedenartige Klebstoffe, die auf unterschiedliche Art kleben. Beim Weissleim zum Beispiel handelt es sich um ein Gemisch aus einem Kunststoff (Polymer) und Wasser (Lösungsmittel). Der Kunststoff ist in Form von kleinen Kugeln ganz fein im Wasser verteilt. Diese Kunststoffkugeln sind vollständig von Wasser ummantelt und können daher nicht aneinanderkleben. Wird der Leim aus der Tube gedrückt, verdunstet das Wasser, und der Leim härtet aus. Das sieht man gut an der Spitze der Tube, die oft verklebt, wenn sie nicht ganz dicht verschlossen ist. In der Tube kann das Wasser nicht verdunsten. Deshalb bleibt der Weissleim flüssig und klebt nicht an ihrer Innenseite fest.

Das ist ähnlich wie beim Kaugummi. In der Packung ist er trocken und überhaupt nicht klebrig. Sobald man ihn in den Mund nimmt und kaut, wird er gummiartig und klebrig. Der Speichel im Mund ist wie ein Lösungsmittel und weicht den Kaugummi auf. Dann haftet er auf allen möglichen Oberflächen – auch auf der Strasse. Dort dringt er in die feinen Ritzen und Furchen im Asphalt ein. Mit der Zeit verliert der Kaugummi seine Feuchtigkeit und wird dadurch härter. So ist es fast unmöglich, ihn von Strassen und Plätzen zu entfernen.

Andere Klebstoffe funktionieren aber genau umgekehrt: Sie brauchen Feuchtigkeit, damit sie fest werden. Die ziehen sie aus der Luft an. Beispiele für solche feuchtigkeitshärtenden Klebstoffe sind der Sekundenkleber oder Silikon-Klebstoffe, die im Badezimmer für Fugendichtungen verwendet werden.

Was wir «Aushärten» nennen, bedeutet chemisch, dass sich etwas im inneren Aufbau der Klebstoffe ändert. Christof Brändli braucht für seine Antwort zwei wichtige Grundbegriffe der Chemie: Element und Molekül.

Wie alle Stoffe, so bestehen auch Klebstoffe aus chemischen Elementen, zum Beispiel aus Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff. Diese Elemente verbinden sich zu Gruppen, die nennen wir Moleküle. Von der Zusammensetzung der Moleküle hängt ab, welche Eigenschaften ein Stoff hat.

Beim Aushärten von Klebstoffen verbinden sich die Moleküle zu langen Ketten und Netzwerken – sie polymerisieren. Bei Silikonem dauert das normalerweise einige Stunden, bei Sekundenkleber, wie der Name sagt, nur kurze Zeit.

Wieso das so ist? Sekundenkleber bestehen aus Cyanacrylaten. Das sind reaktive Moleküle, die gewöhnlich sehr dünnflüssig sind. Wenn sie Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen, findet eine sehr schnelle Reaktion zwischen dem Klebstoff und der Feuchtigkeit statt. Die Folge ist, dass der Klebstoff aushärtet. Dabei entsteht Wärme, die so gross werden kann, dass leicht brennbare Materialien in Flammen aufgehen können.

Ganz so einfach ist das Kleben also doch nicht. Solche Gefahren muss man kennen und gut auf die Sicherheit achten.



Warum kleben Haftnotizen nicht fest?

Seit 1975 gibt es die Klebezettel (zum Beispiel Post-it), die aus Büros und Schulen kaum mehr wegzudenken sind.

Wozu ist das gut? Mit Haftnotizen können wir Botschaften an andere Menschen so anbringen, dass sie gut gesehen werden. Und hinterher können wir sie wieder abziehen, ohne dass Flecken bleiben. Oder wir können wichtige Stellen in einem Buch markieren. Dabei hilft, wenn sie unterschiedliche Farben haben. Dann kann man besonders Wichtiges rot markieren, anderes grün und so weiter.

Wie wird das gemacht? Die Funktionsweise der Haftnotizen ist etwas ganz Spezielles. Dabei kommen Klebstoffe zum Einsatz, die für eine ganz andere Anwendung gedacht waren. Die Forscherinnen und Forscher wollten einen extrastarken Klebstoff entwickeln. Er haftete jedoch überhaupt nicht gut, dafür konnte er rückstandsfrei wieder abgelöst werden. Durch einen Zufall wurde also die Anwendung für Haftnotizen entdeckt.

Christof Brändli erklärt die Funktion wieder mit Kügelchen: *Das Geheimnis der Haftnotizen steckt in Klebstoff-Kügelchen unterschiedlicher Grösse. Die einen sind etwa 30 bis 50 Mikrometer gross – das entspricht etwa der Dicke eines Haars. Wenn du meinst, das sei klein, irrst du dich. Diese Kügelchen sind in andere eingebettet, die sehr viel kleiner sind. Das Zusammenspiel zwischen den kleinen Klebstoffkugeln und dem «Klebstoffbett» aus den noch kleineren ergibt genau die gewünschten Eigenschaften. Die Kugeln des Klebstoffbettes kleben an der Haftnotiz. Die grossen Kugeln stehen etwas über, sodass nur sie am Untergrund kleben. Deshalb lassen sich die Notizen leicht wieder lösen. Die grossen Kugeln sind auf dem Klebstoffbett*

zudem relativ beweglich. Es müssen daher nicht immer die gleichen Stellen aktiv sein, und so können die Zettel gut mehrfach angeklebt und wieder entfernt werden.

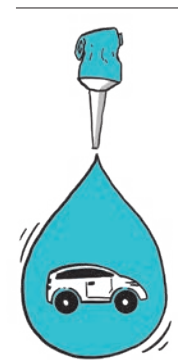
Die Herstellung von Haftnotizen ist schwierig, die Hersteller hüten dieses Geheimnis, damit es andere nicht nachmachen. Wichtig ist auch, das richtige Papier zu finden. Es muss speziell beschichtet werden, damit sich die Zettel sauber und einfach voneinander lösen.

Stimmt es, dass in Autos viel Klebstoff vorhanden ist?

