

Frischer Wind in neuen Segeln Eine Renaissance des Segels würde sich wirtschaftlich wie ökologisch lohnen

Ein sauberer Stoff Wasserstoff könnte in Zukunft eine Schlüsselrolle bei der Energieversorgung spielen

Der Duft von Lavendel Schon die alten Römer schätzten den wohltuenden Geruch des echten Lavendels

KULTUR & TECHNIK



Zukunftsenergie

Sonne, Wasser, Wind und Biomasse sind vielversprechende Energiequellen für künftige Generationen.



Inhalt

Zukunftsenergie

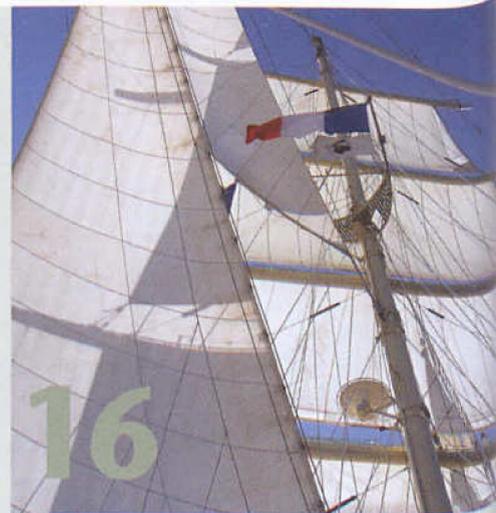
| Thema | | Rubriken | |
|----------------|--|-----------|---|
| 10 | Energie Genese eines Begriffs von Christian Sichau | 4 | Kaleidoskop Nachrichten aus Wissenschaft, Technik und Kultur |
| 16 | Frischer Wind in neuen Segeln Die kommerzielle Nutzung von Windenergie auf See von Jobst Broelmann | 40 | MikroMakro Die Seiten für junge Leser |
| 21 | Es klappert die Mühle ... Moderne Wasserräder von Michael Hascher | 52 | Buch-Auslese von Prof. Jürgen Teichmann |
| 26 | Aus eigenem Anbau Treibstoff aus nachwachsenden Rohstoffen von Lucien F. Trueb | 54 | Termine |
| 30 | Ein sauberer Stoff Zukunftstechnologie: Wasserstoff von Max Bräutigam | 55 | Historische Galerie Januar bis März |
| 34 | Bélidors »Architecture hydraulique« Ein frühes Ingenieurhandbuch von Helmut Hilz | 61 | Deutsches Museum intern |
| 36 | Streifzug durchs Deutsche Museum | 63 | Neues aus dem Freundes- und Förderkreis |
| 44 | Belastung oder Chance? Energieexperten und Politiker antworten auf Fragen zum Klimaschutz | 64 | Schlusspunkt Bad Vibrations von Daniel Schnorbusch |
| Magazin | | 66 | Vorschau, Impressum |
| 48 | Der Duft von Lavendel Die Herstellung von Lavendel- und Lavandinöl von Lucien F. Trueb | | |
| 58 | Unterhosen und Pferdegas- masken aus Papier Papiergarn-Industrie bis zum Ende des Ersten Weltkrieges von Heinz Schmidt-Bachem | | |



Mitte des 19. Jahrhunderts wurde der Energiebegriff entwickelt. In der Abteilung Kraftmaschinen des Deutschen Museums ist diese erste Präzisions-Ventil-Dampfmaschine von 1805 zu besichtigen.

48

Schon die Römer nutzten das duftende Öl aus Lavendelblüten für die Körperpflege und zur Reinigung.



Jahrtausendlang fingen Seefahrer die Energie des Windes mit Segeln ein.

**LIEBE LESERIN,
LIEBER LESER,**

Ein großes Thema haben wir uns diesmal vorgenommen. Schon seit den 1970er Jahren wird über die Zukunft der Energieversorgung heftig debattiert. Zunächst angeheizt durch den Ölschock, danach durch den Klimawandel. Eine »Energiewende« fordern Politiker, Wissenschaftler und Umweltschützer seither. Die Jahre der fossilen Energieträger, Kohle und Öl, sind gezählt. Und nun? Es scheint, als werde es in absehbarer Zeit keine »große« Lösung unserer Energieprobleme geben. Stattdessen werden sich wohl viele »kleine« regional begrenzte Techniken der Energiegewinnung durchsetzen. Der Vorteil: Städte, Kommunen und Regionen können sich die wirtschaftlich und ökologisch sinnvollste Lösung herausuchen. Langfristig könnte das sogar zu einer friedlicheren Welt führen: Zumindest um Energie-Ressourcen müsste man sich nicht mehr streiten.

Von der Vielzahl neuer Konzepte können wir Ihnen natürlich nur ein paar vorstellen. Da sind zum einen jene, die mithilfe neuester Techniken und Materialien erfolgreich an alte Methoden der Energie-Gewinnung anknüpfen: Mit Segeln beispielsweise oder Wasserrädern, aber auch durch die Nutzung von Biomasse. Auf der anderen Seite gibt es die Versuche, »große«, überall einsetzbare Lösungen zu entwickeln: Mit der Wasserstofftechnologie zeigen wir Ihnen ein Beispiel. Außerdem laden wir Sie ein zu einem Rundgang durch das Deutsche Museum: Exponate, die mit »Energie« zu tun haben, gibt es in vielen Abteilungen.

Im Namen der gesamten Redaktion
wünsche ich Ihnen ein schönes neues Jahr

Mit herzlichen Grüßen
Sabrina Landes



Wenn es darum geht, mit geringstmöglichem Aufwand möglichst viel zu leisten, hat uns die Ameise einiges voraus: Ameisen gehören zu den erfolgreichsten Lebewesen dieser Erde. Ihr Trick: Die optimale Anpassung an die Umwelt und die Möglichkeit, auch unter extremen Bedingungen zu überleben. Wer hat nicht schon mit Staunen beobachtet, wenn die Winzlinge ungleich größere Insekten in ihren Bau schleppen. Bis zum Fünzigfachen ihres Körpergewichts kann eine Ameise an Lasten tragen. Manche Ameisen halten sich mit extremen Haftkräften an glatten Oberflächen fest. Diese Ameisen verlieren selbst dann nicht den Halt, wenn die 200-fache Schwerkraft auf sie einwirkt. In Südamerika verblüfft eine Ameisenart durch 40 Zentimeter lange Sprünge. Im Winter verfallen Ameisen übrigens in eine Art Kältestarre und verbrauchen so gut wie keine Energie. Bis zu minus 12 Grad können sie aushalten. Einen Vorrat fressen sie sich für diese Zeit nicht an, und sie nehmen auch kein Futter zu sich.

DR. FRANK DITTMANN



Fachkundig
betreut wurde
dieses Magazin
von Dr. Frank
Dittmann. Seit
1. April 2005
leitet er die
Abteilungen

Starkstrom- und Automatisierungstechnik sowie Neue Energietechniken. Nach einer Berufsausbildung studierte Frank Dittmann Starkstromtechnik an der TU Dresden und promovierte 1993 mit einer Arbeit zur Technikgeschichte. Als Kurator des Heinz-Nixdorf-Forums in Paderborn sammelte er zwischen 1999 und 2005 reichhaltige Erfahrung im Ausstellungswesen. Frank Dittmann ist verheiratet und hat zwei kleine Kinder.



HIGHTECH FÜR GESUNDHEIT UND
LEBENSQUALITÄT

REISEN IN DEN KÖRPER

Die Medizin-Ausstellung im Paderborner Heinz-Nixdorf-Museumsforum steht ganz im Zeichen der Gegenwart und Zukunft einer computergestützten Humanmedizin. Die zu einem großen Teil interaktiven Exponate geben einen Einblick in die Entwicklungen – ohne dabei den Bezug zum Patienten und damit zum Besucher zu verlieren. So sind zwei Bereiche der Ausstellung der Anatomie und den Möglichkeiten, sich von Körpern ein Bild zu machen gewidmet. Hier wird das Körperinnere erkundet: Faszinierende Aufnahmen bildgebender Verfahren zeigen, was unter der

Blicke in den Körper: Moderne bildgebende Verfahren erleichtern die Diagnose.

Haut passiert. Ein schlagendes Herz wird in Kernspin-Aufnahmen gezeigt, der Besucher selbst kann Schnittbilder von Gewebe machen. In einem anderen großen Bereich der Ausstellung dreht sich alles um die Prävention und Früherkennung. Computer messen und analysieren den individuellen gesundheitlichen Zustand. Anhand der Ergebnisse können beispielsweise Fitness-Programme optimiert werden. Seh- und Hörvermögen werden gemessen, ein Retinatomograph dient der frühen Diagnose eines Glaukoms. Am spannendsten jedoch ist wahrscheinlich der Operationsaal der Zukunft. Hier kann der Besu-

PHÄNOMENE IN WORT UND BILD

Science-Center gibt es mittlerweile eine ganze Reihe. Eines der etabliertesten ist das Schweizer Technorama in Winterthur. Die dort zum Anfassen und Experimentieren anregenden Versuchsaufbauten haben ihren Weg in ein Buch gefunden, das der ästhetischen Schönheit der verschiedenen Phänomene Rechnung trägt. Zusammengestellt hat es Hans-Erhardt Lessing, der vielen Lesern von Kultur&Technik als Autor bekannt ist. Wunderbar fotografiert, gewinnen Exponate ihre eigene Ästhetik. Von »Farbigen Schatten« über »Magnetische Wolken« bis hin zum »Regentropfen-Schlagzeug« reicht der Rundgang durch die Ausstellung. Jede Abbildung wird in einem angenehm leichten Duktus erläutert. Zitate bekannter Wissenschaftler, Interviews und Erläuterungen einzelner Ausstellungsstücke lockern den Band auf. Wem der Weg ins Technorama zu weit ist, der kann sich mit dieser Sammlung für einige Stunden in die Schweizer Welt der Naturwunder vertiefen.

cher sein Glück bei einer virtuellen Blinddarm-Operation versuchen. Künstliche Herzen oder intelligente Prothesen sind im Bereich der Hilfen für den Körper zu sehen. Ein Geh-Roboter, mit dem Menschen mit geschädigtem Rückenmark das Gehen trainieren und so Nervenbahnen wieder aufbauen können, gehört neben einem japanischen Ganzkörper-Roboter zu den Höhenpunkten der Schau.

Bis 1. Mai 2007

Ausstellung: Computer.Medizin

Heinz-Nixdorf-Museums-Forum

Fürstenallee 7, 33102 Paderborn

Telefon ++ 49 + 52 51 - 30 66 - 00

www.computer-medizin.de



Das Experiment der liegenden Wasserscheibe: Zwei aufeinanderprallende Wasserstrahlen bilden eine scheibenförmige Wasserhaut.

Hans-Erhardt Lessing: Naturschön
Huber Verlag; ISBN 978-3-7193-1388-3
31,90 Euro; www.technorama.ch

HERZCHEN

Vom Grünlichen Wassermolch kann man einiges lernen, finden die Wissenschaftler des MPI für Herz- und Lungenforschung. Geht den kleinen Kerlen nämlich ein Bein oder der Schwanz verloren, wachsen diese dank zellulärer Regenera-



tion wieder nach. Sogar Herzmuskelzellen werden wieder aufgebaut. Dabei werden die Zellen zunächst dedifferenziert, d.h. durch eine Veränderung im Protein-Haushalt verlieren sie ihre spezifischen Eigenschaften. Anschließend folgt eine Phase der Zellteilung und am Ende, wenn genug Masse aufgebaut wurde, werden die Zellen wieder als Herzmuskelzellen aktiviert. Anders als bei den Gliedmaßen läuft dieser Prozess ohne die Ausbildung von typischem Wundheilungsgewebe. Am Ende kann man hier ein nachgewachsenes Organ bestaunen – ohne die Beteiligung von Stammzellen.

www.kerckhoff.mpg.de

LICHTMIKROSKOP



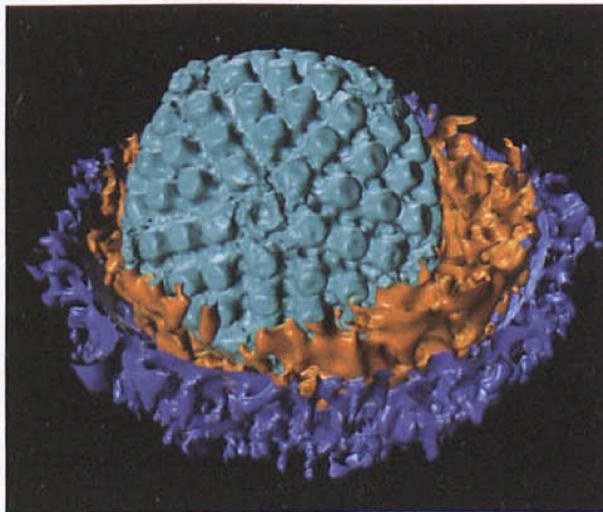
In jeder Wissenschaft gibt es Grenzen, die solange als unumstößlich gelten, bis ein

Weg gefunden wird, sie zu überschreiten. In der Optik war das z.B. das Auflösungsvermögen von Mikroskopen, dessen Grenze Ernst Abbe 1873 ausgerechnet hatte. Diese sogenannte Beugungsgrenze besagte, dass zwei Objekte nicht als zwei getrennt wahrnehmbare Bildpunkte abgebildet werden können, wenn ihr Abstand weniger als etwa die halbe Wellenlänge des verwendeten Lichts beträgt. Bei ca. 200 Nanometern war die bekannte Technologie ausgereizt. Mit seinen Arbeiten im Bereich der Weiterentwicklung der Fluoreszenzmikroskopie hat Prof. Stefan Hell die Grenze weit überschritten: Bei der STED-Mikroskopie (Stimulated Emission Depletion) sind jetzt schon 20 Nanometer darstellbar.

www.deutscher-zukunftspreis.de

GESTATTEN, HERPES SIMPLEX

Kryo-Elektronentomographie ist ein neues Verfahren in der Zellbiologie, das erlaubt, die Proteinstrukturen dreidimensional darzustellen. Mittels Stickstoff werden Zellen dabei sozusagen in Bewegung schockgefrostet. Dabei werden Computertomographie und Elektronenmikroskopie kombiniert, um zweidimensionale Bilder aus verschiedenen Perspektiven zu machen, die dann im Computer zu einem 3-D-Bild zusammengefügt werden. Als Beispiel ist hier das Bild eines Herpes-Sim-



plex-Virus zu sehen. Für die Entwicklung dieser bahnbrechenden Darstellungsmöglichkeit der Nanowelt erhielt Prof. Baumeister und sein Team vom Max-Planck-Institut für Biochemie den Ernst-Schering-Preis 2006.

www.scheringstiftung.de

wwwex.biochem.mpg.de/baumeister

BERICHTIGUNG

KULTUR&TECHNIK 4/06

Seiten 22-26: Das Jahrhundertbauwerk
PROMILLE STATT PROZENT

So viele Briefe haben wir noch nie bekommen: Immerhin war ja auch der Fehler, den Sie, liebe Leser, entdeckt haben, durchaus erheblich: Eine Steigung von »8 Prozent« im Tunnel wurde da behauptet. Für eine Flachbahn eindeutig zu viel. Maximal 8 Promille sind möglich, wie uns ein Leser auch eindrucksvoll mit Zeichnung erläuterte: Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit! Hier zwei Auszüge:

»Bei Steigungen mit 12,5 Prozent ist ein Bahnbetrieb mit Reibungsantrieb nicht möglich, für derartige Steigungen werden üblicherweise Zahnrad- oder Zahnstangenantriebe verwendet.«

Konrad Giehl, Sindelfingen

Herr Lothar Keiser, Markt Schwaben, weist ergänzend darauf hin, dass die Menge des beim Bau anfallenden Ausbruchmaterials (Seite 26) nicht dem fünffachen, sondern höchstens dem 3,71-fachen der Cheopspyramide entsprechen könne und betont ebenfalls, dass eine 8%-Steigung der Bahnstrecke nur möglich sei bei einer *»extremen Gebirgsbahn mit ausschließlichem Zahnstangenbetrieb«*.

Die Betreibergesellschaft der Gotthardbahn bietet übrigens im Internet umfangreiches Informationsmaterial an. Hier finden Sie vertiefende Publikationen von Experten. Interessierte können die Baustellen auch besuchen. Es gibt Führungen für die ganze Familie.

www.alptransit.ch



ZWEIMAL PAUL KLEE

In Köln und Brühl sind bis zum März zwei Ausstellungen mit Werken des Malers Paul Klee (1879–1940) zu sehen: 200 Werke aus dem umfangreichen Spätwerk kommen zum größten Teil aus dem Berner »Zentrum Paul Klee« nach Köln. Obwohl der Künstler 1935 an Sklerodermie erkrankte, eine unheilbare Erkrankung des Bindegewebes, waren seine letzten Lebensjahre ausgesprochen produktiv. Ganz buchstäblich war sein Motto »nulla dies sine linea«: kein Tag ohne Linie. Die ausgestellten 200 Arbeiten haben gemeinsam, dass sie alle auf Papier gezeichnet oder gemalt wurden, die Bandbreite der verwendeten Materialien reicht von Bleistift und Tusche bis zu Aquarell- und Plakatfarbe. Einzelbilder und Themenzyklen zeigen, wie Klee trotz zunehmendem körperlichen Verfall Lebensfreude und -willen darstellt, ein geradezu ironischer Umgang mit Leiden und Tod hinterlässt den Eindruck von Leichtigkeit.

Einen schönen Gegenpol bildet die Auswahl, die im Max-Ernst-Museum gezeigt wird, hier sind zum Teil selten zu sehende Arbeiten aus den Jahren 1905 bis 1925 versammelt. Der Ausgangspunkt der 95 Gemälde und Zeichnungen umfassenden Ausstellung ist der Einfluss, den Klees Arbeiten auf Max

Ernst gehabt haben. Die beiden Museen bieten auch ein Kombi-Ticket für beide Ausstellungen an.

Paul Klee,
Alles läuft nach! (1940)

Paul Klee – Kein Tag ohne Linie
Museum Ludwig, Köln – bis 4. März
www.museum-ludwig.de

In Augenhöhe: Paul Klee
Max-Ernst-Museum, Brühl – bis 4. März
www.maxernstmuseum.de

Anzeige

Neue BTA – Ausbildung an Münchner Chemieschule

Aufstockung der Ausbildungsplätze ab 2007

Die Chemieschule Dr. Erwin Elhardt, bekannt als einzige bayerische Berufsfachschule für Chemisch-Technische Assistenten (CTA), bildet ab September 2006 auch Biologisch-Technische Assistenten (BTA) aus. Da Schulleiter Martin Elhardt selbst auf dem Gebiet der Biochemie gearbeitet hat, liegt ihm die neue Ausbildungsrichtung besonders am Herzen. Er betont die lange Tradition der Chemieschule auf diesem Gebiet: Bereits vor 40 Jahren wurde an der Chemieschule Dr. Erwin Elhardt für CTAs das Wahlpflichtfach Biochemie mit Praktikum eingeführt, das bis heute gerne von den Schülern gewählt wird. Diese CTAs konnten zwar viele der von den Biotechnologieunternehmen an sie gestellten Anforderungen erfüllen, der Ruf aus Martinsried und Penzberg nach noch spezieller ausgebildeten Mitarbeitern wurde aber immer lauter. Es lag also nahe, die vorhandene räumliche und personelle Infrastruktur der Chemieschule auch für die Ausbildung von Biologisch-Technischen Assistenten einzusetzen. Die zweijährige Ausbildung zum BTA einschließlich der zahlreichen Praktika findet in den Räumen der Chemieschule statt, der Schüler muss sich also nicht bei einer Firma um einen Praktikumsplatz bewerben. Es war schon immer das Prinzip der Chemieschule, den Schülern ein solides Grundlagenwissen zu vermitteln, auf dem sie später aufbauen können. Eine zu frühe Spezialisierung führt später zu eingeschränkten Arbeitsmöglichkeiten. Wie groß die Nachfrage nach diesem Beruf ist, sieht man daran, dass bereits kurz nach der Ankündigung der neuen Ausbildungsrichtung alle für dieses Jahr angebotenen Ausbildungsplätze vergeben waren. Die Chemieschule Dr. Erwin Elhardt hat deshalb angekündigt, zum Schulanfang 2007 die Zahl der Ausbildungsplätze zu erhöhen, um jedem Interessenten die Möglichkeit zu geben, BTA zu werden.

**Nähere Auskünfte
über diese Angebote
und die Ausbildung
selbst sind unter
Tel. (089) 651 40 31
erhältlich.**

info@chemieschule-bayern.de
www.chemieschule-bayern.de

AUSBILDUNG ZUM

BTA Biologisch - Technischen Assistenten
CTA Chemisch - Technischen Assistenten
UTA Umwelt - Technischen Assistenten

WEITERBILDUNG ZUM Chemietechniker

CEM

Informationen
Schnuppertage Schulführungen

Schwerpunkte : Biochemie, Umwelt, Lebensmittel

Berufsbildungszentrum für Umwelt und Chemie
Chemieschule Dr. Erwin Elhardt
Fachschule und Berufsfachschule
Ludmillastraße 30, 81543 München
FAX : (089) 651 40 33 - Tel.: (089) 651 40 31

LIEBEN SIE WAITS?

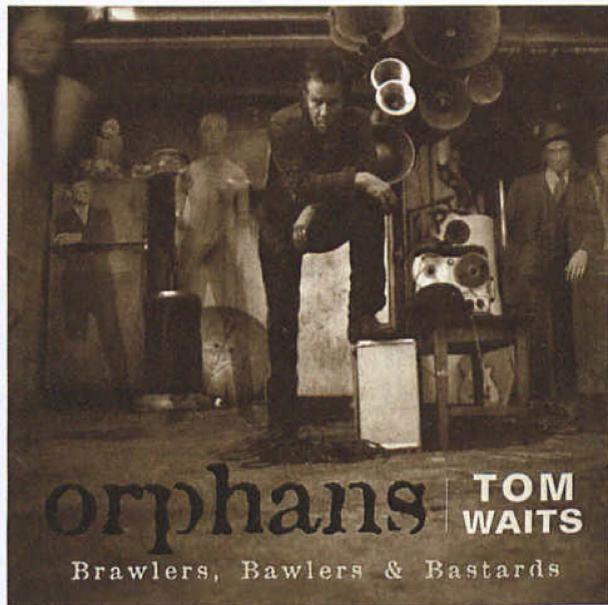
Jeder Musiker nimmt Songs auf, die am Ende doch nicht so recht auf das aktuelle Album passen und dadurch Gefahr laufen unter den Tisch zu fallen. Nicht so bei Tom Waits: Seine verwaisten Songs – »Orphans« (Waisenkinder) ist der Titel seines Drei-CD-Boxsets – hat er zusammen mit einem gleichen Anteil neuen Materials veröffentlicht. In vielen Schubladen zuhause, drückt Waits allem, was er tut, seinen einzigartigen Stempel auf, den eigenen Kompositionen, der Dreigroschenoper oder einem Song der Ramones. Die Bandbreite wird in den 56 Tracks deutlich: Bei Waits vermischen sich traditionelle Instrumentierung mit Klangexperimenten, lyrische Pianopassagen kontrastieren seine unvergleichliche raue Stimme. Er spielt den Blues, roh, hart und treibend. Er zelebriert melancholisch-herzzerreißende Balladen, denen jeder Zuckerguss fehlt. Er, magischer Geschichtenerzähler, erzählt wie

kein Zweiter in kleinen Songs ganz großes Kino. Es lohnt sich, genau hinzuhören.

Tom Waits: Orphans (3-CD-Box)

Anti Records

ASIN: B000INAUZO ; ca. 35 Euro



BUCHTIPP

VON AKROPOLIS BIS POTSDAMER PLATZ



Das größte Kompliment für ein Sachbuch ist es, wenn gern darin geblättert und geschmökert wird. Auch das Reclam-Buch der Architektur hat solche Qualitäten. Der Autor Klaus Jan Philipp geht zunächst chronologisch vor: In zehn Kapiteln von Antike bis Gegenwart wendet er sich den jeweils für die Epoche wichtigsten Gesichtspunkten zu. Herausgestellt werden wichtige Architekten, Bautechnik und -

material, sozialgeschichtliche Entwicklungen und exemplarische Bauwerke. So gibt es etwa im Antike-Kapitel u.a. einzelne Abschnitte zu prototypischen Städten wie Athen oder Rom, aber auch zu ganz spezifischen Themen wie Säulenordnungen, Bäderwesen und den Villenbau. Im Barock lauten die Stichworte z.B. Bernini, Versailles oder Treppenhaus. Zahlreiche Abbildungen und Schemata erleichtern das Verständnis. Allerdings ist das Buch im engeren Sinn kein Nachschlagewerk (übrigens auch, weil leider ein Sachregister fehlt!), sondern ist bemüht, dem Leser einen möglichst facettenreichen Überblick zu verschaffen, ohne sich an ein strenges Schema zu halten. Selten verlässt das Buch dabei den europäischen Rahmen und Blickwinkel, aber es gibt auch zwischen Semperoper und Eiffelturm genug Wissenswertes.

Klaus Jan Philipp: Das Reclam-Buch der Architektur

Reclam Verlag; ISBN 3-15-010543-9; 39,90 Euro

– Webtipp –

HEY MR. DJ, PUT A RECORD ON!

