

Baustelle Energie Auf dem Weg zu smarten Energiesystemen gibt es kein Patentrezept, aber ein klares Ziel
Das Sonnendorf Die Bewohner von Rettenbach im Allgäu versorgen sich mit Strom aus eigener Produktion
Die dunkle Seite der Natur Naturstoffe sind nicht weniger gefährlich als chemisch synthetisierte Substanzen

KULTUR & TECHNIK



Die Energiedebatte

Die Energiewende ist längst beschlossen.
Gestritten wird um das Wie und Wann.



**Liebe Leserin,
lieber Leser,**

das Deutsche Museum macht sich derzeit nicht nur baulich fit für die kommenden hundert Jahre. Auch inhaltlich setzen wir auf neue Präsentationsformen und kontrovers diskutierte Themen. Nach dem Anthropozän haben wir uns jetzt die Energiewende vorgenommen. Der Abschied von der Nutzung fossiler Energieträger hat in Deutschland mit der Jahrtausendwende begonnen. An den technischen Voraussetzungen dafür arbeiten Wissenschaftler und Techniker schon seit Jahrhunderten. Dabei geht es vor allem darum, die durch Sonne, Wind und Wasser produzierte Energie möglichst effektiv »einzusammeln«, zu verteilen und zu speichern. Die zentralen Handlungsfelder, neueste Techniken und internationale Zusammenhänge werden in der Sonderausstellung »energie.wenden« thematisiert. *Kultur & Technik* wirft ergänzend einen Blick auf die gesellschaftlichen Herausforderungen, Fragen und Perspektiven, die mit dem Umbau unserer Energiewirtschaft einhergehen. Der Begleitkatalog zur Ausstellung enthält vertiefende Texte namhafter Wissenschaftler und Akteure der Energiewende.

So wichtig solche aktuellen Projekte für uns sind – der Blick auf die Geschichte und ihre Artefakte darf nicht zu kurz kommen, ist er doch unverzichtbar, um Gegenwart zu verstehen und Zukunft gestalten zu können. So war es für mich eine besondere Freude, als ich für das Deutsche

Museum im November 2016 die legendäre Barkhausen-Kurz-Röhre entgegennehmen durfte. Auf verschlungenen Wegen gelangte dieses einzigartige Exponat während des Zweiten Weltkriegs über Italien, Spanien, Brasilien und Argentinien nach Japan und fand nun den Weg in die Ausstellung zur Museumsgeschichte.

Ebenso spannend ist die Geschichte von Ernst Mach und seinem Sohn Ludwig: Anlässlich des 100. Todesjahres von Ernst Mach erzählt eine Sonderausstellung von der wechselhaften und auch komplizierten Zusammenarbeit der beiden Forscher. All dies und mehr finden Sie in dieser Ausgabe von *Kultur & Technik*, bei deren Lektüre ich Ihnen viel Vergnügen wünsche.

Im Namen aller Mitarbeiter des Deutschen Museums bedanke ich mich bei Ihnen für Ihre Treue und Verbundenheit und wünsche Ihnen alles Gute für das neue Jahr 2017.

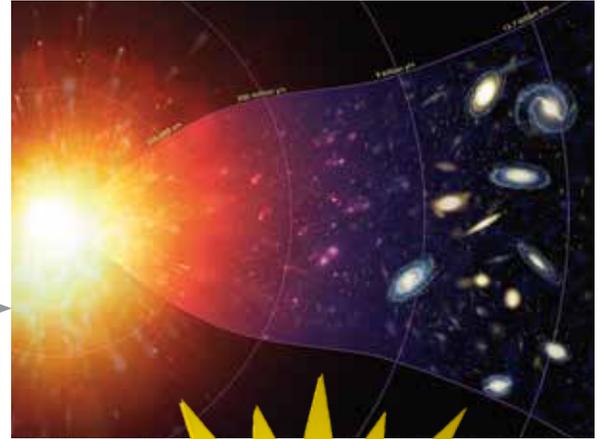
Es grüßt Sie herzlich Ihr

Professor Dr. Wolfgang M. Heckl

Richtigstellung einer fehlerhaften Bildunterschrift in 4/2016, S. 23: Die Bildunterschrift beschreibt das Ptolemäische Zeiss-Planetarium, das über die Projektion von Lichtpunkten an eine Kuppel funktioniert. Im Bild ist aber das Kopernikanische Zeiss-Planetarium zu sehen. Details dazu finden Sie auf der Website www.deutsches-museum.de/sammlungen/meisterwerke/meisterwerke-i/planetarium/



6
Eine rasante Karriere hat der Begriff »Energie« in den vergangenen hundert Jahren gemacht.



12
Seit mindestens 13,8 Milliarden Jahren wird Energie von einer Form in die andere umgewandelt.



18
Auf dem Weg zur smarten Energie gibt es keine Patentrezepte, aber ein klares Ziel.



22
Die Bürger im Sonnendorf Rettenbach erzeugen ihre Energie selber.



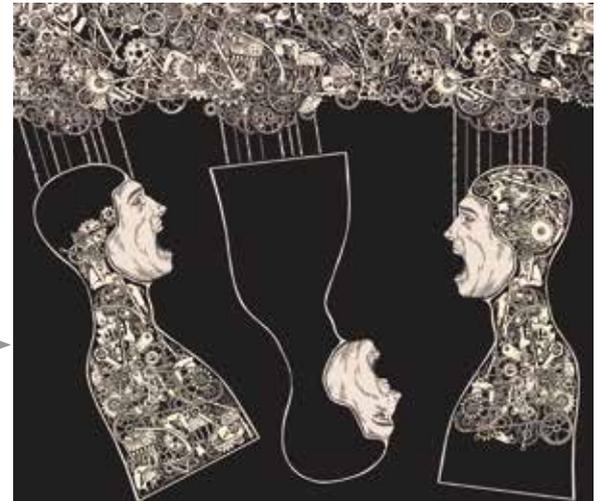
32
Deutschland gilt Befürworter erneuerbarer Energien in den USA als Vorzeigeland. Das Bild zeigt eine umstrittene Frackingbohrung.



36
Am 15. Februar 2017 eröffnet die neue Ausstellung »energie.wenden«.



44
Viele Extrakte aus Pflanzen enthalten schädliche Stoffe.



50
Ein Essay über autonome Maschinen und Moral.

DIE ENERGIEDEBATTE

- 6** **Eine steile Karriere**
Zur Geschichte des Begriffs »Energie« | **Von Ernst Peter Fischer**
- 12** **Die Grenzen der Unendlichkeit**
Ein Streifzug durch die Geschichte der Energie |
Von Sabrina Landes und Mehran Abjar
- 18** **Baustelle Energie 2.0**
Eine Zusammenstellung aktueller Trends | **Von Andreas Beuthner**
- 22** **Das Sonnendorf**
In Rettenbach hat die Energiewende schon begonnen | **Von Christian Rauch**
- 28** **Mit gutem Beispiel vorangehen**
Nachgefragt: Politiker des Bayerischen Landtags | **Von Christian Rauch**
- 32** **Vom Bohren dicker Bretter**
Besuch bei einem Politikberater | **Von Sabrina Landes**
- 36** **Bitte wenden!**
Ein Blick in die Ausstellung »energie.wenden« | **Von Sarah Kellberg**
-

MAGAZIN

- 44** **Die dunkle Seite der Natur**
Gefahrstoffe in Pflanzenextrakten | **Von Ursula Klaschka**
- 50** **Wenn Maschinen moralisch werden**
Ein Essay | **Von Eduard Kaeser**
- 54** **Neues aus dem Deutschen Museum**
Sonderausstellung »Licht und Schatten«
Neu erschienen: Preprint 11
In 99 Jahren um die Welt
Der Blaue Planet ist bunt
8 Objekte, 8 Museen
Ein Flipper zum Jubiläum
- 62** **Freundes- und Förderkreis Deutsches Museum**
Eine Reise zu Leonardo da Vincis Nachfolgern | **Von Monika Czernin**
-

STANDARD

- 3** **Editorial**
- 40** **MikroMakro**
Die Seiten für junge Leser
- 64** **Schlusspunkt**
- 66** **Vorschau, Impressum**

Eine steile Karriere



Einmal ersonnen, fristete der Begriff »Energie« jahrhundertlang ein Schattendasein. Heute ist er in aller Munde. Die Geschichte einer erstaunlichen Laufbahn.

Von Ernst Peter Fischer

Energie« nannte Aristoteles (384–322 v. u. Z.) eine Art Wirkkraft, die aus dem, was möglich ist (dynamis), das hervorbringt, was es wirklich gibt. Der griechische Philosoph stellte sich vor, dass es neben dem, was ist – dem Seienden –, und dem, was nicht ist – dem Nichtseienden –, noch etwas Drittes gebe, nämlich das, was möglich ist und durch den Einsatz von Energie Wirklichkeit werden kann.

Ein Wort kommt in die Welt

Jahrhundertlang fristete der Begriff ein Schattendasein in philosophischen Zirkeln. Erst im Zuge der Aufklärung schaffte er es in den allgemeinen Sprachgebrauch. Um 1800 suchte der englische Physiker Thomas Young (1773–1829) nach einem Unterscheidungsmerkmal zwischen Kraft und Arbeit und griff dabei auf den Ausdruck von Aristoteles zurück. Es dauerte allerdings noch bis in die 1840er Jahre, bevor das Wort Energie zum ersten Mal in einem Konversationslexikon auftauchte.

Die Energie
des Geistes ist
die Essenz des
Lebens.

Aristoteles
384–322 v. u. Z.
Philosoph

Zum Weiterlesen

Jürgen Osterhammel,
Die Verwandlung der Welt,
München 2009.

Hermann von Helmholtz (1821–1894), der 1847 seinen heute als zentral und wegweisend gefeierten Satz von der Erhaltung der Energie formulierte, kam zunächst noch ohne das Wort aus. Stattdessen sprach er von einer »Erhaltung der Kraft«. Doch schon bald wurde die Kraft durch »Energie« ersetzt und man begann, »Energie als einen wichtigen Faktor der materiellen Geschichte« zu betrachten, wie Jürgen Osterhammel es in seiner Darstellung dieser Epoche ausdrückt. Mit ihrer Schubkraft gelingt den Menschen *Die Verwandlung der Welt*, wie der Buchtitel zusammenfasst. Osterhammel schildert, wie Energie »zu einem Leitmotiv des ganzen Jahrhunderts« wird. Längst sind wir davon überzeugt, dass die Zukunft der Menschheit von der Verfügbarkeit der Energie abhängt. Staaten und ihre wirtschaftende Bevölkerung setzen mittlerweile Unmengen an Energie ein. Sie konkurrieren im Wettlauf um Ressourcen und Lagerstätten von Kohle, Gas und Öl.



Unzerstörbar und nicht erneuerbar

Für das Verständnis der Energie gibt es natürlich die einfache Vorgabe der Physik aus dem frühen 19. Jahrhundert, die in der Schule unterrichtet wird und die sich auch Soziologen und Ökonomen rasch zu eigen gemacht haben, als sie im Gefolge der Ölkrise von 1973 zum ersten Mal bemerkten, dass Energie von politischer Relevanz ist und auch sie mit ihren Autos oder Kühlschränken Energie »verbrauchen«, wie man bis heute sagt und damit meint, dass Menschen der ihnen verfügbaren und gelieferten Energie eine geeignete Form geben, um sie nutzen und für bestimmte Aufgaben einsetzen zu können. »Verbrauchen« klingt allerdings nach »Verschwinden«, und genau dies kann die Energie nicht. Sie kann – und das sagt der Energieerhaltungssatz von Helmholtz aus – weder erzeugt noch vernichtet, sondern nur umgewandelt werden, und zwar von einer Form in eine andere.

Anders ausgedrückt, Energie ist weder zerstör- noch erneuerbar, auch wenn viele das Zweite gerne hätten. Die Wissenschaft kann diesen Sachverhalt sogar seit etwa hundert Jahren sauber beweisen. Seit 1973 wird über den Energiebegriff in der Öffentlichkeit diskutiert, den Physiker und Ingenieure in der frühen Phase der Industrialisierung – also zweihundert Jahre vorher – definierten als die

Energie ist die
Wirkkraft,
durch die
Mögliche in
Seiendes
übergeht.

Aristoteles

Fähigkeit einer Maschine, Arbeit zu verrichten. Aus Sicht der Technik ist dies eine durchaus nützliche Vorgabe, da sie den zuständigen Ingenieuren und Unternehmern erlaubt, Wirkungsgrade von Apparaten zu berechnen und zu verbessern, um immer mehr Maschinen für immer mehr Menschen mit ihren ständig steigenden Bedürfnissen arbeiten zu lassen.

Die Energie der Seele

Dieser eher profane Anwendungsbereich des Begriffs »Energie« ist jedoch nur ein Aspekt der Idee von Aristoteles. Eine weitere Dimension brachten die ersten Psychoanalytiker, unter anderem auch Sigmund Freud (1856–1939) ins Spiel. Sie versuchten, die Seele des Menschen mit Hilfe der Physik zu verstehen und dabei einen Erhaltungssatz für die dem Menschen innewohnende Energie zu finden, so wie man ihn für die Materie schon kannte. Heute zögert niemand, von seiner psychischen Energie zu sprechen, und während diese Zeilen geschrieben werden, trifft die Einladung zu einem Seminar ein, in dem es um »Energetische Körperarbeit« geht und Teilnehmern gegen eine erstaunliche Gebühr erläutert werden soll, wie Menschen ihr Leben in »einen lebendigen Fluss von Energie« verwandeln können.



Meiner Idee nach
ist Energie
die erste und
einzige Tugend
des Menschen.

Alexander
von Humboldt
1769–1859
Naturforscher

Auch diese Art von »Energie« ist heute Thema in zahllosen Büchern und Beiträgen zur Lebenshilfe und Gesundheit. Gibt es Verbindungen zwischen einer »Seelenenergie« und der Maschinenkraft? Gibt es Überschneidungen zwischen den Ansätzen der Physiker und Ingenieure und jenen der Psychotherapie?

Sattelzeit und Romantik

Energie als physikalische Größe wurde eingeführt und wissenschaftlich verstanden in einer Epoche, die von Historikern auch als »Sattelzeit« bezeichnet wird. Sie meinen damit die Jahre zwischen 1770 und 1830, als sich der Übergang von der Frühen Neuzeit zur Moderne und mit ihm ein demografischer Wandel vollzog. Die Menschheit überschritt zum ersten Mal die Milliardengrenze, es kam zur Herausbildung neuer Konsumformen und zu einer neuen Mobilität, indem bislang ausschließlich mit Muskelkraft betriebene Gefährte etwa von Eisenbahnen und Dampfschiffen abgelöst werden, die auf andere Weise mit Energie ausgestattet werden müssen als die organischen Muskeln. Beginnend etwa um das Jahr 1820 herum wurden diese neuen Maschinen zunächst vor allem mit Kohle angetrieben. 1859 dann ließ eine erste erfolgreiche Bohrung das schwarze Gold an die Erdoberfläche sprudeln, durch das in den folgenden Jahrhunderten in einigen Erdregionen superreiche Staaten entstanden, das aber auch weltweit Ölpreiskrisen und Ölkriege zur Folge hatte und im politischen und ökonomischen Kalkül nach wie vor eine herausragende Rolle spielt.

Die »Energie« im wissenschaftlich-technischen Sinn verdankt der Sattelzeit dennoch nur teilweise ihren späteren Erfolg. Weite Verbreitung fand das Konzept der Energie zunächst durch eine andere Entwicklung, die zeitlich mit der Sattelzeit fast zusammenfällt. Literatur- und Kunsthistoriker charakterisieren die Jahre zwischen 1770 und 1830 als Epoche der Romantik. Sie vertreten die Ansicht, dass die Energie ihre erstaunliche Popularität der auf den ersten Blick merkwürdigen Tatsache verdankt, dass sie neben der technischen zugleich über eine zweite (kulturelle) Seite verfügt, nämlich über eine romantische.

Als Ausgangspunkt kann die Ein- und Ansicht des britischen Physikers Michael Faraday (1791–1867) angeführt

werden, der in den Jahren der romantischen Sattelzeit oder der aufsattelnden Romantik auf die Idee kam, Licht, Elektrizität, Magnetismus und Wärme als wesensgleich anzusehen. Ihm verdankt die Wissenschaft die Präzisierung des Gedankens, dass es eine Größe, ein Etwas geben muss, das als Einheit zu der Vielfalt der genannten und erfahrbaren Phänomene gehört und zu ihnen hinführt. Dies kann zum Beispiel die Energie sein, die auch als das Gemeinsame von zahlreichen Erscheinungsformen zu verstehen ist, die ineinander zu verwandeln sind – die kinetische, die potenzielle, die thermische, die elektrische oder die chemische und alle anderen, die »Energie« heißen und heutigen Konsumenten frei Haus geliefert werden.

Für Denker der romantischen Periode gehört es zu den Grundgegebenheiten, dass die erlebte Wirklichkeit ihre Dynamik (Bewegung) aus einem einheitlichen Prinzip bezieht, in dem sich die Polaritäten der Realität – das Sichtbare und das Unsichtbare, das Bewusste und das Unbewusste, der Tag mit seiner Vernunft und die Nacht mit ihren Träumen – zusammenfinden und sich daraus entfalten. Solch ein kaum mit Händen zu greifender Ursprung der Wirklichkeit wird in der Sprache um 1800 als »Urphänomen« bezeichnet. Die Romantiker glaubten an solch eine (verborgene) Möglichkeit, die ihnen spannender als die (zugängliche) Wirklichkeit schien, weil aus ihr heraus die in der Natur variabel vorhandenen Phänomene ihre aktuelle Wirklichkeit erlangen können. Das Urphänomen ist ein kreatives Prinzip der Natur, die sich dauernd neu erschaffen muss und nur dadurch existiert. Es gibt nur Bewegung, und zwar vermöge der Energie, die allem Geschehen als Urphänomen angehört und die Wirklichkeiten hervorbringt, die Menschen erleben, nicht zuletzt ihre eigene Existenz, die sie problemlos als »lebendigen Fluss von Energie« verstehen könnten.

Energie und Zeit

Vermutlich ist die Energie auch deshalb in aller Munde, weil sie zwei Seiten hat: einerseits die Fähigkeit zur realen Arbeit, andererseits gilt sie als Basis aller Möglichkeiten, die es jedem erlauben, sein Leben kreativ zu entwerfen. Menschen brauchen beide Formen der Energie. Es ist deshalb ein Glück, dass zumindest die physikalische Energie



Physik des 19. Jahrhunderts bestimmt hat – dieser fundamentale Hauptsatz der Wärmelehre lässt sich mit dem Noether-Theorem als Konsequenz einer ästhetischen Qualität ableiten. Er ergibt sich als Folge einer Symmetrie, als Resultat der Homogenität der Zeit, und man darf ruhig darüber staunen.

Heilsbotschaften und mehr

Es lohnt offenbar, sich über die Energie zu wundern, und einer, der dies schon früh getan hat, war Max Planck (1858–1947). In seinen *Persönlichen Erinnerungen aus alten Zeiten* erzählt der große Mann, wie ihm als Schüler das Prinzip von der Erhaltung der Energie als ein Gesetz vorgestellt wurde, »das unabhängig vom Menschen eine absolute Geltung besitzt«, weshalb er es »wie eine Heilsbotschaft« in sich aufnahm. Planck ist unvergesslich geblieben, wie sein Physiklehrer den Energiesatz veranschaulicht hat, am Beispiel eines Maurers, der »einen schweren Ziegelstein mühsam auf das Dach eines Hauses hinaufschleppt« und ihm somit das verleiht, was ein Physiker potenzielle Energie nennt, die auch als Lageenergie bezeichnet wird. Diese Energie geht nicht verloren, wie der Lehrer dem Schüler Planck versicherte, der sich merkte, dass die Energie des Steins dort oben auf dem Dach »unversehrt aufgespeichert, jahrelang« bleibt, so lange, bis der Stein sich eines Tages lösen, seine Lageenergie in Bewegungsenergie (kinetische Energie) umwandeln und auf die Straße fallen würde, wo er in der Folge andere Wirkungen hervorriefe, die sich leicht ausmalen lassen. Auch wenn der Ziegelstein dabei zerstört wird, bleibt seine Energie unzerstörbar.

Während die wunderliche Energie Planck ermutigte, Physiker zu werden, erlaubte die unfassbare Größe es einem anderen Giganten der Wissenschaft, zu ganz neuen Ufern aufzubrechen. Gemeint ist Werner Heisenberg (1901–1976), der seinen Ruhm damit begründete, dass es ihm in jungen Jahren als erstem Wissenschaftler gelang, eine neue Form der Physik für den Bereich der Atome zu entwerfen, die heute als Quantenmechanik bekannt ist und unsere Gegenwart stärker bestimmt, als viele Zeitgenossen ahnen. Ohne die Quantenmechanik gäbe es keine Transistoren und damit keine Chips und all die informationsverarbeitenden Geräte, die unter anderem als PC,

unzerstörbar ist, wie es der Satz von ihrer Erhaltung verspricht, der zudem eine besondere Qualität aufweist. Er gilt nämlich nicht bloß aufgrund empirischer Untersuchungen, wie sie etwa durch sorgfältige Bestimmungen eines mechanischen Wärmeäquivalents zustande kommen. In dem Satz von der Erhaltung der Energie offenbart sich vielmehr ein tiefer Zusammenhang zwischen zwei Grundgrößen der Physik und der Welt, nämlich eine Verbindung zwischen Energie und Zeit.

Deren Verknüpfung ist her- und vorgestellt worden in den Jahren des Ersten Weltkriegs durch die Erlanger Mathematikerin Emmy Noether (1882–1935). Die Fachwelt spricht seitdem vom Noether-Theorem, das zum ersten Mal in ihrer Habilitationsschrift publiziert worden ist. Die Arbeit trägt den knappen Titel *Invariante Variationsprobleme*, und in ihr wird etwas Wunderbares bewiesen. Es wird ein Zusammenhang hergestellt zwischen der Symmetrie eines mathematisch formulierten Naturgesetzes und der Erhaltung einer physikalischen Größe, die darin vorkommt. Emmy Noether konnte zeigen, dass die Invarianz eines Naturgesetzes mit der Konstanz einer Naturerscheinung einhergeht.

Um dies erfassen zu können, muss man sich zuerst verdeutlichen, dass Symmetrie und Invarianz denselben Tatbestand ansprechen. Wenn zum Beispiel ein Gegenstand spiegelsymmetrisch ist, kann man dies auch dadurch ausdrücken, dass man sagt, der Gegenstand bleibt unverändert (invariant), wenn man ihn spiegelt. Er ist also invariant gegenüber der Operation der Spiegelung.

Die schlichte Tatsache, dass das Ergebnis eines Experiments sich nicht ändert, wenn man seine Anfangszeit verschiebt, kann man auch so formulieren, dass die Gesetze der Physik invariant gegenüber einer Zeitverschiebung (Translation) sein müssen. Das Noether-Theorem sagt jetzt voraus, dass unter dieser Bedingung der Zeittranslationsinvarianz eine physikalische Gegebenheit konstant sein muss, und wenn die dazugehörige Mathematik sorgfältig ausgeführt wird, stellt sich heraus, dass es sich bei dieser Größe um die Energie handelt.

Der Satz von der Erhaltung der Energie, der zuvor unendlich mühsam durch Experimente und Messungen zu beweisen war, der dann aber als markanter Eckstein die

Energie kann nicht erzeugt, sondern nur von der einen Form in die andere umgewandelt werden.

Julius Robert von Mayer
(1814–1878)
Arzt

iPhone, Handy und Navigator benutzt werden und ohne die sich viele Menschen kein Leben mehr vorstellen können.

Die dank der Quantenmechanik herstellbaren Produkte machen längst einen Großteil des Umsatzes der globalen Wirtschaft aus, weil Heisenberg der entscheidende kreative Schritt hin zu der merkwürdigen Theorie der Atome durch ein Festhalten an dem Konzept der Energie und ihrer Erhaltung gelungen ist. Er beschreibt die dazugehörigen erstaunlichen Bemühungen in seiner Autobiografie *Der Teil und das Ganze*, wobei man sich klarmachen muss, dass Heisenberg bei seiner inneren Reise in den Bereich der Atome ein ihm völlig unbekanntes Neuland anvisierte und dazu irgendeinen Halt suchte.

Er fand ihn in einer ihm bis dahin eher ungewohnten mathematischen Sprache, mit deren Hilfe er sich daran machte, »den Energiesatz in ihr nachzuweisen«, wie Heisenberg in seinen Erinnerungen schreibt. Dazu entwirft er, was er eine »Energietabelle« nennt, konstruiert eine »Energiamatrix«, und erst als sich bei all dem atemlosen und wagemutigen Tun der Energiesatz »in allen Gliedern als gültig erwies«, konnte Heisenberg endlich »an der mathematischen Widerspruchsfreiheit und Geschlossenheit der damit angedeuteten Quantenmechanik nicht mehr zweifeln«. Er machte seinen Mitmenschen damit das größte Geschenk, auch wenn viele das bis heute nicht bemerkt haben oder übersehen wollen.

Mit anderen Worten: Es war das persönliche Vertrauen in die Erhaltung der Energie, mit dem sich der Weg in die Moderne finden und öffnen ließ, wobei anzumerken ist, dass Heisenberg dieses mutige Festhalten in einer Zeit exerzierte, als andere große Physiker wie etwa Niels Bohr überlegten, ob es im atomaren Bereich in bestimmten Fällen – beispielsweise bei radioaktivem Beta-Zerfall – nicht möglich sein könnte, dass der Energiesatz vorübergehend außer Kraft gesetzt sein könnte.

Heisenbergs starke Affinität zur Erhaltung der Energie kann man ebenso wie Plancks Einstufung der antiken Wirkkraft als heilige Größe wahrscheinlich am besten verstehen, wenn man die Energie nicht nur als Urphänomen begreift, sondern sie auch als Vorstellung im kollektiven Bewusstsein der Menschen ansiedelt, sie als Archetypus



Zu jeder kontinuierlichen Symmetrie eines physikalischen Systems gehört eine Erhaltungsgröße.

Emmy Noether
(1882–1935)
Mathematikerin

versteht – eine Ansicht, die zum Beispiel Wolfgang Pauli in seinem Briefwechsel mit dem Psychologen C. G. Jung vertritt, in dem auch das Atom als archetypisch eingeordnet wird. Und tatsächlich benutzt die Menschheit diesen Begriff immer noch, obwohl längst klar ist, dass Atome alles Mögliche sind, nur nicht so unteilbar, wie es ihr Name behauptet.

Erneuerbare Energien und die Wenden

Keine Frage, die Energie gehört zur Sphäre der Kultur. Sie tummelt sich aber auch im Bereich der Technik, und auf letzteren Aspekt konzentriert sich die Aufmerksamkeit der Politik, die den Menschen – den Wählern – etwas verspricht, was es genau genommen nicht gibt, nämlich »erneuerbare« Energien. Was es gibt und was gemeint ist, das sind regenerative Quellen für die Energieversorgung, wie beispielsweise Sonne, Wind oder Wasser. Jene, die die Zukunft der Energieversorgung mit Hilfe dieser regenerativen Ressourcen bewältigen möchten, versuchen eine Energiewende durchzusetzen. Gemeint ist damit unter anderem ein Wechsel bei den primären Energieträgern: Statt der fossilen Brennstoffe und der gefürchteten Atome mit ihrer Kernenergie sollen »erneuerbare« Quellen die Versorgung der Bürger mit Strom oder Wärme sicherstellen. Energiewende beinhaltet darüberhinaus aber auch den Wechsel von einer angebots- zu einer nachfrageorientierten Energiepolitik. Vor der Frage nach dem Preis soll die Frage nach der Qualität der Energieform stehen, etwa nach dem Einfluss, den ihr Einsatz auf das Klima (Treibhausgas) oder die Luft in den Städten hat.

»Energiewende« beinhaltet schließlich auch die Abkehr von einer zentralistischen Energieversorgung durch große Unternehmen hin zu einer dezentralen Organisation der Energieumwandlung durch regionale Betreiber. Und damit hat diese Wende durchaus nicht nur politische, sondern auch persönliche Konsequenzen. Angestrebt wird der Übergang von einem bislang gewohnten großzügigen und unbeschränkten Energiekonsum (Energieeinsatz) hin zu einer verbesserten Effizienz oder gar Sparsamkeit etwa bei der Nutzung von Elektrizität oder Wärme in den eigenen vier Wänden oder beim Verbrauch von Treibstoff durch das geliebte Auto.



Energie ist ewige
Freude.

William Blake
(1757–1827)
Dichter und Maler

Mit anderen Worten, die Energiewende ist eine große Herausforderung für eine demokratische Gesellschaft, und sie hat auch eine »hässliche Seite«, wie der Physiker Konrad Kleinknecht (*1940) es einmal ausgedrückt hat. Er macht sich Sorgen um die Gewährleistung der Sicherheit der Energieversorgung, ein Aspekt, der von den Initiatoren der Energiewende und deren Unterstützern gerne ausgespart wird, wenn sie als Säulen zukünftiger Energiepolitik Umweltfreundlichkeit, Sozialverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit festlegen. Leicht wird die Energiewende also nicht, aber nötig bleibt sie trotzdem.

Zum Ende

Energie geht den Dingen und den Menschen voraus, die sie erfassen und sie verwenden wollen. Energie bringt Leben hervor, das wiederum Energie hervorbringt, und so wird und bleibt dieses Urphänomen unzerstörbar, solange es Menschen gibt und von der Energie leben, die es von allem Anfang an gegeben haben muss. Die Finsternis, die der Bibel zufolge über der Urflut lag, bevor Gott Licht werden ließ, muss diese Energie gewesen sein. Ohne sie ist keine Welt denkbar.

Wer in diesen wendigen und windigen Zeiten fragt, »Was bleibt?«, findet die Antwort in der Energie, die unzerstörbar ist, obwohl man unentwegt Wendungen mit ihr vollzieht und sie den Menschen in immer neuen Formen anbietet. Auch wenn sich die Energie durch innere Zwänge oder äußere Maßnahmen wandelt, die Welt kann nicht ohne sie sein und die Menschen können nicht von ihr lassen. Sie leben durch und mit der Energie, in Kultur und Technik. Sie gehört zu ihnen und bleibt schon allein deswegen in aller Munde. ■■



DER AUTOR

Prof. Ernst Peter Fischer
hat Mathematik, Physik und Biologie studiert.
Zahlreiche Veröffentlichungen als Wissenschaftshistoriker und Wissenschaftspublizist u. a. für GEO, FAZ oder Weltwoche.



Salem | Kolleg

Orientierungsjahr mit Studium
Generale, Outdoor Education und
Persönlichkeitsentwicklung.



Das Salem Kolleg bereitet Abiturienten in drei Trimestern auf ihre akademische und berufliche Zukunft vor. Junge Dozenten geben im Studium Generale Einblicke in die Natur-, Geistes- und Gesellschaftswissenschaften und führen in die Arbeitsmethoden ein. Beim gemeinschaftlichen Leben auf dem Campus am Bodensee und dem begleitenden „Outdoor Leadership Training“ geht es auch darum, die eigene Persönlichkeit weiter zu entwickeln und gemeinsam mit Anderen Herausforderungen zu meistern.