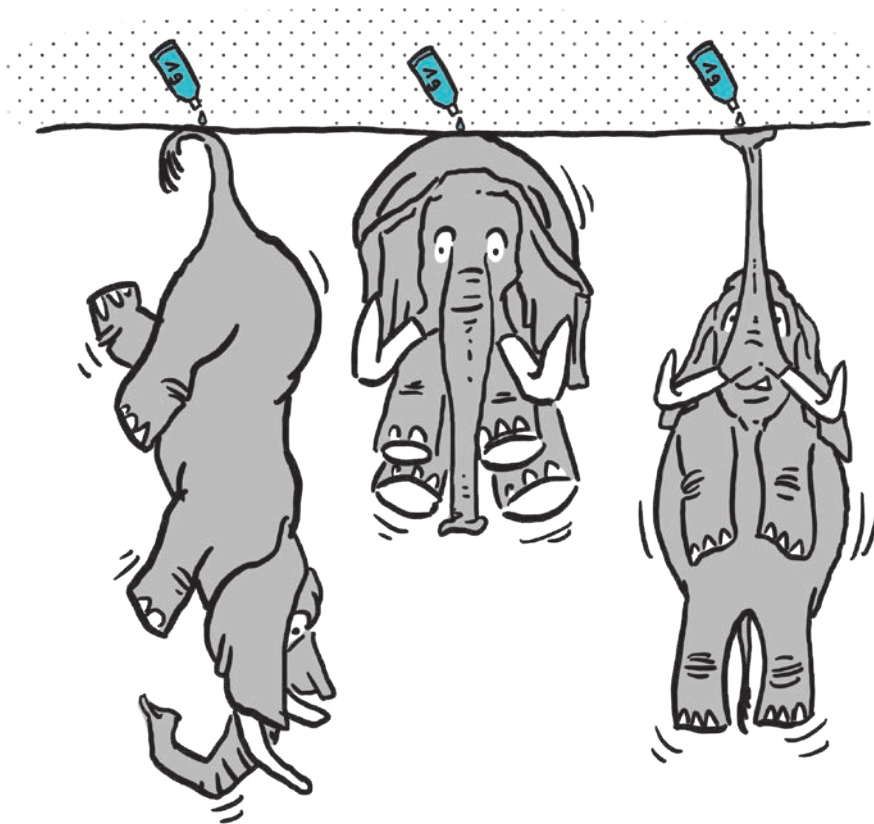
Eigentlich, so könnte man meinen, sind in den schweren Autos alle Teile geschraubt oder geschweisst. Das stimmt aber nicht – im Gegenteil: Immer mehr Teile werden dort geklebt. Heute fahren in einem Auto durchschnittlich rund 20 Kilogramm Klebstoff mit.

Wozu ist das gut? Zunächst einmal geht das Kleben schneller und einfacher als zum Beispiel Schweißen oder Schrauben. Ausserdem dichtet der Kleber die Naht ab. Anders als beim Schrauben kann dann kein Wasser durchlaufen.

Wie wird das gemacht? Um beantworten zu können, wo und wie in Autos geklebt wird, muss man genauer hinschauen, weil so viele unterschiedliche Klebstoffe eingesetzt werden. Christof Brändli wählt ein paar Beispiele aus. Eine Klebstoffart ist der 1-Komponenten-Kleber. Damit werden zum Beispiel Autoscheiben an den Rahmen geklebt. Man nimmt dazu einen 1-Komponenten-Polyurethan-Klebstoff. Er ist mit Russ vermischt, deshalb ist er schwarz. Wenn der Klebstoff an der Karosserie aufgetragen und die Scheibe aufgesetzt wird,



Bei ganz neuen Autos werden auch Kohlenstofffaserverbund-Materialien («Carbon») eingesetzt. Diese sind besonders leicht und lassen sich gar nicht schweißen. Diese Autos werden also nur durch Klebstoffe zusammengehalten.



Mittlerweile wiegt das schwerste Gewicht, das mit einem Klebstoff angehoben wurde, über 17 Tonnen. Für diesen Guinnessbuch-Rekord wurden nur gerade 3 Gramm Klebstoff verwendet, um den Lastwagen eine Stunde lang in der Luft zu halten. Ein weiterer Test hat gezeigt, dass mit diesem Klebstoff sogar 27 Tonnen möglich gewesen wären.

dauert das Aushärten teilweise mehrere Stunden. Anschließend hält die Scheibe aber so stark, dass sie sich auch bei einem Unfall nicht löst. Übrigens werden auch Zugscheiben mit der gleichen Technik verklebt.

Eine andere spannende Art, im Automobilbau zu kleben, sind die Epoxidharz-Klebstoffe. Der grösste Teil der Karosserie in einem Auto besteht aus Stahl und Aluminium. Die einzelnen Teile werden durch Schweißen (beim Stahl) oder Nieten (beim Aluminium) miteinander verbunden. Seit ein paar Jahren werden anstelle oder zusätzlich zum Schweißen und Nieten Klebstoffe eingesetzt. Das hat viele Vorteile. Einerseits wird die Karosserie steifer. Dadurch kann das Auto einfacher und genauer gesteuert werden, was vor allem bei hohen

Geschwindigkeiten wichtig ist. Andererseits brechen bei einem Unfall die Klebeverbindungen auf. Das ist dann erstaunlicherweise gut: Ein Teil der Aufprallenergie fliesst in das Aufbrechen des Klebers und nicht in die Insassen. Dadurch kann das Verletzungsrisiko verringert werden. Bei ganz neuen Autos werden auch Teile aus Kohlenstofffasern («Carbon») eingesetzt. Die sind zwar besonders leicht, lassen sich aber gar nicht schweißen. Diese Autos werden also nur durch Klebstoffe zusammengehalten.

Interessantes und Lustiges

Es gibt weltweit über 25 000 verschiedene Klebstoffsorten. Aber welches ist denn der stärkste Klebstoff der Welt? Das lässt sich nicht eindeutig beantworten, denn es gibt keine Weltmeisterschaft für Klebstoffe. Aber es finden immer wieder Weltrekordversuche statt. So konnte im Jahr 2011 mit einem Sekundenkleber ein Gabelstapler von über 8 Tonnen Gewicht während einer Stunde durch einen Klebstoff auf einer Höhe von einem Meter gehalten werden. Im «Guinnessbuch der Rekorde» galt er als der stärkste Klebstoff der Welt. Ein Jahr später wurde der Rekord auf 10 Tonnen erhöht, und im Jahr 2013 wurde ein Lastwagen mit einem Gewicht von 16 Tonnen in die Luft gezogen. Mittlerweile wiegt das schwerste Gewicht, das mit einem Klebstoff angehoben wurde, über 17 Tonnen. Für diesen Guinnessbuch-Rekord wurden nur gerade 3 Gramm Klebstoff verwendet, um den Lastwagen eine Stunde lang in der Luft zu halten. Ein weiterer Test hat gezeigt, dass mit diesem Klebstoff sogar 27 Tonnen möglich gewesen wären.

Man kann davon ausgehen, dass diese Weltrekordversuche auch in Zukunft zur Spielwiese von Klebstoffentwicklerinnen und Klebstoffentwicklern gehören.



Prof. Dr. Christof Brändli ist Dozent und leitet das Labor für Klebstoffe und polymere Materialien am Institut für Material- und Verfahrenstechnik der ZHAW School of Engineering.

Selber forschen!

Der Gummibärchen-Klebstoff

Gummibärchen bestehen zum grossen Teil aus Gelatine, und diese sorgt dafür, dass Gummibärchen kleben.