LERNFÄHIGE ONLINE-RADIOPROGRAMME

Es ist gar nicht so einfach, Musik zu finden, die den eigenen Geschmack trifft, aber die Hörgewohnheiten nicht nur auf das schon Bekannte einschränkt. Radiostationen richten sich oft nur nach dem Mainstream, und die eigene CD-Sammlung ist irgendwann erschöpft. Internet-Radiostationen sind eine gute Alternative, genrespezifisch spezialisiert gibt es eigentlich alles – von Filmmusik bis Barockoper. Zu finden sind diese Sender in Verzeichnissen wie »Shoutcast«: Die Suche in gerade laufenden Programmen ermöglicht es, potenzielle neue Lieblingssender zu finden. Einen Schritt weiter gehen die individuellen Web-Radiosender der Plattformen »Pandora« und »LastFM«. Dort werden individuelle Programme zusammengestellt, ausgehend vom eigenen Geschmack. Grundlage sind – ähnlich wie bei Buchempfehlungen bekannter Online-Buchläden – vom Benutzer gegebene Informationen zum Musikgeschmack. Ein Künstler oder ein einzelner Song genügen, schon ist der Sender eingerichtet und spielt Titel, die einem gefallen könnten. Jeder Titel kann bewertet werden, jede Bewertung präzisiert das Bild, das sich das Programm vom Musikgeschmack des Hörers macht. LastFM hat dabei zusätzlich noch eine starke Community, in der sich Hörer austauschen und auch mal dem anderen ins Programm lauschen können.

www.shoutcast.com

www.pandora.com

www.last.fm



H heute an die Energieerzeugung der Zukunft denken: Als kommunaler Energieversorger haben die Stadtwerke München hier eine besondere Verantwortung. Und berücksichtigen deshalb immer alle relevanten Umweltaspekte. Schließlich hat die Erzeugung von Energie nachhaltige Auswirkungen auf Umwelt und Klima. Die SWM setzen auf einen intelligenten Energiemix

und auf Energieeffizienz. Intelligenter Energiemix bedeutet: Die SWM erzeugen Strom und Wärme umwelt- und ressourcenschonend durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und sie bauen die regenerativen Energien konsequent aus. Damit erreichen die SWM minimale Emissionswerte, eine hohe Kohlendioxid-Einsparung und eine maximale Ausnutzung der Primärenergie. Die Umweltbilanz zeigt, dass die SWM ökologisch die Nase vorn haben: Bei der Stromerzeugung emittieren die SWM weit weniger Kohlendioxid als der Bundesdurchschnitt. Darüber hinaus vermeidet die KWK-Technologie zusätzlich umweltbelastende Emis-

sionen, da durch die Fernwärme Einzelfeuerungsanlagen in der Stadt vermieden werden. Gute Perspektiven: Die SWM werden den Anteil regenerativ erzeugter Energie bis zum Jahr 2020 verfünffachen. Schwerpunkt werden Geothermie- und Biogasanlagen in der Region bilden,

aber auch Beteiligungen an Offshore-Windkraftanlagen und Solaranlagen. Dass die SWM auf einem guten Weg sind, zeigt das jüngste regenerative Pro-

jekt der SWM: Ende 2006 hat Münchens erste Biogasanlage ihren Betrieb aufgenommen. Sie verwertet den Bioabfall des Tierparks Hellabrunn, der in einem Blockheizkraftwerk in Strom und Wärme verwandelt wird. Die Anlage liefert 240.000 Kilowattstunden (kWh) Strom und 230.000 kWh Wärme. Gegenüber dem Einsatz von fossilen Brennstoffen wird so der Ausstoß von 190 Tonnen Kohlendioxid jährlich vermieden. Dass es in München in Sachen regenerative Energien weiter geht – dafür sind die SWM ein Garant.

Energie der Zukunft

Gute Aussichten mit den Stadtwerken München

Mehr Informationen: www.swm.de



Münchens modernstes Wärmekraftwerk liegt tief unter der Erde.

SW//M

www.swm.de

M-Wärme: zukunftsweisend dank umweltfreundlicher Erdwärme.

Besser leben mit M.

Energie

Genese eines Begriffs

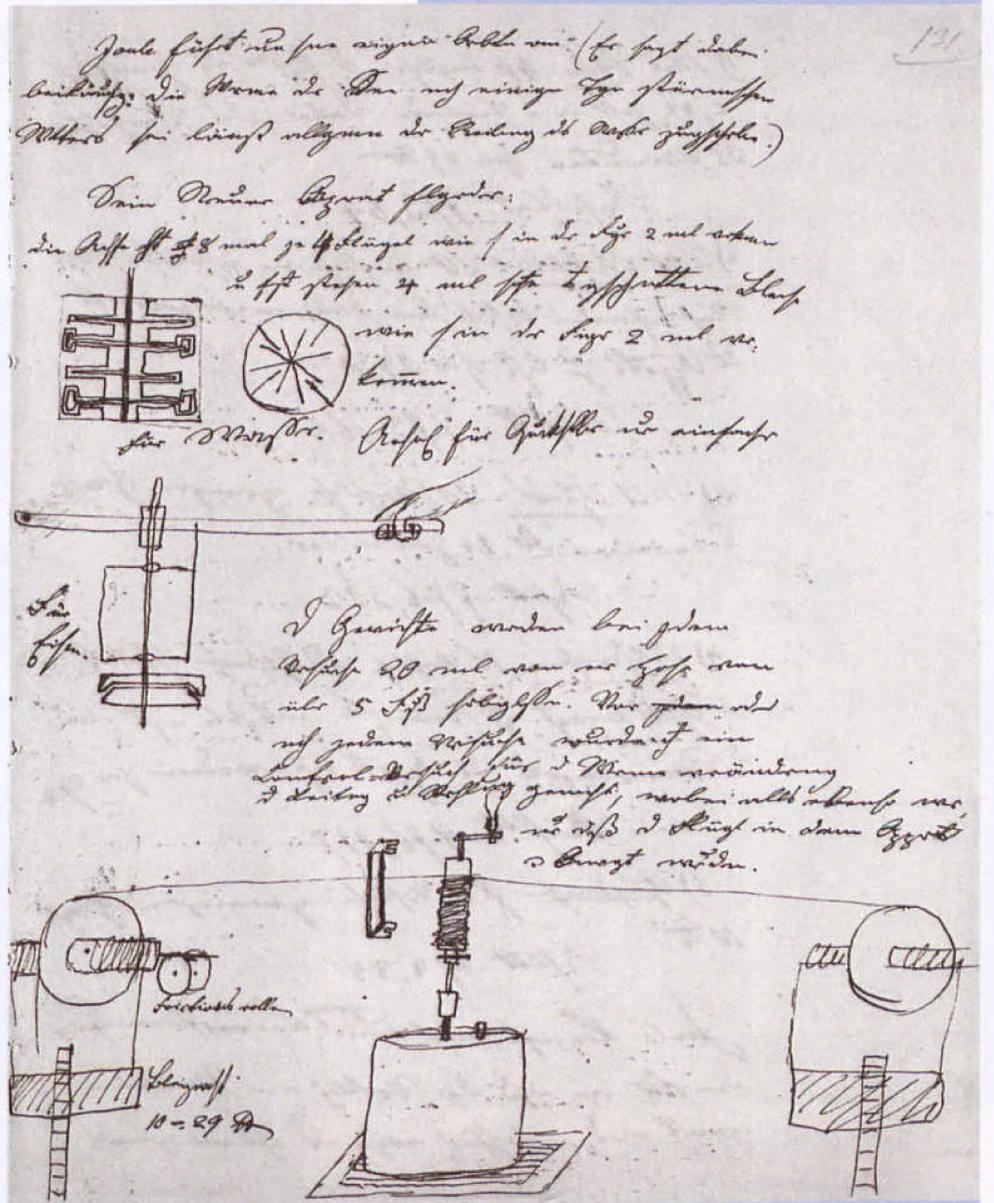
Die Entwicklung und Durchsetzung des Energiebegriffes in der Mitte des 19. Jahrhunderts stellt einen entscheidenden Schritt in der Geschichte der Naturwissenschaften dar. »Energie« war Produkt einer zunehmend in die industrialisierte Gesellschaft eingebetteten Wissenschaft. Zugleich zeigt die Etablierung des Energiebegriffes, wie nahezu unmöglich es ist, in der Wissenschaftsgeschichte eindeutig Person, Zeitpunkt und Ereignis dingfest zu machen, die als »Entdecker« und »Entdeckung« bezeichnet werden können. **Von Christian Sichau**

Wärme kann in (mechanische) Arbeit umgewandelt, also etwa zum Heben eines Gewichtes genutzt werden. Dies zeigt die Dampfmaschine. Ebenso kann durch mechanische Arbeit Wärme erzeugt werden. Diese vermeintlich einfache Idee steht im Zentrum der »Entdeckung« der Energieerhaltung in der Mitte des 19. Jahrhunderts. Der so eingeführte Begriff der Energie verwies auf eine neue Betrachtungsweise, wie physikalische Vorgänge zu analysieren waren. Mechanische Arbeit und Wärme durften demnach nicht getrennt voneinander betrachtet werden, sondern es musste ihre Summe in den Blick genommen werden. Dafür diente die übergeordnete Größe der Energie. Natürliche Prozesse, aber insbesondere Vorgänge in Maschinen wie der Dampfmaschine, mussten also aus der Perspektive der Energie »bilanziert« werden. So sollte ein besseres Verständnis der Funktionsweise von Dampfmaschinen erzielt werden. »Natur«-Wissenschaft war »Maschinen«-Wissenschaft.

VON DER KALORIE ZUM JOULE. Die Idee der Umwandlung von Wärme in Arbeit war eine revolutionäre. Denn in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts war die Mehrheit der Wissenschaftler davon überzeugt, dass Wärme in allen Prozessen immer erhalten blieb. Sie konnte nicht in irgendetwas anderes »umgewandelt« werden. Diese Annahme war zentraler Bestandteil der gängigen Wärmetheorien, die u. a. Vorgänge wie die Wärmeleitung auch gut erklären konnten. Im 18. Jahrhundert war sie oft mit der Vorstellung verknüpft worden, es gäbe einen speziellen »Wärmestoff« – das sogenannte Caloricum. Die veraltete Bezeichnung »Kalorie« erinnert noch daran. Im 19. Jahrhundert trat die Idee eines stofflichen »Caloricums« in den Hintergrund, doch die Annahme von der Erhaltung der Wärme blieb Grundbestandteil der Theorien, zumindest in mathematischer Form.

Es waren zwei Außenseiter, die in den 1840er Jahren diese Grundannahme in Frage stellten und die neue Perspektive der Umwandelbarkeit von Wärme und Arbeit behaupteten: Der deutsche Arzt und Naturforscher Julius Robert Mayer (1814–1878) und der britische Privatgelehrte James Prescott Joule (1818–1889). Doch kaum hatten sie den neuen Sachverhalt einigermaßen auf den Punkt gebracht, setzte schon ein Streit darüber ein, wer ihn denn nun als Erster ausgesprochen hätte. Die beiden »Entdecker« stritten sich zunächst in einer Serie von Briefen an die französische Akademie der Wissenschaften in Paris. Diese war nicht nur eine der wichtigsten wissenschaftlichen Vereinigungen der Welt, sie konnte hier auch als quasi neutrale Instanz angerufen werden, da weder Joule noch Mayer französischer Nationalität waren. Als Außenseiter rangen beide um Anerkennung, sowohl persönlich für ihre jeweilige Stellung in der Wissenschaftlergemeinschaft als auch für die von ihnen – in unterschiedlicher Form – vorgeschlagene neue Idee.

DAS BESSERE ARGUMENT FÜR DIE MODERNE NATURWISSENSCHAFT. Welche Argumente konnten Joule und Mayer für ihre revolutionären Ansichten vorweisen? Diese Frage berührt zugleich den Kern der Auseinandersetzungen zwischen den beiden. Denn sie argumentierten sehr unterschiedlich, und es war umstritten, welche Argumentationsweise der sich herausbildenden »modernen« Naturwissenschaft eher angemessen war. Mayers Außenseiterposition wird darin deutlich, dass er eine wichtige Schrift, in der er 1845 seine Überlegungen und Argumente ausführlich vorstellte, privat veröffentlichen musste – ein Abdruck in der angesehenen Zeitschrift »Annalen der Physik und Chemie« war ihm verweigert worden. Zwar enthielt diese Schrift ebenso wie eine drei Jahre zuvor erschienene kürzere Abhandlung den zentralen Gedanken der Umwandelbarkeit von Wärme in Arbeit, doch es fehlten die Insignien »moderner« Naturwissenschaft: Eine enge Bindung an gängige Forschungsfragen, Berichte über durchgeführte



Manuskript von Clausius mit Joules Schaufelradexperiment.



Julius Robert Mayer (1814–1878)

Experimente, detaillierte Rechnungen oder explizite Verweise auf Arbeiten anderer Wissenschaftler waren nicht im geforderten Maße vorhanden. Viele maßgebliche Wissenschaftler übersahen so Mayers Veröffentlichungen, zumal kaum jemand in einer Abhandlung mit dem Titel »Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel« wichtige physikalische Überlegungen vermutete.

James Prescott Joule hingegen hatte zwar auch mit einigen Widerständen zu kämpfen, doch seine Argumentationsform passte eher zu allgemein akzeptierten Standards. Er hatte zwischen 1842 und 1849 zahlreiche Experimente durchgeführt, seine Beobachtungen genauestens protokolliert, war auf wichtigen Tagungen mit Vorträgen in Erscheinung getreten und hatte so Kontakt zu führenden Wissenschaftlern aufgenommen. Mit dieser Strategie hatte er schließlich Erfolg. Nach einigen Mühen gelang es ihm, zwei wichtige Physiker von der Richtigkeit seiner Experimente und der daraus folgenden Idee zu überzeugen und sie – unabhängig voneinander – zu einer Ausarbeitung einer umfassenden Theorie der Wärme zu veranlassen. Es handelte sich dabei um Rudolf Clausius (1822–1888) und William Thomson (1824–1907), den späteren Lord Kelvin. In seiner 1850 erschienenen Schrift »Über die bewegende Kraft der Wärme« betonte Clausius gleich zu Beginn, dass »der Satz, dass die Menge der neu erzeugten Wärme der dazu angewandten Arbeit proportional sei«, durch die Experimente Joules »fast zur Gewissheit geworden« sei.

Knapp ein Jahr später folgte Thomsons Aufsatz »Über die dynamische Theorie der Wärme«, in der er die Umwandelbarkeit der Wärme als Grundannahme seiner neuen Theorie ebenfalls Joule zuschrieb. Aus der Reihe der verschiedenen Experimente von Joule wurde insbesondere eines herausgegriffen, das die Umwandlung von mechanischer Arbeit in Wärme – zumindest rückblickend – eindrucksvoll demonstrierte: Fallende Gewichte trieben in Wasser (oder Quecksilber) getauchte Schaufelräder an. Dadurch erwärmte sich das Wasser geringfügig. Arbeit (das Hochheben der Gewichte) wurde also in Wärme umgewandelt. So findet sich eine Darstellung des Experimentes z.B. auch in



Rudolf Clausius (1822–1888)



James Prescott Joule (1818–1889). Im Hintergrund ist ein Teil der Apparatur des Schaufelradexperiments zu erkennen.



William Thomson (1824–1907), später: Lord Kelvin.

Manuskripten von Clausius. Joules Name ist uns heute als Maßeinheit für Energie allgegenwärtig, meist in Form des Kürzels »kJ« für Kilojoule.

ELEKTRIZITÄT STATT DAMPF? Sowohl Clausius als auch Thomson stellten in ihren letztlich miteinander übereinstimmenden neuen Theorien der Wärme nicht Vorgänge in der Natur an den Anfang, sondern ein technisches Artefakt: die Dampfmaschine. Wie bereits erwähnt, sollte deren Funktionsweise physikalisch erklärt werden, um so weitere technische Fortschritte zu ermöglichen. Denn obwohl Dampfmaschinen schon seit Beginn des 18. Jahrhunderts eingesetzt wurden, existierte lange Zeit keine allgemein akzeptierte physikalisch-theoretische Deutung der Prozesse in einer Dampfmaschine. Es war vor allem der französische Wissenschaftler Sadi Carnot (1796–1832), der sich 1824 die Aufgabe stellte, diese Situation zu ändern. Carnots Arbeit wurde zur Grundlage sowohl für Clausius als auch für Thomson.

Nach Carnots Analyse war der Ablauf in einer Dampfmaschine der Wasserkraft vergleichbar: So wie bei einer Mühle das Wasser von einer gewissen Höhe auf das Mühlrad trifft, es antreibt und auf einem niedrigeren Niveau wieder weiter fließt, so würde Wärme bei einer hohen Temperatur in die Dampfmaschine eintreten und bei einer niedrigeren Temperatur die Maschine wieder verlassen. Carnots wichtige Einsicht beruhte darauf, diesen Temperaturunterschied als wesentlich für die Effizienz einer Dampfmaschine aufzufassen. Doch zugleich war es seine Theorie, die später die Annahme der Idee von Joule und Mayer so erschwerte. Denn nach Carnot würde sich die Wärmemenge in der Dampfmaschine genauso wenig ändern wie die Menge des Wassers beim Durchfließen einer Mühle. Während Thomson noch 1849 die Ideen von Carnot und Joule als miteinander unvereinbar ansah und dieses Problem in einer Veröffentlichung offen diskutierte, fand Clausius darauf aufbauend eine Lösung. »Auch halte ich die Schwierigkeiten nicht für so bedeutend wie Thomson, denn wenn man auch in der bisher gebräuchlichen Vorstellungsweise Einiges ändern muss, so kann ich

doch mit erwiesenen Thatsachen nirgends einen Widerspruch finden«, befand Clausius 1850 in der Einleitung seiner Wärmetheorie. Die These von der Umwandelbarkeit von Arbeit und Wärme wurde zum 1. Hauptsatz der neuen Wärmelehre, Carnots zentraler Gedanke von der Bedeutung der Temperaturdifferenz für die Prozesse in einer Dampfmaschine – in abgewandelter Form – zum 2. Hauptsatz.

Der bei Carnot, Clausius und Thomson sichtbare, unmittelbare Bezug der Naturwissenschaft zur Industrialisierung ist auch in den Arbeiten von Joule präsent. Der 1818 in Manchester geborene Joule war selbst Teil jener industriellen Welt, die seine »Entdeckung« weiter befördern sollte. Er war Sohn eines wohlhabenden Brauereibesitzers und erhielt zwischen 1834 und 1837 Privatunterricht von dem berühmten Chemiker John Dalton (1766–1844). Sein Vater errichtete ihm 1843 ein Privatlabor, in dem Joule frei forschen konnte. In der Brauerei der Familie wurde bereits eine Dampfmaschine eingesetzt, und als Jugendlicher konnte Joule unmittelbar die ersten Dampflokomotiven auf der Strecke zwischen Manchester und Liverpool bewundern. Doch nahte bereits das Ende des Dampfmaschinenzeitalters? Diese Frage bewegte Wissenschaftler wie Ingenieure seit den 1830er Jahren. Sie richteten ihre Hoffnungen auf elektrische Maschinen, die – so glaubte man zunächst – an die Stelle der Dampfmaschine als universelle Antriebsmaschine treten könnten. Diverse Vorschläge dieser Art kursierten in Europa; in St. Petersburg gab der Physiker Jacobi 1837 eine beeindruckende Demonstration der neuen Möglichkeiten, als er mit einem elektrisch angetriebenen Boot auf dem Fluss Newa fuhr.

WOHER STAMMT DIE WÄRME? Auch der junge Joule war anfangs sehr optimistisch, doch diese Zuversicht wurde bald in Experimenten erschüttert. Elektrizität stellte keine unerschöpfliche Quelle zum Antrieb von Maschinen dar; denn, so fand Joule, der Verbrauch des in der elektrischen Batterie eingesetzten Zinks war unerwartet hoch. Joule stellte einen Kostenvergleich zwischen dem Zinkverbrauch in der Batterie und der für



Angetrieben von einem Elektromotor schippert Moritz Hermann Jacobi 1839 die Newa entlang.

DR. CHRISTIAN SICHAU, Dipl.-Physiker, ist seit März 2003 als Kurator in der Abteilung Physik beschäftigt.

Dampfmaschinen benötigten Kohle an. – Der fiel eindeutig zugunsten der Dampfmaschine aus. Joule wandte sich nun stärker »wissenschaftlichen« Fragestellungen zu. Dabei fokussierte er zunächst auf die von ihm bemerkte Erwärmung seiner elektromagnetischen Maschine. Woher stammte die Wärme? Sie deutete jedenfalls auf einen (Reibungs-) Verlust hin, auf eine ungenügende Effizienz.

Diese konkrete Frage entwickelte sich zu einem grundlegenden Forschungsprojekt. Joule untersuchte, wie sich ein Metall bei Stromfluss erwärmt (und bemerkte hier eine Gesetzmäßigkeit, die heute als »Joule'sches Gesetz« bezeichnet wird); er bestimmte die Wärmeentwicklung bei der Kompression von Luft (1844/45); und er führte die bereits erwähnten Schaufelradexperimente (1845 ff) durch, mit denen er die Umwandlung von mechanischer Arbeit in Wärme anhand der Temperaturerhöhung einer bewegten Flüssigkeit maß.

Aus seiner Sicht war das jeweils aufgefundene Verhältnis von mechanischer Arbeit zu entstandener Wärme konstant. Es schien demnach gerechtfertigt, dieses Verhältnis durch eine einzige Zahl, das »mechanische Wärmeäquivalent«, auszudrücken. Damit



In der Abteilung »Kraftmaschinen« des Deutschen Museums steht diese erste Präzisions-Ventil-Dampfmaschine von 1805: Dampfmaschinen nutzen die Energie des verdichteten Wasserdampfes aus. Die bei seiner Entspannung freiwerdende Energie erzeugt über Kolben und andere Bauteile eine Drehbewegung zum Antrieb von Arbeitsmaschinen. Die erst brauchbare Industriedampfmaschine wurde 1765 von James Watt gebaut. Die Ventil-Dampfmaschine der Gebrüder Sulzer von 1865 arbeitete bis 1904 in einer Spinnerei in Bülach bei Winterthur. Um überhitzten Dampf mit einer Temperatur von ca. 200 °C verwenden zu können, griff man zur Steuerung der Dampfverteilung auf Ventile zurück, die von einem Fliehkraftregler beeinflusst wurden. Mit dieser neuartigen Steuerung konnte die doppelwirkende Maschine sehr präzise reguliert, höhere Drehzahlen erreicht und die Arbeitsgeräusche reduziert werden. Bei einem Kolbendurchmesser von 500 mm, einem Hub von 1050 mm und einem Dampfdruck von 5,6 bar leistete die Maschine 117 kW.

war auch ein Weg aufgezeigt, wie man diese unterschiedlichen physikalischen Größen Arbeit und Wärme zusammenfassen konnte. Erst jetzt machte es, dank der intensiven Beschäftigung mit der Welt der Maschinen, also Sinn, »Energie« als übergeordnete Größe in der Naturwissenschaft zu definieren.

DIE NEUE WISSENSCHAFT DER ENERGIE. Insbesondere in Großbritannien wurde das Konzept der Energie zunehmend ins Zentrum der Naturwissenschaften gerückt. In der *Encyclopaedia Britannica* hieß es 1879 schließlich schlicht: Naturwissenschaft ist die Wissenschaft von der Energie (»Natural Philosophy is simply the science of energy«). Der Erfolg des Energiebegriffes ist auf verschiedenen Ebenen zu suchen. Er versprach – wie die Definition in der *Encyclopaedia Britannica* deutlich macht – eine Einigung bzw. Vereinheitlichung der sich immer weiter spezialisierenden und ausdifferenzierenden Naturwissenschaften. Mit der Energie sollte ein einigendes Band geschaffen werden, das die unterschiedlichen Teildisziplinen wieder miteinander verknüpfte.

Für Thomson und seine Kollegen war damit mehr gemeint als eine Einheit auf begrifflicher Ebene. Vielmehr ging es hier um die Art und Weise, wie Naturwissenschaft betrieben werden sollte. Wie Joules Experimente und Thomsons Wärmetheorie es bereits teilweise exemplarisch vorwegnahmen, sollte Naturwissenschaft von nun an durch eine enge Verknüpfung von »Präzisionsexperimenten« und mathematischen Theorien charakterisiert sein. Experimente sollten mit Hilfe theoretischer Überlegungen konzipiert und mathematisch ausgewertet werden. Wissenschaftliche Instrumente und Apparate erhielten damit eine große Bedeutung.

Die neuen experimentellen und mathematisch-theoretischen Anforderungen gingen einher mit einer Verstärkung der Professionalisierung in den Naturwissenschaften. Der gebildete »Gentleman«, der sich in seiner freien Zeit aus freien Stücken mit einzelnen, ihn interessierenden naturwissenschaftlichen Fragen mit vergleichsweise einfachen Hilfsmitteln beschäftigte, wurde zunehmend an den Rand gedrängt. An seine Stelle sollten an den Hochschulen ausgebildete Wissenschaftler treten, für die Wissenschaft ein Vollzeitberuf war. An Hochschulen sollten gut ausgestattete Laboratorien eingerichtet werden, wie es Thomson an der Universität Glasgow vormachte. Zugleich sollte der britische Staat die Forschung finanziell fördern – was dieser ab 1850 mit einer jährlich bereit gestellten Summe von 1.000 Pfund auch gerade in neuer Weise begonnen hatte zu tun.

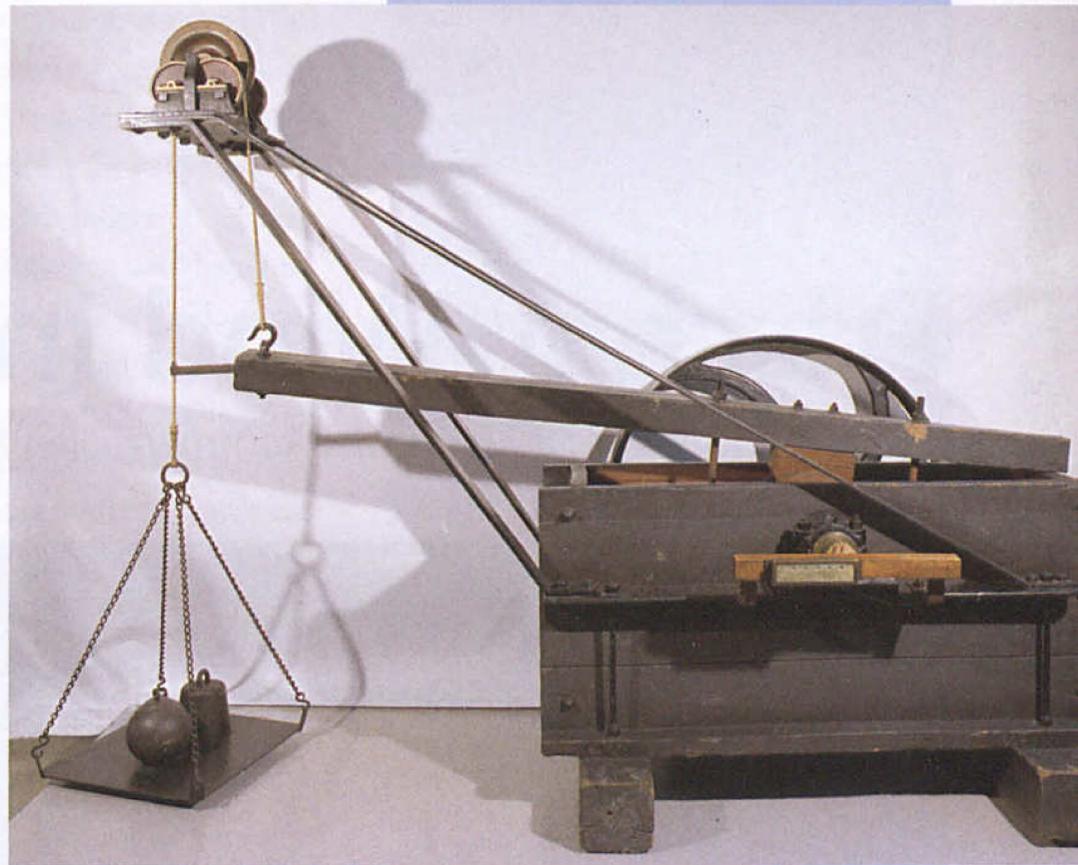
DIE »NEUE« NATURWISSENSCHAFT SOLL ANWENDUNGSBEZOGEN SEIN. Dieser Bezug zur Technik bzw. der industriellen Welt zeigte sich bei Thomson beispielhaft auch in der Wunschvorstellung, zukünftig »vielleicht ein ›microfarad‹ oder ›megafarad‹ Elektrizität kaufen zu können«. Das Konzept der Energie, das eine »Mengenbestimmung« für die verschiedensten physikalischen Größen wie Elektrizität ermöglichte, sollte quasi die »Währung« sein, in der abgerechnet wird. In der populären Vermittlung des Energiekonzeptes war die kapitalistische Sichtweise ebenfalls sichtbar. So beschrieb der britische Physiker Balfour Stewart (1828–1887) in einem populären Lehrbuch etwa potentielle Energie als »Geld auf der Bank« und Bewegungsenergie als »Geld, das man gerade ausgibt«. Aus dieser Sicht war die Sonne »in der Lage eines Mannes, dessen Ausgaben seine Einnahmen übersteigen«.

