

Energie erleben

Materialien für den Unterricht



TECHNOSEUM

Vorwort

„Energie erleben“ heißt der neue Ausstellungsbereich im TECHNOSEUM. Anlässlich der Eröffnung legen wir diese Materialien für Lehrkräfte vor. Auf der Ebene F wird das Thema „Energie“, das beginnend auf Ebene A an unterschiedlichen Stellen im ganzen Haus präsentiert wird, mit zentralen Fragestellungen kompakt in einer eigens konzipierten Einheit aufgegriffen. Neben der Elektrifizierung ab dem späten 19. Jahrhundert sind unter anderem die Energiewende, Umweltschutz und Smart Home Themen dieses neuen Bereichs. Wärme, das wird beim Ausstellungsbesuch deutlich, ist der Schlüssel zu einer nachhaltigen Energiewende in Deutschland. Die Ausstellung nimmt die Energieversorgung von den ersten Luftheizungen bis zu den intelligenten Stromzählern von heute genauso in den Blick wie sie über Wirkungsgrad, Energiespeicher und die Auswirkungen, die Energieerzeugung aus konventionellen Energiequellen auf Klima und Umwelt hat, informiert.

Auf etwa 600 Quadratmetern und in mehreren Themenhäusern sind hier nicht nur historische Staubsauger, Bügeleisen und Kochherde zu sehen, sondern auch ein acht Meter hoher Strommast und die 112 Jahre alte noch funktionstüchtige Dampfmaschine des Museums, die in diesem Ausstellungsbereich ganz neu ins Licht gerückt wird und regelmäßig im Vorführbetrieb in Aktion zu sehen ist.

Auch das Mitmachen ist wie im ganzen Haus in diesem Ausstellungsbereich ein wichtiger Bestandteil. So können Sie an einer interaktiven Station unter anderem der Frage nachgehen, wie viel Energie notwendig ist, um ein Glas Wasser zu erhitzen, an anderen erfahren Sie, wie genau der Energiekonsum jedes Einzelnen schon heute erfasst wird oder wie kompliziert es ist, einzelne Stromnetze zu einem großen Verbundnetz zusammenzuschließen.

An einer Videowand können Sie sich per Touchscreen über Objekte aus den Museumssammlungen informieren: Vom Fahrrad und Auto über die Glühlampe und den Lautsprecher bis hin zur Wasserturbine und der Dampflok erfährt man eindrücklich, wie Energie in ihren vielen Formen jede Facette unserer Lebenswelt prägt.

Dieser Band, der sich in die Reihe der Unterrichtsmaterialien des TECHNOSEUM einfügt, geht dabei auch neue Wege. Während der Schwerpunkt auf einem Gang durch das ganze Museum liegt und mit Texten, Bildern und Graphiken verschiedene Aspekte zum Thema Energie aufgreift, stehen konkrete Arbeitsblätter auf unserer Website www.technoseum.de als Download zur

Verfügung. Durch das flexible Medium kann es dort auch immer wieder Aktualisierungen und Erweiterungen geben. In der Auswahl der Themen haben wir uns auf die Bildungspläne der Länder Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz bezogen.

In Führungen und Vorführungen durch museumspädagogisch geschultes Personal können Sie das Thema Energie mit Ihren Schulgruppen im TECHNOSEUM hautnah erleben. Weitere Angebote zum Thema „Energie“ bieten wir im Rahmen von naturwissenschaftlich-technisch ausgerichteten Workshops in unserem Laboratorium oder in digitalen Angeboten an.

Über Rückmeldungen und Anregungen Ihrerseits freuen wir uns. Bitte richten Sie diese an **paedagogik@technoseum.de** So können wir nach Möglichkeit noch besser auf Ihre Bedürfnisse und Wünsche reagieren.

Wir hoffen, Ihnen mit diesem Band und den auf der Website ergänzenden Arbeitsblättern Anregungen für Ihren Unterricht und für Museumsbesuche geben zu können und freuen uns darauf, Sie und Ihre Schülerinnen und Schüler bei uns begrüßen zu können!

Hartwig Lüdtker

Direktor
TECHNOSEUM Mannheim

Energie erleben

Energie ist allgegenwärtig, weiß das Schulbuch. Energie kann weder erzeugt noch verbraucht, sondern nur umgewandelt werden, weiß der Physiker. Das Ziel der „klimaverträglichen Energieerzeugung“ definiert dagegen der Gesetzgeber (hier: EWG Bln, § 1). Doch woher kommt dieser Unterschied, und wie wirkt er sich auf unseren Alltag und unsere Zukunft aus?

Mit diesen Fragen beschäftigt sich das TECHNOSEUM. Energie ist für uns mehr als nur Strom. Wir wollen zeigen, dass der Umgang mit Wärme der Schlüssel zu einer nachhaltigen Energiewende ist, denn 70 Prozent des Energieverbrauchs der privaten Haushalte entsteht beim Heizen und Autofahren. Und nur, wenn wir eine verlässliche digitale Infrastruktur schaffen, kann eine dezentrale Energieversorgung gelingen.

Im TECHNOSEUM erleben die Besucherinnen und Besucher, wie technisch erzeugte Energie im Laufe der letzten 250 Jahre Muskelkraft Schritt für Schritt ablöst. Auf allen Ebenen von „A“ wie Anfang bis „F“ wie Fortschritt laden Einblicke in die Energie-Geschichte zum Staunen, Begreifen und Weiterdenken ein. So wird eine Welt fortgesetzter Energiewenden lebendig.

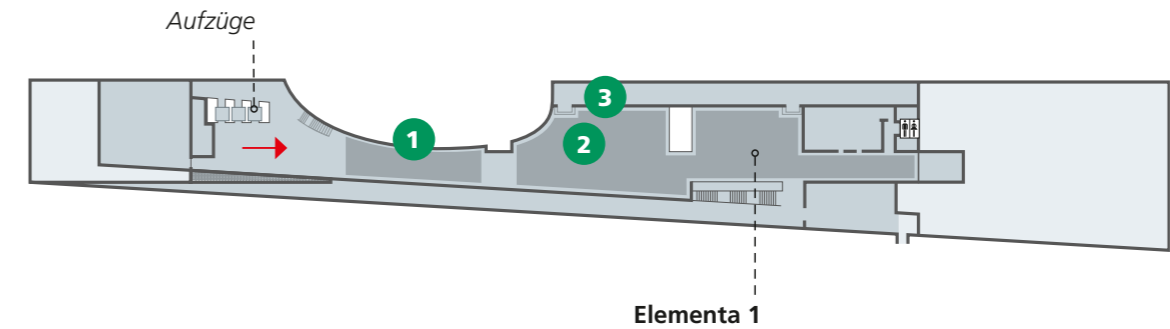
Nach dem Zweiten Weltkrieg entwickelte sich elektrischer Strom zu „der“ Energie-Form schlechthin. Für die meisten Menschen kommt er, allen öffentlichen Diskussionen zum Trotz, einfach „aus der Steckdose“. Diese geradezu unmerkliche, allgegenwärtige Bereitstellung von Energie ließ das Bewusstsein für die Energie-Intensität vieler Produktionsprozesse in Handwerk, Wirtschaft und Industrie schwinden.

James Watt gelang es 1769, eine Dampfmaschine zu bauen, die Wärme wirtschaftlich und leistungsstark in Kraft umsetzt. Heute steht diese Erfindung allgemein für den Beginn der Industrialisierung und der CO₂-Problematik: Bis auf unsere Tage dient die Verbrennungswärme fossiler Rohstoffe als Triebfeder unseres wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Lebens.

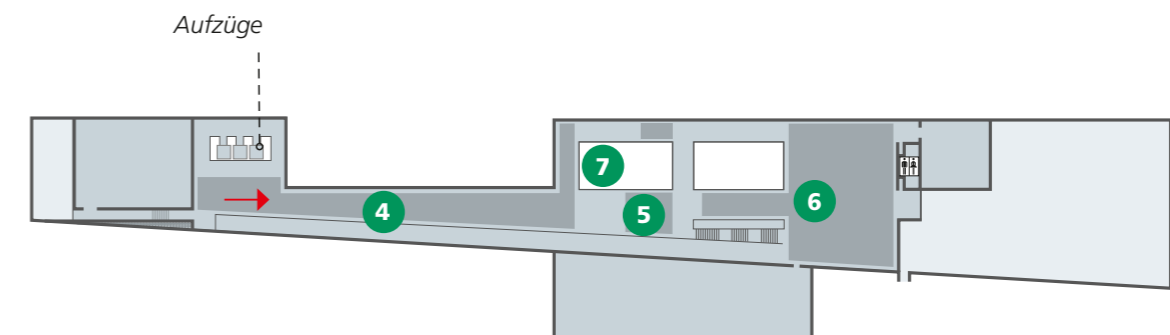
Deshalb bietet das TECHNOSEUM über 40 Forschungsstationen zum Thema Energie, die alle zum Mitmachen und selbst Erfahren einladen. Mechanische Grundlagen der Kraftübertragung gehören wie die Elektrizitätslehre und die Thermodynamik zu dem Wissens-Baukasten, der mündige Schülerinnen und Schüler unterstützt, bei den großen Fragen unserer Zeit aktiv mitzureden.

Thema	Seite
1 Regenerative Energien	6
2 Flaschenzug	8
3 Tretrad-Kran	10
4 Statische Elektrizität	12
5 Fahrrad	14
6 Druck	16
7 Wasserrad	18
8 Weberei	20
9 Mühle	22
10 Ernährung	24

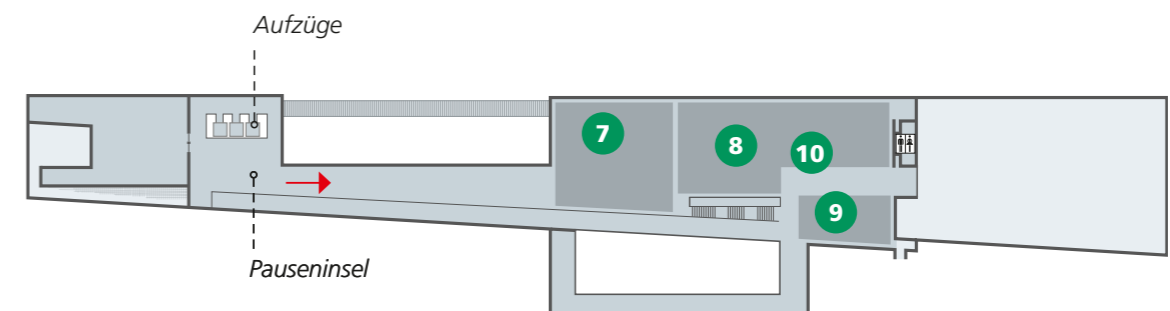
Ebene A



Ebene B



Ebene C



Energie ist vielfältig. Deshalb haben jede Schulart und jedes Fach ihre individuellen Zugänge. In den Grundschulen nähern sich Schülerinnen und Schüler dem Thema zum ersten Mal. Hier steht die Energie-Aufnahme durch Nahrung im Vordergrund. Wie viel Energie steckt eigentlich in einem Pausenbrot? Hier bieten die Mühle (Ebene C) oder der Schrebergarten (Ebene D) einen unterrichtsnahen Einstieg, bevor die Bionik (Ebene F) mit einigen interessanten Beispielen aus dem Tierreich aufwartet. Und wie sich im Kinderzimmer viel Energie sparen lässt, erlebt man unterhaltsam im neuen Abschnitt „Energie“ auf Ebene F.

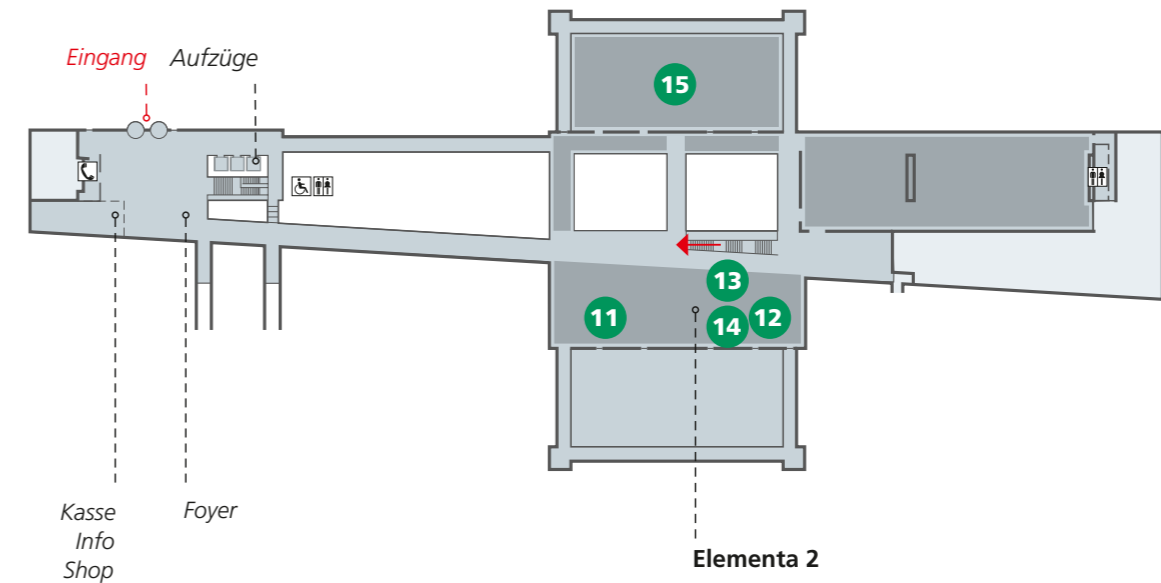
In den weiterführenden Schulen frägt der naturwissenschaftliche Unterricht nach den physikalischen Grundlagen der modernen Energiewirtschaft. Hier eignen sich sowohl die Elementa 1 (Ebene A) mit ihren mechanischen Versuchen, als auch die Elementa 2 (Ebene D) mit ihren Experimentierfeldern zu Elektrotechnik und Thermodynamik als praktische Zugänge zu einem mitunter recht abstrakten Themenfeld.

Für den Geschichts- und Geographieunterricht bleibt eine zentrale Frage, wie der Übergang von den regenerativen Energiequellen des Mittelalters zu den kohlebefeueten Dampfkesseln des 19. Jahrhunderts die Industrialisierung antrieb, wie er wirtschaftlichen Aufschwung, prägende Erfindungen und den Übergang von der Agrargesellschaft zur Dienstleistungsgesellschaft ermöglichte. Hierfür bietet sich auch weiterhin der klassische Rundgang an, der von der „regenerativen“ Vormoderne über das Kohle-Zeitalter bis in unsere vom Klimawandel geprägte Gegenwart führt.

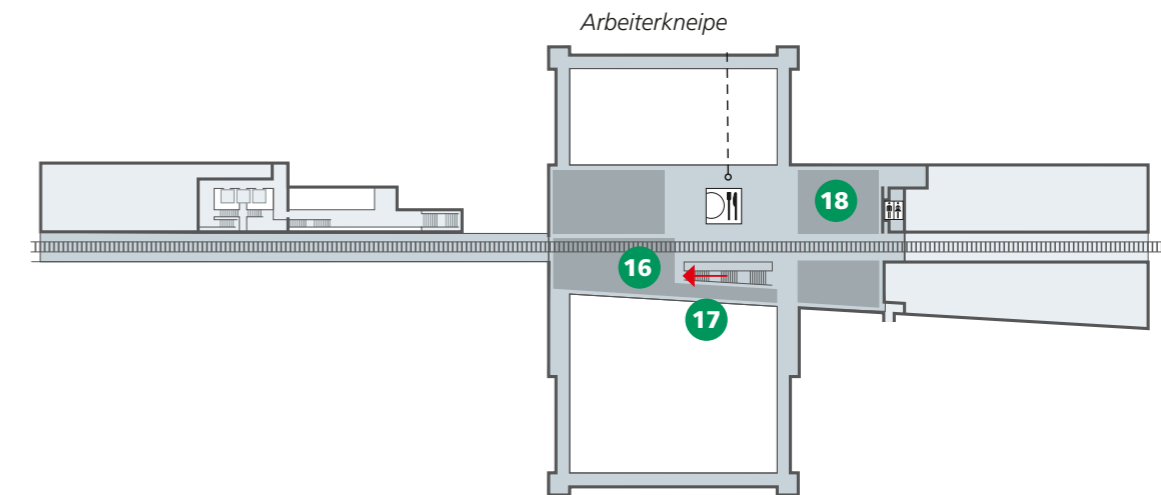
Am Ende eines jeden Rundgangs steht der Querschnittsbereich zwischen Energie und Mobilität auf Ebene F. Fast alle Schülerinnen und Schüler überlegen sich, wie sie ohne die Hilfe ihrer Eltern zur Schule, zum Ausbildungs- oder Arbeitsplatz, zu Freizeitaktivitäten oder zu ihren Freundinnen und Freunden gelangen können. Die Entscheidung über das erste eigene Transportmittel steht an. Auto, Motorrad oder Fahrrad – oder doch besser Carsharing und öffentlicher Nahverkehr? Elektrofahrzeug, oder doch lieber ein Verbrenner? Diese Fragen konfrontieren die Schülerinnen und Schüler wiederum direkt mit ihrem Alltag.

Thema	Seite
11 Dampfmaschine	26
12 Stromerzeugung	28
13 Stromleitung	30
14 Elektromotor	32
15 Schrebergarten	34
16 Dampflokomotive	36
17 Automobil	38
18 Urbanisierung	40
19 Mediengeschichte	42
20 Bionik	44
21 Energie erleben	46
22 Kraftwerke	48
23 Wärmenergie	50
24 Fossile Energie	52
25 Emissionen	54
26 Licht	56
27 Haushalt	58
28 Wärmedämmung	60
29 Produktlebenszyklus	62
30 Energiespeicher	64

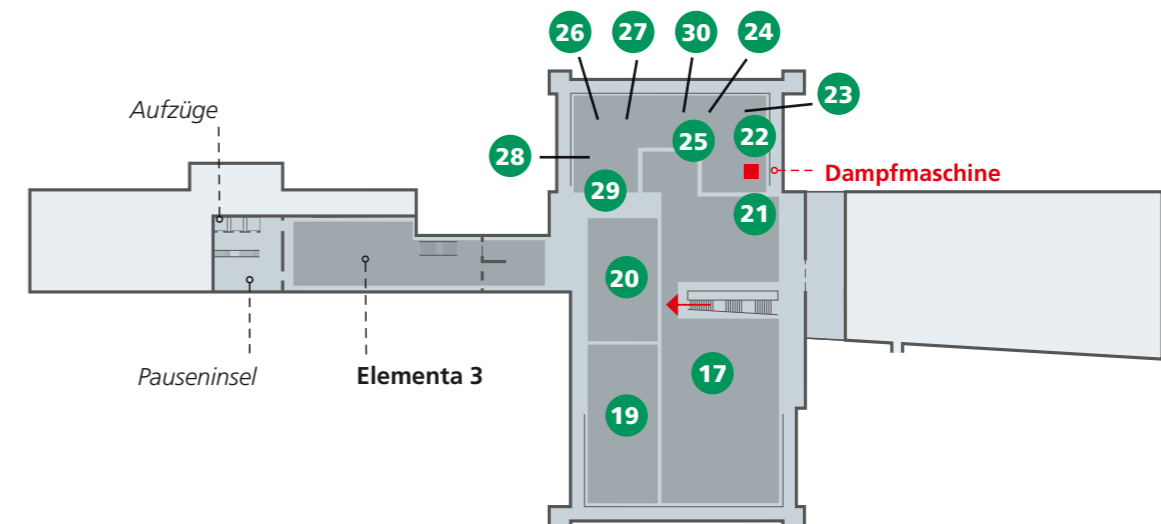
Ebene D



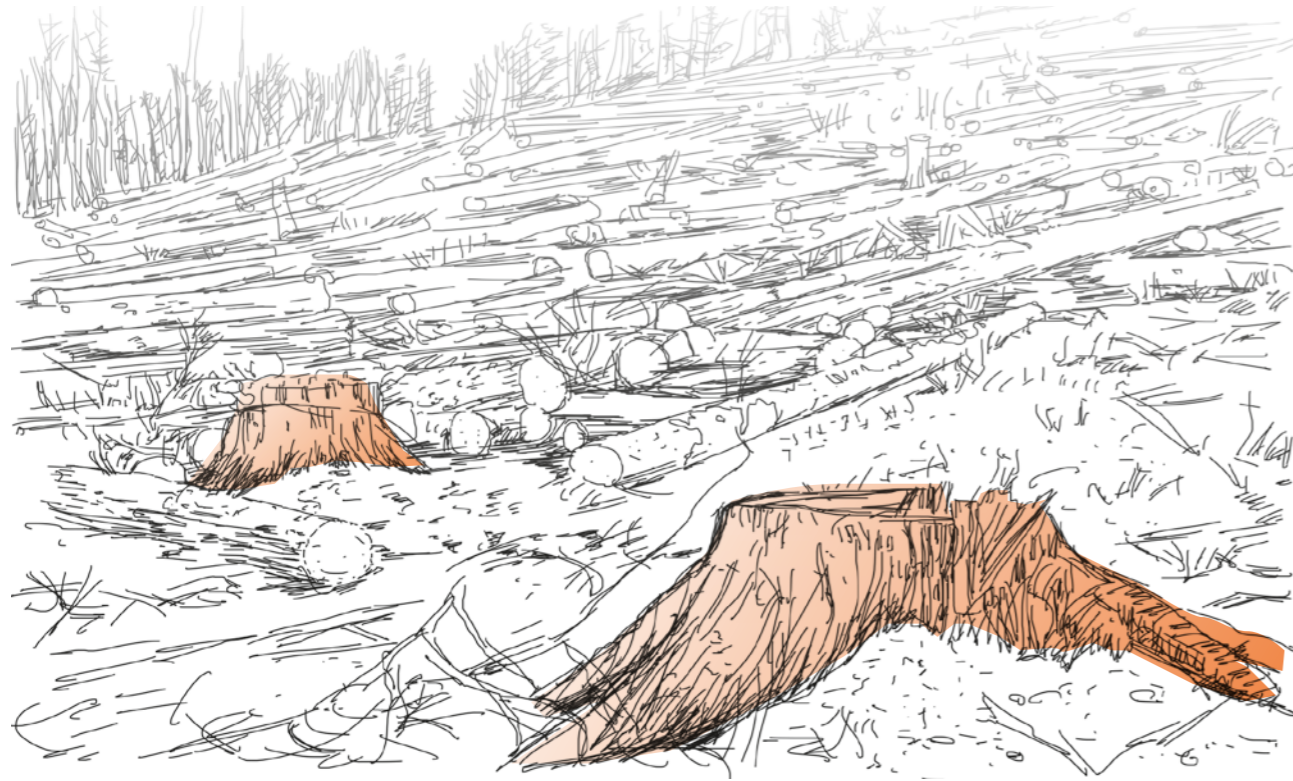
Ebene E



Ebene F



Ohne Energie geht es nicht



Energie und Leistung

Energie kann in vielen verschiedenen Formen auftreten. Man spricht etwa von thermischer Energie (Wärmeenergie), chemischer Energie, elektrischer Energie und mechanischer Energie, zu der die potenzielle oder Lageenergie und die kinetische oder Bewegungsenergie gehören. In der Physik bezeichnet Energie die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten.

Leistung bezeichnet Arbeit oder Energie pro Zeiteinheit. Je schneller Arbeit verrichtet wird, desto größer ist die Leistung. Die Einheit dafür ist Watt (W). Ein Kraftwerk muss für eine 60-Watt-Glühlampe eine höhere Leistung bereitstellen als für eine 3-Watt-LED-Leuchte.