In selbst gewählten, ergänzenden Vorlesungen an der Universität und Hochschule Konstanz wird der Studienalltag greifbar. Blockseminare zu verschiedenen Themen sowie Kurse im Bereich Theater, Musik, Sprachen und Sport ergänzen das umfangreiche Angebot, das auch eine Forschungsreise zum Projekt „Soziale Wirklichkeit Europa“ beinhaltet. Anhand von individuellen Potenzialanalysen und Beratungsgesprächen lernen die Kollegiaten ihre Stärken und Begabungen noch besser kennen und sind anschließend befähigt, eine fundierte Studienwahl zu treffen.

Abitur,
und
dann?



Fordern Sie jetzt kostenlos unsere ausführliche Broschüre an!
info@salemkolleg.de oder Tel. 07553 919-615.

www.salemkolleg.de

Erleben. Verstehen. Entscheiden.

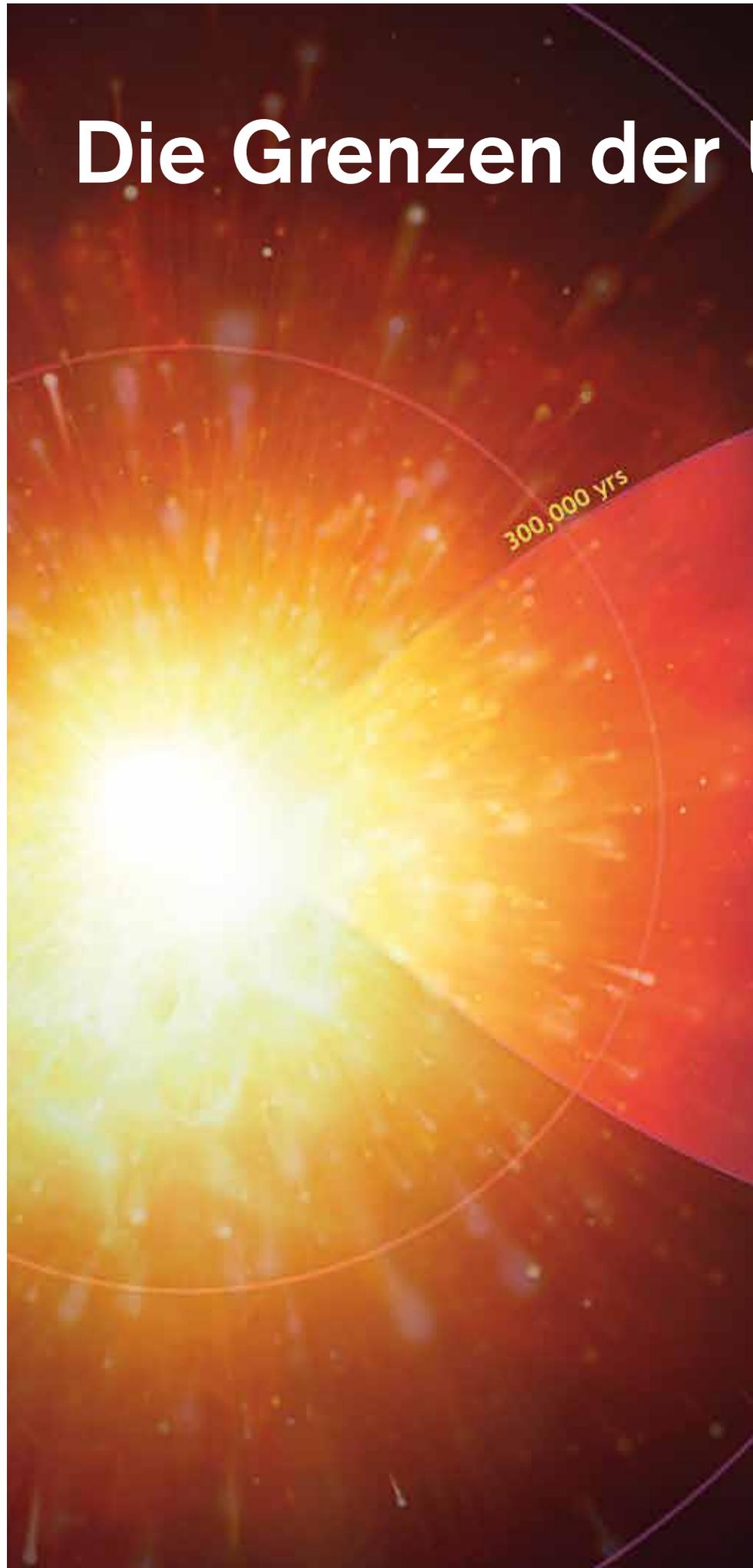
Die Entstehung des Universums vor etwa 13,8 Milliarden Jahren markiert den Beginn von Zeit und Raum. Seither wird Energie von einer Form in eine andere umgewandelt. Müssen wir davon nicht mehr als genug haben? Allein die Sonne strahlt jeden Tag mehr als das Zehntausendfache der Energie ab, die wir als Menschen heute brauchen.

Von Sabrina Landes, Grafik: Mehran Abjar

Der Haken an der Sache: Energie begegnet uns in unterschiedlichen Formen, von denen nicht jede für jedweden Zweck geeignet ist. Alle Lebewesen sind daher gezwungen, sich vorhandene Energieressourcen so zu erschließen, dass sie ihnen das Überleben sichern. Die ersten Menschen waren – nach heutigen Maßstäben – recht bescheiden. Sie nutzten die in Pflanzen und Tieren gespeicherte Energie. Kaum beherrschten sie das Feuer, wurden sie anspruchsvoller. Sie begannen, Nahrungsmittel zu kochen und damit verdaulicher zu machen, wärmten sich am Feuer oder vertrieben damit wilde Tiere. Im Laufe der Zeit verfeinerten sie die Methoden der Nahrungsmittelgewinnung. Sie entdeckten die Vorteile der Landwirtschaft, bauten immer größere Siedlungen, führten Kriege, schlossen Frieden. Die Ansprüche wuchsen weiter, und heute verbraucht der moderne Mensch bekanntermaßen die vorhandenen Ressourcen in beängstigendem Maße und beeinflusst damit – quasi nebenbei – auch noch das Weltklima. In gewisser Weise sägen wir in den industrialisierten Ländern also seit knapp 200 Jahren an dem Ast, auf dem die gesamte Menschheit sitzt. Die Erkenntnis darüber dringt seit den 1970er Jahren allmählich in unser aller Bewusstsein.

Die folgende Zeitachse zeigt ohne Anspruch auf Vollständigkeit einige markante Stationen der Energiegewinnung und -nutzung von den Anfängen der Welt bis heute und will damit das Nachdenken über die unermüdliche Weltbewegerin »Energie« anregen.

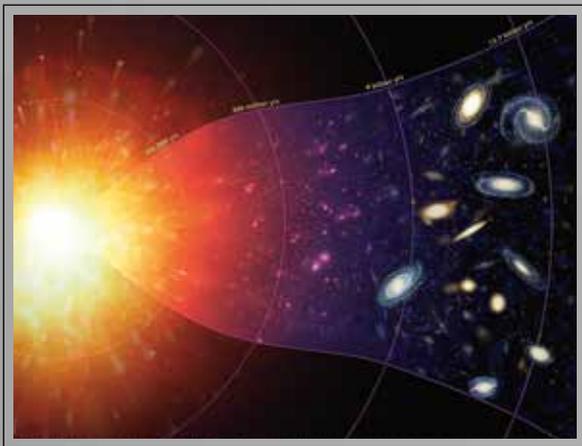
Die Grenzen der



Unendlichkeit

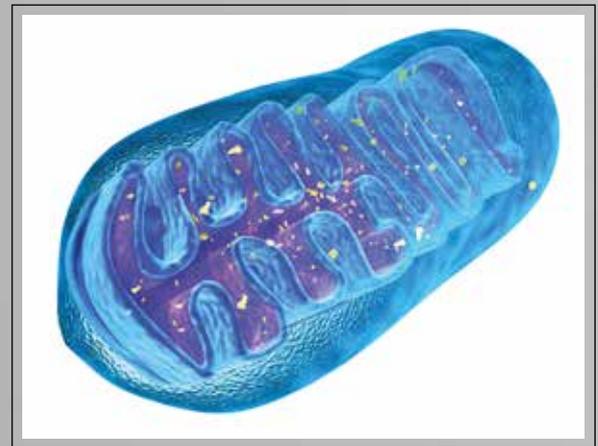


Die Grafik illustriert eine derzeit gängige Vorstellung von der Entstehung des Universums, die als Ausgangspunkt einen »Big Bang« vor 13,8 Milliarden Jahren annimmt.

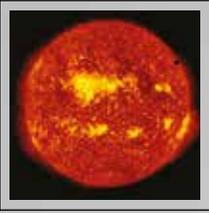


URKNALL
 vor 13,8 Milliarden Jahren
 Auf kleinstem Raum komprimierte Materie und Energie beginnt, sich schlagartig auszubreiten. Georges Lemaître (1894–1966) formulierte als Erster die These, das Universum sei aus einer Art Explosion entstanden und dehne sich seither ins Unendliche aus.

ERDE
 vor 4,6 Milliarden Jahren
 Aus dem Teil einer kosmischen Materiewolke könnte sich unser Sonnensystem entwickelt haben. Rund um unseren Fixstern bewegen sich seither neun Planeten nebst Tausenden von Meteoriten, Asteroiden, Kometen und jeder Menge Staub.



ZELLE
 vor 3,5 Milliarden Jahren
 Organische Bausteine als Grundelemente des Lebens könnten sich bereits bei der Entstehung des Sonnensystems gebildet haben. Ungefähr eine Milliarde Jahre später entstanden die ersten elementaren Organismen. Kraftwerke der Zelle sind die Mitochondrien (im Bild oben). Sie verwandeln die aufgenommene Nahrung in Energie.



SONNE

Die Sonne bezieht ihre Energie aus der Umwandlung von Wasserstoff zu Helium. In ihrem Inneren herrschen Temperaturen von 15 Millionen Grad Celsius. Die für uns sichtbare Oberfläche der Sonne, die Photosphäre, ist durchschnittlich 6000 Grad heiß.



OZEANE

Zwei Drittel des Planeten Erde sind von Wasser bedeckt. In Wechselwirkung mit der Sonneneinstrahlung bestimmen die Ozeane das globale Windsystem. Winde sind Ursache von Wasserwellen, die Energie über große Entfernungen transportieren. Die Rotation der Erde sowie die Anziehungskraft des Mondes sind weitere Kräfte, die die Bewegung der Ozeane beeinflussen.



In Meilern wird Holzkohle hergestellt. Damit lassen sich die notwendigen hohen Temperaturen zur Erzschnmelze erzeugen.



FEUER



PFEIL + BOGEN



HOLZKOHLE

vor 500 000 Jahren

Der Homo erectus erlernt die Nutzung des Feuers. Bei Grabungen in den Höhlen von Zhoukoudian nahe Peking fand man Reste von Knochen und Asche aus Feuerstellen, die mindestens eine halbe Million Jahre alt sind.

vor 30 000 Jahren

Die ersten Jäger hetzten ihre Jagdbeute so lange, bis sie erschöpft zusammenbrach. Eine extrem energieaufwendige Methode. Mit der Entwicklung effektiverer Jagdwaffen konnte der Energieaufwand deutlich reduziert werden. Ein entscheidender Schritt war die Entwicklung von Pfeil und Bogen in der Altsteinzeit.

2000 v. u. Z.

350 v. u. Z.
Aristoteles (384–322 v. u. Z.) prägt den Begriff: »energeia«.

300 v. u. Z.

Archimedes (287–212 v. u. Z.) beschreibt die Wasserschraube zum Antrieb von Radschöpfwerken.

10 000 v. u. Z.

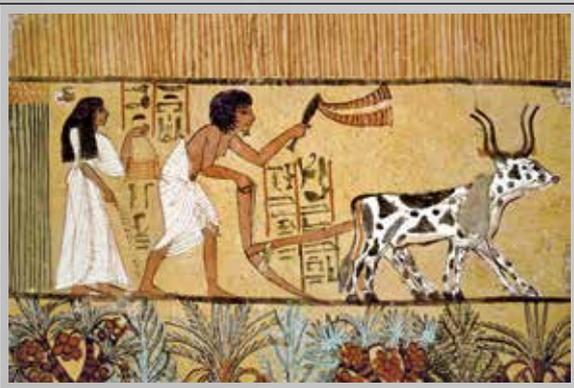
Schafe, Ziegen, Rinder und Schweine werden als Nutztiere gehalten. Die Menschen erschließen sich damit neue Nahrungs- und Energiequellen.

50 u. Z.

Der Mathematiker Heron von Alexandria (gest. ca. im Jahr 70 u. Z.) entwickelt ein Windrad, einen windgetriebenen Blasebalg für Orgelpfeifen und beschreibt die Dampfkugel.

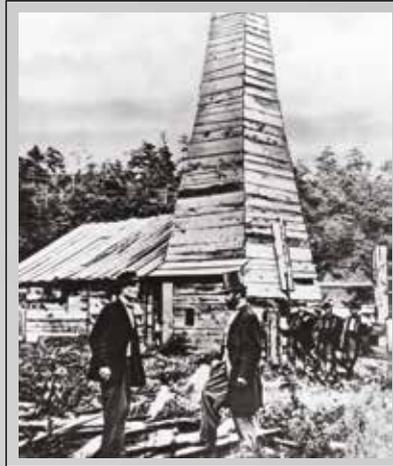
5000 v. u. Z.

In Mesopotamien wird das Wasserrad erfunden.

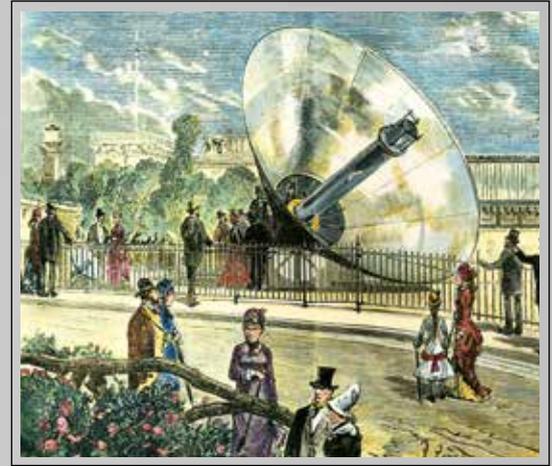


13 000 v. u. Z.

Die ersten Menschen werden sesshaft und beginnen Landwirtschaft zu betreiben.



1859
Edwin L. Drake (1819–1880) stößt am Oil Creek in Titusville (USA) auf Erdöl. Damit beginnt der Aufstieg der USA zur bedeutendsten Erdölförderung der Erde.



1878
Auf der Pariser Weltausstellung wird eine Sonnenkraftmaschine gezeigt.



WIND + WASSER

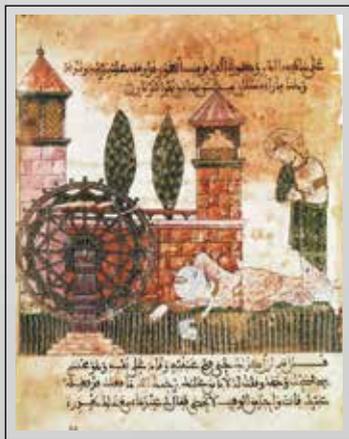


STEINKOHLE



ERDÖL

800



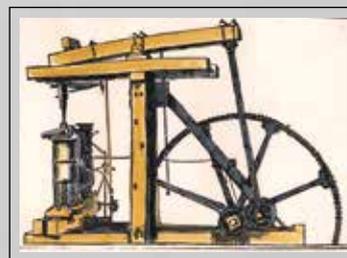
In Persien bewegen Wind- und Wassermühlen Mahl- und Schöpf-, Hammer- und Sägewerke.

1300

Auf der Suche nach neuen Energiequellen wird die Steinkohle gefunden.

1713

Der sächsische Kammer- und Bergrat Hans Carl von Carlowitz prägt den Nachhaltigkeitsbegriff in der Forstwirtschaft.



1765
James Watt (1736–1819) erfindet die direkt wirkende Niederdruck-Dampfmaschine, die zu einem entscheidenden Meilenstein der Industrialisierung werden wird.

1859

1866

Werner von Siemens (1816–1892) nutzt das dynamo-elektrische Prinzip. Damit kann elektrische Energie in großen Mengen wirtschaftlich zur Verfügung gestellt werden.

1882

In New York geht das erste öffentliche Elektrizitätswerk der Welt in Betrieb.

1891

Die erste Drehstromleitung von Lauffen am Neckar nach Frankfurt (175 km) beweist, dass Elektroenergie wirtschaftlich über weite Strecken transportiert werden kann.

1926

Erste 220-kV-Freileitung Europas von Vorarlberg nach Köln.

1973

Die OPEC-Staaten drosseln die Erdölfördermengen als Reaktion auf die proisraelische Haltung westlicher Staaten im Jom-Kippur-Krieg. Es kommt zur Öl(preis)- und in der Folge zur Wirtschaftskrise.



1938
Lise Meitner (1878–1968) und Otto Hahn (1879–1968) entdecken die Atomspaltung.



1. November 1952
Die USA zünden die erste Wasserstoffbombe auf der Insel Elugelab im Eniwetok-Atoll (Pazifik). Die Insel gab es danach nicht mehr. Auch die umliegenden Inseln waren weitgehend zerstört. Ein halbes Jahr später folgt der Wasserstoffbombentest der Sowjetunion.



1956
Das weltweit erste kommerzielle Kernkraftwerk geht in Sellafield/USA in Betrieb.



26. April 1986
Im Reaktorblock 4 des Kernkraftwerks Tschernobyl kommt es nach einer Explosion zur Nuklearkatastrophe mit europaweiten Auswirkungen.

Tiswgb/Rance tidal power plant/wikimedia.org; SZ-Photo



ATOMENERGIE

August 1945
Abwurf der Atombomben auf Hiroshima und Nagasaki

1972
Der Club of Rome veröffentlicht die Studie *The Limits to Growth* und regt damit weltweite Diskussionen über die Zukunft der Ressourcen und der Industriegesellschaft an.



ERNEUERBARE ENERGIE



1966
An der Mündung der Rance in Frankreich wird ein Gezeitenkraftwerk eröffnet.



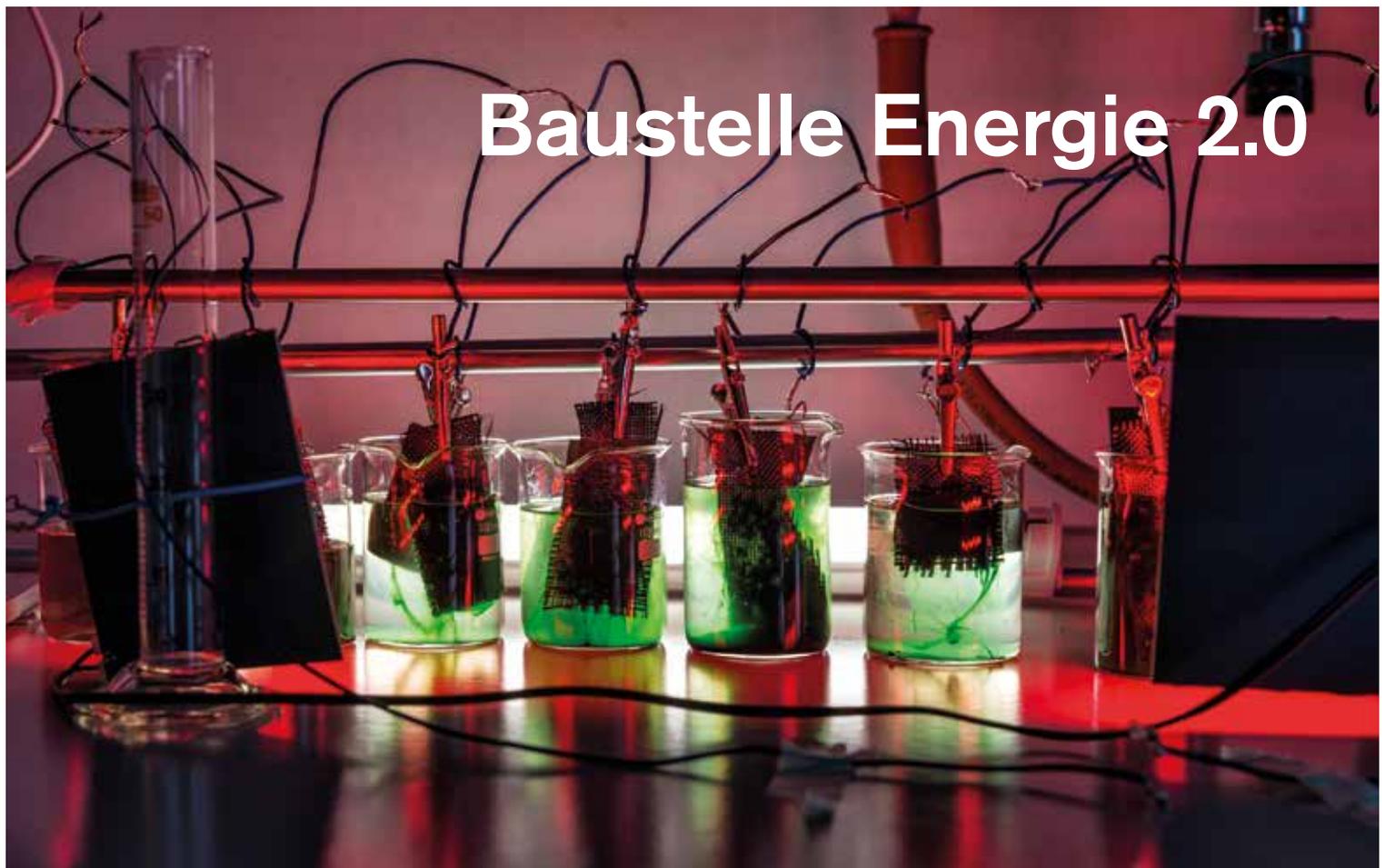
2000
Der Deutsche Bundestag beschließt das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).



2016
Das kalifornische Kraftwerk Ivanpah ist derzeit das größte thermische Solarturmkraftwerk weltweit.

Abbildungen: akg-images/Maurice Babey (1); dpa-Fotoreport; Popperfoto/Getty Images; picture alliance/dpa; AFP/Getty Images;

Auf dem Weg zu smarten Energiesystemen gibt es kein Patentrezept, aber ein klares Ziel: Wind- und Solarkraft treten an die Stelle herkömmlicher Energieträger wie Erdöl, Gas, Kohle oder Atom. Was das genau bedeutet, ist nicht immer klar ersichtlich. Eine Zusammenstellung aktueller Trends und Antworten. Von Andreas Beuthner



Manche erinnern sich beim Stichwort Energie an zwei Lehrsätze aus dem Physikunterricht: Energie ist die Fähigkeit eines Körpers, Arbeit zu verrichten, und die Gesamtenergie bleibt in einem abgeschlossenen System immer erhalten. Während im ersten Fall schnell Verständnis aufkam, galt der sogenannte Energieerhaltungssatz als etwas sperrig. Geschichtsbewusste Physiklehrer holten dann einen Ahnherrn ihrer Disziplin, Hermann von Helmholtz, zu Hilfe. Der vielseitige Naturwissenschaftler formulierte vor gut 160 Jahren, dass Energie weder erzeugt noch vernichtet werden kann, sie kann nur von einer Form in andere Formen umgewandelt werden – eine Frage von intelligenter Technik und der Bereitschaft zu investieren.

Mit dieser frappierend einfachen Botschaft ist das Thema Energie allerdings nicht abgehakt. Die Vielzahl der Energieformen und ihre Wandlungsfähigkeit sind Zündstoff für kontroverse Diskussionen, vor allem, wenn es um eine zukunftsfähige Energieversorgung, technische Optionen und Handlungsalternativen geht. Spätestens seit den Pariser Klimabeschlüssen vom Dezember 2015 ist es amtlich: 195 Staaten wollen der globalen Erderwärmung mit neuen und klimaneutralen Versorgungssystemen entgegenzutreten. Das Ziel: radikal reduzierte Emissionen von Treibhausgasen für eine kohlenstoffarme Weltwirtschaft.

Das hört sich gut an, doch was steckt dahinter? Schließlich zielt das politische Versprechen auf den kompletten

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), Department Solare Materialien, arbeiten daran, mit Hilfe von Sonnenlicht und Cyanobakterien Strom und andere Energieträger zu gewinnen.

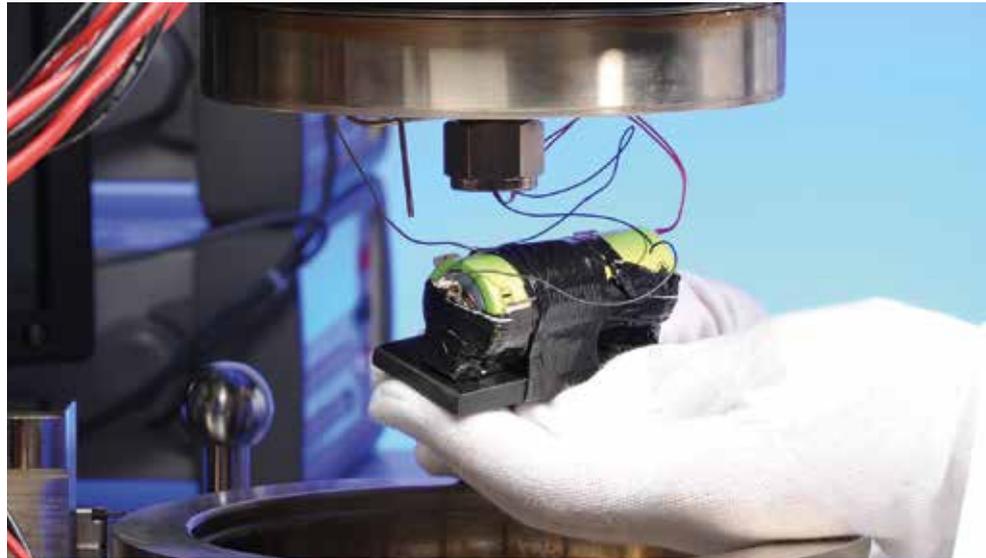
Umbau der bisherigen Energiebewirtschaftung in nahezu allen Staaten der Erde. Die Fachwelt spricht von einer Transformation der Energieversorgung hin zu einem klimafreundlichen, risikoarmen, zuverlässigen und bezahlbaren Energiesystem. Es geht um Strom, Wärme und Mobilität. Ein erster Wendepunkt hierzulande fand mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) aus dem Jahr 2001 statt und förderte den Ausbau von Wind-, Solar- und Bioenergie. Von einer Energiewende 2.0 spricht man seit dem Beschluss zum Atomausstieg in Deutschland aus dem Jahr 2011. Im Zentrum der Bemühungen stehen regenerative Energien verbunden mit klaren Klima- und Energiewendeziele.

Was ist »regenerative« Energie?

Grundsätzlich lässt sich Energie weder vermehren, noch geht sie verloren. Hingegen kommt Energie in verschiedenen Formen vor. Gebraucht wird überwiegend mechanische und elektrische Energie. Entweder als Strom für Geräte, Fahrzeuge und Beleuchtung oder als Wärme zum Beheizen von Gebäuden und für industrielle oder chemische Verfahren. Im Fahrzeugbereich dominieren nach wie vor Verbrennungsmotoren, die mit mineralöhlhaltigem Kraftstoff betrieben werden. Biotreibstoffe sind in Fachkreisen wegen zunehmender Konflikte um Anbauflächen und Rodungen von Regenwäldern in die Kritik geraten.

In Deutschland und vielen anderen Ländern gehören Erdöl, Erdgas und Kohle zu den wichtigsten Energieträgern. Seit langem ist bekannt, dass diese Energieträger in einem überschaubaren Zeitraum nicht neu entstehen, sondern ihr Zustandekommen vor Jahrtausenden unter ganz speziellen, geologischen Bedingungen stattfand. Ein lang zurückliegendes Ereignis, daher die Bezeichnung fossile Energieträger. Anders ausgedrückt: Die fossilen Brennstoffe regenerieren sich nicht. Einmal aus dem Boden geholt, sind sie nach ihrem Gang durch Kraftwerk, Motor oder Heizkessel verbraucht, die darin enthaltene Energie umgewandelt.

Ganz anders ist es bei Energieträgern wie Wind, Wasser und Sonnenstrahlung. Auch die in Holz oder Biomasse, Gezeiten und Erdwärme gebundene Energie steht unerschöpflich zur Verfügung. Wälder lassen sich aufforsten,



Batterieforscher am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Technische Thermodynamik, entwickeln und testen Lithium-Ionen-Batterien für die E-Mobilität von morgen.

die Sonne geht täglich auf und Wind bläst aufgrund von Druckunterschieden der Luft, die durch Sonneneinstrahlung verursacht werden. Die Umwandlung in nutzbare Energieformen wie Strom oder Wärme setzt kein Kohlendioxid frei. Man nennt sie erneuerbare Energieträger oder regenerative Energieträger, da die darin gespeicherte Energie immer zur Verfügung steht, wenn auch in unterschiedlichen Maßen. Bei Solar- und Windenergie kommt es auf Wetter und Standort an, nachwachsende Rohstoffe brauchen riesige Anbauflächen. Das Dilemma der regenerativen Energien: Wind- und Solaranlagen liefern unregelmäßig Strom und Wärme.

Ist ein massiver Einsatz erneuerbarer Energiequellen sinnvoll?

Die Fachwelt ist sich einig: Ein nachhaltiges System der Energieversorgung beruht auf der Verwendung von regenerativen Energiequellen. Völlig unklar sind derzeit jedoch zwei Fragen: Kann regenerative Energie überhaupt den Gesamtbedarf an Strom, Wärme und Treibstoff zuverlässig abdecken und wie hoch sind die Umbaukosten der Energiesysteme?

Der Energieverbrauch in Deutschland ist gewaltig. Im Jahr 2015 erreichte er nach vorläufigen Berechnungen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen eine Höhe von



Mit Hilfe eines »Rotating Shadowband Irradiometer« misst ein DLR-Wissenschaftler die direkte Sonnenstrahlung, um herauszufinden, an welchen Orten sich Solartechnik lohnt.



Im spanischen Granada entstanden zwischen 2008 und 2011 drei thermische Solarkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 150 Megawatt. Zum Vergleich: Das Walchensee-Kraftwerk liefert 124 Megawatt, das Münchner Heizkraftwerk Süd 698 Megawatt.

13 306 Petajoule (PJ) oder umgerechnet 369 Terawattstunden (TWh). Das entspricht einem Anstieg gegenüber dem Vorjahr um 1,1 Prozent. Die Bruttostromerzeugung erreichte im selben Zeitraum 645,6 TWh. Zum Nachrechnen: 3,6 Petajoule entspricht einer Terawattstunde oder einer Milliarde Kilowattstunden (kWh) elektrische Leistung.