Material und Chemikalien

Becherglas, Wasserbad, Thermometer, Heizplatte, Pinsel, Glasstab, Waagschälchen aus Plastik, Objektträger aus Glas, Papier, 5 Gummibärchen einer Farbe, demineralisiertes oder destilliertes Wasser

Durchführung

Nimm fünf Gummibärchen einer Farbe und lege sie in ein kleines Becherglas. Erwärme das Becherglas vorsichtig in einem Wasserbad auf 60 °C. Die Gummibärchen schmelzen in ca. 10 Minuten zu einer zähen, klebrigen Masse. Zu dieser Masse gibst du einige Milliliter Wasser, bis sich die Mischung gut mit einem Pinsel verstreichen lässt. Es sollte gut gerührt werden, damit keine Klumpen entstehen (diese beeinträchtigen die Klebewirkung jedoch praktisch nicht). Nimm drei verschiedene Materialien und teste die Klebwirkung der Masse:

1) Gummibärchenmasse zwischen Plastik (zum Beispiel Waagschälchen oder Ähnliches) aufgetragen: Die Plastikschälchen haften mit der Zeit immer besser aneinander. Nach fünf Minuten zieht der Klebstoff noch Fäden, wenn man die Schälchen trennen will. Nach 15 Minuten benötigt man schon einen grösseren Kraftaufwand, um die Schälchen voneinander zu lösen.

2) Gummibärchenmasse zwischen Glas (zum Beispiel Objektträger) aufgetragen: Die Objektträger haften von Anfang an gut aneinander. Nach 15 Minuten hat sich die Klebfähigkeit noch weiter verstärkt.

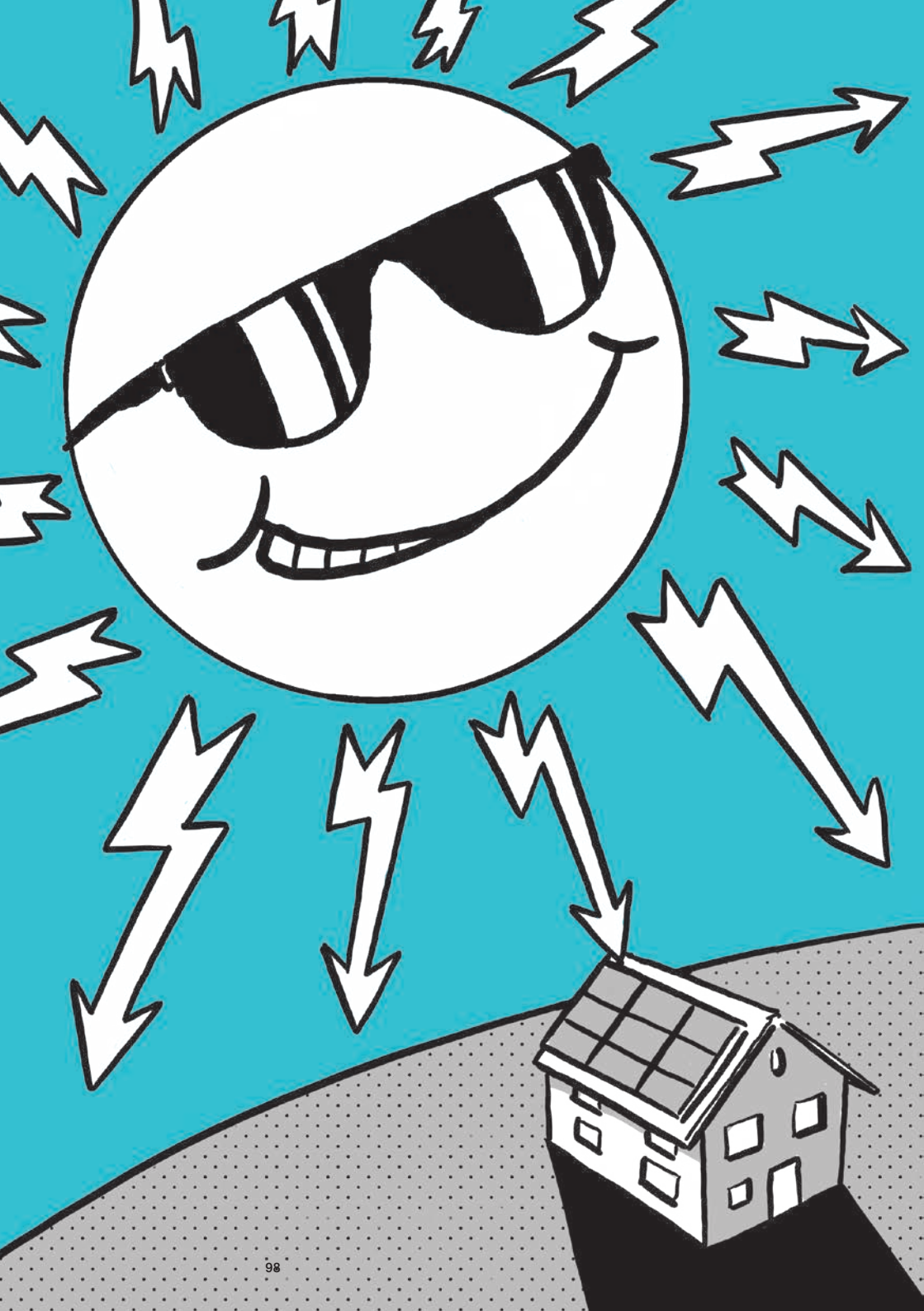
3) Gummibärchenmasse zwischen Papier aufgetragen: Nach 15 Minuten kleben die Papierhälften ähnlich stark wie wiederverschliessbare Briefumschläge.

Entsorgung

Die Geräte lassen sich gut mit Wasser reinigen. Der Klebstoff kann im Hausmüll entsorgt werden.



Gummibärchen bestehen zum grossen Teil aus Gelatine, und diese sorgt dafür, dass Gummibärchen kleben.



Wie wird aus Sonnenstrahlen Energie?

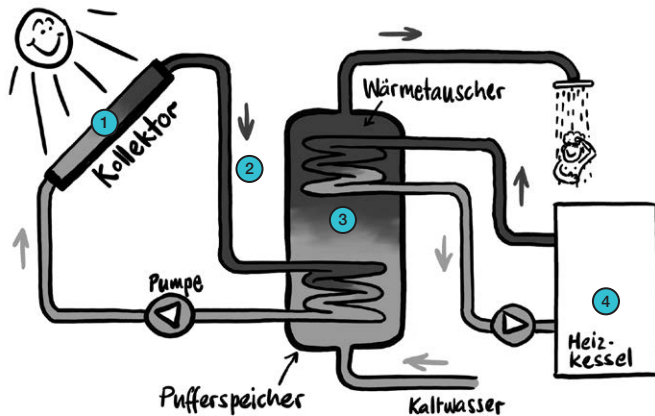
Jeden Tag strahlt die Sonne Licht auf die Erde, und zwar eine ganze Menge: Wir könnten den kompletten Energiebedarf der Erde abdecken, wenn wir die Energie des Sonnenlichts auf einer Fläche, die etwa doppelt so gross wie die Schweiz ist, nutzen könnten. Es gibt zwei Arten, die Sonnenenergie zu nutzen: Solarkollektoren, die das Sonnenlicht in Wärme, und Photovoltaikmodule, die es in elektrischen Strom umwandeln.