Diese Betrachtungsweise verknüpfte Naturwissenschaft und Ökonomie aufs Engste, denn nicht nur die »Verschwendungssucht« der Sonne wurde offenbar, sondern auch die der Menschheit – bzw. der britischen Gesellschaft: »Wir sind ... gegenwärtig in der Lage eines jungen Erben, der eben zu seinem Vermögen gelangt ist und, nicht zufrieden mit den Einkünften, sein zu Geld gemachtes Besitztum verschwendet.« Mit dieser Äußerung spielte Stewart auf die sogenannte Kohlefrage an. Sie wurde in den 1860er Jahren intensiv diskutiert, als eine erste Untersuchung darauf hinwies, dass die Kohlevorräte Großbritanniens nicht unerschöpflich seien. Da Englands Reichtum und Vormachtstellung in der Welt jedoch vor allem auf der breiten Anwendung von Dampfmaschinen beruhten, war dies eine düstere Prognose. Energie wurde zu einer nationalpolitischen Frage. Aufgrund des großen Anspruchs einer Erneuerung der Naturwissenschaft hatte für Thomson die neue

Wärmelehre und Joules Experimente eine wichtige Funktion: Die Geschichte der noch jungen Wärmelehre war ein Schlüsselement in den Bemühungen, die neuen Ansprüche durchzusetzen und zu etablieren. Entsprechend mussten britische Errungenschaften auch als solche verteidigt werden. Daher war es ein ungeheurer Akt, als der britische Physiker John Tyndall (1820–1893) – der über exzellente Kontakte nach Deutschland verfügte – 1862 in einer Rede öffentlich plötzlich die Verdienste von Julius Robert Mayer hervorhob. Hier schien plötzlich eine andere Wissenschaft auf: Mayer war demnach das einsame, missachtete Genie, das außerhalb der etablierten Wissenschaftlerkreise steht und nicht durch teure Laborexperimente, sondern durch tiefes Nachsinnen allein eine wichtige Entdeckung machte. Damit setzte Tyndall bewusst einen »romantischen« Kontrapunkt zu Thomsons Vision einer professionellen, experimentellen, mathematischen, technisch orientierten und staatsnahen Naturwissenschaft. Joule und Thomson reagierten unmittelbar und versuchten, die Geschichte wieder gerade zu rücken. Es entzündete sich ein innerbritischer Streit darüber, in welche Richtung sich die Naturwissenschaften entwickeln sollten. Die Entdeckung der Energieerhaltung wurde zu einem Politikum, das zunehmend nationale Obertöne bekam. Neue Namen wurden ins Spiel gebracht, etwa der britische Chemiker Humphrey Davy (1778–1829) oder der deutsche Physiker Hermann von Helmholtz (1821–1894), um die »Entdeckung« der Energieerhaltung zumindest für die jeweilige Nation zu sichern oder Ansprüche der »Gegenseite« zurückzuweisen. Dabei ging man immer weiter in der Geschichte zurück und deutete Äußerungen früherer Wissenschaftler nun vor dem Hintergrund der Prioritätsdiskussionen um.

ENTDECKER ALS NATIONALE HELDEN. Durch Tyndall wurde Mayer auch in deutschen Gelehrtenkreisen bekannt gemacht. So hatte er sich Mayers Schrift aus dem Jahr 1845 von Clausius schicken lassen, der sie nun selbst erstmals las. In einem Brief an Mayer schrieb er: »Ich bin über den reichhaltigen und interessanten Inhalt dieser Schriften in hohem Grade überrascht worden, und habe sie mit grossem Interesse gelesen.« Tyndalls Darstellung von Mayer erhielt zusätzliches Gewicht durch dessen Lebensumstände: Mayer war zeitweise psychisch krank, beging einen Suizidversuch und lebte für einige Zeit in Heilanstalten. Dies fügte sich ein in das romantische Geniebild, das Tyndall und andere nun über diesen »Galilei des 19. Jahrhunderts« (so der Titel einer Biographie Mayers aus dem Jahr 1895) entwarfen. Aus dem ursprünglichen Kontext des Streites zwischen Tyndall und Thomson/Joule herausgelöst verselbständigten sich die nationalen Zuschreibungen des Energieerhaltungssatzes. Auch im Ehrensaal des Deutschen Museums findet sich Julius Robert Mayer wieder. Auf der zugehörigen Texttafel heißt es: »Das Gesetz von der Erhaltung der Energie mit seinen mannigfachen Beziehungen hat er erkannt und ausgesprochen. Den Arbeitswert der Wärme hat er zuerst gefunden.«

Um die Unmöglichkeit, einen »Entdecker« und einen präzisen Moment der »Entdeckung« der Energieerhaltung festzumachen, nannte hingegen der bekannte Wissenschaftshistoriker Thomas S. Kuhn bereits 1959 zwölf Personen, die alle als »Entdecker« gelten könnten. Aus seiner Sicht machte es daher überhaupt keinen Sinn, eine Person zu isolieren; vielmehr müsse die Wissenschaftsgeschichte stärker herausarbeiten, wie es dazu komme, dass manchmal gewisse Ideen einfach in der Luft zu liegen scheinen. Auch wenn manche nationalistische Tendenz schwächer geworden ist, hat sich trotz der zahlreichen wissenschaftshistorischen Analysen die Sehnsucht hartnäckig gehalten, »Entdeckung« und »Entdecker« eindeutig benennen zu können. Von einem wissenschaftshistorisch fundierten Umgang mit solchen simplifizierenden Vorstellungen sind wir immer noch weit entfernt. Dabei hat Wissenschaftsgeschichte, wie diese kurze Skizze zum Thema »Energie« andeutet, Interessanteres und Spannenderes zu bieten, als die Frage: »Wer war zuerst?« zu beantworten. ■■■



Apparat nach J. R. Mayer zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents.

Weiterführende Literatur:

Kenneth Caneva: *Robert Mayer and the Conservation of Energy*. Princeton University Press 1993.

Crosbie Smith: *The Science of Energy. A Cultural History of Energy Physics in Victorian Britain*. Athlone Press 1998.

Ben Marsden & Crosbie Smith: *Engineering Empires. A Cultural History of Technology in Nineteenth-Century Britain*. Palgrave Macmillan 2005.

Christian Sichau: *Thermodynamik. Historische und fachliche Materialien zur Unterrichtsvorbereitung*. Oldenburger VorDrucke 511/05 (Zu beziehen über das Didaktische Zentrum der Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg).

✓ Frischer Wind in neuen Segeln

Die schwierige Wiedergeburt der kommerziellen Nutzung der Windenergie auf See



Jahrtausendlang fingen Seefahrer die Energie des Windes mit Segeln ein, um sie für ihre

Fahrten zu nutzen. Derzeit spielt das Segel in der kommerziellen Schifffahrt keine Rolle.

Eine Renaissance könnte sich bei kleineren Frachtschiffen sowohl wirtschaftlich wie auch

ökologisch lohnen. **Von Jobst Broelmann**

Das Segel ist wohl das älteste Mittel der Nutzung natürlicher Energien. Lange vor der Erfindung des Rades und seiner Anwendung in den Wind- oder Wassermühlen vermochte es, die Kraft des Windes in einen nützlichen Vortrieb umzusetzen. Die früheste Darstellung eines Segels stammt aus Ägypten und wird auf das Jahr 3.100 v. Chr. datiert. Sie zeigt ein quer stehendes, wie an einer Gardinenstange aufgehängtes Segel, ein **Rahsegel**. Bereits einige Jahrhunderte später zeugen Darstellungen von Ruderschiffen mit umlegbaren Masten von den Fähigkeiten des Menschen, sich günstigen Wind als zusätzlichen Hilfsantrieb nutzbar zu machen. Für die Entwicklung der Kulturen und des Handels spielte diese Nutzung eine einzigartige Rolle, denn ein Ruderantrieb mit schnell erschöpfter Mannschaft blieb nur wenigen Sonderzwecken vorbehalten. Die Möglichkeit, mit dem Segel an jedem Ort des Meeres Energie sozusagen aus der Luft greifen zu können, ermöglichte überhaupt erst die Erschließung einer noch unbekanntem Welt. So wurde das Segelschiff das »Raumschiff« der Renaissance, das Segel hatte die ähnliche Aufgabe wie das »Sonnensegel« der Raumflugkörper heute, nämlich unabhängig von einer heimatlichen Basis Energie zu gewinnen. Mit den ersten Dampfschiffen des 19. Jahrhunderts und ihren beschränkten Kohlevorräten hätte ein Kolumbus nie Amerika erreichen können. Es war ja dann gerade der anfangs noch enorm hohe Kohleverbrauch das erste Argument gegen den Bau von Dampfschiffen: es könne ja nicht sinnvolle Aufgabe eines Schiffes sein, nur seinen eigenen Brennstoffvorrat zu transportieren. Der Segelantrieb hatte also lange ein unangefochtenes Monopol besessen, wurde qualitativ kaum verbessert und nur in immer mehr Segel und Masten vermehrt. Über deren genaue Funktion bestanden auch in der zeitgenössischen Physik nur unklare, wenn nicht falsche Vorstellungen, hätte ein Segelmacher sich ihrer bedienen wollen. Ihr zufolge nahm eine Stoßtheorie an, dass Luftpartikel wie kleine Bälle einen Druck auf die Segel ausübten, die sie wie Säcke einfangen sollten. Der viel effizientere Unterdruck und eine Sogwirkung auf der Rückseite des Segels konnten damit nicht erkannt werden.

So fand der gesamte Weltverkehr jahrhundertlang – im Durchschnitt und Flauten eingerechnet – noch im Fußgängertempo statt. Nur allmählich wurde der Profit der Schnelligkeit entdeckt, etwa bei den Teeclippern, der für Wettbewerb sorgte und zu höheren Geschwindigkeiten anspornte. In der aufkommenden Konkurrenz des Dampftriebs bewiesen erfahrene Kapitäne der Segelschiffe noch einmal deren Fähigkeiten auch in der Beförderung von Massengütern. Schiffe wie die *Preussen*, die immer noch das unveränderte alte Rahsegel trugen, mittlerweile allerdings etwa 30 davon, und die wenigstens eine der neuen Errungenschaften wie den Stahl für größere Rümpfe und Masten für sich nutzen konnten, legten mit 8.000 Tonnen Fracht an einem Tag bis zu 350 Seemeilen (650 Kilometer) zurück. Sie erreichten damit Leistungen, die einem Maschinenantrieb von etwa 4.400 Kilowatt (6.000 PS) entsprachen.

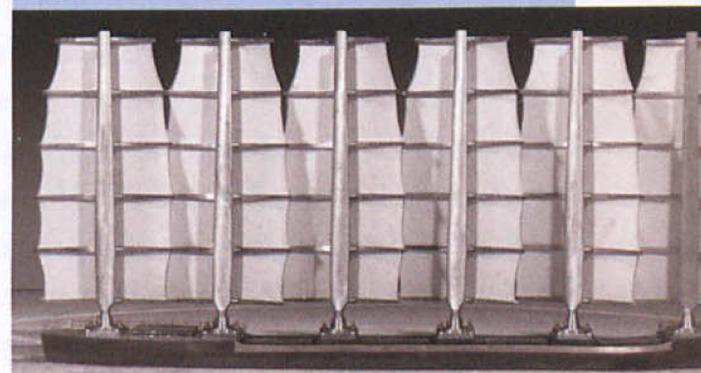
Der Schriftsteller Heinrich Hauser, der 1930 zur Dokumentation der »letzten Segelschiffe« an einer Reise der Viermastbark *Pamir* teilnahm, stellte fest, dass nicht mangelnde Wirtschaftlichkeit das Ende der Segelschiffahrt bedeute, sondern die Teilnahmslosigkeit der Menschen – ein Argument, das bei den Verfechtern des Segelantriebes heute wieder eine Rolle spielt.

ÖL UND KÜNSTLICHER GEGENWIND. Für die Entwicklung der Nutzung der Windenergie auf See bedeutete es eine Ironie der Geschichte, dass der stoffbespannte Tragflügel, und damit auch die vergleichbare Funktion des Segels, erst um 1900 durch die Versuche Otto Lilienthals besser verstanden wurde – zu einem Zeitpunkt also, als die Großsegler ihre wirtschaftliche Rolle verloren. Überdies gerade auch dann, als der zukünftige Konkurrent, die »rationelle Wärmekraftmaschine«, der Dieselmotor, seine Einsatzreife erhielt. Seitdem hat sich der kommerzielle Segelantrieb trotz beträchtlich ansteigender Energiekosten nie wieder beleben können. Er zog sich in ein vornehmes Revier zurück, den Segelsport, in dem trotz enormer Ausgaben, Forschungsaktivitäten und innovativer Fortschritte nicht ökonomisch gerechnet wird, wenn man die Kalküle, die sich hinter der Werbung der »Ocean Races« verbergen, außer Acht lässt. Sportsegeln hieß, einer spöttischen Definition zufolge, unter einer kalten Dusche zu stehen und dabei große Geldscheine zu zerreißen.

Rahsegel

Die Rah (auch Raa oder Rahe) ist ein segeltragendes Rundholz (Spiere), das mit seiner Mitte waagrecht an der Vorderseite des Segelmastes angebracht und quer zur Fahrtrichtung angeordnet ist. Die Rah wird mittels Brassens um den Mast gedreht beziehungsweise gebrasst, bis das Rahsegel optimal zur Windrichtung steht und maximalen Vortrieb erzeugt.

Die Rahbesegelung war bis zum Mittelalter vor allem in den nördlichen Regionen verbreitet. Im Mittelmeer und in den arabischen Regionen nutzte man die sogenannte Lateiner-takelung mit Segeln in der Längsrichtung. Für die Schiffe der Entdecker des 15. Jahrhunderts kombinierte man beide Typen.



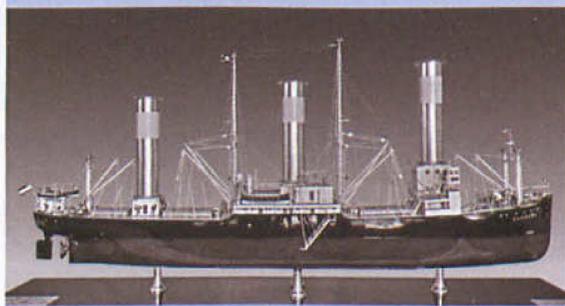
Das Windkanalmodell eines Segelfrachters mit dem Dyna-Rigg, der bereits Anfang der 1960er Jahre entworfen wurde. Die Segelfläche sollte 9.600 Quadratmeter betragen. Nach den Messungen war dieses Rigg fast doppelt so effektiv wie ein herkömmliches Rahsegelrigg.



Ganz anders achtet der Reeder den Pfennig. Denn auch wenn die Windenergie kostenlos ist, ihre Nutzung kostet Geld. Die Takelage und die Segel als komplizierte, mobile textile Gebilde müssen hergestellt und laufend gepflegt und erneuert werden, was früher tägliche Handarbeit einer geschulten Besatzung bedeutete, die auf langen Reisen ja entsprechend viel Zeit hatte. Auch die Unberechenbarkeit des Windaufkommens für einen Linienverkehr machte das Segel in einer schnelllebigeren Zeit zu einer zweitklassigen und damit nicht konkurrenzfähigen Antriebsform. Es lag anfangs nahe, die Vorteile des Segels und des Dieselmotors bei Langstrecke und bei Revierfahrt und Hafenbetrieb zu kombinieren, aber die zusätzlichen Kosten führten dazu, schließlich eher auf den Segelantrieb zu verzichten.

Vor allem der Anspruch auf höhere Geschwindigkeit stand den im Folgenden beschriebenen Innovationsversuchen des 20. Jahrhunderts gegenüber, denn mit diesem gehobenen Geschwindigkeitsanspruch schuf sich die Schifffahrt selbst einen künstlichen Gegenwind. Ein Fahrzeug, das bei Windstille mit einer bestimmten Geschwindigkeit fährt,

Diese Takelage eines Kreuzfahrtschiffes hat noch den konventionellen Aufbau der früheren Segler übernommen. Was imposant erscheint, ist aber aerodynamisch nicht immer optimal. Nur die Bedienung der Segel ist weitgehend mechanisiert, für die kein Matrose mehr aufentern muss.



Das Modell des Rotorschiffs *Barbara* erregte auch auf der Verkehrsausstellung 1925 auf der Münchner Theresienhöhe, dem Ort des heutigen Verkehrszentrums, großes Aufsehen. Die Reichsmarine, die an Innovationen für Versorgungsschiffe interessiert war, finanzierte den Bau des Originals. Für einen derartigen Frachter ging während der Weltwirtschaftskrise die Rechnung aber nicht auf. Das Modell wurde vom Deutschen Museum übernommen. (Quelle DM)

spürt einen ebenso schnellen Fahrt- oder Gegenwind. Addiert man nun das übliche Geschwindigkeitsniveau der Frachter mit dem generellen Windangebot, so verringern sich sämtliche für einen zusätzlichen Antrieb verwendbaren Windkomponenten als Vektoren um diesen Betrag, ein erstes Handikap für die Nutzung der Windenergie. Experten nennen daher als sinnvolle Geschwindigkeitsgrenze für den Segelhilfsantrieb der Frachtschiffe etwa 15 Knoten (28 Kilometer/Stunde), die aber von den meisten längst überschritten werden.

Als weiterer Nachteil im Vergleich zu den Windkonvertern an Land ist natürlich zu nennen, dass diese, frei schwenkbar, jede Windrichtung uneingeschränkt nutzen können, während ein kommerzielles Windschiff mit einer vorgegebenen Zielrichtung auch beim Kreuzen nur einen bestimmten Sektor des Windangebots nutzen kann.

AERODYNAMIK BEFLÜGELT SCHIFFE.

Die Vorstellung, dass Segel nichts anderes sind als aufgestellte Tragflügel, die möglichst ungehindert von hemmender Takelage glatt umströmt werden sollten, um Auf- oder Vortrieb zu erzeugen, war mit den Grundlagen der jungen Aerodynamik noch leicht nachzuvollziehen, und wurde auch bald in Plänen skizziert. Auch hier ist allerdings als Einschränkung zu nennen, dass ein Segel auf beiden Seiten symmetrisch aufgebaut sein muss und nicht einfach das für eine einzige vertikale Richtung bestimmte System von Auftriebshilfen des Flügels eines Verkehrsflugzeuges nachahmen kann.

Rigoros mit der Tradition brechend, griff der Erfinder Anton Flettner die neuesten Forschungserkenntnisse der Aerodynamik auf, als er 1926 statt der Segel große rotierende Walzen verwendete und das Rotorschiff *Barbara* baute. Ihre Wirkung beruhte auf dem sogenannten Magnuseffekt, der entsteht, wenn der rotierende Zylinder vom Wind angeströmt wird und die sich unsymmetrisch ausbildende Strömung eine Querkraft erzeugt.

Der Segler Albert Einstein nahm das »Flettner-Schiff« zum Anlass, die bisherige Trägheit der Entwicklung zu kritisieren: »Die Ge-

schichte der wissenschaftlichen und technischen Erfindungen lehrt, dass die Menschen arm sind an selbständigen Gedanken und an schöpferischer Phantasie ... Ein schönes Beispiel für diese banale, für uns wenig schmeichelhafte Wahrheit bildet das gegenwärtig alle Welt in Erstaunen setzende Flettner-Schiff.« Es blieb allerdings beim Erstaunen und ohne weitere nachhaltige Wirkung.

Erst in den 1960er Jahren griff der Hamburger Ingenieur Wilhelm Prölss den Gedanken der Erneuerung des Segelantriebes für Frachtschiffe erneut auf, allerdings nun in konventioneller Anlehnung an die früher übliche Takelage. Die Segel, die bisher einzeln an der Rah hingen und in halsbrecherischer Höhe bei Wind und Wetter mühsam mit der Hand nach oben gerafft, also gerefft werden mussten, sollten nun zu einer glatten, gewölbten Fläche geschlossen werden und beim Refen mechanisch zur Mitte und in den hierfür geschlitzten Mast eingerollt werden. Alles Tauwerk sollte verschwinden, um die Umströmung der wie Turbinenschaufeln aufgerichteten Segelflächen nicht zu behindern. Der Mast sollte freistehen und insgesamt in die günstigste Position gedreht werden.

Die Messungen im Windkanal der Universität Hamburg erbrachten vielversprechende Ergebnisse und deutliche Verbesserungen der Vortriebsbeiwerte gegenüber den früheren Seglern. Doch fand sich kein Reeder, der bei den niedrigen Ölpreisen die nötigen Entwicklungskosten aufbringen wollte, um diese Modellversuche in die Praxis umzusetzen. Die Pläne für das Dyna-Rigg verschwanden in den Schubladen; ein Funktionsmodell wurde für die Sammlung des Deutschen Museums gerettet. In Zeiten, in denen der Atomtrieb für Frachtschiffe gefördert wurde, hatte der Segelantrieb ein besonderes Imageproblem.

Erst in den Jahren der Ölkrise entschlossen sich japanische Reeder vereinzelt, auf Frachtschiffen starr einstellbare Segelflächen zu montieren. Die Bedingungen für die Nutzung der Windenergie hatten sich insofern wesentlich verbessert, da durch Funk und später auch Satelliten aktuellere Informationen und Wetterdaten erhältlich waren, die ein »weather routing«, also eine meteorologisch gestützte Navigation ermöglichten. Doch das Kalkül



Das Dyna-Rigg bestand aus drehbaren Stahlmasten mit davor gesetzten Rahen, auf denen die Segel zum Setzen wie eine Gardine aufgezo-gen werden sollten. (Funktionsmodell in der Sammlung des Deutschen Museums.)



Das Dyna-Rigg auf der Yacht *Maltese Falcon*, 2006. Jeder der 58 Meter hohen Masten aus Kohlefasern wird mit den Segeln gedreht. Wirksamere Segel erzeugen hier aber auch einen größeren Neigungswinkel der Yacht.

mit sinkenden Ölpreisen nahm solchen Ansätzen wieder den Wind aus den Segeln.

Es war dann der Wunsch nach »sanften Energien«, der vor allem in Dänemark die Wiederaufnahme der Windenergienutzung an Land einleitete. Für solche bedurfte es dann auch bei den Schiffen der engagierten Fürsprecher und Leitfiguren, zu denen beispielsweise auch der Meeresforscher Jacques-Yves Cousteau gehörte, der eine Variante eines starren Segels bauen ließ.

Schien die Anwendung auf den hochtechnisierten Schiffen unwahrscheinlich, die ihrerseits bereits mit eigenen Verbesserungen reagierten, so sollten auf dem Wege der kleinen Schritte, dort, wo noch Segel verwendet wurden, den Bootsbauern die neuen Erkenntnisse vermittelt werden. Ein solches Revier war beispielsweise das weitläufige Inselarchipel Indonesiens, für das mit Fördermitteln der Bundesrepublik eine neue Takelage entwickelt wurde, mit der auch die Organisation Greenpeace mit ihrem *Rainbow Warrior II* warb.

ZU SCHÖN, UM WAHR ZU SEIN? Der Segelantrieb wurde jedoch keine Technik, die nur auf Knopfdruck funktioniert. Auch bei zunehmender Mechanisierung sind Überholungsarbeiten in 50 Meter Höhe nicht jedermanns Sache und nur von wenigen ausführbar. Wo er bei Kreuzfahrtschiffen in teilmechanisierter Form eingesetzt wird, dient er bei einem auf die Stunde festgeschriebenen Fahrplan weniger dazu, Treibstoff einzusparen, sondern eine »historische Romantik« zu vermarkten und eine besondere Exklusivität zu pflegen. Nicht das Bestreben, eine saubere Energie zu fördern, sondern etwas Einzigartiges zu besitzen, was keiner der Konkurrenten in der Szene aufzuweisen hatte, war auch jüngst das Motiv eines amerikanischen Multimillionärs, für die neue dreimastige Megayacht *Maltese Falcon*, die größte der Welt, das Dyna-Rigg aus der Vergessenheit zu holen. Er besaß die erheblichen Summen für die Entwicklung der Masten aus Kohlefasern und der Segel, deren Bedienung, wie heute zu erwarten, nicht ohne Computer zu leisten ist.

Die Verfechter der Windenergie sehen mit einem lachenden und einem weinenden



Das Forschungsschiff der Cousteau-Stiftung – *Alcyon* – von 1986, besitzt als Segel zwei starre, dicke Profile mit einer Grenzschichtabsaugung, wie sie bereits in den 1920er Jahren von den Strömungsforschern vorgeschlagen worden war.

Dr. Jobst Broelmann leitete von 1982 bis 2005 die Abteilung Schifffahrt des Deutschen Museums.

liten, als »Raumschiffe der Globalisierung« den Erdball umkreisen, nutzen den physikalischen Vorteil der Größe, wonach »Länge läuft« und transportieren mit Längen von über 350 Meter etwa 100.000 Tonnen Fracht mit einer im Vergleich zu früher reduzierten Geschwindigkeit von 25 Knoten. Sie benötigen dafür einen Dieselmotor von fast 100 MW und sind in ihrer Effizienz kaum zu übertreffen.