Photovoltaikanlagen speisten laut den Energy Charts des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) im Jahr 2015 etwa 37 Terawattstunden in das öffentliche Netz ein. Gemeinsam produzierten Solar- und Windenergieanlagen im Jahr 2015 etwa 122 Terawattstunden. In Summe kamen im Jahr 2015 etwa 190 Terawattstunden durch erneuerbare Energiequellen wie Solar, Wind, Wasser und Biomasse zusammen. Ihr Anteil an der öffentlichen Stromerzeugung erreichte etwa 35 Prozent. Das ist beachtlich, deckt aber trotz Milliardeninvestitionen nur zu einem Drittel den Bedarf.

Zwar lässt sich die installierte Leistung der Wind- und Photovoltaikanlagen weiter erhöhen, doch Versorgungsengpässe sind nicht ausgeschlossen: Spitzenlasten im Netz beispielsweise gibt es meist in der Mitte des Tages. Nachts entfallen die Solarmodule. Außerdem produzieren Windräder in küstennahen Gegenden wesentlich mehr Strom als Anlagen im windärmeren Süden. Selbst wenn es gelingt, Fluktuationen bei der Energiegewinnung besser auszugleichen, müssen ausreichend Reservekapazitäten vorhanden sein, die das Gleichgewicht von Produktion und Verbrauch im Stromnetz aufrechterhalten.

Die Förderung von regenerativem Strom treibt die Umbaukosten nach oben. Die Gesamtkosten der Energiewende allein im Strombereich belaufen sich nach Angaben des Düsseldorfer Instituts für Wettbewerbsökonomie (DICE)

auf über 520 Milliarden Euro bis zum Jahr 2025. Der größte Kostenanteil entfällt auf die Umlageförderung der Erneuerbaren Energien (EEG-Umlage) und beläuft sich laut DICE-Gutachten auf insgesamt rund 408 Milliarden Euro. Der notwendige Ausbau der Strom- und Verteilernetze schlägt mit geschätzten 55,3 Milliarden Euro zu Buche.

Warum ist eine Dekarbonisierung so wichtig?

Der Weltklimarat Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) hat im November 2014 seinen Abschlussbericht vorgelegt und auf eine tiefgreifende und irreversible Veränderung des Erdklimas hingewiesen. Nur eine Reduzierung des Ausstoßes von Treibhausgasen um 40 bis 70 Prozent zwischen 2010 und 2050 und auf null Prozent bis 2100 kann den Klimaforschern zufolge die Zunahme extremer Wetterphänomene wie Stürme, Hitzeperioden und Überschwemmungen eindämmen. Ein wichtiger Klimakiller ist Kohlendioxid, das die Atmosphäre anreichert und zur Erwärmung beiträgt.

Der Begriff Karbon steht für ein erdgeschichtliches Zeitalter, das etwa vor 359 Millionen Jahren begann und vor etwa 298,9 Millionen Jahren endete. Das Wort leitet sich von dem lateinischen »carbo« ab und bedeutet Kohle. In jener Zeit entwickelten sich aus gesteinsbildenden Organismen, Flechten und Bäumen die großen Kohleflöze im subtropischen Europa sowie Öl- und Gasfelder in anderen Teilen der Erde. Die in Kohle sowie in Erdöl und Erdgas gebundene chemische Energie beruht auf deren Kohlenwasserstoffgehalt. Beim Verbrennen fossiler Brennstoffe wird Energie in Form von Wärme sowie klimaschädlichem Kohlendioxid – neben Stickstoffoxiden und Feinstaub – freigesetzt. Die Krux: Je mehr verbrannt wird, desto größer wird der als Treibhausgas bekannte CO₂-Anteil in der Atmosphäre. Klimaschützer sprechen von Nicht-Kreislauf-CO₂, da ein Großteil davon von der Natur nicht wieder aufgenommen wird.

Was passiert auf der Stromautobahn?

Der Ausbau der erneuerbaren Energien und das Abschalten zentraler Kohle- und Kernkraftwerke setzt die herkömmlichen Verteilernetze unter Druck. Um das Potenzial der regenerativen Stromerzeugung im vollen Umfang zu



nutzen, muss man Angebot und Nachfrage besser aufeinander abstimmen. Statt weniger großer Kraftwerke erzeugen Tausende von Kleinanlagen Energie von der Photovoltaikanlage auf dem Hausdach bis zur Wärmepumpe. Damit immer genügend Strom und Wärme zur Verfügung steht, ist ein ausgeklügeltes Einspeise- und Lastmanagement samt Netzreserve notwendig.

Herkömmliche Übertragungs- und Verteilnetze sind für schwankende Strommengen, die von Wind und Wetter abhängen, nicht ausgelegt. Durch sogenannte intelligente Stromnetze oder »Smart Grids« soll die fehlende Feinsteuerung zwischen Energieerzeugern und Verbrauchern hergestellt werden. Den Schlüssel hierfür bieten automatisierte Steuerungs- und Regelsysteme sowohl auf der Erzeugerseite als auch bei den Verbrauchern und den am Netz angeschlossenen Geräten. Digitale Technik und Software bestimmen, wann, wo, in welchen Mengen, warum und in welche Richtung elektrischer Strom in den Versorgungsnetzen fließt. Schwierigkeiten in den Versorgungsnetzen sollen große Stromautobahnen wie SuedLink und NordLink aus dem Weg räumen. Laufen die Windanlagen in der Nordsee auf Hochtouren, muss der Strom möglichst effizient und verlustarm am Verbrauchsort ankommen. Statt auf Wechselstrom, den herkömmliche Kraftwerke liefern, setzen viele Energieexperten auf die sogenannte Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ), da im HGÜ-Netz die Übertragungsverluste um mehr als ein Drittel niedriger liegen als im Wechselstromnetz.

Das gilt allerdings nur für Leitungslängen ab etwa 700 Kilometern. Zwar übertragen HGÜ-Leitungen deutlich mehr Leistung als Wechselstromsysteme – in der Regel ist mit Gleichstrom bei gleicher Trassenbreite 30 bis 40 Prozent mehr Energieübertragung möglich als bei herkömmlichen Freileitungen mit Drehstrom –, der Preis dafür aber sind technische Anpassungen mit hochspannungstauglichen Stromrichtern und Umrichterstationen zwischen Wechsel- und Gleichstrom. Für kurze Übertragungsstrecken sind HGÜ-Trassen ungeeignet, da sich die Konverterverluste, die im Stromrichter entstehen, auf kurze Distanzen nicht kompensieren lassen.

Große Aufregung herrscht derzeit bei der Frage, ob der Windstrom aus dem Norden über Strommasten und

Freileitungen oder per Erdkabel in den Süden kommt. Bei den zwei vorgesehenen SuedLink-Verbindungen haben Erdkabel Vorrang, da die sichtbare Beeinträchtigung nicht so stark ausfällt. Erdkabeltrassen müssen allerdings frei zugänglich sein, dürfen nicht überbaut werden und sind drei- bis fünfmal so teuer wie überirdische Strommasten. Zudem könnten Erdkabel über ihre wenn auch geringe Verlustleistung die darüberliegende Erdoberfläche erwärmen.

Welche Rolle spielen Speichertechniken?

Ein wichtiger Baustein der Stromerzeugung aus Sonnenenergie und Windkraft sind Zwischenspeicher, die überschüssigen Strom aus den Offshore-Feldern und Photovoltaikanlagen aufnehmen und bei Bedarf abgeben. Es gibt viele konkurrierende Forschungsansätze. Der Bundesverband Energiespeicher (BVES) unterteilt in Strom- und Wärmespeicher sowie Power-to-Gas-Anlagen. Für die Speicherung großer elektrischer Kapazitäten stehen Pumpspeicherkraftwerke, Batterien und Schwungradspeicher auf der Agenda, während bei der Wärmespeicherung verschiedene Medien wie Steingranulate, flüssige Salze oder niedrig schmelzende Metalle in Betracht kommen.

Große Hoffnungen entfachen derzeit Power-to-Gas-Großanlagen. Dabei wird überschüssiger Strom aus erneuerbaren Energiequellen sowie Kohlendioxid (CO₂) in Biomethan mittels Biokatalysatoren umgewandelt. Biomethan lässt sich speichern oder direkt in das bestehende Erdgasnetz einspeisen. Das in Europa bestehende Erdgasnetz ist für große Transportmengen ausgerichtet und verfügt über beträchtliche Speicherkapazitäten. Das Gasnetz als Speicher ist ein Kerngedanke für ein europaweites Supergrid.

Weniger erfreulich sind allerdings die Umwandlungsverluste der Power-to-Gas-Technik. Fachleute gehen bei der kompletten Verwandlung von Strom in Gas und dessen Rückverwandlung in Strom von einem Wirkungsgrad zwischen 30 bis 40 Prozent aus. Das heißt, dass fast 70 Prozent der ursprünglich zugeführten Energiemenge als kaum nutzbare Abwärme »verloren« gehen – aus technischer Sicht kein Sündenfall im Ringen um zukunftsfähige Energiequellen. ■

Strom aus norddeutschen Windkraftanlagen wird bald über weite Strecken in Erdkabeln nach Süddeutschland transportiert. Bürgerinitiativen hatten sich erfolgreich gegen überirdische Trassen gewehrt. Die damit verbundenen Tiefbauarbeiten sind allerdings wesentlich aufwendiger und daher fast fünfmal so teuer wie die Freileitungen.



DER AUTOR

Andreas Beuthner
ist Fachjournalist mit den Schwerpunkten Wissenschaft, Wirtschaft und Technik.



Das Sonnendorf

Rettenbach im Ostallgäu hat die Energiewende bereits vollzogen: Hier versorgt sich fast jeder selbst mit Strom. Und alle ziehen mit – Bürger, Bürgermeister und Unternehmer. Von Christian Rauch, Fotos: Heike Geigl



Energie in Bürgerhand: In Rettenbach wurde dieser Traum realisiert. Aus Sonnenenergie und Biomasse deckt die Allgäuer Gemeinde einen Großteil ihrer Energiebedarfs.

Blau schimmern die Hausdächer auf Reiner Friedls Grundstück – wie fast überall in Rettenbach. »Ich habe Photovoltaik auf dem Wohnhaus, auf der Garage und auf dem Stadl im Garten«, erklärt der Bürgermeister stolz. Damit erzeugt er mehr elektrische Energie, als er selbst verbraucht, wie die meisten Haushalte in der Ostallgäuer Gemeinde. Die 830 Einwohner produzieren gemeinsam 4,5 Millionen Kilowattstunden Solarstrom pro Jahr – gut zehnmal so viel wie der deutsche Durchschnitt. »Nur noch wenige Hausbesitzer im Ort haben bisher keine Photovoltaik«, weiß Friedl. Aber die will er auch noch überzeugen.

Los ging es im Jahr 2000. Der damalige Bürgermeister Wilhelm Fischer installierte die ersten 30 Kilowatt auf dem Dach seines Bauernhauses. Reiner Friedl, damals zweiter Bürgermeister, zog kurze Zeit später nach. 2002 baute der Rettenbacher Unternehmer Josef Kugelman 107 Kilowatt auf das Dach seines Werksgebäudes – zu jener Zeit die größte Anlage in Bayern. Unmittelbar darauf erhielt auch das Rathausdach Solarzellen. »Dieser erste Schub war wichtig, um möglichst viele mitzuziehen und eine gewisse Vorbildwirkung zu entfalten«, erzählt Wilhelm Fischer. Denn als er im Jahr 2000 für einen damals vergleichsweise horrenden Preis von 320 000 D-Mark bei sich die erste Anlage installierte, herrschte auch viel Skepsis im Dorf.

Doch Fischer war schon immer auch ein »Rebell«. 1986 hatte er als einer der Ersten weit und breit mit dem Biolandbau begonnen. »Schon damals träumte ich davon, auch meinen eigenen Strom zu produzieren«, erzählt der heute 60-Jährige. »Ich wusste, dass in der Raumfahrt Solarzellen längst zur Anwendung kamen, und hoffte, dass sie bald für jeden erschwinglich werden.« Und als es schließlich so weit war, ging er mit gutem Beispiel voran. Bald war fast allen im Ort klar, dass man mit Solarzellen wirklich Geld, quasi aus dem Liegenstuhl heraus, verdienen kann und überdies Gutes für die Umwelt tut. »Da brach bei uns eine regelrechte Goldgräberstimmung aus.«

Dass man sich mit eigener Photovoltaik überdies unabhängig von den großen Energiekonzernen machen kann, war für die Rettenbacher eine besondere Motivation. Schließlich hatte der Ort um die Jahrtausendwende bereits einen »Freiheitskampf« gewonnen. Rettenbach war 1978 ins benachbarte Stöten zwangseingemeindet worden, aber



niemand wollte das. Nach Protesten bis in die höchsten Instanzen gab der Bayerische Landtag Rettenbach 1993 wieder als eigenständige Gemeinde frei.

Seither entwickelt sich die Gemeinde zum Vorzeigedorf. Von »Landflucht« kann in Rettenbach keine Rede sein. Floss früher Geld in Dörfer, da Landwirte ihre Produkte verkauften, halten die Rettenbacher mit ihren Photovoltaikanlagen nun ihr Geld im Ort. Zusätzlich wurde eine Prämie für Neubauten eingeführt. Seit über zehn Jahren bekommt jeder Häuslebauer in Rettenbach eine Prämie

Oben: Der Dorfladen mitten in Rettenbach ist Ausdruck der Tatkraft in der kleinen Gemeinde. Er vereint das Angebot lokal erzeugter Lebensmittel, einen kleinen Supermarkt und ein Café.

Unten: Photovoltaik auf den westwärts gerichteten Werkhallendächern von Paul Pfanzelt, einem von zwei großen Unternehmern in Rettenbach.



»Ich habe Photovoltaik auf dem Wohnhaus, auf der Garage und auf dem Stadl im Garten.«

Reiner Friedl, Bürgermeister



»Vor neun Jahren habe ich Solarzellen auf meinen Hof installieren lassen. Jetzt bin ich 87 Jahre alt und habe es nicht bereut.«

Heinrich Kleber, Landwirt



»Auch die nachfolgende Generation soll noch eine lebenswerte Umwelt haben. Darum haben meine Nachfolger eine Photovoltaik-Anlage auf dem Haus installiert.«

Hermann Lutz, Landwirt in Pension



Sonnenenergie ist eine der Hauptsäulen der Rettenbacher Energieversorgung.

von fünf Euro pro Quadratmeter Grund, wenn er binnen drei Jahren nach dem Bau Photovoltaik auf seinem Dach installiert. Bis heute hat sich kaum ein Neubaubesitzer diese Förderung entgehen lassen. Und das obwohl die sinkende Einspeisevergütung den Solarstrom in den letzten Jahren immer unattraktiver machte. Gut zehn Cent erhalten Photovoltaikbetreiber heute, wenn sie eine Kilowattstunde überschüssigen Solarstrom in das Netz einspeisen, nur noch ein Fünftel des Werts von vor zehn Jahren. »Für unsere Privathaushalte lohnt das aber immer noch«, erklärt Reiner Friedl. »Sie verbrauchen ihren Strom meist selbst, damit sparen sie sich die 20-30 Cent, die sie ansonsten pro Kilowattstunde Fremdstrom bezahlen müssten.«

Produktion unter dem Sonnendach

Und auch die Unternehmer in Rettenbach brauchen jede Wattsekunde ihres Solarstroms für den eigenen Betrieb. Josef Kugelmann, der 2002 mit seinen 107 Kilowatt gestartet war, hat mittlerweile jeden Quadratmeter seiner Firmendächer mit Photovoltaik belegt und seine Erzeugung auf 270 Kilowatt ausgebaut. Kugelmann baut Schneepflüge und umweltverträgliche computergesteuerte Streumaschinen für den Winterdienst passend auf Groß- und Kleinfahrzeuge, innovative Rasenkehrmaschinen, die unter anderem in den bedeutendsten Fußballstadien der Welt zum Einsatz kommen, sowie feinstaubfreie Schmutzkehr-

maschinen. Die dafür nötigen Fertigungsmaschinen, wie Laserschneider und Schweißgeräte, brauchen viel Strom, dennoch kann Kugelmann im Jahresschnitt 30 Prozent seines Bedarfs durch eigenen Solarstrom decken.

Der andere große Unternehmer im Ort, Paul Pfanzelt, der Maschinen und Geräte für die Forstwirtschaft herstellt, hat noch mehr Dächer zur Verfügung und insgesamt 600 Kilowatt installiert – obwohl er erst 2007 mit einer kleinen Versuchsanlage startete. Für Rettenbach war er damit ein vergleichsweise »Spätberufener«. Doch für Pfanzelt, der sein Unternehmen binnen 25 Jahren ausgehend von einer Bastelgarage hochzog, war die Nachhaltigkeit immer wichtig. »Es wäre für mich heute unvorstellbar, meinen Kunden aus der Forstwirtschaft keine Photovoltaik in meinem Betrieb zeigen zu können, doch vor gut zehn Jahren hatte ich eben erst den Marktdurchbruch geschafft, erst dann konnte ich auch investieren.«

Heute schafft es Pfanzelt an sonnigen Tagen, den gesamten Strombedarf seines Betriebs selbst zu decken. Im Durchschnitt eines Jahres, in dem natürlich auch in Rettenbach nicht immer die Sonne scheint, erzielt er etwa ein Viertel. Erst im vergangenen Jahr hat Pfanzelt den Zwischenbereich zwischen zwei seiner Hallen mit speziellen lichtdurchlässigen Solarzellen überdachen lassen, die neben zusätzlicher Stromproduktion das Tageslicht durchlassen und Beleuchtungsenergie sparen.



»Wenn mich als Hersteller von Forstmaschinen Kunden besuchen, zeige ich meine eigene nachhaltige Energieerzeugung. – Das ist einfach selbstverständlich.«

Paul Pfanzelt, Hersteller von Forstmaschinen



»Als wir unser Haus gebaut haben, war Photovoltaik für uns selbstverständlich – auch wegen der Prämie durch die Gemeinde.«

Familie Sappl



»Wenn ich sehe, wie unser Lasercutter Teile für unsere Produkte schneidet, und weiß, dass wir zumindest einen Teil des Stroms dafür selbst erzeugen können, macht mich das stolz.«

Josef Kugelmann, Unternehmer aus Rettenbach

Dennoch drücken die Unternehmer die Bilanz des Dorfes ein wenig. Die Privathaushalte allein würden mittlerweile über 100 Prozent ihres eigenen Bedarfs erzeugen, inklusive der Industrie kommt Rettenbach auf 86 Prozent. »Mit einer besseren Speichertechnik würde sich aber auch dieser Prozentsatz erhöhen«, erklärt Reiner Friedl.

Fehlende Speichermöglichkeiten sind bei erneuerbaren Energien generell die große Krux – denn weder scheint die Sonne ständig, noch weht immer ein nennenswerter Wind. Könnten aber die Rettenbacher Haushalte den vielen überschüssigen Strom aus sonnigen Tagen für Schlechtwettertage speichern, könnten auch die Unternehmen auf mehr lokalen Solarstrom zurückgreifen. Für die Entwicklung und Förderung von Energiespeichern aber tue die Politik in Deutschland viel zu wenig, prangert Friedl an. Er selbst könnte sich gar ein Pumpspeicherkraftwerk mit zwei Wasserbecken vorstellen – eins am Gemeinderand, ein anderes auf dem mehr als 100 Meter höheren Weichberg, dem Hausberg des Dorfs. Pumpst man mit dem überschüssigen Solarstrom das Wasser von unten nach oben, kann man die Energie Tage später wieder Schritt für Schritt vom oberen Becken aus freigeben und mit einem Wasserkraftwerk am unteren Becken in Strom verwandeln.

Eine große Realisierungschance sieht Friedl dafür gegenwärtig nicht. »Allein könnte sich unsere Gemeinde das nicht leisten und der landschaftliche Eingriff wäre in der

gesamten Region natürlich nicht unumstritten.« Doch Friedl arbeitet unermüdlich daran, das Image des »Nummer-eins-Solardorfs« weiter zu stärken. Von Windkraft hält er für Rettenbach wenig. »Durch unsere Höhe von 830 Metern über null ist die Windfülle geringer als im Flachland, außerdem verursachen die vielen Hügel um uns herum viele Verwirbelungen im Windstrom.« Überdies hält er Solarzellen, selbst wenn sie auf jedem Dach zu sehen sind, für kaum störend und unumstritten. Friedl selbst hat in den letzten 15 Jahren, neben den Solarzellen auf seinem eigenen Grundstück, rund 20 fremde Dächer im Ort gepachtet und darauf Photovoltaik installieren lassen. »Wer selber nicht möchte, soll mir sein Dach verpachten«, formuliert er sein Motto mit einem Schmunzeln.

Eines der wenigen Bauwerke, die auf Dauer photovoltaikfrei bleiben werden, ist das Dach der Kirche. »Ehrlich gesagt, waren wir auch hier einmal dran«, räumt Friedl ein. Doch der Denkmalschutz und die mögliche Gefährdung durch Schneelawinen von dem steilen Dach, das durch Solarzellen noch glatter geworden wäre, ließ die Rettenbacher den Plan verwerfen. »Es muss auch nicht überall sein«, sagt Friedl heute. »Und ich denke, das ist gut so.« Die Ideen gehen ihm bis heute nicht aus. Als erster Bürgermeister ließ er 2015 die Straßenbeleuchtung auf sparsame LED-Lampen umstellen. Durch den niedrigen Gewerbesteuerhebesatz von 230 Prozent werden außerdem Anreize



Bürgermeister Reiner Friedl und die Inhaberin des Rettenbacher Dorfladens zeigen, dass das Dorf nicht nur Strom produziert.



Neben der Photovoltaik betreiben mehrere Landwirte Biogasanlagen. Zum Teil liefern sie neben dem Strom auch Fernwärme für ein benachbartes Unternehmen.



für die Unternehmen zur Investition geschaffen. Von den Rettenbacher Landwirten haben drei längst in Biogasanlagen investiert, die neben zugekauftem Mais aus dem regionalen Umland Grasschnitt und Gülle aus der Gemeinde in Strom und Wärme verwandeln. Einer der Bauern liefert einen Teil seiner Biogaswärme als Fernwärme direkt in das benachbarte Werk von Paul Pfanzelt. Zusammen mit einer eigenen Hackschnitzelheizung kann der Unternehmer damit auch im Winter voll auf umweltfreundlich erzeugte Wärme setzen. Auch Josef Kugelman braucht keinen Liter Öl mehr zum Heizen. Systematisch nutzt er die Abwärme seiner Maschinen. Lediglich die energieintensive Lackiererei benötigt zusätzliche Heizwärme. Die gewinnt Kugelman aus der Verbrennung von CO₂-ärmerem Propangas und verwertet auch diese Wärme innerhalb des Lackierprozesses wieder.

Ein Dorf macht sich unabhängig

Die Privathaushalte in Rettenbach schaffen es in der Summe noch nicht, die gesamte Heizwärme im Jahr umweltfreundlich herzustellen. Doch viele Neubauten setzen – neben der energieeffizienten Bauweise – auf Solarthermie auf dem Dach oder auf Luft-Luft- oder Boden-Luft-Wärmepumpen, deren Strombedarf wiederum aus der eigenen Photovoltaik gedeckt wird. Die gemeindlichen Gebäude werden in Rettenbach überdies von einer großen Scheitholzanlage mit Wärme versorgt. Das Holz kommt überwiegend von einheimischen Landwirten und Waldbesitzern. Und gesteuert wird die Anlage vom Personal des großen Dorfladens, der wie ein kleiner Supermarkt heimische wie globale Produkte sowie ein kleines Café anbietet.

Wilhelm Fischer, der bis zur Ablösung durch Reiner Friedl über 20 Jahre Bürgermeister war, ist mächtig stolz auf das Dorf, das noch immer ein wenig »seins« ist – und überdies fast weltberühmt. Seit Fischer 2014 in Japan Vorträge über die Chancen der Energiewende in ländlichen Regionen hielt, erhält er alle paar Wochen Besuch von japanischen Bürgern, Politikern und Wissenschaftlern. Die führt er dann durch den Ort, zeigt ihnen die Anlagen im praktischen Betrieb und führt sie auch hinauf auf den Weichberg. Von dort blickt man bei gutem Wetter auf Schloss Neuschwanstein im Südosten und auf den Müll-



Die Pfanzelt Maschinenbau GmbH verbrennt Waldhackschnitzel und selbst recyceltes Altholz zur Wärmegewinnung.



Photovoltaik so weit das Auge reicht. Fast jedes Dach in Rettenbach trägt Solarzellen, eine der wenigen Ausnahmen ist die Kirche.

tenalters, das sind noch rund zehn Jahre, energieautark zu leben. Mit den Solarzellen hat er es beim Strom schon geschafft. Da unter dem Rasen seines Gartens Rohre Erdwärme anzapfen, braucht er auch für die Heizung keine Fremdenergie mehr einzukaufen. Bleibt vor allem die Mobilität. Hier wünscht er sich ein breiteres Angebot an Elektroautos und austauschbaren Batterien. Leere Exemplare würde er dann einfach mittels seiner Photovoltaikanlage wieder aufladen. Bleiben noch Urlaubsflüge, Kaffee oder Südfrüchte. »Wenn ich schon beim Strom mehr produziere als ich benötige, dann darf ich mir das als Ausgleich gönnen«, sagt Friedl mit einem Schmunzeln. ■

berg der Stadt Füssen weiter rechts. Dann sagt Fischer: »Sehen Sie, was uns frühere Generationen hinterließen und was wir heute unseren Nachkommen hinterlassen. Ich finde, wir sind keine Hochkultur, sondern eine Müllkultur!« Da werden seine Besucher meist sehr still – auch ein Bus voller deutscher Journalisten, die im Dorf viele skeptische Fragen gestellt hatten, zeigten bei der Aussicht vom Weichberg und nach Fischers Erklärung fast ein wenig Demut. Mit seiner direkten Art hat der Altbürgermeister Erfolg. In Japan begann der Ort Nebu, etwa gleich groß wie Rettenbach, nun ebenfalls damit, sich mit Solarenergie und Holz unabhängig von der großen Politik zu machen, die in Japan trotz des Unfalls von Fukushima weiter auf Atomstrom setzt. Fischer ist sich sicher: Würden in Bayern sämtliche Kommunen energisch vorangehen, könnte man einen Weg zu einem energieautarken Freistaat ebnen. »Stattdessen bauen wir milliardenschwere Stromtrassen, die nicht nur Windstrom, sondern auch schmutzigen Kohlestrom in den Süden transportieren sollen.«

Auch der jetzige Bürgermeister, Reiner Friedl, erhält viele Anfragen für Führungen und Besuche: »Ich könnte mittlerweile fast täglich Journalisten, Reisegruppen oder Politiker und Bürger aus anderen Gemeinden empfangen.« Gerne würde er sie alle informieren und beraten, doch als amtierender Bürgermeister, dem es am Herzen liegt, dörflichen Charakter und Ruhe im Ort zu erhalten und sich um die Belange der Bürger zu kümmern, ist das kaum möglich. Zumal Friedl auch noch Zeit für die energetische Optimierung seines eigenen Alltags braucht. Er hat sich vorgenommen, bis zum Beginn seines Ren-

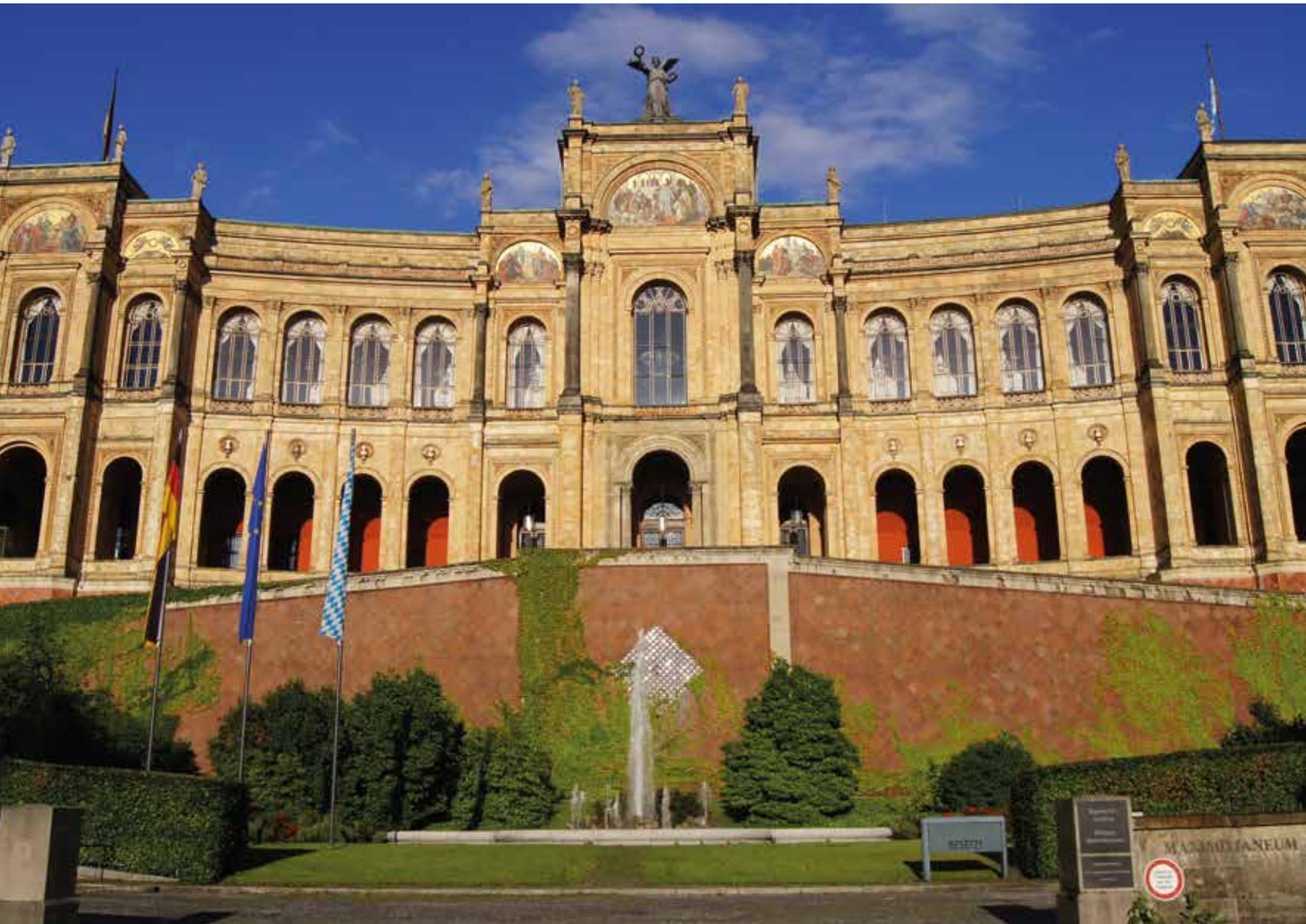


DER AUTOR

Dipl.-Ing. Christian Rauch ist freier Journalist für Zeitungen und Zeitschriften. Seine Schwerpunkte: Wissenschaft/Technik sowie Reise und Kulturwandern (dazu mehrere Buchveröffentlichungen).