Was bezahlen wir?

Wir bezahlen nur genutzte Energie. Wie schnell wir sie nutzen, spielt keine Rolle. Wenn wir über einen längeren Zeitraum viel Leistung abrufen, zahlen wir mehr, denn Energie ist Leistung mal Zeit.

Die Einheit der Energie ist das Joule (J). Wenn wir über elektrischen Strom sprechen, verwenden wir häufig die Wattsekunde (Ws, $1 \text{ Ws} = 1 \text{ J}$) oder die davon abgeleitete Einheit Kilowattstunde (kWh, $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ws}$). Die Energieversorgungs-Unternehmen rechnen elektrische Energie in Kilowattstunden ab.

Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften, Sachunterricht



Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien



A

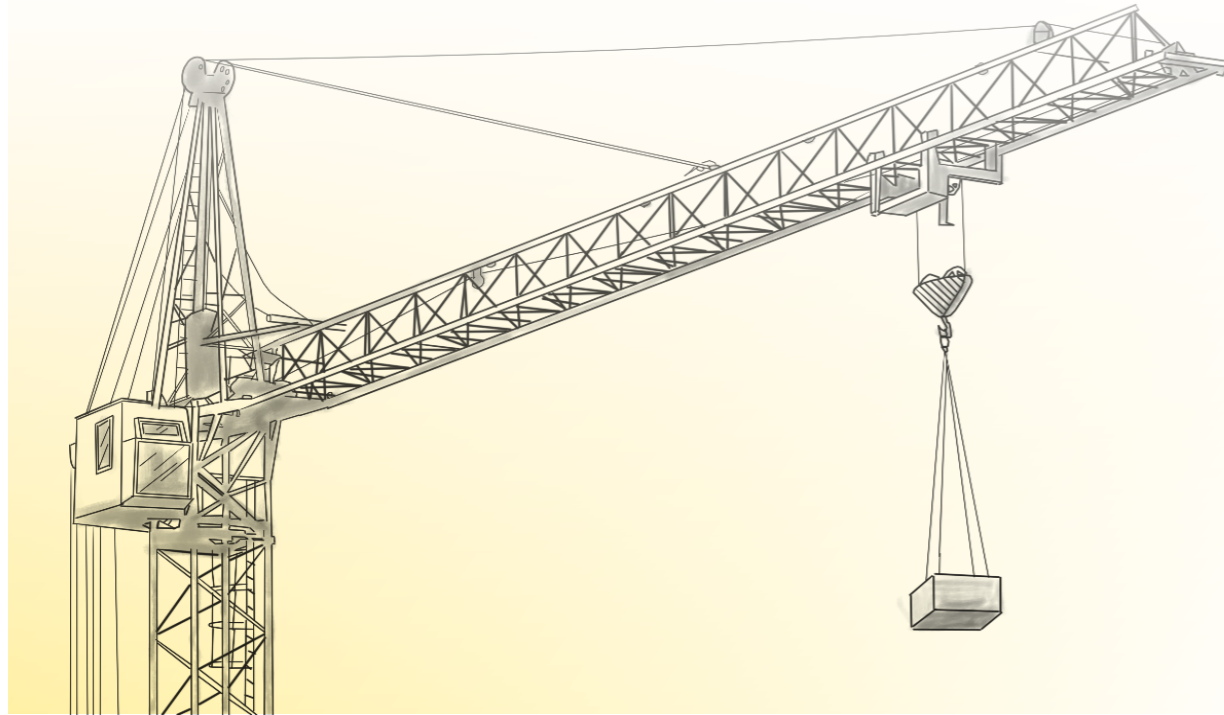
Regenerative Energien – seit Jahrtausenden unsere Kraftquelle

Heute bezeichnen wir Muskelkraft, Holz, Wasser, Wind und Sonne als regenerative Energien. Jahrtausendlang waren dies die einzigen Energiequellen der Menschen. Maschinen mit Muskelkraft zu betreiben war besonders anstrengend. Auf Ebene A zeigen das der Tretrad-Kran und die Trockenpresse. Wasserkraft, Wind- und Sonnenenergie reichten häufig nicht aus, um den immerzu steigenden Energiebedarf zu decken.

In der Neuzeit stieg der Energiebedarf wegen des Bevölkerungswachstums und der Industrialisierung immer schneller. Als Energiequelle diente vor allem Holz. Riesige Waldflächen endeten als Brennholz. Erst im 19. Jahrhundert gewann die Kohle in Deutschland als Energieträger an Bedeutung. Der von Wind und Wetter unabhängige fossile Rohstoff erweiterte das Brennstoffangebot. Gleichzeitig rettete er die verbliebenen Wälder vor dem endgültigen Verschwinden.



Hauptsache gespart – Kraft oder Arbeit?



Energie oder Kraft?

Der Begriff „Energie“ wurde erst Mitte des 19. Jahrhunderts in die Physik eingeführt. Vorher sprach man von „lebendiger Kraft“ (kinetische Energie) oder „Fallkraft“ (potenzieller Energie). Deshalb verwundert es nicht, dass die Alltagssprache oft nicht zwischen „Energie“ und „Kraft“ unterscheidet. So spricht man zum Beispiel von Kraftstoff und meint damit Benzin, das Energie für den Fahrzeug-Antrieb liefert.

Um einen Sack mit einem Flaschenzug in einen Meter anzuheben, muss man Energie aufwenden oder Arbeit verrichten und mit Kraft am Seil ziehen. Die Lage-Energie, die der Sack dabei gewinnt, ist das Produkt aus Kraft und Weg. Fällt er nach unten, wird diese Energie wieder frei.

Was sparen wir?

Die goldene Regel der Mechanik besagt: „Das Produkt aus Kraft und Weg, also die Energie, bleibt konstant.“ Das bedeutet: Wie etwas an Höhe gewinnt, ändert nicht die Energie, die dafür nötig ist. Man kann einen Berg auf einem kraftaufreibenden, kurzen Weg besteigen oder einen langen Umweg gehen.

Nach demselben Prinzip arbeitet ein Flaschenzug: Entweder man zieht einen Sack mit viel Kraft geradewegs nach oben, oder man zieht mit wenig Kraft ein sehr langes Seil. Das Ergebnis ist immer dasselbe: Der Stein erreicht die Höhe von (in unserem Beispiel) einem Meter und speichert die zugehörige Lage-Energie.

Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften, Sachunterricht



Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien



A

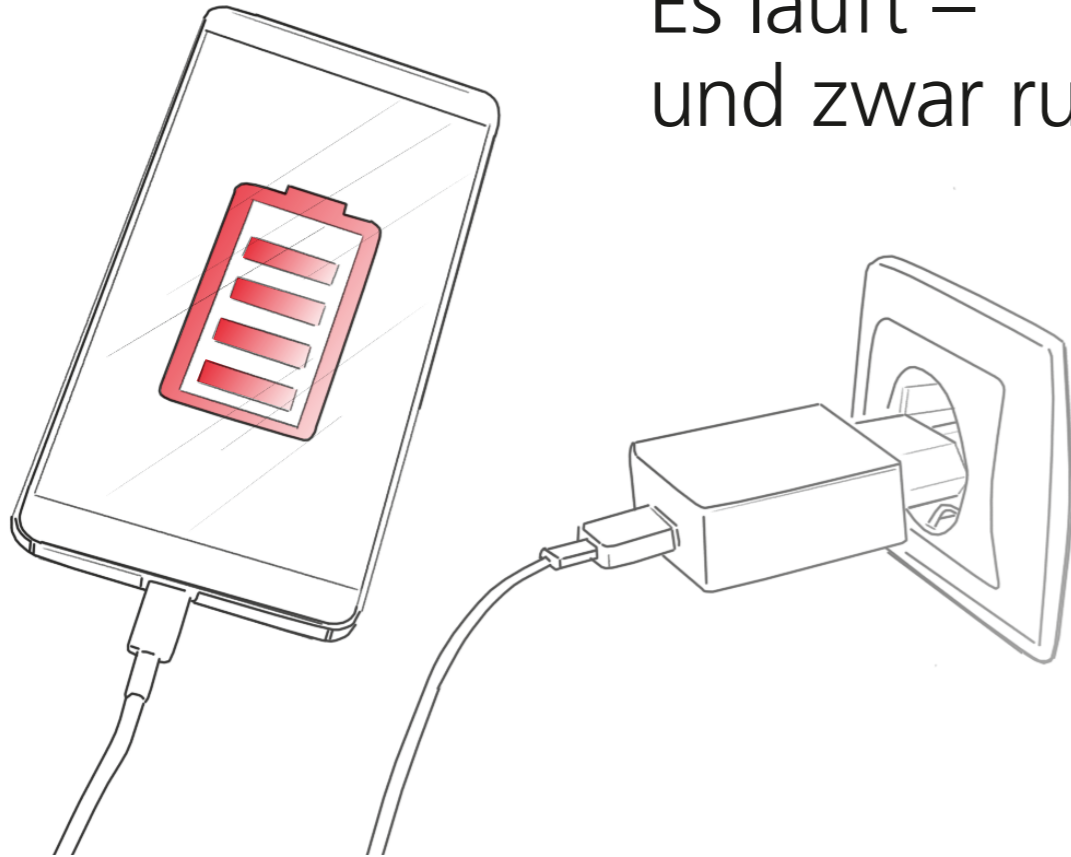
Flaschenzug

Ein Flaschenzug ist eine Kombination aus einem Seil und mehreren festen und losen Rollen. Im einfachsten Fall wird das Seil von einem Haken an der Decke über eine bewegliche Rolle an die Last geführt. Die feste Rolle an der Decke dient nur dazu, die Kraft so umzulenken, dass man nach unten ziehen kann. Die Last hängt damit an zwei tragenden Seilen. Um sie einen Meter nach oben zu ziehen, muss man beide Seile einen Meter, also insgesamt zwei Meter, Seil ziehen. Nach der goldenen Regel der Mechanik halbiert sich damit die Zugkraft, die aufgewendet werden muss.

Baut man weitere feste und bewegliche Rollen ein, hängt die Last an immer mehr tragenden Seilen und die aufzuwendende Kraft wird immer geringer. Auf Ebene A lässt sich dieser Zusammenhang an mehreren Flaschenzügen selbst testen.



Es läuft – und zwar rund



Tretrad-Kran

Beim Tretrad-Kran wird die Bewegungsenergie des Menschen in Lage-Energie umgewandelt. Der Mensch läuft im Rad und überträgt seine Energie über Welle, Getriebe und Seilrolle auf den Stein, der nach oben gezogen wird. Damit sich das große Zahnrad an der Seilrolle einmal dreht, muss das an der Welle des Tretrads angebrachte Käfigzahnrad 4,5 Umdrehungen drehen.

Um den Stein einen Meter nach oben zu ziehen, muss ein Mensch fast 50 Meter im Tretrad gehen. Der Wirkungsgrad dieser Energieumwandlung ist vergleichsweise hoch. Verluste in Form nicht nutzbarer Energien (Reibungsenergie, Wärmeenergie) sind gering.

Mit dem Tretrad-Kran einen Handy-Akku laden

Die Energie eines Handy-Akkus lässt sich mit den Angaben auf dem Akku, zum Beispiel 3,8V, 2.100mAh berechnen und beträgt in diesem Fall etwa acht Wattstunden (Wh). Der Stein am Tretrad-Kran wiegt 275 kg, hat also eine Gewichtskraft von 2.750 Newton (N). Zieht man ihn einen Meter nach oben, wird beim Fallen eine Energiemenge von etwa 0,8 Wattstunden frei (Energie gleich Kraft mal Weg). Mit anderen Worten: Zöge man den Stein 10 Meter nach oben, entspräche die beim Fallen freiwerdende Energie der Energie, die in einem Handy-Akku steckt.

Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften, Sachunterricht



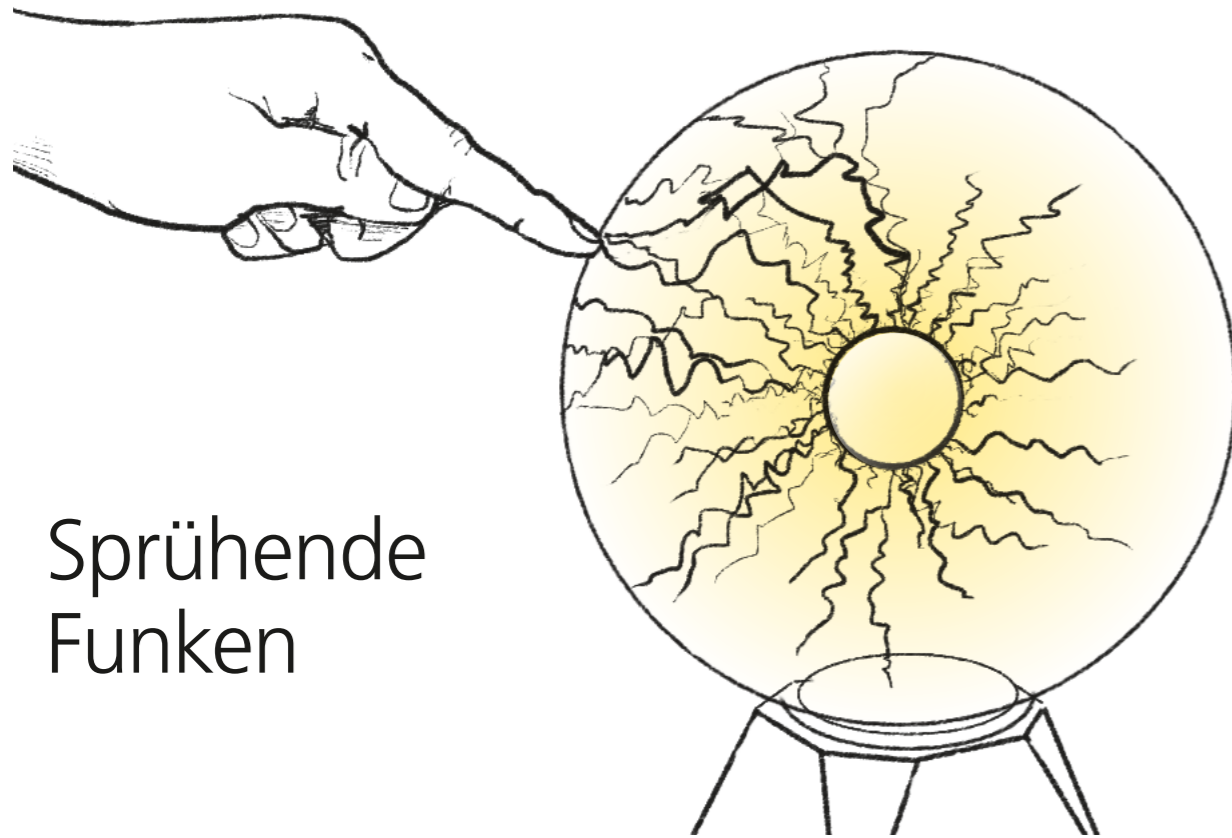
Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien



In der Tretmühle

Von der Antike bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts dienten Tretrad-Kräne als Transportmittel für schwere Lasten auf Großbaustellen oder auf Warenumschlagplätzen wie Häfen. Auch die Steine des Mannheimer Schlosses wurden auf diese Weise einzeln mit Muskelkraft nach oben gezogen und an ihre Plätze im Mauerwerk befördert. Mit jedem neuen Stockwerk mussten die Kräne ab- und auf der neuen Etage wieder aufgebaut werden. Als „Kran-Knechtes bezeichnete Tagelöhner lieferten die Energie für ihren Antrieb. Ein Kranmeister überwachte den Ablauf und gab Anweisungen. Eine andere Bezeichnung für Tretrad-Kran lautet „Tretmühle“. Noch heute bezeichnen wir damit anstrengende, gleichförmige Tätigkeiten. Unter Aufsicht eines TECHNOscouts kann man sich auf Ebene A selbst einmal in diese „Tretmühle“ begeben.





Sprühende Funken

Am Anfang war der Bernstein

Reibt man mit einem Stück Stoff an einem Bernstein, zieht der Bernstein Federn und Fusseln an. William Gilbert war der erste Forscher, der das bereits in der Antike bekannte Phänomen genauer untersuchte. Für die Erscheinungen, die er bei seinen Untersuchungen im 16. Jahrhundert beobachtete, führte er den Begriff „Electrica“ ein. Er leitete sich vom Altgriechischen *electron* (Bernstein) ab. Gilbert entwickelte auch das erste Messgerät für Elektrizität, das Elektroskop. Auf Ebene B stehen mehrere Experimente zur Reibungselektrizität und zur Wirkungsweise eines Elektroskops bereit.

Elektrizität durch Reibung

Reibt man ein Fell an einem Bernstein, lösen sich Elektronen und sammeln sich im Fell an. Derselbe Effekt lässt sich beim Experiment „Bandgenerator“ in Elementa 2 beobachten. Hier reibt ein Gummiband an einer Kunststoffwalze. Nach dem Reiben herrscht im Fell ein Elektronenüberschuss (negative Ladung). Dem Bernstein fehlen dafür Elektronen, sodass er positiv geladen ist. Zwischen Fell und Bernstein ist eine elektrische Spannung entstanden. Berührt man nun mit einem der geladenen Gegenstände einen geerdeten elektrischen Leiter, erfolgt ein Ladungsausgleich. Das heißt, es fließt Strom. Bei sehr hoher Ladung kommt es dabei zum Funkenüberschlag durch die Luft, und es entsteht ein Blitz.

Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften, Sachunterricht



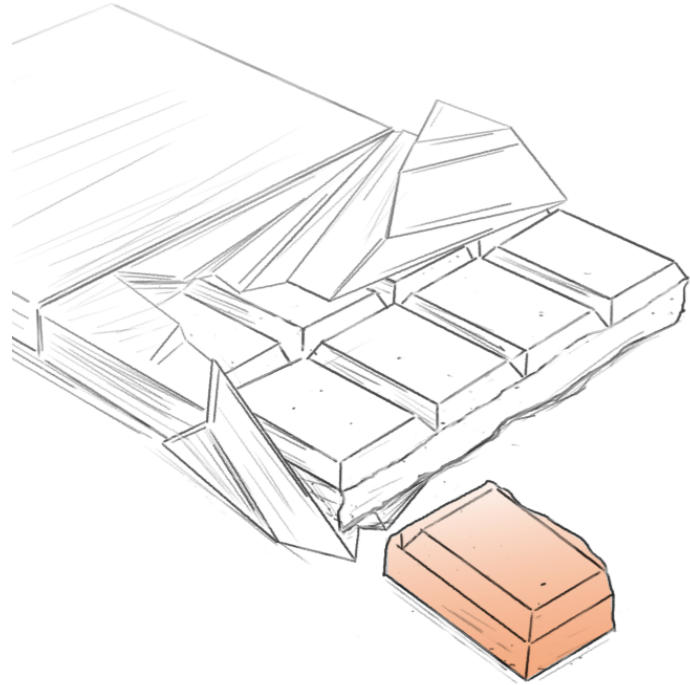
Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien



„Da steht es, das schöne – das herrliche Werk des menschlichen Verstandes, der Sieg der Weltweisheit.“

Mit diesen Worten pries der Konstrukteur des fünfstrahligen Blitzableiters, Johann Jakob Hemmer, seine Erfindung. Blitze entstehen durch die elektrostatische Aufladung der Wolken. Blitzableiter sorgen dafür, dass diese Ladung in den Boden gelangt, ohne dabei Menschen zu verletzen oder Brände auszulösen. Johann Jakob Hemmer war ein Universalgelehrter, den Kurfürst Carl Theodor 1760 an den Mannheimer Hof holte. Hier experimentierte er unter anderem mit elektrischen Phänomenen. Auf seinen Rat rüstete Carl Theodor alle Schlösser und Schießpulver-Türme der Kurpfalz mit Blitzableitern aus. Ein Nachbau eines Hemmer'schen Blitzableiters aus dem Jahr 1778 befindet sich auf Ebene B.





Zwei Räder verändern die Welt



Balanceakt auf zwei Rädern

Im Sommer 1817 unternahm Karl Drais die erste Ausfahrt mit seiner zweirädrigen Laufmaschine, dem Ur-Typ des Fahrrads. Für die sieben Kilometer lange Strecke von der Mannheimer Innenstadt nach Rheinau benötigte er eine halbe Stunde. Damit war er schneller als die Postkutsche. Bis am Ende des 19. Jahrhunderts das Fahrrad in seiner heutigen Form auf den Markt kam, durchlief es noch einige Entwicklungsschritte. Diese führten über das Tretkurbelrad und das Hochrad bis zum Niederrad. Auf Ebene B sind nicht nur Originale zu sehen, sondern man kann sich auch auf ein Hochrad setzen oder eine Probefahrt auf einer Laufmaschine unternehmen.

Ein Stück Schokolade für einen Kilometer

Komplett emissionsfrei ist auch ein Fahrrad nicht: Seine Herstellung und auch der radelnde Mensch benötigen Energie. Radfahren ist jedoch sehr energieeffizient. Für eine Strecke von einem Kilometer benötigt man bei einer Geschwindigkeit von 16 km/h etwa 100 Kilojoule. Das entspricht grob der Energie eines Stücks Schokolade. Im Vergleich zum Gehen ist Fahrradfahren effizienter, weil der Körperschwerpunkt nicht bei jedem Schritt angehoben wird. Im Vergleich zu einem vierrädrigen Fahrzeug ist die Rollreibung ebenfalls geringer. Für dieselbe Strecke benötigt ein Auto mit 100 km/h bei einem Verbrauch von sechs Litern Benzin pro 100 km 1.800 Kilojoule. Das entspricht ungefähr der Energie von 75 g Schokolade.



B

Und heute?

Inzwischen ist das Fahrrad beliebter denn je. Immer mehr Menschen steigen aufs Rad um. Es gilt als einer der Schlüssel zu einer nachhaltigen Verkehrswende. Auch Fahrräder mit elektrischem Hilfsmotor, sogenannte Pedelecs oder E-Bikes, werden immer beliebter. Mittlerweile fahren mehr als 4 Millionen solcher Gefährte auf deutschen Straßen. Rechtlich gesehen sind sie Fahrräder, weil die Elektronik nur dann unterstützt, wenn die FahrerIn oder der Fahrer in die Pedale tritt. Dabei wird je nach Fahrstil und Strecke pro Kilometer eine Energie von etwa 40 Kilojoule benötigt. Wirklich umfassende Rechnungen berücksichtigen auch die zur Herstellung des Fahrrads, des Motors und des Akkus aufgewandte Energie anteilig.



