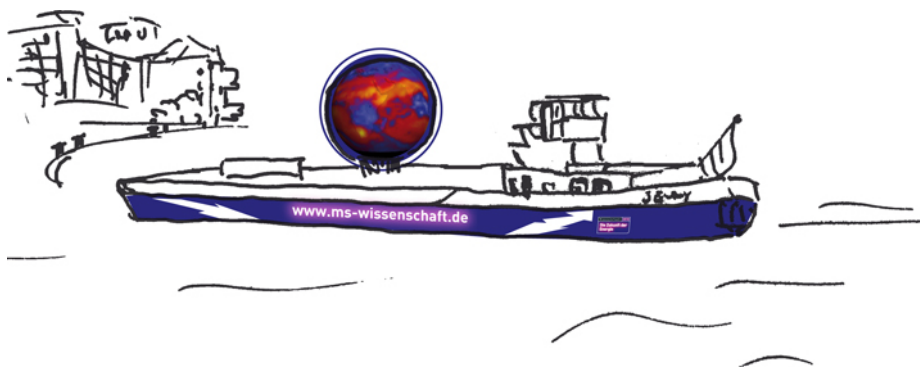


## Exponattexte zur Ausstellung „Planet Energie“ auf der MS Wissenschaft 2010

### Inhalt

Exponatliste.....	2
Grundlagen.....	3
Energie aus Sonne, Wind & Co. – erneuerbare Energien.....	4
Biomasse – Energie, die nachwächst .....	6
Aus dem Atom – Energie durch Kernspaltung .....	9
Das Feuer der Sonne – Energie aus Kernfusion.....	10
Millionen Jahre alt – Energie aus fossilen Brennstoffen.....	11
Speichern, steuern, transportieren – Energie managen.....	14
Clever ernten – neue Wege der Energiegewinnung .....	17
Intelligent sparen – effiziente Energienutzung .....	18



## Exponatliste

<b>Grundlagen</b>	
Energieträger im Überblick	Welt der Physik, Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg
Wie viel Treibstoff braucht ein Mensch?	Deutsches Institut für Ernährungsforschung Potsdam-Rehbrücke (DIfE)
<b>Sonne, Wind &amp; Co - erneuerbare Energien</b>	
Die Kraft des Windes	ForWind - Zentrum für Windenergieforschung
Mit Turmkraftwerken Sonnenenergie einsammeln	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR, Köln
Organische Solarzellen	FWF Der Wissenschaftsfonds, Österreich
Geothermie	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Solaranlage	Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie
<b>Biomasse - Energie, die nachwächst</b>	
Maßgeschneiderte Kraftstoffe aus Biomasse	RWTH Aachen University, Exzellenzcluster „Maßgeschneiderte Kraftstoffe aus Biomasse“
Grüne Kohle aus Stroh und Laub	Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Potsdam
Schnelles Holz für heiße Öfen: Energie-Plantagen	Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB)
Wirbel um die Biomasse – höhere Ausbeute mit neuer Technologie	Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg
Bioenergie aus Mikroalgen	Christian-Albrechts-Universität, Botanisches Institut, Kiel
<b>Aus dem Atom - Energie durch Kernspaltung</b>	
Wie funktioniert ein Leichtwasserreaktor?	Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Hochradioaktive Abfälle durch Verglasung sicherer machen	Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
<b>Das Feuer der Sonne - Energie durch Kernfusion</b>	
Das Sonnenfeuer auf die Erde holen	Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching und Greifswald
Kernfusion: Der interaktive Tokamak	Forschungszentrum Jülich, Institut für Energieforschung – Plasmaphysik
Fusionsreaktoren vor militärischem Missbrauch schützen	Hessische Stiftung Friedens- und Konfliktforschung, Frankfurt
<b>Millionen Jahre alt - Energie aus fossilen Brennstoffen</b>	
Menschliche Leistung gegen Energierohstoffe	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Weltatlas fossiler Energierohstoffe	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
Erdölförderung – so funktioniert's	Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation, Göttingen
Gashydrat - Energiequelle der Zukunft, Klimakiller und Stabilisator der Kontinentalhänge	Leibniz-Institut für Meereswissenschaften IFM-GEOMAR
Kohlenstoffspeicherung – was genau ist CCS?	Helmholtz-Zentrum Potsdam - GFZ Deutsches GeoForschungsZentrum
Das Klimaschutzdilemma	Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, Mannheim
<b>Speichern, steuern, transportieren - Energie managen</b>	
Kraftwerke im Kleinen: Der optimale Betrieb einer Brennstoffzelle	Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme Magdeburg
Wie funktioniert eine Lithium-Ionen-Batterie?	Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC, Würzburg
Wie tankt mein Auto Strom? Intelligente Ladestation für Elektrofahrzeuge	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg
"Aufhänger" für das Stromnetz	TU Braunschweig, Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen
Smart Grids: Intelligente Steuerung des Stromverbrauchs	Fraunhofer-Anwendungszentrum Systemtechnik AST, Ilmenau
<b>Clever ernten - neue Wege der Energiegewinnung</b>	
Thermoelektrik im Kleinen: Thermoelektrischer Generator aus nanokristallinem Silizium	Universität Duisburg-Essen, CeNIDE - Center for Nanointegration
Mit Vibrationen Strom erzeugen – energieautonome Elektronik	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK)
<b>Intelligent sparen - effiziente Energienutzung</b>	
Doppelte Energienutzung für Strom und Wärme	TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Energietechnik
Sparsame Elektronik aus organischen Materialien	TU Dresden, Institut für Angewandte Photophysik
Magnesium – neue Materialien für den Leichtbau	GKSS - Forschungszentrum Geesthacht
Glasur aus Metall - Energieeinsparung bei der Hartverchromung	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart
Energetische Sanierung von Wohngebäuden	Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Kassel

## Grundlagen

### Energieträger im Überblick

#### **Zusammenhang und Information**

Die Energie, die wir nutzen, erschließen wir aus verschiedenen Quellen. Man unterscheidet bei den Energieträgern zwischen „fossilen“ und „regenerativen“ Quellen. Regenerative Energien sind prinzipiell unbegrenzt verfügbar. Doch ist ihr Anteil an der Energieversorgung noch deutlich geringer als der Anteil der fossilen Energie. Bei der Verbrennung von Kohle & Co. entsteht Kohlendioxid, das für die Erderwärmung verantwortlich ist. Der Verbrauch der Primärenergieträger wird durch den Bedarf gesteuert. Haushalt, Verkehr, Industrie und Gewerbe sind die Nutzer der Primärenergien, die durch komplizierte Prozesse umgewandelt werden. Diese Umwandlung ist nötig, denn nur selten liegt die Energie am Ort der Nutzung in der richtigen Form vor.

#### **Das Exponat**

In unserer interaktiven Energienutzungsgrafik kannst du den zeitlichen Verlauf des Verbrauchs der Primärenergieformen in Deutschland vergleichen. Du erfährst, an welchen Orten welche Energiequelle besonders einfach zu erschließen ist. Und du kannst sehen, welche Nutzer welche Primärenergieform besonders intensiv benötigen. Darüber hinaus werden die Hintergründe zu einzelnen Energieformen und den erforderlichen Umwandlungsprozessen erklärt. Wenn du zu Hause noch mehr ausprobieren willst: Dieses Exponat findest du auch im Internet unter [www.weltderphysik.de](http://www.weltderphysik.de).

Welt der Physik ist das größte deutschsprachige Online-Angebot zur aktuellen physikalischen Forschung. Es betreibt die Website [www.weltderphysik.de](http://www.weltderphysik.de), einen Podcast, einen Videokanal auf YouTube und einen Twitter-Feed.

### Wieviel Treibstoff braucht ein Mensch?

#### **Zusammenhang und Information**

Nahrung ist Energie und der Treibstoff für unseren Körper. Nehmen wir mehr Energie auf als wir verbrauchen, gerät unser Körper aus dem Energiegleichgewicht. Wir werden zu dick. Übergewicht kann langfristig jedoch schwerwiegende gesundheitliche Folgen haben. Daher ist es wichtig zu wissen, wie hoch unser persönlicher Energiebedarf ist, wie viel zusätzliche Energie wir für bestimmte körperliche Aktivitäten benötigen und wie viel Energie in Lebensmitteln steckt. Aus ökologischen Gründen ist dabei nicht nur interessant, wie viel Energie ein bestimmtes Nahrungsmittel in Form von Kalorien enthält, sondern auch, wie viel Energie die Herstellung des jeweiligen Lebensmittels verbraucht.

#### **Das Exponat**

Mit unserer Software ER.EN.GE, einem interaktiven Programm über Ernährung – Energie – Gesundheit, kannst du dein Wissen über drei Gesundheitsthemen testen. Das Modul „Energie und Körper“ gibt dir Antworten auf die Fragen: Wie viel Energie ist gut für mich? Warum kann übermäßige Fettspeicherung krank machen? Im Modul „Energie und Lebensmittel“ steckt unter anderem ein Quiz zum Energiegehalt von Lebensmitteln. Über „Energie und Mobilität“ kannst du deinen Energieverbrauch bei verschiedenen Aktivitäten berechnen. Schätze zudem, welche Strecke ein Auto mit einem Liter Rapsöl zurücklegt und wie viel Energie ein Mensch für die gleiche Strecke benötigt.