Wie funktionieren Solarkollektoren?

Solaranlagen, die Warmwasser erzeugen und zur Heizung von Gebäuden genutzt werden, nennt man Solarthermie-Anlagen. Sie funktionieren im Grunde ganz einfach: Mit Hilfe von Solarkollektoren wird eine Flüssigkeit, die durch die Sonneneinstrahlung erwärmt wird, im Kreis gepumpt und wärmt einen Wasserbehälter auf, der die Wärme dann auch speichern kann. In der folgenden Abbildung (Seite 100) kannst du den Aufbau sehen.

Der Solarkollektor (1) wird möglichst auf der Südseite des Hauses auf das Dach montiert, weil dort die Sonne über den Tag am meisten hinscheint – zumindest auf unserer Seite des Erdballs. Warum der Kollektor dunkel ist, weisst du selbst: Wird es in der Sonne wärmer in einem dunklen oder einem hellen T-Shirt? Je dunkler eine Oberfläche, desto mehr Licht wird in Wärme umgewandelt.

Über Leitungen wird die erwärmte Flüssigkeit dann durch die Pumpe (2) zum Wassertank (3) geleitet. Dort gibt die Flüssigkeit die Wärme an den Wassertank ab. Die Flüssigkeit wird dabei nicht mit dem Wasser vermischt. Im Tank befinden sich



Über Leitungen wird die erwärmte Flüssigkeit dann durch die Pumpe zum Wassertank geleitet. Dort gibt die Flüssigkeit die Wärme an den Wassertank ab. Die Flüssigkeit wird dabei nicht mit dem Wasser vermischt. Im Tank befinden sich zwei unterschiedliche Wasserreservoirs, einmal für Trinkwasser und einmal für Wasser für die Heizung.

zwei unterschiedliche Wasserreservoirs, einmal für Trinkwasser und einmal für Wasser für die Heizung.

Der Tank ist so gross, dass möglichst so viel Wasser erwärmt wird, wie über den ganzen Tag und die Nacht gebraucht wird. Deshalb kann man auch nachts von der Sonne erwärmtes Wasser nutzen. Die Pumpe soll natürlich nur dann anspringen, wenn die Flüssigkeit im Kollektor auch warm ist. Im Winter reicht die eingestrahelte Energie des Sonnenlichts in der Regel nicht, um genügend Wärme für das Haus zu erzeugen. Deshalb wird eine Solarthermieanlage oft noch mit einer zusätzlichen Heizung (4) kombiniert, die mit dem Reservoir für das Heizwasser verbunden ist.

Wie machen wir Strom aus Sonnenstrahlen?

Mit Photovoltaik-Anlagen kann aus Sonnenlicht Strom gemacht werden. Das «Herzstück» einer solchen Anlage ist das Solarmodul aus mehreren Solarzellen.

Wozu ist das gut? Gehe doch einmal in Gedanken durch deinen Alltag und suche nach Geräten, die mit Strom funktionieren. Da kommt einiges zusammen: Zum Beispiel wird das Smartphone mit Strom betrieben, oder wir erzeugen Licht mit elektrischer Energie. Elektrisch angetriebene Autos sind heute noch eher selten, aber immer mehr solcher Fahrzeuge

erwarten wir in der Zukunft. (Mehr zum Thema Mobilität der Zukunft erfährst du im Kapitel «Wie fahren die Autos der Zukunft?» ab Seite 7.) Um diese Fahrzeuge mit sauberem elektrischem Strom zu betreiben, bedarf es Stromquellen, die nahezu keine Emissionen verursachen. Hierzu eignen sich Photovoltaik-Anlagen hervorragend, um mit dem kostenlosen Energieträger Sonne Strom zu erzeugen.

Sehr praktisch ist auch, dass man mit Photovoltaik-Anlagen Strom direkt dort erzeugen kann, wo er gebraucht wird. Wieso das praktisch ist? Stelle dir vor, wie lang die Leitungen sein müssten, um eine Berghütte mit Strom zu versorgen. Deshalb findest du kleinere Anlagen oft dort, wo das Verlegen von Leitungen sehr teuer wäre.

Wie funktioniert das? Ein Solarmodul besteht aus vielen Solarzellen, die zu einem Modul elektrisch verbunden werden. Und in einer Solaranlage werden mehrere Module zusammengeschaltet – je mehr Module, desto mehr elektrische Energie entsteht.

Die Solarzellen erzeugen Gleichstrom, das heisst, der Strom fliesst immer in eine Richtung. Weil die meisten unserer verwendeten Geräte aber mit Wechselstrom funktionieren, wird der Strom zuerst in einem Wechselrichter in Wechselstrom umgewandelt. Dann wird er gleich dort genutzt, wo er erzeugt wird. (Wie das mit dem Stromfluss genau funktioniert, erfährst du in den Kapiteln «Was bewegt sich beim Strom?» ab Seite 25 und «Wie kommt der Strom in die Batterie?» ab Seite 35.)

Er kann aber auch in das elektrische Netz eingespeist werden. Nehmen wir einmal an, wir würden 20 Solarmodule mit einer Grösse von jeweils etwa 1,7 m² auf einem Dach

installieren. Dann könnte man an einem sonnigen Tag um die Mittagszeit damit beispielsweise vier Herdplatten oder fünf Staubsauger betreiben.