Auf die kleineren und langsameren bereits in Fahrt befindlichen Frachter zielt daher ein erneuter Vorstoß, ein Segel auf längeren freien Strecken als Hilfsantrieb zu verwenden. Diesmal können tatsächlich der Wassersport und das akrobatische Kite-Surfen als Anregung gelten, da ein Drachensegel verwendet werden soll. Sein Vorteil wäre, dass der Drache viel höher als bisher, in etwa 300 Meter Höhe, und damit in stärkeren und gleichmäßigeren Windschichten eingesetzt werden soll. Weiter benötigt er keine sperrigen Masten, die bisher immer den Ladebetrieb behinderten, und außerdem greift die Windkraft über die Trosse des Drachens sehr niedrig am Vorschiff an und erzeugt dort kein neigendes Moment, wie bei anderen Segelantrieben (siehe Kultur & Technik 2/2006). Viele Argumente nähren also den Optimismus als den nötigen Rückenwind für solche Projekte. Angesichts des drohenden Klimawandels stehen die Zeichen sonst eher auf Sturm. ■■

Auge, dass das Segel auf diese Weise zwar gefördert wird, aber wieder einmal einen besonderen Luxus verkörpert. Doch darf nicht verkannt werden, dass gerade die Hochleistungsansprüche des modernen Segelsports die Entwicklung von Materialien vorantreiben, die dann auch einer kommerziellen Anwendung zugute kämen.

WOHER WEHT DER WIND? Wie ist nun der Stand der Entwicklung und um welche Mengen geht es eigentlich? Schätzungen zufolge verbraucht die internationale Frachtschifffahrt doppelt soviel Öl wie die Bundesrepublik Deutschland. Öl aber wird als Kostenfaktor immer bedeutender. Was durch Windkraft übernommen werden kann, zeigen die Windparks, die beispielsweise bis 2015 in Nord- und Ostsee gebaut werden könnten, mit einer Leistung von vier Kernkraftwerken.

Dazu kommen, als neues und zweites Argument der Befürworter des Windantriebs, immer mehr auch die Umweltprobleme auf See. Die Schiffe fahren mit sehr schwefelhaltigem Schweröl und galten daher bisher als unkontrollierte »Müllverbrennungsanlagen«. Handeln wäre also in jedem Falle angesagt, denn auch auf See sollen nach den jüngsten Klimaschutzbestrebungen Abgassünder bestraft werden.

Schon eine freiwillige Reduktion der Geschwindigkeit auf 70 Prozent würde den Energiebedarf halbieren. Die großen Containerschiffe, die, pünktlich wie Satel-

Lässt sich Energie speichern?

Können Kohlekraftwerke ohne Kohlendioxid-Emissionen arbeiten?



Bernhard Fischer, Technikvorstand von E.ON Energie, über die Verwirklichung neuer Technologien

ENERGIEVERSORGUNG FÜR DIE ZUKUNFT: NEUE TECHNOLOGIEN SIND DER SCHLÜSSEL

Die wachsende Weltbevölkerung und die Industrialisierung ehemaliger Schwellenländer treiben den globalen Energiebedarf steil in die Höhe. Wir Energieversorger tragen heute die Verantwortung für die Generation von morgen: Für eine sichere Energieversorgung, die Verringerung von Emissionen und einen schonenden Umgang mit Ressourcen. Und für Innovation. Deshalb haben wir unter der Bezeichnung »innovate.on« eine einzigartige Technologie-Initiative gestartet.

50 PROZENT WIRKUNGSGRAD – DAS KRAFTWERK DER ZUKUNFT

E.ON wird das weltweit erste Kohlekraftwerk mit einem Wirkungsgrad über 50% bauen – der Durchschnitt in deutschen Kraftwerken liegt derzeit unter 40 Prozent. Die neue Anlage benötigt 1/4 weniger Brennstoff und emittiert im gleichen Umfang weniger CO₂. Im Projekt COMTES700 im Kraftwerk Scholven werden bereits heute völlig neue Bauteile und Komponenten getestet, die einer Dampftemperatur von 700 °C und einem Druck von 350 bar standhalten müssen. Nur so werden höhere Wirkungsgrade von mehr als 50 Prozent erreicht. 2007 wird der Standort des Kraftwerks der Zukunft festlegt, bis Ende 2008 dauert die Anlagenplanung und in 2010 wird mit dem Bau der Anlage begonnen. Im Jahr 2014 soll das einzigartige Kraftwerk in Betrieb gehen – und eine neue Ära der Kohleverstromung beginnt.

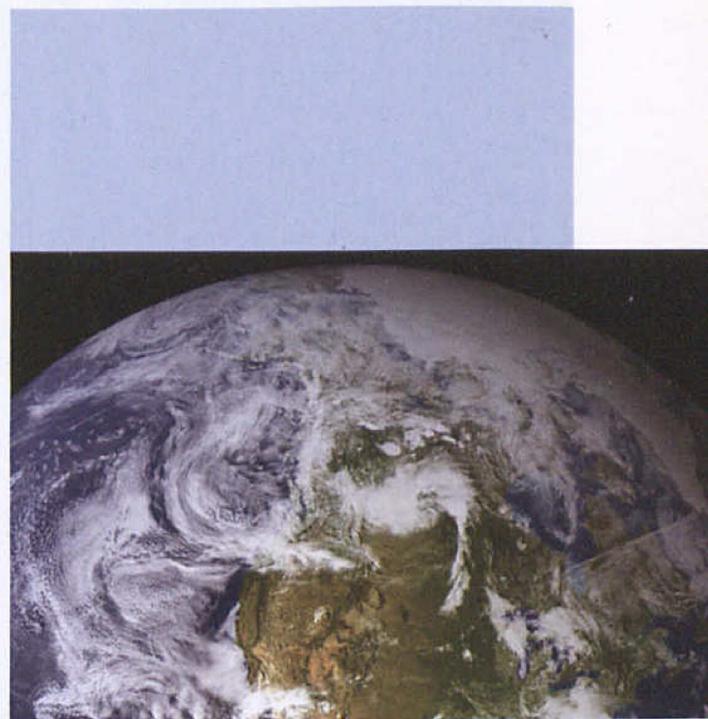
CO₂ LÄSST SICH EINFANGEN

Wo Strom aus Kohle erzeugt wird, steigt CO₂ in die Luft. Durch Abtrennung und Speicherung von CO₂ werden diese Emissionen künftig der Atmosphäre ferngehalten. Die heute dazu bekannten Verfahren sind aber noch zu teuer und ineffizient. Deutliches Potenzial hat aus unserer Sicht das »Post-Combustion«-Verfahren, bei dem CO₂ am Ende des Kraftwerksprozesses aus dem Rauchgas entfernt wird. In Pilotanlagen an eigenen Kraftwerksstandorten entwickelt E.ON hierzu verbesserte Techniken, spätestens 2011 soll eine Testanlage in Betrieb gehen. Ab 2014 planen wir den Betrieb einer größeren Anlage, die dann auch CO₂ für die Speicherung im Untergrund liefert.

DIE ZUKUNFT DER WINDKRAFT LIEGT VOR UNSEREN KÜSTEN

Vor Deutschlands Küsten bläst der Wind stärker und stetiger als im Binnenland – ideal für Offshore-Windparks. Hier kann Strom mit deutlich höherer Effizienz erzeugt werden. Bis 2011 wollen wir in Offshore-Windkraftwerke von 500 Megawatt (MW) investieren. Aktuell erprobt E.ON deshalb die erste von mehreren 5 MW Testanlagen in Cuxhaven. Auch am Windpark Borkum, der 2008 mit einer Leistung von 60 MW errichtet wird, sind wir beteiligt. Technologisch stellt uns das vor neue Herausforderungen: Die Anlagen sind weit von der Küste entfernt, die Meerestiefe kann bis zu 45 Metern erreichen. Bau, Netzanschluss und Wartung sind um einiges aufwändiger.

Wir stellen uns den Aufgaben, grundsätzlich und im Detail. Erfahren Sie mehr über uns und innovate.on unter www.eon-energie.com – Energiewissen.



CO₂ verschwindet im Untergrund.



Ziel von E.ON ist es, bis 2011 in 500-Megawatt-Offshore-Windenergie zu investieren.



Es klappert die Mühle ...

Wasserräder waren lange Zeit allenfalls beliebte Touristenattraktionen. Nun könnten neue Rahmenbedingungen wie der Klimaschutz und die dadurch bedingte Förderung der Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energien dafür sorgen, dass die kleinen Wasserkraftwerke – mit moderner Technologie ausgestattet – bald wieder zum Einsatz kommen.

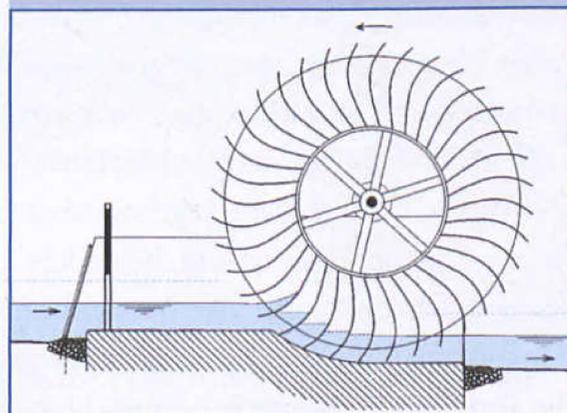
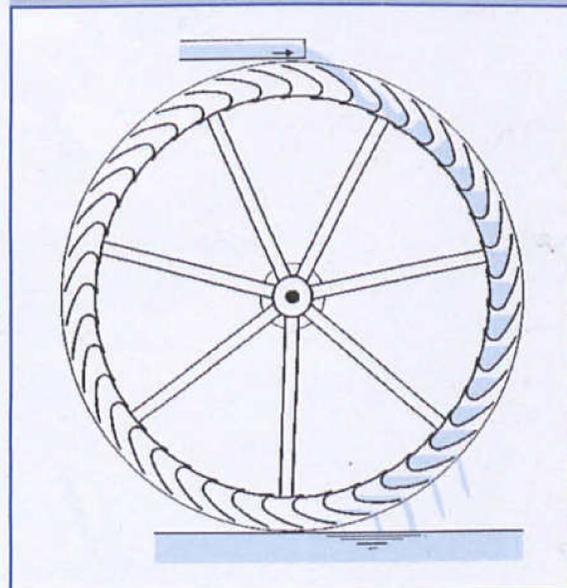
Von Michael Hascher

Als am Spätabend des 4. November 2006 quer durch Westeuropa die Lichter ausgingen, begannen viele Menschen über ihre Stromversorgung nachzudenken. Gewöhnlich wird heute das Vorhandensein nutzbarer Elektrizität ebenso wenig hinterfragt wie das anderer Infrastrukturen. Vorfälle wie jener Blackout, bei dem ein Fehler im Emsland einen Stromausfall bis Lissabon zur Folge hatte, rücken die Strukturen des großtechnischen Systems Energieversorgung und die dadurch entstandenen Abhängigkeiten jedoch wieder ins Bewusstsein. Dabei zeigte sich einerseits die Stärke der Verbundwirtschaft darin, dass es nach einer knappen Stunde fast überall wieder Strom gab. Andererseits wiesen Stadtwerke auf die Vorteile eigener Kraftwerke hin. Diese hätten es ihnen erlaubt, sich eine Zeitlang vom Verbund abzukoppeln und ihr Teilnetz autark zu betreiben. Neben öffentlichen Energieversorgern produzieren auch Industriebetriebe und kleinere Unternehmen Strom. Das Spektrum reicht dabei vom hauseigenen Solardach bis zum großen Wärmekraftwerk auf dem Firmengelände. Dazwischen liegen Wind- und Wasserkraftwerke – und nicht zuletzt auch einige Wasserräder, die in den vergangenen Jahren zunehmend als Kraftmaschinen für die Stromproduktion geschätzt werden.

GROSSE UND KLEINE WASSERKRAFT. Wer heute mit Wasserkraft Energie erzeugt, tut dies zum Eigengebrauch und kann zudem wegen der Nutzung erneuerbarer Energien ein gutes Gewissen haben. Indes sind Wasserkraftwerke zwar klimaneutral, aus ökologischer Perspektive aber nicht in allen Fällen optimal. Umweltschützer kritisieren vor allem die »große Wasserkraft«, die mit Stauseen großräumig Land unter Wasser setzt und starke Veränderungen des Grundwasserspiegels, des Fließverhaltens sowie der Flora und Fauna von Gewässern in Kauf nimmt. Bei der »kleinen Wasserkraft« – um die es sich bei den nichtöffentlichen Anlagen fast ausschließlich handelt – halten sich derartige Umweltfolgen sehr in Grenzen. Ihr Problem war lange Zeit, dass sie nicht dem energiewirtschaftlichen Leitbild entsprach und damit als »unmodern« galt. Modern, das waren große Kraftwerke, die in den Verbund einspeisten und die Elektrizitätserzeugung auf wenige Punkte zentralisierten. Die großen Energieversorgungsunternehmen, die Hersteller von Kraftwerkstechnik und die Wissenschaft konzentrierten sich auf dieses Leitbild. Etwa seit den 1980er Jahren wuchs jedoch im Schatten der Großanlagen wieder eine Bewegung für die kleine Wasserkraft. Dabei fand auch das Wasserrad wieder Beachtung, das als noch veralteter galt als kleine Wasserkraftwerke mit Turbinen. Wie kam es zur Renaissance des Wasserrades? Welche Bedeutung kann es heute und in Zukunft erlangen?

WASSERRAD UND INDUSTRIALISIERUNG. Ein Blick in das Industriemuseum in Lauf bei Nürnberg verdeutlicht, wie das Wasserrad in seiner jüngsten Geschichte zunächst aus der Mode kam. Die Wasserkraft der Pegnitz war ausschlaggebend dafür, dass sich in Lauf viele Eisenhämmer, metallverarbeitende Betriebe und Mühlen ansiedelten. Auch die frühe Industrialisierung basierte hier wie an vielen Stellen in Süddeutschland auf der Wasserkraft. Die verfügbare Wassermenge war jedoch begrenzt. Als mit der Dampfmaschine eine Alternative zur Verfügung stand, konnten viele Betriebe die üblichen Streitigkeiten um Wasserrechte umgehen und sich vom Flusslauf entfernte Standorte suchen. Mit der Elektrifizierung, an der die Wasserräder des Museums ab 1899 ebenso ihren Anteil hatten, verringerte sich die Bedeutung des Wassers für die Industrie noch weiter. Interessant blieb die Wasserkraft für Mühlen und das Kleingewerbe, die oft bis weit nach dem Zweiten Weltkrieg die bewährte Technologie nutzten.

KONKURRENZ TURBINE. Konkurrenz bekam das Wasserrad vor allem im 20. Jahrhundert durch die neu entwickelten Turbinen, denen bald die volle Aufmerksamkeit der Forschung zuteil wurde. Während sich im 19. Jahrhundert noch die Koryphäen des Maschinenbaus wie Redtenbacher, Rühlmann oder Bach mit dem Wasserrad beschäftigt hatten, vertrat Ludwig Quantz schon 1907 die Ansicht, Wasserräder entsprächen nicht mehr den »Forderungen der Neuzeit«. In seinem Lehrbuch *Wasserkraftmaschinen* entfiel ab der 7. Auflage 1929 der Abschnitt über Wasserräder. Im selben Jahr beklagte Anton Staus, Professor an der Esslinger Ingenieurschule, die wis-



Oben: Oberschlächtiges Wasserrad (Hartmuth Dreds). Das Wasser fließt über ein »Gerinne« in die wasserdichten Zellen des Rades. Man spricht daher auch von einem Zellenrad. Die Gewichtskraft des Aufschlagwassers setzt das Rad in Bewegung.

Unten: Unterschlächtiges Wasserrad. Hier fließt das Wasser unter dem Rad in einer Führung (»Kropf«) durch. Die Kraftübertragung erfolgt über Schaufeln. In der von Walter Zuppinger (1814–1889) verbesserten Form ist der Wirkungsgrad durch die evolenförmigen Schaufeln erhöht.



senschaftliche Vernachlässigung des Wasserrades. Staus hatte an einer Versuchsanlage das Leistungsprofil überschlächtiger Wasserräder ermittelt und mit den neuesten Turbinen verglichen. Er kam zu dem Ergebnis, dass bei kleinen Zuflussmengen und besonders bei starken Schwankungen der Wasserführung das Wasserrad im Jahr mehr Arbeit leistet als die Turbine. Eine solche Bewertung bewahrte vielleicht manchen Mühlenbesitzer davor, sein Wasserrad voreilig gegen eine der stark beworbenen Turbinen auszutauschen. Den weiteren Niedergang des Wasserrades verhinderte sie jedoch nicht.

DAS »MÜHLENSTERBEN«. Das lag vor allem daran, dass nach dem Zweiten Weltkrieg das »Mühlensterben« begann und damit die Anzahl der Betriebe, die Kleinwasserkraft nutzten, immer mehr zurückging. Die Ursachen dafür waren erstens die Elektrifizierung, die nun auch die Landmühlen erreichte und mit elektrisch betriebenen Mahlgängen die Mühlen von partiellen Energieerzeugern zu reinen Elektrizitätskonsumenten machte. Zweitens verschärfte sich mit billigeren Transportmöglichkeiten auf der Straße die Konkurrenz, und viele Kleinmühlen gaben – sekundiert von Stilllegungsgesetzen ihr Geschäft völlig auf.

Mit dem Niedergang der Kleinmühlen als

Das Deutsche Museum besitzt eine ganze Reihe von Wasserrädern, die auch regelmäßig vorgeführt werden. In der Abteilung »Kraftmaschinen« befindet sich zum Beispiel eine rumänische Löffelradmühle aus dem Jahre 1870. Bei dieser Mühle trifft der Wasserstrahl gezielt auf die löffelartigen Schaufeln des Rades. Er wird umgelenkt und übt dadurch Druck auf das Rad aus, das über die senkrechte Vierkantwelle den oben platzierten Mühlstein direkt in Drehbewegung versetzt. Löffelräder sind besonders geeignet für kleinere Wassermengen mit größerem Gefälle und deshalb vor allem in Gebirgsgegenden verbreitet. Die Leistung des Rades beträgt bei einem Wasserzulauf von 20 l/s und 10 Meter Gefälle etwa 0,5 kW.

DR. MICHAEL HASCHER war am Aufbau des Verkehrszentrums des Deutschen Museums beteiligt und arbeitet heute als freier Wissenschafts- und Technikhistoriker.

Wirtschaftszweig und der Wasserräder als Technik nahm sie die Öffentlichkeit immer stärker als Kuriosität, Denkmal oder Museumsbestandteil wahr. Aus Mühlen wurden rustikale Kneipen, kleine Museen oder ungewöhnliche Wohn- und Arbeitsstätten; manche Wasserräder kamen in größere Museen, während andere vergammelten oder sich lediglich zur Schau drehten. Ein wichtiger Schritt zum professionellen Erhalt alter Mühlen war 1987 die Gründung der Deutschen Gesellschaft für Mühlenkunde und Mülenerhaltung (DGM) als Dachgesellschaft lokaler Initiativen. Sie informiert über 1.500 Wasser- und Windmühlen aller Art und organisiert jährlich den Deutschen Mühltage. Bei dieser Gelegenheit nutzen viele Mühlen ihr Wasserrad und mahlen zur Schau. Die Mühltage sind beim Publikum sehr beliebt. Generell haben Mühlen als Inbegriff der Romantik und beliebtes Motiv in Kunst und Literatur ein großes touristisches Potenzial. Viele Betreiber verdienen durch den Verkauf von Eigenprodukten und die Bewirtung ihrer Gäste etwas dazu.

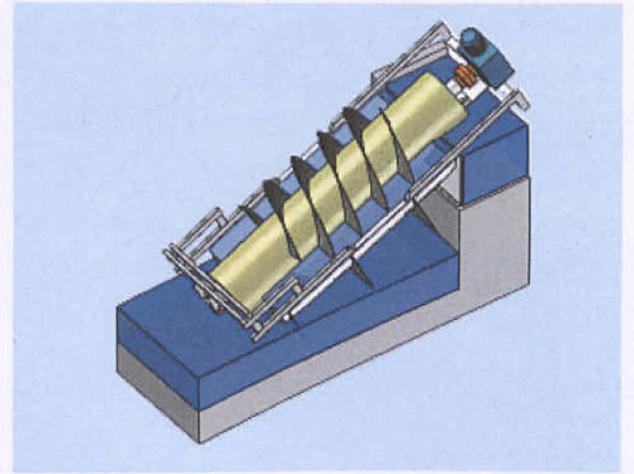
PERSPEKTIVEN NEUER WASSERRÄDER.

Atomausstieg und Klimadebatte machen das Wasserrad jedoch auch für die Stromerzeugung wieder attraktiv. Wenn wir einerseits nicht noch mehr Atommüll wollen und andererseits bei der Energieerzeugung möglichst wenig CO₂ entstehen soll, müssen auch kleine Wasserkräfte genutzt werden. Durch den Aus- und Neubau von Wasserkraftwerken könnte die Jahresarbeit von zwei Atomkraftwerken – etwa 17 Milliarden Kilowattstunden – ersetzt werden, glaubt Julian Aicher, Pressesprecher der Arbeitsgemeinschaft Wasserkraftwerke Baden-Württemberg e.V. und selbst Betreiber eines kleinen Wasserkraftwerks. Mehr als die Hälfte sollte dabei von Kleinanlagen unter 500 Kilowatt kommen. Grundlage seines Optimismus ist der Blick auf die um 1900 genutzten Kleinwasserkräfte. Nach Schätzungen gab es damals etwa 80.000 Standorte mit Wasserrädern und Turbinen – zehnmal soviel wie heute. Selbst wenn an einigen Stellen früher mehrere Anlagen standen und heute ein Kraftwerk die gesamte Menge verbraucht, liegen doch erhebliche Kapazitäten brach. ■■

MODERNE WASSERRAD-TECHNIK

Für neue Anlagen kommen als Kraftmaschinen neben Turbinen auch Wasserräder und die in den 1990er Jahren erfundene Wasserkraftschnecke (siehe Abbildung rechts) – eine Art umgedrehte Archimedische Schraube – in Frage. Die Wasserkraftschnecke ist vor allem bei sehr kleinen Zuflüssen ($0,05$ – $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$) und Fallhöhen ($0,5$ – 2 m) im Vorteil. Bei größeren Zuflüssen ($0,5$ – $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$) steht sie bei diesen Fallhöhen in Konkurrenz zum unterschlächtigen Wasserrad. Die Stärke des oberflächigen Wasserrades liegt bei Fallhöhen zwischen zwei und sieben Meter und gleichzeitig geringen Zuflüssen ($0,02$ – $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$). Bei noch größeren Zuflüssen und Fallhöhen sind in der Regel Turbinen die bessere Lösung. Die Grenze liegt etwa bei einer Leistung von 45 Kilowatt.

In der Mühle Vogel in Lohra-Damm, Landkreis Marburg-Biedenkopf, ersetzte die Firma Hydrowatt ein oberflächiges Wasserrad durch ein neues Stahlrad aus drei Segmenten. Es hat eine Breite von 1,60 Meter und einen Durchmesser von 3,60 Meter. Erstmals wurde hier eine drehzahlvariable Netzeinspeisung realisiert. Das Rad ist normalerweise auf eine Leistung von fünf Kilowatt bei einer Drehzahl von sechs Umdrehungen in der Minute eingestellt. Überschreitet die Wasserradleistung diesen Wert, so wird die Drehzahl und damit die Leistungsfähigkeit der Anlage auf 15 Kilowatt erhöht. Beim »Segmentkranz-Wasserrad« des Pinneberger Ingenieurs Hartmuth Drews ermöglicht die modulare Bauweise eine flexible Anpassung der Größe an die örtlichen Gegebenheiten. Wie beim Armband einer Uhr bestimmt die Anzahl der Stahlsegmente den Durchmesser. Im Rübeland an der Bode (Harz) wurde im November die jüngste Anlage dieser Art eingeweiht.



Wasserkraftschnecken eignen sich gut bei kleinen Zuflüssen, wie hier an der Mühler Wiere in Mühlen in Taufers (Südtirol). Das Alte Wasserrad musste ersetzt werden. Es entstand ein Kleinstwasserkraftwerk, das bei einer Fallhöhe von zwei Metern und einer Wassermenge von 600 bis 1.200 Sekundenlitern eine Jahres-Energieproduktion von 135.000 Kilowattstunden erreicht.

Anzeige

Mo/Di/Mi/Do 2. – 6. April 2007

Himmel und Weltall

Astronomie für Familien mit Kindern (ab etwa 10 Jahren) auf der Museumsinsel in München

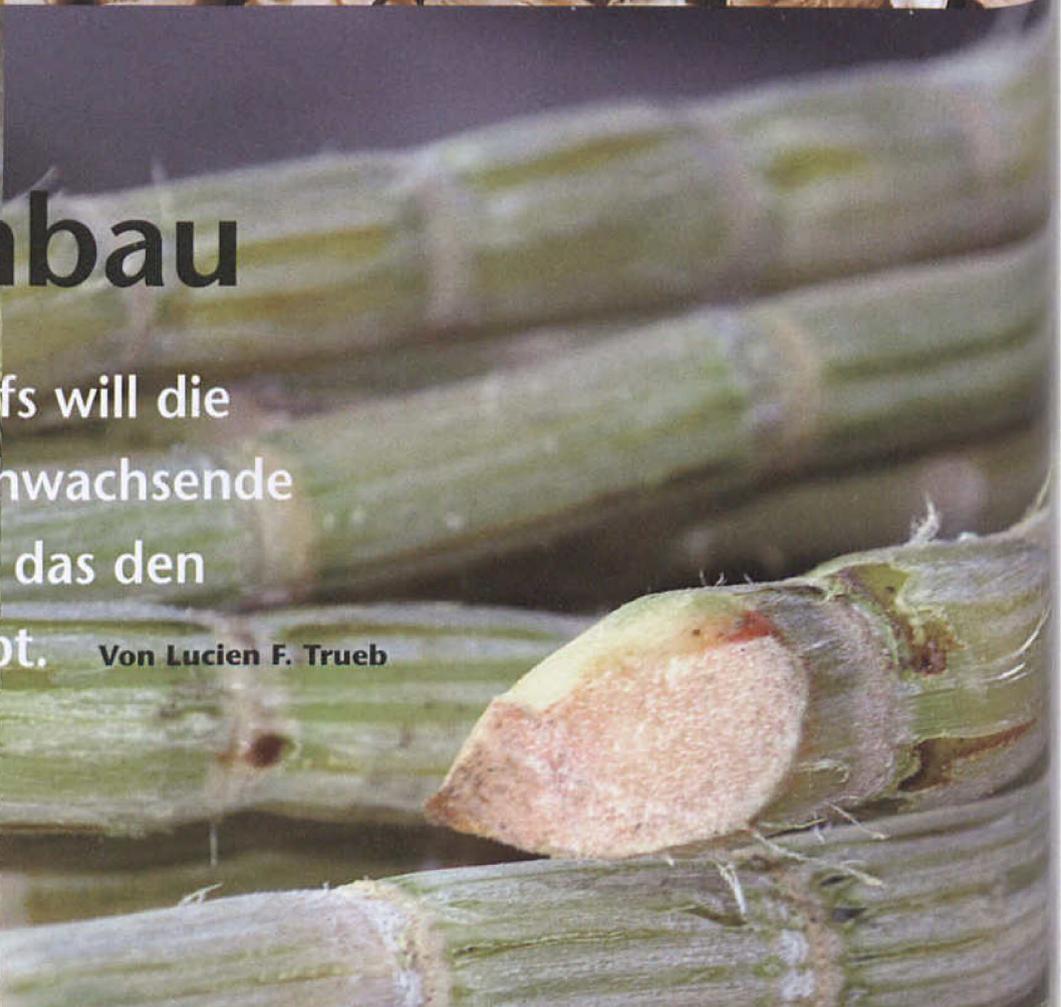
* Was sieht man mit und ohne Fernrohr am Himmel? * Astronomie als Hobby – was sollte man wissen? * Von Sternen, Milchstraßen, Schwarzen Löchern und dem Anfang unserer Welt * Gibt es fremdes Leben im Weltall?