Das Deutsche Institut für Ernährungsforschung Potsdam-Rehbrücke erforscht die Ursachen ernährungsbedingter Erkrankungen, um neue Strategien für Prävention, Therapie und Ernährungsempfehlungen zu entwickeln. Schwerpunkte sind Fettsucht, Diabetes und Krebs.

## Energie aus Sonne, Wind & Co. – erneuerbare Energien

### Die Kraft des Windes

#### **Zusammenhang und Information**

Der Bedarf an Strom steigt weltweit an. Fossile Energien wie Kohle, Erdgas und Erdöl gehen dagegen zur Neige. Windenergie gehört zu den erneuerbaren Energien, die unbegrenzt vorhanden sind und kein Kohlendioxid produzieren. Die größten Anlagen haben einen Rotordurchmesser von 126 Metern und sind knapp 200 Meter hoch. Die Länge eines Rotorblattes ist mit der Spannweite eines Jumbojets vergleichbar. Diese Giganten können eine Leistung von 6 Megawatt erbringen. Das ist genug, um etwa 6.000 Haushalte mit elektrischer Energie zu versorgen. Es gibt Windenergieanlagen an Land, also „onshore“, und Anlagen auf See, also „offshore. Auf See weht der Wind stetig und stärker. Daher ist dort eine noch höhere Energieausbeute zu erwarten als an Land.

#### **Das Exponat**

Eine Windenergieanlage benötigt eine Windgeschwindigkeit von ca. 3,5 m/s (12,6 km/h), um mit der Stromerzeugung zu beginnen. Die im Wind vorhandene und damit nutzbare Energie steigt mit der dritten Potenz zur Windgeschwindigkeit. Eine Verdopplung der Windgeschwindigkeit bedeutet achtmal so viel Energie. Die höchste Leistung erreichen Windenergieanlagen bei etwa 12 m/s (43,2 km/h). Ist der Wind stärker, muss dafür gesorgt werden, dass die Anlage nicht überlastet wird. Ab etwa 25 m/s (90 km/h) werden die Anlagen zu ihrem Schutz ganz abgeschaltet.

ForWind ist das gemeinsame Zentrum für Windenergieforschung der Universitäten Oldenburg, Hannover und Bremen mit einem breiten ingenieurwissenschaftlichen und physikalischen Forschungsspektrum. ForWind organisiert die Aus- und Weiterbildung von Fach- und Führungskräften.

### Mit Turmkraftwerken Sonnenenergie einsammeln

#### **Zusammenhang und Information**

Turmkraftwerke erzeugen Strom aus Sonnenenergie. Mehrere 100 bis einige 1.000 große drehbare Spiegel sammeln Sonnenstrahlen ein und konzentrieren sie auf einen Punkt am oberen Ende des Turmes. Dort entsteht eine Hitze von 800 bis 1.300 Grad Celsius. Daraus können die Kraftwerksbetreiber Strom erzeugen. Das funktioniert ähnlich wie in einem Gas- oder Kohlekraftwerk: In einem Dampfkraftwerk wird mit der Sonnenwärme Wasser zu Wasserdampf erhitzt, der eine Turbine antreibt. Und was geschieht nachts oder bei bewölktem Himmel? In dieser Zeit können die Kraftwerksbetreiber die Energie aus einem Wärmespeicher nutzen und ihre Dampfturbine damit antreiben. Solche Turmkraftwerke sind bereits in Spanien im Einsatz, wo sie bis zu 50.000 Menschen mit Strom versorgen.

#### **Das Exponat**

An diesem Modell eines Turmkraftwerks kannst du es Morgen, Mittag und Abend werden lassen. Die Spiegel richten sich immer nach der Sonne aus und lenken die Strahlen auf die Turmspitze. Hier sind es nur vier Spiegel; bei den Turmkraftwerken in Jülich oder in Südspanien sind es über 1.000. Du kannst das Turmkraftwerk so einstellen, dass es den Strom direkt ins Netz einspeist oder dass sich seine Speicher auffüllen. Auch den Betrieb bei Nacht oder bei Wolken kannst du einstellen. Das Kraftwerk erzeugt den Strom dann mit der Energie aus dem Speicher.

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Köln, erforscht, wie Energie besser genutzt und umgewandelt werden kann. DLR-Solarforscher erkunden die Bereitstellung von

Sonnenenergie und die Herstellung von Wasserstoff aus Sonnenenergie.  
Mit Turmkraftwerken Sonnenenergie einsammeln

## **Strom aus Sonnenlicht**

### **Zusammenhang und Information**

Die Sonne schickt pro Tag mehr Energie in Form von Sonnenlicht auf die Erde, als die Menschheit in einem Jahr verbraucht. Die Nutzung dieser Energie sollte ein wesentlicher Bestandteil eines umweltverträglichen Energiemixes werden. In der Photovoltaik wird die Sonnenenergie in elektrischen Strom umgewandelt. Die klassische Methode hierfür ist die Silizium-Photovoltaik. Dabei fangen dünne, kristalline Scheiben aus Silizium die Sonnenstrahlen auf und wandeln sie in elektrische Energie bzw. in Strom um. Diese Methode erhält nun Konkurrenz durch die Dünnschicht-Photovoltaik. Die Schichten, in denen das Sonnenlicht umgewandelt wird, sind um ein Vielfaches dünner als ein menschliches Haar und mehr als hundert Mal dünner als die Siliziumscheiben. Sie können auch auf flexiblen Materialien, wie zum Beispiel Folien, aufgebracht werden. Damit bietet die Dünnschicht-Photovoltaik neue Einsatzmöglichkeiten für die Zukunft. Außerdem benötigt sie deutlich weniger Energie und Material in der Produktion als die klassische Photovoltaik.

### **Das Exponat**

Wie viel Strom verbraucht ein Mensch? In Deutschland liegt der durchschnittliche, private Verbrauch pro Person bei knapp 2.000 Kilowattstunden im Jahr. Die auf dem Dach des Schiffes installierten Dünnschicht-Module können übers Jahr diese Menge an Energie produzieren. Prüfe selbst, wie viel Strom die Solaranlage gerade produziert oder wie viel sie in den letzten Tagen produziert hat. Würde sie auch deinen Bedarf decken? Wie lange kann die Anlage dein Lieblingsgerät am Laufen halten?

Das Helmholtz-Zentrum Berlin ist weltweit führend bei der Entwicklung von Dünnschicht-Solarzellen. Es betreibt Grundlagenforschung und arbeitet eng mit der Industrie zusammen. Ziel ist, effiziente und preisgünstige Solarzellen der nächsten Generation zu entwickeln.

## **Sonnenenergie einfangen 2.0 – organische Solarzellen**

### **Zusammenhang und Information**

Bei der Photovoltaik-Solarzelle wird Sonnenenergie direkt in elektrische Energie umgewandelt. Seit 1958 wird diese Technik für die Energieversorgung in der Raumfahrt genutzt. Heute sind Solarzellen im Alltag angekommen. Zuerst wurden anorganische Stoffe wie Silizium verwendet. Künftig werden organische Solarzellen, auch „Plastiksolarzellen“ genannt, verstärkt zum Einsatz kommen. Im Vergleich zu starren Silizium-Zellen sind sie biegsam und dünn wie Kunststoff-Folien.

### **Das Exponat**

Organische Solarzellen bestehen aus drei Schichten: 1. einer durchsichtigen Elektrode, 2. der aktiven Schicht, die aus Farbstoffen besteht, 3. einer Aluminiumschicht als Top-Elektrode. So entsteht elektrische Energie in diesen Zellen: Die Photonen (Lichtteilchen) dringen durch die Elektrode in die aktive Schicht. Sie treffen auf einen organischen Kunststoff, Polymer genannt. Von dessen Molekülen werden sie aufgenommen. Es bilden sich Exzitone, die aus positiven und negativen Ladungen bestehen. Exzitone wandern die Moleküle entlang und würden sehr schnell zerfallen. Treffen sie aber auf ein Fullerene, den so genannten Akzeptor, wandert die negative Ladung in den Akzeptor. Die positive Ladung wandert nun über die Molekularketten des Polymers; die negative Ladung geht von Akzeptor zu Akzeptor. Treffen sie auf die entsprechenden Elektroden, geben sie ihre Ladung an diese ab und es fließt Strom im äußeren Kreis.

Der Wissenschaftsfonds FWF ist Österreichs zentrale Einrichtung zur Förderung der Grundlagenforschung. Das Linzer Institut für organische Solarzellen LIOS, Physikalische Chemie an der Johannes Kepler Universität Linz, arbeitet führend in der Forschung und Entwicklung organischer „Plastiksolarzellen“.

## **Erdwärme – eine nahezu unerschöpfliche Energiequelle**

### ***Zusammenhang und Information***

Erdwärme ist eine nahezu unerschöpfliche, umweltfreundliche Energiequelle. Ab dem Jahr 2013 soll das komplette Geozentrum Hannover mit Erdwärme aus dem Projekt GeneSys (Generierte geothermische Energiesysteme) beheizt werden. Dieses Pilotprojekt verfolgt zwei Ziele: Zum einen möchte die BGR zeigen, dass auch in Norddeutschland Erdwärme genutzt werden kann. Zum anderen soll aus Gründen der Kostenersparnis über eine einzige Bohrung das kalte Wasser in die Erde geleitet und das heiße Wasser gefördert werden. Dies geschieht mit getrennten Zugängen für Kalt- und Heißwasser. Üblich sind Systeme aus mehreren Bohrlöchern.