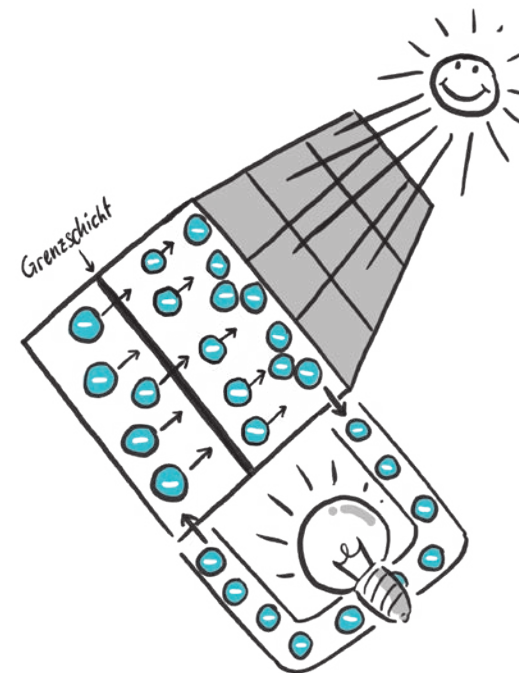
Die Solaranlage liefert Strom, sobald Licht auf die Solarmodule scheint. Die auftreffende Energiemenge hängt von vielen Dingen ab: ob der Himmel bewölkt ist oder nicht, wie lange die Tage sind und unter welchem Winkel die Sonnenstrahlen auf die Module auftreffen. Eine Anlage mit 20 Modulen erzeugt in Zürich in einem Jahr einen Energieertrag von etwa 7 000 kWh (Kilowattstunden). Das reicht locker, um einen Fünf-Personen-Haushalt mit Strom zu versorgen. Kannst du dir erklären, warum die gleiche Anlage in Spanien deutlich mehr Ertrag bringen würde?

Eine wichtige Frage ist aber noch nicht geklärt, nämlich wie aus Sonnenlicht elektrischer Strom gemacht wird: Sonnenlicht setzt sich aus Licht unterschiedlicher Farben zusammen. Jede Farbe hat eine unterschiedliche Energie und einen unterschiedlichen Anteil am Sonnenlicht. Sobald das Sonnenlicht auf die Solarzelle trifft, wird ein Teil des Sonnenlichtes in elektrischen Strom umgewandelt.

Eine Solarzelle besteht im Wesentlichen aus einem Material, das «Halbleiter» genannt wird, weil es nur unter bestimmten Bedingungen Strom leitet. Ein häufig verwendeter Halbleiter ist Silizium. Dieses kann aus Sand hergestellt werden. Wenn nun der Teil des Sonnenlichtes mit ausreichend hoher Energie auf einen solchen Halbleiter trifft, dann werden in ihm negativ geladene Elektronen freigesetzt. Die so «befreiten» Elektronen können sich dann im Halbleiter frei bewegen.

Für eine Solarzelle werden zwei Schichten aus Halbleitern, die mit unterschiedlichen Fremdmaterialien verunreinigt

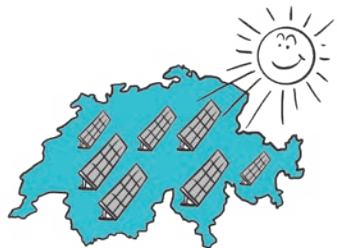
Eine Solarzelle besteht im Wesentlichen aus zwei Halbleiterschichten. Scheint Sonne auf die Solarzelle, dann werden in der Unterseite des Halbleiters negativ geladene Elektronen freigesetzt. Diese wandern durch den Halbleiter und gelangen an die Grenzschicht. Von dort gibt es kein Zurück mehr, und sie müssen über einen externen Stromkreislauf zurückfließen. Schliesst man also die Oberseite mit der Unterseite in einem Stromkreis zusammen, dann kann ein elektrischer Strom fließen, der beispielsweise eine Glühlampe zum Leuchten bringt.



sind, miteinander in Kontakt gebracht. Dies führt dazu, dass in der Grenzschicht ein elektrisches Feld beziehungsweise eine Spannung entsteht.

Dieses elektrische Feld ist der «Motor» der Solarzelle. Die Spannung führt dazu, dass die durch das Licht «befreiten» Elektronen von der einen Schicht zur anderen fließen – falls die beiden Kontakte der Solarzelle elektrisch verbunden werden. Es fließt also ein elektrischer Strom. Mit ihm kann man beispielsweise eine Glühlampe zum Leuchten bringen oder eine Batterie aufladen. Es muss noch einmal gesagt werden, dass diese Erklärung die wirklichen Zusammenhänge stark vereinfacht. Wenn die Funktionsweise der Solarzelle an der Hochschule erklärt wird, benötigt man hierzu mehrere Stunden.

Woran wird geforscht? Was wir aber alle verstehen können, ist die Frage, warum nicht noch viel mehr Solarenergie genutzt wird. Die Antwort: Es hat lange gedauert, bis durch die grosse Zahl von produzierten Solarmodulen und die stetige Weiterentwicklung der Technologie die Solarenergie so günstig wurde, dass sie kostengünstiger als Kohlestrom beziehungsweise Strom aus Kernkraftwerken wurde.



Photovoltaik-Anlagen werden mit immer weniger Energie und immer langlebiger hergestellt. Heute gebaute Solarmodule geben die für die Herstellung verbrauchte Energie nach spätestens zwei Jahren im Einsatz zurück, und sie haben eine Lebensdauer von mindestens 25 Jahren, in der Praxis oft auch wesentlich länger. Es ist also nur eine Frage der Zeit, wann die solare Energieerzeugung einen wesentlichen Teil der benötigten Energie der Menschheit beisteuert.

Ein weiterer Grund ist, dass die Sonne natürlich nur am Tag und nicht in der Nacht scheint. Solarmodule erzeugen auch bei bewölktem Himmel noch Strom, in der Nacht aber nicht mehr. Wenn wir einen wesentlichen Anteil des elektrischen Stroms durch Solarzellen erzeugen wollen, dann benötigen wir elektrische Speicher. Sie müssen so gross sein, dass sie auch in der Nacht die nötige Energie liefern. An der Verbesserung von Energiespeicherung wird deshalb sehr intensiv geforscht. Nur wenn es preisgünstige Lösungen gibt, können Zeiten ohne Erzeugung von Solarenergie in grossem Massstab überbrückt werden.

Photovoltaik-Anlagen werden mit immer weniger Energie und immer langlebiger hergestellt. Heute gebaute Solarmodule geben die für die Herstellung verbrauchte Energie nach spätestens zwei Jahren im Einsatz zurück, und sie haben eine Lebensdauer von mindestens 25 Jahren, in der Praxis oft auch wesentlich länger. Es ist also nur eine Frage der Zeit, wann die solare Energieerzeugung einen wesentlichen Teil der benötigten Energie der Menschheit beisteuert.

Interessantes und Lustiges

Um negativ und positiv geladene Schichten im Halbleiter erzeugen zu können, setzt man einen Trick ein: In geschmolzenes Silizium wird zum Beispiel eine kleine Menge Phosphor beziehungsweise Bor beigemischt.

Die Sonne liefert Energie in Hülle und Fülle. Schon eine Fläche von 5 x 5 Metern reicht in der Regel aus, um den Strombedarf eines Haushalts mit der Kraft der Sonne zu decken. Aber: Der Anteil des Solarstroms am Schweizer Stromverbrauch lag 2020 bei nur etwas mehr 4,66 Prozent.



Prof. Dr. Hartmut Nussbaumer ist Dozent für Photovoltaik an der ZHAW School of Engineering.