Bildungsplanbezug

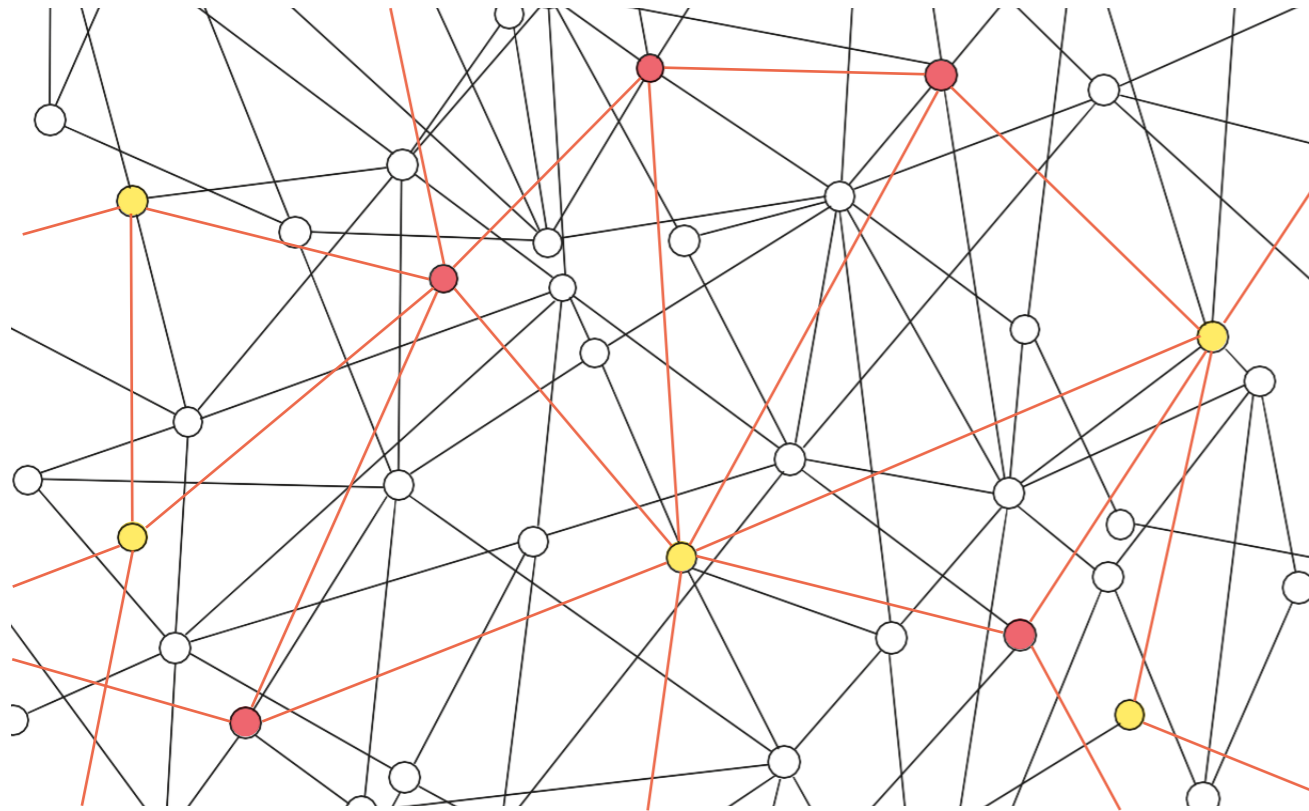
GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften, Sachunterricht



Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien

Immer up to date bleiben!



Druck ist Kraft pro Fläche

Um Buchstaben auf Papier zu bringen, muss die Vorlage mit einem exakt bemessenen Druck nach unten gedrückt werden. Dabei gilt: Je größer die Druckfläche, desto mehr Kraft ist nötig, um den Text auf das Papier zu bringen.

Mit der hölzernen Buchdruckpresse auf Ebene B von 1720 können nur recht kleine Formate gedruckt werden. Den für größere Formate erforderlichen Druck hält das Holz nicht aus. Die Columbia-Presse aus dem Jahr 1835 direkt daneben ist aus Eisen. Dieses Material und das Kniehebelgelenk erlauben es, deutlich höhere Kräfte einzusetzen und deshalb auch größere Papierformate zu bedrucken.

Rotierende Systeme

Bei einem rotierenden Druck-Zylinder muss der Druck nur noch auf der relativ kleinen Fläche ausgeübt werden, auf der sich Vorlage und Papier jeweils gerade berühren. Damit werden großformatige Drucke möglich. Gleichzeitig ermöglicht der kontinuierliche Druckvorgang, die Druckgeschwindigkeit zu steigern.

Während mit der Columbia-Presse zwei Drucker in einer Stunde 100 bis 200 Seiten drucken konnten, bringt es die Rollenrotationsdruckmaschine von 1860 auf 10.000 Umdrehungen pro Stunde. Pro Umdrehung können dabei, wie an den Druckvorlagen auf Ebene B zu sehen ist, einige Seiten gedruckt werden. Angetrieben wurde die Maschine mit einer Dampfmaschine.



Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften



Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien

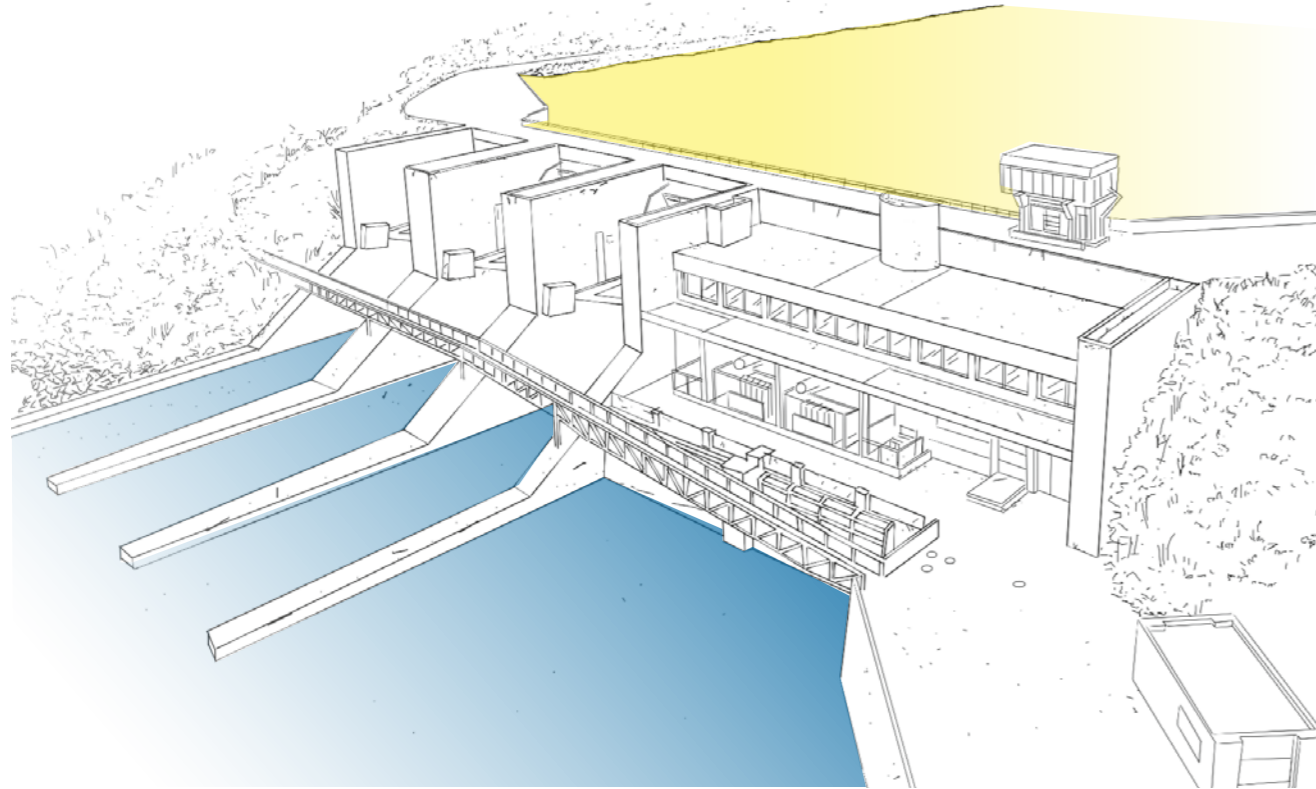
Papierlos?

Heute werden hauptsächlich Online-Medien konsumiert. Videostreaming, Cloud-Computing und Internet der Dinge – das alles lässt den Energieverbrauch des Internets immer schneller ansteigen. Der Kohlendioxid-Ausstoß der Rechenzentren in Deutschland entspricht heute in etwa den Emissionen des Luftverkehrs. Während der Stromverbrauch in der Tendenz steigt, weil die Anforderungen an die IT-Branche immer weiter zunehmen, dürfte der CO₂-Fußabdruck der Mediennutzung sinken, sobald ausreichend Strom aus regenerativen Quellen zur Verfügung steht.

Die meiste Energie benötigen die Rechenzentren übrigens, um die riesigen Server zu kühlen. Aber auch die Datenübertragung vom digitalen Endgerät zu Hause an den Server und zurück verbraucht Energie.



Energie im Fluss



Oberschlächtig oder unterschlächtig – das ist hier die Frage!

Frühe Wasserräder wurden einfach in den Fluss gehängt. Das Wasser strömte gegen die Schaufeln und gab einen Teil seiner Bewegungs-Energie an das Rad ab. Solche einfachen unterschlächtigen Wasserräder haben einen Wirkungsgrad von höchstens 30 Prozent. Kommt das Wasser von oben, treibt das Gewicht des fallenden Wassers das Rad an und die Energie des Wassers wird deutlich besser ausgenutzt. Bereits in der Mitte des 18. Jahrhunderts konnten Versuche nachweisen, dass oberflächliche Wasserräder bis zu zwei Drittel der Energie des Wassers nutzen können. Eine Mitmachstation auf Ebene C zeigt diesen Versuchsaufbau aus dem 18. Jahrhundert.

Technik und Wirtschaft

Rüstet man ein Wasserrad mit gekrümmten Schaufeln aus und baut ein enges Gerinne, damit möglichst wenig Wasser ungenutzt am Wasserrad vorbeiströmt, lässt sich der Wirkungsgrad von unterschlächtigen Wasserrädern auf bis zu 80 Prozent erhöhen. Ein Beispiel dafür ist das große unterschlächtige Wasserrad an der Papieranlage auf Ebene C. Aus wirtschaftlichen Gründen wurden aber auch einfache Wasserräder wie das an der Weberei aus Elzach weiterhin gebaut.

Die Drehzahl eines Wasserrads hängt von der Fließgeschwindigkeit des Wassers und vom jeweiligen Wasserstand ab. Deshalb konnten von Wasserrädern angetriebene Maschinen nicht gleichmäßig betrieben werden und standen in Trocken- oder Frostperioden still.

Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften, Sachunterricht



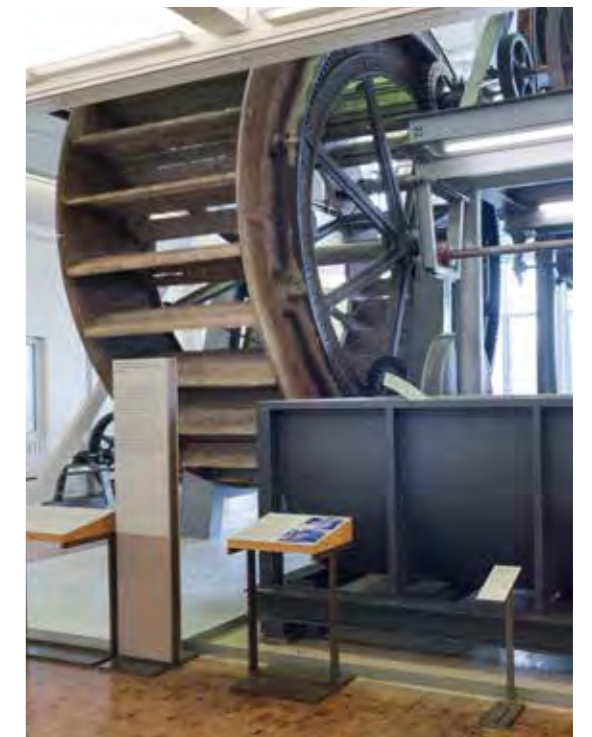
Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien

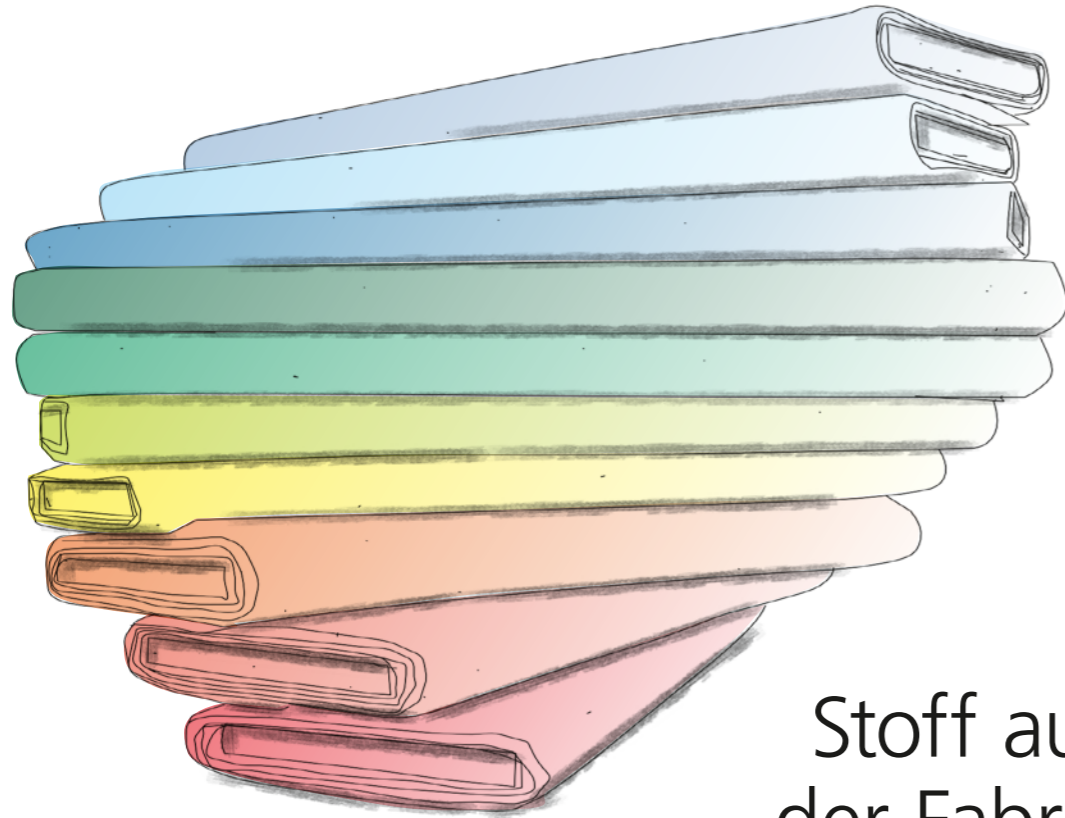


Die Turbine

Turbinen werden völlig vom Wasser durchströmt und sind damit weniger anfällig für Wasserstandsschwankungen. Ihr Wirkungsgrad von bis zu 95 Prozent und ihre geringe Störanfälligkeit führten dazu, dass Turbinen die Wasserräder immer mehr verdrängten. Bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts setzten sie sich im Kraftwerksbereich durch – so wie die auf Ebene C ausgestellte Francis-Doppelturbine. Ein Wasserrad trieb dagegen den Generator des Kraftwerks an, aus dem die Schalttafel in dieser Inszenierung stammt.

In Pumpspeicher-Kraftwerken erzeugen von Turbinen angetriebene Generatoren Strom, wenn das zwischengespeicherte Wasser abgelassen wird. Die Funktionsweise eines Pumpspeicher-Kraftwerks zeigt das Experiment neben der Turbinenanlage.





Stoff aus der Fabrik

Die Transmission

Die Weberei auf Ebene B ist ein anschauliches Beispiel einer Transmissionsanlage. Ein Wasserrad treibt ihre zentrale Welle an. Riemenräder auf der Welle übertragen die Kraft mit Transmissionsriemen auf sechs Webstühle und zwei Spinnmaschinen. Die Geschwindigkeit der Maschinen lässt sich über die Durchmesser der Schwungräder steuern. Für eine gegenläufige Drehrichtung wird der Transmissionsriemen gekreuzt. In den Vorführungen zeigen die Vorführkräfte auch das Abschalten der Maschine: Der Riemen wird auf eine zweite, separat angebrachte Scheibe verschoben – die Maschine steht still.

Arbeit in der Textilindustrie

Eine Transmissionsanlage birgt erhebliche Gefahrenquellen: In freilaufenden Riemen können sich Kleidung oder lange Haare verfangen. Die Riemen können reißen und unkontrolliert durch den Raum peitschen. Lärm, Hitze, Schmutz und Staub machen Arbeiterinnen und Arbeiter krank.

Um Kosten zu sparen, reinigte man die Transmissionsanlage und die Maschinen häufig im laufenden Betrieb. Auch dies war ein weiteres Unfallrisiko. Kinderarbeit war in der Textilindustrie bis ins frühe 20. Jahrhundert weit verbreitet. Kinder waren billige Arbeitskräfte, die Familien waren auf ihre Einkünfte angewiesen.



Elektrischer Strom – Fluch und Segen

Im Südschwarzwald wurden um 1900 Seidenbänder in Heimarbeit hergestellt. Das Auskommen der Weber war kläglich. Ab 1904 ermöglichten genossenschaftliche Selbsthilfe und staatliche Unterstützung, die Webstühle mit elektrischem Strom zu betreiben, den ein nahegelegenes Wasserkraftwerk lieferte.

Die Arbeit war nun körperlich weniger anspruchsvoll und konnte auch von Frauen und Kindern übernommen werden. Nun ließ sich zwar die Produktion steigern, weil aber gleichzeitig Stücklöhne sanken, besserte sich die Lage der Familien letztlich nicht.



Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften, Sachunterricht



Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien



Es wird gemüllert!

„Der Müller ist ein adelig Kind...“

Das Müllereigewerbe ist ein anspruchsvolles Handwerk, das viel technisches Geschick und Erfahrung erfordert. Dem Ansehen des Müllers am Ort half das nicht: Die rund um die Uhr betriebenen Wasserräder sorgten mitunter für eine erhebliche Lärmbelästigung. Zudem war der Müllereibetrieb vom Landesherrn mit Privilegien wie dem Recht auf Feiertagsarbeit ausgestattet, um Wind- und Wasserkraft besser ausnutzen zu können. Heute ist die Bedeutung des Müllerhandwerks mit Wind- und Wassermühlen anerkannt: 2018 nahm es die Deutsche UNESCO-Kommission ins bundesweite Verzeichnis des Immateriellen Kulturerbes auf.

„... es arbeiten für ihn Wasser und Wind.“

Historische Mühlen trieben Muskel-, Wasser- oder Windkraft an. Auch nach Erfindung der Dampfmaschine wurde vielerorts weiter in diese Energieformen investiert. So gab es am Ende des 19. Jahrhunderts in Deutschland noch etwa 20.000 aktive Windmühlen. Ob historische Windmühle oder moderner Windpark: Die Windleistung verhält sich proportional zur dritten Potenz der Windgeschwindigkeit. Die doppelte Windgeschwindigkeit liefert also die achtfache Leistung. Eine historische Windmühle konnte eine Leistung von zehn bis 15 Kilowatt generieren. Moderne Offshore-Windkraftanlagen haben inzwischen Flügellängen von 80 bis 90 Metern und liefern bis zu neun Megawatt.



Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften, Sachunterricht



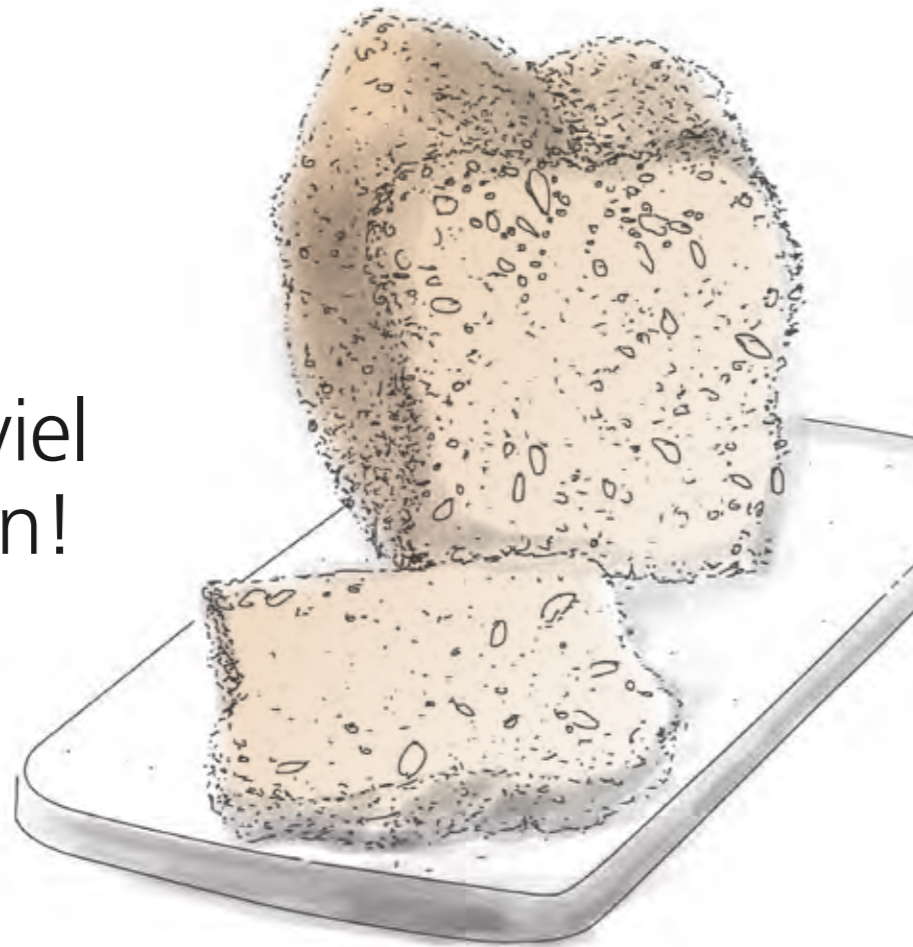
Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien

„Es klappert die Mühle am rauschenden Bach“

Nicht nur Wind- und Wassermühlen erzeugten Lärm, sondern auch die Gewässer, an denen sie lagen. Hier brachte erst die Dampfmaschine eine merkliche Beruhigung. Sie sorgte auch dafür, dass unabhängig „von Wind und Wetter“ gemahlen werden konnte. Bereits im Mittelalter lösten Mahlwerke die einfachen Mahlsteine der Antike ab. Eine Mühle aus der Zeit um 1900 wird auf Ebene C regelmäßig vorgeführt. Sie zerreibt die Körner zwischen einem fest verbauten Bodenstein und einem drehbaren Läuferstein. Die Energie dafür bezog sie weiterhin von Wind- und Wasserrädern.



Da steckt viel Energie drin!