### ***Das Exponat***

Die GeneSys-Bohrung reicht bis in 3.820 Meter Tiefe durch die Sedimentgesteine der Kreidezeit, des Jura und der Trias. In ca. 3.500 Metern Tiefe sollen zwei poröse Sandsteinschichten durch ein großflächiges System feiner Risse miteinander verbunden werden. Wasser wird mit hohem Druck in die Bohrung gepresst, dadurch entstehen die Risse. Kaltes Wasser – symbolisiert durch blaue Lampen – wird in die eine Gesteinsschicht eingespeist. Auf dem Weg durch die Risse erwärmt es sich wie in einem natürlichen Wärmetauscher auf bis zu 150 Grad Celsius. Das heiße Wasser – symbolisiert durch rote Lampen – wird dann aus der zweiten Schicht nach oben gefördert. Dort wird dem Wasser die Wärme für die Beheizung der Räume im Geozentrum entzogen.

Mit dem Pilotprojekt GeneSys leistet die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) einen Beitrag für eine nachhaltige Energieversorgung. Die BGR erprobt damit zum weltweit ersten Mal das so genannte Einbohrloch-Konzept für die Direktnutzung von tiefer Erdwärme im Betrieb.

## **Biomasse – Energie, die nachwächst**

### **Maßgeschneiderte Kraftstoffe aus Biomasse**

#### ***Zusammenhang und Information***

Die Vorräte an fossilen Rohstoffen sind begrenzt. Deshalb müssen nachwachsende Rohstoffe schon in naher Zukunft stärker genutzt werden. Der weltweit häufigste pflanzliche Bestandteil ist Cellulose. Sie ist daher für die Herstellung von flüssigem Kraftstoff sehr interessant. Cellulose ist ein Hauptbestandteil von Holz. Doch Holz ist aufgrund seiner festen Struktur chemisch nur schwer nutzbar. Um einen neuen synthetischen Kraftstoff aus Biomasse herstellen zu können, müssen innovative chemische Verfahren entwickelt werden. Das Holz muss in seine Bestandteile zerlegt werden. Aus diesen werden dann ohne Zersetzung der molekularen Grundstruktur Kraftstoffkomponenten hergestellt. Durch Forschung am Verbrennungsmotor werden die Kraftstoffe für einen schadstoffarmen Automobilantrieb maßgeschneidert.

### **Das Exponat**

Das Exponat zeigt einen möglichen Ablauf vom Baumstamm bis zum Kraftstoff. Zuerst wird das Holz zerkleinert. Neuartige Lösungsmittel zerlegen die Holzstruktur in die Bestandteile Cellulose und Lignin. Daraus werden mit umweltfreundlichen katalytischen Verfahren im Fermenter die Kraftstoffkomponenten erzeugt. Mittels Membrantrennung und Destillation werden wertvolle Nebenprodukte und die flüssigen Kraftstoffe abgetrennt. Dann sind die Kraftstoffe an der Tankstelle für die nachhaltige Mobilität der Zukunft verfügbar.

Lehrstuhl für Prozesstechnik/Lehrstuhl für Verbrennungskraftmaschinen, RWTH Aachen University: Im Exzellenzcluster „Maßgeschneiderte Kraftstoffe aus Biomasse“ wird interdisziplinär an einem schadstoffarm verbrennenden Designer-Kraftstoff geforscht, der gleichzeitig in einem innovativen und umweltfreundlichen Prozess aus Biomasse gewonnen wird.

### **Grüne Kohle aus Stroh und Laub**

#### **Zusammenhang und Information**

Stroh, Holz oder Laub über Nacht in Kohle umzuwandeln, könnte eine einfache Lösung für das CO<sub>2</sub>-Problem sein. Das Verfahren wird „hydrothermale Karbonisierung“ genannt. Der Kohlenmeiler funktioniert ähnlich wie ein Dampfkochtopf. Und das Kochrezept ist verblüffend einfach: Das Druckgefäß wird mit pflanzlichen Produkten und Wasser gefüllt. Eine Prise Katalysator beschleunigt die Aufspaltung der Moleküle in Kohlenstoff und Wasser. Der Topf wird geschlossen und unter Druck und Luftabschluss für zwölf Stunden auf 180 Grad Celsius erhitzt. Nach dem Abkühlen enthält der Topf eine wässrige schwarze Brühe mit feinstverteilten kugelförmigen Kohlepartikeln. Der Kohlenstoff, der in dem Pflanzenmaterial gebunden war, liegt nun in Form dieser Partikel vor.

#### **Das Exponat**

Veranschaulicht wird der Prozess der hydrothermalen Karbonisierung. Biomasse wird bei 180 Grad Celsius zu Kohle verkocht. Damit der Vorgang schneller abläuft als in der Natur, wird ein Katalysator verwendet. Nach dem Betätigen der Starttaste dreht sich langsam ein Zylinder im Inneren des Gefäßes. Er veranschaulicht die schrittweise Verwandlung von Biomasse zu Kohlepartikeln über einen Zeitraum von 12 Stunden und bei einem Druck von ca. 10 Bar. Ausgangsmaterial, Zwischen- und Endprodukt liegen als Proben bei.

Das Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Potsdam, befasst sich mit Erforschung und Kontrolle von nano- bis mikrometergroßen Strukturen. Ein Nanometer ist ein Milliardstel Meter, was ungefähr dem Größenverhältnis eines Fußballs zur Erde entspricht.

### **Schnelles Holz für heiße Öfen: Energie-Plantagen**

#### **Zusammenhang und Information**

Holz ist ein klimaneutraler Brennstoff. Bei seiner Verbrennung wird nur so viel Kohlendioxid frei, wie während des Wachstums im Holz gebunden wurde. Pappeln und Weiden zählen wegen ihres raschen Wachstums zu den ergiebigsten Holzarten. Im Vergleich zu Forstgehölzen kommen diese auf Ackerflächen angebauten, schnell wachsenden Gehölze mit etwa zehn Tonnen Trockenmasse pro Jahr auf etwa den dreifachen Holzertrag. Einmal gepflanzt, können die Triebe alle zwei bis fünf Jahre geschnitten, gehäckselt und verfeuert werden. Die Pflanzen treiben aus dem verbleibenden Wurzelstock bis zu 30 Jahre lang wieder kräftig aus. Pappelholz von der Fläche eines Fußballfeldes reicht für die Energieversorgung eines großen Einfamilienhauses und spart damit 3.000 Liter Öl ein.

#### **Das Exponat**

Ist Holz gleich Holz? Steckt in schnell wachsenden Baumarten dieselbe Energie wie in langsam wachsenden Arten? Bezogen auf das Trockengewicht – gemessen in Kilogramm – ist der Energiegehalt aller einheimischen Baumarten nahezu gleich. Wegen des höheren Lignin- und Harzgehaltes liegt er bei Nadelholz etwas höher als bei Laubholz. Bezogen auf das Volumen in Kubikmeter unterscheidet sich der Heizwert der einzelnen Baumarten aufgrund ihrer unterschiedlichen Dichte – gemessen in Kilogramm Trockenmasse je Kubikmeter – aber deutlich.

Das Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V. (ATB) entwickelt Technologien für eine ressourceneffiziente und CO<sub>2</sub>-neutrale Nutzung biologischer Systeme zur Erzeugung von Lebensmitteln, Rohstoffen und Energie.

## **Wirbel um die Biomasse – höhere Ausbeute mit neuer Technologie**

### ***Zusammenhang und Information***

In der Zukunft müssen die Menschen viel sorgsamer mit den vorhandenen Energieressourcen umgehen als bisher. Mehr und mehr werden wir auf fossile Brennstoffe wie Erdöl, Erdgas und Kohle verzichten müssen. Daher werden immer bessere Methoden und Anlagen zur Nutzung unterschiedlichster Energieträger entwickelt, die mit möglichst wenig Ressourcen möglichst viel Energie erzeugen können. Wichtig werden vorwiegend dezentrale Energieanlagen sein, die nachwachsende Rohstoffe wie Holz, Stroh oder Abfälle nutzen und die Energie dort bereitstellen, wo sie benötigt wird. Bei der Erforschung und Entwicklung solcher Anlagen wird untersucht, wie verschiedene nachwachsende Rohstoffe sowohl für die Verbrennung als auch für die Vergasung genutzt werden können.

### ***Das Exponat***

Die drei Anlagenmodelle wandeln Energie durch Verbrennung oder Vergasung um. Modell 1 zeigt die Rostfeuerung: Unter Zuführung von Luft wird Material verbrannt. Modell 2 ist ein stationärer Wirbelschichtreaktor. Der Brennstoff wird durch einen Luftstrom zum Wirbeln gebracht. Modell 3 ist ein zirkulierender Wirbelschichtreaktor. Er verteilt die Wärme gleichmäßiger als der stationäre Wirbelschichtreaktor. Modell 2 ist wirkungsvoller als Modell 1, Modell 3 wirkungsvoller als Modell 2. Die Verbrennung im Wirbelschichtreaktor produziert weniger schädliche Abgase.