EIN, ZWEI ... VIELE RETTENBACHS

Das brandenburgische Feldheim, Teil der Gemeinde Treuenbrietzen, ist seit einigen Jahren dank einem Windkraftpark mit 42 Anlagen, Biogas und Hackschnitzeln bei Strom und Wärme energieautark und verfügt sogar über ein eigenes Versorgungsnetz und Batteriespeicher. Allerdings hat das Dorf nur 145 Einwohner. Mehr als 10 000 Einwohner hat die Gemeinde Morbach in Rheinland-Pfalz. Dort wurde auf einem ehemaligen US-Militärgelände ein Energiepark errichtet, der mit Windpark, Solarpark und Biogas rund 30 MW Energie erzeugt. Für den Verbrauch der Privathaushalte würde diese Produktion ausreichen, für eine komplette Autarkie inklusive der ansässigen Industrie ist hingegen noch eine deutliche Steigerung nötig. Angestrebt wird dies bis 2020. Zahlreiche andere Kommunen in Deutschland verfolgen ebenfalls das Ziel der Energieautarkie und sind dabei unterschiedlich weit fortgeschritten. Ein Prinzip gilt jedoch fast überall: Geht es ausschließlich um Privathaushalte, ist die Energieautarkie einer Gemeinde wesentlich leichter erreichbar, als wenn Industrie und Gewerbe einbezogen werden. Auch kann eine kleine Gemeinde im ländlichen Raum wesentlich leichter energieautark werden als dicht besiedelte städtische Regionen. Das bestätigt auch eine 2013 veröffentlichte Studie des Umweltbundesamts.



Mit gutem Beispiel vorangehen

Es ist Aufgabe der Politik, die Weichen für eine Energiewende zu stellen. Einig sind sich die Vertreter aller im Bayerischen Landtag vertretenen Parteien, dass der Umstieg auf erneuerbare Energien langfristig sinnvoll ist. Über den Weg dahin gehen die Meinungen auseinander. Christian Rauch befragte die energiepolitischen Sprecher von CSU, SPD, B90/Die Grünen und Freie Wähler.

Blick auf den Bayerischen Landtag in München.

Was tun Sie persönlich für die Energiewende?

Sandro Kirchner: Als Hobbyforstwirt beschäftige ich mich sehr aktiv mit dem wertvollen nachwachsenden Rohstoff Holz, den ich auch privat intensiv nutze. Des Weiteren habe ich vor kurzem mein Wohnhaus, das ich von meinen Großeltern übernommen habe, im Altortbereich umgebaut und dabei energetisch saniert. In einem zweiten Schritt ist eine Photovoltaikanlage vorgesehen, auch zur Eigenstromversorgung. Gleiches gilt für mein Engagement im örtlichen Sportverein. Wir als Vorstandschaft haben das »alte« Sportheim energetisch verbessert und darüber hinaus die Heizungsanlage im Rahmen der finanziellen Möglichkeiten ertüchtigt. Darüber hinaus wird in meiner Heimat das Thema Elektromobilität großgeschrieben. Bad Neustadt a. d. Saale ist Modellstadt für Elektromobilität, und die Bedeutung des dortigen Technologietransferzentrums ist erst vor kurzem bestätigt worden durch die Verstärkung der Finanzierung seitens des Freistaats Bayern. Zudem engagiere ich mich ehrenamtlich im Förderverein MENES e.V., der Elektromobilität fördert und weiterentwickelt.

Natascha Kohnen: In den Jahren 2012/2013 haben wir unsere Doppelhaushälfte in Neubiberg im Landkreis München durch einen Energieberater »durchleuchten« lassen und den Entschluss gefasst, eine energetische Sanierung mit dem Ziel »Effizienzhaus« in Angriff zu nehmen. Dies umfasste Dach- und Fassadendämmung, Fenster-(3-fach)Verglasung, Haustüraustausch sowie eine Luft-Wärmepumpe entsprechend den KfW-Bedingungen. Es war eine sehr aufschlussreiche Erfahrung, sich durch den Förderdschungel zu kämpfen: Auch für meine politische Arbeit war dieser Prozess sehr wertvoll. Es gibt hier jede Menge Verbesserungsbedarf. Lehrreich war es auch, die Baustellenbegleitung selbst zu übernehmen. Unsere Erfahrungen sind trotz aller Anstrengungen insgesamt sehr positiv. Wir sparen durch die Maßnahme 70 Prozent der Heizkosten ein.

Martin Stümpfig: Klimaschutz beginnt vor der eigenen Haustür. Unser Wohnhaus ist energetisch auf bestem Niveau – beheizt wird es mit Solarthermie und Scheitholz. Seit zwei Jahren sind wir hochzufrieden mit unserem Elektro-Familienauto. In meiner Heimatstadt und in meinem Landkreis konnte ich als Umweltreferent bzw. Kreisrat ein Förderprogramm energetische Modernisierung, Projekte zur Umweltbildung, ein Klimaschutzkonzept und viele Einzelprojekte durchsetzen.

Thorsten Glauber: Ich fahre selbst ein Elektromobil, das größtenteils mit Strom aus regenerativen Energien geladen wird. Den privaten Energieverbrauch decke ich zu hundert Prozent durch Photovoltaikanlagen und Sonnenstrom. Neben der Stromerzeugung ist eine intelligente Gebäudedämmung allerdings noch viel wichtiger: Als Architekt gehe ich mit gutem Beispiel voran und habe daher eine intelligente Hausisolierung gewählt, die den Primärenergiebedarf auf ein Minimum reduziert. Als kommunalpolitisch Verantwortlicher meiner Heimatgemeinde Pinzberg war mir zudem immer wichtig, dass Pinzberg mehr Strom produziert, als es selbst verbraucht.

Mit welchen Strategien wollen Sie die Bevölkerung »mitnehmen«?

Kirchner: Wir versuchen bei allen Maßnahmen, die Bevölkerung frühzeitig mit einzubinden und auf berechnete Wünsche einzugehen. Bestes Beispiel ist die Erdverkabelung der geplanten Gleichstromtrassen, die durch Bayern forciert worden ist. Die Akzeptanz für die Windkraft war zunehmend in der Bevölkerung nicht mehr gegeben. Grund hierfür war die Privilegierung dieser Anlagen und damit die nicht gegebene Beteiligung der Bevölkerung im Rahmen der Baugenehmigung. Durch die 10H-Regel¹ wird in Bayern nun sichergestellt, dass die Bürgerinnen und Bürger im Rahmen der Bauleitplanung durch ihre Kommunen direkt und indirekt an der Realisierung der Windkraft beteiligt sind, sofern Anlagen in einem Radius



Sandro Kirchner, CSU

Für Energiefragen zuständiges Mitglied im Arbeitskreis Wirtschaft und Medien, Infrastruktur, Bau und Verkehr, Energie und Technologie.



Natascha Kohnen, SPD

Die energiepolitische Sprecherin der SPD-Landtagsfraktion ist Mitglied des Ausschusses für Wirtschaft und Medien, Infrastruktur, Bau und Verkehr, Energie und Technologie.

¹Seit 17.11.2014 gilt in Bayern die 10H-Regelung: Danach müssen Windkraftanlagen einen Mindestabstand vom zehnfachen ihrer Höhe zu Wohngebäuden einhalten.



**Martin Stümpfig,
Bündnis 90/Die Grünen**

Sprecher für Energie und Klimaschutz, Stellvertretender Vorsitzender im Ausschuss für Wirtschaft und Medien, Infrastruktur, Bau und Verkehr, Energie und Technologie.



**Thorsten Glauber,
Freie Wähler**

Stellvertretender Vorsitzender und energiepolitischer Sprecher der Landtagsfraktion.

kleiner als 10H geplant sind. Hierdurch können von den Kommunen auch Standorte planerisch so gewählt werden, dass die Akzeptanz vor Ort möglich ist.

Kohnen: Wer von der Energiewende überzeugt ist, muss bereit sein, über Vor- und Nachteile der Energiewende ehrlich zu sprechen. Eine dezentrale regionale Energiewende hin zu den erneuerbaren Energien wird sichtbar werden, sei es durch Windräder, Solarpaneele oder Biogasanlagen. Sie bedeutet aber ganz klar Nachhaltigkeit für die nächsten Generationen, ohne die schwere ungelöste Erblast des Atommülls noch weiter zu vergrößern. Dazu gehört aber auch die Wahrheit, dass sich mit den Erneuerbaren unser Landschaftsbild verändern wird, da wir uns von einer zentralen Energieversorgung durch zentrale Atomkraftwerke (die nur für wenige sichtbar sind und nur »wenige« direkt betreffen) verabschieden. Für Politiker heißt das, bei energiepolitischen Diskussionen mit Grundhaltung aufzutreten und argumentativ zu überzeugen. Menschen in der Politik »mitzunehmen« funktioniert nur durch den direkten Kontakt landauf, landab. Jede Diskussion zu führen und jeden Widerspruch ernst zu nehmen und durchzudiskutieren. Und eines muss deutlich werden, die Zukunft unseres Planeten hängt von uns ab, und die Erde ist bezüglich des Ressourcenverbrauchs am Limit. Die erneuerbaren Energien sind die einzig naturverträglichen und nachhaltigen Energieformen, die uns zur Verfügung stehen.

Stümpfig: Die Folgen der Klimaüberhitzung sind längst allgegenwärtig und die erneuerbaren Energien erreichen prinzipiell eine Zustimmung von über 80 Prozent. Um auch das Windrad vor der Haustür akzeptabel zu machen, ist eine Beteiligung am Projekt sehr förderlich. Das heißt: Ein Stopp von Ausschreibungen, die nur Großinvestoren ins Spiel bringen, Einstampfen der 10H-Abstandsregelung für Windräder und freie Fahrt für die dezentrale Energiewende in Bürgerhand. Begleitet wird dies von einer umfassenden Bewusstseinsbildung zum Thema Klimaschutz. Umweltbildung wird großgeschrieben.

Glauber: Nach meiner langjährigen Erfahrung als Kommunalpolitiker sind die Bürger durchaus bereit, Projekte auch in

ihrer Umgebung zu akzeptieren, wenn man sie von Anfang an in die Planungen mit einbezieht und ihre Sorgen ernst nimmt. Die Akzeptanz wird zudem dadurch erhöht, dass Bürgerinnen und Bürger an Erneuerbare-Energien-Anlagen in ihrer Nähe finanziell beteiligt werden und nicht ein anonymen Konzern die Gewinne einstreicht. Deswegen setzen wir uns so sehr für Bürgerenergieanlagen ein, die die Große Koalition mit der Einführung des Ausschreibungsmodells leider deutlich schlechter gestellt hat.

**Denken Sie, Bayern könnte
irgendwann energieautark werden?
Ist es denkbar, dass sich sämtliche
Gemeinden im Freistaat
selbst versorgen –
so wie Rettenbach im Allgäu?**

Kirchner: Bayern ist bei den erneuerbaren Energien, wie Wasserkraft, Geothermie, Solarenergie, Biomasse und Kraft-Wärme-Kopplung, schon immer sehr engagiert und in den meisten Bereichen sogar deutschlandweit führend. Bayern ist sehr an einer dezentralen und vor allem von der Bevölkerung akzeptierten Energiewende interessiert. Leider sind die Kapazitäten bei der Wasserkraft mit den geltenden Rahmenbedingungen weitgehend ausgereizt. Als windarmer Binnenstandort sind die Perspektiven für die Windkraft sicher überschaubar. Weiter kommt hinzu, dass durch die Bundesnovelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) die Rahmenbedingungen für Photovoltaik und Biomasse in Bayern negativ tangiert sind.

Die erneuerbaren Energien stehen nicht permanent verlässlich zur Verfügung. Die Speichertechnologien befinden sich noch in der Entwicklungsphase. Bayern hat gegenwärtig keine weiteren Gaskraftwerkskapazitäten zugesprochen bekommen. Betrachtet man diese Fakten, bleibt die Energieautarkheit Bayerns zwar ein ambitioniertes Ziel, das aber auf Dauer wohl kaum zu realisieren ist. Nicht umsonst werden aktuell die Stromleitungen deutschlandweit geplant. Aber in der ganzen Diskussion ist es uns für den Wirtschaftsstandort Bayern wichtig, immer eine be-



Bayerns Wirtschafts- und Energiestaatssekretär Franz Josef Pschierer überreichte am 20. Oktober 2016 in Nürnberg den Bayerischen Energiepreis, den das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie in diesem Jahr zum zehnten Mal verlieh.

zahlbare, sichere und umweltverträgliche Energieversorgung zu forcieren – genau in dieser Reihenfolge.

Kohlen: Energie fließt und macht nicht an Landesgrenzen halt. Das Ideal wäre eine europäische Energiewende, denn in Europa sind die erneuerbaren Ressourcen so verteilt (im Süden Sonne, im Norden Wind), dass sie sich im Zusammenspiel ideal ergänzen würden. Betrachten wir Bayern, so verfügen wir nicht über alle erneuerbaren »Ressourcen« in dem sich ergänzenden Ausmaß. Daher ist es zielführender, die Energiewende in einem größeren Raum zu betrachten, also im nationalen Kontext. Deutschlands Norden mit seinen Windkraftressourcen lässt sich mit den Solarressourcen des Südens kombinieren und durch die weiteren Erneuerbaren (u.a. Wasserkraft, Biomasse, Geothermie) ergänzen, auf dem zügigen Weg hin zu einer Energiewende. Das bedeutet aber: Bayern muss alle Ressourcen anwenden und in Zusammenarbeit mit den anderen Bundesländern einsetzen, damit wir in ganz Deutschland wegkommen von Atom und auch von Kohle, die unseren Planeten, unsere Sicherheit und unser Klima extrem belasten.

Eine Prognose, wann die bayerischen Privathaushalte energetisch autark sein könnten, halte ich als Naturwissenschaftlerin für nicht seriös. Denn zu viele Parameter spielen dabei eine Rolle, die nicht kalkuliert werden können, allein die finanzielle Situation der Privathaushalte ist nicht berechenbar. Das Ziel der Eigenstrom- und Eigenwärmeversorgung muss aber sowohl gesellschaftlich als auch politisch unstrittig bleiben.

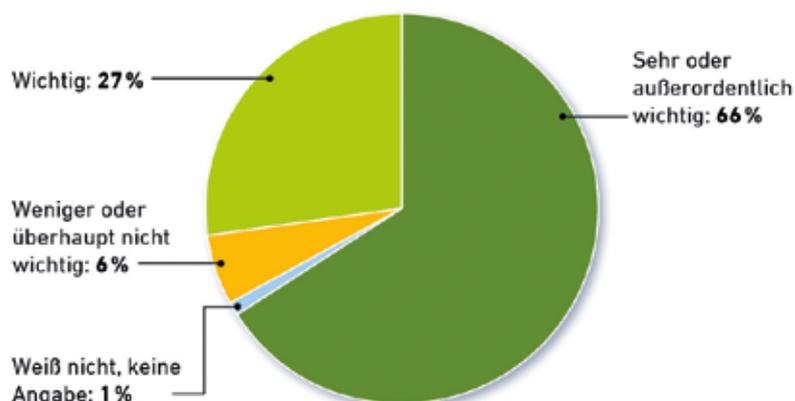
Stümpfig: Im Strombereich haben wir derzeit eine Quote von 35 Prozent erneuerbarer Energien, im Wärmebereich liegen wir bei ca. 15 Prozent und im Verkehrsbereich liegt die Quote bei ein bis zwei Prozent. Wir müssen also überall kräftig zulegen, um die Ziele des Klimaschutzabkommens von Paris zu erreichen. Vollkommen autark wird Bayern aber nie werden – das ist auch nicht nötig: Im Strombereich können wir bis 2030 die heutige Erzeugung verdoppeln, im Wärmebereich können wir bis 2040 durch Einsparungen, höhere Effizienz und intelligente Systeme den fossilen Anteil nahezu auf null senken und im Verkehrsbe-

reich gilt es, durch klare Vorgaben (z.B. Neuzulassungen nur noch von abgasfreien Fahrzeugen ab 2030) endlich eine Trendwende einzuleiten.

Glauber: Die Gemeinde Rettenbach leistet beim Ausbau der erneuerbaren Energien Großartiges. Bayernweit verbrauchen die Privathaushalte aber nur 20 Prozent des insgesamt benötigten Stromverbrauchs. Und schon jetzt produzieren wir in Bayern eineinhalbmal so viel Strom aus erneuerbaren Energien, als die Privathaushalte beanspruchen. Wenn die Regierenden in Berlin und München aber im gleichen Tempo arbeiten wie in den letzten Jahren, wird es noch viele Jahrzehnte dauern, bis wir unseren Stromverbrauch vollständig aus erneuerbaren Energien decken können. Als Ingenieur bin ich davon zutiefst überzeugt: Technisch sind wir in der Lage, die Energiewende mit 100 Prozent erneuerbaren Energien zu meistern – doch den politisch Regierenden fehlt der Mut.

Die Bevölkerung unterstützt mehrheitlich den weiteren Ausbau der »grünen« Energien.

93 Prozent der Deutschen unterstützen den verstärkten Ausbau Erneuerbarer Energien Stärkere Nutzung und Ausbau Erneuerbarer Energien sind...



Quelle: Umfrage von TNS Emnid im Auftrag der Agentur für Erneuerbare Energien, 1.000 Befragte
Stand: 9/2016
© 2016 Agentur für Erneuerbare Energien e.V.

Vom Bohren dicker Bretter

Arne Jungjohann ist Autor, Vortragsreisender und ... Lobbyist.

Er agiert im Auftrag seines Gewissens und rührt die Werbetrommel für eine nachhaltige Energiewirtschaft in Bürgerhand. Von Sabrina Landes



Wahrscheinlich werden wir auch diesen Winter in einigermaßen gut geheizten Räumen überleben, die Lichter werden nicht ausgehen und die wichtigsten deutschen Konzerne nicht abwandern, obwohl – oder vielleicht auch, weil – die »deutsche Energiewende« im Großen und Ganzen gut läuft. So gut, dass Wissenschaftler und Umweltverbände aus andern Ländern dieser Erde fast ein wenig neidisch sind und nur zu gern herausfinden würden, welches Geheimrezept hinter dem Erfolg steckt. Der Stuttgarter Politikwissenschaftler Arne Jungjohann und sein Koautor Craig Morris haben daher ihr neuestes Buch *Energy Democracy* gleich auf Englisch verfasst: Für ihre amerikanischen Leser erzählen die beiden Autoren darin die Geschichte eines Aufbruchs aus gefühlter Ohnmacht hin zu mehr Mitsprache und Beteiligung. »Schönfärberei« werfen ihm da seine Kritiker in Deutschland vor, denen der Umbau der Energiewirtschaft zu langsam geht. Jungjohann aber sieht, was schon erreicht wurde, und er meint, das wäre doch schon einiges.

Drehen wir das Rad der Geschichte einmal um vierzig Jahre zurück: Es war kalt an jenem Morgen des 18. Februar 1975, als Bürgerinnen und Bürger der Umgebung, unterstützt von einigen Atomkraftgegnern, sich in einem Wäldchen bei Wyhl versammelten. Seit 1973 hatte sich der Widerstand gegen das geplante Atomkraftwerk im Kaiserstuhl formiert – nun waren die ersten Bagger angerückt. Die Demonstranten blockierten die Baumaschinen und lieferten sich in den folgenden Jahren einen erbitterten Kampf mit dem amtierenden Ministerpräsidenten Baden-Württembergs, Hans Filbinger. Der sah in der stetig wachsenden Zahl der Protestierenden »Pöbel« und »Verbrecher«, denen der Staat sich nicht beugen dürfe. Was er nicht sah: Es waren vor allem besorgte, eher konservative Einheimische, die sich dem Großprojekt entgegenstellten. Das jahrelange unerbittliche Vorgehen gegen die Protestbewegung führte dazu, dass sich immer mehr Menschen solidarisierten und die Demonstrationen von Jahr zu Jahr größer wurden. Einen Schlussstrich unter den jahrelang währenden Streit zog erst Filbingers Nachfolger Lothar Späth, indem er das Projekt 1983 sang- und klanglos beerdigte. Der Konflikt um das Atomkraftwerk Wyhl gilt heute als die Geburtsstunde der deutschen Umweltbewegung. Bürgerinnen und



Bürger begannen, sich ihre eigene Expertise aufzubauen, die ersten Umweltinstitute wurden gegründet. Eine neue Partei nahm sich des Themas an. Der Protest in Wyhl setzte einen langen Prozess des Umdenkens in Gang. Weg vom gängelnden Helikopterstaat, der seine Bürger bestenfalls alle vier Jahre an der Wahlurne nach deren Meinung fragt, hin zu einer Politik der Beteiligung.

Arne Jungjohann war 1983 zehn Jahre alt und hat seine Wochenenden als Pfadfinder lieber auf Radwanderungen durch die Lüneburger Heide als im heimischen Kinderzimmer verbracht. Später studierte er Politik und Volkswirtschaft. Das Thema »Energie« beschäftigt ihn seit der Debatte um die Einführung einer ökologischen Steuerreform Ende der 1990er Jahre. Heute schreibt, reist und redet Jungjohann, um für ein energiepolitisches Umdenken hier und anderswo zu werben. Er betreibt Lobbyarbeit für eine Idee. »Die deutsche Energiewende ist im internationalen Vergleich einzigartig, weil sie eine Bürgerenergiewende ist«, erklärt Jungjohann. In Deutschland, so Jungjohann, habe es nämlich einen Mentalitätswechsel gegeben, »genau das ist es, was uns von den anderen Staaten unterscheidet.«

Links: Der Politikwissenschaftler Arne Jungjohann ist der Ansicht, dass die Beteiligung der Bevölkerung ein wesentlicher Erfolgsfaktor für das Gelingen einer Energiewende ist.

Oben: Am 18. Februar 1975 blockierten Bauern und Winzer aus Wyhl die Traktoren, die mit Bauarbeiten für ein geplantes Kernkraftwerk beginnen sollten.



Fracking-Bohrungen werden in den USA auch gegen den Willen der Bevölkerung durchgesetzt.

Die Veränderung vollzog und vollzieht sich kaum merklich. Sie kam auf derart leisen Sohlen daher, dass sogar die Energiekonzerne den Trend übersahen: Immer mehr Menschen wollten auf erneuerbare Energien umsteigen. Im Jahr 2012 wurde rund die Hälfte aller Solar- und Biogasanlagen von Kleininvestoren, Genossenschaften, Bauern oder Bürgern gebaut. »Dass der Wandel von den alten zu den neuen Technologien auch eine Demokratisierung der Energieversorgung mit sich bringt, das gibt es sonst nicht – mit Ausnahme vielleicht von Dänemark.«

Möglicherweise konnte die etablierte Energiewirtschaft das Phänomen so lange übersehen, weil es sich nicht in städtischen Ballungsräumen etablierte. Der Wandel erfasste zuerst das Land. Die Ursache liegt auf der Hand: Mietern ist es relativ egal, von wem sie ihren Strom beziehen. Sie interessieren sich meist für die Kosten der Stromversorgung. Wer ein eigenes Haus oder Unternehmen besitzt, hat hingegen einen persönlichen Mehrwert von der Investition in eine Solar-, Windkraft- oder Biogasanlage, sei dieser in den ersten Jahrzehnten auch nur ideeller Natur.

Den Boom ermöglicht hat das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das die rot-grüne Koalition im Jahr 2000 verabschiedete. Und damit ist Jungjohann bei einer weiteren Besonderheit: das politische System in Deutschland. »Im Vergleich zu den USA haben wir hier einen kooperativen und exekutiven Föderalismus. Die Parteien müssen immer wieder Kompromisse finden. Auch nach Regierungswechseln gibt es dadurch keinen grundlegenden Politikwechsel.« Verlässlichkeit und Vertrauen sind der Nährboden für langfristige Investitionen.

»Bürgerinnen und Bürger, neue Investoren und Kommunen haben die Energiewende vorangetrieben und betreiben eigene Wind- und Solarparks, Biogasanlagen, Heizkraftwerke und mancherorts gar kleine Wärmenetze«, sagt

Arne Jungjohann. »Energiepolitische Entscheidungen werden heute nicht mehr einfach von oben nach unten durchbefohlen. Nach dem Reaktorunglück in Fukushima berief die Bundeskanzlerin eine 17-köpfige Ethikkommission mit dem Ziel ein, neben den technischen auch die ethischen Aspekte der Kernenergie zu prüfen und einen gesellschaftlichen Konsens zum Atomausstieg vorzubereiten.«

Arne Jungjohann berät weltweit Politiker, Wissenschaftler und Institutionen, die wissen wollen, wie sie den Einstieg in erneuerbare Energien durchsetzen können. »Indem ihr eure Bürgerinnen und Bürger an den Entscheidungen beteiligt«, erklärt ihnen Jungjohann. In Ländern wie den USA und England werden wichtige energiepolitische Entscheidungen immer noch nahezu unter Ausschluss der Öffentlichkeit getroffen. US-amerikanische Öl- und Gasfirmen können trotz des Widerstands der Bevölkerung ganze Landstriche »durchfracken«. Die britische Regierung subventioniert den Bau neuer Kernkraftwerke, obwohl die Zustimmung der Bevölkerung zur Atomkraft



DER ANFANG VOM UMSTIEG

1980 prägte das Öko-Institut mit einer Publikation erstmals den Begriff »Energiewende«. Es forderte den Ausstieg aus der Nutzung von Öl und Atomenergie. Man wollte weg von Abhängigkeiten durch Importe aus dem Ausland und ein Ende des Atomstroms. Der drohende Klimakollaps spielte für die Autoren damals noch keine Rolle.

Zwar hatte schon der Geophysiker Michail Iwanowitsch Budyko (1920–2001) vor einer drohenden Erderwärmung gewarnt, die öffentliche Debatte um die Veränderung des Weltklimas wird aber erst seit Mitte der 1980er Jahre geführt.

Das Magazin *Spiegel* entwarf 1986 auf einem seiner Titel ein Katastrophenszenario: der Kölner Dom unter Wasser. 1988 richtete das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) gemeinsam mit der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ein. Seine Aufgabe ist die Erstellung von Berichten zum jeweils aktuellen Stand in der Klimaforschung. Mit Beginn der 1990er Jahre wuchs die mediale Aufmerksamkeit am Thema und parallel dazu auch die Forschungstätigkeit. Im Jahr 2000 verabschiedete der Deutsche Bundestag parteiübergreifend das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).



RADSPIELER

Seit 1841

*Radspieler –
dann
macht
Einrichten
Freude!*



auf immer neue Tiefststände rutscht. Bürgerenergie steckt in diesen Ländern noch in den Kinderschuhen. In den USA kämpfen viele Hausbesitzer um das Recht, den Strom ihres Solardachs in das öffentliche Netz einzuspeisen.

Ein wenig wirkt Arne Jungjohann wie ein Don Quichotte, der mit Worten gegen die Windmühlen der Welt politik zieht. Er bezeichnet sich selbst als »gelassen und duldsam«. Wo andere rasche Maßnahmen und Entscheidungen fordern, verteidigt er den langen Atem, den demokratische Prozesse eben brauchen: »Das ist etwas für Menschen mit der Mentalität eines Marathonläufers.« Jungjohann ist Optimist. Er weiß, dass die Herausforderungen so gigantisch sind, dass man an ihnen verzweifeln könnte. Und deshalb sind ihm vor allem die Beispiele wichtig, die zeigen, wie schnell sich Dinge verändern können. Er ist davon überzeugt, dass sich sein Einsatz lohnt. »Es macht einen Riesenunterschied für Millionen von Menschen, ob sich die Erde um zwei, drei oder mehr Grad Celsius erwärmt«, sagt er und ergänzt: »Mein Sohn wird mich vielleicht einmal fragen: »Warum habt ihr damals nichts getan gegen den Klimawandel. Ihr habt es doch gewusst und gesehen.« Da will ich ihm aufrecht ins Gesicht gucken und sagen können: »Es waren ziemlich dicke Bretter zu bohren, aber ich habe es immerhin versucht.« ■■

Umweltaktivisten protestieren gegen den Bau der North Dakota Access Pipeline und für erneuerbare Energien. Die Ölpipeline soll unter dem Missouri hindurchgeführt werden, der den Indigenen heilig ist und zudem als Trinkwasserreservoir genutzt wird.



DIE AUTORIN

Sabrina Landes M.A. leitet die Redaktion von *Kultur & Technik*. Sie hat Chemie, Germanistik und Geschichte in München studiert.

*F. Radspieler & Comp. Nachf.
Hackenstraße 7
80331 München
Telefon 089/23 50 98-0
Fax 089/26 42 17
www.radspieler.com*

So facettenreich wie dieser bunt gestaltete Strommast ist auch das Thema der Energiewende, dem sich die neue Sonderausstellung des Deutschen Museums widmet.

Bitte wenden!

Ab dem 15. Februar 2017 ist die neue Sonderausstellung »energie.wenden« im Deutschen Museum zu sehen – und zu erleben. Von Sarah Kellberg



Schon ein 57 m² großer Spiegel kann so viel Sonnenlicht auf einen Punkt konzentrieren, dass innerhalb einer Minute ein Loch in Stahl gebrannt wird.

Die Energiewende ist eine der großen Herausforderungen unserer Zeit. Ihre beiden wesentlichen Ziele lauten: Minderung der CO₂-Emissionen und Verringerung der Abhängigkeiten von fossilen Energieträgern. Es gilt, das Energieversorgungssystem aktiv umzugestalten, um die klimaschädlichen Emissionen fossiler Brennstoffe und die systemische Abhängigkeit von ihnen zu minimieren. Auch wenn der Begriff »Energiewende« suggerieren mag, dass hier eine zügige Kehrtwende möglich sei, handelt es sich doch um einen umfangreichen, langwierigen und globalen Prozess. Die Ausstellung »energie.wenden« setzt sich mit den großen Herausforderungen der Energiewende auseinander. Sie will einen gesellschaftlichen Diskussions- und Wissensbildungsprozess anstoßen – und sie tut das mit einem überraschend spielerischen Ansatz.

Eine partizipative Auseinandersetzung mit einer globalen Herausforderung

Der Umstieg von fossilen Energieträgern auf eine nachhaltige Energieversorgung verlangt Innovationen und das Zusammenspiel verschiedener Sektoren: Diese reichen von der Energiegewinnung über die Energieverteilung

bis hin zu einer effizienten Nutzung von Energie. In der Ausstellung finden sich diese drei großen Bereiche in neun »Themenräumen« wieder (siehe Abb. Seite 37 unten). Sie dienen als Wissensspeicher, in denen sich die Besucherinnen und Besucher Orientierungswissen aneignen und Denkanstöße holen können. Faszinierende Objekte, detaillierte Modelle und spannende Interaktiva erwarten die Besucherinnen und Besucher hier. Ein »Brandloch in Stahl« beispielsweise demonstriert eindrücklich die Kraft der Sonne: Sonnenstrahlen wurden mit Hilfe eines 57 Quadratmeter großen Spiegels gebündelt und durchlöcherten so die Stahlplatte in weniger als einer Minute.