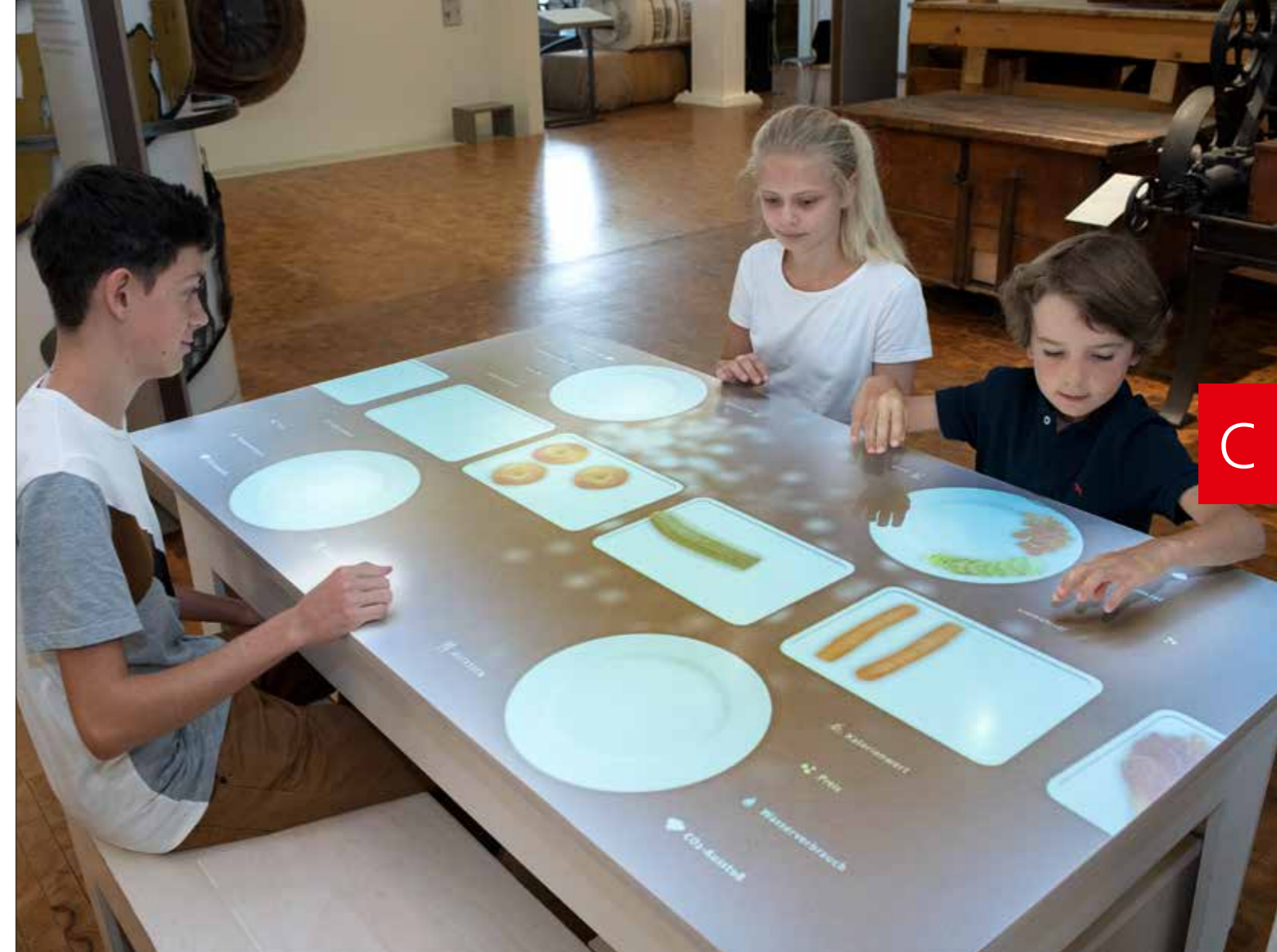
Brot kostet Energie – Brot liefert Energie

Etwas mehr als 1,5 Kilowattstunden: So viel Energie benötigt heute die Herstellung eines durchschnittlichen Laib Brot in der noch handwerklich arbeitenden Bäckerei. Neben der Energie für das Backen sind dabei auch der Anbau des Brotgetreides, das Mahlen, die Verpackung und der Transport berücksichtigt. Mit dieser Energiemenge könnte eine 10 Watt-LED-Lampe 150 Stunden lang leuchten.

Ein Brot bringt uns Menschen auch wertvolle Energie in Form von Nahrung: Ein ganzer Laib hat ungefähr den Energieinhalt von 2.500 Kilokalorien (kcal) oder 2,9 Kilowattstunden. Damit könnte die Lampe fast doppelt so lang leuchten, nämlich 290 Stunden.

Hunger = Energiemangel

Der Nahrungsmittelanbau hängt stark vom Wetter ab. Dies mussten die Menschen im „Jahr ohne Sommer“ 1816 am eigenen Leib erfahren: Der Ausbruch eines indonesischen Vulkans sorgte in Nordamerika und großen Teilen Europas für ganzjährige Kälte und extreme Wetterereignisse. Kälte, anhaltende Regenfälle und Überschwemmungen führten zu stark ansteigenden Lebensmittelpreisen. Die Menschen streckten Brot mit Sägemehl, Kräutern, Rinde oder Eichelmehl. Etwa ein Fünftel der Bevölkerung Badens entschloss sich zur Auswanderung. Auf Ebene C geben verschiedene Objekte einen Eindruck vom Leben und Leiden in den Hungerjahren 1816/17.



Hähnchenschlegel oder Apfel?

Die Erzeugung und Weiterverarbeitung von Lebensmitteln ist sehr energieaufwändig und umweltbelastend. Entsprechend hoch sind auch die Treibhausgasemissionen, die dadurch entstehen. Jede in Deutschland lebende Person verbraucht im Durchschnitt 500 Kilogramm Lebensmittel pro Jahr. Das bedeutet, 15 Prozent der Treibhausgasemissionen privater Haushalte lassen sich dem Bereich Ernährung zuordnen.

Wie hoch der Kohlendioxid-Ausstoß bestimmter Lebensmittel genau ist, können die Besucherinnen und Besucher am „Ernährungstisch“ ganz konkret in Erfahrung bringen. Das Essen wird dabei virtuell auf den eigenen Teller geholt. Anschließend können Kalorienverbrauch, Preis, Wasserverbrauch und Kohlendioxid-Ausstoß abgelesen werden.



Bildungsplanbezug

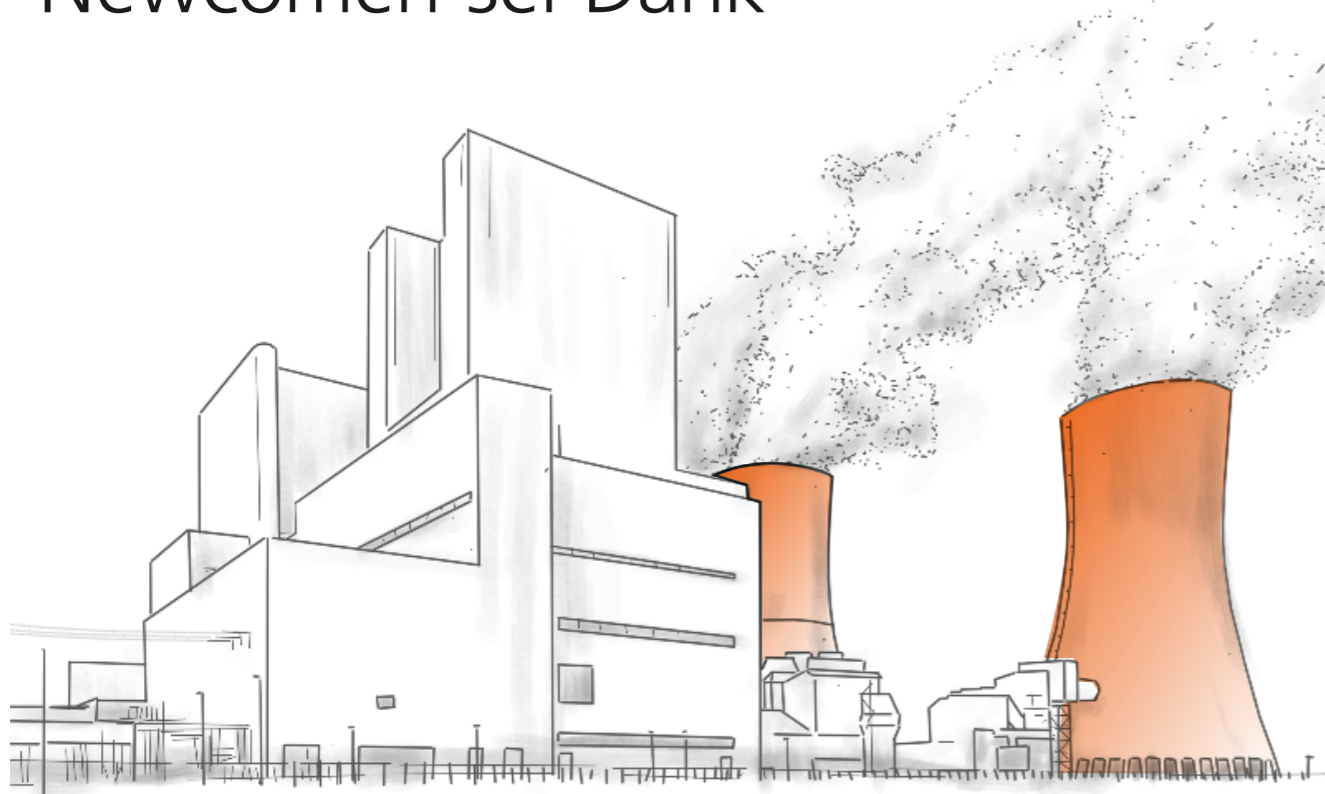
GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften, Sachunterricht



Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien

Newcomen sei Dank



Dampf arbeitet

Denis Papin stellte 1690 eine einfache Vorrichtung vor, bei der sich ein Kolben bewegt, wenn ein Zylinder von außen abwechselnd gekühlt und erwärmt wurde. Das erste Modell einer Wärmekraftmaschine, die Wärmeenergie in mechanische Bewegung umwandelt, war erfunden, aber noch nicht praxistauglich.

Thomas Newcomen präsentierte 1712 die erste funktionstüchtige Dampfmaschine. Hier war die Dampfzerzeugung vom Arbeitszylinder getrennt und die Kondensation des Dampfes wurde durch Einspritzen von Wasser beschleunigt. Die Dampfmaschine hatte einen Wirkungsgrad von 0,5 Prozent und ähnelte im Aussehen dem Guericke-Kran auf Ebene A.

Wat(t) ne Leistung!

James Watt verlagerte den Kondensationsprozess in ein vom Zylinder getrenntes, gekühltes Gefäß. Mit dieser und weiteren Verbesserungen erreichte er mit seinen doppelwirkenden Dampfmaschinen Wirkungsgrade bis fünf Prozent. In Elementa 2 wird deren Funktionsweise an einem interaktiven Modell erklärt. Um die Vorteile seiner Dampfmaschine herauszustellen, führte er auch die Einheit der Pferdestärke (PS) ein.

Heute heißt die physikalische Einheit der Leistung ihm zu Ehren „Watt“ ($1 \text{ PS} = 735,5 \text{ W} = 735 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3$). Die Lokomobile, eine ortsveränderliche Dampfmaschine in Elementa 2, hat eine Leistung von 10PS (7,5kW) und ist damit leistungsfähiger als das kleine Wasserrad auf Ebene C (6PS bzw. 4,4 kW).



Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften



Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien

Ohne Kohle kein Dampf – Ohne Dampf keine Kohle

Dampfkraft und die Nutzung von Steinkohle hängen eng miteinander zusammen. Anfang des 18. Jahrhunderts wurde in der führenden Industrienation England der Holzvorrat knapp. Um weiter Eisen herstellen zu können, ersetzte Koks schrittweise die traditionelle Holzkohle in den Hochöfen. Die steigende Nachfrage nach Kohle wiederum förderte den Bergbau und die Erschließung tieferer Flöze. Aus diesen musste immer mehr Grundwasser abgepumpt werden, weshalb bessere, von Dampfmaschinen angetriebene Pumpen entstanden. Um diesen Dampf erzeugen zu können, benötigte man die besonders heiß verbrennende Steinkohle.

Für die eigentliche Kohleförderung aus den Bergwerkschächten und den Kohlentransport mit der (Dampf-) Eisenbahn setzte man erst relativ spät auf die Dampfmaschine.



Jetzt wird's elektrisch!



Die erste Batterie

Verbindet ein leitfähiges Medium zwei verschiedene Metalle miteinander, entsteht zwischen ihnen eine Spannung. Luigi Galvani erkannte dies bereits Ende des 18. Jahrhunderts bei Versuchen an Froschschenkeln. Er legte damit die Grundlage für Alessandro Voltas Forschungen zu Batterien und Akkumulatoren (Akkus). Volta schaltete für die nach ihm benannte Voltasäule mehrere Kupfer- und Zinkbleche hintereinander. Mit dieser ersten bekannten Batterie ließen sich weitere elektrische Experimente durchführen. Der Versuch „Handbatterie“ in Elementa 2 zeigt, zwischen welchen Metallen die höchste Spannung entsteht.

Verschaltet?

An die wesentlichen Vor- und Nachteile der zwei grundlegenden elektrischen Schaltungen führt der Versuch „Reihen- und Parallelschaltung“ in Elementa 2 heran: Bei der Parallelschaltung erhalten die eingebauten Verbraucher alle dieselbe Spannung und können einzeln an- und ausgeschaltet werden, in der Praxis ein unschätzbare Vorteil. Reihenschaltung findet man häufig bei Lichterketten. Ihr großer Nachteil: Ist ein Lämpchen defekt, ist der Stromkreis unterbrochen. Die gesamte Lichterkette bleibt dunkel. Auch ein Kurzschluss kann in dem Experiment gezeigt werden. Jetzt fließt der Strom an der Lampe vorbei. Sie bleibt dunkel.

Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften, Sachunterricht



Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien

Werner Siemens und das dynamo-elektrische Prinzip

Bewegt ein Magnetfeld einen elektrischen Leiter oder ändert sich das von einem Leiter umschlossene Magnetfeld, wird eine Spannung induziert. Aufbauend auf die Versuche zur Induktion von Michael Faraday entdeckte Werner Siemens 1866 das dynamo-elektrische Prinzip und entwickelte die ersten Generatoren, die Elektrizität in großen Mengen erzeugen konnten. Damit war die Grundlage für eine breite Anwendung der Elektrizität geschaffen. Bereits 1878 ging das erste mit Siemens-Generatoren ausgestattete Kraftwerk in Betrieb. Ihre Funktionsweise zeigt der Versuch „Induktion“ in Elementa 2.

Der Fahrrad-Dynamo arbeitet übrigens nicht nach dem dynamo-elektrischen Prinzip, so dass man hier besser von einer Lichtmaschine spricht.





In der Leitung

Gleichstrom oder Wechselstrom?

Eine Batterie erzeugt Gleichstrom. Das heißt, der Strom fließt immer in dieselbe Richtung. Allerdings nimmt der Widerstand, der dem Stromfluss entgegengesetzt wird, mit der Drahtlänge und dem Stromfluss zu. Ein Lämpchen am Ende der Leitung leuchtet also schwächer. Die meisten Generatoren erzeugen Wechselspannung, bei der sich die Stromrichtung regelmäßig ändert. Wechselstrom lässt sich transformieren: Kleine Spannungen werden in höhere Spannungen umgewandelt (oder umgekehrt). Wegen des Energieerhaltungssatzes ändert sich die Stromstärke in gegenläufiger Richtung. Dies zeigt der Versuch zum Transformator in Elementa 2.

Der Stromkrieg

Um ein größeres Gebiet mit elektrischer Energie zu versorgen, benötigt man seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert Stromleitungen. Nicht einigen konnte man sich aber, ob in den Leitungen Gleichstrom (so Thomas Alva Edisons Vorschlag) oder Wechselstrom (so der Vorschlag von George Westinghouse und Nicola Tesla) fließen sollte. Der Versuch „Hochspannungsleitung“ in Elementa 2 zeigt, dass die Stromverluste bei mit Transformatoren ausgestatteten langen Wechselstrom-Leitungen weit geringer sind als bei Gleichstrom-Leitungen. Deshalb setzte sich der Wechselstrom im ersten Formatkrieg der Industriegeschichte, dem Stromkrieg, durch.

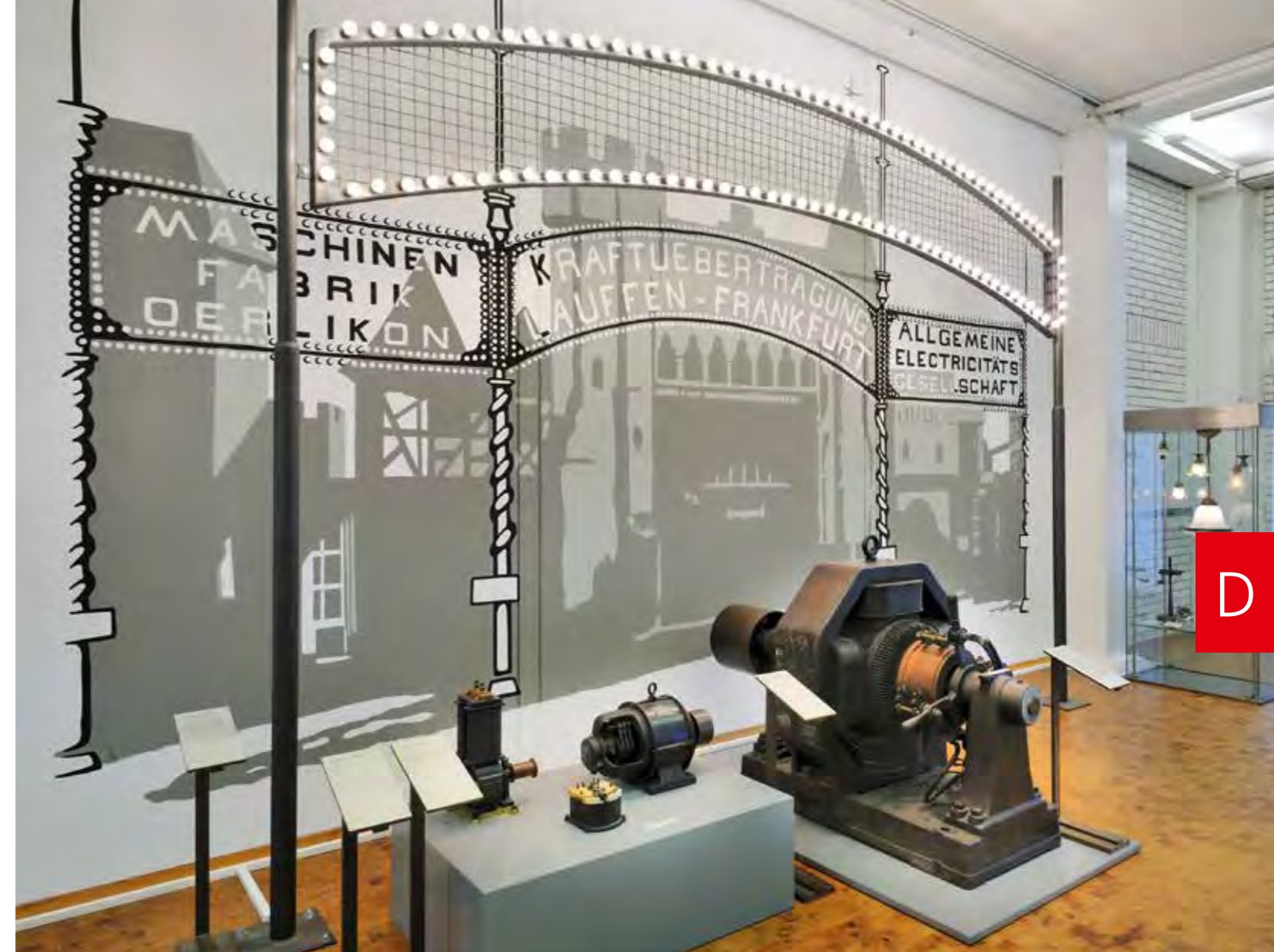
Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften



Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien

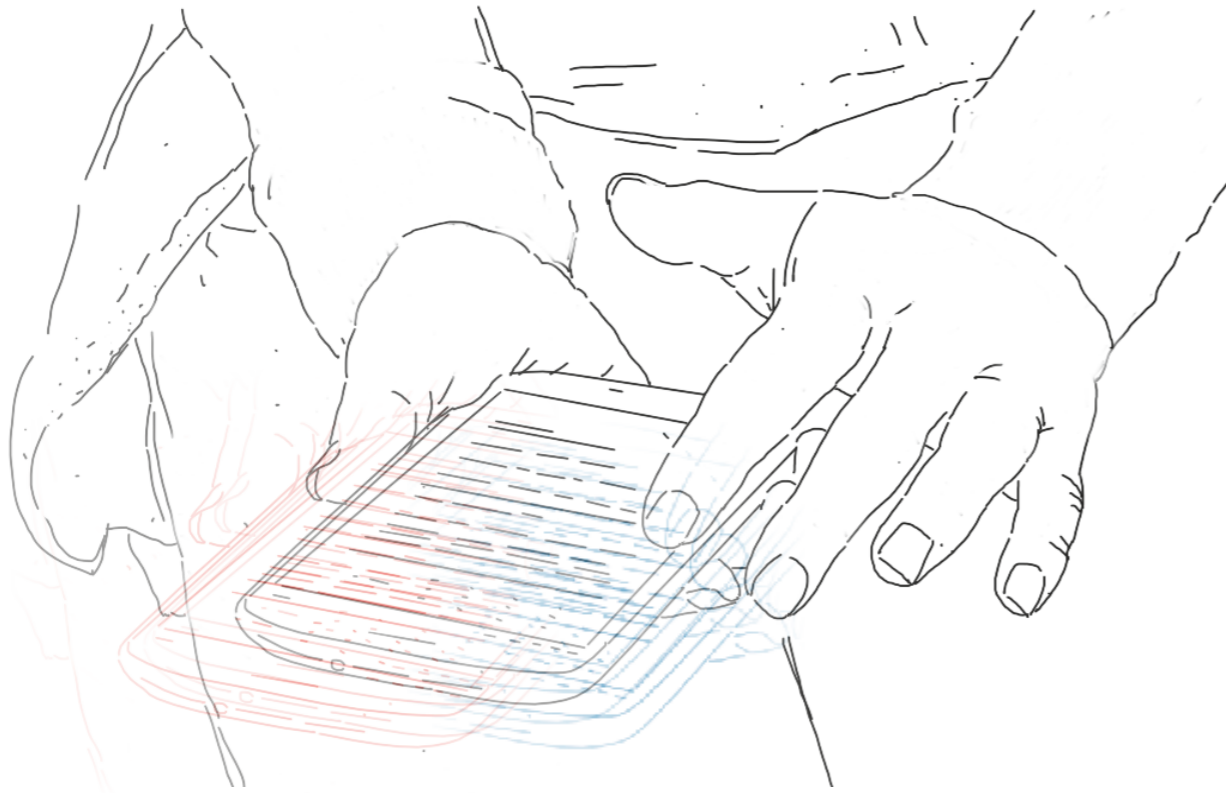


Das Highlight – ein Schalter

Die Pariser Weltausstellung 1881 markierte den Beginn des elektrischen Zeitalters. Edison führte eine Installation mit tausend seiner Lampen vor. Die Besucherinnen und Besucher standen Schlange, um eine Glühlampe einmal selbst an- und wieder auszuschalten. Die internationale Elektrizitätsausstellung in Frankfurt 1891 sah die erste Drehstromübertragung über die bis dahin unerreichte Strecke von 175 Kilometern. Der im Laufwasserkraftwerk in Lauffen am Neckar erzeugte Strom ließ sich hochtransformiert bis nach Frankfurt am Main liefern. Die Leitungsverluste hielten sich dabei mit insgesamt 25 Prozent so sehr in Grenzen, so dass diese Demonstration ein spektakulärer Erfolg wurde.



Ein Motor für jede Maschine



Einer für Alle

Eine Transmissions-Anlage wie in der Weberei auf Ebene C überträgt die eingespeiste Energie mechanisch über Welle und Riemen auf die Maschinen. Die Welle dreht sich ständig. Bei Bedarf lassen sich einzelne Maschinen zuschalten oder abkoppeln.

Der Versuch zum Motor-Generator-Effekt und die Lampen am Dampfmaschinen-Modell in Elementa 2 zeigen jedoch deutlich: Eingespeiste Energie kann nur einmal verwendet werden. Sie verteilt sich auf die angeschlossenen Verbraucher. Deshalb ändert sich die Laufgeschwindigkeit der Maschinen einer Transmissionsanlage, sobald weitere Maschinen zu- bzw. abgeschaltet werden.