Das Deutsche Museum bietet mit seiner Ausstellung Astronomie sowie zwei Sternwarten, dem Planetenweg und der Ausstellung Raumfahrt ein Programm von 4 Tagen, das für Kinder gedacht ist, die noch kein spezielles Vorwissen haben (und das auch für Eltern interessant ist).

4 Übernachtungen mit Frühstück inkl. Seminargebühren und Museumseintritt: 185 Euro für Erwachsene, 125 Euro für Kinder. Fördernde Mitglieder des Deutschen Museums erhalten 10% Ermäßigung. Die Seminarteilnehmer wohnen in einfachen (Etagenduschen und -WCs), aber modern eingerichteten Zimmern im Kerschensteiner Kolleg direkt im Deutschen Museum, mitten in München. Anreise am Sonntag ist empfehlenswert.

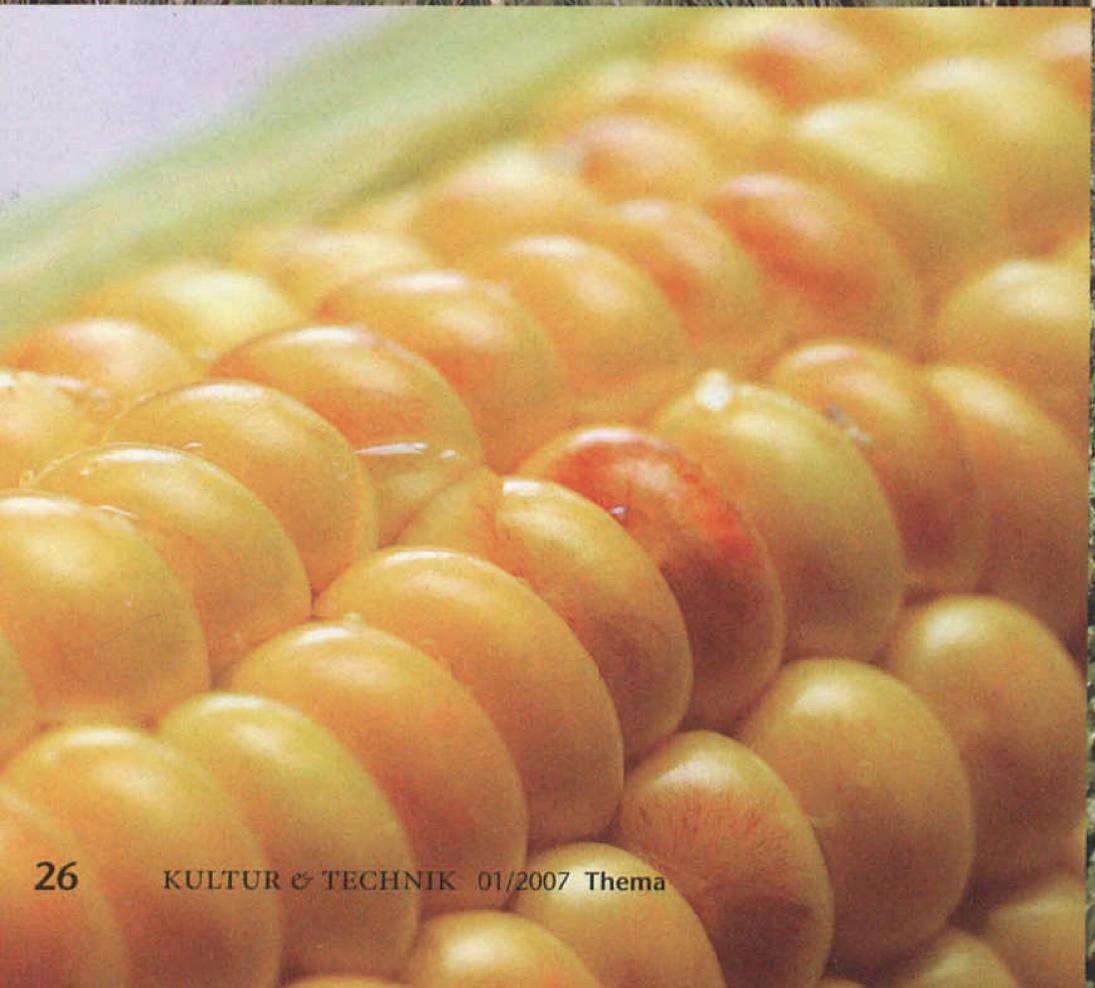
Information und Anmeldung: Christine Füssl-Gutmann, Ute Bewer
Tel. +49-(0)89-2179-243, Fax +49-(0)89-2179-273
e-mail: c.fuessl@deutsches-museum.de, u.bewer@deutsches-museum.de
Deutsches Museum, Museumsinsel 1, 80538 München

Deutsches Museum
Kerschensteiner Kolleg



Aus eigenem Anbau

Fast sechs Prozent des Treibstoffbedarfs will die Europäische Union bis 2010 durch nachwachsende Rohstoffe decken. Ein ehrgeiziges Ziel, das den Innovationsgeist der Entwickler antreibt. **Von Lucien F. Trueb**



Wenigstens ein Teil der Energie in Europa soll künftig vom eigenen Acker bzw. aus dem Wald kommen. 5,75 Prozent des Treibstoffbedarfs will die EG mit einigermaßen konkurrenzfähigen Substitutionsprodukten biologischen Ursprungs decken, 10 Jahre später sollen es bereits 8 Prozent sein. Als Ersatzstoffe kommen in Frage: Gas, das sich aus Holz und Stroh gewinnen lässt, sowie Ethanol aus Rübenzucker oder aus Roggen- bzw. Maisstärke.

ALKOHOL AUS ZUCKER UND STÄRKE.

Wegen seiner berauschenden Wirkung war Alkohol – genauer: das chemische Ethanol – die erste organische Substanz, die der Mensch auf biochemischem Weg zu synthetisieren lernte. Auf einer 8.000 bis 9.000 Jahre alten sumerischen Keilschrifttafel wurden genaue Anleitungen zum Brauen von Bier (mit drei bis sechs Prozent Alkohol) gefunden. Dies war den Enzymen zu verdanken, mit denen Hefepilze Stärke zu Glucose abbauen und jedes Molekül Glucose in zwei Moleküle Ethanol und zwei Moleküle Kohlendioxid spalten. Dass sich hochprozentiges Ethanol als Motortreibstoff eignet, ist schon lange bekannt. Im Zweiten Weltkrieg wurden in Europa mehrere anorganisch-chemische Holzverzuckerungsanlagen gebaut, darunter eine in der Schweiz. Der mit schlechtem Wirkungsgrad aus Holzcellulose erhaltene Zucker wurde zu kostspieligem Ethanol vergoren.

VORREITER BRASILIEN. Bei der Produktion von Biotreibstoffen war Brasilien der weltweite Pionier. Man stützt sich dort seit 1975 auf das Vergären von Zuckerrohrsaft. Dabei entsteht eine Alkohollösung, aus der sich durch Destillation nahezu reines Ethanol gewinnen lässt. Weil man Zuckerrohr weitgehend sich selbst überlassen kann und es zudem den Brennstoff (Bagasse) für die Alkoholdestillation liefert, werden pro Liter Alkohol mehr als zwei Drittel Liter Erdöl eingespart. Ohne Modifikation der Motoren kann man gewöhnlichem Benzin bis zu 15 Prozent Ethanol beimischen. Die brasilianischen Autoproduzenten entwickelten aber Motoren, die sogar mit reinem Ethanol oder beliebigen Ethanol-Benzin-Gemischen klaglos funktio-



Als das »grüne Erdöl Brasiliens« wird das Zuckerrohr mittlerweile auch bezeichnet. Brasilien ist weltweit das Vorzeigeland in Sachen Biotreibstoffe. Pro Liter gewonnenem Alkohol werden drei Liter Erdöl eingespart.

nieren (»Flex-fuel-Technologie«). Die jährliche Alkoholproduktion Brasiliens beträgt zurzeit elf Millionen Tonnen, sie soll bis 2013 verdoppelt werden. Dazu sind 50 neue Destillationsanlagen sowie 32.000 Quadratkilometer Kulturland erforderlich, was nahezu der Fläche Nordrhein-Westfalens entspricht.

Die USA sind der zweitgrößte Produzent von Biotreibstoff. Mehrere Bundesstaaten schrieben schon in den 1980er Jahren einen Gehalt von mindestens zehn Prozent des sauber verbrennenden Ethanols im Benzin vor. Um den Bedarf an sogenanntem Gasohol zu decken, produzieren die USA jährlich zehn Millionen Tonnen Treibstoff-Ethanol, bis 2012 will man den Ausstoß auf 20 Millionen Tonnen verdoppeln. Der wichtigste Rohstoff ist der 64 Prozent Stärke enthaltende Mais, aus dem man 41 Liter Ethanol pro 100 Kilogramm gewinnt. Die Wirtschaftlichkeit ist bei einem Ölpreis von über 50 Dollar pro Barrel gegeben.

ANBAU IST NICHT UNPROBLEMATISCH.

Die auf Europa übergreifende Euphorie des »Treibstoffs« vom Acker darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass zum Anbau von Energiepflanzen viel Dieselöl, Dünger und Pflanzenschutzmittel erforderlich sind. Berechnet man aus dem Brennwert des Alkohols und der zu seiner Produktion benötigten Energie den sogenannten Erntefaktor, so zeigt sich, dass pro Liter Alkohol aus Zuckerrüben oder Getreide höchstens ein Viertelliter Öl eingespart wird. Dasselbe gilt für Raps und Sonnenblumen, aus denen der »Biodiesel« hergestellt wird. Generell sparen Agrarprodukte, die Intensivlandwirtschaft voraussetzen, beim Gewinnen von Treibstoffen wenig Öl ein. Wirtschaftlich wird der Prozess in Europa erst bei einem Ölpreis von 80 Dollar pro Barrel.

Am aussichtsreichsten ist in Zentraleuropa die Produktion von Ethanol aus Roggen, von dem 100 Kilogramm 33 bis 38 Liter Alkohol liefern. Trotz des relativ schlechten Erntefaktors wurden in den letzten Jahren im Osten Deutschlands drei Großanlagen mit einer Gesamtkapazität von 500.000 Tonnen Alkohol pro Jahr errichtet. Bauherren waren die Südzucker im sächsischen Zeitz, die Mitteldeutsche Bioenergie in Zörbig (Sachsen-



Die Holzvergasungsanlage im österreichischen Güssing, Burgenland, versorgt ein kleines Kraftwerk. Verwertet werden Sägerei- und Schreinereiabfälle sowie Abfallholz aus der Waldwirtschaft.

Anhalt) und die Nordbrandenburger Bioenergie in Schwedt an der deutsch-polnischen Grenze. Natürlich ist diese Produktion nur der sprichwörtliche Tropfen auf den heißen Stein, beträgt doch der deutsche Benzinbedarf etwa 20 Millionen Tonnen pro Jahr. Immerhin gilt in der Bundesrepublik ab 2007 eine Pflichtbeimischung von zwei Prozent Bioethanol zum Benzin.

ENZYME BAUEN HOLZ UND STROH ZU ZUCKER AB. In den nächsten fünf Jahren dürften industrielle Verfahren verfügbar werden, um Bio-Treibstoff der zweiten Generation in großem Maßstab wirtschaftlich zu produzieren. Es handelt sich wieder um Ethanol, doch will man nun als Rohstoff Cellulose einsetzen, das heißt, dass ganze Pflanzen und nicht nur bestimmte Pflanzenteile genutzt werden. Damit bestehen reelle Chancen, fossile Energieträger auf breiter Basis zu substituieren.

Cellulose ist die in der Natur häufigste Kohlenstoffverbindung. Man schätzt, dass davon weltweit pro Jahr etwa zehn Milliarden Tonnen entstehen, vor allem in Form von Holz und Stroh. Ähnlich wie Stärke besteht Cellulose aus verknüpften Zuckermolekülen, wobei jeweils 5.000 bis 10.000 Glucoseeinheiten lange Ketten bilden. Doch im Gegensatz zur Stärke ist die Bindung der Zuckereinheiten in der Cellulose außerordentlich stabil. Sie wird nur mit starken Säuren oder spezialisierten Enzymen, den sogenannten Cellulasen, aufgebrochen, wobei die Zuckerbausteine freigesetzt werden.

Theoretisch könnte man aus der weltweit Jahr für Jahr nachwachsenden Cellulose genug Ethanol gewinnen, um alle Motorfahrzeuge der Welt zu versorgen. Realistisch sind wohl 10 bis 20 Prozent. Dennoch ist eine Renaissance der anorganisch-chemischen Holzverzuckerung der 1940er Jahre nicht absehbar. Heute konzentriert sich die Forschung auf den enzymatisch-bakteriellen Abbau von Cellulose aus Abfallholz und Stroh.

Das Verfahren zur Produktion von Ethanol aus Cellulose ist sehr einfach: es genügt, die cellulosehaltigen Pflanzen zu zerkleinern, mit Wasser aufzuschlämmen und besondere Enzyme beizugeben, die Cellulose zu Zucker abbauen. Weitere Enzyme und auch Mikroorganismen werden benötigt, um andere bei der Hydrolyse von Cellulose-Nebenprodukten anfallende Zucker, wie beispielsweise Xylose, zu verwerten. Solche Enzyme sind verfügbar, doch sind sie noch viel zu teuer. Und mit dem Preis der Cellulasen steht und fällt die Wirtschaftlichkeit der enzymatischen Verzuckerung von Cellulose.

Die beiden nordamerikanischen Zentren zur Entwicklung von Biotreibstoff aus Cellulose sind das National Renewable Energy Laboratory (NREL) in Boulder, Colorado, und die kanadische Firma Iogen in Ottawa, wo seit 2004 eine Pilotanlage zur Produktion von Ethanol aus Stroh mit einer Leistung von 140 Megawatt (thermisch) in Betrieb ist. Das Unternehmen Iogen arbeitet eng



mit den größten Enzymproduzenten zusammen, um celluloseabbauende Enzyme zu entwickeln, die zehn bis fünfzig Mal billiger sind als die heute verfügbaren Cellulasen. Wird dieses Ziel erreicht, könnte uns die Biotechnologie mindestens teilweise aus der »Erdölfalle« befreien! Eine vollständige Substitution ist allerdings illusorisch. Dazu müsste weltweit das gesamte landwirtschaftliche Kulturland auf die Produktion von Bioenergie-Rohstoffen umgestellt werden – für die Nahrungsmittelproduktion gäbe es dann wohl keinen Platz mehr.

WICHTIGER ENERGIESTOFF: HOLZ. Selbst ohne billige Cellulasen könnte Holz wieder zu einem wichtigen Energierohstoff werden. Umweltfreundliche Holzsnitzelkraftwerke mit Abluftfilter sind vielerorts geplant, eines davon mit einer elektrischen Leistung von 20 Megawatt wird zurzeit bei Basel gebaut. Es soll jährlich 200 Gigawattstunden elektrische Energie produzieren und 100 GWh Wärme in das städtische Fernheizwerk einspeisen. Dazu werden 65.000 Kubikmeter Holz benötigt.

Auch die Umsetzung von Holz mit Wasserdampf unter Luftabschluss ist vielversprechend, wie sie im österreichischen Güssing, Burgenland, seit 2001 durchgeführt wird. Diese Holzvergasungsanlage versorgt ein kleines Kraftwerk mit einer Leistung von zwei Megawatt, während zehn Megawatt Wärme ins Fernheiznetz eingespeist werden. Verwertet werden Sägerei- und Schreinereiabfälle sowie naturbelassenes Abfallholz aus der Waldwirtschaft. Die Holzsnitzel fallen in eine heiße Sandwirbelschicht, in die auf 900 Grad Celsius erhitzter Wasserdampf eingeleitet wird. Es entsteht ein Gemisch von Kohlenmonoxid (20 Prozent), Kohlendioxid (30 Prozent), Wasserstoff (40 Prozent) und Methan (10 Prozent). Aus einem kleinen Teil des Holzes entsteht Holzkohle. Um sie zu nutzen, wird kontinuierlich Sand-Holzkohle-Gemisch abgezogen, um die Holzkohle in einem separaten Reaktor zu verbrennen und den Sand aufzuheizen.

Neben dem Holzvergaser von Güssing ist eine vom Schweizer Paul-Scherrer-Institut (PSI) mitfinanzierte Methanierungsanlage in Bau, die Ende 2007 den Betrieb aufnehmen soll. Dabei werden Kohlenmonoxid und Wasserstoff aus der Holzvergasung über einen Nickelkatalysator in Methan, das heißt synthetisches Erdgas, überführt. Synthetisches Erdgas kann problemlos ins Gasnetz eingespeist oder zum Antrieb von Gasautos verwendet werden. Sein Gestehungspreis liegt bei fünf bis sieben Eurocent pro Kilowattstunde, während sibirisches oder nordafrikanisches Erdgas lediglich zwei Eurocent pro Kilowattstunde kostet. Synthetisches Erdgas muss demzufolge noch mit einer Lenkungsabgabe auf importierte fossile Energieträger subventioniert werden.

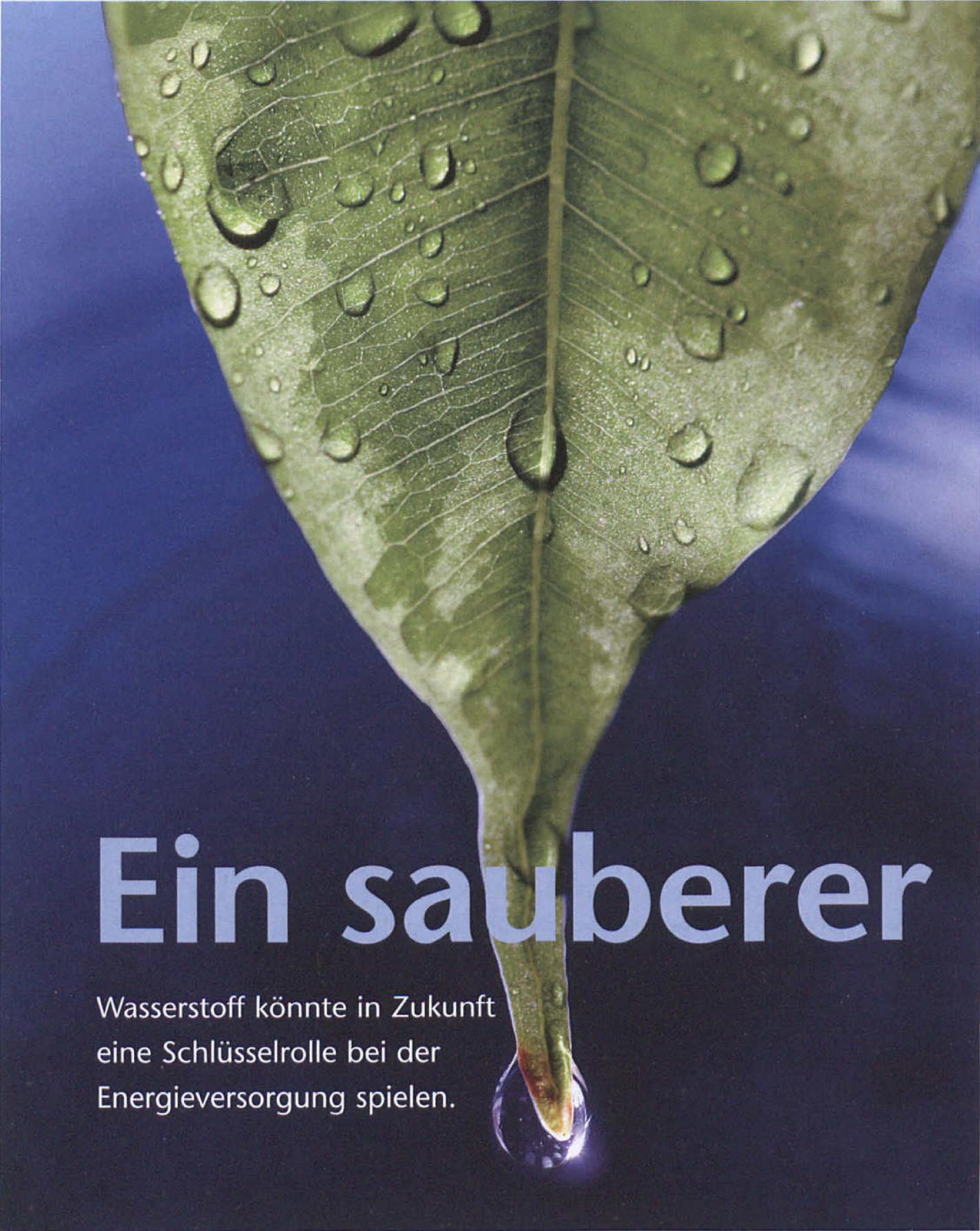
Grundsätzlich kann man aus den Produkten der Holzvergasung über den sogenannten **Fischer-Tropsch-Prozess** auch Benzin, Dieselöl und Methanol erzeugen. Eine solche Pilotanlage mit einer Leistung von 13.000 Tonnen Diesel pro Jahr betreibt die Firma Choren Industries in Freiberg/Sachsen. Auch bei solchen Biotreibstoffen wird keine direkte Konkurrenzfähigkeit mit Erdölprodukten erwartet. Die Kohlendioxid-Neutralität der Biotreibstoffe hat eben ihren Preis. Beim Verbrennen von Biomasse und der davon abgeleiteten Produkte wird ja nur so viel Treibhausgas abgegeben, wie die Pflanzen bei ihrem Wachstum aus der Atmosphäre aufnehmen.

In Schweden, wo man sich vorgenommen hat, Erdöl bis 2020 vollständig zu substituieren, wird die Produktion von Wärme, synthetischem Erdgas und Alkohol aus einheimischem Holz besonders ernstgenommen. Die bestehenden Fernheizkraftwerke sowie alle Hausfeuerungen sollen bis dann auf Holzpellets oder Holzgas bzw. synthetisches Erdgas umgestellt werden. 4,5 Millionen Autos in Schweden werden dann mit Ethanol aus Cellulose angetrieben. Ein außerordentlich ehrgeiziges Projekt, wenn man bedenkt, dass die benötigten Technologien zum Teil erst noch entwickelt werden müssen. ■■

Energie vom Acker: Mit Pflanzen- und Holzprodukten will die Europäische Gemeinschaft künftig 5,75 Prozent des Treibstoffbedarfs decken.

Der Fischer-Tropsch-Prozess

Mit dem 1925 von den Chemikern Franz Fischer und Hans Tropsch am Kaiser-Wilhelm-Institut für Kohlenforschung in Mülheim/Ruhr entwickelten Verfahren, kann Kohlegas (und auch Holzgas) in Benzin überführt werden. Solches Gas besteht vorwiegend aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff. Man erhält es bei der Reaktion von Kohle oder Holz mit Wasserdampf bei hoher Temperatur unter Luftabschluss. Leitet man dieses Gas unter Druck über einen Kobalt- oder Eisenkatalysator, so erhält man ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen, das dem aus Erdöl gewonnenen Benzin entspricht. Im Zweiten Weltkrieg spielte der Fischer-Tropsch-Prozess für Deutschland eine wichtige Rolle. Er wurde später von Südafrika übernommen, das wenig Erdöl, aber sehr große Kohlevorkommen besitzt.



Ein sauberer Stoff

Wasserstoff könnte in Zukunft eine Schlüsselrolle bei der Energieversorgung spielen.

Die Energieversorgung künftiger Generationen wird wohl vielfältiger gestaltet sein als bisher. Neben regenerativen Energien wie Wind und Sonne scheinen Erdgas und Wasserstoff die vielversprechendsten Energieträger der Zukunft zu sein. **Von Max Bräutigam**

Der Energiebedarf steigt weltweit, insbesondere in den bevölkerungsreichen Ländern China, Indien und Südamerika. Noch wird der größte Anteil dieser Energie durch die Verbrennung fossiler Kohlenwasserstoffe gewonnen. Die damit verbundene Kohlendioxidabgabe in die Atmosphäre stellt das größte Umweltproblem unserer Zeit und noch mehr in Zukunft dar. Allerdings darf dabei nicht vergessen werden, dass ein beachtlicher Anteil der fossilen Stoffe auch für die Herstellung von Kunststoffen für Industrie und Konsumgüter benötigt wird.

Viele Alternativen für eine nachhaltige, umweltverträgliche Energieversorgung durch Nutzung regenerativer Rohstoffe wie Biomasse, Wasserströmung, Wind und Sonnenstrahlung zeichnen sich ab. Alle sind geeignet, jedoch jeweils nur unter bestimmten Rahmenbedingungen. Das bedeutet: Es wird künftig mehr räumlich begrenzte Lösungen geben. Einer ökologisch und wirtschaftlich optimalen »Vor-Ort-Energieversorgung« wird eine Analyse der einzelnen Glieder der Versorgungskette vorausgehen: Rohstoffgewinnung, Rohstofftransport, Energieerzeugung, Energietransport und Energienutzung des jeweiligen Energieträgers werden nach Kriterien der Wirtschaftlichkeit, der Umweltverträglichkeit und sicherlich auch der regionalen Unabhängigkeit untersucht und abgestimmt. Ein Weg der Energieversorgung führt vom Erdgas zum Wasserstoff.

VOM ERDGAS ZUM WASSERSTOFF

Erdgas besteht im Wesentlichen aus Methan (CH_4 : ein Kohlenstoffatom und vier Atome Wasserstoff). Methan ist der umweltfreundlichste aller natürlichen Kohlenwasserstoffe, der ersten Primärenergieträger.

Erdgas wird in Zukunft unter den fossilen Stoffen die wichtigste Position einnehmen, da die Erdgasvorkommen in der Welt deutlich größer sind als die von Erdöl.