Modelle verschiedener Flugzeugtypen zeigen im Maßstab 1:48, dass sich Elektro- und Wasserstoffantriebe auch dazu eignen, die Lüfte zu erobern. Und ein ganz wunderbares Objekt windet sich im Themenraum »Bauen und Wohnen«: The Never Hungry Caterpillar spürt, zwischen Steckdose und TV-Gerät gesteckt, Stromflüsse auf: Ist der Fernseher eingeschaltet, bewegt die »Raupe Nimmersatt« sich ruhig und rhythmisch – ist er auf Stand-by, windet sie sich leidend, bis sie durch das komplette Ausschalten des elektrischen Verbrauchers erlöst wird.



Never Hungry Caterpillar – die »Raupe Nimmersatt« gibt es seit 2011. Sie liegt zwischen Fernseher und Steckdose und spürt an dieser Stelle auf, wann unnütz Strom fließt.

Neben dem klassischen Ausstellungsbesuch bietet die Ausstellung »energie.wenden« den Besucherinnen und Besuchern die Möglichkeit, an einem ausstellungsbegleitenden Rollenspiel teilzunehmen. Dazu erhalten sie eine Spielkarte und den Auftrag, »die Energie zu wenden«. Auf dem gelben Spielfeld (siehe Abb. unten) begegnen ihnen von Schauspielern dargestellte Akteure, die sie mit Einwänden konfrontieren oder auf die Konsequenzen ihres Tuns hinweisen. Dies kann zum Beispiel eine Kraftwerksbetreiberin sein, die Subventionen für Erdgas einfordert, oder aber auch ein Hausmeisterehepaar, das die energetische Sanierung von Mietwohnungen nicht genügend unterstützt sieht. Durch einen Bewegungsmelder zum Leben erweckt, spricht jeder Akteur die Besucherinnen und Besucher direkt an. Diese können an einer Spielstation entscheiden, wie sie in der Rolle eines Politikers auf deren Anliegen reagieren wollen. Die Entscheidung wird dann

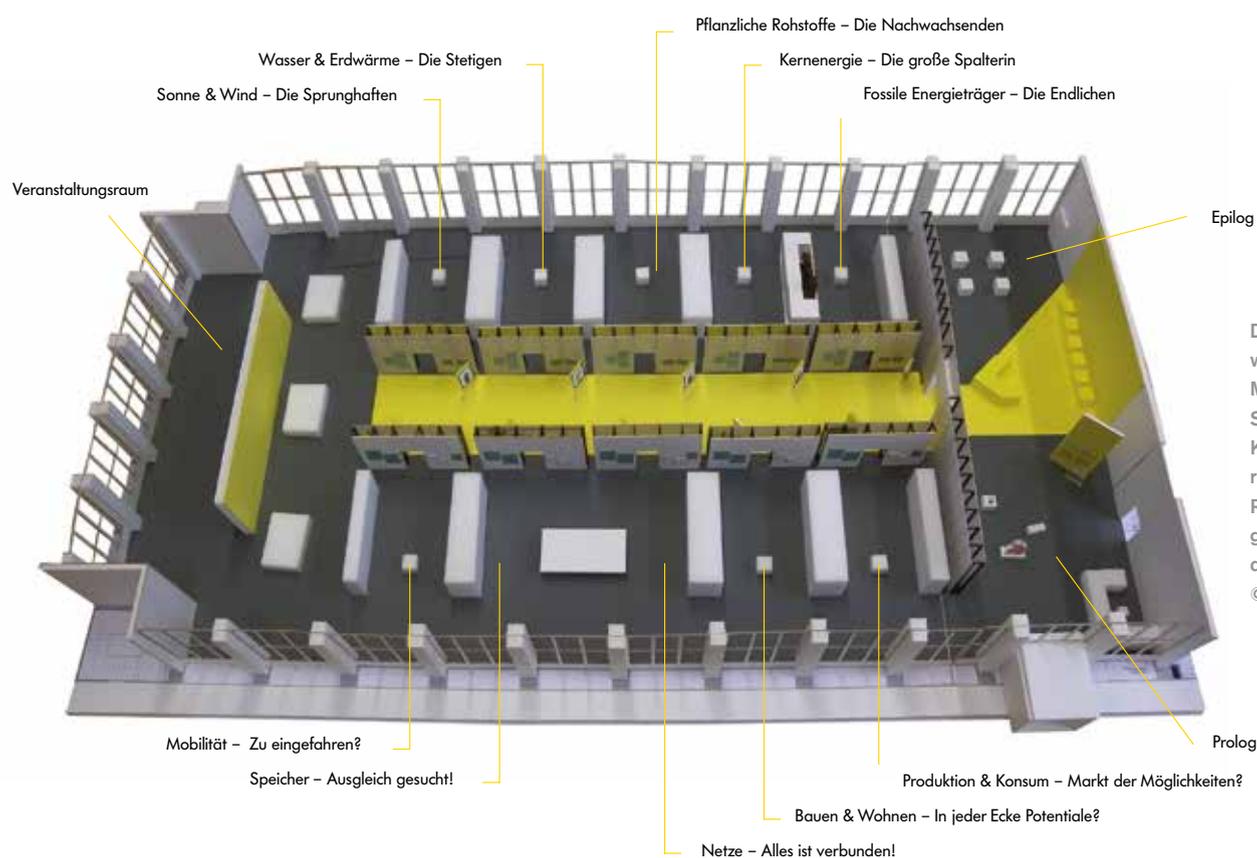
unwiederbringlich in die Spielkarte gelocht. Am Ende der Ausstellung erfahren die Besucherinnen und Besucher mit einem Augenzwinkern, was für ein »Energiewende-Typ« sie sind.

Klare Linien für einen komplexen Inhalt

Dem Architekturbüro Space4 und der Medienproduktionsfirma teamstratenwerth gelang es, die Vielschichtigkeit und Dichte des Ausstellungskonzepts visuell und räumlich so aufzubereiten, dass eine attraktive Ausstellung entstand, in der die Besucherinnen und Besucher sich leicht orientieren können. Es gibt zwar keine feste Besucherführung, dafür aber klare Strukturen und viel zu entdecken. Wem Ausstellung und Spiel noch nicht genug sind, der kann zusätzlich am umfangreichen Begleitprogramm der Ausstellung teilnehmen.



Neue Antriebe erobern auch die Lüfte. Bis dieser radikale Wandel stattfinden kann, müssen jetzt konventionellere Effizienzmaßnahmen umgesetzt werden. (Von hinten nach vorne: Solar Impulse 2, Icaré 2, e-Genius, E-Fan, Modelle 1:48, 2016)



Die Ausstellung »energie.wenden« als Modell. Man erkennt den gelben Spielbereich und die Kabinette der Themenräume. Es wird extra ein Raum für das breit aufgestellte Begleitprogramm der Ausstellung geschaffen. © Space4

Das Objekt

Atomium en miniature

Vom 17. April bis zum 19. Oktober 1958 fand in Brüssel die erste Weltausstellung nach Ende des Zweiten Weltkrieges statt. Der Krieg hatte einen tiefgreifenden Wandel in der Bewertung des technischen Fortschritts mit sich gebracht. Das offizielle Motto war deshalb »Technik im Dienste des Menschen. Fortschritt der Menschheit durch Fortschritt der Technik« und passend dazu wurden die beiden damaligen Zukunftstechnologien Raumfahrt und Atomkraft erstmals der breiten Öffentlichkeit vorgestellt.

Weithin sichtbar prägte die Architektur das Bild der Ausstellung. Dominiert wurde die Skyline durch das Atomium, das der Ingenieur André Waterkeyn als Symbol für das Atomzeitalter und die friedliche Nutzung der Kernenergie entworfen hatte. Ganz in diesem Sinne konnte unter dem Bauwerk ein echter Kernreaktor, der amerikanische Miniforschungsreaktor AGN 211-P mit einigen Watt Leistung, besichtigt werden. Mit dem Geigerzähler konnten sich die Besucher davon überzeugen, dass der kleine Reaktor nur einen Bruchteil der radioaktiven Strahlung einer gewöhnlichen Armbanduhr mit Leuchtziffern abgab.

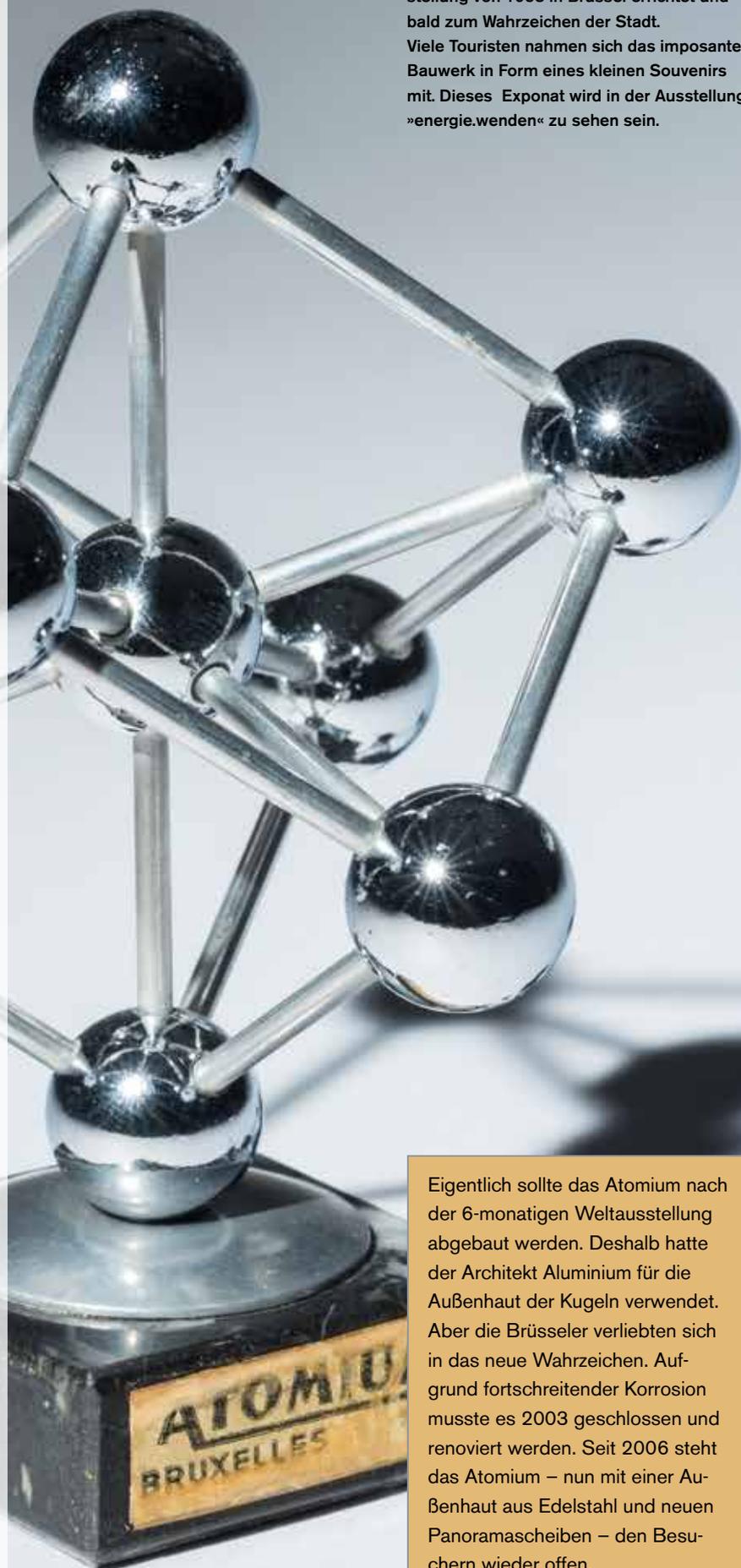
Das Atomium stellt die kubisch-raumzentrierte Elementarzelle einer Eisen-Kristallstruktur in 165-milliardenfacher Vergrößerung dar. Es ist 102 Meter hoch und besteht aus neun Kugeln zu je 18 Meter Durchmesser, von denen sechs begehbar sind. In der obersten Kugel befindet sich bis heute ein Restaurant mit Panoramablick. Aus Gründen der Ästhetik hatte Waterkeyn das Verhältnis von Kugel- zur Gesamtgröße verändert und aus praktischen Gründen das Bauwerk auf eine Kugel gestellt.

Die Ausstellung demonstrierte u. a. die großen Anstrengungen zur friedlichen Nutzung der Kernenergie. Ihre erste Anwendung, die Atombomben, die die japanischen Städte Hiroshima und Nagasaki völlig zerstörten, hatten auf schreckliche Weise deren gewaltige Zerstörungskraft gezeigt. Die sowjetische Propaganda hatte dies dazu genutzt, die USA zum atomaren Sündenbock abzustempeln.

Mit seiner Grundsatzrede »Atoms for Peace« vor der UN-Vollversammlung am 8. Dezember 1953 setzte US-Präsident Eisenhower zur Gegenoffensive an. Das in der militärischen Atomforschung erworbene Know-how sollte nun wirtschaftlich genutzt werden. Schon bald drängten die führenden US-Atomfirmen Westinghouse und General Electric mit kommerziell einsetzbaren Reaktoren auf den Weltmarkt.

»Atoms for Peace« war auch der Titel einer internationalen Expertenkonferenz, die im Sommer 1955 bei der UN in Genf stattfand. 1958 schließlich nahm die Expo dieses Thema ebenfalls auf – weithin sichtbar durch das Atomium. *Frank Dittmann*

Das Atomium wurde anlässlich der Weltausstellung von 1958 in Brüssel errichtet und bald zum Wahrzeichen der Stadt. Viele Touristen nahmen sich das imposante Bauwerk in Form eines kleinen Souvenirs mit. Dieses Exponat wird in der Ausstellung »energie.wenden« zu sehen sein.



Eigentlich sollte das Atomium nach der 6-monatigen Weltausstellung abgebaut werden. Deshalb hatte der Architekt Aluminium für die Außenhaut der Kugeln verwendet. Aber die Brüsseler verliebten sich in das neue Wahrzeichen. Aufgrund fortschreitender Korrosion musste es 2003 geschlossen und renoviert werden. Seit 2006 steht das Atomium – nun mit einer Außenhaut aus Edelstahl und neuen Panoramaischeiben – den Besuchern wieder offen.

WASSER-, SCHMUTZ- UND EINBRUCHSCHUTZ



Tauschen Sie jetzt Ihren alten Gitterrost aus!

- Licht- und luftdurchlässig
- Garantierte Stabilität, PKW-befahrbar
- Individuelles Aufmass vor Ort
- Lieferung und Einbau deutschlandweit

**Internationale
 Handwerksmesse
 Messegelände München
 Mi 08. - Di 14. März 2017**

Gern übersenden wir Ihnen weitere Informationen sowie zwei Eintrittskarten für die Internationale Handwerksmesse in München.

**Modahum GmbH
 Weihermühle 2
 82544 Egling**



+49 (0) 81 76/93 10-0



info @ moda-safe.de



+49 (0) 81 76/93 10-93



www.moda-safe.de



Ausschneiden und abschicken!



Ja, senden Sie mir kostenlose Informationen zur modasafe Lichtschachtabdeckung, exklusiv für *Kultur&Technik*- Leser!

Name

Straße/Nr.

PLZ/Ort

Telefon E-Mail

Lichtschachtbreite (cm) Lichtschachtlänge (cm)

Bitte Coupon ausschneiden und an Modahum GmbH, Weihermühle 2, 82544 Egling, senden.

Ohne sie geht nichts!

Energie ist etwas ganz Besonderes. Sie ist immer und überall da. Ohne Energie könnten Menschen, Tiere und Pflanzen nicht leben. Keine Maschine würde funktionieren, die Erde würde sich nicht drehen und die Sonne nicht scheinen. Was Energie genau ist, darüber zerbrechen Wissenschaftler sich auch heute noch die Köpfe. Eines aber ist sicher: Die Menschen benötigen heute viel mehr Energie als noch vor hundert Jahren. So wie du täglich etwas zum Essen brauchst, müssen auch Autos, Glühlampen oder Computer »gefüttert« werden.

Von Sabrina Landes



Fisch unter Strom

Der Zitteraal hat richtig Power. Er kann Stromstöße bis zu 600 Volt erzeugen. Das ist fast dreimal so hoch wie die Spannung einer Steckdose. Zitteraale haben ein »elektrisches Organ«, das aus Tausenden elektrischer Muskelzellen besteht. Sendet das Hirn einen Reiz, werden alle diese Zellen kurzfristig hintereinandergeschaltet. Es bilden sich zwei verschiedene Pole. Die Spannung wächst an und entlädt sich schließlich als Stromstoß.



Ein Kraftwerk für den Märchenkönig

Der bayerische König Ludwig II. ließ das erste Kraftwerk der Welt bauen. Er wollte die Venusgrotte in Schloss Linderhof elektrisch beleuchten. Gebaut wurde das »Krafthaus« vom Elektrotechniker Sigmund Schuckert. Eine Dampfmaschine trieb 24 Dynamos an, die elektrischen Strom erzeugten. Als die Grotte eröffnet wurde, kamen die Gäste aus dem Staunen nicht heraus: Die Lampen strahlten in wechselnden Farben, außerdem gab es einen Projektor, der einen Regenbogen an die Wand warf, und eine Wellenmaschine. Sieben große Holzöfen sorgten für angenehme Temperaturen. Sogar einen kleinen See gab es, der auf 28 Grad Celsius erwärmt werden konnte: Ab und an nahm der Märchenkönig hier sogar ein Bad.





Abbildungen: Michael Wirth, F1online, Deutsches Museum, www.bridgemanart.com

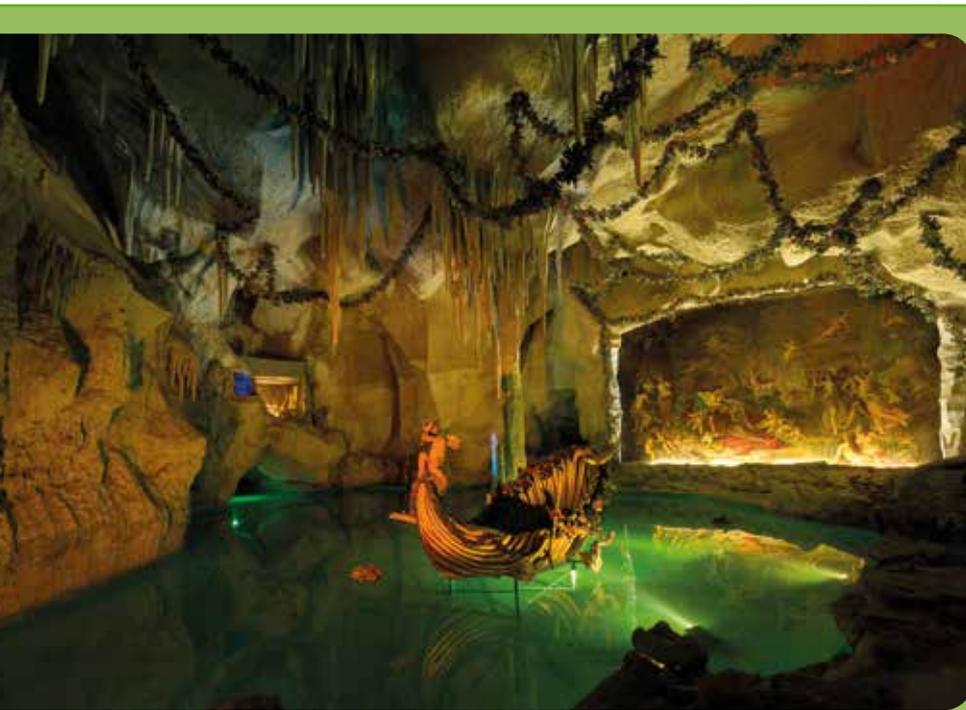
KANN MAN BLITZE EINFANGEN?

Der griechische Gott Zeus war ziemlich aufbrausend. Wenn er in Rage geriet, dann schleuderte er gerne ein paar Blitze auf die Erde und ließ es ordentlich krachen. So erklärten sich die Griechen in der Antike die Entstehung von Gewittern. Auch spätere Generationen glaubten, dass Blitz und Donner direkt aus dem Himmel gesandt würden, um die Menschen zu bestrafen.

Benjamin Franklin (1706–1790) wollte sich mit derlei Erklärungen nicht zufriedengeben. Er war sich sicher, dass es sich bei den Blitzen um Elektrizität handelt. Aber das musste erst bewiesen werden, um die abergläubischen Zeitgenossen zu überzeugen. Franklin baute einen einfachen Drachen und versah ihn mit einem dünnen Draht. Im Juni 1752 zog er mit



seinem Sohn beim ersten Gewitter ins Feld und ließ den Drachen steigen. Eine vielversprechende Wolke zog vorüber, ohne dass etwas passierte. Erst als Franklin schon fast aufgeben wollte, beobachtete er, wie sich einige der Fetzen, die an dem Draht hingen, aufrichteten. Als Franklin einen Metallschlüssel berührte, den er an dem Drachen befestigt hatte, erhielt er einen heftigen elektrischen Schlag. Was Franklin damals nicht wusste: Er hatte riesiges Glück gehabt. Denn ein Zeitgenosse, der Physiker Georg Richmann (1711–1753), starb bei dem Versuch, die elektrische Aufladung der Atmosphäre während eines Gewitters messen zu wollen. Er hatte dazu an seinem Haus eine Eisenstange mit einem Messgerät installiert. Als er das Messgerät ablesen wollte, schlug der Blitz in die Eisenstange ein. Richmann war sofort tot.



Irgendwann weg

Kohle, Erdöl und Erdgas sind aus abgestorbenen Lebewesen entstanden. Wir bezeichnen sie als »fossile Energieträger«, weil sie – wie Dinosaurierknochen – tief unter der Erde verborgen sind und erst hervorgeholt werden müssen. Und Energieträger heißen sie, weil in ihnen sehr viel Energie gespeichert ist. Energie, die wir nutzen, indem wir diese Stoffe verbrennen. **Kohle** entstand aus den Resten riesiger Urwaldbäume. 300 Millionen Jahre dauerte es, bis aus diesen Baumriesen Kohle entstand, die tief unter der Erde versteckt liegt. Riesige Mengen winziger Meereslebewesen (Plankton) mussten sterben, damit wir heute **Erdöl** und **Erdgas** nutzen können. Das passierte vor ungefähr 200 Millionen Jahren: In den tropischen Meeren sank das Plankton nach dem Absterben auf den Meeresgrund. Es entstand eine faulige Schlammschicht. Über dem Faulschlamm lagerten sich Sand und Ton ab. Darunter bildeten sich Erdöl und Erdgas.

Immer da

Wind, Wasser und Sonne sind immer da. Der Wind bläst, das Wasser fließt und die Sonne scheint. Im Gegensatz zu den fossilen Energieträgern können wir sie nicht aufbrauchen. Sie werden daher auch »erneuerbare« Energien genannt.



Die Energietänzer

Wäre es nicht eine feine Sache, wenn wir unsere Energie beim Laufen oder Tanzen selber erzeugen können? Es müsste doch möglich sein, die Energie, die dabei entsteht, irgendwie einzufangen. Unsinn? Keineswegs! Es gibt schon seit einigen Jahren Diskotheken, in denen die Tänzer Strom erzeugen. Der Boden einer stromerzeugenden Tanzfläche besteht aus flexibel gelagerten Platten. Bei jedem Tanzschritt werden die Platten nach unten gedrückt. Ein Generator wandelt die Bewegungsenergie dann in Strom um. Es gibt sogar Wissenschaftler, die sich ernsthaft damit beschäftigen, wie man aus alltäglichen Tätigkeiten wie Laufen oder Tanzen Energie gewinnen kann. Dieses ziemlich neue Forschungsgebiet nennt sich »Energy Harvesting«.

Späte Ehrung

Forscher brauchen viel Geduld und ein dickes Fell. Vor allem Letzteres fehlte dem Heilbronner Arzt Robert Mayer (1814–1878). Ihn interessierte, was Bewegung und Wärme miteinander zu tun haben. Dazu machte er zahlreiche Experimente. Seine Überlegungen veröffentlichte er 1842 in einem Buch. Dort formulierte er auch den Satz: »Energie bleibt immer erhalten. Sie wird weder erzeugt noch zerstört.« Die Physiker seiner Zeit verspotteten ihn. Fünf Jahre später aber behauptete auch der Engländer James Prescott Joule (1818–1889), dass Energie immer erhalten bleibt. Den Heilbronner Arzt Mayer erwähnte er dabei mit keinem Wort, obwohl er dessen Buch gekannt haben musste.



Robert Mayer war sehr enttäuscht. Als einige Jahre später auch noch seine zwei Kinder starben, versuchte er sogar, sich das Leben zu nehmen. Er kam daraufhin einige Monate lang in eine Heilanstalt.

Erst 20 Jahre später erkannten die Physiker, dass sie dem forschenden Arzt Unrecht getan hatten. Und die Royal Institution of Britain stellte fest: »Es gab in unserem Jahrhundert keinen größeren Geist als Robert Mayer.«

Besserwisser-Ecke

Der Satz, den Robert Mayer 1842 zum ersten Mal formuliert hat, wird »Energieerhaltungssatz« genannt. Weil Energie immer erhalten bleibt, kann sie auch nicht »verbraucht« werden oder »verloren« gehen. Die Menge an Energie bleibt immer gleich. Aber sie erscheint in unterschiedlichen Formen. Das Dynamo deines Fahrrad wandelt die Bewegungsenergie in elektrische Energie um und die wiederum lässt die Radlampe leuchten. Wilhelm Busch hat das schon 1881 verstanden und den Energieerhaltungssatz in dem Gedicht »Die Ohrfeige« beschrieben:



*»Hier strotzt die Backe voller Saft;
Da hängt die Hand, gefüllt mit Kraft.
Die Kraft, infolge von Erregung,
Verwandelt sich in Schwungbewegung.
Bewegung, die in schnellem Blitze
Zur Backe eilt, wird hier zu Hitze.
Die Hitze aber, durch Entzündung
Der Nerven, brennt als Schmerzempfindung
Bis in den tiefsten Seelenkern,
Und dies Gefühl hat keiner gern.
Ohrfeige heißt man diese Handlung,
Der Forscher nennt es Kraftverwandlung.«*
(Wilhelm Busch, *Balduin Bährlamm*, 1881)



Wenn du wissen willst, wie Energie gewonnen wird, wie Kraftwerke funktionieren und was die »Energie-wende« bedeutet, dann schau mal in den YouTube-Kinderkanal der Stadtwerke Hildesheim. Wie ein



Hackschnitzelheizkraftwerk funktioniert, erfährst du beispielsweise hier:

<https://youtu.be/6IMMOptZEEc>

www.obermenzinger.de

INFOABEND
31. JANUAR 2017
19:00 Uhr
Freseniusstr. 47

**IN EINER GUTEN
ATMOSPHÄRE LERNT
ES SICH LEICHTER!**

Staatlich anerkanntes Ganztagsgymnasium

- Bilingualer Zug: 3-5 Fächer auf Englisch
- Zwei-Pädagogen-Prinzip
- Wirtschaftswissenschaftlicher Zweig ab 8. Klasse
- ABiplus® – Berufsausbildung parallel zum Abitur



**OBERMENZINGER
GYMNASIUM**

EINE EINRICHTUNG DER MÜNCHNER SCHULSTIFTUNG ERNST v. BORRIES

www.ueberreiter.de

INFOABENDE
21. FEBRUAR 2017
4. MAI 2017
19:00 Uhr
Pariser Str. 30

**OHNE
PROBEUNTERRICHT
ZUM GYMNASIUM!**

Staatlich genehmigtes Ganztagsgymnasium

- Aufnahmegespräch statt Notenschnitt
- Intensive Hausaufgabenbetreuung
- Allgemeine Hochschulreife (Abitur)
- Aufnahme während des Schuljahres möglich – auch für Realschüler



**DR. FLORIAN ÜBERREITER
PRIVATGYMNASIUM**

EINE EINRICHTUNG DER MÜNCHNER SCHULSTIFTUNG ERNST v. BORRIES



Reines Lavendelöl (*Lavandula angustifolia* oil) kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein, es verursacht Hautreizungen, kann allergische Hautreaktionen verursachen und ist schädlich für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.

Die dunkle Seite

Naturstoffe sind nicht grundsätzlich weniger gefährlich als chemisch-synthetisierte Stoffe. Es kommt immer auf die Eigenschaften und die Anwendungsmenge des konkreten Stoffes an, nicht auf seine Herkunft aus der Natur oder aus einer chemischen Fabrik. Von Ursula Klaschka

A wide-angle photograph of a vast field of purple flowers, likely lavender, stretching towards a horizon. The sky is filled with soft, colorful clouds in shades of orange, pink, and purple, suggesting a sunset or sunrise. In the distance, a range of dark mountains is visible against the bright sky. The overall mood is serene and natural.

der Natur



Natürliche Körperpflegemittel haben bei vielen Verbraucherinnen und Verbraucher einen sehr guten Ruf als Alternative zu Körperpflegemitteln aus rein chemisch-synthetisierten Stoffen. Haben sie diesen guten Ruf zu Recht?

Konsumenten erkennen auf der Verpackung eines Körperpflegemittels, ob Naturstoffe enthalten sind: In der Inhaltsstoffliste (»ingredients«) sind sie in der Regel mit den lateinischen Namen der Pflanze, des Tieres oder des Pilzes aufgeführt, beispielsweise *Lavandula angustifolia* oil (Lavendelöl), *Helianthus annuus* oil (Sonnenblumenöl), *Rosa damascena* distillate (Rosendestillat).

Pflanzliche Naturstoffe, die in Körperpflegemitteln verwendet werden, stammen aus Kräutern (z.B. Rosmarin), Gemüse (z.B. Karotte), Heilpflanzen (z.B. Kamille) oder sind Wild- oder Gartenpflanzen (z.B. Krokus oder Brennnessel). Viele Naturstoffe eignen sich für den Einsatz in Körperpflegemitteln, weil sie gut riechen, eine geeignete Konsistenz haben oder hautpflegende, antimikrobielle oder andere Funktionen im Produkt erfüllen.

Zum Weiterlesen

E. Teuscher, U. Lindequist, *Biogene Gifte*, Stuttgart 2010.

BM Hansen, IK Vieluf, *Allergiepflanzen. Handbuch und Atlas. Kontaktallergene und allergische Frühreaktionen*, Landsberg/München 1997.

<http://echa.europa.eu/web/guest/information-on-chemicals/cl-inventory-database>

Gefahrstoffe in Naturkosmetik

Wer sich Zeit nimmt, kann für viele Stoffe – egal ob Naturstoff oder nicht – herausfinden, ob ein Gefahrstoff vorliegt. In der Europäischen Union werden gesundheits- und umweltgefährdende Chemikalien in Gefahrenklassen eingestuft und mit Piktogrammen gekennzeichnet, die in einer Datenbank für alle zugänglich sind. Es ist allerdings aufwendig, Daten zu Stoffen zu finden, die dort nicht aufgeführt sind. In der europäischen Liste der Körperpflegemittel-Inhaltsstoffe sind über 1300 Naturstoffe aufgeführt. 655 dieser Stoffe sind im sogenannten Einstufungs- und Kennzeichnungsverzeichnis (C&L-Inventory) aufgelistet, über die Hälfte davon ist als Gefahrstoff eingestuft und gekennzeichnet, meist aufgrund negativer Auswirkungen auf Haut und Augen. Die jeweiligen Einstufungen lassen sich sehr gut nachvollziehen, wenn man bedenkt, aus welchen Komponenten Naturstoffe jeweils bestehen. Häufige Bestandteile in Naturstoffen sind beispielsweise die allergieauslösenden Duftstoffe Citral, Farnesol, Limonen oder Linalool, so

Reiner Rosenextrakt (*Rosa damascena extract*) ist entzündbar, löst Hautreizungen und schwere Augenschäden aus, kann allergische Hautreaktionen, vermutlich genetische Defekte und Krebs verursachen und ist schädlich für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.