Strom-Kreuzworträtsel

Lösungshinweise:

Horizontal	Vertikal
1) Eine Solaranlage besteht aus mehreren ...	2) Stoffe (Schadstoffe), die ausgestossen werden, heissen auch ...
3) Solaranlagen halten mindestens ... Jahre. (Zahl in Buchstaben ist gefragt)	6) In dieser Einheit wird Strom gemessen.
4) Sonnenenergie kann in Wärme und in ... umgewandelt werden.	8) Wie heissen die Anlagen, die aus Sonnenlicht Strom machen?
5) Auf welcher Seite des Hauses soll Sonnenenergie genutzt werden?	9) Mithilfe der Sonnenenergie wird zum Beispiel ... erhitzt.
7) Sonnenenergie kann durch ... genutzt werden.	
10) Sind Solaranlagen dunkel oder hell?	

(1) ZELLEN, (2) EMISSIONEN, (3) ZWANZIG, (4) STROM, (5) SÜDEITE, (6) KILOWATTSTUNDE, (7) SOLARKOLLEKTOREN, (8) PHOTOVOLTAIK, (9) WASSER, (10) DUNKEL

Lösungen



Ist der Treibhauseffekt für uns Menschen Fluch oder Segen?

Unser Klima ist im Wandel, es wird immer wärmer auf der Erde. Und das ist für uns Menschen ein Fluch, vor allem für Kinder, weil sie später noch stärker darunter leiden müssen. Verantwortlich dafür ist der menschengemachte Treibhauseffekt. Der natürliche Treibhauseffekt dagegen ist für das Leben auf der Erde ein Glücksfall. Aber warum ist das so, und was ist der Unterschied zwischen beiden? Und wie können wir den menschengemachten Treibhauseffekt eindämmen?

Wie funktioniert der Treibhauseffekt?



Die Erdatmosphäre wirkt wie ein Treibhaus. Das Sonnenlicht gelangt durch die Atmosphäre auf die Erdoberfläche. Ein Teil dieser Strahlung wird von der Erde aufgenommen und in Form von Wärme wieder an die Atmosphäre abgegeben. Die Treibhausgase nehmen diese Wärme auf und geben sie in alle Richtungen wieder ab. Dies erwärmt die Erdoberfläche und erdnahe Luftschichten.

Der Treibhauseffekt ist ein natürlicher Prozess, der dafür sorgt, dass kein frostiges Klima auf unserem Planeten existiert – ein Segen für die Entwicklung des Lebens auf der Erde. Dabei wirkt die sogenannte Erdatmosphäre, die aus verschiedenen gasförmigen (Luft-)Schichten besteht, wie ein Treibhaus im Garten, in dem Gemüse wächst. Das Sonnenlicht gelangt durch die Atmosphäre auf die Erdoberfläche. Ein Teil dieser Sonnenstrahlung wird von der Erde aufgenommen und in Form von Wärme wieder an die Atmosphäre abgegeben. Die gasförmigen Teilchen der Atmosphäre nehmen diese Wärme auf und geben sie in alle Richtungen wieder ab.

Wozu ist das gut? Durch den natürlichen Treibhauseffekt erwärmen sich die Erdoberfläche und die Luftschichten rund um unseren Planeten. Ohne diesen natürlichen Treibhauseffekt würde die mittlere Temperatur auf der Erde etwa minus 18 Grad Celsius betragen. Die wichtigsten Treibhausgase der Atmosphäre sind Kohlendioxid (CO_2) und Methan (CH_4).



Der produzierte Strom wird fortlaufend ins Stromnetz eingespeist. Damit unser Stromnetz im Gleichgewicht ist, muss zu jedem Zeitpunkt gleich viel elektrischer Strom erzeugt werden, wie verbraucht wird.

Welche Rolle spielt der Mensch? Der menschengemachte Treibhauseffekt entsteht dagegen durch unseren grossen Energieverbrauch. Seit etwa 1950, also seit es zum Beispiel viel mehr Autos auf den Strassen gibt und dafür mehr Erdöl gebraucht wird, gelangen zusätzliche Mengen Treibhausgase in die Atmosphäre und verstärken den natürlichen Treibhauseffekt. Diese zusätzlichen Mengen dieser Gase, die man auch als Emissionen bezeichnet, werden freigegeben, weil sogenannte fossile Energiequellen in Form von Erdöl, Erdgas/Methan und Kohle verbrannt werden. Entweder als Benzin in Fahrzeugen, zur Erzeugung von Strom oder zum Heizen.

Diese fossilen Energieträger bestehen aus toten Pflanzen und Tieren, die sich seit rund 541 Millionen Jahren im Boden abgelagert haben und nun in einem kurzen Zeitraum durch Verbrennung hauptsächlich als Kohlendioxid in die Erdatmosphäre abgegeben werden. Das passiert vor allem durch die Benutzung von Autos, Bussen und Lastwagen, Erdöl- oder Gasheizungen sowie die Produktion von Waren in Fabriken. Deshalb misst man heute in der Atmosphäre über 40 Prozent mehr CO₂ als noch vor 150 Jahren, was als zusätzlicher Wärmespeicher wirkt und zur starken Erwärmung des Klimas führt – ein Fluch für die Menschheit.

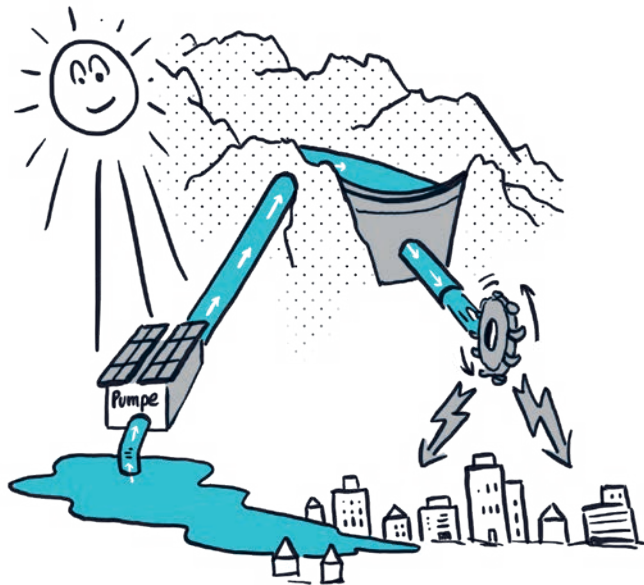
Wie spüren wir die Erwärmung des Klimas? Die Klimaveränderung äussert sich in verschiedenen Regionen der Erde unterschiedlich. In der Schweiz ist schon gut sichtbar, dass die Gletscher schmelzen und es weniger schneit. Extremwetterereignisse mit sehr viel Regen oder Stürmen haben in der Schweiz ebenfalls deutlich zugenommen. In den nächsten Jahrzehnten müssen wir uns zudem auf deutlich längere und wärmere Sommer einstellen mit einer vermehrten Wasserknappheit.