Im weltweiten Energieverbrauch ist Erdgas derzeit bereits mit etwa 25 Prozent ein wesentlicher Energieträger. 75 Prozent davon werden über Pipelines vom Erdgasfeld zum Verbraucher geführt, 25 Prozent werden für den maritimen Transport bei -162°C verflüssigt und danach als so- genanntes LNG



Die Aufnahme zeigt den Seetransport des Kernstückes des Anlagenkomplexes einer Erdgasverflüssigungsanlage auf der Insel Melköya, nahe Hammerfest, knapp 600 km nördlich des Polarkreises. Sieben Milliarden Euro werden in diese Erdgasversorgungsanlage investiert.

(Liquefied Natural Gas) gehandelt. Das Volumen des Erdgases reduziert sich bei der Verflüssigung um den Faktor 1:600.

Es bedarf allerdings erheblicher Aufwendungen, um die Energieversorgung auf diese Weise zu sichern. Ein Beispiel dafür ist die derzeit im Bau befindliche verfahrenstechnische Anlage der Firma Linde. Hier soll das Erdgas aus dem nördlichen Eismeer – dem nördlichsten Punkt Europas – gereinigt und verflüssigt werden. Das LNG wird anschließend mit speziellen Tankschiffen nach Europa und USA transportiert.

Die Erdgasverflüssigungsanlage hat eine Kapazität von 6 Milliarden Normalkubikmeter pro Jahr und ist derzeit die größte in einer Einheit dieser Art und – was die Prozesstechnik betrifft – auch die wirtschaftlichste dieser Art. Die Anlage wurde so weit wie möglich in Modulbauweise konzipiert um die Einwohnerstruktur der Kleinstadt Hammerfest nicht nachhaltig zu stören.

So wurde z.B. die eigentliche komplette Verflüssigungsanlage, inklusive der benötigten Stromerzeuger und deren Gasturbinen, auf einem schwimmenden Stahlponton in Hammerfest angeliefert und in einem vorbereiteten Becken abgesenkt. Das Transportgewicht von Ponton und Anlage betrug 36.000 Tonnen. Diese Einheit wurde vom Süden Spaniens 3.000 Seemeilen übers Meer zum Nordkap transportiert. Die Anlage wird im Jahre 2007 in Betrieb genommen.

MAX BRÄUTIGAM ist seit kurzem in »Ruhestand«. Er war mehrere Jahrzehnte als leitender Ingenieur im Anlagen- und Apparatebau bei Linde Engineering tätig. Seit Beginn seiner beruflichen Laufbahn beschäftigt er sich in der Tieftemperatur- und Verfahrenstechnik mit Wasserstoff und Erdgas.

WASSERSTOFF IST EIN SPEICHERFÄHIGER ENERGIETRÄGER

1 Nm³ Wasserstoff = ca. 2,8 kWh, 1 kg Wasserstoff = ca. 11 Nm³

1 kg Wasserstoff = ca. 32 kWh, 1 kg Dieselkraftstoff = ca. 10 kWh

1 Liter flüssiger Wasserstoff = ca. 2,2 kWh, 1 Liter Dieselkraftstoff = ca. 10 kWh



»SPIRIT OF VITRIOLE«

Wasserstoff ist das häufigste Element der Welt. Zwei Drittel des Weltalls bestehen daraus. Auf der Erde steckt der Wasserstoff in erster Linie im Wasser und in den organischen Verbindungen.

Wasser (H₂O), bestehend aus zwei Atomen Wasserstoff und einem Atom Sauerstoff, wird durch Elektrolyse in Wasserstoff und Sauerstoff getrennt. Die Gaserzeugung und Trennung erfolgt direkt an den beiden Polen. Der Sauerstoff wird bei diesem Prozess als Nebenprodukt bewertet.

Bereits im Mittelalter hat Paracelsus den »Spirit of vitriole«, den Wasserstoff, entdeckt; Mitte des 18. Jahrhunderts trennte dann Lavoisier Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff, und im Jahre 1898 hat Sir J. Dewar Wasserstoff erstmals verflüssigt. Der Umgang mit Wasserstoff ist also nicht neu!

In diesem Erdgasspaltofen in den USA wird Wasserstoff hergestellt und gereinigt.

Steamreforming: Dabei werden Wasserdampf und Erdgas bei hoher Temperatur von ca. 800 °C über einen Katalysator geleitet und das Gemisch in Wasserstoff und Kohlenmonoxid gespalten. Anschließend wird dieses Gasmisch getrennt und gereinigt. Das Kohlenmonoxid wird mit Wasserdampf zu Wasserstoff und Kohlendioxid konvertiert. Der Wasserstoff wird fast ausschließlich in Steamreformern erzeugt. Die Kapazität einer einzelnen Wasserstoff-Erzeugeranlage beträgt bis zu 150.000 Nm³ pro Stunde.

Wasserstoff ist der umweltfreundlichste Energieträger, da bei der Umsetzung in Kraft und Wärme nur Wasser entsteht.

ERZEUGUNG VON WASSERSTOFF

Im Gegensatz zu den fossilen Brennstoffen – dem Eingemachten – muss der Wasserstoff erzeugt werden. Der Energiebedarf zur Herstellung von Wasserstoff durch Spaltung von Wasser mit elektrischem Strom ist 3-5 kWh/Nm³. Bei der Spaltung von Methan im technischen Reaktor beträgt er ca. 3 kWh/Nm³.

Der Wasserstoff wird seit Jahrzehnten in großen Mengen hergestellt und in der petrochemischen Industrie, Metallurgie, und bei Härtung von Fetten verbraucht; dieser Wasserstoff wird durch thermische Spaltung von Erdgas in »Steamreformern« erzeugt. Der Umgang mit Wasserstoff im großtechnischen Maßstab ist in der Industrie längst Realität. Die Technologie – beginnend bei der Erzeugung, über Reinigung, Verflüssigung, bis hin zu Transport und Speicherung ist seit Jahrzehnten erprobt.

REINIGUNG UND SPEICHERUNG

Der Rohwasserstoff weist unterschiedliche Gasanalyse und Drücke auf. Für die verschiedenen Anwendungen und die damit verbundenen speziellen Anforderungen an die Verteilerlogistik muss er eigens aufbereitet werden. Als wirtschaftliches Verfahren hat sich dabei die Adsorption erwiesen. Bei der Adsorption werden an einen porösen Körper alle Gase bis zu einer bestimmten Molekülgröße angelagert – bis auf das kleinste Molekül – den Wasserstoff. Gereinigt wird der Adsorber durch Erwärmen oder durch Druckentlastung. Letzteres Verfahren wird in großtechnischen Anlagen angewandt – in sogenannten Druckwechsel-Adsorber-Anlagen (Pressure Swing Adsorption – PSA). Die PSA arbeitet bei Umgebungstemperatur. Wasserstoff kann entweder als komprimiertes Gas oder – nahezu drucklos jedoch tiefkalt verflüssigt – gespeichert werden. Zur Verflüssigung von Wasserstoff wird das Gas auf ca. 2,5 MPa komprimiert und anschließend in mehreren nacheinander geschalteten Wärmetauschern, Entspannungsturbinen und -ventilen bei -252 °C verflüssigt.

Um Wasserstoff zu verflüssigen, muss eine Energie von ca. 0,035 kWh/Nm³ aufgewendet werden. Dadurch reduziert sich das Volumen um etwa den Faktor 800. Alternativ kann Wasserstoff auch durch Bindung an Metallhydride oder durch die aus der Nano-Technologie stammende Bindung an Graphit gespeichert werden.

DIE BRENNSTOFFZELLE

Die Umsetzung von Wasserstoff in Energie kann auf zwei verschiedenen Wegen bewerkstelligt werden: mittels der sogenannten heißen Verbrennung in Heizkesseln, Gasturbinen, Kolbenmotoren oder bei der »kalten Verbrennung« in der Brennstoffzelle.

Die technische Herausforderung unserer Zeit ist die Entwicklung der Brennstoffzelle, sowie deren Anwendungstechnik.

Die Brennstoffzelle wurde bereits im Jahre 1839 beim Experimentieren mit der Elektrolyse zur Herstellung von Wasserstoff und Sauerstoff »erfunden«. Man stellte fest, dass sich dieser Prozess auch umkehren lässt. Der Erfinder – Sir William R. Grove – baute eine »galvanische Gasbatterie« mit einer kalten Verbrennung von Wasserstoff und Sauerstoff. Die Umwandlung von Wasserstoff und Luft (Sauerstoff) in der Brennstoffzelle in elektrischen Strom und anschließend in Wärme und mechanische Leistung ist frei von Abgasen und lautlos.

Die Elektrolyte hierzu stehen für verschiedene Anforderungen in festem und flüssigem Zustand oder als Membranen zur Verfügung. In einer Elektrolyse kann aber auch der gebundene Wasserstoff (zum Beispiel aus wasserstoffreichen Stoffen, wie Erdgas, Biogas oder Methanol) in elektrischen Strom umgesetzt werden. Die Brennzelle ist prinzipiell aufgebaut wie eine Batterie, aber kontinuierlich betriebsfähig.

Der Wirkungsgrad der Brennstoffzelle ist in der Bilanz vom Einsatzstoff Wasserstoff zum Stromabnehmer aufgrund der direkten Umwandlung deutlich höher als der herkömmlicher Verbrennungsmaschinen.

Der Einsatz von Brennstoffzellen ergibt einen Quantensprung in der technischen Entwicklung. Sie haben einen deutlich höheren Wirkungsgrad, reduzierten Schadstoffausstoß



In speziellen Transporttanks wird der flüssige Wasserstoff verteilt – wie beispielsweise an dieser Tankstelle für gasförmigen und flüssigen Wasserstoff am Münchner Flughafen.

Die erste Hochtemperatur-Brennstoffzelle in den Neuen Bundesländern: Das Hotmodule von MTU in Magdeburg wurde 2002 im Universitätsklinikum der Otto-von-Guericke-Universität installiert.

und wesentlich geringere Lärmbelastung als Verbrennungsmaschinen.

Brennstoffzellen werden schon heute in vielen Bereichen eingesetzt: in Kraftwerken im Megawatt-Bereich bis zur Stromversorgung, bei portablen Geräten wie Handy und Laptop mit wenigen Watt. Weitere vorteilhafte Anwendungen der Brennstoffzelle sind die Notversorgung elektrischer Steuerung und die Energieversorgung im Klinikbereich beispielsweise (siehe Bild unten) oder bei Fahrzeugen.

VISION: ÖKO-WASSERSTOFF

Ziel ist es, den Wasserstoff langfristig aus regenerativen Energieträgern wie Biomasse, Sonne und Wind zu gewinnen. Hierzu wurde vor kurzem nördlich von München ein Forschungs- und Entwicklungszentrum eingerichtet. ■■

Informationen und Links zu aktuellen Forschungsprojekten finden Sie auf der Seite des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie:

www.kompetenznetze.de



Bélidors »Architecture hydraulique«

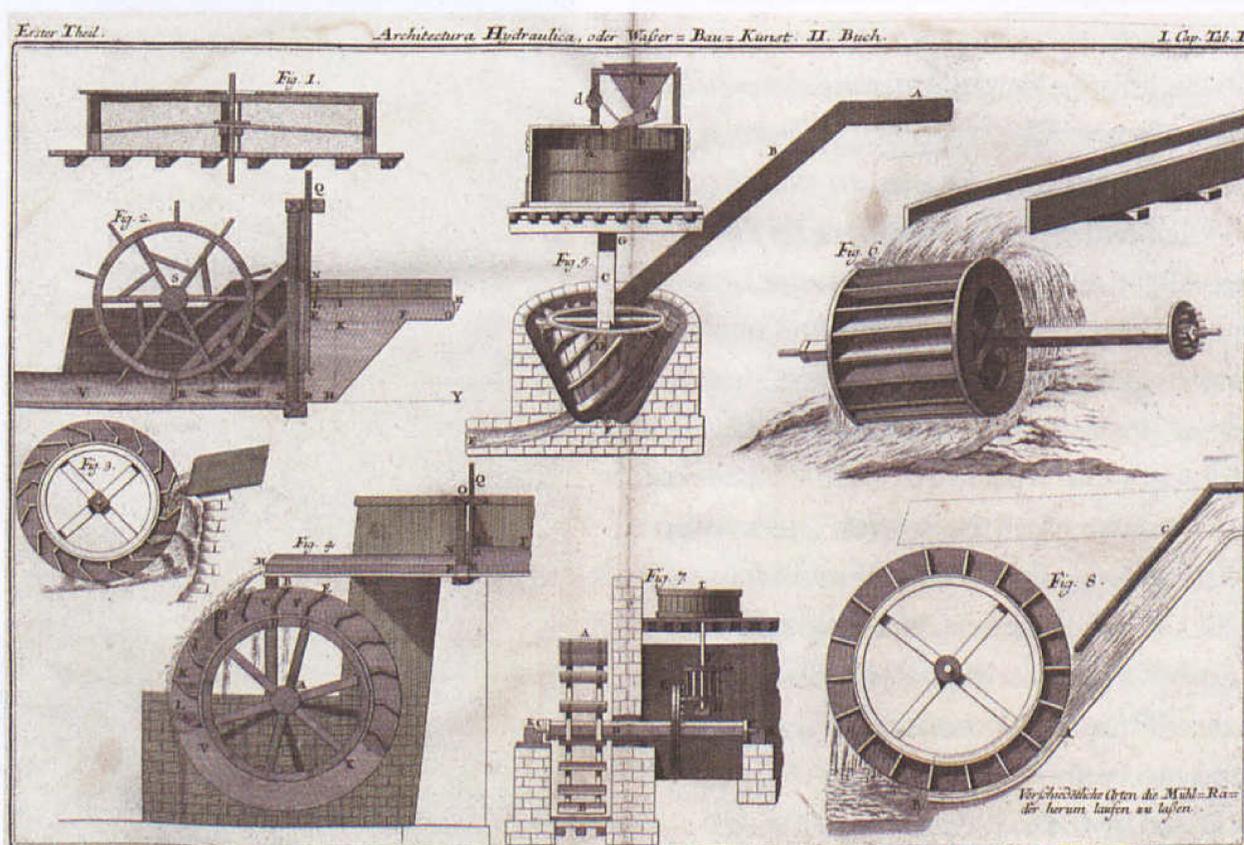
Ein frühes Ingenieurhandbuch

Die »Architecture hydraulique« von Bernard Forest de Bélidor zählt zu den erfolgreichsten technischen Publikationen des 18. Jahrhunderts. Bekannte Wissenschaftler – darunter Charles Augustin de Coulomb und Claude Navier – wurden von Bélidors Buch zu ihren eigenen Untersuchungen angeregt. **Von Dr. Helmut Hilz**

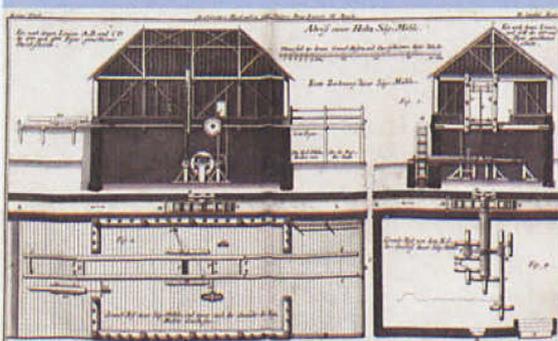
Bernard Forest de Bélidor (1697/98–1761), in Spanien als Sohn eines französischen Offiziers geboren, lenkte durch seine Teilnahme an der von Jacques Cassini geleiteten Meridianvermessung erstmals die Aufmerksamkeit der Wissenschaft auf sich. Während der 1720er und 1730er Jahre unterrichtete er Mathematik an der neu gegründeten französischen Artillerieschule in La Fère in der Picardie. Während des Österreichischen Erbfolgekriegs (1740–1748) aktiven Militärdienst leistend, hielt er sich auch längere Zeit in Bayern auf. Nach 1748 übte Bélidor, inzwischen Mitglied der Akademien in Paris, London und Berlin, bis zu seinem Lebensende verschiedene Funktionen in der Militärverwaltung aus.

Die wissenschaftlich fruchtbarsten Jahre verbrachte er in La Fère. Die Veröffentlichungen zur Artillerie, zum Festungsbauwesen und insbesondere seine Mathematiklehrbücher machten seinen Namen in Fachkreisen weit bekannt. International viel beachtet wurde vor allem seine »Architecture hydraulique«, ein zweibändiges Werk über den Mühlen- und Wasserbau.

Das Werk, erstmals 1737 bis 1739 im Pariser Verlag Jombert veröffentlicht, kam zuletzt 1819 in einer Neuauflage auf den Markt. Es ist eines der ersten Beispiele eines ingenieurwissenschaftlichen Handbuchs. Bélidor legt darin die Ergebnisse seiner eigenen Forschungen ebenso dar wie die Arbeitsergebnisse seiner Fachkollegen. Von Galileis Arbeiten zur Mechanik ausgehend, hatten sich besonders Forscher in Italien und Frankreich seit dem



Um den Wirkungsgrad der Mühlräder zu verbessern, experimentierten die Mühlenbauer mit den unterschiedlichsten Mühlradtypen.



Für viele Gewerbe, so auch für die Holzverarbeitung, war die Wasserkraft in der Frühneuzeit einer der entscheidenden Standortfaktoren.

DR. HELMUT HILZ leitet die Bibliothek des Deutschen Museums.

frühen 17. Jahrhundert eingehend mit theoretischen Fragen der Hydraulik befasst. Auf Bélidors Werk hatten vor allem die Forschungen der Mathematiker und Naturforscher Antoine Parent (1666–1716) und Henri Pitot (1695–1771) entscheidenden Einfluss.

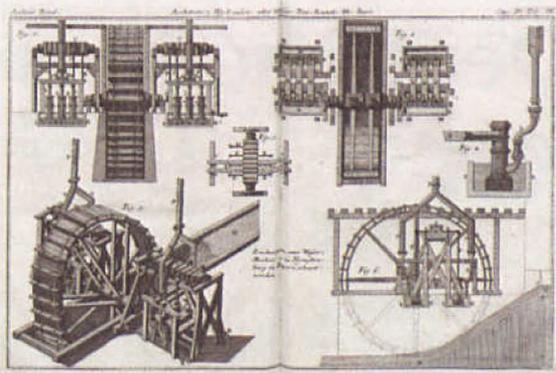
Widmeten sich seine Vorgänger überwiegend theoretischen Fragen, beispielsweise Forschungen zur Fließgeschwindigkeit des Wassers, ging Bélidor explizit auch auf technische Probleme des Mühlen- und Wasserbaus ein. Die Besonderheit der »Architecture hydraulique« liegt nicht zuletzt in den Abbildungen der verschiedenartigsten Mühlenkonstruktionen, die von hoher Genauigkeit sind. Wasser- und Windmühlen stellten bis weit ins 19. Jahrhundert hinein die mit Abstand wichtigste Form der Energiegewinnung dar. Béli-

dors Ziel war es, »alle Mittel hierfür zu suchen, vermöge deren sie ihre rechte Vollkommenheit erreichen mögen«. Das Bemühen um eine nachhaltige Verbesserung des Wirkungsgrades der Wasser- und Windmühlen bildete also den Hintergrund seiner wissenschaftlichen Untersuchungen.

DIE KRAFT DES WASSERS NUTZEN. Die »Architecture hydraulique« umfasst zwei Bände, wobei Bélidor nach dem Geschmack der Zeit auch auf Themengebiete – wie etwa den Dampfmaschinenbau – zu sprechen kommt, die man in diesem Werk kaum vermuten würde. Zu Beginn erläutert er die für den Mühlen- und Wasserbau relevanten Gebiete der Physik. Daran schließen sich die Darlegungen zum Bau von Wasser- und Windmühlen und ihre diversen Einsatzmöglichkeiten an. Der Autor stellt die verschiedensten Typen von Wasserrädern vor, die in ihrer Konstruktion jeweils den örtlichen Bedingungen angepasst sind. Neben der Nutzung von fließenden Gewässern ging es dabei auch um den Bau von Gezeitenmühlen. Die Windmühlen werden zusammen mit den Wasserpumpen betrachtet, was naheliegend war, da jene vor allem auch für Entwässerungsaufgaben gebaut wurden. Die von Bélidor vorgestellten Mühlenkonstruktionen stammen nicht nur aus Frankreich, sondern es finden sich darunter ebenso Beispiele aus Deutschland und Großbritannien. Dem Mühlenbau ist der Hauptteil des Werkes gewidmet, darüber hinaus wird in den weiteren Kapiteln auf die Möglichkeiten des Wasserhebens und den Schleusenbau eingegangen.

Das Werk enthält über 200 hervorragende Kupferstichillustrationen, wobei sich der Stecher leider nicht zu erkennen gibt. Die Längs- und Querschnitte wie die Seitenansichten der dargestellten technischen Artefakte zeigen deutlich das hohe Niveau, das Konstruktionszeichnungen zu Beginn des 18. Jahrhunderts bereits aufwiesen. Mühlen- und Wasserbauer konnten und sollten, ausgehend von diesen Stichen, in der Lage sein, die vorgestellten Konstruktionen als Vorbilder für eigene Entwürfe zu verwenden.

Bereits 1740 erschien in Augsburg, verlegt von Johann Georg Mertz, der erste Band der



Die Maschinen des Nymphenburger Wasserhebewerks.

deutschen Übersetzung. Der große Bekanntheitsgrad des Autors wie die praktische Relevanz des Werks auch jenseits der Wissenschaft spiegelt sich in der raschen Übersetzung aus der damals am weitesten verbreiteten Fremdsprache deutlich wider. Bedingt durch die Kriegswirren in der Mitte des 18. Jahrhunderts zog sich jedoch die Gesamtübersetzung über zehn Jahre hin. Während in Frankreich das Buch noch zu Beginn des 19. Jahrhunderts eine Neuauflage erfuhr, wurde die letzte deutsche Ausgabe in den 1770er Jahren abgeschlossen. ■

Anzeige

(Mo – Mo) 7. – 14. Mai 2007

Studienreise nach Samos

Technik, Wissenschaft und Kunst im antiken Griechenland

Samos ist nicht nur die walddreichste Insel der Ägäis, mit blühender Vegetation im Frühjahr, sondern auch historisch eine der interessantesten. So war sie im 6. Jahrhundert v. Chr., unter dem Tyrannen Polykrates, Großmacht im Mittelmeer. Am berühmtesten und am besten erhalten aus dieser Epoche ist der Tunnel des Ingenieurs Eupalinos, 530 v. Chr. bei Pythagoreion, der antiken Hauptstadt Samos' gebaut. Auch bedeutende Wissenschaftler und Philosophen wie Pythagoras, Aristarch und Epikur lebten und wirkten einst auf Samos.

Die Reise soll Themen des Deutschen Museums mit Kulturgeschichte und Entspannung in der Natur verbinden. Experten (Dr. Kienast, Prof. Lesch, Prof. Teichmann) werden Vorträge und Führungen halten und Exkursionen begleiten.

Kosten: 790 Euro/Person im DZ, EZ-Zuschlag 144 Euro.

Leistungen: Charterflug nach Samos, Transfers und Rundfahrten im Reisebus, 7 x HP in einem 4 Sterne-Hotel (DU/WC oder Bad/WC), Eintrittsgelder, Führungen und Vorträge.

Maximale Teilnehmerzahl: 70. Der Reisevertrag kommt (über die Tourismusagentur ansenso) ausschließlich mit dem Reiseveranstalter (TUI, Jahn Reisen, Neckermann Reisen) zustande.

Information: Christine Füssl-Gutmann

Tel. +49-(0)89-2179-243, Fax +49-(0)89-2179-273

e-mail: c.fuessl@deutsches-museum.de

Deutsches Museum, Museumsinsel 1, 80538 München

Deutsches Museum
Kerschensteiner Kolleg

Streifzug durchs Deutsche Museum

In vielen Abteilungen finden sich Exponate zum Thema »Energie«. Hier eine kleine Auswahl.

Energie ist eine wesentliche Existenzgrundlage unserer Gesellschaft, die wir täglich nutzen. Wie selbstverständlich gehen wir davon aus, dass sie uns jederzeit, zu moderaten Preisen und dabei noch sauber zur Verfügung steht. Dabei nutzen wir Energie als Raumwärme und zur Beleuchtung oder decken unsere Bedürfnisse nach Fortbewegung bzw. Transport und Kommunikation. Dennoch – oder gerade deshalb – gibt es im Deutschen Museum keine Ausstellung, die sich mit allen Aspekten der Energie beschäftigt. Energie ist omnipräsent und taucht deshalb mehr oder weniger in

allen Ausstellungen auf. Offensichtlich ist der Bezug in den Ausstellungen Kraftmaschinen, Energie- und Starkstromtechnik. Energie ist aber auch ein Thema im Bergwerk, in den Ausstellungen zu Erdöl und Erdgas, Umwelt, Agrartechnik, Physik, Chemie sowie in den verschiedenen Ausstellungsbereichen zum Verkehr. Im Folgenden stellen wir einige Exponate vor, die einen Bezug zu Energie haben, aus verschiedenen – beileibe nicht allen – Ausstellungen. Vielleicht gehen Sie bei Ihrem nächsten Besuch im Deutschen Museum selbst auf Entdeckungsreise.

Kraftmaschinen

MODELL EINER HORIZONTAL-WINDMÜHLE, UM 700



Während die Nutzung der Windkraft mit Segelschiffen vor mehr als 5.000 Jahren begann, stammen die ältesten Wind-

mühlen-Funde an der persisch-afghanischen Grenze aus dem 7. Jh. n. Chr. Typisch für die orientalischen Windmühlen ist das horizontal umlaufende Rad mit senkrechter Welle, die direkt den Mühlenstein antreibt. Die Windfangmauern leiten den Wind auf die eine Hälfte des Rades, während die andere Hälfte im Windschatten bleibt. Obwohl auch außerhalb Asiens mit horizontalen Rädern experimentiert wurde, konnten sie sich hier gegen die wirkungsvolleren vertikalen Windräder nicht durchsetzen.

Kraftmaschinen

TRETWERK FÜR HORNVIEH, 1900

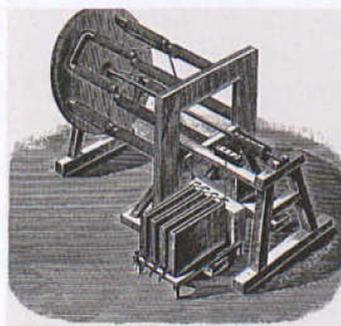


Die tierische bzw. menschliche Antriebskraft wird bereits seit der Antike genutzt. Dieses Tretwerk wurde von Alfred Pieper aus Moers um 1900 zum Antrieb landwirtschaftlicher Maschi-

nen, aber auch von Mühlen und Siebmaschinen in Bäckereien sowie von Fleischereimaschinen entwickelt. Die Tretbahn ist ein endloses Band aus Holzbohlen. Rinder und Pferde sind so angeseilt, dass sie stranguliert werden, wenn sie nicht ständig auf dem Band aufwärts gehen. Die Drehbewegung wird von einer Riemenscheibe abgenommen. Bei geringer Arbeitslast sorgt eine Fliehkraftbremse dafür, dass das Band nicht zu schnell läuft. Tretwerke verloren mit der Elektrifizierung seit den 1920er Jahren rasch an Bedeutung.