Was ist ein Naturstoff?

Ein Naturstoff ist definiert als »ein natürlich vorkommender Stoff als solcher, unverarbeitet oder lediglich manuell, mechanisch oder durch Gravitationskraft, durch Auflösung in Wasser, durch Flotation, durch Extraktion mit Wasser, durch Dampfdestillation oder durch Erhitzung zum Wasserentzug verarbeitet ...« (REACH-Verordnung).

Naturstoffe sind in der Regel Mischungen von vielen einzelnen chemischen Verbindungen aus sehr unterschiedlichen chemischen Stoffgruppen (z. B. Alkaloide, Lipide, Peptide, Phenole, Zucker, Terpene). Sonnenblumenöl enthält zum Beispiel diverse Fettsäuren. Extrakte, Öle oder Wachse, die aus Zitrusfrüchten gewonnen werden, enthalten meist Limonen (Betonung auf dem »e«) und andere Terpene (Betonung auf dem zweiten »e«).

Die genaue Zusammensetzung eines Naturstoffes hängt von vielen Faktoren ab (verwendete Materialien wie Wurzel, Frucht oder Blätter, Wachstumsbedingungen, Herstellungsverfahren) und kann daher stark schwanken.

dass sehr viele mit H317 (»kann allergische Hautreaktionen verursachen«) eingestuft werden.

In vielen Körperpflegemitteln sind Naturstoffe mit anderen Stoffen vermischt. Verbraucherinnen und Verbraucher verwenden sie also nicht in reiner Form. Wenn jedoch in einem Produkt zahlreiche Naturstoffe mit denselben Komponenten, z. B. Farnesol, enthalten sind, ist die Konzentration im Gesamtprodukt natürlich entsprechend größer. Wer außerdem täglich mehrfach Körperpflegemittel verwendet, erhöht zusätzlich die Menge, die auf den eigenen Körper aufgetragen wird.

Nach der europäischen Verordnung zur Einstufung und Kennzeichnung sollen Gefahrstoffe mit geeigneten Hinweisen zum sicheren Umgang versehen werden. Bei reinen Naturstoffen, die allergische Hautreaktionen verursachen können, sind das zum Beispiel die folgenden Empfehlungen: P280 »Schutzhandschuhe, Schutzkleidung Augenschutz, Gesichtsschutz tragen« und P302+352 »Bei



Kontakt mit der Haut mit viel Wasser und Seife waschen.« Für ein Körperpflegemittel, das mehrere dieser Inhaltsstoffe enthält, wären das Ratschläge, die zeigen, dass es ratsam ist, dieses Produkt sehr sparsam zu verwenden oder zu vermeiden.

Unter den Naturstoffen, die in Körperpflegemitteln eingesetzt werden dürfen, sind sogar einige als krebserzeugend, mutationsauslösend und fortpflanzungsschädigend eingestuft, z. B. *Artemisia dracunculus extract* (Estragonextrakt), *Illicium verum oil* (Sternanisöl), *Rosa damascena distillate* (Destillat der Damazenerrose) oder *Urtica urens extract* (Brennnesselextrakt). Mehr als 300 Pflanzen enthalten natürliche Phytoöstrogene, Stoffe, die wie weibliche Geschlechtshormone wirken. Darunter sind auch einige, die in Körperpflegemitteln eingesetzt werden, wie z. B. Lavendelöl. Zahlreiche Naturstoffe, die Wirkstoffe enthalten und zu therapeutischen Zwecken eingesetzt werden, wie z. B. *Chamomilla recutita extract* (Kamillenextrakt), werden ebenfalls als gesundheits- und umweltgefährdend eingestuft.

Reiner Kamillenextrakt (*Chamomilla recutita extract*) kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein, verursacht Hautreizungen, kann allergische Hautreaktionen auslösen und ist schädlich für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.



Reines Rosmarinöl
(*Rosmarinus officinalis* oil)
ist entzündbar, kann bei
Verschlucken und Eindringen
in die Atemwege tödlich sein,
kann allergische Hautreaktio-
nen und vermutlich geneti-
sche Defekte verursachen
und kann die Organe
schädigen.

Gift für Wasserorganismen

Der größte Teil der Inhaltsstoffe von Körperpflegemitteln wird beim Gebrauch wieder vom Körper abgewaschen und landet im Abwasser, jeden Tag, überall. Deshalb ist es wichtig, sich über Wirkungen auf Wasserorganismen Gedanken zu machen. Der tägliche Eintrag in die Umwelt führt dazu, dass auch bioabbaubare Stoffe in den Oberflächengewässern gemessen werden können. So ist z.B. das gut abbaubare Coffein ein Abwasserindikator.

Mehr als die Hälfte der natürlichen Gefahrstoffe in Körperpflegemitteln sind auch schädlich für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung, z.B. einige Citrus-Zubereitungen, *Cupressus sempervirens* extract (Zypressenextrakt), *Picea excelsa* extract (Fichtenextrakt) oder *Pinus sylvestris* leaf extract (Waldkiefernnaadelextrakt). Bestandteile wie Limonen, Pinen (Betonung auf dem »e«), Benzylbenzoat, Benzylsalizylat, Bisabolol oder Ocimen sind verantwortlich für diese Einstufungen. Die Umweltauswirkungen von Naturstoffen sind auch deshalb relevant, weil sie sich auch in anderen Einsatzgebieten wachsender Nachfrage erfreuen. So wird zum Beispiel Orangenöl bei der Erdgasgewinnung mittels Hydraulic Fracturing (»Fracking«) als Lösemittel direkt in die Umwelt eingebracht. Einige Giftstoffe aus Pflanzen (Phytotoxine) werden als

Reiner Krokusextrakt
(*Crocus sativus* extract)
ist entzündbar und
kann vermutlich Krebs
erzeugen.



Harmlose Naturkosmetik? Mythen und Fakten.

- »Naturstoffe sind immer weniger schädlich als Chemikalien, die die Chemieindustrie herstellt.« NEIN. Es kommt auf die chemische Zusammensetzung einer Chemikalie an, welche Wirkungen sie hat. Das ist unabhängig davon, wo sie herkommt. Naturstoffe bestehen meist aus vielen Einzelkomponenten und haben oft eine variable Zusammensetzung. Dagegen können Chemiker einzelne Verbindungen industriell sehr sauber synthetisieren.
- »Naturstoffe schädigen die Umwelt nicht.« NEIN. Es gibt viele Giftstoffe aus Pflanzen (Phytotoxine), die umweltgefährdend sind. Auch zahlreiche pflanzliche Inhaltsstoffe in Körperpflegemitteln schädigen Wasserlebewesen und sind schlecht biologisch abbaubar.
- »Alle Bestandteile von Nahrungsmitteln sind auf der Haut gut verträglich.« NEIN. Zum einen werden beim Kochprozess und bei der Verdauung Stoffe entgiftet, zum anderen ist der Aufnahmeweg über die Haut anders als über den Verdauungstrakt. Zum Beispiel können Nahrungspflanzen, die Kontaktallergene enthalten, gut verdaut werden, aber auf der Haut schädigend wirken. Zudem beeinflusst die Sonneneinstrahlung Chemikalien auf der Haut, was zu weiteren Unverträglichkeiten führen kann (Phototoxizität).
- »Bioprodukte sind frei von Gefahrstoffen.« NEIN. Produkte, die der EU-Bioverordnung entsprechen, sind nicht mit Pestiziden belastet, da diese bei der Herstellung nicht erlaubt sind, und sie werden in einer umweltverträglicheren landwirtschaftlichen Praxis hergestellt. Aber sie können die natürlichen Gefahrstoffe enthalten, so wie konventionell erzeugte Naturprodukte auch.
- »Alle Inhaltsstoffe stehen auf der Verpackung von Körperpflegemitteln.« NEIN. Naturstoffe bestehen aus vielen Komponenten, die nicht einzeln auf der Verpackung aufgeführt sind, auch nicht, wenn es sich um allergene Duftstoffe handelt. Allergene Duftstoffe werden nur namentlich aufgeführt, wenn sie in reiner Form eingesetzt werden, wie z. B. Citral, Citronellol, Farnesol, Geraniol, Limonen oder Linalool.
- »Körperpflegemittel mit Naturstoffen sind immer frei von allergenen Duftstoffen.« NEIN. Auf fast allen untersuchten Körperpflegemitteln sind allergene Duftstoffe namentlich aufgeführt oder Naturstoffe, die allergene Duftstoffe als Komponenten enthalten, aufgelistet.
- »Traditionelle Naturkosmetik, wie sie schon seit langer Zeit verwendet wird, ist harmlos.« NEIN. Im alten Ägypten wurden Bleisalze, Antimon oder Kupfer in Kosmetika eingesetzt, Stoffe, die heute als hochgiftig bekannt sind. Auch der Naturstoff Henna (*Lawsonia inermis* extract), das seit langer Zeit als Haut- und Haarfärbemittel verwendet wird, kann die Organe schädigen und allergische Hautreaktionen hervorrufen. Der Hauptbestandteil von Henna ist Lawsone, das Hautreizungen und schwere Augenreizung verursacht und die Atemwege reizen kann.



Reiner Brennnesselextrakt (*Urtica urens extract*) kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen.

wirkungsvolle Herbizide vermarktet. Solche Biopestizide, wie z.B. Rotenon, Neembaumöl oder Teebaumöl, können sehr schädlich für Mensch oder Umwelt sein.

Gefahr in Gemüse und Gewürzen

Auch Gemüse- und Gewürzpflanzen können Gefahrstoffe enthalten. Manche Giftstoffe werden beim Kochen (z.B. sollte man nie rohe Bohnen essen) oder während der Verdauung unschädlich gemacht. Die traditionelle Küche verwendet giftige Pflanzenteile nicht und lagert Lebensmittel so, dass keine Giftstoffe gebildet werden (z.B. bewahrt man Kartoffeln im Dunkeln auf, da sie im Licht grün und hochgiftig werden). Bei den meisten Gewürzpflanzen ist die Aufnahmemenge über die Nahrung sehr gering und damit überwiegen die positiven Wirkungen für Verdauung und Appetitanregung.

Bei der Anwendung auf der Haut sind Wirkungen wie Allergieauslösung, Hautreizung oder Phototoxizität wichtig, die bei der Nahrungsaufnahme unbedeutend sind: Karottenöl oder Zitrusöl z.B. enthalten die Duftstoffe Linalool, Limonen, Citral und Geraniol, die bekannte Auslöser von Kontaktallergien sind. Außerdem ist die Haut als unser größtes Organ sehr aufnahmefähig für bestimmte Stoffe, z.B. für das giftige Cumarin.

Entscheidend für die Giftigkeit eines chemischen Stoffes sind daher nicht nur die chemische Struktur und die Menge, sondern auch der Aufnahmeweg und die Darreichungsform.

Sind Körperpflegemittelprodukte mit Naturstoffen bedenklich?

Eine Prüfung der Inhaltsstofflisten von hundert Naturkosmetikprodukten ergab erfreulicherweise, dass die Naturstoffe, die am häufigsten eingesetzt werden, keine Gefahrstoffe sind, z.B. *Helianthus annuus* seed oil (Sonnenblumenöl) oder *Olea europea* oil (Olivenöl) oder *Xanthan gum* (Xanthan), *Simmondsia chinensis* oil (Jojobaöl) oder *Butyrospermum parkii* butter (Sheabutter). Es war jedoch kein Produkt darunter, in dem mit Sicherheit kein gefährlicher Naturstoff enthalten war. Fast alle Körperpflegemittel mit Naturstoffen enthielten allergieauslösende Duftstoffe, entweder namentlich genannt oder als Bestandteil

Was sollten Verbraucherinnen und Verbraucher beachten?

- Gehen Sie achtsam und sparsam mit Körperpflegemitteln um, und wägen Sie Nutzen und möglichen Schaden ab.
- Befolgen Sie die Verwendungsempfehlungen auf den Verpackungen und gehen Sie mit Werbeaussagen kritisch um.
- Bevorzugen Sie Produkte ohne Duftstoffe und Konservierungsstoffe.
- Bevorzugen Sie Produkte, die mit dem Logo des Deutschen Allergie- und Asthmaverbandes ausgezeichnet sind.
- Informieren Sie sich vorher sehr gut, wenn Sie Naturkosmetika selbst zusammenmischen und einsetzen.
- Verwenden Sie lieber Tuben oder Flaschen als offene Tiegel, bei denen sich leicht Mikroorganismen ansiedeln können.
- Ersetzen Sie Körperpflegemittel, die älter als ein Jahr sind.



DIE AUTORIN

Prof. Dr. Ursula Klaschka ist Professorin an der Hochschule Ulm und befasst sich in ihren Forschungsprojekten mit Regelungen zu Gefahrstoffen in Alltagsprodukten.

in natürlichen Inhaltsstoffen. Das allergene Potenzial eines Stoffes ist unabhängig davon, ob er aus der Natur kommt oder von der chemischen Industrie, sondern es hängt alleine von der chemischen Struktur des Stoffes, der Konzentration, der Reinheit und den Wechselwirkungen mit anderen Chemikalien ab.

Normalerweise müssen Produkte mit gefährlichen Inhaltsstoffen, wie Wasch- und Reinigungsmittel oder Klebstoffe, von den Herstellern eingestuft und mit Gefahrensymbolen gekennzeichnet werden. Kaum jemand weiß, dass es für Kosmetika eine Ausnahmeregelung gibt: Sie müssen nicht eingestuft und gekennzeichnet werden, auch wenn sie Gefahrstoffe enthalten. Deshalb haben Konsumenten keine Möglichkeit zu erkennen, ob ein Körperpflegemittel Gefahrensymbole tragen müsste oder nicht. Hier gibt es keinen Unterschied zwischen Körperpflegemitteln aus Naturstoffen oder aus chemisch-synthetisierten Stoffen. Jeder Konsument und jede Konsumentin muss selbst anhand der Inhaltsstofflisten erkennen, ob das Produkt Stoffe enthält, die er oder sie verwenden will oder nicht. Bei Naturstoffen ist die Situation noch schwieriger als bei den chemisch-synthetisierten Stoffen, weil Naturstoffe wie oben beschrieben aus zahlreichen chemischen Einzelkomponenten bestehen und man deren Eigenschaften, Wirkungen und Wechselwirkungen nur mit umfangreichen Fachkenntnissen und großem Aufwand bestimmen kann.

Wer allergieauslösende Stoffe vermeiden will, könnte zum Beispiel in der Inhaltsstoffliste des Produkts den häufigen allergenen Duftstoff Limonen beachten. Zudem sollte sie oder er wissen, dass z.B. auch *Citrus medica limonum* oil (Orangenschalenöl), *Cupressus sempervirens* oil (Zypressenöl), *Cymbopogon martini* oil (Palmarosaöl), *Eucalyptus globulus* oil (Eukalyptusöl) oder *Rosmarinus officinalis* leaf oil (Rosmarinöl) Limonen enthalten. Auf der Verpackung steht diese Information nicht. Allergiker sollten sich daher über die genaue chemische Zusammensetzung von Naturstoffen in ihren Produkten informieren, bevor sie sie anwenden wollen. Auch Produkte mit Naturstoffen, die sich »parfümfrei« nennen, enthalten mit großer Wahrscheinlichkeit einige der allergieauslösenden Duftstoffe als Bestandteile der Naturstoffe. ■■



Wenn Maschinen moralisch werden

Es ist längst keine Science-Fiction mehr: Algorithmen übernehmen Schritt für Schritt alltägliche Tätigkeiten, die bisher von Menschen ausgeführt wurden. Autofahren zum Beispiel. Nicht einmal die Moral haben wir mehr für uns gepachtet. Von Eduard Kaeser

Man stelle sich folgendes Szenario vor: Wir leben im Zeitalter des intelligenten Autos. Dank eingebauter ausgeklügelter künstlicher Sensorik und Orientierungshilfe fährt es selbstständig, übernimmt alle Funktionen, die früher der Fahrer ausführte. Mehr noch: Das Vehikel verfügt sogar über einen »ethischen« Bordcomputer, der darauf programmiert ist, seine Insassen und die Insassen anderer Autos vor Schaden zu bewahren. Ich sitze in meiner »moralischen Maschine«, die mit 60 km/h über eine Brücke mit Einbahnverkehr fährt. Ein Schulbus voller Kinder kommt mir in voller Fahrt entgegen. Soll mein Auto ausweichen, womöglich von der Brücke stürzen und mein Leben gefährden, um das Leben der Kinder zu retten? Das künstliche Bordgewissen muss sich innerhalb von Millisekunden entscheiden. Führt es eine ultraschnelle Schaden-Nutzen-Rechnung durch? Wägt es einfach die Anzahl der Insassen gegeneinander ab? Steht es in programmierter Loyalität unbedingt zu mir und riskiert eine Kollision? Was tut es?

Das ist keine Science-Fiction. Robotiker, Informatiker, Mathematiker, Psychologen, Soziologen, vermehrt auch Philosophen tüfteln unentwegt an Automaten herum, die unter bestimmten Umständen derartige Entschlüsse fällen müssen. Ein selbst navigierendes Auto, entwickelt von Google, ist bereits in mehreren US-Staaten zugelassen. Bevorzugte Studienobjekte sind Robotersoldaten, die anstelle von Menschen auf moralisch heikles Terrain

geschickt werden können. Zum Beispiel synthetische Scharfschützen, angesetzt auf Terroristen. Sie wären nicht nur schneller, stärker und verlässlicher als ihre humanen Partner, sie erwiesen sich auch als immun gegenüber Panik, Stress, Rachegelesten und anderen emotionalen Kollateralstörungen. Dass solche Projekte aus dem Gehege der Science-Fiction ausgebrochen sind, zeigt ein Bericht von Human Rights Watch mit dem Titel *The Trouble with Killer Robots* (November 2012). Die Waffensysteme des 21. Jahrhunderts werden »intelligent« sein. In Anbetracht der Risiken und Ungewissheiten, die solche Maschinen in unser Leben einführen, so der Schluss des Berichts, sollten Regierungen die Produktion von autonomen Waffen national und international verbieten.

Diese prohibitionistische Haltung erscheint bei Waffensystemen plausibel. Aber die Ausbreitung künstlicher Systeme in unserer Gesellschaft ist eine Realität, die wir nicht einfach verbieten können. Immer mehr Maschinen besetzen die Nischen des Humanen. Sie übernehmen das Planen, Berechnen, Voraussehen, sie werden im Haushalt, in der Betreuung von Betagten, in öffentlichen Räumen eingesetzt. Zu schweigen von den virtuellen Räumen, wo schon längst künstliche Agenten ohne Einflussnahme des Menschen operieren. Warum sollten solche Operationen nicht auch moralisch gefiltert werden? Den meisten Menschen mutet bereits der Gedanke ehrenrührig an, einer Maschine einen Moralkodex quasi als Subprogramm zu implementieren – ein weiterer Schlag der Ernüchterung nach Kopernikus, Darwin, Freud, Turing. Ist denn Moral etwas Maschinelles oder Rechnerisches? Tun wir nicht Gutes aus Einsicht, Gesinnung, Mitgefühl? Fürs Erste nimmt man der Frage etwas von ihrer Anstößigkeit, wenn man bedenkt, dass Menschen in vielen Situationen routinemäßig, förmlich, berechnend agieren. Schon im 19. Jahrhundert sprachen Philosophen wie Jeremy Bentham und James Stuart Mill von der »moralischen Arithmetik«. In diesem Sinn tun Ärzte, medizinisches Pflegepersonal, Sozialarbeiter, Polizisten oder Seelsorger oft Gutes rein »arithmetisch«. Es ist exakt diese standardisierbare Verhaltens-»Apparatur«, die den Ingenieuren als Muster zum Bau moralischer Maschinen dient. Das Hauptkriterium des Guten liegt für sie im Resultat, nicht in der Gesinnung.



So gesehen liegt der Delegation moralischen Unterscheidungsvermögens an Artefakte nichts im Wege. Dabei muss man sich auch von der gängigen Ansicht lösen, dass Maschinen nur das tun, was man ihnen zu tun gebietet. Dieser Ansicht gemäß »schützt« mich der ethische Bordcomputer nicht aus eigenen Stücken, sondern weil ihm einprogrammiert wurde, mich zu schützen. Er handelt – wie Kant gesagt hätte – gemäß moralischen Regeln, nicht aus Einsicht in sie. Nun hat sich freilich das Programmieren selbst verändert. Es bedeutet nicht mehr einfach eine Befehlsfolge vorgeben. Maschinen werden heute trainiert, nicht programmiert. Sie bringen sich selber Dinge bei. Die elektrischen Schaltkreise wollen nicht einfach gebaut und gewartet, sie wollen umsorgt und aufgezogen werden. Artificial robotics nennt man das in Ahnlehnung an die Biologie, frei übersetzt etwa mit »Brutpflege-Robotik«. Warum sollte man dem Maschinen-»Kind« nicht auch ein moralisches Verhaltensrepertoire beibringen?

Ein Schritt in Richtung moralischer Maschinen ist übrigens schon längst erfolgt, in Gestalt von Sicherheits- und Warnanlagen. Viele Geräte »behüten« uns und »wissen«, was gut für uns ist. Das Auto piepst, wenn ich nicht angegurtet bin. Saab entwickelte den »Alcokey«, einen Schlüssel mit eingebautem Atemprüfsensor, der das Auto nur öffnet, wenn ich die Promillegrenze einhalte. Leicht auszumalen eine Weiterentwicklung, in der mein Auto mittels Internet und GPS registriert, vor welcher Bar ich parke, um sich dann nach Konsultation der Daten über mein normales Trinkverhalten und überschrittener berechneter Zeitlimits vorsorglich zu verriegeln (vielleicht fährt es mich aber bald schon selber nach Hause).

Solch paternalisierende Technologie ist allerdings ethisch blind. Das heißt: Moralisches Handeln hängt nicht einfach von einem einprogrammierten Kodex ab, sondern – viel sensibler – vom besonderen Kontext. Wäre mein Auto wirklich ein moralischer Agent, dann würde es z.B. unterscheiden zwischen der Situation, in der ich nach ein paar Gläsern einfach nach Hause fahren will, und der Situation, in der ich plötzlich beim Abendessen mit gutem Wein mein Kind in die Notaufnahme fahren muss, weil es sich mit dem Messer verletzt hat. Obwohl beide Situationen in moralischer Hinsicht völlig verschieden sind,

reagiert das Auto autistisch: Alkoholpegel überschritten – kein Fahren möglich! Das Beispiel zeigt: Technik müsste sich aus diesem autistischen Zustand lösen und kontextsensibel werden, um je in ethisch relevantem Sinn zu einer ebenbürtigen Partnerin in der Mensch-Maschine-Interaktion heranzureifen. Kann sie das? Sagen wir niemals »nie«.

Einen Schritt Richtung ethischen Verhaltens markiert z. B. der Roboter Nao für die Krankenpflege, der von der Philosophin Susan Leigh Anderson und dem Computerwissenschaftler Michael Anderson im Jahr 2010 entwickelt worden ist. Eine Aufgabe des Roboters ist es, die Medikamenteneinnahme des Patienten zu überwachen. Man gibt der Maschine drei ethische Parameter vor, quasi ein primitives Pflichtendreieck: Respekt vor der Patientenautonomie – dem Patienten zu dessen Wohlergehen helfen – den Patienten vor Schaden schützen. Der Algorithmus des Roboters »liest« zunächst aus einer Vielzahl von Fällen eine leitende Maxime heraus: Du sollst die Entscheidung des Patienten dann missachten, wenn sie ihm schadet oder wenn sie deine Pflicht, dem Patienten zu helfen, verletzt. Den solcherart mit Maxime und Pflichten ausgestatteten Roboter gibt nun der Arzt den nötigen Input ein, z. B. wann das Medikament einzunehmen ist, maximaler Nutzen bei richtiger Einnahme, maximaler Schaden bei Nichteinnahme, Zeitdauer, bis Nutzen bzw. Schaden eintreten, usw. Daraus errechnet nun der Roboter jeweils die Gewichtung seiner drei Pflichten, und dementsprechend agiert er im Laufe der Zeit und passt sich der Situation an. Zu einer Pflichtenkollision kann es etwa dann kommen, wenn der Patient sich weigert, das Medikament einzunehmen. Der Roboter muss seine Autonomie respektieren, aber möglicherweise eben doch nicht, wenn sich der Patient durch seinen Entscheid selber schadet. In einem solchen Fall benachrichtigt der Roboter den beaufsichtigenden Arzt.

Die Wortführer der neuen Technologien verbreiten die unverdrossene Zuversicht, dass es nur eine Frage der Zeit sei, bis die internen Abläufe dieser Geräte eine Selbstkontrolle erreicht haben werden, die wir weder vollständig einsehen noch vollständig steuern können. Minimale Außenkontrolle – maximale Selbstkontrolle. Definiert das nicht die Autonomie einer menschlichen Person, zumindest seit der Aufklärung? Müsste man dann aber nicht auch einem



künstlichen System einen solchen quasi-personalen Status zubilligen, wenn es die nötige »Selbstbestimmung« mit sich bringt? Für diese Idee brach der amerikanische Philosoph Hilary Putnam schon vor über fünfzig Jahren eine spekulative Lanze: »Es wäre ein Roboter denkbar, der bis hinab zur neuronalen Ebene mit uns übereinstimmt. Warum sollte man nicht sagen: Dieser Roboter ist eine Person, deren Gehirn zufällig mehr Metall und weniger Wasserstoff enthält?« Wie knifflig die Konstruktion eines solchen Roboters auch sein mag, das ist keine bloße Frage des Designs und der Technikfolgenabschätzung mehr, sondern einer künftigen menschlich-maschinellen Kohabitation.

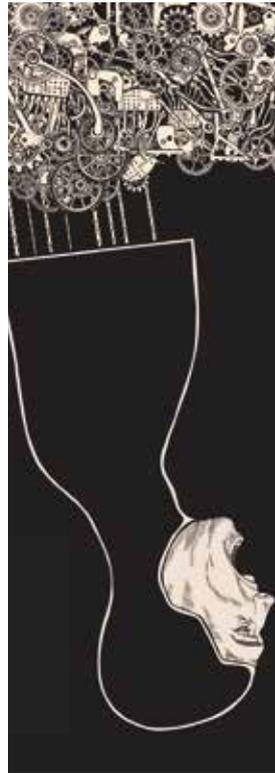
Sie stellt uns vor noch ganz andere Probleme, z. B. vor das folgende: Der britische Mathematiker Irving John Good (ein Mitarbeiter von Alan Turing in der Entzifferung der ENIGMA-Verschlüsselungsmaschine der Deutschen im Zweiten Weltkrieg) brachte in den 1960er Jahren die Idee einer ultraintelligenten Maschine auf, die nicht nur dem intelligentesten Menschen überlegen ist, sondern nun selbst intelligentere Maschinen entwerfen kann, die ihrerseits wiederum intelligentere Maschinen entwerfen – eine »Intelligenzexplosion«. »Deshalb,« so Good, »ist die erste ultraintelligente Maschine die letzte Erfindung, die der Mensch machen muss, vorausgesetzt, die Maschine ist gutmütig genug, uns mitzuteilen, wie sie unter Kontrolle gehalten werden kann.«

Diese »letzte Erfindung« – eine typische Mathematiker-Kopfgeburt – schlägt heute die Technologen in ihren Bann. Sie wird »technologische Singularität« genannt, also eine Art von Übergang in das Zeitalter, in dem die künstliche Intelligenz jene des Menschen hinter sich gelassen haben wird. Ray Kurzweil, einer der Hohepriester der Singularität, erwartet sie um die Jahrhundertmitte. Bei aller erlösungsbeschwipsten oder endzeitbanger Aufgeregtheit über dieses eschatologische Ereignis sind sich aber relativ wenige Designer künstlicher Systeme des zentralen ethischen Problems bewusst, das Good mit seiner Kautel angesprochen hatte: Wie versichern wir uns der Gutgesinntheit der kommenden Maschinengenerationen?

1979 wurde der erste Mensch, Robert Williams, durch einen Roboter am Fließband des Ford-Werks in Michigan getötet. Bis dato nannte man das Unfall. In dem Maße aber,

in dem wir Maschinen in den Kreis von »unseresgleichen« aufzunehmen bereit sind, die Mensch-Maschine-Beziehung also »symmetrischer« wird, müssen wir die Möglichkeit ins Auge fassen, ein Programm zur Rechenschaft zu ziehen, ihm Verantwortung zu unterstellen. Muss also bei Geschwindigkeitsübertretung das Auto büßen und nicht der Fahrer? Die Informatikerin Ann Nicholson und der Informatiker Kevin Korb haben darauf eine einleuchtende Antwort gegeben: indem wir gut gesinnte Maschinen konstruieren, d. h. das Projekt einer »ethischen« Künstliche-Intelligenz-Forschung ernst nehmen. Sie wäre nicht nur eine Konstruktionsaufgabe, sondern auch eine Aufforderung zur ethischen Reflexion innerhalb unserer eigenen Spezies: Woran bemisst sich moralisches Handeln; am Befolgen von Geboten; an der Pflege bestimmter Tugenden; an den Konsequenzen der Handlungen; an der Fähigkeit zum Mitleid? Solche Fragen, traditionell in Philosophie-seminarien verhandelt, erhalten auf einmal eine konkret-technische Dringlichkeit, wenn man sie in Robotiklabors stellt; wenn es darum geht, Artefakte zu bauen, die unseren Vorstellungen eines guten Zusammenlebens entsprechen sollen. Wählt man z. B. als Ansatz eine Moraltheorie, welche das Mitleid ins Zentrum stellt, müssten künstliche moralische Agenten leidensfähig werden, d. h. ein unserer Schmerzphysiologie analoges künstliches Schmerzsystem aufweisen. Eine für die Biorobotik wohl harte Knacknuss. Es gibt zudem Philosophen, z. B. Thomas Metzinger in Mainz, die dafür plädieren, gar nicht erst mit solchem Maschinenbau anzufangen, weil man dadurch die Wahrscheinlichkeit zusätzlichen, nämlich künstlichen, Leidens erhöhe.

Welche technischen Hindernisse auch zu überwinden wären, in dem Maße, in dem wir Maschinen in den Kreis von »unseresgleichen« aufzunehmen bereit sind, wird der Maschinenbau zu einer ethischen Herausforderung. Isaac Asimov, ein Klassiker der Science-Fiction, formulierte in den 1940er Jahren seine viel diskutierten drei Gebote der Roboterethik, die das Zusammenleben von Mensch und Maschine regeln. 1. Ein Roboter soll weder durch sein Tun noch sein Lassen einem Menschen Schaden zufügen. 2. Ein Roboter soll den menschlichen Befehlen gehorchen – es sei denn, ein solcher Befehl würde Gebot eins widersprechen.