Schaffen es die Politikerinnen und Politiker, etwas gegen den Klimawandel zu machen?

Der Klimawandel ist ein globales Problem, das die Länder der Erde nur gemeinsam lösen können. Deshalb arbeiten die Vereinten Nationen seit 1988, unterstützt von einem wissenschaftlichen Klimarat, an einer internationalen Klimapolitik. Mit dem Pariser Klimaabkommen von 2015 hat sich die Staatengemeinschaft darauf geeinigt, die Klimaerwärmung auf maximal 1,5 Grad Celsius zu beschränken.

Was macht die Schweiz? Die Schweiz hat sich international dazu verpflichtet, den fossilen Treibhausgas-Ausstoss bis 2030 um 50 Prozent zu senken und bis 2050 keine fossilen Treibhausgase mehr auszustossen. Um den Klimawandel aufzuhalten, dürfte jede Person im Schnitt nur 0,6 Tonnen CO₂ pro Jahr ausstossen. Eine Person in der EU stösst aber 8,4 Tonnen CO₂ pro Jahr aus. Die Schweizer Klimastrategie sieht verschiedene Schritte vor, wodurch es allen Leuten leichter fallen soll, weniger Treibhausgase auszustossen: Das hierfür notwendige CO₂-Gesetz wurde aber 2021 an der Urne von einer knappen Mehrheit der Schweizer Bevölkerung abgelehnt und muss nun von unserer Bundesregierung überarbeitet werden. Dies zeigt die grosse Herausforderung der internationalen und nationalen Klimapolitik auf, die die Interessen verschiedener Staaten und vieler Wirtschaftsfirmen sowie der Bevölkerung unter einen Hut bringen muss. Greta Thunberg will mit den «Schulstreiks für das Klima» darauf hinweisen. Heute ist dieses Anliegen zur globalen Bewegung «Fridays for Future» (FFF) gewachsen; in der Schweiz wird der Protest durch die Aktivistinnen und Aktivisten von «climatestrike» organisiert.

Elektrizität kann in andere Energieformen umgewandelt werden. Es kann beispielsweise mit Hilfe von Elektrizität Wasser in einen Stausee hochgepumpt und zu einem späteren Zeitpunkt wieder für die Stromproduktion verwendet werden.



Wie wird das gemacht? Eine zentrale Rolle spielt dabei unsere Versorgung mit Energie. Damit in Zukunft genügend Strom zur Verfügung steht, sollen Energieträger, die kein CO₂ ausstossen, gefördert werden. Also Energie, die durch Wasserkraft, Solarzellen oder Windräder entsteht. Die Nutzung von fossilen Energieträgern soll dagegen bis 2050 ganz verboten werden. Die Umstellung der Energieversorgung auf die sogenannten erneuerbaren Energien geht einher mit neuen umweltfreundlichen Erfindungen, wie beispielsweise Elektrofahrzeugen, die mit regionalem Solarstrom von Photovoltaik-Anlagen auf Dächern oder entlang von Autobahnen aufgeladen werden können.

Wie nutzt man Energie aus Sonne, Wind und Wasser optimal? Wenn wir Strom verbrauchen, beziehen wir immer Strom, der gerade produziert wurde, weil Strom schwer speicherbar ist. Deshalb ist es nicht möglich, rund um die Uhr Solarstrom zu beziehen, denn die Sonne

scheint mit unterschiedlicher Intensität nur tagsüber. Elektrizität kann aber in andere Energieformen umgewandelt werden. Es kann beispielsweise mit Hilfe von Elektrizität Wasser in einen Stausee hochgepumpt werden und zu einem späteren Zeitpunkt wieder für die Stromproduktion verwendet werden. Batterien sind eine aufwendigere Alternative und dienen mithilfe von Chemie für dringenden und spontanen Stromgebrauch.

Was kann ich tun? Hilfreich ist, ein Gemisch aus Strom verschiedener Herkunft wie Wind, Wasser oder Sonne zu nutzen. Als Kunden und Kundinnen eines Elektrizitätswerkes können wir auf die Zusammensetzung des Strommix Einfluss nehmen, etwa wenn wir einen umweltfreundlichen Stromtarif wählen. Damit wird der Bau von umweltfreundlichen Produktionsanlagen wie Photovoltaik oder Windrädern unterstützt und gleichzeitig mehr grüne Energie ins Stromnetz eingespeist. Energiesparen ist die Massnahme, die am günstigsten umgesetzt werden kann, um Treibhausgase zu reduzieren. Dazu gehört auch, dass du das Licht ausmachst, sobald du aus dem Zimmer gehst, und nur regionale Produkte oder stromsparende Geräte kaufst.

Wie kann mir mein Smartphone helfen, im Alltag Treibhausgase zu reduzieren? Sogenannte Bio- oder Energielabels und nützliche Smartphone-Apps helfen dir bei der Kaufentscheidung. Wie sie funktionieren, kann Silvia Ulli-Beer erklären:

Beispielsweise gibt es Apps, die beim Kauf von Elektrogeräten wie Kühlschränken, Fernsehern, Abwaschmaschinen oder Tumbleren beraten. Sie stellen direkt im Geschäft Informationen darüber zur Verfügung, wie energiesparend ein Gerät ist. Mit Hilfe des Smartphones wird zum Beispiel das Energielabel eines Gerätes gescannt – etwa mit der App «Energielabel» der Berliner

*Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM),
wodurch man es mit anderen Produkten vergleichen kann.*

Andere Apps unterstützen Haushalte dabei, ihre Heizung gemäss den Wunschtemperaturen und individuellen Zeitplänen zu steuern. Die App berücksichtigt dabei die aktuellen Temperaturwerte im Haus und die Wetterdaten, um anschliessend zur richtigen Zeit die Heizung zu aktivieren. Damit kann die Heizdauer im Haushalt reduziert und Energie gespart werden. Expertinnen und Experten sind überzeugt, dass sich solche Apps stark verbreiten werden. Man geht zum Beispiel davon aus, dass in Zukunft in sogenannten «Intelligenten Gebäuden» vermehrt Heizung, Lüftung, Beleuchtung und einzelne Geräte über ein Netzwerk miteinander verbunden und, abgestimmt auf die Bedürfnisse der Benutzenden, gesteuert werden. Damit kann in Gebäuden Energie gespart und gleichzeitig Sicherheit und Komfort erhöht werden.