Bewegung im Magnetfeld

Elektrische Energie kann über Stromleitungen leicht an jeden Ort übertragen werden. Nun konnte jede Maschine mit einem eigenen Antriebs-Motor versehen werden. Das war jedoch teuer. Am Beispiel der Maschinenfabrik Esslingen auf Ebene E erkennt man, wie Elektromotoren zunächst die Dampfmaschinen als Antriebsquelle ablösen, das Prinzip der Transmission aber blieb.

Das einfache Grundprinzip eines Elektromotors kann im Versuch „Elektromotor“ in Elementa 2 getestet werden: Eine Spule wird in regelmäßigen Abständen unter Strom gesetzt. Das so erzeugte Magnetfeld setzt den aus einem Permanent-Magneten bestehenden Rotor in Bewegung.



Bewegung aus Wärme

Auch Wärmekraftmaschinen können als Antrieb genutzt werden. Als Verbrennungsmotoren sind sie heute aus jedem Auto bekannt. Im Brennraum verbrennt ein Gemisch aus Kraftstoff und Luft. Das sich ausdehnende heiße Gas bewegt den Kolben. Ob Viertakt- oder Zweitaktmotor: Entscheidend für die Funktion der von Nikolaus Otto entwickelten Ottomotoren ist die Verdichtung des Treibstoffs vor der Zündung.

Verbrennungsmotoren haben einen besseren Wirkungsgrad als Dampfmaschinen, sind jedoch deutlich anspruchsvoller zu bedienen und zu warten als Elektromotoren.



Bildungsplanbezug

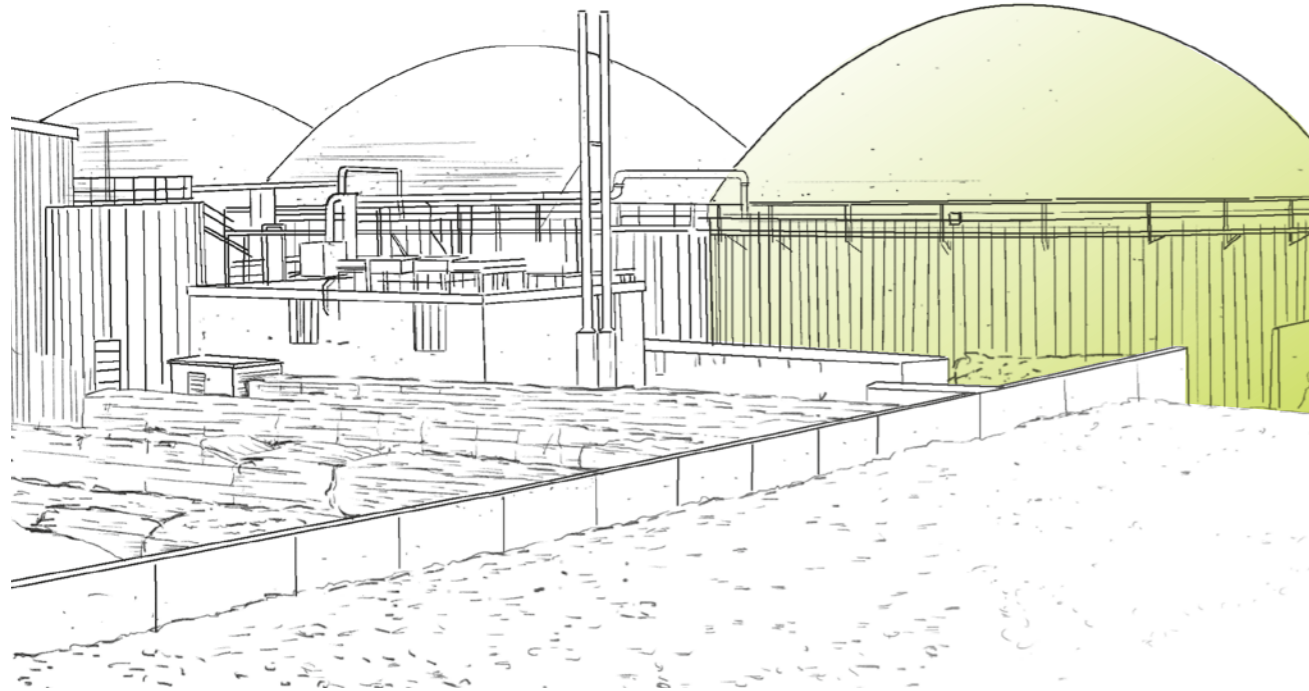
GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften



Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien

Alles Bio!



Alle Energie kommt von der Sonne

Pflanzen leben von Wasser, Luft und Sonne. Mit Hilfe der Fotosynthese erzeugen die grünen Blätter aus der eingestrahlten Lichtenergie und dem aus der Luft aufgenommenen Kohlendioxid energiereiche Glukose (Traubenzucker). Als „Abfallprodukt“ entsteht dabei Sauerstoff. Aus der Glukose bilden Pflanzen alle benötigten Stoffe, wie etwa Eiweiße, Fette oder Kohlehydrate.

Organische Moleküle, die Pflanzen nicht sofort für das Wachstum oder andere Lebensprozesse benötigen, lagern sie in Samen oder Speicherorganen wie Knollen und verdickten Wurzeln ein. Menschen nehmen die gespeicherte Sonnenenergie als Nahrung auf und wandeln diese chemische Energie in Wärme- oder Bewegungsenergie um.

Biomasse und Biogas

2019 deckten Biomassekraftwerke etwa acht Prozent des Stromverbrauchs in Deutschland. Dabei werden Energiepflanzen ähnlich wie bei einem Lagerfeuer verbrannt und als thermische Energie genutzt. Bei dieser Verbrennung entsteht Kohlendioxid. Da die Pflanzen dieses jedoch zuvor aufgenommen hatten, gelten Biomassekraftwerke als klimaneutral.

Biogasanlagen nutzen Gase, die bei der Fermentierung von Pflanzen entstehen, als Energieträger. Beim Verbrennen von einem Kubikmeter Biogas entstehen etwa sechs Kilowattstunden Wärmeenergie.

Den Fermentierungs-Prozess findet man auch im TECHNOSEUM. Wo? Auf dem Komposthaufen!

Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften, Sachunterricht



Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien

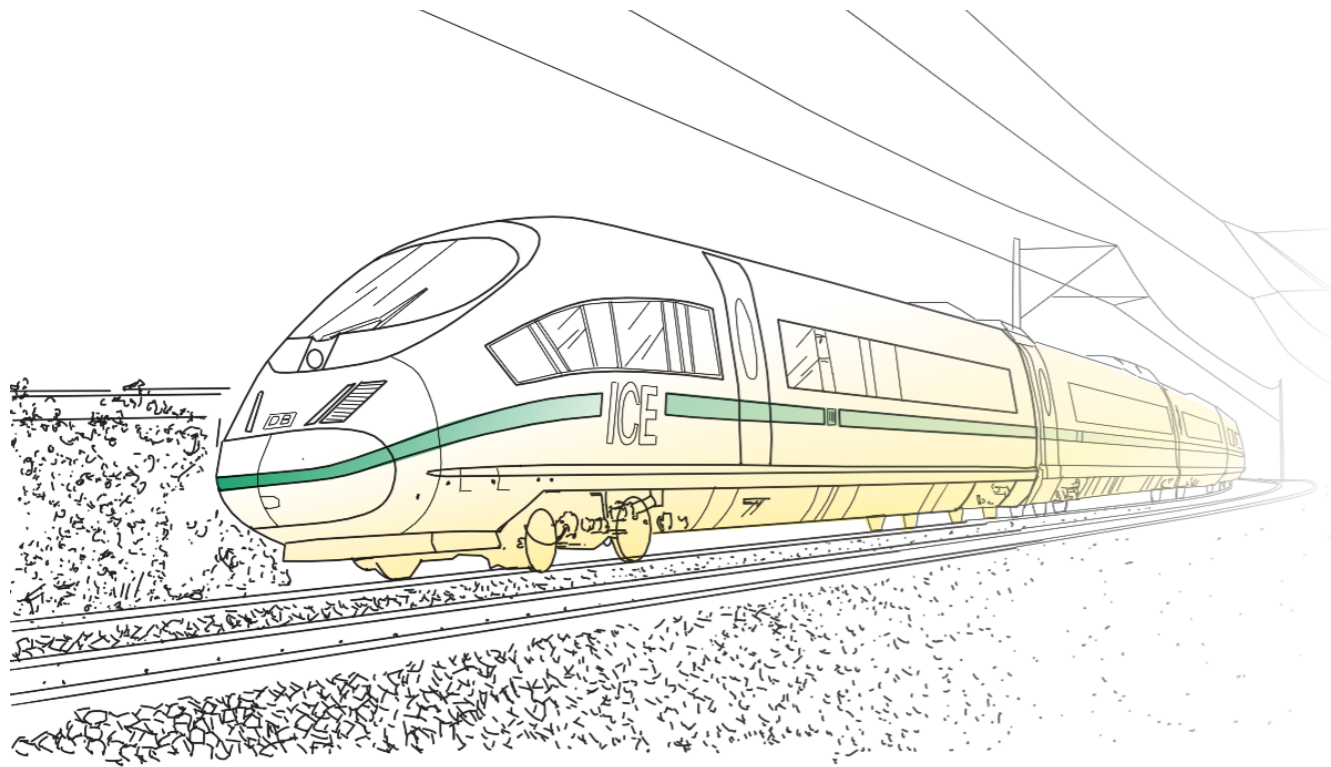
Schrebergarten, Pünt, Parzelle, Laube, Datsche

Alles meint denselben Ort: einen Kleingarten, wie es ihn auch im TECHNOSEUM auf Ebene D gibt. Während der Industrialisierung zogen immer mehr Menschen in die Nähe der Fabriken. In den Ballungszentren wurden die Wohnverhältnisse immer enger. Armut und Mangelernährung nahmen in den immer weiter wachsenden Städten kontinuierlich zu. Kleingärten sollten den Menschen ein Stückchen Natur bieten, in das sie zur Erholung und zum Anbau gesunder Nahrungsmittel ausweichen konnten.

Heute gibt es Schrebergärten in großen Städten immer seltener – mit spürbaren Folgen für das Stadtklima. Das moderne Urban Gardening versucht, diesem Trend entgegenzuwirken.



Mit Volldampf voraus



Alles unter Dampf

Die Dampfmaschine war der Motor der Industrialisierung und das 19. Jahrhundert war das „Jahrhundert des Dampfes“. Die auf regenerativen Energien beruhenden, unbeständigen Antriebe der vorindustriellen Zeit wurden nach und nach ersetzt. Energieerzeugung war jetzt unabhängig von einem spezifischen Standort möglich. Ein gutes Beispiel dafür ist die sogenannte Lokomobile, eine von Pferden gezogene fahrbare Dampfmaschine. Pferde oder Ochsen zogen sie mit Muskelkraft an ihren jeweiligen Einsatzort. Dort trieb sie beispielsweise Dreschmaschinen an. Auch im Verkehr führte die Dampfmaschine zu tiefgreifenden Veränderungen. Dampfschiffe überquerten in 29 Tagen den Atlantik und bereits 1830 fuhr die erste Personendampfisenbahn von Liverpool nach Manchester.

Die Rangierlok „Eschenau“

Die Dampflokomotive „Eschenau“, die regelmäßig vom Museumsbahnhof auf Ebene E abfährt, wurde ursprünglich 1896 in Dienst gestellt. Die vielseitig einsetzbare Rangierlokomotive der Tender-Bauart führt ihre Wasser- und Brennstoffvorräte auf der Lok selbst mit. Weil kein zusätzlicher Schlepptender angehängt werden musste, war diese Bauweise besonders energiesparend. Da der Platz für die Vorräte auf der Lok selbst begrenzt war, eigneten sich Tenderloks besonders für Kurzstrecken. Allerdings nahm mit dem Verbrauch der Brennstoff- und Wasservorräte auch die Reibungslast ab, was die Zugkraft der Lokomotive während der Fahrt verringerte.



Tempel der Technik und Geschwindigkeitsrausch

Mit der Eisenbahn ging ein rasanter gesellschaftlicher Wandel einher: Bahnhöfe entwickelten sich zu zentralen Umschlagplätzen für Menschen und Güter, die schnell und günstig von einem Ort zum anderen gelangten. Der kaum über das eigene Dorf hinausgehende Horizont der ländlichen Bevölkerung weitete sich. Überregionale Fahrpläne verlangten allerdings nach einheitlich gehenden Uhren. Deshalb war es bereits fortschrittlich, dass im Deutschen Reich nach Berliner, Karlsruher, Ludwigshafener, Stuttgarter und Münchener Zeit gefahren wurde. Erst 1893 führte Deutschland einheitlich die Mitteleuropäische Zeit ein, weil die Eisenbahn danach verlangte. Gleichzeitig entstand bei manchen die Sorge, der „Geschwindigkeitsrausch“ einer 20 Kilometer pro Stunde fahrenden Eisenbahn könne zu gesundheitlichen Schäden führen.



Bildungsplanbezug

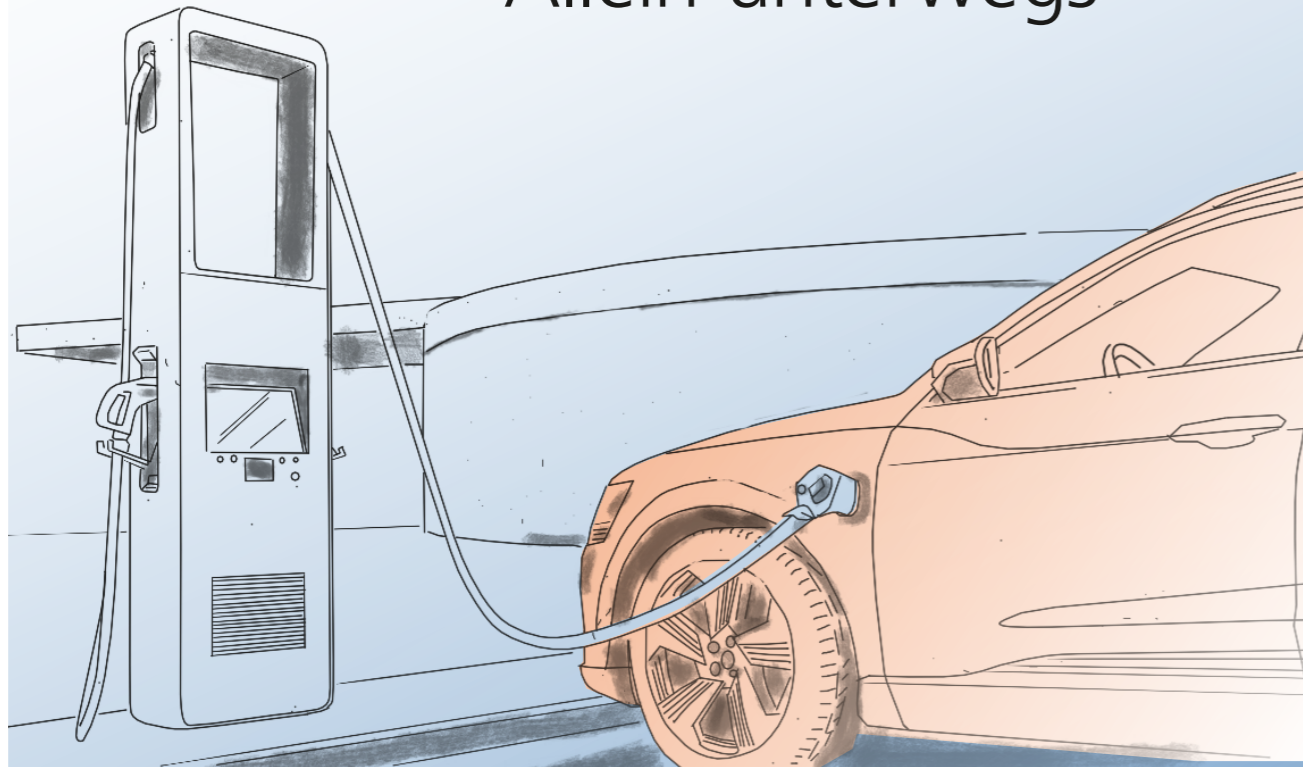
GS S1 S2 BS FS

Gesellschaftswissenschaften, Sachunterricht



Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien

Allein unterwegs



Zuerst kam das Fahrrad ...

Ende des 19. Jahrhunderts war Fahrradfahren in Mode gekommen. Auch Karl Benz fuhr begeistert Rad. Benz aber wollte den von ihm entwickelten Zweitakt-Benzinmotor nutzen und in ein Gefährt einbauen, das dann selbst fahren sollte – ein Automobil.

Für die Verwirklichung seiner Idee griff er auf Technologien zurück, die für Fahrräder entwickelt worden waren: zum Beispiel Räder mit Speichen und Vollgummibereifung, Kettenantrieb und Stahlrohr-Rahmen. Deshalb erinnerte sein erstes Gefährt mehr an ein extravagantes Fahrrad als an eine herkömmliche Kutsche. Einen Nachbau seiner Erfindung kann man auf Ebene E bewundern.

... dann der Verbrennungsmotor! Oder nicht?

Um 1900 fuhren auf den Straßen ungefähr gleich viele Dampfwagen (Erfinder: Joseph Cugnot, 1769), Elektroautos (Erfinder: Gustav Trouvé, 1881) und Autos mit Verbrennungsmotor. Diese mussten mühselig angekurbelt werden und Benzin gab es nur in der Apotheke. Elektromobile dagegen fuhren leise und schnell und waren einfach zu bedienen. Lediglich ihre begrenzte Reichweite von knapp 100 Kilometern und die langen Ladezeiten galten als Problem. Der Siegeszug der Verbrenner begann erst mit der Erfindung des Anlassers und der Einführung der Fließbandproduktion (1908) durch Henry Ford.



E

Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften, Sachunterricht



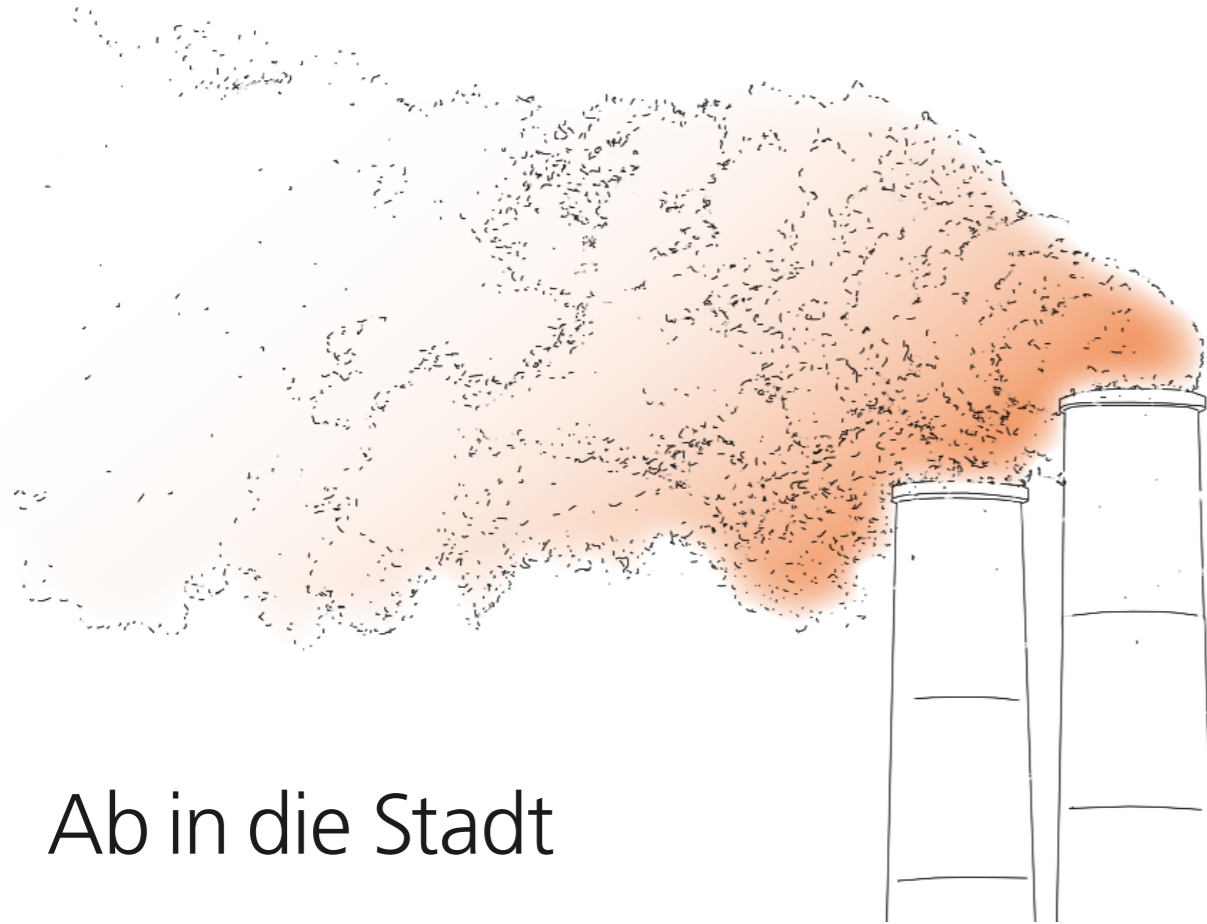
Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien

Die Zukunft fährt elektrisch?

Im öffentlichen Verkehr mit seinen festen Strecken und der Möglichkeit, Oberleitungen zu nutzen, setzte sich die Elektromobilität bereits früh durch. Im Individualverkehr konnte sie sich noch nicht durchsetzen. Damit niemand mit seinem Elektroauto unterwegs liegen bleibt, stehen inzwischen fast 20.000 Ladesäulen in Deutschland. Die auf Ebene F ausgestellte Ladesäule misst gleichzeitig Umweltdaten wie Verkehrslärm, Temperatur und Luftfeuchtigkeit.

Ein Elektromotor kann 90 Prozent der eingesetzten elektrischen Energie in Bewegungs-Energie umwandeln und ist damit dem Verbrennungsmotor deutlich überlegen. Sein Wirkungsgrad beträgt nur rund 30 Prozent. Die Batterieproduktion und die Verluste bei der Erzeugung und Bereitstellung des Stroms an der Ladesäule sind dabei allerdings noch nicht berücksichtigt.





Ab in die Stadt

Push und ...

Das Leben in den Dörfern war im 19. Jahrhundert sehr entbehrungsreich. Das Hauptproblem war eine Überbevölkerung im Verhältnis zu den kärglichen Erträgen aus Ackerbau und Viehzucht. Die Menschen suchten sich daher Arbeit in den aufkommenden Fabriken der größeren Städte oder wanderten ganz aus. Allein zwischen 1845 und 1854 verließen mehr als zehn Prozent der Bevölkerung das Großherzogtum Baden. Über den Rhein gelangten die Auswanderer von Mannheim aus zum Beispiel nach Rotterdam und von dort in die Vereinigten Staaten, wo sie sich ein besseres Leben erhofften. Erst durch den Einsatz moderner Dünger und die Mechanisierung der Landwirtschaft konnten die Erträge wieder gesteigert werden.