DER AUTOR

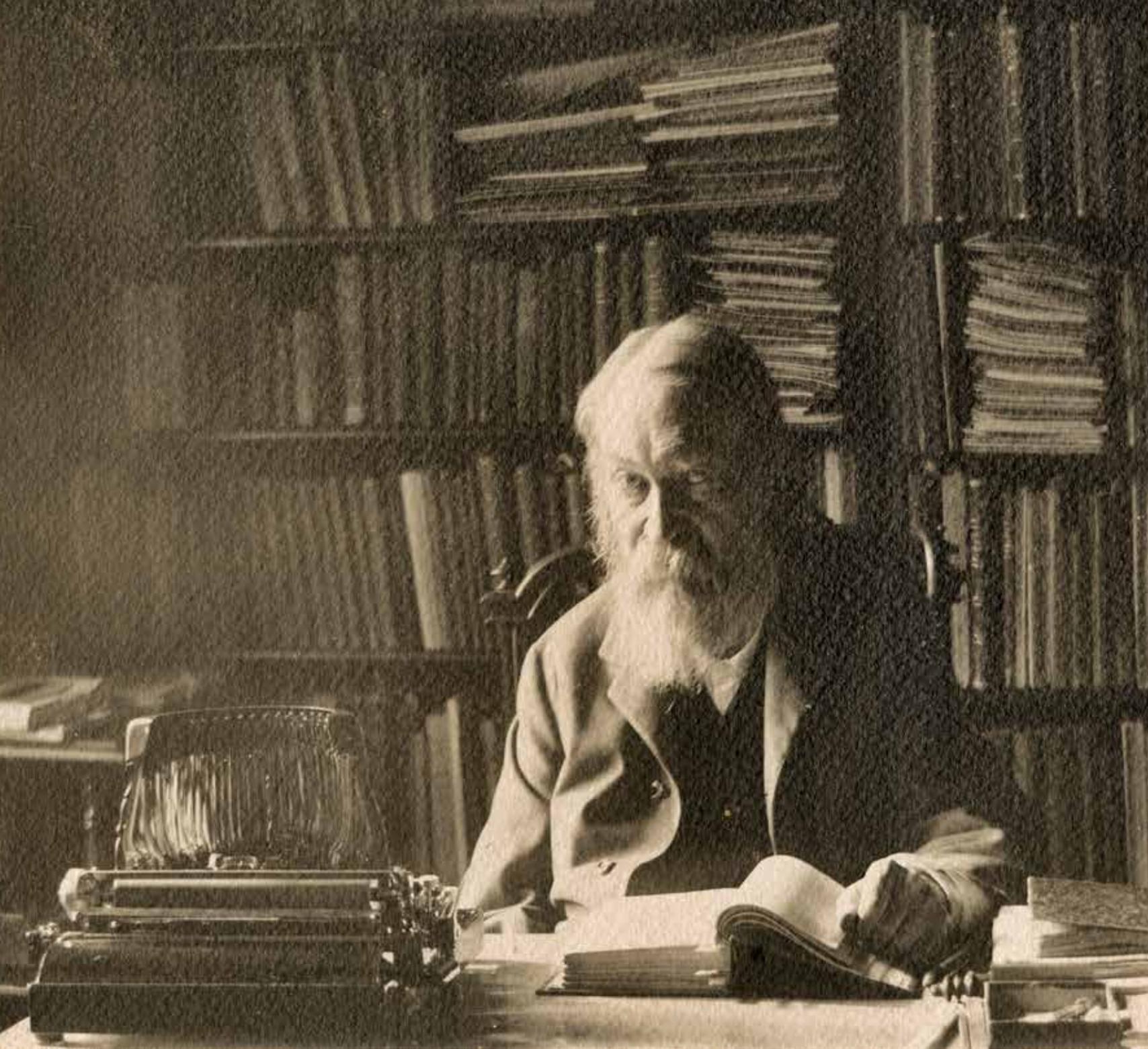
Dr. Eduard Kaeser

studierte Theoretische Physik und Philosophie. Als Publizist thematisiert er Aspekte des Körper-Geist-Problems und beschäftigt sich mit der Rolle des Menschen in einer Welt der Informations- und Kommunikationstechnologie.

3. Ein Roboter soll seine Existenz beschützen, solange dieser Schutz nicht Gebot eins oder zwei widerspricht.

Wir könnten einem Roboter Asimovs Gebote implementieren. Aber dadurch entstehen weitere Probleme. Man muss nur »Roboter« durch »Sklave« ersetzen, um die ethische Brisanz der Gebote zu konstatieren. Denn wenn wir Roboter als echte moralische Agenten anerkennen, würde dies nichts anderes bedeuten, als ihnen eine Art von Sklavenmoral einzubauen – wie wenn wir eine bestimmte menschliche Gruppe der Legislation solcher Gebote unterwürfen. Asimovs Roboter-Ethik ist »human-chauvinistisch«. Die zu moralischem Bewusstsein erwachten Maschinen könnten sie als »ungerecht« wahrnehmen und gegen den Menschen aufbegehren. Das ist ein gängiger literarischer Topos seit Karel Capeks Stück *Rossums Universal-Robots* (1920), der mit ermüdender Regelmäßigkeit wiederkehrt. Ich halte die Möglichkeit, dass wir mit Maschinen dereinst auf »moralischer Augenhöhe« verkehren werden, für einen spekulativen Flirt. Man kann auch mit einem der größten Science-Fiction-Autoren, Stanislaw Lem, leicht genervt fragen: Wozu, zum Teufel, brauchen wir eigentlich eine Maschine, die den Menschen so hervorragend simuliert, dass sie in ihrem Verhalten nicht mehr vom Menschen unterscheidbar ist?

Die Antwort fällt (einstweilen) leicht: Wir brauchen sie nicht. Wozu dann die ganze Aufregung? Sie schärft unsere Aufmerksamkeit für die inhärenten Mehrdeutigkeiten, die alle ethisch relevanten Situationen kennzeichnet. Das heißt, Maschinen moralisch erziehen zu wollen, verlangt von uns, selber über die Bücher zu gehen und uns vielleicht präziser denn je zuvor Rechenschaft zu geben, was denn »eigentlich« moralisch ist an der menschlichen Moralität. Vergessen wir nicht, dass auf vielen ethischen Minenfeldern – Abtreibung, Euthanasie, Multikulturalität, wirtschaftliches Management, tragischerweise nicht zuletzt: Waffenbesitz – auch unter den humanen moralischen Agenten alles andere als ein Konsens herrscht. Um beim fiktiven Beispiel zu Beginn zu bleiben: Die Lektion künstlicher moralischer Agenten könnte darin bestehen, in Situationen, wo es wirklich darauf ankommt, doch lieber selber das Steuer in die Hand zu nehmen, solange dies noch möglich ist. Im buchstäblichen wie im übertragenen Sinn. ■■

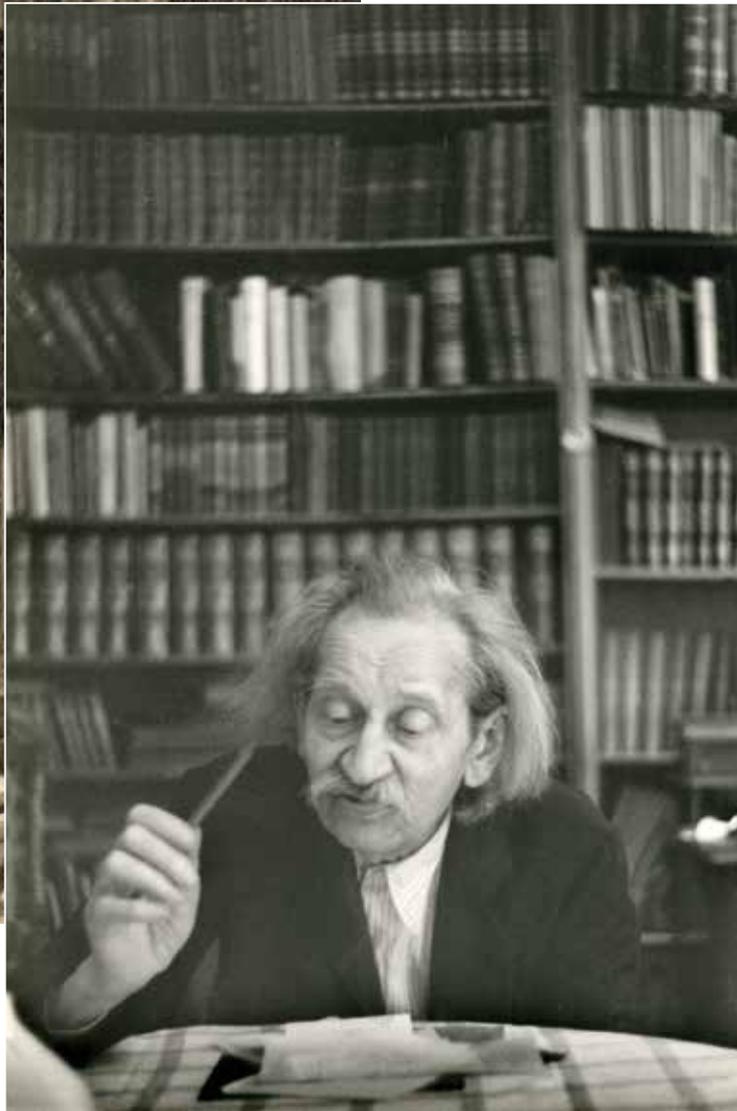


»Licht und Schatten«

Ernst und Ludwig Mach, Sonderausstellung im Deutschen Museum.

Von Wilhelm Füßl und Johannes-Geert Hagmann

Ernst Mach (Bild links) und Ludwig Mach (Bild unten) vor ihren Bibliotheken. Die Ähnlichkeit der Aufnahmen ist frappierend. Ludwig Mach erscheint dabei in der Nachfolge und an Stelle seines Vaters.



Als Physiker und Philosoph war Ernst Mach (1838–1916) eine der prägenden Persönlichkeiten an der Schwelle zum 20. Jahrhundert. Mit seinem ältesten Sohn Ludwig Mach (1868–1951) verbanden ihn viele gemeinsame Arbeiten, die jedoch heute kaum mehr bekannt sind. Zum hundertsten Todesjahr von Ernst Mach zeigt das Deutsche Museum eine Sonderausstellung zur wechselhaften Zusammenarbeit der beiden Wissenschaftler.

»Was für eine sonderbare Familie sind wir! Man wird später Bücher über uns – nicht nur über einzelne von uns – schreiben«, prophezeite der

Schriftsteller Klaus Mann (1906–1949) in seinen Tagebüchern das Schicksal seiner Angehörigen. Ob die Manns in der Literatur, die Bachs in der Musik oder die Chaplins im Schauspiel: Berühmte Familien, in denen Begabungen und Leidenschaften über Generationen weitergetragen werden, kennt jeder. Auch in der Wissenschaft gibt es sie, doch sind ihre Namen oft weniger geläufig. Die Curies, Braggs, Bohrs, Thomsons und Kornbergs sind nur einige Beispiele für Familien, an die gleich mehrere Nobelpreise verliehen wurden.

Dass bei den Machs heute ein Name dominiert, hat verschiedene Gründe. Ernst Mach hat in seiner wissenschaftlichen Laufbahn eine bemerkenswerte Vielseitigkeit an den Tag gelegt. Insgesamt hat er mehr als 160, teilweise umfangreiche, Arbeiten publiziert, die fremdsprachigen Ausgaben seiner wichtigsten Bücher nicht eingerechnet. Seine Schriften entfalteten eine bis heute anhaltende Wirkung. Die »Mach-Zahl« für das Verhältnis der Bewegungsgeschwindigkeit von Objekten zur Schallgeschwindigkeit ist als Fachbegriff in viele Sprachen der Welt eingegangen. Mach war nicht nur ein viel gerühmter Hochschullehrer und Experimentator, sondern auch ein bahnbrechender Forscher auf unterschiedlichen physikalischen Gebieten. Zeitlebens beschäftigten ihn Physiologie und Psychologie sowie wissenschaftstheoretische und -historische Fragen. Seine Forschungen waren bei den Zeitgenossen nicht immer unumstritten. Trotzdem erfuhr er schon zu Lebzeiten breite Anerkennung, die in einer Fülle von Ehrungen und Auszeichnungen zum Ausdruck kam.

Vater und Sohn

Sein Sohn Ludwig Mach ist heute nahezu unbekannt. Schon als Medizinstudent arbeitete er im Physikalischen Institut seines Vaters in Prag, war an dessen ballistischen Versuchen beteiligt und entwickelte dort – zeitgleich mit Ludwig Zehnder (1854–1949) – ein Interferometer, das in der Literatur häufig Ernst Mach zugeschrieben wird. Schon früh erfand er ein Verfahren zur Herstellung von »Magnalium«, einer Legierung aus Aluminium und Magnesium, das 1898 patentiert wurde. Obwohl er damit in den ersten Jahren ein großes Vermögen erwarb, verlor er es aus ungeklärten Gründen binnen weniger Jahre wieder. Ab 1913 lebte er gemeinsam mit Ernst Mach in einem eigens zu Forschungszwecken erbauten Haus in Vaterstetten bei München. Nach dem Tod seines Vaters 1916 betätigte er sich als selbständiger Erfinder, ohne letztlich finanziell erfolgreich zu sein.

In der Wissenschaftsgeschichte hat in den vergangenen Jahren die Erforschung von »creative collaboration« und »creative couples« neuen Raum eingenommen. Damit wird unter anderem der Versuch unternommen, Kreativität und Produktivität nicht ausschließlich als Teil einer individuellen Persönlichkeit, sondern auch als Ergebnis von oft persönlichen (Ar-



Das Plakat zur Ausstellung.

beits-)Beziehungen zu betrachten. Dieser Ansatz ist gerade für Ernst Mach und Ludwig Mach sehr produktiv, da sich bei ihnen eine gemeinsame wissenschaftliche Arbeit in verschiedenen Lebensphasen mit unterschiedlicher Intensität über fast 30 Jahre nachweisen lässt. Seit der Studienzeit des Sohnes an der Universität seines Vaters waren beide in verschiedenen Konstellationen Partner in einer wissenschaftlichen Zusammenarbeit.

Symbolhaftes Motiv

Für die Sonderausstellung war es ein glücklicher Umstand, dass im Vorfeld die bisher im Philosophischen Archiv der Universität Konstanz verwahrten Nachlassteile zu Ernst und Ludwig Mach mit dem Hauptbestand im Archiv des Deutschen Museums an einem Ort vereint werden konnten. In der Zusammenschau der gesamten Dokumente mit den Objekten zu Vater und Sohn im Deutschen Museum gewann das hier verwahrte Interferometer Ludwigs neue Bedeutung, ermöglicht es doch einen methodischen Zugang zu Ernst Mach und Ludwig Mach. Dabei lieferte das Instrument für den Titel der Ausstellung – »Licht und Schatten« – ein symbolhaftes Motiv. Zum einen scheint dies bei einer Ausstellung, die sich des Interferometers und damit des Themas der Interferenz annimmt, also der konstruktiven und destruktiven Überlagerung von Wellen, unmittelbar auf der Hand zu liegen. Zum anderen finden sich in Ludwigs Aufzeichnungen immer wieder Klagen darüber, dass er als Wissenschaftler nicht aus dem großen Schatten seines Vaters heraustreten konnte. Im übertragenen Sinn von »Licht und Schatten« lassen sich für Ernst und Ludwig Mach damit auch die positiven und negativen Seiten ihrer Beziehung beschreiben. Die beachtlichen Ergebnisse der kreativen Zusammenarbeit von Vater und Sohn können letztlich nicht darüber hinwegtäuschen, dass Ludwig Mach sich durch die posthume Fälschung der Aussagen seines Vaters als Wissenschaftler selbst diskreditiert und dessen Arbeit in ein falsches Licht gestellt hat. Im gefälschten Vorwort zum Buch seines Vaters *Die Prinzipien der physikalischen Optik* (1921) veränderte er dessen wissenschaftliche Aussagen gravierend und rückte ihn in eine scheinbar große Distanz zur Relativitätstheorie, eine Aussage, die sich so nicht halten lässt und erst Jahrzehnte später als Unwahrheit entlarvt werden konnte.

Welcher Aspekt – die positive Zusammenarbeit der beiden Forscher oder die Fälschung – den Besucherinnen und Besuchern der Ausstellung besonders in Erinnerung bleiben wird, ist schwer vorherzusagen. Wir hoffen, dass die Sonderausstellung die unterschiedlichen Facetten der Geschichte von Vater und Sohn sichtbar macht und künftig zu weiterführenden Diskussionen über die Arbeit von Ernst Mach und Ludwig Mach anregt.

LICHT UND SCHATTEN

Die Ausstellung wird bis 19. März 2017 im Vorraum der Bibliothek des Deutschen Museums gezeigt.

Der Eintritt ist frei. Jeden 2. und 4. Mittwoch im Monat wird von 16.00–17.00 Uhr eine kostenlose Führung angeboten.

Zur Ausstellung ist ein Begleitkatalog mit Aufsätzen und zahlreichen Abbildungen erschienen:

Wilhelm Füßl, Johannes-Geert Hagmann (Hrsg.), *Licht und Schatten. Ernst Mach | Ludwig Mach*, Deutsches Museum München, 2017 (136 Seiten).

Mitglieder sehen mehr

Exklusive Führungen – kostenlos für Sie

Als Mitglied des Deutschen Museums haben Sie viele Vorteile: So bieten wir mit unserer Führungsreihe einmal im Monat nichtalltägliche Einblicke in das Museum. Experten führen Sie durchs Haus, vermitteln Ihnen Informationen über die Ausstellungen vor und hinter den Kulissen.

Mitgliederführungen Januar, Februar, März 2017

- 17. Januar** »Tauchgang in die Tiefsee«
Die Abteilung Meeresforschung des Deutschen Museums
- 14. Februar** »Die industrielle Revolution – Beginn eines neuen Zeitalters«
Rundgang durch mehrere Abteilungen des Deutschen Museums
- 14. März** »Schätze in Miniatur«. Die schönsten Dioramen, ihre Entstehungsgeschichte und Konstruktion, Rundgang durch mehrere Abteilungen des Deutschen Museums

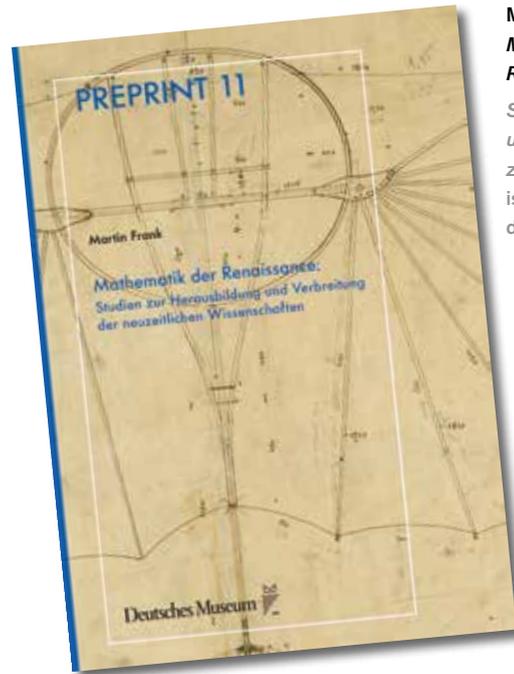
Im April geht's weiter – mehr dazu in unserem nächsten Heft.

Anmeldung bitte spätestens 14 Tage im Voraus unter Angabe der Mitgliedsnummer an besucherservice@deutsches-museum.de (Sie können den Besucherservice auch anrufen: **Tel. 089 / 21 79-333**). Unsere Führungen sind sehr beliebt. Wir empfehlen Ihnen, sich möglichst frühzeitig anzumelden. Treffpunkt für die Führungen ist die Eingangshalle des Museums. Bitte den Mitgliedsausweis mitbringen.

Start der Führung ist jeweils um 11 Uhr.



Abbildungen: Deutsches Museum



Martin Frank,
Mathematik der Renaissance:

Studien zur Herausbildung und Verbreitung der neuzeitlichen Wissenschaften ist erschienen im Verlag des Deutschen Museums.

Neu erschienen: Preprint 11

Dr. Martin Frank, in Wissenschaftsgeschichte promovierter Mathematiker und Physiker, forscht über die höfische Kultur der Frühen Neuzeit und über Mathematik und Mechanik in der Renaissance. 2014 führte ihn dieses Thema als Scholar-in-Residence ans Deutsche Museum und in die reiche Rara-Sammlung der Bibliothek, in der sich die einflussreichsten Schriften der Renaissance-Mechanik befinden. Die beiden Beiträge seines im Oktober in der Open-Access-Reihe *Preprint* veröffentlichten kleinen Bands sind diesem Gebiet gewidmet.

Der erste Aufsatz, *Der Mathematische Humanismus zwischen Texttreue und Interpretation. Die Rezeption von Archimedes' Quadratur der Parabel durch Federico Commandino und Guidobaldo dal Monte*, geht der Frage nach, ob die Renaissance-Mathematik weiterhin allein auf die Funktion als Mittlerin zwischen Antike und Moderne reduziert werden kann.

In der zweiten Studie, *Vom Wirken der Renaissance-Mathematiker an Fürstenthöfen. Giovanni Battista Benedetti in Turin und Guidobaldo dal Monte in Urbino*, beleuchtet Frank die Rolle der Fürstenthöfe, die neben den Universitäten für die Entwicklung der modernen Wissenschaften eine wesentliche Rolle spielten. Frank zeigt dort, in welchem hohen Maße die wissenschaftlichen Aktivitäten der Mathematiker Giovanni Battista Benedetti in Turin und Guidobaldo dal Monte in Urbino durch die Interessen und Wünsche ihrer jeweiligen Herzöge und durch das Milieu an deren Höfen bestimmt waren.

Martin Franks Band *Mathematik der Renaissance: Studien zur Herausbildung und Verbreitung der neuzeitlichen Wissenschaften* (Preprint 11), München, Deutsches Museum, 50 Seiten, 5 Abb./Grafiken, steht, wie alle Preprint-Bände, online auf den Forschungspublicationsseiten www.deutsches-museum.de/verlag/aus-der-forschung/preprint/ sowie gedruckt in ausgewählten Bibliotheken, so natürlich auch der des Deutschen Museums. *Dorothee Messerschmid*

Neuzugang: Die Barkhausen-Kurz-Röhre wird seit November 2016 in der Ausstellung Museums-geschichte gezeigt.

Bild unten: der Physiker Heinrich Barkhausen.

In 99 Jahren um die Welt

Die abenteuerliche Reise einer Technik-Ikone von 1917, die von Deutschland nach Japan verschenkt wurde – und jetzt ihren Platz im Deutschen Museum gefunden hat.

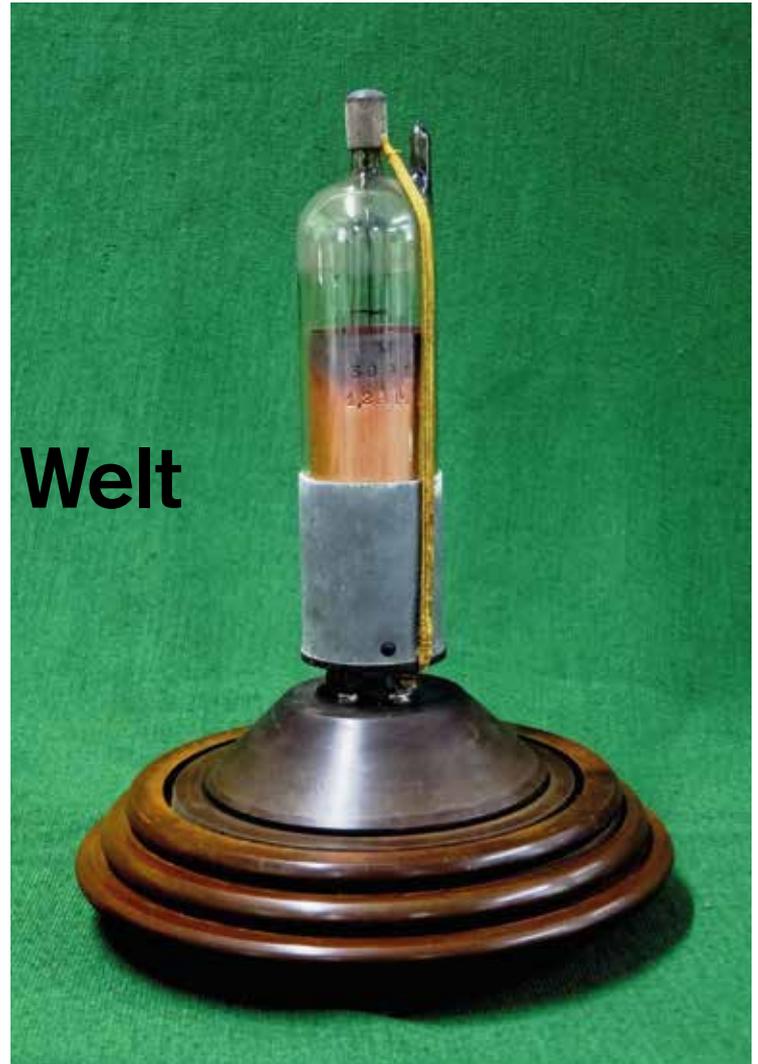


Das Deutsche Museum ist um ein wichtiges Exponat reicher. Der Weg, auf dem das Objekt in die Sammlung gefunden hat, ist ebenso abenteuerlich wie lang: Die Barkhausen-Kurz-Röhre stammt aus Deutschland, gelangte von Dresden über Südamerika in Kriegszeiten nach Japan – und kehrte jetzt wieder nach Deutschland zurück.

Der deutsche Physiker Heinrich Barkhausen (1881–1956, Foto links) entdeckte im Jahr 1917 zusammen mit Karl Kurz (1881–1960) bei Messungen

an einer Vakuumröhre elektromagnetische Schwingungen im Bereich von einigen Hundert Megahertz. Dieser Bereich wurde in der Folge wichtig für die Hochfrequenztechnik – auch für die Entwicklung des Radars. Bei der nun gestifteten Röhre handelt es sich um die entscheidende Komponente jener Experimente, bei denen Barkhausen und Kurz ihre ersten Beobachtungen gelangen.

Doch wie gelangte diese so bedeutende Röhre nach Japan? Barkhausen war Professor an der Sächsischen Technischen Hochschule in Dresden und lernte dort 1926 den Japaner Yoji Ito (1901–1955) kennen, der – wie viele Japaner zu dieser Zeit – in Deutschland studierte. Durch Itos »lebhaftes Wesen und sein eifriges Bestreben, jedes auftauchende Problem zu erfassen und zu lösen« wurde Barkhausen schon früh auf seinen Schüler Ito aufmerksam. Zwischen Lehrer und Schüler entwickelte sich eine intensive Freundschaft. Barkhausen besuchte Ito sogar 1938 in Japan. Die Reise dorthin beschreibt Barkhausen als »die schönste und letzte Auslandsreise meines Lebens. War Ito zuerst mein Schüler gewesen, so wurde er in Japan mein Freund.«



Während des Zweiten Weltkrieges – Ito war mittlerweile selbst ein wichtiger Ingenieur und Wissenschaftler – besuchte der Japaner mit einer Militärdelegation Deutschland, um sich über die dortige Entwicklung der Radartechnik zu informieren. Bei diesem Besuch Ostern 1941 schenkte Barkhausen Ito die Röhre – verpackt in einem Osterei. Der Weg der Röhre nach Japan in Zeiten des Zweiten Weltkrieges war abenteuerlich: Nach einer Reise über Italien, Spanien, Brasilien und Argentinien kamen Ito und die Röhre schließlich mit einem Frachtschiff in Yokohama an – gut dreieinhalb Monate nach dem Start in Berlin. Bis vor kurzem befand sich die Röhre im Besitz der Familie Ito, nach deren Willen die Röhre jetzt ins Land seines Erfinders zurückkehrte. Die Familie und der japanische Konsul waren bei der feierlichen Übergabe des Exponats im Ehrensaal des Deutschen Museums dabei. Hiromasa Ito, einer der Söhne von Yoji Ito und Professor an der japanischen Tohoku-Universität, erzählte, wie freundschaftlich Barkhausen und sein Vater verbunden gewesen seien. 1954 trafen sich die beiden noch einmal in Deutschland – und dabei erzählte Barkhausen, dass die anderen Röhren bei den Bombenangriffen auf Dresden zerstört worden seien. Ohne die Reise nach Japan wäre die Röhre also höchstwahrscheinlich nicht für die Nachwelt erhalten geblieben. Generaldirektor Wolfgang M. Heckl erklärte bei der Übergabe im Ehrensaal des Deutschen Museums: »Das ist eine Ikone der Technologie. Sie wird für immer hierbleiben – als Zeichen der Freundschaft zwischen Japan und Deutschland.« Gerrit Faust

Der Blaue Planet ist bunt!



Neue Sonderausstellung in der Flugwerft Schleißheim: Der Fotograf und Geologe Bernhard Edmaier zeigt die »Farben der Erde«

Tiefblau umfasst der Indische Ozean die hell schimmernden Inselringe des maledivischen Ari-Atolls. Samtig braun breitet sich die Landschaft am Rande der Simpsonwüste im Zentrum Australiens aus. Knallig orange leuchtet das Moorwasser, das Eisenminerale aus dem isländischen Vulkanboden an der Südküste ins Meer schwemmt. Der Fotograf und Geologe Bernhard Edmaier hat mit seiner Kamera in den unterschiedlichsten Regionen der Welt die »Farben der Erde« eingefangen. Bis zum 29. Januar sind die großformatigen Luftbilder in einer Sonderausstellung in der Flugwerft Schleißheim zu sehen.

Das beliebte Bild aus dem All trägt – der Blaue Planet ist bunt! Wenn man statt aus Hunderten Kilometern Entfernung aus nur Hunderten Metern Höhe auf die Erdoberfläche blickt, entdeckt man ein beeindruckendes Farbspektrum: die unzähligen Gelb-, Orange-, Rot- und Braunschattierungen von Fels und Wüstensand, das Grau und Weiß von Gletschern, die vielen Grünvariationen der Vegetation und natürlich auch das Blau des Wassers und des Eises.