Das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg, ist Partner für Auftraggeber aus Mittelstand, Industrie, Forschung und Politik. Die Forscher entwickeln und optimieren gemeinsam mit ihren Kunden Lösungen auf den Gebieten Logistik, Virtual Engineering, Automatisierung sowie Prozess- und Anlagentechnik.

## **Bioenergie aus Mikroalgen**

### ***Zusammenhang und Information***

Mikroalgen sind kleine, einzellige, sehr einfache Pflanzen und Cyanobakterien. Sie werden immer interessanter für die Produktion von Biomasse und Bioenergie sowie in der Biotechnologie. Es gibt einige hunderttausend Mikroalgenarten. Nur ein bis zwei Dutzend davon sind so gut untersucht, dass sie kultiviert und für die Biotechnologie und Bioenergie genutzt werden können. Die Nutzung von Mikroalgen für die Bioenergie steckt noch in den Kinderschuhen. Sie ist noch zu teuer und verbraucht bei der Kultivierung noch zu viel Energie. Dennoch sind die Aussichten gut, Mikroalgen in Zukunft für die Bioenergie zu verwenden. Weltweit wird daran intensiv geforscht.

### ***Das Exponat***

Auf dem Monitor wird ein Film über Bioenergie aus Mikroalgen gezeigt. Anhand von Mikroalgen-Modellen in einem angedeuteten Photobioreaktor kannst du die äußere und innere Struktur von Mikroalgenzellen erkennen. Die äußeren Strukturen finden sich in den



mikroskopischen Präparaten aus verschiedenen natürlichen Planktonproben und Proben aus Photobioreaktoren zur Mikroalgen-Biomasseproduktion wieder. Ein solcher Photobioreaktor ist im Hintergrund zu sehen. Der Reaktor kann mit CO<sub>2</sub> aus Abgasen von Kraftwerken und Biogasanlagen begast werden. Damit wird das Absetzen von Mikroalgen verhindert und das Wachstum der Zellen beschleunigt.

Am Botanischen Institut und Botanischen Garten der Christian-Albechts-Universität zu Kiel werden Biologen ausgebildet und es wird an Pflanzen, Pilzen und Mikroalgen geforscht.

## Aus dem Atom – Energie durch Kernspaltung

### Hochradioaktive Abfälle durch Verglasung sicherer machen

#### **Zusammenhang und Information**

Radioaktive Abfälle werden in Endlagern untergebracht, deren Langzeit-Sicherheit erwiesen sein muss. Der Nachweis dieser Langzeit-Sicherheit erfordert grundlegende Forschungsarbeiten. Vorgesehen ist, alle Arten von radioaktiven Abfällen in tiefen Formationen der Erde wie zum Beispiel Bergstollen oder alten Salzstöcken, zu lagern. Die geologischen Eigenschaften solcher Endlager müssen gewährleisten, dass die radioaktiven Stoffe für sehr lange Zeiträume sicher eingeschlossen sind und nicht in die Biosphäre gelangen können. Ein wesentlicher Schritt besteht darin, die Abfälle vor der Lagerung in eine stabile Struktur einzubinden. Hochradioaktive Abfälle werden in spezielle Gläser eingeschmolzen, deren Langzeitstabilität nachweislich gegeben ist.

#### **Das Exponat**

Zu sehen ist ein Modell einer nichtradioaktiven Test-Verglasungsanlage. Ziel der Anlage war es, die Verglasung hochradioaktiver Abfälle für die Verglasungseinrichtung Karlsruhe zu erproben. In dieser Verglasungsanlage werden 60 Kubikmeter hochradioaktiver, flüssiger Abfall aus der früheren, stillgelegten Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) verglast. Die Entsorgung des Abfalls stellt einen wichtigen Meilenstein im Rückbau der WAK zur „grünen Wiese“ dar. Seit Aufnahme des radioaktiven Verglasungsbetriebs im September 2009 sind etwa zwei Drittel des Abfalls verglast worden.

Das Institut für Nukleare Entsorgung des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) erforscht die Langzeit-Sicherheit der nuklearen Endlagerung. Weitere Themen sind die Verglasung hochradioaktiver Abfälle und die Verringerung der Toxizität radioaktiver Stoffe.

### Wie funktioniert ein Leichtwasserreaktor?

#### **Zusammenhang und Information**

Ein Leichtwasserreaktor ist ein Kernkraftwerk, das mit gewöhnlichem Wasser arbeitet. Das Wasser wird zum einen als Kühlmittel gebraucht. Zum anderen bremst es die Bestandteile ab, in die die Atomkerne gespalten werden. Als Brennstoff werden bei diesem Reaktor Uran-Brennstäbe eingesetzt. Es gibt zwei Arten von Leichtwasserreaktoren: Den Druckwasserreaktor und den Siedewasserreaktor. Der hier vorgestellte High Performance Light Water Reactor (HPLWR) arbeitet – ähnlich wie der Druckwasserreaktor – mit einem Druckbehälter, heizt das Wasser aber nicht nur auf 325 Grad Celsius, sondern auf 500 Grad Celsius auf. In einem europaweiten Projekt wird erforscht, ob ein Leichtwasserreaktor realisierbar ist und ob ein solcher Reaktor in der Zukunft für die Stromerzeugung genutzt werden kann.

### **Das Exponat**

Das Exponat zeigt einen Schnitt durch einen neuartigen Kernreaktor, den High Performance Light Water Reactor. Er ist eine Weiterentwicklung bestehender, sicherer deutscher Kernreaktoren. Die Vorteile dieses Reaktors: Zum einen ist er billiger in der Herstellung als herkömmliche Reaktoren. Zum anderen hat er einen deutlich höheren Wirkungsgrad als bestehende Kernkraftwerke. Der HPLWR erzeugt aus fast dem gleichen Kernbrennstoff mehr Strom. Somit trägt er zu einer zuverlässigen Versorgung der CO<sub>2</sub>-freier Energie bei.

Das Institut für Kern- und Energietechnik des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) untersucht Machbarkeit und Sicherheit neuer Kernreaktoren, die Sicherheit bestehender Anlagen und erforscht neue Arten der Energieumwandlung wie Kernfusion oder Geothermie. Es koordiniert viele europäische Projekte zur Reaktorsicherheitsforschung.

## **Das Feuer der Sonne – Energie aus Kernfusion**

### **Das Sonnenfeuer auf die Erde holen**

#### **Zusammenhang und Information**

Ziel der Fusionsforscher ist es, eine neue umweltfreundliche Energiequelle zu erschließen: Der Brennstoffvorrat für ein Kraftwerk, das wie die Sonne Energie aus der Verschmelzung leichter Atomkerne gewinnt, wäre dann unerschöpflich. Ein Gramm Fusionsbrennstoff aus den beiden Wasserstoff-Varianten Deuterium und Tritium könnte so viel Energie liefern wie elf Tonnen Kohle. Zündtemperatur für das Fusionsfeuer sind enorme 100 Millionen Grad. Damit sich das ultradünne Gas bei Wandkontakt nicht abkühlt, muss es gelingen, den Brennstoff berührungsfrei in einen „nicht-materiellen“ Käfig aus Magnetfeldern einzuschließen. Der internationale Testreaktor ITER, der zurzeit aufgebaut wird, soll zeigen, dass sich auf diese Weise Energie gewinnen lässt.

#### **Das Exponat**

Welche Probleme müssen die Fusionsforscher auf dem Weg zu einem künftigen Fusionskraftwerk lösen? Im Fusions-Spiel kannst du einen Teil der Fragen, die sich den Forschern stellen, interaktiv kennen lernen. Probier dich doch einmal als Physiker aus: Heiz den Fusionsbrennstoff auf, bring die Atomkerne zum Verschmelzen, und errichte schließlich ein Kraftwerk. Zugegeben: Ganz einfach ist das nicht!

Das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching und Greifswald, eins der großen Fusionsforschungszentren in Europa, erarbeitet die Grundlagen für ein Fusionskraftwerk. In Garching betreibt das Institut die Großanlage ASDEX Upgrade; in Greifswald entsteht Wendelstein 7-X.

### **Kernfusion: Der interaktive Tokamak**

#### **Zusammenhang und Information**

Eines der großen Rätsel der letzten Jahrhunderte war die Frage, wie die Sonne seit mehr als vier Milliarden Jahren Riesenmengen an Energie erzeugt. Erklären ließ sich das durch Kernfusion – die Verschmelzung von Wasserstoffatomen zu Helium. Diese Energieform ist extrem ergiebig: 0,3 Gramm Brennstoff können eine Familie ein Jahr lang mit Strom versorgen. Und sie ist sicher: Es gibt keine Kettenreaktion und kaum nukleare Abfälle. Wir wollen Kernfusion deshalb zur Energieerzeugung nutzen. 2035 soll das erste Fusionskraftwerk ans Netz gehen und regenerative Energien ergänzen. Das Prinzip: In einer ringförmigen Brennkammer werden Deuterium und Tritium zu Helium verschmolzen.

Starke Magnetfelder schließen die 100 Millionen Grad heiße Plasmamaterie dabei sicher ein.