Starkstromtechnik

ELEKTROMOTOR VON JACOBI, 1834 (Rekonstruktion)



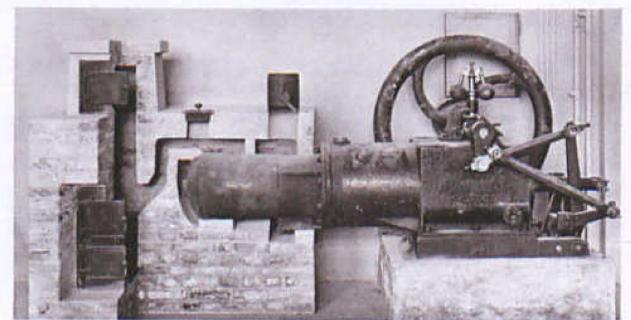
Moritz Hermann von Jacobi, ein Deutscher der im Dienste des russischen Zaren stand, baute 1834 einen Elektromotor, um

»Versuche im Großen über den mechanischen Effekt anzustellen, den man durch die elektromagnetische Erregung im weichen Eisen erlangen kann«. Jacobi hatte dabei bewusst eine Maschine gebaut, die im Gegensatz zu vielen anderen Konstruktionen jener Zeit eine Drehbewegung direkt erzeugte. 1838 stellte er der Öffentlichkeit einen neuen Motor vor, der leistungsstark genug war, ein Jahr später ein mit 14 Personen besetztes Boot

auf der Newa in St. Petersburg anzutreiben. 64 Platin-Zink-Elemente lieferten den nötigen Strom.

Kraftmaschinen

HEISLUFTMASCHINE, 1868

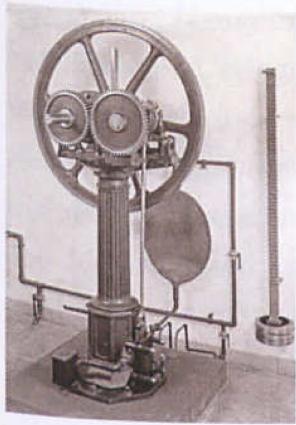


Heißluftmaschinen, 1818 erstmals von dem Pfarrer Robert Stirling entwickelt, sind neben Dampfmaschinen die ältesten Wärmekraftmaschinen. Diese Heißluftmaschine von Wilhelm Lehmann wurde 1868 in der Maschinenfabrik J. Arendt in Dessau konzipiert und arbeitete mit geschlossenem Kreislauf. Dazu wird der Zylinder an der einen Seite beheizt, an der anderen durch einen Wassermantel gekühlt. Für den Lufttransport im Zylinder sorgt ein Verdrängerkolben, für die Leistungsabgabe ein sog. Arbeitskolben. Bei einem Kohleverbrauch von 5 kg/h und einen Kühlwasserbedarf von 200 l/h konnte eine Leistung von 0,75 kW abgegeben werden.

Kraftmaschinen

ATMOSPHERISCHE FLUGKOLBEN-GASMASCHINE, 1867

Mit der Verbreitung der Dampfmaschine



wurde der Ruf nach einer auch für Kleinbetriebe geeigneten und bezahlbaren Kraftmaschine lauter. Um die Mitte des 19. Jh. verstärkten sich deshalb die Bestrebungen, eine Maschine zu

bauen, die Leuchtgas ohne Umweg über die Dampferzeugung verbrennt. Nikolaus A. Otto baute, bevor er 1876 seinen 4-Takt-Motor verwirklichen konnte, mit finanzieller Unterstützung durch Eugen Langen, 1867 eine Maschine ohne Vorverdichtung des Gas-Luftgemisches. Er stellte das Aggregat auf der Pariser Weltausstellung aus und wurde mit der Goldenen Medaille ausgezeichnet, da ihr Energieverbrauch im Vergleich zu den 13 Mitkonkurrenten weniger als die Hälfte betrug. Die Maschine gilt als die erste wirtschaftlich arbeitende Kleinkraftmaschine. Die starke Nachfrage nach dem Motor führte im Jahre 1872 zur Gründung der Gasmotorenfabrik Deutz AG.

Kraftmaschinen

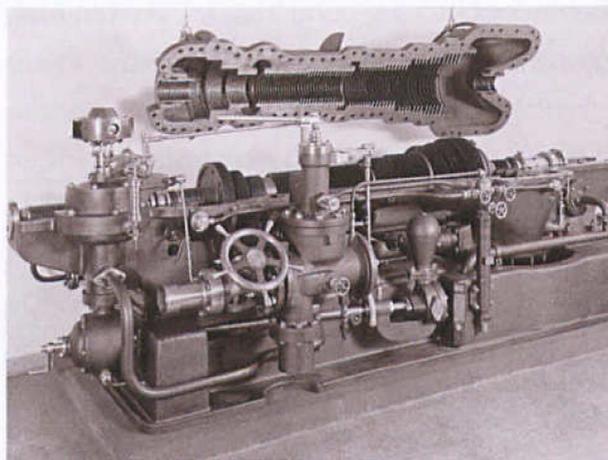
FAHRBARE DAMPFLOKOMOBILE, 1862

Im Jahre 1811 setzte Richard Trevithick erstmals eine stationäre Lokomobile zum Antrieb von Dreschmaschinen ein. Mit der Erfindung des Dampfpflügens durch John Fowler 1860 gewann die Lokomobile erneut an Bedeutung. Sie stand dabei am Ackerrand und zog den Pflug an einem Seil hin und her. Diese erste Lokomobile der Maschinenfabrik Rudolf Wolf, Magdeburg-Buckau, diente 1862 bis 1887 zum Antrieb von Dreschmaschinen auf einem Hof bei Strassfurt. Auf dem Schwungrad saß eine Riemenscheibe, von der die Antriebskraft abgenommen wurde. Die einzylindrige Kolbendampfmaschine ist direkt über dem Dampfkessel, der mit Holz und Kohlen beheizt wird, angeordnet. Die Flammen und die heißen Rauchgase durchströmen ein System von 44 Heizrohren und bringen dort Wasser zum Verdampfen. Dabei wird ein Dampfdruck von 6 bar erzielt, der die Maschine antreibt.

Kraftmaschinen

ÜBERDRUCK-DAMPFTURBINE, 1889

Algernon Parsons & Co., Newcastle,

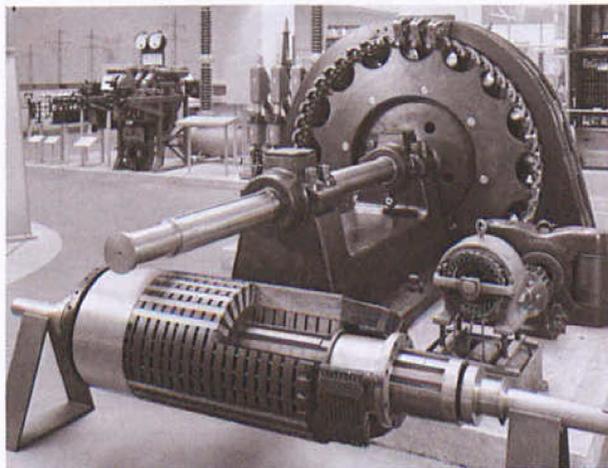


Im Gegensatz zur schwerfälligen Dampfmaschine wird in der Dampfturbine die Drehbewegung unmittelbar erzeugt. Die Gesamtanlagen sind außerdem billiger. Diese Turbine, konstruiert von dem Briten Charles A. Parsons, ist eine der ersten Überdruckturbinen. Sie war direkt mit einer Dynamomaschine zur Beleuchtung des portugiesischen Dampfers *Melange* gekuppelt. Die Laufradschaufeln sind so konstruiert, dass der Querschnitt des Schaufelkanals auf der Dampfeintrittsseite größer als auf der Austrittsseite ist. Die Schaufeln wirken daher als Düsen, d.h. beim Durchströmen des Schaufelkanals nimmt die Geschwindigkeit des Dampfes zu und der Druck ab. Man erzielte bei einem Dampfeintrittsdruck von 7 bar und einer Temperatur von 160 °C eine Leistung von 16 kW.

Starkstromtechnik

DREHSTROMGENERATOR, 1891

Maschinenfabrik Oelikon, Zürich,



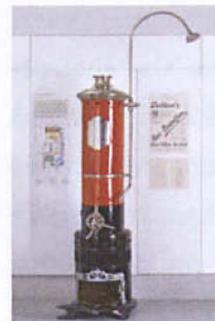
Auf der Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung Frankfurt/Main von 1891 wurde der heftige Streit zwischen den Befürwortern der Gleichstrom- und der Wechselstromtechnik zugunsten des Drehstroms entschieden. Die AEG hatte gemeinsam mit der Maschi-

nenfabrik Oerlikon in Zürich ein vom organisatorischen Leiter der Ausstellung Oskar v. Miller angeregtes Projekt einer Drehstromübertragung praktisch ausgeführt. Der hohe Wirkungsgrad (75 %) der Übertragung über 170 km von Lauffen am Neckar zum Ausstellungsgelände in Frankfurt bewies die Praktikabilität der Energieübertragung mit Drehstrom.

Erdöl und Erdgas

GAS-BADOFEN, 1895

von Johann Vaillant, Remscheid



J. Vaillant erhielt 1894 ein Patent auf den von ihm entwickelten gasbetriebenen Badeofen. Der Ofen erhitzt Wasser indirekt in einem geschlossenen System, ohne dass die Heizgase damit in

Berührung kamen. An dem Ofen konnte außerdem die Wassertemperatur nach Wunsch eingestellt werden.

Physik

APPARATUR ZUR MESSUNG DER RADIOAKTIVITÄT VON MARIE UND PIERRE CURIE, 1905

Die Ende des 19. Jhs. entdeckte Radioaktivität überraschte die Wissenschaftler vor allem wegen der enormen Energie, die winzige Mengen einer radioaktiven Substanz abgaben. Erst die berühmte Formel von Einstein $E = mc^2$ aus dem Jahr 1905 bot eine Erklärung: Ein kleiner Teil der Masse eines Atoms wird beim radioaktiven Zerfall in Energie umgewandelt. Optimistische Zeitgenossen hofften, mit Hilfe von »Radiumkraftwerken« diese Energie direkt nutzen zu können. Doch die sehr geringen Mengen an verfügbaren radioaktiven Substanzen wie Radium verhinderten die Realisierung dieses Traumes zu dieser Zeit.

Agrar- und Lebensmitteltechnik

STOCK-MOTORPFLUG, 1908

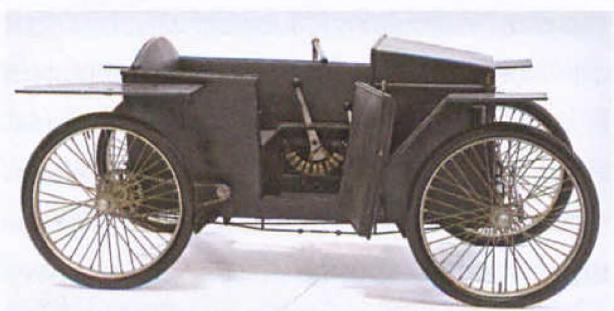
1908 baute Robert Stock in Berlin den ersten deutschen Motorpflug. Sein Grundgedanke war, das Gesamtgewicht der Antriebsmaschine möglichst niedrig zu halten und gleichzei-

Die auf die Antriebsräder wirkende Gewichtskraft zu maximieren. Stock ordnete Motor und Pflug so an, dass fast das gesamte Eigengewicht auf den zwei großen schmalen Triebrädern ruhte. Der geringere Gewichtsanteil am hinteren Pflugteil der Maschine wurde auf einem dritten, kleinen Rad für die Seitensteuerung getragen. Dieser Prototyp war wegen des zu schwachen Motors für die Praxis untauglich. 1910 kam eine aufsehenerregende Weiterentwicklung mit 6 Scharen auf den Markt. Mit diesem Pflug erzielte man bei einer Pflugtiefe von 25 cm bei mittleren Bodenverhältnissen und 10 Stunden Tätigkeit eine Flächenleistung von 7 ha. Die Reparationsforderungen von Frankreich an das Deutsche Reich Ende des Ersten Weltkrieges stellte, enthielt u. a. einige hundert dieser Stockpflüge.



Verkehrszentrum

SLABY-BERINGER ELEKTROWAGEN, 1920



Der Elektroantrieb stellte im automobilen Bereich schon früh eine Alternative zu Benzinautos und Dampfwagen dar. Dieses einsitzige Kleinstfahrzeug wurde in den 1920er Jahren von Rudolf Slaby und Hermann Beringer gebaut. Sie gründeten 1919 in Berlin die SB-Automobil-Gesellschaft m.b.H., die kleine, leise und abgasfreie Elektrowagen mit Batterie produzierte. Die Einsitzer mit Elektroantrieb besaßen einen nach außen schwenkbaren Lenkhebel, der ein leichtes Schieben bei leeren Akkumulatoren erlaubte. Für den Transport

einer weiteren Person diente ein Anhänger. Die SB-Automobil-Gesellschaft exportierte etliche Fahrzeuge nach Japan, wo sie als Behördenfahrzeuge und als Taxi Verwendung fanden.

Agrar- und Lebensmitteltechnik

ACKERSCHLEPPER »FORDSON«, 1927



Der Fordson-Traktor, Modell F, repräsentiert die erfolgreichste Schlepperserie: Zwischen 1922 und 1928 wurden fast 750.000 Fahrzeuge gefertigt, wobei das Exponat des Deutschen Museums aus dem Jahre 1927 eines der letzten dieser Serie sein dürfte.

Gegen Ende des 1. Weltkrieges führte die deutsche U-Boot-Blockade in Großbritannien zu einer Lebensmittelknappheit. Landarbeiter und Pferde fehlten, um die Produktion im Agrarbereich aufrechtzuhalten. In dieser Situation überzeugten die Traktoren des amerikanischen Automobilkönigs und Bauernsohnes Henry Ford: technisch bestechend in leichter Blockbauweise, einsetzbar sowohl als Ackerschlepper mit Eisenrädern und auch als Industrietraktor mit Vollgummi-Bereifung und konkurrenzlos billig. Mit dem Auftrag der britischen Regierung, 5.000 Schlepper in kürzester Zeit zu liefern, begann 1917 die Serienfertigung. 1922 lief der erste Schlepper vom Fließband und kostete 400 US \$. In Deutschland wurden 1923 dafür 1900 Goldmark und 1929 dann 4365 Mark verlangt.

Verkehrszentrum

ADLER DIPLOMAT 3 GS PULLMAN, 1938

Adlerwerke, Frankfurt a. M.

Die Adler-Limousine mit Pullman-Karosserie von Karmann und 6-Zylinder-Motor wurde 1941 auf Holzgasbetrieb umgerüstet. Der Holzgasgenerator von Imbert verschwelt Holz zu Holzkohle. Das dabei entstehende Gas ent-

hält brennbares Kohlenmonoxid und Wasserstoff. Über Vorreiniger, Absitzbehälter, Gaskühler, Nachreiniger und Gasluftmischer gelangt es in den Verbrennungsraum. Anstelle von 1 kg Benzin brauchte man 1942 ungefähr 2,5 bis 3,5 kg Holz. Das hohe Gewicht von Anlage und Holz verschlechterte den Wirkungsgrad erheblich. Zudem musste bereits nach 50 bis 100 km Holz nachgeladen werden. Das Fahrzeug zeigt exemplarisch die Probleme, die entstehen, wenn ein weit verbreiteter Energieträger ausfällt.

Bergbau

SCHAUFELRADBAGGER

Modell im Maßstab 1:100



Seit den 1950er Jahren wird Braunkohle im Tagebau mit Hilfe von Schaufelradbaggern mit Raupenfahrwerk und schwenkbarem Oberbau gefördert. Die durch ein Schaufelrad von rund 22 m Durchmesser gewonnene Braunkohle wird über Transportbänder zu einem nahe gelegenen Kraftwerk transportiert. Der Schaufelradbagger mit einer Gesamtlänge von rund 220 m und einer maximalen Höhe von 91 m besitzt eine Dauerleistung von 140.000 m³ pro Tag und eine Antriebsleistung von 17.600 kW.

Luftfahrt

SOLARFLUGZEUG, 1980



Das Solarflugzeug Rochelt Solair I war das erste Solarflugzeug der Welt, das mit direkter und gespeicherter Sonnenenergie flog. Es

wurde von Günter Rochelt auf eigene Kosten entwickelt und gebaut. Am 21. August 1983 flog er damit einen inoffiziellen Weltrekord von fünf Stunden und 46 Minuten. Solair I ist ein »Entenflugzeug« mit einem vorn liegenden Höhenleitwert in extrem leichter Schalenbauweise aus Kevlar (Aramid-Kunststoff) und Kohlefaser-Werkstoffen. Die Tragflächen sind mit 2422 Solarzellen belegt, die bei voller Sonneneinstrahlung eine Leistung von 2,2 kW liefern.

Neue Energietechniken

STELLARATOR-SPULE »WENDELSTEIN 7-AS«, 1988

Bei einer Kernfusion werden Wasserstoffatome unter gewaltigem Druck und bei sehr hohen Temperaturen zu Helium verschmolzen. Dabei wird Energie freigesetzt, die in Fusionsreaktoren genutzt werden soll. Da das Gas eine Temperatur von vielen Millionen Kelvin hat, muss dieses Plasma in einem »magnetischen Käfig« gehalten werden. Ein Stellarator schließt das Plasma in einem ausschließlich durch äußere Spulen erzeugten Magnetfeld ein. Damit das Plasma über eine gewisse Zeit stabil bleibt, hat das Magnetfeld eine relativ komplizierte Form, die sich in der Spulengeometrie niederschlägt. Der Stellarator Wendelstein 7-AS wurde von 1988 bis 2002 vom Max-Planck-Institut für Plasma-physik in Garching betrieben. Derzeit wird der Nachfolger Wendelstein 7-X in Greifswald gebaut und voraussichtlich 2011 in Betrieb gehen.

Umwelt

WÄRMERÜCKGEWINNUNGSGERÄT GENVEX 315 WP, 1992

Zimmermann GmbH & Co KG, Siegen
Drei Viertel der von Privathaushalten verbrauchten Energie wird zur Raumheizung eingesetzt. Durch Wärmedämmung und intelligente Nutzung kann hier besonders viel Energie eingespart werden. Wärmerückgewinnungsgeräte entnehmen der verbrauchten Raumluft Wärme und heizen damit die frische Zuluft auf. Dadurch wird der größte Teil der Wärmeenergie aus der Abluft wieder für die Raumheizung genutzt. Der Einsatz dieser Geräte setzt aber die automatische Be-

entlüftung aller heizbaren Räume voraus. Das Herzstück des abgebildeten Gerätes ist der große Wärmetauscher aus Aluminium, in dem sich die Wege der Zuluft und der Abluft überkreuzen. Er wird durch eine Wärmepumpe ergänzt, die sich bei einer Frischlufttemperatur unter 8 °C zuschaltet.

Neue Energietechniken

BRENNSTOFFZELLE SFC A 25, 2003

(derzeit im Depot)



Eine Brennstoffzelle erzeugt elektrischen Strom aus der chemischen Reaktionsenergie eines kontinuierlich zugeführten Brennstoffes und eines Oxidationsmittels. 2003 stellte das Münchner Start-up-Unternehmen Smart Fuel Cell AG mit dieser sog. Direkt-Methanol-Brennstoffzelle die erste serienmäßig hergestellte mobile Stromquelle dieses Typs für den Privatkundenmarkt vor.

Luftfahrt

SCHUBKAMMER DES RAKETENTRIEBWERKS VULCAIN DER ARIANE-5-TRÄGERRAKETE

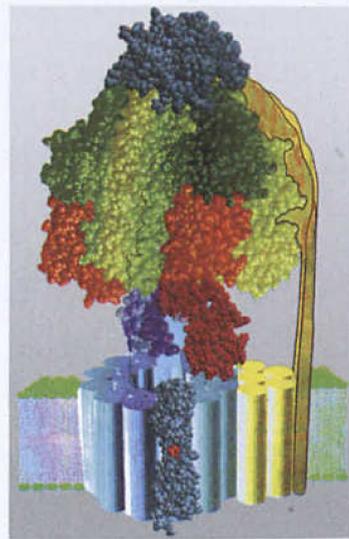
Die VULCAIN-Schubkammer ist das Herzstück des Hauptantriebs der ARIANE-5-Trägerrakete. Das Exponat ist mit ca. 2,4 Mill. kW der leistungsstärkste Motor, der im Deutschen Museum ausgestellt ist. VULCAIN liefert nach dem Ausbrennen der Feststoffbooster fast 8 Minuten lang die alleinige Schubkraft für die ARIANE 5. In einer Sekunde verbrennen 309 kg flüssiger Sauerstoff und Wasserstoff bei etwa 3000 °C in der Schubkammer zu Wasserdampf, der die Düse mit über 4000 m/s verlässt.

Zentrum Neue Technologien

REGENERATIVE ENERGIE

FÜR DIE ZELLE

Das abgebildete Eiweißmolekül – ATP-Synthase genannt – ist ein elektrochemischer



Generator in der Größe von einigen milliardstel Millimetern und sorgt dafür, dass Lebewesen der »Treibstoff« nicht ausgeht: In allen Organismen, von der Bakterie bis zum Menschen,

dient ATP (Adenosintriphosphat) als universeller Energiestoff. Alle Prozesse, die Energie benötigen, etwa Bewegung, aufbauender Stoffwechsel oder Denkprozesse, sind an die Energie liefernde Spaltung des ATP gekoppelt. Die ATP-Synthasen bilden dann aus den Bruchstücken ADP (Adenosindiphosphat) und Phosphat wieder ATP: Als Energiequelle nutzen sie dafür – wie ein Wasserkraftwerk – ein Gefälle, hier von geladenen Teilchen (Ionen), das durch energieliefernde Prozesse wie die Atmung oder die Photosynthese zwischen zwei durch eine Biomembran getrennten Räumen entsteht. Die geladenen Teilchen strömen mit dem Konzentrationsgefälle durch den in der Membran verorteten Teil der ATP-Synthase hindurch und versetzen ihn dadurch in eine Rotationsbewegung. Die Rotation bewirkt im oberen Teil der ATP-Synthase eine Formveränderung: Diese »zwingt« die dort eingelagerten Bruchstücke ADP und Phosphat wieder zu ATP zusammen.

Das Zentrum Neue Technologien (ZNT), das 2008 eröffnet werden soll, wird solchen »molekularen Maschinen« einen eigenen Bereich widmen: Bewegliche Modelle werden ihren Aufbau und ihre Arbeitsweise veranschaulichen, und es werden die wissenschaftlichen Instrumente und Methoden vorgestellt, mit denen Forscher die Erkenntnisse gewinnen konnten.

Autoren: Karl Allwang, Dr. Frank Dittmann, Dr. Klaus Freymann, Dr. Bettina Gundler, Dr. Birte Hauser, Dr. Sabine Gerber-Hirt, Dr. Matthias Knopp, Dr. Christian Sichau



Weißt du zum Beispiel, was eine Turbine ist? Wenn es ums Thema »Energie« geht, fallen immer wieder bestimmte Begriffe. Ich habe nachgeschlagen, was genau damit gemeint ist.

TURBINE



Vorbild für die Turbine ist das Wasserrad. Mit Wasserrädern kann die Kraft von fließendem

Wasser genutzt werden. Das Wasser bringt das Rad zum Drehen und mit dieser Bewegung kann beispielsweise das Mahlwerk in einer Mühle angetrieben werden. In Kraftwerken ist die Turbine mit dem Generator zur Stromerzeugung verbunden. Dabei kann sie aber nicht nur von einer Flüssigkeit in Drehung versetzt werden, sondern auch von Gasen oder Wasserdampf, wie zum Beispiel in Kohle- oder Atomkraftwerken. Hier wird Wasser durch ein Feuer (Kohlekraftwerk) oder den Zerfall von Atomen (Atomkraftwerk) erwärmt und in Wasserdampf verwandelt. Dieser steht unter großem Druck und wird dann auf die Turbine geleitet. Wie groß die Kraft von Wasserdampf ist, kannst Du sehen, wenn in einem Topf mit Deckel Wasser zum Kochen kommt. Irgendwann lässt der Wasserdampf den Deckel hüpfen.

GENERATOR



Ein Generator ist so etwas wie ein großer Fahrraddynamo. Die drehende Bewegung der Turbine wird hier in Strom umgewandelt. Dass eine Drehbewegung Elektrizität erzeugen kann, stellte Werner von Siemens fest, als er 1866 das elektrodynamische Prinzip entdeckte.

FOSSILE ENERGIETRÄGER



Das sind Stoffe, die schon vor langer Zeit entstanden sind und einen hohen Energiegehalt haben. Die wichtigsten sind Erdöl und Steinkohle. Ihr Vorteil liegt darin, dass in einem Kraftwerk die gespeicherte Energie durch Verbrennen sehr leicht gewonnen werden kann. Ihr Nachteil ist, dass dabei Kohlenstoffdioxid entsteht, das die Erde immer mehr erwärmt. Zudem werden fossile Energieträger irgendwann aufgebraucht sein.



REGENERATIVE ENERGIEN

Das sind Energieformen, die nicht aufgebraucht werden können. Die bekanntesten sind die Windenergie, die Wasserkraft, das Sonnenlicht und die Sonnenwärme. Aus ihnen kann mittels Windrädern, Wasserkraftwerken oder Solarzellen Strom gewonnen werden, dabei entsteht kein Kohlenstoffdioxid. Sie werden aber die fossilen Energieträger in unseren Regionen wahrscheinlich nicht vollständig ersetzen, da sie entweder zu viel Platz benötigen oder die Sonne hier zu wenig scheint.



ATOMKRAFTWERKE

In Atomkraftwerken wird mit Hilfe von Uran oder Plutonium Elektrizität gewonnen. Uran und Plutonium bestehen aus so großen Atomen, dass diese leicht zerfallen. Dabei wird Energie freigesetzt, doch zudem entsteht radioaktive Strahlung. In Atomkraftwerken entsteht kein Kohlenstoffdioxid und die weltweiten Uranvorkommen würden unseren Energiebedarf sehr lange decken. Dafür fallen in Atomkraftwerken Abfallstoffe an, die radioaktiv sind und damit gefährlich für den Menschen. Da die Abfallstoffe viele tausend Jahre

radioaktiv strahlen, ist bis heute nicht klar, wo sie endgültig gelagert werden sollen. Deswegen gibt es in Deutschland heute ein Gesetz, das die Abschaltung aller Atomkraftwerke vorschreibt.