... pull

Die neuen Maschinen stellten meist Fabriken her. Die Maschinenfabrik Esslingen auf Ebene E steht beispielhaft für diesen Prozess des Übergangs von der handwerklichen zur industriellen Produktionsweise. In die Fabriken zog es die Menschen, die auf dem Land keine Arbeit mehr fanden. Dank der Eisenbahn waren sie nun mobil. Eine Strecke, für die ein Pferdewerk zwei Wochen benötigte, konnte die Eisenbahn nun in einem Tag schaffen – und günstiger war es auch. Im Umfeld der Fabriken bildeten sich Ballungsräume aus. Etwa ab der Mitte des 19. Jahrhunderts entwickelte sich in Deutschland aus einem Geflecht von Steinkohlebergbau, Stahl- und Eisenhütten eine Schwerindustrie, die die Rohstoffe für den Eisenbahn- und Maschinenbau lieferte.

Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Gesellschaftswissenschaften



Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien



Dicke Luft

Der Energiebedarf der Gesellschaft wuchs seit Anfang des 19. Jahrhunderts stark an. Um diesen Bedarf zu decken, wurde immer mehr Kohle verbrannt – mit erheblichen Auswirkungen auf die Umwelt. Die Dampfturbine auf Ebene F mit einer Leistung von 800 Watt benötigte etwa pro Stunde Dampf 500 bis 900 Kilogramm Kohle.

Mit dem Bau höherer Schornsteine versuchte man, Ruß- und Rauch aus den Ballungsräumen zu verlagern. Von giftigem Smog besonders betroffen war das Ruhrgebiet mit seinen vielen Fabriken. Man vermutete zwar, dass die schwarzen Rauchwolken der menschlichen Gesundheit nicht zuträglich sein konnten. Der wirtschaftliche Aufschwung und die Schaffung von Arbeitsplätzen für die wachsende Bevölkerung hatte damals aber noch Vorrang.





Datenübertragung mit und ohne Kabel

Rhythmische Schwingungen

Nicht nur Strom, auch Schall-Energie lässt sich mit Kabeln übertragen. Dabei wandelt ein Mikrofon die Schall-Energie in elektrische Impulse um. Beim Empfänger wird ein in einer elektrischen Spule befindlicher Eisenkern im Rhythmus der eintreffenden Stromsignale angezogen. Er versetzt eine Membran in Schwingung, die wiederum Schallwellen aussendet. Obwohl bereits 1860 von Johann Philipp Reis erfunden, konnte sich das Telefon erst ab 1870 mit den von Alexander G. Bell patentierten Geräten durchsetzen. Die Mitmachstation „Das Fräulein vom Amt“ auf Ebene F vermittelt einen Eindruck davon, wie Telefongespräche bis in die Mitte der 1920er Jahre von Hand vermittelt wurden.

Kabellos

Daten lassen sich auch in großen Mengen kabellos übertragen. Zum ersten Mal zeigte Guglielmo Marconi 1895, dass sich elektromagnetische Wellen als Energieträger für eine Nachrichtenübermittlung eignen. Der grundlegende Aufbau ist in der Ausstellung Mediengeschichte auf Ebene F zu sehen. Die Energie eines mit Hochspannung erzeugten Funkenschlags wird an eine Antenne weitergeleitet und von dort als elektromagnetische Welle abgestrahlt. Die ersten dieser Knallfunkensender konnten nur Morsezeichen übermitteln. Später gelang es auch, niederfrequente akustische Schwingungen zu übertragen. Die Grundlagen für Rundfunk und Fernsehen waren gelegt.

Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften



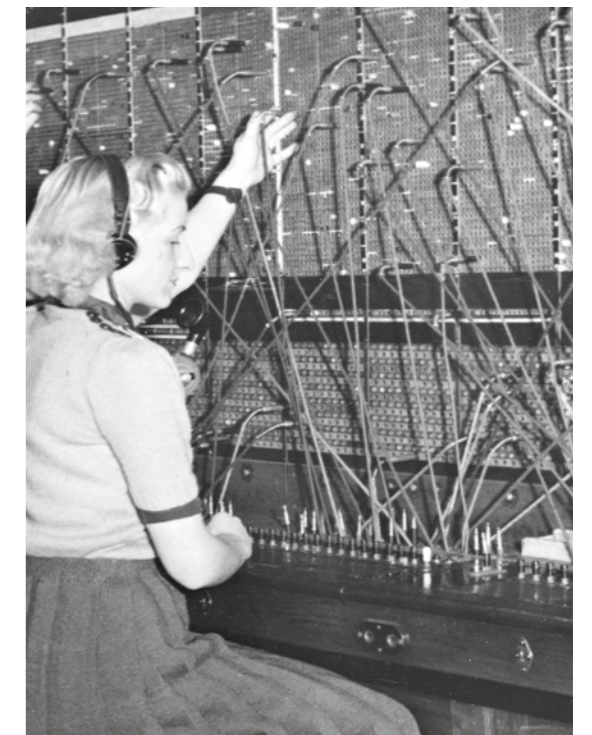
Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien



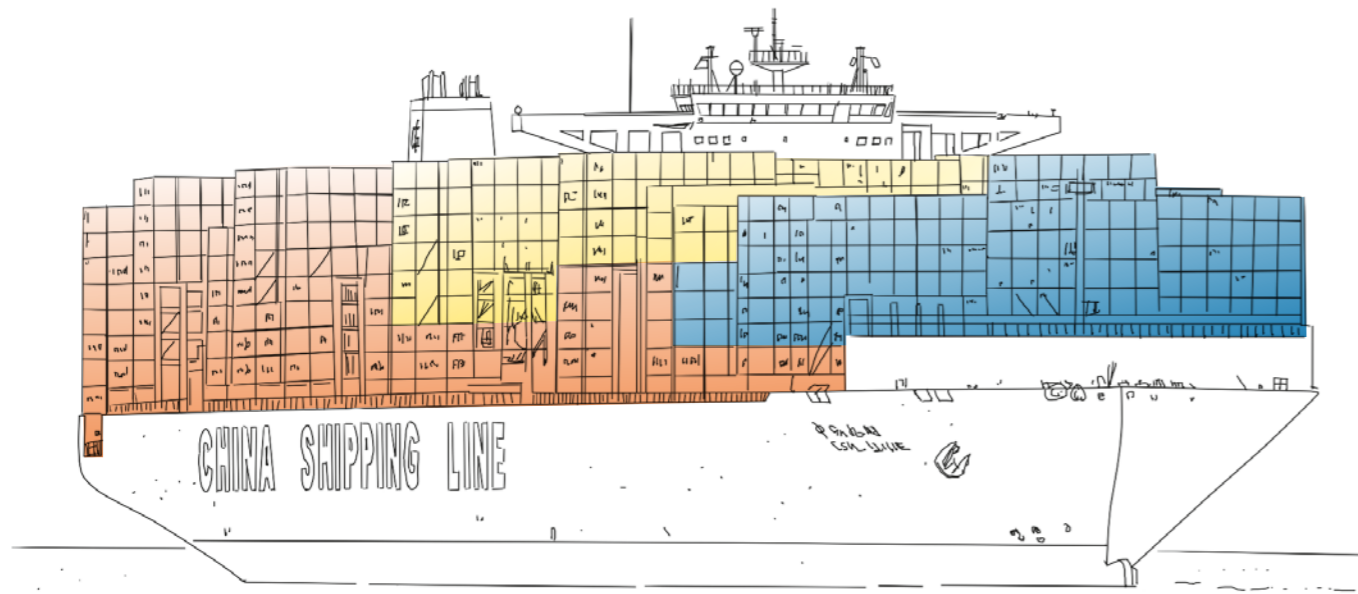
F

Weltweit verbunden

Auch heute transportieren hochfrequente elektromagnetische Wellen die digitalisierten Daten vom Handy zur nächsten Empfangsstation und umgekehrt. Aufgrund der engmaschigen Netzstruktur liegt die typische Sendeleistung einer Basisstation im Mobilfunknetz zwischen zehn und 50 Watt und ist damit deutlich geringer als die Sendeleistung von Hörfunk- oder TV-Stationen mit bis zu 100.000 Watt. Die Sendeleistung eines Handys beträgt höchstens zwei Watt. Basisstation und Handy arbeiten mit einer automatischen Leistungsreduzierung und senden immer nur so stark, wie es nötig ist, um eine gute Verbindung aufrecht zu erhalten. Bei guter Netzversorgung wird die Sendeleistung automatisch heruntergefahren. Der Stromverbrauch sinkt und der Akku hält länger.



Vorbild Natur



Gegen die Strömung

Wer einmal eine Hand aus einem fahrenden Auto gestreckt hat, kennt den Strömungswiderstand. Er hemmt Bewegungen und vervierfacht sich bei doppelter Geschwindigkeit. Er hängt auch von der Form und dem Material des Körpers ab, der sich der Luft entgegenstellt. Je weniger Angriffsfläche er bietet und je besser und wirbelärmer die Luft um ihn herumströmen kann, desto geringer wird der Strömungswiderstand. An der Strömungswand in Elementa 2 kann man dies testen. Der Strömungswiderstandskoeffizient c_w ist ein Maß für diese Windschlüpfrigkeit. Je kleiner er ist, desto weniger Kraft ist nötig, um den Strömungswiderstand zu überwinden. Der c_w -Wert von strömungsoptimierter Fahrzeuge liegt bei 0,25 und der von Flugzeugen bei 0,08.

Die Spindel ist unschlagbar

Pinguine haben einen c_w -Wert von 0,025. Bei den ersten Messungen im Strömungskanal glaubte man an Messfehler. Hauptgrund für diesen extrem niedrigen Wert ist die Spindelform des Pinguin-Körpers. Um eine Entfernung von 1.500 Kilometern zurückzulegen, benötigen sie weniger Energie als ein Liter Benzin enthält.

Spindelförmige Flugzeuge hätten ein erhöhtes Fassungsvermögen und einen geringeren Kerosinverbrauch als unsere zylinderförmigen Flugzeuge. Dennoch lassen sie sich nicht wirtschaftlich herstellen und betreiben. Im Ausstellungsbereich Bionik kann man die Vorteile der Pinguinform in einer Simulation auf einem Fahrrad selbst testen.



Ein Mantel aus Luft

Etwa 90 Prozent des Welthandels werden derzeit auf dem Seeweg abgewickelt. Der Seeverkehr ist für etwa 2,6 Prozent der weltweiten Kohlendioxid-Emissionen verantwortlich. Wenn sich die Reibung zwischen Schiffsrumpf und umgebendem Wasser reduzieren ließe, könnte man viel Treibstoff sparen. Deshalb wird derzeit am Salvinia-Effekt geforscht. Werden Salvinia-Pflanzen unter Wasser getaucht, bleiben sie trocken. Das Modell im Ausstellungsbereich Bionik zeigt die spezielle Form der Haare, die eine Luftschicht monatelang unter Wasser erhalten können. Man geht davon aus, dass auf diese Art beschichtete Schiffsrümpfe 25 Prozent weniger Treibstoff verbrauchen. Die ersten Kreuzfahrtschiffe mit Luftmantel gingen 2017 in Betrieb.



Bildungsplanbezug

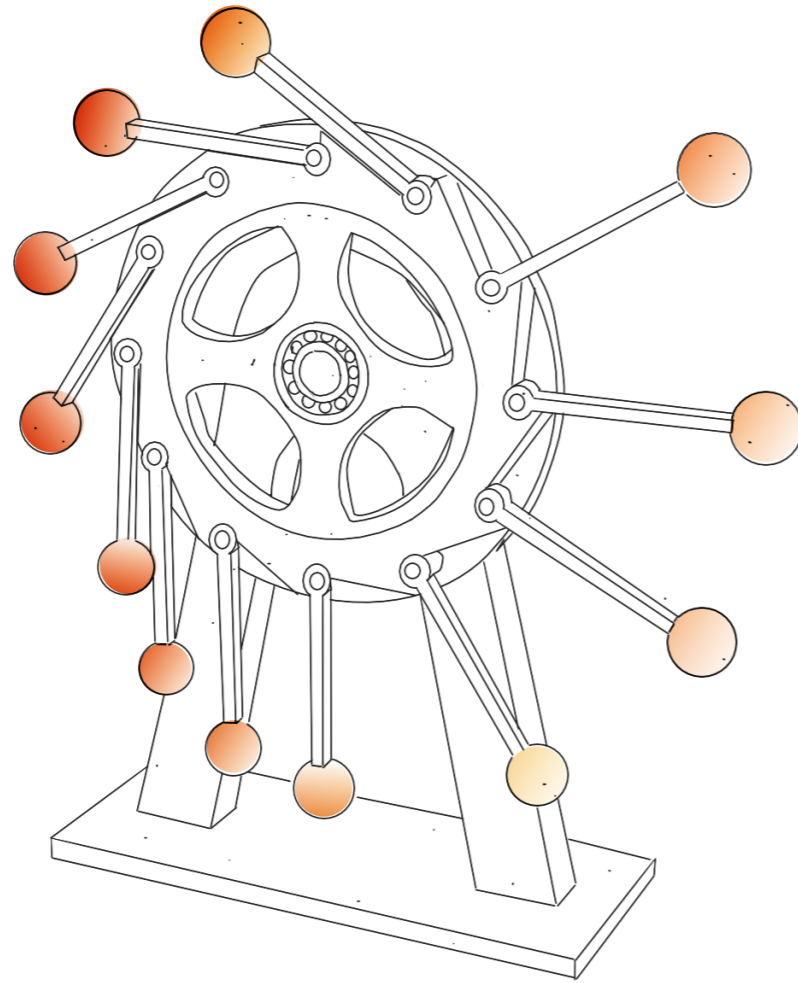
GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften



Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien

Schlaue Köpfe mit viel Energie



Immerwährende Bewegung?

Ein Perpetuum Mobile – immerwährende Bewegung ohne Energiezufuhr, ist ein alter Menschheitstraum und viele Forscher versuchten sich am Bau solcher Maschinen.

Bereits Leonardo da Vinci erkannte, dass dies nicht möglich ist. Genauere Versuche zur Energieerhaltung wurden aber erst Mitte des 19. Jahrhunderts durchgeführt. 1841 formulierte Robert Mayer die experimentell unterlegte These, die heute als Energieerhaltungssatz, und erster Hauptsatz der Thermodynamik allgemein anerkannt ist: „Die Energie in einem abgeschlossenen System ist konstant. Energie kann nicht vergehen, sondern nur von einer Form in eine andere umgewandelt werden.“

Die Richtung ist vorgegeben

Darauf aufbauend formulierte Robert Clausius 1850 den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik: Wärme fließt immer vom Körper mit höherer Temperatur in Richtung niedrigerer Temperatur. Dieser Satz gibt für spontan ablaufende Prozesse eine Richtung vor und entspricht unserer Alltagserfahrung. Heißer Tee gibt zum Beispiel Wärme ab, bis seine Temperatur der Umgebungstemperatur gleicht.

Der Satz begrenzt aber auch je nach Temperaturdifferenz den Wirkungsgrad einer Wärmekraftmaschine auf etwa 60 Prozent. Diese kann demnach niemals alle eingespeiste Wärme in mechanische Arbeit umwandeln. Ein Teil geht immer als Abwärme verloren.



F

Bildungsplanbezug

GS S1 **S2** BS FS

Naturwissenschaften

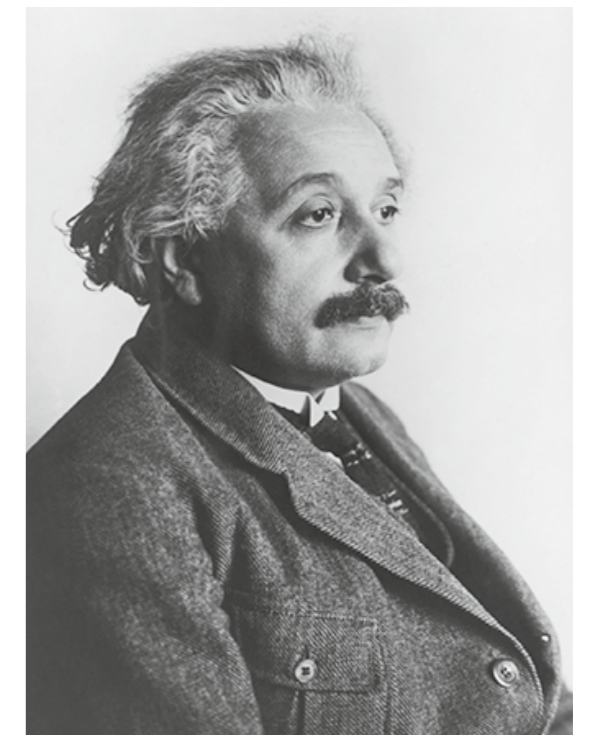


Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien

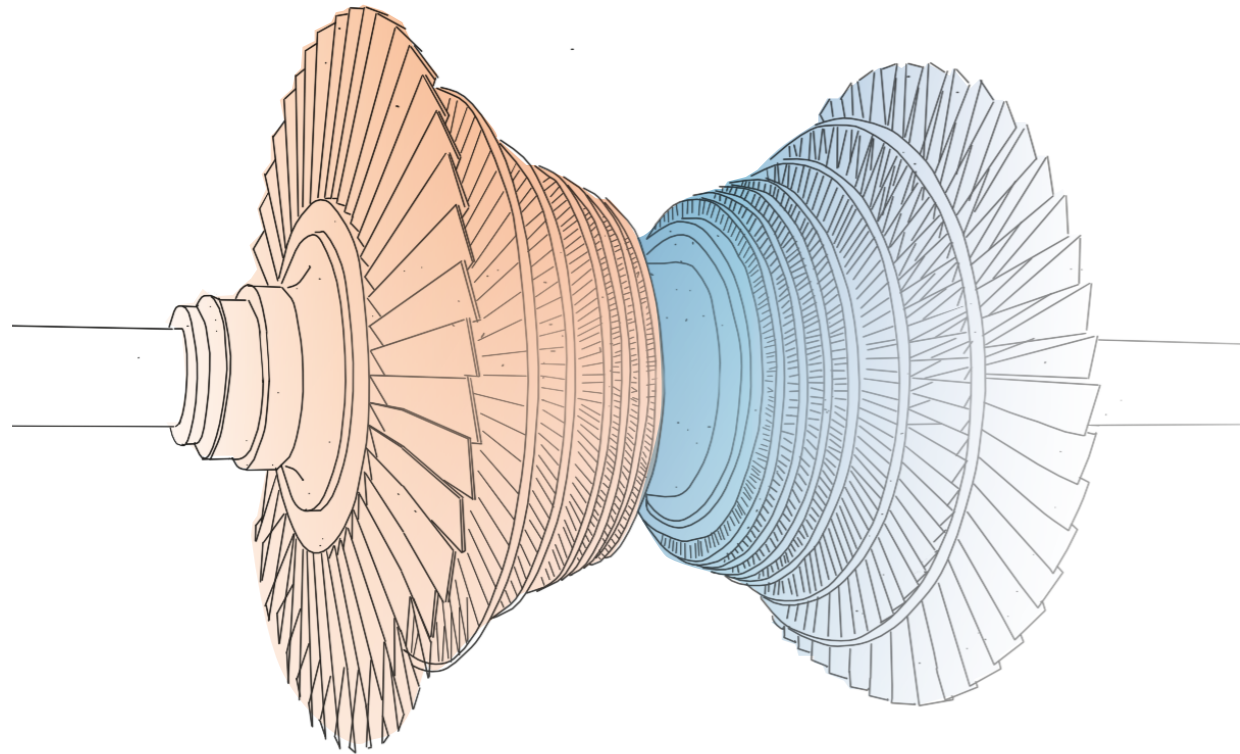
Energie = m · c²

Energie = m · c², die wohl berühmteste Formel der Welt, formulierte Albert Einstein 1905 im Rahmen der speziellen Relativitätstheorie. Sie besagt, dass Masse und Energie eines Objekts proportional zueinander sind. Der Faktor c ist die Lichtgeschwindigkeit und beträgt 300.000.000 Meter pro Sekunde.

Im Alltag spielt dieser Zusammenhang keine Rolle. Für eine Batterie mit einem Energieinhalt von einer Kilowattstunde ergibt sich zum Beispiel eine Massedifferenz von 40 Nanogramm (1 Nanogramm = 0,000000001 Gramm). Seinen Nobelpreis erhielt Einstein 1921 jedoch für die Erklärung des photoelektrischen Effekts, dem Wirkprinzip der Solarzelle. Damit legte er zugleich die Grundlage für die Halbleitertechnik.



Hochleistung im Verbund



Soviel Leistung wie zwei Oberklasse-Motoren

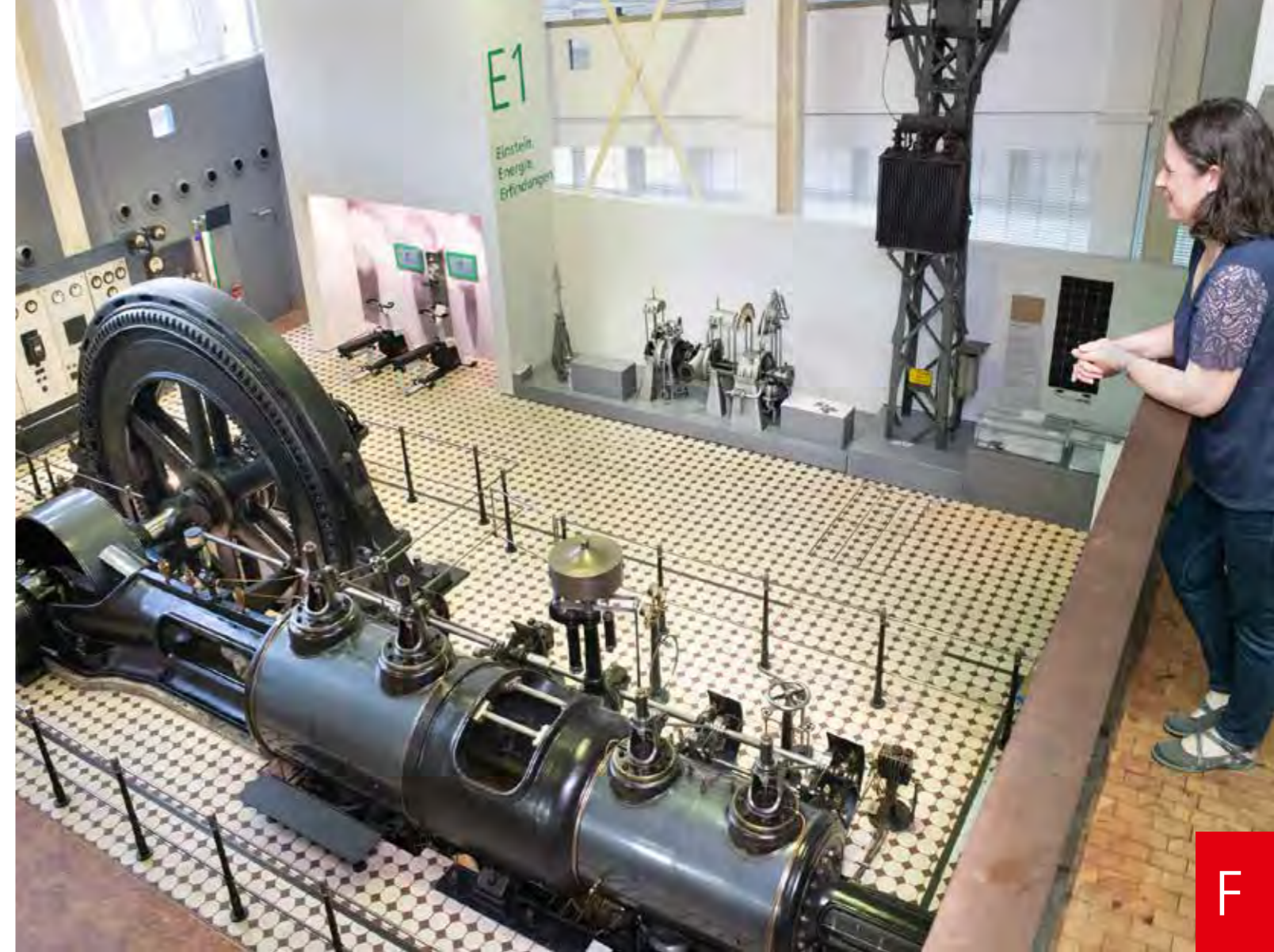
Wärme­kraft­ma­schin­en wan­deln Wär­me in me­chanische En­er­gie um. Die auf Ebene F vorgeführte Tandem­ver­bund-Dampf­ma­schin­e ist auf Hochleistung getrimmt. Heißer Dampf strömt mit Hochdruck in den ersten Zylinder. Danach verrichtet er im zweiten Zylinder weitere Arbeit. In­gesam­ent­steht so eine Leistung von rund 500 Kilowatt. Das entspricht der Leistung von zwei Motoren in Oberklasse-Fahrzeugen.