### **Das Exponat**

Dieses Exponat zeigt beispielhaft den Tokamak, das am meisten fortgeschrittene Prinzip der Kernfusion. In dem hervorragenden Glasring wurde erst ein Vakuum erzeugt. Dann wurde das Edelgas Argon eingefüllt. Mithilfe von Hochfrequenzenergie und einer verborgenen Antenne kannst du für 30 Sekunden ein Plasma erzeugen wie in einem Fusionsreaktor: Der Ring leuchtet rot auf. An seiner Innenseite sind starke Permanentmagnete angebracht. Beim Rotieren schnüren sie die Leuchterscheinung ein. Die Magnetfelder halten die Kernfusionsmaterie von den Wänden fern.

Zu den Aufgaben des Forschungszentrums Jülich, Institut für Energieforschung – Plasmaphysik, gehört die Erforschung der Kernfusion als sichere und nachhaltige Energiequelle. Wir optimieren Materialien und Konzepte zur Auskopplung der erzeugten Energie aus der Brennkammer künftiger Fusionskraftwerke.

### **Fusionsreaktoren vor militärischem Missbrauch schützen**

#### **Zusammenhang und Information**

In die Zukunftstechnologie Kernfusion werden große Hoffnungen gesetzt. Es wird allerdings noch Jahrzehnte dauern, bis Reaktoren so weit entwickelt sind, dass sie in alle Welt verkauft werden können. Viele Länder rund um den Globus haben bereits Interesse bekundet. Doch was passiert mit Fusionsreaktoren in den Händen von Machthabern, die nicht zu den „Guten“ zählen? Können Reaktoren für militärische Zwecke missbraucht werden? Könnte also neben Strom auch Spaltmaterial produziert werden, das zum Bau von Kernwaffen verwendet werden kann? Die Antwort lautet leider: Ja. Es gibt aber Wege, derartigen Missbrauch zu verhindern. Man kann etwa die Reaktoren so konstruieren und internationale Verträge schließen, dass Kontrollen leicht möglich sind.

### **Das Exponat**

Wie kann man einen Fusionsreaktor manipulieren, um neben der Stromproduktion auch waffenfähiges Spaltmaterial zu erzeugen? Wann und wo haben Staaten in der Vergangenheit zivile Nukleartechnologien für militärische Zwecke missbraucht? Wenn du den Feuerball und den Globus berührt hast, kennst du die Antworten. Anschließend kannst du in diesem Spiel selbst dafür sorgen, dass ein virtueller Fusionsreaktor vor Missbrauch geschützt wird.

Die Hessische Stiftung Friedens- und Konfliktforschung (HSFK) erforscht, wie Frieden erzielt und bewahrt werden kann. Das Forschungsprojekt zu Kernfusion und Gefahren des militärischen Missbrauchs führt die HSFK gemeinsam mit der Interdisziplinären Arbeitsgruppe Naturwissenschaft, Technik und Sicherheit (IANUS) der TU Darmstadt durch.

## **Millionen Jahre alt – Energie aus fossilen Brennstoffen**

### **Erdölförderung – so funktioniert's**

#### **Zusammenhang und Information**

Eine Öl führende Schicht besteht meist aus porösem Gestein, das Rohöl und Wasser enthält. Das Rohöl liegt hauptsächlich im oberen Bereich. Um es an die Erdoberfläche zu befördern, bohrt man von oben ins Gestein. Dann wird Wasser durch ein weiteres Bohrloch in den unteren, Wasser führenden Teil der Schicht gepumpt. So wird das Öl durch das

Bohrloch nach oben gedrückt. Am Exponat kann man beobachten, dass ein großer Teil des Öls – etwa die Hälfte – in Form von „Nestern“ im Gestein verbleibt. Ein Ziel bei der Erdölförderung ist es, die Rohölförderung in Zukunft zu verbessern und das Treibhausgas Kohlendioxid in leeren Ölfeldern zu speichern. Dazu muss man das Wechselspiel flüssiger Grenzflächen mit der Geometrie des porösen Gesteins erforschen.

### **Das Exponat**

Die poröse, Öl und Wasser führende Gesteinsschicht ist durch eine Kiesschüttung dargestellt. Das dunkle Öl schwimmt oben auf dem Wasser. Durch das Bohrturmmodell führt ein Bohrloch in Form eines Glasröhrchens von der Öl führenden Schicht bis nach oben in ein Auffanggefäß. Das Öl gelangt durch das Bohrloch nach oben bzw. fließt wieder zurück. Das runde Wassergefäß im Plexiglasturm ist über einen Schlauch mit der Kiesschüttung verbunden. Es kann senkrecht verschoben werden, wodurch der Wasserdruck im Ölreservoir gezielt verändert werden kann.

Das Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation, Göttingen, untersucht die Prinzipien der Funktionsweise komplexer Systeme. Dazu gehört auch das Wechselspiel flüssiger Grenzflächen mit komplexen Geometrien wie Öl/Wasser-Grenzflächen in porösem Gestein.

## **Kohlenstoffspeicherung – was genau ist CCS?**

### **Zusammenhang und Information**

Das Treibhausgas Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) entsteht, wenn fossile Brennstoffe wie Kohle, Erdöl oder Erdgas verbrannt werden. Es ist zum Beispiel in dem Rauch enthalten, der aus den Schornsteinen von Kohlekraftwerken und vielen Industrieanlagen austritt. Kohlendioxid gilt als Klimaschädling: Es bewirkt eine stetige Erwärmung der Erde. Forscher suchen nun nach Möglichkeiten, das  $\text{CO}_2$  von dem austretenden Rauch zu trennen und an sicheren Orten dauerhaft zu speichern. Für die Speicherung von  $\text{CO}_2$  sind poröse oder mit Salzwasser gefüllte Sandsteine geeignet, die tief unter der Erde liegen. Das wäre eine Übergangslösung für die Zeit, bis die Menschheit mehr regenerative Energien nutzt. Denn durch diese wird der Ausstoß von  $\text{CO}_2$  verringert.

### **Das Exponat**

Du findest ein Stück Sandstein im Wasser. Der Stein ist porös und hat sich mit Salzwasser vollgesogen. Mit einer Handpumpe kannst du Luft in den Stein pumpen. Du siehst, dass kleine Luftblasen aus den Poren des Sandsteins entweichen. Die Luft, die du hineingepumpt hast, hat das Salzwasser aus dem Stein verdrängt. Ähnlich verläuft die Speicherung von  $\text{CO}_2$  im Sandstein. Das  $\text{CO}_2$  wird in den Stein gepumpt. Allerdings liegt in der Natur eine undurchlässige Gesteinsschicht über dem Sandstein. Sie verhindert, dass das Treibgas nach oben steigt.

Das Helmholtz-Zentrum Potsdam – GFZ Deutsches GeoForschungsZentrum erforscht geologische, physikalische, chemische und biologische Prozesse im Erdinnern und an der Erdoberfläche. Die geologische Speicherung von  $\text{CO}_2$  erforscht das GFZ am Pilotstandort in Ketzin/Brandenburg.

## **Gashydrate aus der Tiefsee – Energiequelle der Zukunft oder Klimakiller**

### **Zusammenhang und Information**

Gashydrate sind Verbindungen aus verschiedenen Gasen und Wasser, die unter hohem Druck und bei niedriger Temperatur stabil sind. Sie kommen vor allem an den Kontinentalabhängen in einigen Hundert Metern Wassertiefe vor. Die Vorräte an Gashydraten sind größer als alle bisher bekannten Erdöl- und Erdgasvorkommen zusammengenommen. Daher könnten Gashydrate eine wichtige Energiequelle der Zukunft

sein. Leider handelt es sich aber auch bei Gashydraten um einen fossilen Rohstoff, bei dessen Verbrennung Kohlendioxid entsteht. Zudem könnte ein Herauslösen der Hydrate die Stabilität der Kontinentalabhänge beeinträchtigen und Hangrutschungen verursachen. Diese könnten wiederum Tsunamis auslösen. Deshalb wird derzeit untersucht, ob das in den Gashydraten enthaltene Methan nicht durch Kohlendioxid ersetzt werden könnte. Dies wäre umweltfreundlicher und sicherer.

### **Das Exponat**

Du kannst live verfolgen, wie im Autoklav, einem kleinen Drucklabor, Gashydrate entstehen: Sie zerfallen und bilden sich erneut. Wie das abläuft, kannst du auf dem kleineren Bildschirm beobachten. Über einen Bildschirm kannst du eine Schiffsexpedition zur Erforschung von Gashydrat-Vorkommen in der Tiefsee verfolgen. Auf dem Touchscreen findest du weiteres wissenschaftliches Hintergrundmaterial zum Thema Gashydrate.

Das Leibniz-Institut für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR) in Kiel gehört zu den europaweitführenden Einrichtungen auf dem Gebiet der Meeresforschung und zu den weltweit führenden Instituten in der Gashydratforschung. Am IFMGEOMAR werden die chemischen, physikalischen, biologischen und geologischen Prozesse im Ozean und ihre Wechselwirkung mit dem Meeresboden und der Atmosphäre untersucht.