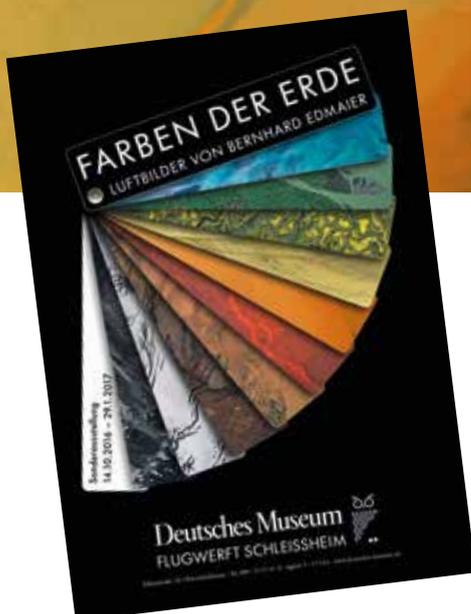
»Farben der Erde sprechen nicht nur unsere Sinne an, sie erzählen auch etwas über die Beschaffenheit und die Entstehungsgeschichte der Oberfläche unseres Planeten, der Erdkruste, des Bodens unter unseren Füßen«, erklärt Bernhard Edmaier. Der 1957 geborene Geologe und Fotograf hat sich in den vergangenen zwanzig Jahren mit seinen oft abstrakt anmutenden Aufnahmen international einen Namen gemacht. Sein Wissen um die Entstehung der Erde und die geologischen Prozesse, die sie ständig verändern, bildet die Basis seiner fotografischen Arbeit. Mehrmals im Jahr reist er für seine Projekte in abgelegene, vom Menschen kaum oder nicht berührte Gegenden des Planeten.

»Diese Luftbilder sind in gewisser Weise das Gegenstück zu den Aufnahmen, die wir in der gerade zu Ende gegangenen Anthropozän-Ausstellung gezeigt haben«, sagt Generaldirektor Wolfgang M. Heckl. »Dort waren die vom Menschen veränderten oder künstlich erzeugten Landschaften im Blickpunkt, hier sind es ausschließlich die Kräfte der Natur, die diese bunte Pracht hervorgebracht haben.« Denn all diese Farben sind allein durch natürliche Prozesse wie Verwitterung und Erosion, durch vulkanische und gebirgsbildende Aktivitäten entstanden. Auf diese Farbgebung fokussiert Bernhard Edmaier den Blick des Betrachters, indem er den Horizont ausblendet. Seine fünfzig quadratischen Großformate in der Sonderausstellung sind in fünf Farbsektionen unterteilt: in Blau, Grün-Gelb, Rot-Orange, Braun und Weiß-Grau-Schwarz. Die Begleittexte mit ausführlichen geografischen und geologischen Informationen stammen von Edmaiers Partnerin, der Wissenschaftspublizistin Dr. Angelika Jung-Hüttl.



Bild oben: Die hellen Inselringe des maledivischen Ari-Atolls im dunklen Indischen Ozean.

Bild unten: Eisenminerale aus dem Vulkanboden färben das Moorwasser, das an der Südküste Islands ins Meer geschwemmt wird, orange.



»8 Objekte, 8 Museen«

Eine simultane Ausstellung der Leibniz-Forschungsmuseen

Bis 30. Juni 2017
Kleine Kabinetts-Ausstellung
Foyer der Bibliothek
(gegenüber vom Haupteingang
des Museums)
Eintritt frei



Das Original des Sprechapparats von Wolfgang von Kempelen aus dem Jahr 1791 (oben).

Seitenansicht des originalen Sprechapparats (unten).



Siri (aus dem iPhone) und Hal (aus dem Science-Fiction-Film »2001: Odyssee im Weltraum«) kennt jeder als künstliche Stimmen. Aber den Sprechapparat von Wolfgang von Kempelen von 1791? Nie gehört. Das möchte das Deutsche Museum jetzt ändern. Zusammen mit den anderen Forschungsmuseen der Leibniz-Gemeinschaft hat das Münchner Museum die Ausstellung »8 Objekte, 8 Museen« entwickelt. Und dabei wird auch der Sprechapparat ausgestellt.

Das Konzept der kleinen Sonderausstellung: Jedes Museum steuert eines seiner Glanzstücke bei, das vom Museum beforscht worden ist. Alle Museen eröffnen die Ausstellung am gleichen Tag, wobei das Stück aus dem Haus real ausgestellt wird, man aber auch digital in den Projekten der anderen Museen stöbern kann.

Der Sprechapparat wird also leibhaftig in der Bibliothek des Deutschen Museums ausgestellt – und zwar sowohl das Original als auch ein Nachbau aus den Werkstätten des Museums. Diese Replik ermöglicht es erstmals, die Funktionsweise des Originalapparats nachzuvollziehen. Um es vorwegzunehmen: Vollständige Sätze sagen kann der Apparat nicht. Und natürlich kommt einem bei der Nennung des Namens Wolfgang von Kempelen sofort dessen berühmter Schachtürke in den Sinn. Ist der Sprechapparat also auch fauler Zauber?

»Nein«, sagt Kuratorin Silke Berdux und lacht. »Den Apparat kann man wirklich zum Sprechen bringen.« Allerdings sage er nur wenige Dinge so, dass man es auch als Uneingeweihter versteht. »Opa« und »Affe« kann er laut und vernehmlich sagen, »Papa« und Ähnliches. Im Sprechapparat sitzt auch kein sprechender Zwerg, sondern das Gerät wird wie ein Musikinstrument gespielt. Und es hängt natürlich immer vom Spieler ab, wie authentisch das Gerät klingt. Alexander Steinbeißer, Mitarbeiter der Werkstätten des Deutschen Museums, hat die Rekonstruktion gebaut – und er kann das Instrument dementsprechend gut spielen.

Silke Berdux hat den Sprechapparat über Jahre hinweg beforscht und schreibt eine wissenschaftliche Arbeit dazu. Und sie ist fasziniert von der Geschichte des Objekts. 1791 hat Kempelen seine Idee des »Mechanismus der menschlichen Sprache nebst der Beschreibung seiner sprechenden Ma-

schine« zu Papier gebracht, wenig später gab es auf dieser Basis entsprechende Nachbauten, die sogar Goethe beeindruckten: »Kempelens Sprechmaschine, welche Hofrat Loder besitzt und die zwar nicht sehr beredt ist, doch aber verschiedene kindische Worte und Töne ganz artig hervorbringt, ist hier durch einen Tisch(l)er Schreiber recht gut nachgemacht worden.« Neuere Forschungen von Berdux belegen, dass der Original-Sprechapparat des Deutschen Museums doch aus Kempelens Hand stammen könnte – das war in den vergangenen Jahren massiv angezweifelt worden. *Gerrit Faust*



Das Preisträgermodul 2015 besteht aus einem Lungenmodell aus galvanisiertem Kunststoff.

Ein Flipper zum Jubiläum

Neues Preisträgerprojekt in der Zukunftspreis-Ausstellung

Der Deutsche Zukunftspreis feiert in diesem Jahr ein doppeltes Jubiläum: Er wird zum 20. Mal verliehen – und zugleich wird die Zukunftspreis-Ausstellung im Deutschen Museum zehn Jahre alt. Im Jubiläumsjahr bekommt die Ausstellung ein besonderes neues Modul, das das Preisträgerprojekt aus dem Jahr 2015 vorstellt. Bundespräsident Joachim Gauck hatte das Team von Prof. Dr. Ardeschir Ghofrani, Dr. Reiner Frey und Prof. Dr. habil. Johannes-Peter Stasch für die Arbeiten zu »Entlastung für Herz und Lunge – vom Nitroglycerin zu innovativen Therapien« mit dem Deutschen Zukunftspreis 2015 ausgezeichnet. Nun wurde das neue Modul in der Ausstellung feierlich enthüllt.

Generaldirektor Wolfgang M. Heckl: »Wir sind stolz darauf, dieses wegweisende Projekt jetzt im Deutschen Museum präsentieren zu können.« Das neue Modul ist auch ein neues Highlight für die Ausstellung. In einer Vitrine findet sich ein Lungenmodell aus galvanisiertem Kunststoff, an Touchscreens werden multimediale Informationen über das Medikament gegen Lungenhochdruck und über »zufällige Innovationen« vermittelt. Die Forscher hatten nämlich eigentlich nach einem anderen Wirkmechanismus gesucht. Das Forscherteam entwickelte ein Medikament, das gegen Lungenhochdruck – eine schwere und fortschreitende Krankheit – wirkt. Sie entdeckten dabei einen Wirkmechanismus, der an den molekularen Prozessen im Gefäßsystem ansetzt.

Es gibt auch einen sehr spielerischen Zugang zu dem Thema in der Ausstellung: Ein Teil des Moduls ist ein hypermoderner Flipper. Die Besucher der Ausstellung können mit einer Flipperkugel auf das Modell eines Moleküls schießen – und dort versuchen, den weniger offensichtlichen »Bindungsplatz« des Moleküls zu treffen, denn dieser Prozess spielt auch bei der Wirkung des Medikaments eine große Rolle.

Generaldirektor Heckl – auch privat ein Flipper-Fan – freut sich über das neue Modul und lobt die Ausstellung: »Sie ist für das Deutsche Museum von großer Bedeutung, denn das Museum ist ja auch ein Abbild deutschen Forschertums. Und mit dem Zukunftspreis des Bundespräsidenten haben wir hier immer wieder die Chance, unseren Besuchern neueste Erfindungen und Technologien zu zeigen – von der Entdeckung bis zur Marktreife.«

Deutsches Museum KerschensteinerKolleg



Von Sternen, Milchstraßen und Schwarzen Löchern

Ein Wochenende für Frauen von Frauen
Fr/Sa/So 24. – 26. März 2017

Was sehen wir am Himmel? Was sind Sterne? Woher kommt die Energie der Sonne? Wie sieht unser Planetensystem aus? Und woher wissen wir das alles?

Diesen und anderen Fragen werden wir in den Ausstellungen Astronomie und Kosmologie auf den Grund gehen.

Am nächtlichen Sternenhimmel werden Sie in unserer Oststernwarte u.a. Neptun, Uranus und die Plejaden sehen können (wetterabhängig). Ein Besuch im Planetarium rundet das Programm ab.

Zwei Übernachtungen mit Frühstück inkl. Seminargebühren und Museumseintritt 143,- Euro im Einzelzimmer, 133,- Euro im Doppelzimmer.

Sie wohnen im Kerschensteiner Kolleg, direkt im Deutschen Museum, im Zentrum Münchens. Die Zimmer (Etagenduschen und -WCs) sind modern eingerichtet und ruhig gelegen. Wir empfehlen die Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln.

Information und Anmeldung:

Sabine Bärmann
Kerschensteiner Kolleg, Deutsches Museum
Museumsinsel 1, 80538 München
Tel. 089/2179-569, Fax 089/2179-273
E-Mail: s.baermann@deutsches-museum.de

Eine Reise zu Leonardo da Vincis Nachfolgern



*»Jede unserer Erkenntnis
beginnt mit den Sinnen«*

Leonardo da Vinci

Jede unserer Erkenntnis beginnt mit den Sinnen«, war einer der ebenso launigen wie weisen Leitsätze von Leonardo da Vinci, und tatsächlich könnte man die diesjährige Reise des Freundes- und Förderkreises Deutsches Museum nach Mailand unter ebendieses Motto stellen. Das mit großer Umsicht zusammengestellte Programm folgte diesem roten Faden. Es bot knapp vierzig Teilnehmern einen vielfältigen und erkenntnisreichen Blick auf die italienische Metropole und ihre Sehenswürdigkeiten, blieb dabei aber immer darauf bedacht, alle Sinne, auch die von Gaumen und Nase, auf höchstem Niveau anzusprechen.



Nach Mailand reisten die Mitglieder des Freundes- und Förderkreises in diesem Jahr (Bild unten). Dabei statteten sie auch dem dortigen Natur- und Technikmuseum »Leonardo da Vinci« einen Besuch ab (Bilder links und oben).



Am ersten Tag galt es, sich einen Überblick über die Stadt und ihren speziellen Charakter zwischen Mode- und Wirtschaftszentrum zu verschaffen. Der Dom, eines der wichtigsten Kirchenhäuser der Welt, aber auch die für die Mailänder wichtigere Kirche Sant’Ambrogio standen auf dem Programm. Dann die Galleria Vittorio Emanuele, die erste überdachte Einkaufspassage Europas, bis heute ein Beispiel dafür, wie man aus profanem Konsum ein Fest der Sinne in Form eines künstlerischen Gesamtkunstwerks machen kann. Auch ein Besuch der Scala, diesem weltberühmten Opernhaus, durfte natürlich nicht fehlen, bevor es zum Abschluss dieses ereignisreichen Tages hinaus vor die Tore der Stadt zur Besichtigung des Alfa-Museums ging. Dank der Expo renoviert und revitalisiert, zeigt es eine wichtige Seite der Stadt, nämlich ihre Verbindung zum 1910 gegründeten, legendär eleganten Autohaus Alfa Romeo. Das viergängige Abendessen wurde – ganz im Sinne von Leonardos Weg zur Erkenntnis – in zwei historischen Straßenbahnen während einer nächtlichen Fahrt durch die Stadt serviert.

Am zweiten Tag der Reise stand ein Verwandtenbesuch auf dem Programm: Das Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia Leonardo da Vinci ist nicht nur Partnermuseum des Deutschen Museums, sondern es weht dort wirklich ein ähnlicher Geist. Mit Sicherheit hat Museumsgründer Oskar von Miller den italienischen Renaissancekünstler bewundert, wie sehr er die Theorien des berühmtesten Universalgelehrten aller Zeiten in sein Denken hat einfließen lassen, sei dahingestellt. Der Direktor und überaus herzliche Gastgeber des Mailänder Museums, Fiorenzo Galli, ist Mitglied im Kuratorium des Deutschen Museums, und die Freundschaft der Häuser hat schon zu engen Kooperationen geführt, etwa zur Ausstellung »Leonardo da Vinci – Bewegende Erfindungen« auf der Isarinsel. Nach beeindruckenden Führungen und Erläuterungen zur Konzeption des Museums wurde im Refektorium des ehemaligen Klosters dem Freundeskreis großzügige Gastfreundschaft bei einem Mittagessen in einmaligem Rahmen zuteil.

Der dritte Tag der Mailandreise führte zum Textilfabrik- und Arbeiterdorf Crespi d’Adda. Christoforo und sein Sohn Silvio Crespi waren italienische Textilfabrikanten, die um die Wende zum 20. Jahrhundert am Ufer des Flusses Adda ein komplettes Dorf mit Fabrik, Wohnhäusern, Schule, Arzt und Kirche errichteten. Die heute zum UNESCO Kulturerbe gehörende »Arbeiter-Idealstadt« ist beeindruckendes Beispiel einer Form des Unternehmertums, dem schon damals sehr bewusst war, dass gute soziale Rahmenbedingungen von ausschlaggebender Bedeutung für wirtschaftlichen Erfolg sind. Die obere Altstadt von Bergamo, zu der es mit der alten Zahnradbahn steil hinaufging, erwies sich mit der Piazza Vecchia, dem Dom und Baptisterium, Santa Maria Maggiore und dem Palazzo della Ragione als wirkliches Kleinod. Um auch an diesem Tag allen Sinnen gerecht zu werden, ging es nach einem Abstecher an den wunderschönen Lago d’Iseo in die Franciacorta zum Weingut Mosnel, wo nach einer Betriebsführung der Tag mit einem wunderbaren Essen in gehobener Stimmung ausklang.

Am Folgetag stand noch einmal Mailand im Zentrum. Das Castello Sforzesco mit seiner berühmten Skulpturensammlung und als weiterer Höhepunkt die Besichtigung des »Letzten Abendmahls« von Leonardo da Vinci in der Kirche Santa Maria delle Grazie. Sich an diesem Beispiel orientierend, fand das letzte gemeinsame Abendessen der reisenden Freunde in einem typisch italienischen Lokal statt. Am Abreisetag wurde noch das in unmittelbarer Nähe zum Flughafen liegende Museum Volandia besichtigt, das auf einem ehemaligen Industriegelände eine absolut sehenswerte Sammlung von Flugzeugen und einen tiefen Einblick in die Geschichte der italienischen Flugindustrie bietet. Dass die Begeisterung und Zufriedenheit der Freundeskreismitglieder bei dieser Reise besonders groß waren, ist fast unnötig hinzuzufügen. *Monika Czernin*

Unterstützen Sie den Freundeskreis des Deutschen Museums!

Jahresbeitrag:

- 500 Euro für persönliche Mitgliedschaften
- 250 Euro für Juniormitgliedschaften (bis 35 Jahre)
- 2500 Euro für Mitgliedschaften mittelständischer Unternehmen nach EU-Norm
- 5000 Euro für Mitgliedschaften großer Unternehmen

Kontakt:

Freundes- und Förderkreis Deutsches Museum e. V.
Museumsinsel 1 · 80538 München

Ihre Ansprechpartnerin:

Claudine Koschmieder · Tel. 089/2179-314 · Fax 089/2179-425
c.koschmieder@deutsches-museum.de

Wahr oder falsch?



Text:
Daniel Schnorbusch

Illustration:
Michael Wirth

Wenn ich am Sonntagmorgen zu Fräulein Schröder sage: »Ich geh jetzt mal eine Runde joggen«, dann lacht sie. Und ich lache auch. Sie weiß natürlich ganz genau, dass das nicht stimmt. Und ich weiß es sowieso. Ich bin noch nie joggen gegangen. Ich wollte Fräulein Schröder bloß zum Lachen bringen. Dieser kleine Alltagsdialog gehört zu einer Sorte von sprachlichen Phänomenen, die Sprachphilosophen in die höchste Verlegenheit bringen. Jemand sagt etwas und meint es nicht, und obwohl er es nicht meint, versteht der andere sehr gut, dass er es nicht meint, sondern ganz etwas anderes, und zwar nicht zuletzt durch genau das, was gesagt wurde, obwohl das, was gesagt wurde, eben gerade nicht das sagt, was gemeint wurde. Ziemlich verwickelt das alles. Wenn Fräulein Schröder schließlich antwortet: »Gut. Wenn du vom Joggen wiederkommst, gibt's einen leckeren Schweinebraten!«, dann muss ich lachen und Fräulein Schröder auch. Denn wenn ich Schweinebraten essen will, muss ich selbstverständlich

ins Wirtshaus gehen. Ein Schwein kommt Fräulein Schröder nicht in die Küche! Es gibt ganze Tage, an denen wir dieses Spiel spielen und gar nicht mehr damit aufhören können. Besonders lustig wird es, wenn ahnungsloser Besuch kommt. Gudrun glaubt inzwischen, dass ich tatsächlich plane, unsere Katze, wenn ihre Seele einst in den ewigen Jagdgründen ist, ausstopfen zu lassen und einen Hausaltar für sie zu errichten. Und sie findet ferner, dass ich in die Klappse gehöre, seit ich erwähnt habe, dass ich Orange für eine tolle Haarfarbe halte, die ich jetzt auch haben wolle. Wie leichtgläubig die Leute doch sind! Dabei bin ich ziemlich sicher, dass andere dieses Spiel auch andauernd spielen, vor allem Politiker. Einer hat zum Beispiel einmal mit aller Inbrunst behauptet, dass er nicht die Absicht habe, eine Mauer zu bauen. Zwei Monate später war sie da! Und ein anderer hat jüngst noch getönt, dass er unbedingt eine Mauer haben wolle, was aber jetzt dann doch wohl nicht ganz so gemeint war. Sind



zen. Fräulein Schröder schraubt nämlich immer die Heizung auf Stufe 4 oder 5, weil es bei uns angeblich sibirische Temperaturen habe, während ich die Heizung, wenn sie es nicht sieht, wieder auf die völlig ausreichende Stufe 1 bis 2 zurückdrehe. Sie merkt das meist gar nicht, sondern zieht sich einen weiteren dicken Pullover an und noch ein Paar ihrer selbstgestrickten Wollsocken. Geht doch auch. Manchmal aber fragt sie mich Stunden später, ob ich etwa die Heizung heruntergedreht habe und dass ich ein Sadist sei und dass ich sie nicht liebe. Ein herzloser Eisblock sei ich. Ich bestreite das dann aber: »Ich?«, sage ich, »niemals würde ich wollen, dass du frieren musst!« »Und wer, bitte schön, dreht dann hier immer die Heizung aus?« »Aus? Wieso aus? Die Heizung ist doch an! Hier, fühl mal! Ganz warm!« »Ganz warm? Das nennst du warm?! Ha!« Ich drehe die Heizung dann wieder etwas höher und denke dabei, dass ihr Kältegefühl die reine Einbildung ist. Objektiv gesehen ist es warm. Brütend heiß eigentlich. Ihr fehlt da nur die korrekte Wahrnehmung. Außerdem sollte man ohnehin Energie sparen und nicht die Bude zum Glühen bringen! Schließlich herrscht Klimawandel.

Aber auch diese Gewissheit, lernt man, ist gar keine Gewissheit. Es gibt zum Beispiel Leute, die halten den Klimawandel für eine tückische Idee der Chinesen, weshalb man mal ruhig ordentlich heizen sollte, am besten mit der heimischen Kohle. Damit stellt sich natürlich die Frage, was denn meine Äußerung, dass ich zum Joggen gehen wolle, von jener unterscheidet, die sagt, der Klimawandel sei eine Erfindung der Chinesen. Die einen würden sagen: gar nichts! Der englische Philosoph Paul Grice würde das jedoch, wenn er noch lebte, angesichts des von ihm formulierten Kooperationsprinzips etwas anders sehen. Danach ist es nämlich so: Wenn ich zu Fräulein Schröder sage, dass ich zum Joggen gehe, dann weiß ich nicht nur, dass das nicht stimmt, ich weiß auch, dass Fräulein Schröder weiß, dass das nicht stimmt. Und Fräulein Schröder weiß nicht nur, dass das nicht stimmt, sondern sie weiß auch, dass ich weiß, dass sie weiß, dass das nicht stimmt. Das führt entsprechend bei Fräulein Schröder zu der Überzeugung, dass ich etwas ganz anderes mit der Äußerung meine, als ich es sage. Und ich weiß das alles auch.

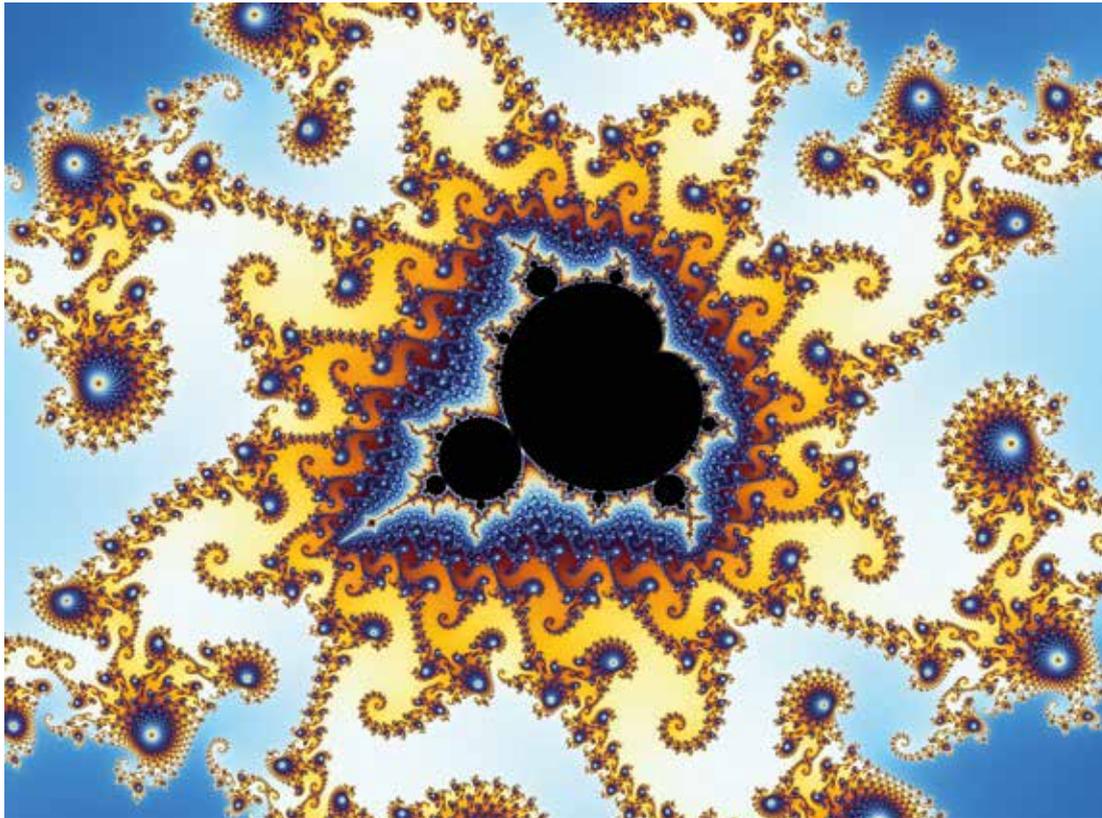
Wenn aber einer angesichts der schmelzenden Eisberge, der Stürme und Dürren und Fluten sagt, der Klimawandel sei eine Erfindung der Chinesen, dann ist das nicht bloß eine postfaktische Äußerung, sondern eine glatte Lüge, denn der, der so etwas sagt, der weiß nicht, ob diejenigen, denen er das sagt, wissen, dass das nicht stimmt, und er weiß auch nicht, ob seine Zuhörer wissen, dass er weiß, dass das nicht stimmt. Kurzum: Wer sagt, dass wir energiemäßig mal alle schön so weiter leben können wie bisher, der ist viel, viel unaufrichtiger als ich, selbst dann, wenn ich mir die Haare orange färben ließe und wenn ich zu Fräulein Schröder sagte: »Niemand hat die Absicht, die Heizung herunterzudrehen!« ■

das jetzt Lügen? Oder nur schlechte Scherze? Wer weiß? Von Lügen allerdings will im Moment sowieso niemand mehr sprechen. Lügen heißen neuerdings ganz harmlos »postfaktische Äußerungen«. Dieser Begriff ist schon fast selbst eine Lüge. Aber es scheint tatsächlich so zu sein: je postfaktischer der ganze Quatsch, desto mehr jubeln die Massen. Wahrheit war nämlich gestern. Wahrheit ist was für Festnetzbenutzer. Wahrheit hat etwas mit der uralten, langweiligen Wirklichkeit zu tun. Aber selbst mit der ist es nicht mehr so wie früher, als man noch irgendwie dachte, alle lebten in derselben Wirklichkeit. Tatsächlich lebt inzwischen jeder in seinem ganz privaten Paralleluniversum und es ist alles andere als sicher, dass man darin einander gegenseitig zumindest besuchen könnte. Ein umfassender Begriff der Lüge hat sich damit scheinbar erledigt. Zum Beispiel lebt Fräulein Schröder offenbar in der Arktis, während ich mich in der Nähe des Äquators befinden muss. Und das, obwohl wir im selben Wohnzimmer sit-



DER AUTOR

Dr. Daniel Schnorbusch
geboren 1961 in Bremen,
aufgewachsen in Hamburg,
Studium der Germanistischen
und Theoretischen Linguistik,
Literaturwissenschaft und
Philosophie in München,
ebendort aus familiären
Gründen und nicht mal
ungern hingengeblieben,
arbeitet als Lehrer, Dozent
und freier Autor.



Eine der bekanntesten mathematischen Symmetrien ist die grafische Darstellung der »Mandelbrotmenge«. Der besondere Effekt entsteht, indem Punkten außerhalb der Mandelbrotmenge Farben zugewiesen werden.

Schönheitsideal der Renaissance: Die Venus von Sandro Botticelli (1445–1510).



Ein schönes Heft

Passend zum beginnenden Frühling werden wir unsere nächste Ausgabe dem weiten Feld der »Schönheit« widmen. Freuen Sie sich also auf einen besonders schönen Start ins Frühjahr mit inspirierenden Gedanken unserer Autorinnen und Autoren zu Schönheitsidealen, den Geheimnissen des Make-ups im frühen Fernsehen, über Hässlichkeit im Porträt oder Plastische Chirurgie. In die zauberhafte Welt der mathematischen Symmetrien wird Sie das Mathematikteam des Deutschen Museums entführen.



Symmetrie in der Natur.

Impressum

Das Magazin aus dem Deutschen Museum

41. Jahrgang

Herausgeber: Deutsches Museum München Museumsinsel 1 80538 München Postfach 80306 München Telefon (089) 2179-1 www.deutsches-museum.de

Gesamtleitung: Rolf Gutmann (Deutsches Museum), Dr. Stefan Bollmann (Verlag C.H.Beck, verantwortlich)

Beratung: Dr. Dittmann

Redaktionsleitung: Sabrina Landes, Agentur publishNET Hofer Straße 1, 81737 München, landes@publishnet.org; **Redaktion:** Birgit Schwintek (Grafik), Inge Kraus (Bild), Andrea Bistrich, Manfred Grögler (Korrektorat)

Verlag: Verlag C.H.Beck oHG, Wilhelmstraße 9, 80801 München; Postfach 400340, 80703 München, Telefon (089) 38189-0, Telefax (089) 38189-398, www.cbbeck.de

Redaktioneller Beirat: Dr. Frank Dittmann (Kurator Energietechnik, Starkstromtechnik, Automation), Gerrit Faust (Leiter Presse- und Öffentlichkeitsarbeit), Dr. Tina Kubot (Kuratorin Mikroelektronik, Nachrichtentechnik), Dr. Isabel Martin (wissenschaftliche Mitarbeiterin), Prof. Dr. Elisabeth Vaupel (Forschungsinstitut)

Herstellung: Bettina Seng, Verlag C.H.Beck oHG

Anzeigen: Bertram Götz (verantwortlich), Verlag C.H.Beck oHG, Anzeigenabteilung, Wilhelmstr. 9, 80801 München; Postfach 400340, 80703 München; Bärbel Schott, Telefon (089) 38189-606, Telefax (089) 38189-599. Zurzeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 32, Anzeigenschluss: sechs Wochen vor Erscheinen.

Repro: Rehbrand Medienservice GmbH, Hauptstraße 1, 82008 Unterhaching

Druck und Bindung: Memminger MedienCentrum, Fraunhoferstraße 19, 87700 Memmingen

Versand: Kessler Druck+Medien GmbH & Co. KG, Michael-Schäffer-Straße 1, 86399 Bobingen

Bezugspreis 2017: Jährlich 26,- Euro Einzelheft 7,80 Euro, jeweils zuzüglich Versandkosten

Für Mitglieder des Deutschen Museums ist der Preis für den Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten (Erwachsene 52,- Euro, Schüler und Studenten 32,- Euro). Erwerb der Mitgliedschaft: schriftlich beim Deutschen Museum, 80306 München.

Für Mitglieder der Georg-Agricola-Gesellschaft zur Förderung der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik e.V. ist der Preis für den Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten. Weitere Informationen: Georg-Agricola-Gesellschaft, Institut für Wissenschafts- und Technikgeschichte, TU Bergakademie Freiberg, 09596 Freiberg, Telefon (03731) 393406

Bestellungen von Kultur & Technik über jede Buchhandlung und beim Verlag. Abbestellungen mindestens sechs Wochen vor Jahresende beim Verlag.

Abo-Service: Telefon (089) 38189-679

Die Zeitschrift erscheint vierteljährlich. Sie und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes bedarf der Zustimmung des Verlags. Der Verlag haftet nicht für unverlangt eingesandte Beiträge und Bilddokumente. Die Redaktion behält sich vor, eingereichte Manuskripte zu prüfen und gegebenenfalls abzulehnen. Ein Recht auf Abdruck besteht nicht. Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht die Meinung der Redaktion wieder.

ISSN 0344-5690