Dampfturbinen perfektionieren dieses Verbundprinzip: An der Turbine gegenüber sieht man, wie die Schaufeln immer größer werden, je weiter der Dampf strömt. Damit wird das immer größere Dampf­volumen, das durch Abkühlung entsteht, optimal ausgenutzt. TECHNOScouts führen die Turbine auf Wunsch vor.

Dampf oder Gas?

Etwa 40 Prozent unseres Stroms stammt aus Dampfkraftwerken. Dort wird Wasser erhitzt, der heiße Wasserdampf treibt die Turbinen an. Wegen der gewaltigen Kräfte, die beim Anfahren einer stillstehenden Dampfturbine entstehen, versuchen die Betreiber, ihre Kraftwerke möglichst nicht abzuschalten. Jeder Kaltstart bedeutet einen enormen Verschleiß.

In Gaskraftwerken wird das heiße Gas direkt auf die Turbinen geleitet. Sie besitzen eine hohe Leistungsdichte und sind innerhalb weniger Minuten einsetzbar. Gaskraftwerke eignen sich deshalb auch dazu, die bei der Nutzung regenerativer Energien auftretenden Schwankungen in der Stromerzeugung auszugleichen.



F

Dampf und Gas

Nach dem Verlassen der Turbine ist die Temperatur des Gases bei einem Gaskraftwerk immer noch recht hoch. Der Wirkungsgrad liegt deshalb nur zwischen 33 und 42 Prozent. Dies entspricht dem Wirkungsgrad eines modernen Kohlekraftwerks.

Nutzt man das heiße Abgas jedoch, um einen Dampfkessel zu erhitzen, erreicht eine nachgeschaltete Dampfturbine noch einmal die Hälfte der Leistung der Gasturbine. Der Wirkungsgrad der Gas- und Dampf-Kombinationskraftwerke (GuD-Kraftwerke) erhöht sich auf bis zu 60 Prozent. GuD-Kraftwerke lassen sich in ihrer abgegebenen Leistung gut anpassen. Da die Dampfturbine verhältnismäßig träge reagiert, sind GuD-Kraftwerke weniger flexibel nutzbar als reine Gasturbinenkraftwerke.



Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften



Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien



Her mit der Kohle

Krieg und Frieden

Steinkohle war insbesondere während der beiden Weltkriege ein Politikum. So war es ein Ziel des NS-Regimes, in Polen und der Sowjetunion Ressourcen für die eigene Kriegsführung zu erobern. Im Ruhrgebiet wurde synthetischer Sprit aus Kohle hergestellt, um der Erdölknappheit entgegenzuwirken.

Für Frankreich war nach Kriegsende die Ruhrfrage von großem sicherheitspolitischem Interesse. „Wer nicht mehr frei über Energie und Stahl verfügt, kann keinen Krieg mehr erklären“, so der damalige französische Außenminister Robert Schumann. Aufbauend auf diesem Vorschlag wurde 1951 die Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl (EGKS) gegründet – der Vorläufer der heutigen EU.

Subventionen, Subventionen ...

Die Befürchtungen Frankreichs nach Ende des Zweiten Weltkriegs waren unbegründet: Schon bald war Kohle aus anderen Teilen der Welt günstiger als aus Deutschland. Zudem verdrängte ab den späten 1950er Jahren Importöl die Steinkohle. Sie war nicht mehr Motor der deutschen Wirtschaft, sondern musste massiv subventioniert werden.

Mehr als 200 Milliarden Euro flossen seit 1945 in die Förderung des Bergbaus. Damit wurden zwar Arbeitsplätze gesichert, jedoch waren die Kosten letztendlich höher als die Löhne der Kumpel. Heute fördert der Staat erneuerbare Energien, wenn auch in deutlich geringerem Ausmaß.



F

Bildungsplanbezug

GS S1 **S2** BS FS

Gesellschaftswissenschaften



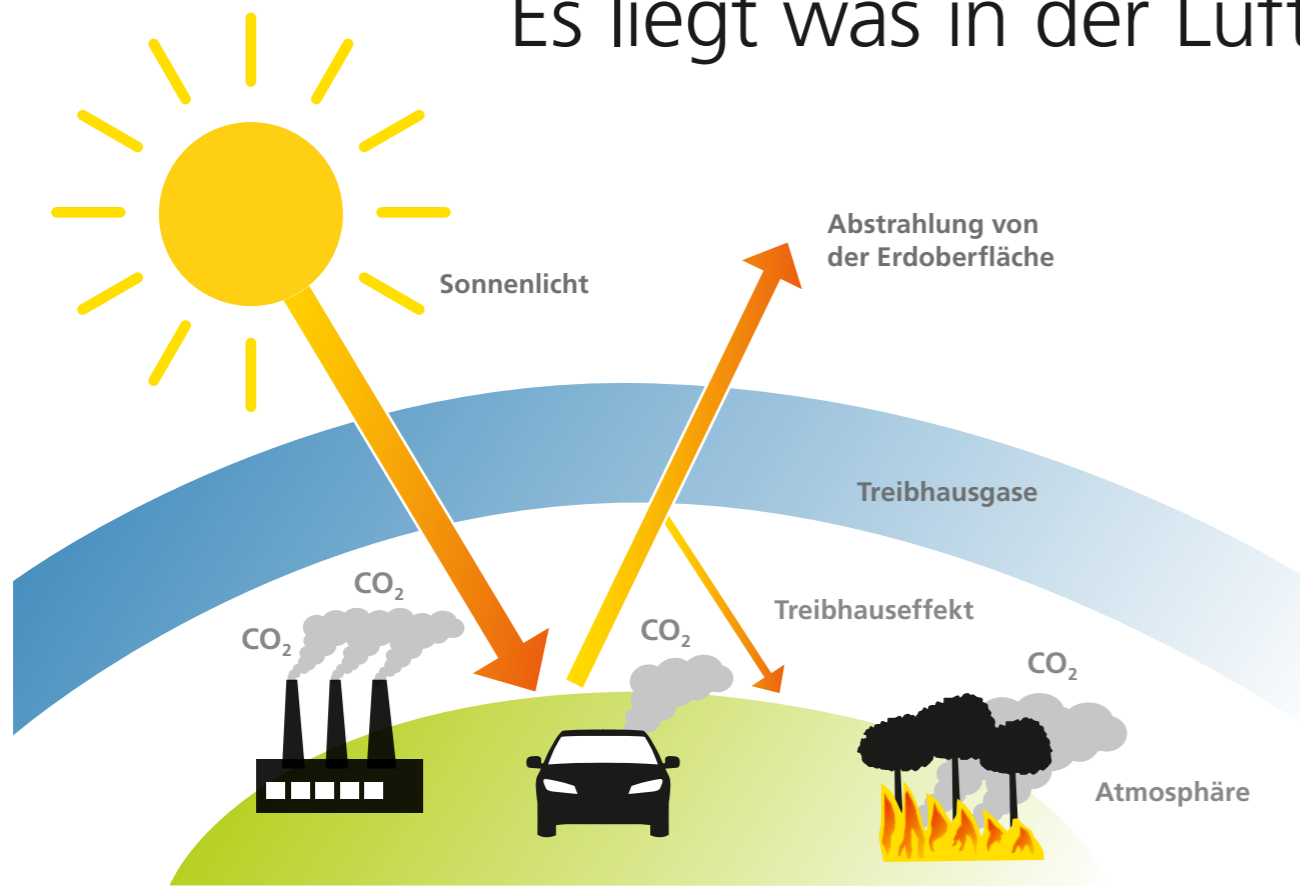
Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien

„Kommunismus ist Sowjetmacht plus Elektrifizierung des ganzen Landes.“

Für den Gründer der Sowjetunion, Wladimir Iljitsch Lenin, war elektrischer Strom einer der entscheidenden Erfolgsfaktoren für den Aufbau der neuen Gesellschaftsordnung. Sein Ausspruch auf dem VIII. Gesamtrussischen Sowjetkongress 1920 prägte später auch andere kommunistische Staaten. Lenin hatte erkannt, dass das Überleben eines politischen Systems entscheidend von seiner wirtschaftlichen Stärke abhängt. Um diese zu gewährleisten, ist eine gesicherte Energieversorgung entscheidend. Entsprechend der Vorgaben Lenins wurde der GEOLRO-Plan, der Staatsplan zur Elektrifizierung Russlands, erarbeitet. Er bildete die Grundlage für die Elektrifizierung dieses Riesenreichs.



Es liegt was in der Luft



Smoke and Fog = Smog

Die Industrialisierung führte zu einem stark ansteigenden Energiehunger, der vor allem mit Kohle gedeckt wurde. Die bei der Verbrennung von Kohle entstehenden Abfallprodukte wie Staub, Rußpartikel und Schwefeldioxid gelangten bis weit in das 20. Jahrhundert hinein unkontrolliert in die Atmosphäre. Bei ungünstigen Wetterbedingungen war Smog eine häufige Erscheinung in europäischen Städten. In London kam es im Dezember 1952 zum bisher schlimmsten Smog-Ereignis. Die Sichtweite betrug stellenweise nur noch 30 Zentimeter. Etwa 12.000 Menschen starben. Als Folge davon wurde 1956 in Großbritannien der erste Clean Air Act verabschiedet. Er verpflichtete zum emissionsarmen Verbrennen fossiler Rohstoffe.

Über Grenzen hinweg

Das bei der Verbrennung schwefelhaltiger Kohle entstehende Schwefeldioxid (SO_2) sammelt sich in der Atmosphäre an und verbreitet sich über Landesgrenzen hinweg. Bei Kontakt mit Wasser bildet es Schwefelsäure. Auch in von Industrieanlagen weit entfernten Gebieten versauerten Böden und Seen; Bäume wurden geschädigt. Saurer Regen und Waldsterben waren Schlagworte der frühen 1980er Jahre. Durch den Einbau von Rauchgasentschwefelungsanlagen hat sich die Schwefeldioxid-Konzentration in der Atmosphäre heute wieder normalisiert. Durch den Klimaawandel verstärkt setzen Trockenheit und Hitze dem Wald auch weiterhin zu.

Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften



Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien



Geringer Anteil, große Wirkung

Kohlendioxid (CO_2) wirkt als Treibhausgas. Es sorgt dafür, dass ein Teil der von der Erde abgegebenen Wärmestrahlung nicht in das Weltall entweichen kann. Die mittlere Temperatur der Erde liegt dadurch bei etwa 15°C . Ohne den natürlichen Treibhauseffekt wäre die Erde bei einer Durchschnittstemperatur von -18°C völlig vereist. Als Folge der Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas stieg der Kohlendioxid-Gehalt der Atmosphäre seit Beginn der Industrialisierung von 0,028% auf 0,04 Prozent. Dieser menschengemachte Treibhauseffekt lässt die weltweite Durchschnittstemperatur ansteigen. Welche Auswirkungen sich daraus im Einzelnen für unser lokales Klima ergeben, versucht die Wissenschaft mit Modellrechnungen herauszufinden. Generell nimmt der Umfang der Klimaveränderungen mit jedem Zehntelgrad Erderwärmung erheblich zu.



CHAPTER 52
 An Act to make provision for abating the pollution of the air. [5th July, 1956]

BE it enacted by the Queen's most Excellent Majesty, by and with the advice and consent of the Lords Spiritual and Temporal, and Commons, in this present Parliament assembled, and by the authority of the same, as follows:—

Dark Smoke

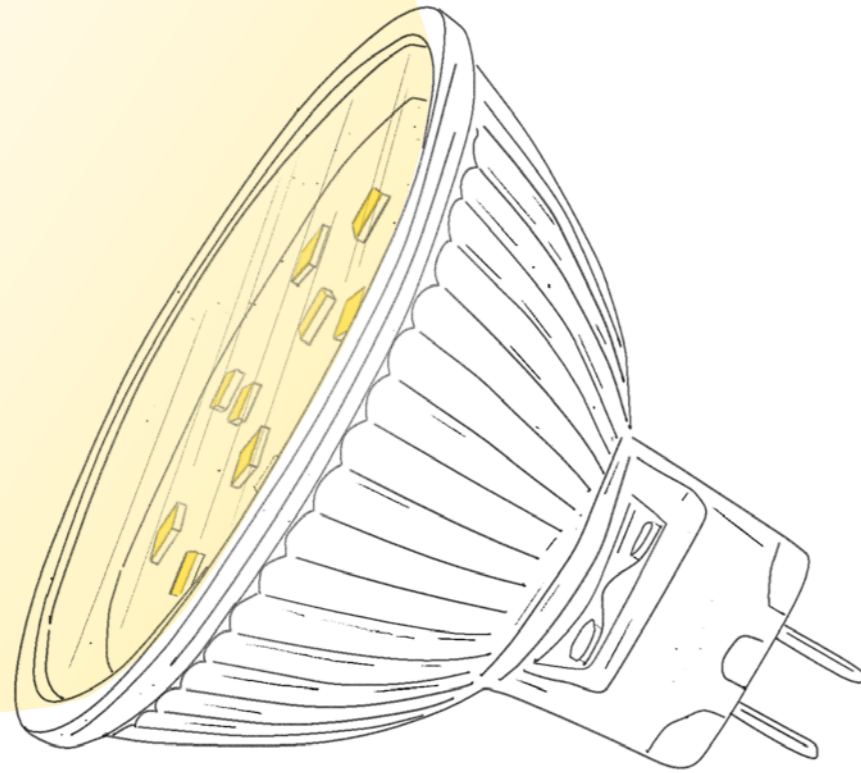
1.—(1) Subject to the provisions of this Act, dark smoke shall not be emitted from a chimney of any building, and if, on any dark smoke day, dark smoke is so emitted, the occupier of the building shall be guilty of an offence.

(2) Emissions of smoke from any chimney lasting for not longer than such periods as may be specified by the Minister by regulations shall, in such classes of case and subject to such limitations as may be so specified, be left out of account for the purposes of this section.

(3) In any proceedings for an offence under this section, it shall be a defence to prove either—

- (a) that the contravention complained of was solely due to the lighting up of a furnace which was cold and that all practicable steps had been taken to prevent or minimise the emission of dark smoke; or
- (b) that the contravention complained of was solely due to some failure of a furnace or of apparatus used in connection with a furnace, that that failure could not reasonably have been foreseen, or, if foreseen, could not reasonably have been provided against, and that the contravention could not reasonably have been prevented by action taken after the failure occurred; or
- (c) that the contravention complained of was solely due to the use of unsuitable fuel, that suitable fuel was

Welch eine Erleuchtung



Es werde Licht

Wer die Glühlampe letztlich erfunden hat, ist nicht bekannt. Mitte des 19. Jahrhunderts gab es viele Versuche, Kohlefäden, Bambus oder Papier mit Strom zum Glühen zu bringen und daraus ein Leuchtmittel zu entwickeln.

Die 1880 von Thomas Edison als Patent angemeldete Glühlampe bestand aus einem evakuierten Glaskolben mit einem Kohleglühfaden aus verkohlten Bambusfasern. Im Vergleich zu allen Vorgängern war sie in Hinsicht auf Haltbarkeit, Lichtausbeute und Energieeffizienz deutlich verbessert. Edison erfand auch den Schraubsockel, eröffnete eine Glühlampenfabrik und ließ zwei Jahre später ein Elektrizitätswerk bauen, das Strom für die Elektrifizierung New Yorks lieferte.

Heatball oder Lichtquelle?

Der Metallfaden im Glaskolben einer Glühlampe wird durch den durchfließenden Strom so stark erhitzt, dass er anfängt zu glühen. Dabei werden nur etwa 2,2 Prozent der elektrischen Energie in Licht-Energie umgewandelt. Der größte Teil geht als Wärme-Energie verloren. Energetisch gesehen sind Glühlampen also eher Wärmequellen oder „Heatballs“.

Moderne LED-Leuchtmittel basieren auf Halbleitern, die Licht aussenden. Sie benötigen für den Betrieb wenig Strom, werden kaum warm und erreichen dadurch einen deutlich höheren Wirkungsgrad. In Lampen müssen sie allerdings mit weiteren elektronischen Bauteilen kombiniert werden und dürfen deshalb als Elektroaltgeräte nicht im Hausmüll entsorgt werden.

Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften, Sachunterricht



Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien



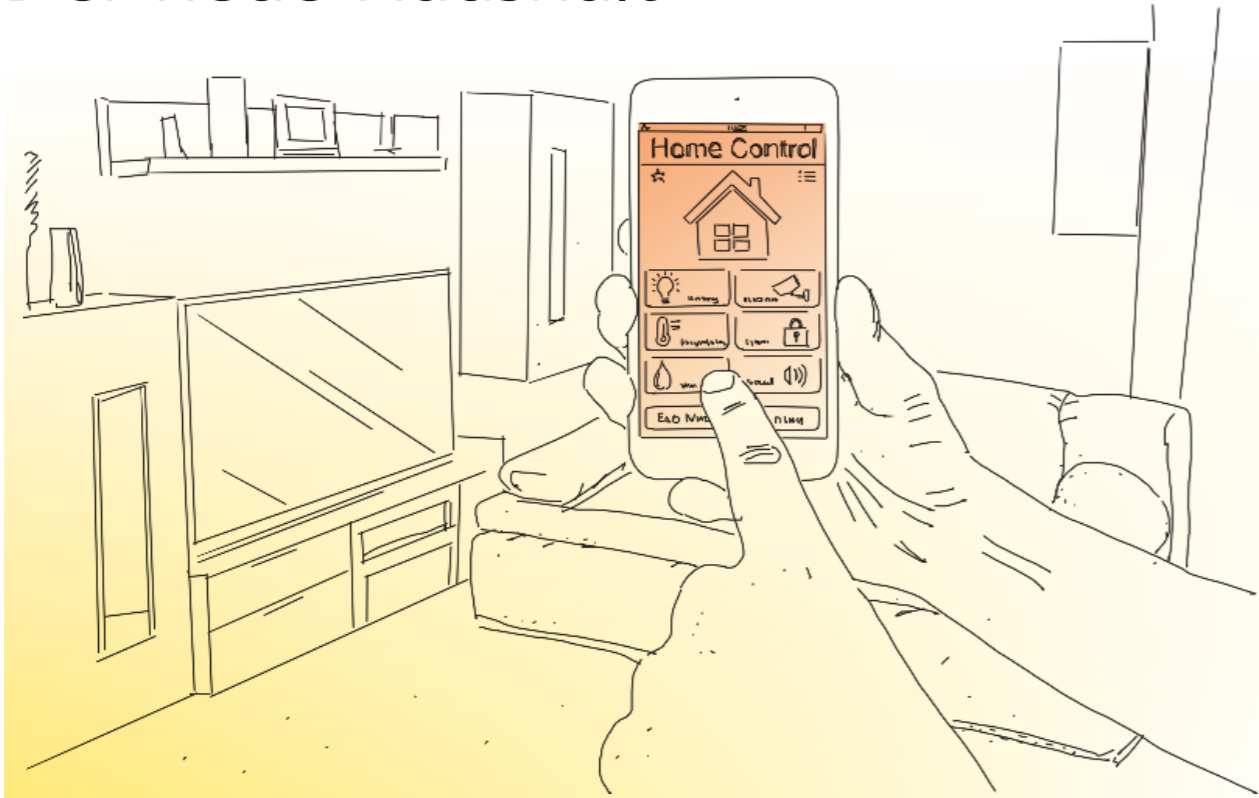
Licht verändert die Welt

Vor der Einführung des elektrischen Lichts waren Öllampen, Fackeln und Kerzen im Wohnbereich die Hauptbeleuchtungsquellen. Sie lieferten nur wenig Helligkeit, mussten nachgefüllt oder beaufsichtigt werden und waren teuer. Licht wurde immer erst dann angezündet, wenn es wirklich dunkel war.

Ab Mitte des 19. Jahrhunderts wurden Plätze und Straßen mit Gaslaternen beleuchtet. Das städtische Leben entkoppelte sich vom Tagesrhythmus. Im Wohnbereich war Gaslicht ein Zeichen für Luxus und Prestige. Das änderte sich zunächst auch nicht mit der Einführung der Elektrizität und der Verbreitung der Glühbirne. Für die unteren Schichten veränderte sich aber die Arbeitswelt: In den rund um die Uhr beleuchteten Fabriken konnte Tag und Nacht gearbeitet werden.



Der neue Haushalt



Einen Kühlschrank in jeden Haushalt

Dies forderte 1953 Bundeswirtschaftsminister Ludwig Erhard. Elektrizität war jedoch noch lange ein Luxusgut. Im Vergleich zu Holz, Kohle, Petroleum und Gas war sie sehr teuer und Geräte wie elektrische Bratröhren oder Bügeleisen konnten sich nur wohlhabende Haushalte leisten.

Anfang 1910 verfügten nur etwa zehn Prozent der Haushalte über einen Stromanschluss, 1933 waren es bereits 80 Prozent. Erst nach dem Zweiten Weltkrieg wurde der elektrische Haushaltsanschluss Standard. Auch die Zahl der elektrischen Haushaltshelfer nahm mit den Jahren ständig zu. Anfang der 1960er Jahre gab es bereits in der Hälfte aller deutschen Haushalte einen Kühlschrank und 65 Prozent besaßen einen Staubsauger.

„Fehlt es dir an Arbeitskraft – nimm den Strom, der für dich schafft.“

Mit diesen und anderen Botschaften warb die Elektroindustrie seit den 1920er Jahren für ihre Geräte und stilisierte sich damit auch als Begleiterin der Emanzipation. Anstrengende Arbeiten wie Kohle schleppen, das Reinigen der Herde von Ruß oder der aufwändige Waschttag entfielen. Elektroherd, Waschmaschine, Zentralheizung und andere Haushaltshelfer sorgten dann in den 1950er und 1960er Jahren für mehr Freizeit bei den Hausfrauen. Frauen konnten häufiger einem Beruf nachgehen.

Aus dem Blickwinkel von Skeptikern führte all dieses zu einem sinnentleerten, verödeten Dasein, der Zunahme von Suchtkrankheiten und zu vernachlässigten Kindern als „Waisen der Technik“.

Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Gesellschaftswissenschaften



Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien



F

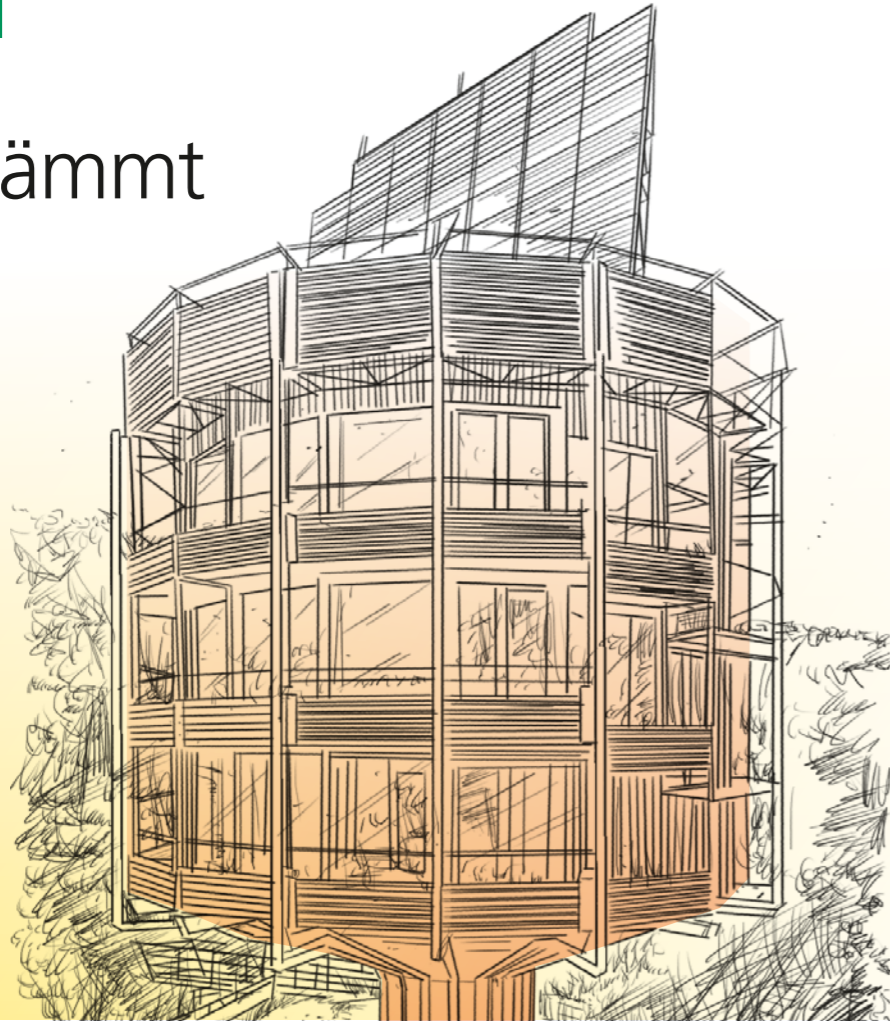
Schöne neue Welt

Weiterentwicklungen von Haushaltsgeräten bestimmen auch heute unseren Alltag. „Smart Home“ lautet nun das Zauberwort: Die moderne Waschmaschine registriert, dass nicht mehr genug Waschlauge da ist und bestellt im Idealfall gleich welches nach. Der Kühlschrank ist mit einer Kamera ausgestattet, damit beim Einkauf der Inhalt auf dem Smartphone überprüft werden kann. Natürlich reagiert er auch auf die Befüllung sowie die Außentemperatur – die Kaltluftströme werden entsprechend angepasst und somit Energie eingespart. Auch Herd und Backofen lassen sich jetzt über Apps von unterwegs bedienen.

Welche Möglichkeiten solche Systeme bieten, um Energie zu sparen, zeigt die Installation „Smart Home“ auf Ebene F. Die Mitmachstation „Gläserner Verbraucher“ beschreibt, welche weiteren Auswirkungen eine solche Vernetzung haben kann.



Gut gedämmt



Wärmedicht verpackt

Je höher der Temperaturunterschied zwischen außen und innen, desto schneller geht die Raumwärme verloren. Um den Verlust möglichst klein zu halten, ist es sinnvoll, Gebäude oder auch Rohrleitungen zu dämmen. An der Mitmachstation „Unter der Haube“ auf Ebene F kann man sich von der Wirkung verschiedener Dämm-Materialien überzeugen.

Physikalisch gesehen ist Kälte dasselbe wie Wärme. Möchte man etwas schnell auftauen, soll der Temperaturausgleich möglichst schnell erfolgen. In diesem Fall ist es geschickt, einen Stoff mit einer guten Wärmeleitfähigkeit zu nutzen. Man stellt das aufzutauende Gericht in eine Schüssel mit Wasser, damit es sich schneller erwärmt.

Wärmedämmung nach Eisbärenart

Die Haare von Eisbären sind hohl und man nahm zunächst an, dass sie das Sonnenlicht auf die schwarze Haut leiten, die das Licht in Wärme umwandelt. Diese Hypothese ist inzwischen widerlegt, war aber der Anlass für die Entwicklung der transparenten Wärmedämmung. Im Winter leiten bei niedrigem Sonnenstand durchsichtige Materialien das Sonnenlicht auf eine dunkle Wandbeschichtung. Dort wird das Licht absorbiert und als Wärme an den Raum abgegeben. Bei hohem Sonnenstand im Sommer wird das Licht reflektiert, so dass nur wenig Wärme ins Innere des Gebäudes gelangt. Vom Aussehen der transparenten Wärmedämmung kann man sich in der Ausstellungseinheit Bionik auf Ebene F ein Bild machen.

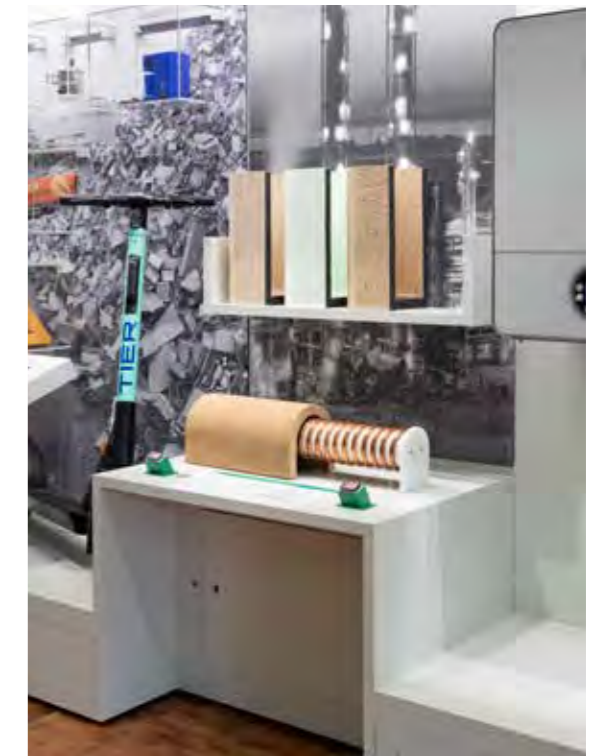


F

Passiv geht auch

Geht in einem Haus viel Wärme über das Mauerwerk verloren, muss viel Energie aufgewandt werden, um eine angenehme Raumtemperatur beizubehalten. Dämmmaterialien ermöglichen es, den Wärmeverlust durch Fenster und Mauerwerk zu begrenzen.

Passivhäuser benötigen selbst bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt keine Heizung. Der Wärmeaustausch mit der Außenluft wird aber nicht völlig unterbunden. Ganz im Gegenteil: Durch geschickte Bauweise versucht man, die von außen kommende Wärme (zum Beispiel das durch die Fenster einstrahlende Sonnenlicht) für die Raumerwärmung einzufangen. Außerdem werden alle im Haus vorhandenen kleinen Wärmequellen wie Lampen, elektrische Geräte oder auch die von den Bewohnern an die Umgebung abgegebene Wärme optimal genutzt.



Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften



Link zu den Arbeitsblätter
www.technoseum.de/angebote-und-materialien

Von nichts kommt nichts



Graue Energie

Nicht nur die Verwendung eines Produkts, auch seine Herstellung, sein Transport, seine Lagerung, sein Verkauf und seine Entsorgung benötigen Energie. Diese Energiemengen sind die Grundlage für belastbare Energiebilanzen. Sie werden unter dem Begriff „Graue Energie“ zusammengefasst. Für ein Smartphone beträgt die Graue Energie etwa 240 Kilowattstunden. Damit könnte man es 80 Jahre lang täglich laden. Berücksichtigt man bei dieser Bilanzierung alle Umweltauswirkungen, die „from cradle to grave“, also von der „Wiege bis zur Bahre“ anfallen, spricht man von Ökobilanz oder Produktlebenszyklus. Die Mitmachstation „Produktlebenszyklus“ auf Ebene F bietet zu diesem Thema interessante Frageispiele.

Ökologisches Design

Ökologisches Design bedeutet, Produkte so zu gestalten, dass der Energie- und Rohstoffbedarf entlang des gesamten Lebenswegs des Produkts minimiert wird. Produkte sollen gebrauchstauglich, langlebig und reparierbar gestaltet werden. Bereits bei der Konstruktion wird mitgedacht, wie das Produkt später recycelt und wiederverwertet werden kann.

Alle diese Kriterien sind in der Ökodesign-Richtlinie der EU zusammengefasst. In Deutschland wird zusätzlich jährlich ein Preis für Ecodesign ausgeschrieben. Ausgezeichnet wurden bisher unter anderem besonders energieeffiziente Waschmaschinen oder modular und reparaturfreundlich aufgebaute Smartphones.

Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Gesellschaftswissenschaften



Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien



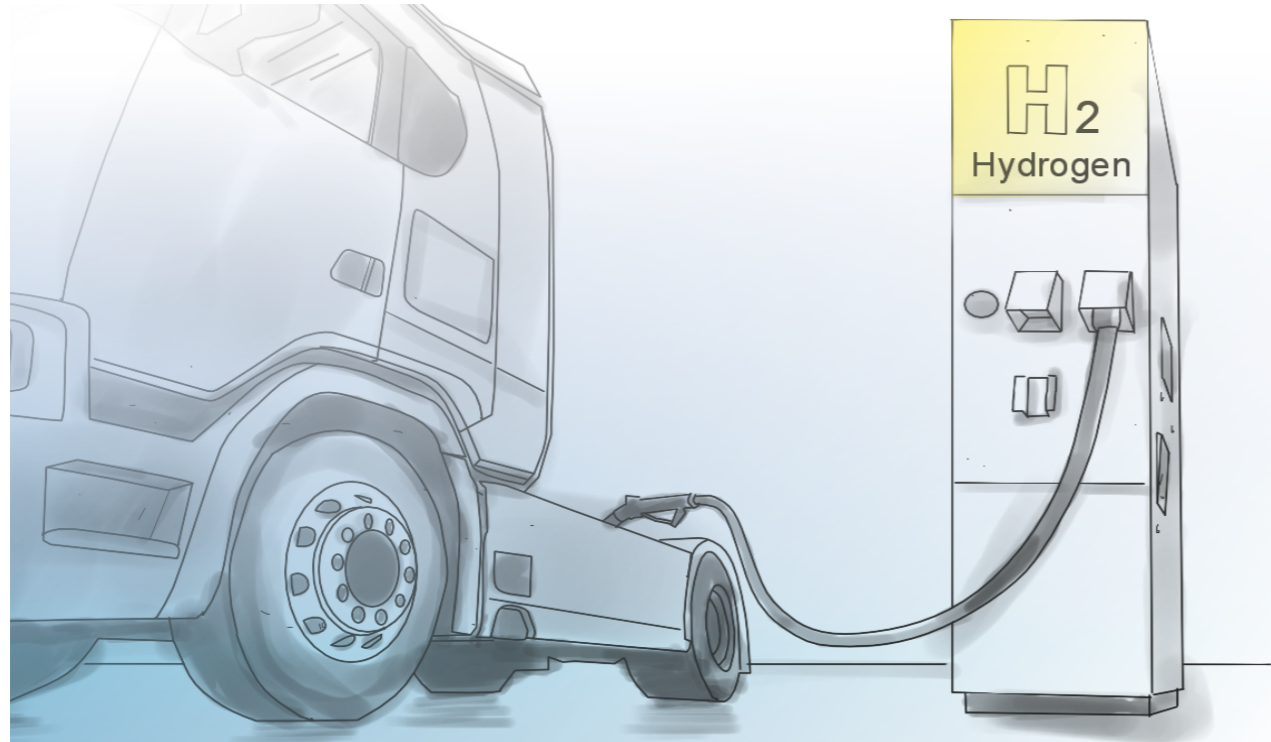
Cool, hip und emissionsfrei?

E-Scooter gelten als cool und hip. Emissionsfrei fahren sie aber nicht. Für eine Ökobilanz müssen auch die bei der Materialgewinnung und Herstellung anfallenden Emissionen berücksichtigt werden. Insbesondere die Produktion der Lithium-Ionen-Akkus und der Aluminiumrahmen ist sehr energieintensiv. Wird diese Energie vor allem mit Kohlestrom erzeugt, fallen entsprechend viele Emissionen in Form von Kohlendioxid an.

Zum Laden werden die E-Scooter nachts mit einem Transporter eingesammelt und am nächsten Tag wieder bereitgestellt. Auch dafür wird Energie benötigt. Rechnet man alles zusammen, produziert ein E-Scooter pro gefahrenem Kilometer 88 bis 126 Gramm Kohlendioxid. Das entspricht in etwa dem, was ein Auto pro gefahrenem Kilometer (ohne Berücksichtigung des Produktlebenszyklus) an Kohlendioxid ausstößt.



Wohin mit dem Überschuss?



Chemisch gespeichert

Eine Möglichkeit, elektrische Energie in Form von chemischer Energie zu speichern, sind Akkumulatoren (Akkus), also wiederaufladbare Batterien. Beim Laden wird eine chemische Reaktion (Elektrolyse) in Gang gesetzt, die beim Entladen in umgekehrter Richtung abläuft und Strom liefert.

Die im Auto verbauten Bleiakkumulatoren haben im Verhältnis zu ihrem Volumen eine sehr große Masse und mit 0,11 Megajoule pro Kilogramm eine geringe Energiedichte. Für die Verwendung in der Elektromobilität, wo es auf jedes Kilogramm ankommt, sind sie nicht geeignet. Der Gabelstapler-Akku auf Ebene F wiegt zum Beispiel 800 Kilogramm. Elektrofahrzeuge fahren mit Lithium-Ionen-Akkumulatoren mit Energiedichten von etwa 0,65 Megajoule pro Kilogramm.

Power to Gas

Power to Gas bedeutet: Unter Einsatz von elektrischer Energie wird ein Brenngas, zum Beispiel Wasserstoff, hergestellt. Wasserstoff kann mit Erdgas vermischt und gemeinsam in Kraftwerken verbrannt werden. Als Abfallprodukt entsteht dabei statt Kohlendioxid Wasser.

Führt man die Verbrennung in einer Brennstoffzelle durch, kann Wasserstoff auch, wie das auf Ebene F stehende Versuchsfahrzeug zeigt, als Fahrzeugantrieb genutzt werden. Bei PKWs ist die Gesamtenergiebilanz der batterieelektrischen Fahrzeuge derzeit jedoch deutlich besser. Vorteile haben Brennstoffzellen beim Einsatz in schwereren Fahrzeugen. Die ersten Brennstoffzellen-Züge sind im Pilotbetrieb und mit Wasserstoff betriebene Kreuzfahrtschiffe sollen 2021 getestet werden.



F

Hochgepumpt

Elektrische Energie kann auch in Form mechanischer Energie gespeichert werden.

Im Modell eines Pumpspeicherwerks auf Ebene C kann man seinen „Energieüberschuss“ nutzen, um Wasser nach oben zu pumpen. Wird Energie benötigt, wandelt eine Turbine die Bewegungsenergie des herabstürzenden Wassers in elektrische Energie um.

Der Wirkungsgrad von Pumpspeicherwerken ist mit 75 Prozent recht hoch und sie können schnell an- und abgeschaltet werden. Allerdings benötigen sie viel Platz und eignen sich deshalb nicht zur langfristigen Abdeckung eines großen Energiebedarfs.



Bildungsplanbezug

GS S1 S2 BS FS

Naturwissenschaften



Link zu den Arbeitsblättern
www.technoseum.de/angebote-und-materialien



Ein Besuch im TECHNOSEUM

Workshop, Führung, Vorführung, digitale Rallye – das Angebot der Museumspädagogik rund um das Thema „Energie erleben“ ist sehr vielfältig. Kurzbeschreibungen der aktuell buchbaren Angebote finden Sie auf unserer Website. Unter **www.technoseum.de/angebote-und-materialien** können Sie zielgruppengerecht filtern und das passende Angebot für Ihre Gruppe auswählen.

Bei weitergehenden Fragen zu den Angeboten oder der Organisation des Besuches im TECHNOSEUM helfen die Kolleginnen und Kollegen des Buchungsservice gern weiter. Sie sind unter **paedagogik@technoseum.de** oder Telefon: 06 21/42 98-8 39 zu erreichen.

Selbstverständlich können Sie das TECHNOSEUM auch in Eigenregie besuchen. TECHNOscouts in den Elementa 1, 2, und 3 oder in der Ausstellungseinheit „Energie erleben“ unterstützen bei Fragen zu den Experimenten. Täglich zeigen unsere Vorführtechnikerinnen und Vorführtechniker auch einige unserer Maschinen in Aktion.

Diese Vorführungen können jederzeit in den Besuch im Haus integriert werden. Um zu vermeiden, dass es an bestimmten Stellen im Haus zu voll wird, bitten wir jedoch auch beim Besuch in Eigenregie um eine vorherige Anmeldung.

Zur Vor- und Nachbereitung oder auch für die eigene Durchführung finden Sie auf unserer Website unter **www.technoseum.de/angebote-und-materialien** die Texte aller Mitmachstationen (Experimente der Elementa) sowie weitere Arbeitsmaterialien. Unter **www.technoseum.de/digitale-angebote** finden Sie unsere digitalen Rallyes zum Downloaden, mit denen sich die Schülerinnen und Schüler vor Ort z. B. das Thema „Energie“ selbst erarbeiten können.

Immer aktuell informiert werden Sie mit unserem Newsletter, den Sie ebenso über unsere Website abonnieren können: **www.technoseum.de/newsletter**

Bildnachweis

Titelbild	Tyrone Turner/National Geographic Creative
S. 17 unten	TECHNOSEUM, Foto: Renate Dölzer
S. 19 oben	TECHNOSEUM, Foto: Thomas Henne
S. 29 unten	TECHNOSEUM, Foto: Thomas Henne
S. 37 unten	TECHNOSEUM, Foto: Thomas Henne
S. 43 unten	Museumsstiftung Post und Telekommunikation, Museum für Kommunikation Frankfurt
S. 47 unten	Landesarchiv Berlin, F Rep. 290 (04) Nr. 0040619 / Foto: k.A.
S. 55 oben	Kollektion/Getty Images
S. 55 unten	Clean Air Act, 1956 / National Archives
S. 59 oben	akg-images
S. 61 oben	Tyrone Turner/National Geographic Creative

Alle weiteren Abbildungen:

TECHNOSEUM Fotograf: Klaus Luginsland

Alle Zeichnungen stammen von Frank Ketterl

Impressum

Energie erleben

Materialien für den Unterricht

Herausgegeben vom TECHNOSEUM

Landesmuseum für Technik und Arbeit
in Mannheim

Museumsstraße 1

68165 Mannheim

www.technoseum.de

Konzeption und Redaktion

Antje Kaysers

Anke Neuhaus

Daniel Römer

Text

Johanna Kaus

Anke Neuhaus

Daniel Römer

Gestaltung

Frank Ketterl

Bildnachweis

Regina Menclik

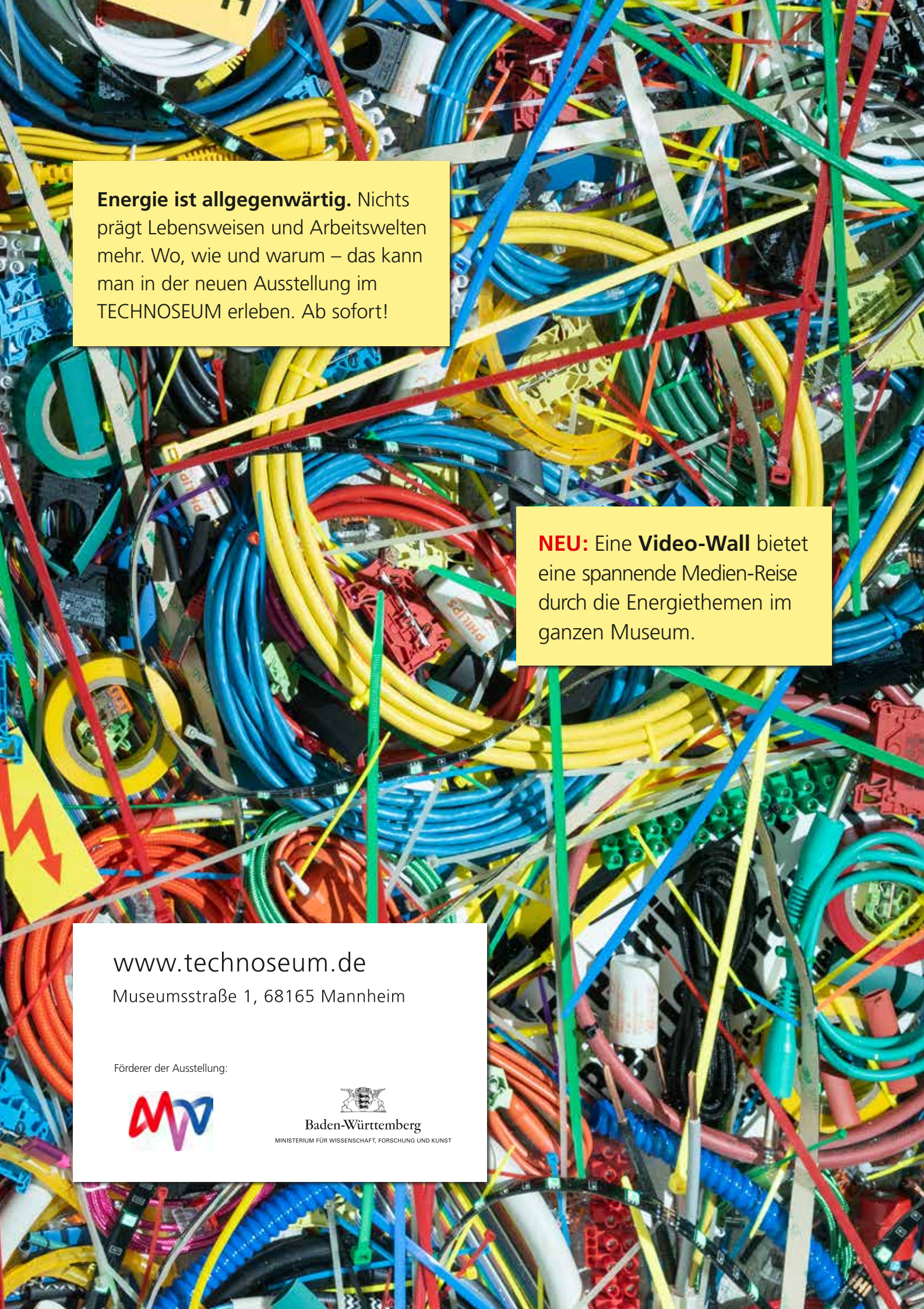
Lektorat

Wolf-Diether Burak

Druck

ColorDruck Solutions, Leimen

Mannheim, im August 2020



Energie ist allgegenwärtig. Nichts prägt Lebensweisen und Arbeitswelten mehr. Wo, wie und warum – das kann man in der neuen Ausstellung im TECHNOSEUM erleben. Ab sofort!

NEU: Eine **Video-Wall** bietet eine spannende Medien-Reise durch die Energiethemen im ganzen Museum.

www.technoseum.de
Museumsstraße 1, 68165 Mannheim

Förderer der Ausstellung:



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT, FORSCHUNG UND KUNST