## **Das Klimaschutzdilemma**

### **Zusammenhang und Information**

Klimapolitik und Energiepolitik sind untrennbar miteinander verbunden. Bei der Erzeugung von Energie wird in der Regel klimaschädliches Kohlendioxid freigesetzt. Bei der Verbrennung zum Beispiel von Kohle wird mehr Kohlendioxid ausgestoßen als bei der Nutzung erneuerbarer Energien oder der Kernenergie. Wenn also ein Land das Klima schützen möchte, sollte es seinen Energieverbrauch gering halten und möglichst saubere Technologien zur Energieerzeugung einsetzen. Saubere Technologien sind jedoch häufig teurer als andere. Klimaschutz kostet also Geld. Das führt zu einem Dilemma: Alle Länder wissen, dass Klimaschutz wichtig ist, aber kein Land möchte viel Geld dafür ausgeben. Jedes Land hofft, dass die anderen Länder das Klima schützen und es selbst davon profitieren kann.

### **Das Exponat**

In unserem Computerspiel wird der Spieler in die Situation eines Landes versetzt, das seine Klimapolitik festlegen muss: Soll es sein Geld für Klimaschutz ausgeben, was dann auch allen anderen Ländern zugute käme – auch solchen, die keinen oder nur wenig Klimaschutz betreiben? Oder soll es sein Geld lieber für sich behalten? Wie reagiert das Land, wenn andere Länder sich weigern, in Maßnahmen zum Klimaschutz zu investieren?

Am Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) in Mannheim werden mit Versuchspersonen Experimente durchgeführt, die diesem Computerspiel ähneln. Dabei lernen wir viel über die Verhaltensweisen und Vorlieben von Menschen in bestimmten Situationen.

## **Weltatlas fossiler Energierohstoffe**

### **Zusammenhang und Information**

Erdöl, Erdgas, Braunkohle und Steinkohle sind weltweit immer noch die wichtigsten Energieträger. Mit Ausnahme des Erdöls gibt es noch ausreichend globale Reserven an Energierohstoffen. Kohle ist der nicht-erneuerbare Energierohstoff mit den weitaus größten Vorräten. Ihr Anteil an den Reserven aller nicht-erneuerbaren Energierohstoffe beträgt etwa 55 Prozent. Es folgen Erdöl mit knapp 23 Prozent, Erdgas mit knapp 19 Prozent und die Kernbrennstoffe mit zusammen gut vier Prozent. In der gegenwärtigen Diskussion um Klima-

und Energiepolitik steht die Verfügbarkeit der nicht-erneuerbaren Energierohstoffe ganz oben auf der Tagesordnung. Dabei sind vollständige und verlässliche Daten über die Vorräte eine wichtige Planungs- und Entscheidungsgrundlage.

### **Das Exponat**

Die Software ist ein elektronischer Atlas mit verlinkten Seiten bzw. Karten. Dargestellt sind die Förderung, die Reserven und die Ressourcen von Erdöl, Erdgas, Braunkohle und Steinkohle weltweit. Reserven sind Mengen, die bereits erschlossen und nach heutiger Technik wirtschaftlich abbaubar sind. Ressourcen sind die zusätzlichen Mengen, die die strengen Bedingungen für den Abbau noch nicht erfüllen. Die Daten und Grafiken beziehen sich auf abgesicherte, aktuelle und offizielle Informationen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) ist die Institution in Deutschland, die regelmäßig einen vollständigen Datensatz über die Energievorräte jedes Landes der Welt zusammenstellt und veröffentlicht.

## **Die Energiepumpe – menschliche Leistung gegen Energierohstoffe**

### **Zusammenhang und Information**

Energierohstoffe wie Erdöl, Erdgas und Kohle sowie Kernbrennstoffe wie Uran bergen enorme Energiemengen. Weltweit sind sie immer noch die wichtigsten Energieträger. Sie liefern Strom und Wärme, dienen als Treibstoff und werden zu unzähligen Produkten weiterverarbeitet. Somit sind sie von grundlegender Bedeutung für das Funktionieren der Wirtschaft und den Erhalt unseres Lebensstandards. Den Großteil des weltweiten Energiebedarfs decken fossile Energieträger. Auch in Deutschland wird die benötigte Energie zu über 90 Prozent aus diesen Brennstoffen gewonnen. Das Vorkommen der dominierenden Energieträger Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran ist jedoch begrenzt, so dass Maßnahmen zur Sicherstellung der Energieversorgung immer wichtiger werden.

### **Das Exponat**

Mit dieser „Energiepumpe“ wird deutlich, wie hoch die „Energieleistung“ der fossilen Rohstoffe im Vergleich zu der „Energieleistung“ eines Menschen ist. So müsste ein Mensch diese Pumpe etwa einen Monat stetig betätigen um die Leistung zu erbringen, die in 200 Gramm Steinkohle, in einer Gaskartusche (190 Gramm Butangas) oder in 300 Gramm Erdöl enthalten ist. Für die Energieleistung von einem Gramm Uran müsste sogar 2,5 Jahre ununterbrochen gepumpt werden.

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) liefert der Bundesregierung Daten über die regionale und weltweite Verfügbarkeit von Energierohstoffen. So trägt sie zur Sicherung der Energieversorgung Deutschlands bei.

## **Speichern, steuern, transportieren – Energie managen**

### **Kraftwerke im Kleinen: Der optimale Betrieb einer Brennstoffzelle**

#### **Zusammenhang und Information**

Brennstoffzellen sind Kraftwerke: Sie erzeugen elektrischen Strom aus brennbarem Gas. Physikalisch ausgedrückt bedeutet das: Sie wandeln die chemisch im Brenngas gespeicherte Energie, also den Heizwert, in elektrische Energie um, also in Strom. Im Unterschied zu üblichen Kraftwerken oder Motoren arbeiten Brennstoffzellen allerdings ein

wenig cleverer: Sie nutzen elektrochemische Reaktionen und arbeiten damit effizienter. Man benötigt also für dieselbe Menge elektrischer Energie weniger Gas. Das schont unsere Ressourcen und unser Klima. Brennstoffzellen können praktisch überall eingesetzt werden: in Mobiltelefonen und Notebooks, in Fahrzeugen und in Kraftwerken. Unser Beispiel stellt eine Brennstoffzelle in einem Heizkraftwerk dar.

### **Das Exponat**

Wie kann man nun ein so komplexes Gerät wie eine Brennstoffzelle optimal betreiben? Schließlich wollen wir damit den bestmöglichen Wirkungsgrad erreichen. An einem virtuellen Brennstoffzellenkraftwerk, das ein reales Kleinkraftwerk mit einer Leistung von immerhin 300 Kilowatt widerspiegelt, kannst du selbst die entscheidenden Größen regeln, nämlich die Zufuhr von Luft und Brenngas. Aber Vorsicht! Um das Kraftwerk nicht zu beschädigen, musst du darauf achten, Überhitzungen und Unterkühlungen zu vermeiden!

Das Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme Magdeburg erforscht Verfahren der chemischen und der biologischen Prozesstechnik sowie der Systembiologie. Dazu gehören auch die Analyse, Optimierung und Steuerung von Brennstoffzellen.

### **„Aufhänger“ für das Stromnetz**

#### **Zusammenhang und Information**

Die in den Kraftwerken erzeugte elektrische Energie wird mit Hilfe von Freileitungen über weite Strecken zu den Verbrauchern transportiert. Die Leiterseile müssen isoliert an den Freileitungsmasten aufgehängt werden, um Kurzschlüsse zwischen Leiterseil und Mast zu vermeiden. Als „Aufhänger“ werden so genannte Freiluftisolatoren eingesetzt. Bisher wurden überwiegend Isolatoren aus Glas oder Keramik verwendet. Bei Leitungsmodernisierungen werden nun neue Isolatoren aus Verbundmaterialien bzw. Silikon genutzt. Die Verbundisolatoren haben große Vorteile gegenüber den traditionellen Materialien: Sie wiegen weniger. Und sie isolieren auch dann, wenn sie verschmutzt sind; daher müssen sie nicht gereinigt werden.

### **Das Exponat**

Rechts siehst du einen Freileitungsmast mit einem Leiterseil. Für den Stromtransport wird es über einen Freiluftisolator befestigt. Zur Auswahl stehen von rechts nach links: ein Keramik-Isolator, ein Glaskappen-Isolator und ein Silikon- bzw. Verbund-Isolator. Zum Vergleich siehst du ein Kabel, das ebenfalls zum Stromtransport genutzt wird. Beim Kabel ist die Isolierung direkt auf dem metallischen Leiter aufgebracht. Es eignet sich daher auch für die Verlegung im Erdreich. Solange der isolierende Mantel unbeschädigt bleibt, ist auch hier kein Kurzschluss mit dem Erdreich zu erwarten.

Das Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen der TU Braunschweig untersucht in Forschungsprojekten die Eigenschaften unterschiedlicher Isoliersysteme und deren Einbindung in Energiesysteme unter wirtschaftlich-technischen Aspekten.