Auswirkungen des Klimawandels

- Die globale Mitteltemperatur hat sich seit Beginn der Industrialisierung um ca. 1,1 Grad erwärmt, wobei die Erwärmung über Land (1,6 Grad) grösser ist als über den Ozeanen (0,9 Grad).
- Die Temperatur in der Schweiz ist circa doppelt so stark angestiegen wie das globale Mittel.
- Das gesamte Klimasystem (Atmosphäre, Ozeane, Meereis und Gletscher) verändert sich in einem Ausmass und Tempo wie seit vielen Jahrhunderten bis Jahrtausenden nicht.
- Beobachtete Auswirkungen: Zunahme der Häufigkeit und der Intensität von Hitzewellen, Starkniederschlägen und Trockenphasen in einigen Regionen der Welt.

Quelle: Medienmitteilung vom 9. August 2021:
<https://www.meteoschweiz.admin.ch/home/aktuell/meteoschweiz>



Dr. Silvia Ulli-Beer
leitet die Forschungs-
gruppe Future
Energy Systems an
der ZHAW School
of Engineering und ist
Dozentin für Inno-
vationsmanagement
und nachhaltige
Geschäftsmodelle.

Kreuze an!

Wie viel CO₂ stösst ein benzinbetriebener Mittelklassewagen im Schnitt aus:

1) bei einer täglichen Leistung von 10 km?

- ☐ 10 kg CO₂ pro Tag (Gewicht eines leichten Fahrrads)
- ☐ 1 kg CO₂ pro Tag (Gewicht eines Liters Coca-Cola)
- ☐ 100 g CO₂ pro Tag (entspricht einer Tafel Schokolade)
- ☐ 30 g CO₂ pro Tag (entspricht einem Schoggistengel)

2) bei einer jährlichen Leistung von 15 000 km?

- ☐ 40 000 kg CO₂ pro Jahr (Gewicht eines schweren LKWs)
- ☐ 7 500 kg CO₂ pro Jahr (Gewicht eines leichten LKWs)
- ☐ 1 400 kg CO₂ pro Jahr (Gewicht eines VW Golf)
- ☐ 600 kg CO₂ pro Jahr (Gewicht eines Pferdes)

Lösung
(1) 1 kg CO₂ pro Tag (Gewicht eines Liters Coca-Cola)
(2) 1 400 kg CO₂ pro Jahr (Gewicht eines VW Golf)

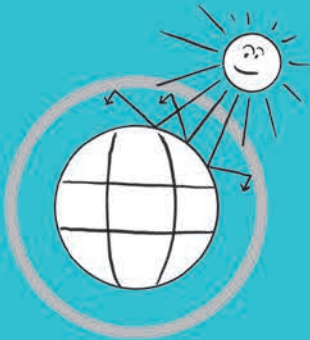
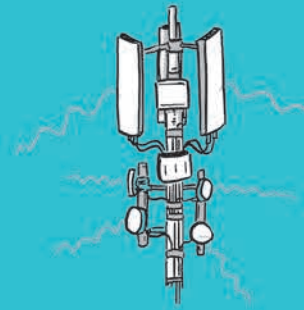
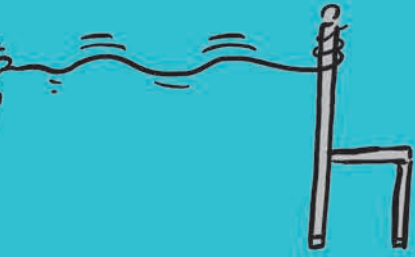
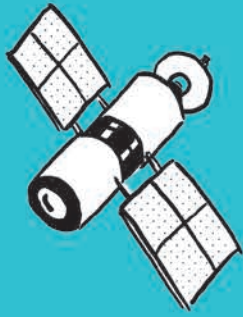
Fragenkatalog

- 7 Fahren Autos schon bald von ganz allein?
- 9 Wie funktioniert ein Elektroauto?
- 11 Was ist Carsharing?
- 13 Warum gibt es eigentlich so viele Staus auf unseren Strassen?
- 19 Warum können Flugzeuge fliegen?
- 25 Warum funktionieren manche Dinge mit Strom?
- 26 Wie funktioniert die Stromleitung?
- 28 Wie leitet die Klingel das Signal von unten nach oben?
- 29 Können Roboter denken?
- 30 Wie funktioniert ein Laser?
- 35 Wozu sind Batterien gut?
- 36 Wieso leitet Metall Strom, Holz aber nicht?
- 38 Wieso gibt es einen Stromschlag, wenn Strom mit Wasser in Berührung kommt?
- 39 Warum gibt es einen Stromschlag, wenn ich mit Gummisohlen über den Boden schlurfe, und weshalb ist dieser nicht lebensgefährlich?
- 40 Wie kommt der Strom in die Batterie?
- 45 Wie kommt meine Nachricht auf das Smartphone meiner Freundinnen und Freunde?
- 49 Warum weiss das Navi, wo es sich befindet?
- 53 Wie erkennt der Skilift den gültigen Skipass?
- 55 Wie funktioniert WLAN?
- 59 Woher weiss ein Computer, was er tun soll?
- 61 Was für Daten und wie viele Daten gibt es eigentlich?
- 64 Wie trifft ein Computer Entscheidungen?
- 71 Was ist künstliche Intelligenz?
- 73 Wie lernt eine Maschine zu denken?
- 79 Wie funktioniert die Tower Bridge?
- 83 Wie funktioniert eine Schleuse?
- 89 Warum klebt der Leim überall, aber nicht in der Tube?
- 92 Warum kleben Haftnotizen nicht fest?
- 93 Stimmt es, dass in Autos viel Klebstoff vorhanden ist?

- 99 Wie funktionieren Solarkollektoren?
- 100 Wie machen wir Strom aus Sonnenstrahlen?
- 107 Wie funktioniert der Treibhauseffekt?
- 109 Schaffen es die Politikerinnen und Politiker, etwas gegen den Klimawandel zu machen?

Du hast noch eine Frage? Kein Problem!

Schreib uns in einer E-Mail, was du gerne wissen möchtest: markom.engineering@zhaw.ch. Du kannst auch weitere Exemplare des Buchs kostenlos bei uns bestellen!



Wie kommt Strom in die Batterie? Warum klebt Klebstoff, und wie wird aus Sonnenstrahlen eigentlich Energie? Vermeintlich einfache Kinderfragen können Erwachsene schnell ins Schwitzen bringen. Darauf leicht verständliche Antworten zu geben, entpuppt sich zuweilen als echte Herausforderung. Bereits zum zweiten Mal haben sich Dozierende der ZHAW School of Engineering dieser Herausforderung gestellt und die drängendsten Kinderfragen beantwortet. Neben Fragen, die bereits in der ersten Ausgabe beantwortet wurden, kamen auch einige neue hinzu. In Zusammenarbeit mit der Pädagogischen Hochschule Weingarten wurden die Antworten im Hinblick auf eine kindgerechte Sprache überarbeitet. Wir wünschen viel Spass beim Lesen!