### **Smart Grids: intelligente Steuerung des Stromverbrauchs**

#### **Zusammenhang und Information**

Erneuerbare Energien aus Wind und Sonnenlicht schonen die Umwelt, haben aber einen großen Nachteil: Je nach Wetterlage und Jahreszeit schwankt die Stromerzeugung stark. Haushalte und Industrie brauchen jedoch eine zuverlässige Stromversorgung, denn das Licht soll auch leuchten, wenn die Sonne nicht scheint. Dabei werden in Zukunft Energiespeicher oder Großverbraucher helfen, die etwa an windreichen Tagen Energie zwischenspeichern können. Aber auch in einem normalen Haushalt lässt sich der

Stromverbrauch in bestimmten Grenzen verschieben, zum Beispiel beim Kühlschrank oder bei der Waschmaschine. Um einen solchen „intelligenten Verbrauch“ zu ermöglichen, müssen Erzeuger, Netz und Verbraucher über Informations- und Kommunikationstechnik zu einem so genannten Smart Grid verknüpft werden.

### **Das Exponat**

Unser Stromnetz besteht aus verschiedenen Ebenen, in denen sich jeweils Erzeuger und Verbraucher tummeln. Dabei kann sich der Strom vom Erzeuger zum Verbraucher, aber auch

zwischen den Ebenen bewegen. Ziel ist es, Erzeugung und Verbrauch immer gleich zu halten, andernfalls bricht das Netz zusammen – ein so genannter Black-Out entsteht.

Am Fraunhofer-Anwendungszentrum Systemtechnik (AST), Ilmenau, entwickeln Energieforscher Lösungen für die Verknüpfung von Stromerzeugern, Netzen, Energiespeichern und Endverbrauchern zu einem intelligenten Stromnetz, dem „Smart Grid“.

## **Wie tankt mein Auto Strom? Intelligente Ladestation für Elektrofahrzeuge**

### **Zusammenhang und Information**

In nicht allzu ferner Zukunft könnten viele Haushalte auf ein Elektrofahrzeug umsteigen. Der Stromverbrauch würde zwar steigen, der Benzinverbrauch aber drastisch sinken, und die Emissionen der Verbrennungsmotoren würden entfallen. Werden erneuerbare Energien zur Stromerzeugung verwendet, kann auch der CO<sub>2</sub>-Ausstoß, der bei der Stromerzeugung entsteht, nahezu auf Null reduziert werden. Doch die Erzeugung erneuerbarer Energien hängt von Wind und Sonne in der jeweiligen Region ab: Je länger und stärker der Wind weht und je länger und intensiver die Sonne scheint, desto mehr Strom wird gewonnen. Dadurch entstehen Schwankungen bei der Einspeisung von Strom in das Netz. Sinnvoll wäre eine Lade-Technologie, die diese Schwankungen nutzen kann.

### **Das Exponat**

Die Ladestation ermöglicht das intelligente Laden von Elektrofahrzeugen. Sie optimiert die Ladezeit nach ökologischen und ökonomischen Aspekten. Das Display liefert Informationen über den Zustand der Ladestation, den Ladeverlauf und die entstehenden Kosten. Die Beladung der Fahrzeugbatterien soll mit der schwankenden Einspeisung von Strom in das Verteilnetz in Einklang gebracht werden. Gelingt dies, wird das Netz entlastet, und es können regionale, grüne Energien zur Beladung der Fahrzeuge genutzt werden.

Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg, nutzt sein systemtechnisches Wissen über die Photovoltaik für die Entwicklung der Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Stromnetz. Im Mittelpunkt steht eine Ladeinfrastruktur ausschließlich auf Basis regenerativer Energien.

## **Wie funktioniert eine Lithium-Ionen-Batterie?**

### **Zusammenhang und Information**

Batterien wandeln Energie, die bei einer chemischen Reaktion entsteht – also chemische Energie – in elektrische Energie um. Eine Batterie besteht grundsätzlich aus zwei Elektroden, einem Elektrolyten und einem äußeren Stromkreis. Die Elektroden sind durch den Elektrolyten – meist eine Ionen-leitende Flüssigkeit – voneinander getrennt. Zuerst werden an einer Elektrode durch eine chemische Teilreaktion, nämlich die Oxidation, Elektronen (e<sup>-</sup>) freigesetzt. Diese fließen durch den äußeren Stromkreis, während gleichzeitig Ionen (+) durch den Elektrolyten zur anderen Elektrode wandern. Dort findet die Reduktion statt: Die Elektronen werden aufgenommen. Wenn diese Reaktionen umkehrbar sind, kann die Umwandlung mehrfach hintereinander erfolgen. Dann spricht man von wiederaufladbaren Batterien.



### **Das Exponat**

Beim Aufladen der Lithium-Ionen (Li<sup>+</sup>)-Batterie bewegst du Li<sup>+</sup> von der LithiumCobalt-Oxid-Kathode (rechts) durch den Elektrolyten zur Grafit-Anode (links). Gleichzeitig bewegst du Elektronen (e<sup>-</sup>, gelbe Leuchtpunkte) über einen Stromkreis ebenfalls dorthin. Damit hast du eine Spannung erzeugt und die Batterie geladen. Beim Entladen wandern die Li<sup>+</sup> und e<sup>-</sup> wieder an ihren Ausgangsort zurück. Dabei liefern die Elektronen Energie an einen Verbraucher – hier als Glühbirne symbolisiert. Bekannte Verbraucher im echten Leben sind Handys, Laptops und MP3-Player.

Das Fraunhofer ISC erforscht, wie Batterien sicherer und leistungsfähiger werden können. Es entwickelt zum Beispiel einen festen Elektrolyten, der nicht auslaufen kann, sowie Materialien, die mehr Leistung und eine höhere Speicherkapazität für Ionen bieten.

## **Clever ernten – neue Wege der Energiegewinnung**

### **Thermoelektrischer Generator aus nanokristallinem Silizium**

#### **Zusammenhang und Information**

Bestimmte Materialien können aus einer Temperaturdifferenz eine Spannung erzeugen. Mithilfe dieser Technologie kann man beispielsweise die Abwärme eines Automotors dazu nutzen, die elektrischen Elemente des Autos mit Strom zu versorgen. Materialien, die für diese Technologie gut geeignet sind, sind Tellur, Blei oder Antimon. Doch sie sind teuer und giftig. Silizium dagegen ist kostengünstig, für die Massenproduktion geeignet und im Vergleich zu anderen thermoelektrischen Materialien nicht giftig. Nanostrukturiertes Silizium hat eine geringe Wärmeleitfähigkeit. So entstehen weniger Wärmeverluste und die Effizienz wird erhöht. Die hier vorgestellte Nanotechnologie kann einen großen Beitrag zur Bewältigung der kommenden Herausforderungen in der Energietechnik leisten.

#### **Das Exponat**

Die kristalline und die nanostrukturierte Siliziumprobe zeigen äußerlich keine Unterschiede in der Struktur. Wird die Wärmequelle kurzzeitig eingeschaltet, erkennt man, dass der Temperaturanstieg an der Oberfläche beider Proben unterschiedlich ist. Ursache hierfür ist die unterschiedliche Wärmeleitfähigkeit. Die Thermospannung dagegen ist an beiden Proben etwa gleich groß. Durch Auflegen einer Hand auf eine Generatorfläche wird der Unterschied zwischen Körper- und Umgebungstemperatur in elektrische Energie umgewandelt. Die Leuchtdioden fangen an zu leuchten.

CeNIDE, das Center for Nanointegration der Universität Duisburg-Essen, sucht Wege und Möglichkeiten, die Forschungsergebnisse aus dem Bereich der Nanotechnologie für die Industrie nutzbar zu machen.

### **Mit Vibrationen Stromerzeugen – energieautonome Elektronik**

#### **Zusammenhang und Information**

Micro Energy Harvesting ist eine revolutionäre Technik zur Kleinst-Energiegewinnung. Entwickelt wird sie z. B. für Temperatursensoren im Haus, Messfühler im Auto, medizinische Überwachungsgeräte oder Sensoren in Fabrikationsanlagen und in der Umweltüberwachung. Das Micro Energy Harvesting gewinnt Energie aus der Umgebung des jeweiligen Systems: aus Wärme, Licht, mechanischer Bewegung, Vibration oder chemischen Reaktionen. Mit Generatoren wird daraus elektrische Energie gewonnen, in einem

Zwischenspeicher gesammelt und für den Betrieb kleiner Systeme verwendet. Kabelsysteme oder Batterien werden nicht mehr benötigt.

### **Das Exponat**

Dieses Exponat ist ein Beispiel für Micro Energy Harvesting. Der Kompressor erzeugt die Energie für einen drahtlosen Temperatursensor, der seine Motortemperatur misst. Nach dem Einschalten fängt der Kompressor an zu vibrieren. Unter seinem Fuß liegt ein scheibenförmiger Generator. Er wandelt die Vibrationen des Kompressors in elektrische Energie um. Die Energie wird in einem Speicher gesammelt. Sobald eine bestimmte elektrische Spannung erreicht ist, schaltet sich der Temperatursensor ein. Er sendet die gemessenen Daten per Funk an eine Empfangsstation. Nach dem Abschalten verbraucht der Temperatursensor die gespeicherte Energie. Er schaltet sich nach kurzer Zeit wieder aus.

Am Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK) der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg wird Micro Energy Harvesting wissenschaftlich erforscht und in praxisnahe Lösungen übertragen. Dies geschieht u. a. in einem großen Forschungsprojekt, das von der DFG finanziert wird.

## **Intelligent sparen – effiziente Energienutzung**

### **Sparsame Elektronik aus organischen Materialien**

#### **Zusammenhang und Information**

Neue Ideen für sparsame und leistungsfähige Licht- und Energiequellen sind heute sehr gefragt, denn der Energieverbrauch steigt stetig und die Rohstoffe gehen zur Neige. Als spannendes Konzept haben sich organische Halbleiter-Bauelemente wie organische Leuchtdioden (OLED) oder organische Solarzellen (OSZ) erwiesen. Sie bestehen hauptsächlich aus Kohlenwasserstoffverbindungen. Solche Verbindungen kommen in ähnlicher Weise auch in Plastiktüten oder als Farbstoffe in Lacken vor. Die organischen Halbleiter-Bauelemente werden aus Schichten aufgebaut, die ungefähr hundertmal dünner sind als ein Haar. Sie sind sehr energieeffizient und lassen sich zu vergleichsweise geringen Kosten in vielen Farben und Formen herstellen.

#### **Das Exponat**

Tagsüber transparente, nachts leuchtende Fensterscheiben, leuchtende Tapeten und Fliesen oder durchsichtige Displays? Organische Leuchtdioden eröffnen viele faszinierende und neue Anwendungsfelder. Da organische Farbstoffe im Prinzip für jede Farbe hergestellt werden können, ist ein großes Farbspektrum für OLED möglich. Das Exponat zeigt, wie OLED in verschiedenen Farbvarianten bekannte Dresdner Bauwerke beleuchten. Den benötigten Strom liefern neuartige organische Solarzellen, die in Zusammenarbeit mit der Firma heliatek GmbH hergestellt wurden.

Das Institut für Angewandte Photophysik der TU Dresden erforscht die physikalischen Eigenschaften organischer Moleküle und deren Einsatz in organischen Halbleiter-Bauelementen. Es hat bereits Weltrekorde für Effizienzen und Lebensdauern aufgestellt.

## Doppelte Energienutzung für Strom und Wärme

### **Zusammenhang und Information**

Energie sollte möglichst sparsam verbraucht werden. Eine Möglichkeit zum Sparen bei der Stromerzeugung ist die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Im großen Kessel eines Kraftwerks verbrennt z. B. Kohle oder Gas und erhitzt Wasser, bis es zu Dampf wird. Der Dampf treibt eine Turbine an, die zusammen mit einem Generator den Strom erzeugt. Wenn der Dampf wieder aus der Turbine austritt, ist er immer noch recht heiß. Und jetzt wird es spannend: Die Kraft-Wärme-Kopplung nutzt diesen Dampf noch weiter für Heizung und warmes Wasser. So entstehen aus der gleichen Brennstoffmenge gleichzeitig Strom und Wärme. Ohne diese Technik geht die Wärme nutzlos in Kühltürme; für Heizung und Warmwasser muss zusätzlicher Brennstoff verbraucht werden.

### **Das Exponat**

Wer einfach nur am Rad dreht und Strom erzeugt, stellt fest: Licht und Fernseher funktionieren, aber Heizung und Dusche bleiben kalt. Stattdessen wandert die Wärme des Strom erzeugenden Dampfes ungenutzt in den Kühlturm. Für Dusche und Heizung muss man zusätzlich Energie pumpen. Wer jedoch Kraft und Wärme mit dem Fußschalter koppelt, bekommt aus seinem Turbinen-Rad in einem Dreh alles zusammen: Licht, Fernsehen, Heizung und eine warme Dusche. Aus eins mach zwei – so lautet das Motto der Kraft-Wärme-Kopplung.

Das Institut für Energietechnik an der Fakultät Maschinenwesen der TU Dresden bildet einen Lehr- und Forschungsschwerpunkt in Deutschland. Mit acht Professuren forscht es an der sicheren, sauberen und wettbewerbsfähigen Energieversorgung der Zukunft.

## Magnesium – neue Materialien für den Leichtbau

### **Zusammenhang und Information**

Je leichter ein Auto ist, desto weniger Sprit verbraucht es und desto geringer ist der Schadstoffausstoß. Faustformel: 100 Kilogramm weniger Gewicht sparen rund einen Viertel Liter Kraftstoff auf 100 Kilometer. Bisher spielte Stahl im Automobilbau die wichtigste Rolle. Durch die Energiekrise und das veränderte ökologische Bewusstsein gewinnen die Leichtmetalle Magnesium und Aluminium an Bedeutung, wobei Magnesium um rund ein Drittel leichter ist als Aluminium. In heute gebauten Automobilen werden zum Teil bereits bis zu 40 Kilogramm Magnesium verarbeitet. Mithilfe der Elektrolyse lassen sich aus einem Kubikmeter Meerwasser rund drei Kilogramm metallisches Magnesium gewinnen. Damit gehört das Element zu den am häufigsten vorkommenden Metallen auf der Erde.

### **Das Exponat**

Entscheidender Vorteil des Werkstoffs Magnesium ist sein geringes spezifisches Gewicht im Vergleich zu Aluminium oder Stahl. Magnesium wird heute in vielen Bereichen der Automobilindustrie verarbeitet: Es findet sich in Lenkrädern und Armaturenbrettern, im Motorenbereich und im Sitz. Autos mit Magnesium-Teilen sind leichter und verbrauchen weniger Sprit. Folglich entsteht beim Fahren weniger klimaschädliches CO<sub>2</sub>. Die Grafik veranschaulicht den Zusammenhang von Spritverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emission bei sinkendem Gewicht eines Autos.

Am GKSS-Forschungszentrum Geesthacht sind rund 800 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den Bereichen Materialforschung und Küstenforschung tätig. Sie tragen zur Entwicklung von Technologien für Mobilität und Energie bei, die Klima und Umwelt schonen.

## Energetische Sanierung von Gebäuden

### **Zusammenhang und Information**

Ein Drittel der in Deutschland bereitgestellten Energie wird in privaten Wohngebäuden verbraucht. Dabei geht viel wertvolle Energie ungenutzt verloren. Beispielsweise wenn Gebäude schlecht wärmegeklämt sind oder die Haustechnik veraltet ist. Besonders die vielen älteren Gebäude sind für einen Großteil des gesamten Energieverbrauchs verantwortlich. Durch Sanierung der Gebäude kann dieser Energieverbrauch deutlich verringert werden. Ziel des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik ist es, innovative Konzepte zur Energieeinsparung für Mehrfamilienhäuser zu entwickeln. Zu diesen Konzepten gehören zum Beispiel: wärmedämmende Fassaden und Dächer, Verteilsysteme für Heizung und Warmwasser, Solaranlagen, Anlagen für Kühlung, Lüftung und für ein gutes Raumklima. Alle diese Vorrichtungen sollten möglichst in vorgefertigte Bauelemente eingebaut werden. So wird die Umwelt geschont und die Wohngesundheit und die Behaglichkeit in den Gebäuden werden verbessert.

### **Das Exponat**

Der rote Teil stellt den unsanierten Zustand des Gebäudes dar. Der blaue Teil zeigt zum einen die vollständige Umbauung der „Kühlrippe“ Balkon und zum anderen großformatige Fassadenelemente. Diese Elemente sind zum Teil bereits montiert, teilweise befinden sie sich noch in der Montagephase. Im Dachmodul werden Anlagenkomponenten wie Wärmeerzeuger und zentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung untergebracht. Die Versorgungsleitungen zu den einzelnen Räumen führen von oben nach unten und sind in den vorgefertigten Fassadenelementen untergebracht.

Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP in Kassel befasst sich mit Forschung, Entwicklung, Prüfung, Demonstration und Beratung auf den Gebieten der Bauphysik. Es entwickelt zahlreiche Maßnahmen für unterschiedlichste Aspekte des umweltgerechten Wohnungsbaus.

## Glasur aus Metall –Energieeinsparung bei der Hartverchromung

### **Zusammenhang und Information**

Bei einem galvanischen Verfahren wird die Oberfläche eines Gegenstandes mit Metall beschichtet. Der Gegenstand wird in ein elektrolytisches Bad eingetaucht. Das ist ein Bad mit einer Flüssigkeit, die Strom leiten kann. Das Bad hat einen Plus- und einen Minuspol. Am Pluspol befindet sich meist das Metall, mit dem der Gegenstand beschichtet werden soll. Das kann Nickel, Kupfer oder ein Edelmetall sein. Der elektrische Strom, der durch das Bad fließt, löst feinste Teilchen des Metalls ab und lagert sie auf dem Gegenstand an. Je höher der elektrische Strom ist und je länger der Gegenstand im Bad liegt, desto dicker wird der Belag. Desto höher ist aber auch der Stromverbrauch. Galvanische Verfahren verbrauchen teilweise sehr viel Energie.

### **Das Exponat**

Galvanische Verfahren erfordern immer präzisere werkstofftechnische und geometrische Eigenschaften. Die Technologien, die bei der Galvanisierung angewendet werden, müssen gewährleisten, dass das Verfahren sicher und reproduzierbar ist, also immer wieder angewendet werden kann. Der Film zeigt, wie ein galvanisches Verfahren abläuft. Außerdem erfährst du interessante Dinge über die Maßnahmen, die mit dem Ziel umgesetzt wurden, Energie einzusparen.

Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart, verfolgt bei der Anwendung galvanischer Verfahren die gesamte Kette der Erkenntnisse und Erfahrungen aus Forschung und Entwicklung und entwickelt damit immer bessere Technologien.