Surftipps

Physikalisches Spielzeug

<http://www.schilbe.de/archiv/Spielzeug.htm>

Nachrichten, Versuche, Abituraufgaben

<http://www.physiktreff.de/http://www.schilbe.de/archiv/Spielzeug.htm>



Vom Plankton zum Energieträger

Warum Erdöl nur an bestimmten Orten der Erde entstehen konnte.

Erdöl ist heute weltweit der wichtigste Energieträger. Nach seiner Gewinnung wird es in Raffinerien zu verschiedenen Produkten weiterverarbeitet, die unsere Welt in Gang halten: Benzin und Diesel, die aus ihm gewonnen werden, lassen Autos fahren. Kerosin treibt die Düsenjets an. In Kraftwerken wird aus schwerem Heizöl elektrischer Strom hergestellt, der wiederum Maschinen, Computer oder die Eisenbahn zum Laufen bringt. Und in vielen Häusern wird im Winter mit leichtem Heizöl die Wohnung geheizt. Daneben ist Erdöl auch der Rohstoff für Kunststoffe. Weil Erdöl so wichtig für die Wirtschaft ist, spielt es eine zentrale Rolle im Welthandel. Dabei gibt es nur bestimmte Regionen mit großen Ölvorkommen. Die größten befinden sich in Saudi Arabien, im Iran und im Irak. Wie lange die weltweiten Erdölvorräte noch reichen, ist unklar. Die Schätzungen darüber gehen weit auseinander. Zudem ist es schwierig zu bestimmen, wie hoch der Energiebedarf, und damit der Bedarf an Erdöl, aller Menschen in Zukunft sein wird. Doch je mehr die Nachfrage steigt und die Vorräte abnehmen, um so höher wird sein Preis werden.

VERBORGEN UNTER DER »ERDÖLFALLE« Die Frage, warum es Erdöl nicht überall auf der Welt gibt, ist eng verbunden mit der Entstehungsgeschichte des Rohstoffes. Vor rund 350-400 Millionen Jahren, also ungefähr 100 Millionen Jahre, bevor die ersten Dinosaurier auftauchten, bestand der größte Teil der Erdoberfläche noch aus Wasser.

Starben Meereslebewesen (hauptsächlich Plankton und Bakterien), dann setzten sich deren Überreste am Meeresboden ab. Hinzu kamen abgestorbene Landpflanzen, die ins Wasser geschwemmt wurden. Mit der Zeit bedeckte eine neue Gesteinsschicht diese Überreste von Tieren und Pflanzen. Bakterien verwandelten die Überreste in einen

Stoff namens »Kerogen«. Das Kerogen steckte in einer Schicht fest und konnte weder auf- noch absteigen.

Genannt wird diese Schicht »Erdölmuttergestein«, da hier Erdöl entstehen konnte. Dies geschah, wenn der Meeresboden absank. Denn dann wurde das Kerogen durch die steigende Temperatur zu Erdöl und Erdgas abgebaut.

Diese waren in der Lage, durch das poröse Gestein nach oben zu steigen und zwar so lange, bis sie auf eine undurchlässige Schicht trafen. Unter

solch einer Gesteinsschicht, die Erdölfalle genannt wird, sammelten sich Erdgas und Erdöl. Da die Entstehung der

Ölfelder von so vielen Umständen abhängig ist, sind sie eben nur an wenigen Orten zu finden.

Plankton

Plankton (von griechisch – das Umherirrende) ist die Bezeichnung für die frei im Wasser treibenden und schwebenden Organismen.

Die kleinsten Formen sind Bakterien, von denen bis zu zwei Millionen in einem Teelöffel Wasser Platz haben.

www.planet-wissen.de

Unter dieser Webadresse findest du Wissenswertes zum Thema Energie (Suchbegriff eingeben!), aber auch zu vielen anderen Themen aus Naturwissenschaft und Technik.

Strom für alle!

Das Walchenseekraftwerk

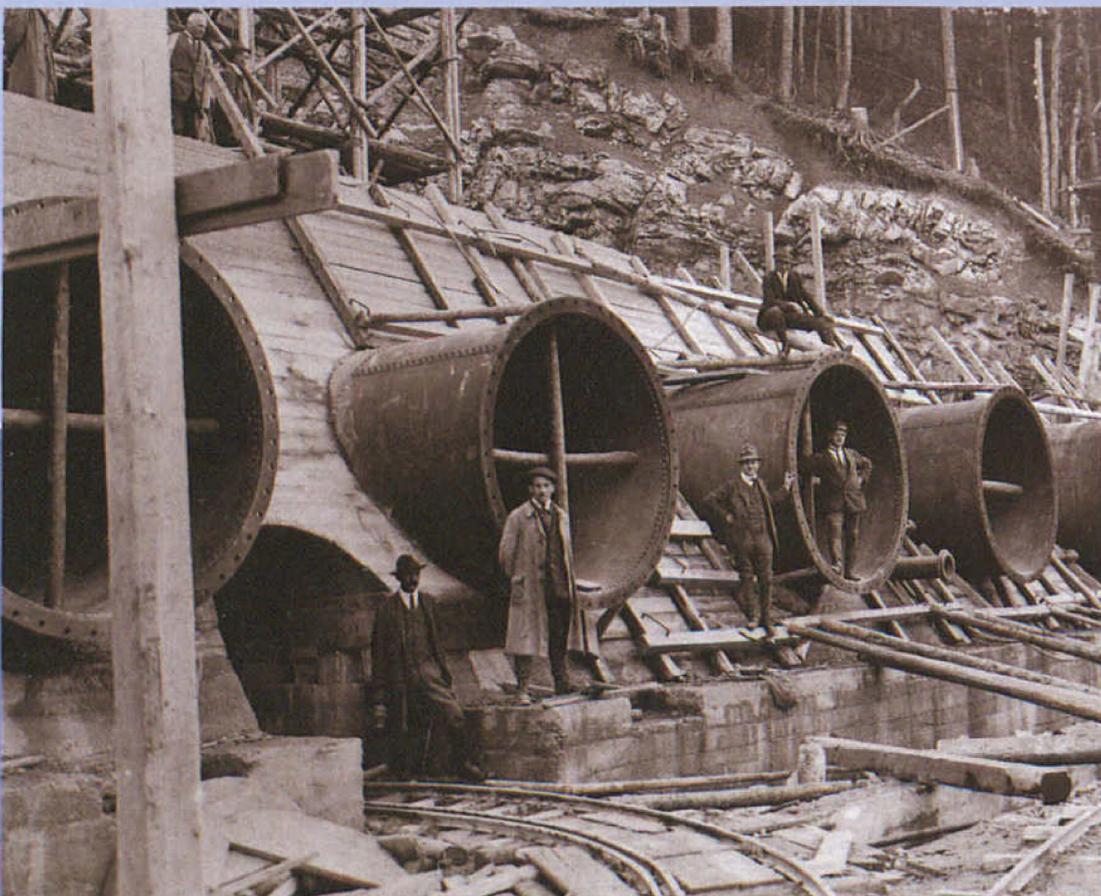
Seit Ende des 19. Jahrhunderts wurde die Stromversorgung zunehmend vorangetrieben. Anfangs versorgten Kohlekraftwerke die Straßenbeleuchtungen, Straßenbahnen oder größere Unternehmen mit Elektrizität. Diese Kraftwerke lagen mitten in den Städten, weil Strom über weite Strecken nur mit großen Verlusten transportiert werden konnte. Oskar von Miller, ein Ingenieur aus München und späterer Gründer des Deutschen Museums, fand jedoch eine Möglichkeit, wie weite Wege mit nur geringen Verlusten überbrückt werden konnten: Er erhöhte die Spannung des Stroms beim Transport. So konnten Kraftwerke auch außerhalb der Städte gebaut werden. Und man konnte andere Energieträger nutzen, wie die Wasserkraft von Flüssen. Bald entstanden viele unabhängige Elektrizitätswerke, die kleine Regionen oder einzelne Städte versorgten.

ZWEI SEEN VERBUNDEN. Schon kurz nach 1900 gab es Pläne für ein Kraftwerk am Walchensee. Da Bayern keine Stein- oder Braunkohle besaß, um Strom zu erzeugen, wollte man sich die Wasserkraft zunutze machen. Aber wie kann man Strom an einem See erzeugen? Oskar von Miller nutzte die günstige Lage zweier Seen: Der Walchensee liegt 200 Meter über dem Kochensee. Noch heute stürzt das Wasser in sechs Röhren in die Tiefe und treibt mit dieser Kraft die Turbinen an. Oskar von Miller wollte am Walchensee zwei ihm sehr wichtige Ideen in die Realität umsetzen. Da war zum einen die Idee eines »sozialen Stroms«: In jeder Wohnung sollte Strom verfügbar sein, um damit vor allen Dingen Licht zu erzeugen. Zu jener Zeit gab es in den Wohnungen nur Petroleumlampen. Deren Ruß verschlechterte die Luft-



Durch sechs Rohre stürzt das Wasser vom hoch gelegenen Walchensee in die Tiefe, und treibt so die Turbinen des Kraftwerks an.

qualität. Miller wollte außerdem das Handwerk und die kleinen Betriebe fördern, indem er zum Stromanschluss zusätzlich günstige Motoren anbot. Damit konnten kleine Unternehmen ihre Maschinen antreiben. Durch die stark gewachsene Industrie hatten sie viel Kundschaft verloren, doch mit den Elektromotoren waren sie in der Lage, ihre Produktion zu steigern und wieder konkurrenzfähig zu werden. Die andere Idee, die von Miller mit diesem Kraftwerk verfolgte, war eine landesweite Stromversorgung. Bisher gab es überall einzelne Kraftwerke, die unabhängig voneinander arbeiteten und oft in Privatbesitz waren. Oskar von Miller wollte ein landesweites Stromnetz in öffentlicher Hand. Mit dem Walchenseekraftwerk wurden all diese Ideen umgesetzt. Es gab Strom für alle, das Bayernwerk wurde gegründet, das ein landesweites Stromnetz betreute, und die Bahn konnte elektrifiziert werden. Heute sind diese drei Dinge für uns selbstverständlich, sie nahmen aber ihren Anfang im Kraftwerk am Walchensee. Noch heute zählt das Walchenseekraftwerk zu den größten Speicherkraftwerken in Deutschland, das jährlich rund 1,24 Megawatt Strom produziert. Einen Teil davon auch weiterhin für die Bahn. Heute ist das Kraftwerk auch zum Ausflugsort geworden. Ein kleines Besucherzentrum gibt Auskunft über Wasserkraft und die Geschichte des Kraftwerks.



KWG Walchensee, Altjoch 21, 82431 Kochel

Tel (08851)77-225; Fax (08851)77-298

Eintritt frei; geöffnet täglich 9 bis 17 Uhr; Führungen von Gruppen nach Voranmeldung (kostenpflichtig)

Am 1. September 1922 wurde dieses Foto aufgenommen: Es zeigt die Baustelle während des Betonierens der Sicherungsmauer für die Rohre des Walchenseekraftwerks.

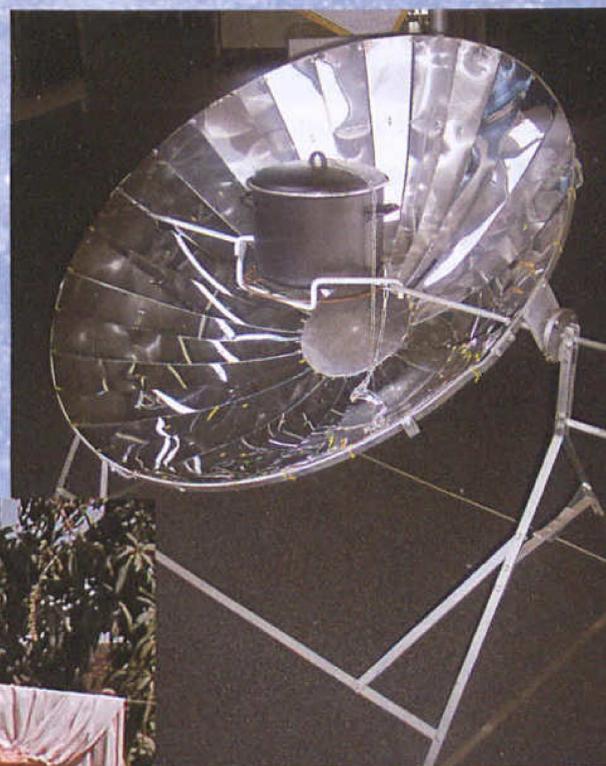
Im Deutschen Museum zu besichtigen

Solarkocher SK12

Mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung setzt zum Kochen Holz, Ernterückstände oder Rinderdung ein. Damit schrumpfen vor allem in den Entwicklungsländern die Waldbestände und der Dünger fehlt in der Landwirtschaft. Solarkocher sollen dieses Problem beheben, da man zum Kochen nur noch die Sonne braucht. Dieser Kocher gleicht einer Satellitenschüssel. Wird er von der Sonne angestrahlt, dann bündelt er alle Sonnenstrahlen in einem Punkt, dem sogenannten Brennpunkt. Diese Stelle wird sehr heiß. Bringt man an dieser Stelle einen Topf an, so kann dieser erhitzt und zum Kochen verwendet werden. Der SK12 schafft es, drei Liter Wasser in 30 Minuten zum Kochen zu bringen.

Die Geräte können jedoch nicht von den Betroffenen selbst hergestellt werden, sondern müssen aus den reichen Ländern eingeführt werden. Zudem darf beispielsweise in muslimischen Ländern während des Fastenmonats Ramadan nicht bei Tageslicht gegessen werden. In dieser Zeit kann ein Solarkocher also nicht verwendet werden. Ein anderes Problem stellt in vielen Ländern die Arbeitsverteilung zwischen Mann und Frau dar. Während das Kochen als typische Frauenarbeit gilt, ist der Aufbau des Kochers eine technische Tätigkeit, die dem Mann zufällt. Trotz all dieser Schwierigkeiten versuchen viele Entwicklungshilfeorganisationen, die Solarkocher in Afrika zu verbreiten.

Im Deutschen Museum findest du den Solarkocher SK12 in der Abteilung »Neue Energietechnik«.



Der SK12 kann drei Liter Wasser in 30 Minuten zum Kochen bringen.



Belastung oder Chance?

Welche Klima- und Energiepolitik brauchen wir in Deutschland?

Kultur & Technik fragte Energieexperten und Politiker.

Bis spätestens 2020 sollen Industriestaaten wie Deutschland ihre CO₂-Emissionen um 40 Prozent reduzieren. Wie aber soll der deutsche Beitrag zum Klimaschutz konkret aussehen? Wie sorgen wir dafür, dass uns die Energieressourcen nicht in wenigen Jahrzehnten ausgehen? Wie stellen wir sicher, dass die weltweit immer knapper werdenden Ressourcen aufgrund der steigenden Nachfrage nicht unbezahlbar für uns werden?

Die Interviews führte **Andrea Bistrich**

ANDRÉE BÖHLING

Energieexperte für Greenpeace Deutschland

www.greenpeace.de



Der Klimakollaps wird nur dann zu verhindern sein, wenn wir in den nächsten 10 bis 15 Jahren insbesondere unsere Energieversorgung umstellen auf maximalen Klimaschutz. Weltweit

muss dafür gesorgt werden, dass die Temperaturerhöhung gegenüber der vorindustriellen Zeit ein Niveau von plus zwei Grad Celsius nicht überschreitet. Das erfordert eine drastische Reduktion klimaschädigender Treibhausgase wie das CO₂. In Industriestaaten wie Deutschland müssen die Treibhausgase bis zum Jahre 2020 um etwa 40 Prozent gegenüber 1990 und bis 2050 um sogar 80 Prozent reduziert werden.

Das ist eine große Herausforderung, aber wir können es schaffen, wenn wir in Deutschland und in anderen Ländern auf die modernsten Technologien setzen, die uns bereits heute zur Verfügung stehen: In der Stromerzeugung sind das vor allem erneuerbare Energien, Kraft-Wärme-Kopplung und hocheffiziente Gaskraftwerke statt unsicherer und ineffizienter Atom- und Kohlekraftwerke.

Den Energieverbrauch müssen und können wir zudem deutlich reduzieren, indem wir auf Niedrigenergiehäuser, energiesparende Elektrogeräte, 3-Liter-Autos, moderne Motoren und Antriebe in der Industrie etc. setzen. Auch der einzelne Verbraucher muss viel bewusster als bisher auf seinen Energieverbrauch achten. Damit all dies geschieht, muss die Politik deutlicher für eine klimaschonende Wirtschaftsweise eintreten. Auch hier kann jeder seinen Wahlkreisabgeordneten in die Pflicht nehmen!

Wir müssen den Verbrauch von Ressourcen wie Erdöl, Gas, Kohle, Uran etc. deutlich reduzieren, indem wir verstärkt auf nachwachsende Rohstoffe oder andere erneuerbare Energien zurückgreifen, und zugleich den Verbrauch dieser Ressourcen insgesamt durch moderne Technologien verringern. Wir werden es uns bei einer wachsenden und sich entwickelnden Weltbevölkerung zukünftig nicht mehr leisten können, beispielsweise Mineralöl in 10- bis 20-Liter-Autos oder in schlecht gedämmten Wohnungen zu vergeuden, während wir diesen Grundstoff ebenso dringend für die Herstellung von Medikamenten oder Ähnlichem benötigen. Die Möglichkeiten umzusteuern sind da, wir müssen sie nur konsequent anwenden: Das Potenzial der erneuerbaren Energien ist so groß, dass sie langfristig, etwa in den nächsten 50 bis 100 Jahren, unse-

re gesamte Energieversorgung (inklusive Verkehr) sicherstellen können. Gleichzeitig können wir unseren Ressourcenverbrauch in den nächsten Jahren etwa um den »Faktor Vier« reduzieren, ohne Wohlstandsverluste zu erleiden, wenn wir dazu bereit sind.

DR. WOLFRAM KREWITT

Abteilungsleiter Systemanalyse und Technikbewertung, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Technische Thermodynamik

www.dlr.de/tt/system



Durch die Mobilisierung der Effizienzpotenziale und den weiterhin konsequenten Ausbau erneuerbarer Energien können die CO₂-Emissionen in Deutschland bis 2050 um ca.

80 Prozent (gegenüber 1990) gesenkt werden. Voraussetzung für eine solche Entwicklung sind sowohl technische als auch gesellschaftliche Innovationen – und hier kommt es in der Tat auf die nächsten 10 Jahre an. Leider wird Klimaschutz vor allem als Belastung statt als Chance verstanden. Dabei werden die deutschen Instrumente zur Förderung erneuerbarer Energien (EEG) inzwischen weltweit

kopiert. Der globale Markt für Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energie gehört zu den am schnellsten wachsenden Märkten überhaupt. Durch eine zukunftsorientierte energiepolitische Weichenstellung kann Deutschland klimapolitische Verantwortung übernehmen und sich gleichzeitig für die Weltmärkte von morgen vorbereiten.

Da uns auf der Erde ein riesiges Angebot unerschöpflicher Energieströme aus Sonnenenergie, Windenergie, Biomasse, geothermischer Energie und Wasserkraft zur Verfügung steht, das auch unter strengen technischen und ökologischen Kriterien ungefähr sechs- bis zehnmal so groß wie der derzeitige weltweite Bedarf an Endenergie ist, habe ich keine Sorge, dass uns die Energieressourcen ausgehen – wir müssen sie nur richtig nutzen. Die Verfügbarkeit von Öl und Gas kann durch die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien praktisch um Jahrhunderte verlängert werden.

Wir sollten nicht vergessen, dass der Preis, den wir heute für Energie bezahlen, nur einen Teil der wirklichen Kosten abdeckt. Die volkswirtschaftlichen Kosten der Umweltverschmutzung, des Klimawandels oder der Ressourcenverknappung – sogenannte externe Kosten – werden nicht berücksichtigt, daher spricht Sir Nicholas Stern in seinem Bericht zum Klimawandel vom »größten Marktversagen, das es je gab«. Mit vergleichsweise niedrigen gesellschaftlichen Vorleistungen für den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien können wir heute sicherstellen, dass uns morgen Energie zu bezahlbaren Preisen zur Verfügung steht.

Die großen Solarressourcen der Länder des »Südens« bieten die Chance für neue strategische Energiepartnerschaften mit dem »Norden«, die beiden Seiten Perspektiven für eine gesellschaftliche Entwicklung eröffnet. Eine Diversifizierung der Versorgung mit erneuerbaren Energiequellen wird die Sicherheit der Energieversorgung verbessern. Solarstrom aus der Wüste kann den Import von Öl und Gas ersetzen und Entwicklungsperspektiven für den Süden schaffen.

JOSEF GÖPPEL

Bundestagsabgeordneter der CSU im Wahlkreis Ansbach-Weißenburg-Gunzenhausen, Vorsitzender des Umweltausschusses der CSU in Bayern, Vorsitzender des Deutschen Verbandes für Landschaftspflege und des Landschaftspflegeverbandes Mittelfranken

www.goepfel.de



Die Debatte über die Folgen des Klimawandels hat in Deutschland in den vergangenen Wochen durch verschiedene ökonomische Gutachten, unter anderem durch den Bericht des früheren Weltbank-Chefökonom Nicholas Stern für die britische Regierung, eine neue Dynamik bekommen. Er belegt eindringlich, dass Nichtstun bereits in wenigen Jahren mehr kostet als aktiver Klimaschutz und außerdem zu massiven Wohlstandseinbrüchen führt.

Die britische Regierung strebt daher an, den Ausstoß von klimaschädlichen Gasen europaweit bis 2020 um 30 Prozent zu senken. Das entspricht auch der Linie der Bundesregierung. Die Energie-Enquete-Kommission des Bundestages empfahl schon vor einigen Jahren, dass die Treibhausgasemissionen in Deutschland bis zum Jahre 2020 um 40 Prozent reduziert werden müssen. Die Koalitionsfraktionen haben sich diesem Ziel jetzt angeschlossen.

Ich komme gerade von der Klimakonferenz aus Nairobi zurück. Es fiel auf, wie sehr in Afrika, Asien und Südamerika auf Deutschland geschaut wird. Viele orientieren sich an dem, was Deutschland tut. Wir haben auf diesem Gebiet einen guten Namen in der Welt.

Die Quintessenz ist für mich, auf nationaler und regionaler Ebene das zu tun, was möglich ist, ohne auf formelle internationale Vertragsabschlüsse zu warten. Wir müssen selbst unsere Hausaufgaben machen.

Die fossilen Ressourcen sind endlich. Wir haben nur die Möglichkeit, Energie einzusparen und zunehmend auf regenerative Energien umzusteigen. Die zentrale Herausforde-

rung der Zukunft wird daher sein: Wie können wir mit 20 Prozent des heutigen Energie- und Ressourcenverbrauchs gleich gut oder vielleicht sogar besser leben? Durch weitere Effizienzgewinne muss auch der absolute Energieverbrauch künftig sinken. Das Ziel der Koalitionsvereinbarung, bis 2020 eine Verdopplung der Energieproduktivität gegenüber 1990 zu erreichen, wurde jüngst auf dem Energiegipfel noch einmal bekräftigt. Der intelligente Umgang mit Energie soll bei uns z.B. im Rahmen eines europäischen Top-Runner-Programms neue Impulse erhalten. Die energetischen Standards eines Produktes setzt dann immer der Beste!

Trotz der derzeitigen Entspannung auf den internationalen Energiemärkten sollte langfristig niemand davon ausgehen, dass die Energiepreise wieder sinken. Ein Vier-Personen-Haushalt zahlt bereits heute schon für seine Stromrechnung rund 650 Euro im Jahr. Wenn dieser Haushalt nun eine energiesparende Beleuchtung und sparsame Elektrogeräte einsetzt und dazu jeden Stand-by-Betrieb vermeidet, können nach Berechnungen der Deutschen Energie-Agentur (dena) 230 bis 290 Euro im Jahr eingespart werden.

Nur durch den Umstieg auf heimische, erneuerbare Energien können wir die Importabhängigkeit mit all ihren Risiken verringern. Im Koalitionsvertrag wurde deshalb vereinbart, die Marktpotenziale erneuerbarer Energien im Wärmebereich – heute nur 5,4 Prozent – besser zu erschließen und den Anteil der Erneuerbaren am gesamten Energieverbrauch bis 2020 auf 10 Prozent zu steigern.

Mit der Aufstockung des Marktanziehlprogramms um 39 Millionen Euro von 174 auf 213 Millionen Euro setzten die Koalitionsparteien ein klares Signal zur stärkeren Förderung der erneuerbaren Energien im Wärmebereich. Das sichert Arbeitsplätze im örtlichen Bauhandwerk und schon das Klima sowie den eigenen Geldbeutel. Seit Beginn des Programms wurde so ein Investitionsvolumen von rund 5,8 Milliarden Euro ausgelöst. Rund 80 Prozent der Mittel gehen derzeit nach Bayern und Baden-Württemberg.

Wichtig ist auch der globale Risikokapitalfonds zugunsten der Entwicklungsländer, den

die EU-Kommission auflagt, um Energieeffizienz und erneuerbare Energien stärker zu fördern. Dieser Globale Dachfonds für Energieeffizienz und erneuerbare Energien (GEEREF) wird den Transfer, die Entwicklung und den Einsatz umweltfreundlicher Technologien beschleunigen und damit zu einer sicheren Energieversorgung für die Menschen in den ärmeren Teilen der Welt beitragen. Die EU-Kommission hatte ihn mit 80 Millionen Euro ausgestattet; die Bundesregierung hat das in Nairobi aufgegriffen und hat 24 Millionen Euro zusätzlich dafür bereitgestellt. Auch das ist konkrete Friedenspolitik.

DR. HERMANN SCHEER

SPD, Mitglied des Deutschen Bundestags, Präsident von EUROSOLAR, Vorsitzender des Weltrats für Erneuerbare Energien (World Council for Renewable Energy, WCRE), Vorsitzender des Internationalen Parlamentarier-Forums Erneuerbare Energien, wissenschaftlicher Publizist und Autor, Alternativer Nobelpreis (Right Livelihood Award) 1999, Weltsolarpreis 1998, Weltpreis für Bioenergie 2000, Weltpreis für Windenergie 2004

www.hermannscheer.de



Nur mit einem vollkommenen Umstieg weg von den fossilen und atomaren Energieträgern auf erneuerbare Energien kann ein nachhaltiges und damit ein für die Menschheit

überlebensfähiges Energiesystem geschaffen werden. Allen Beteiligten – von der Politik über die Wirtschaft bis hin zur Wissenschaft – ist in der Analyse bewusst, dass die bisherige Form der Energiegewinnung und -erzeugung nicht nachhaltig ist. Doch trotz dieser gemeinsamen Erkenntnis fehlt bei den Akteuren der gemeinsame Wille zum Umsteuern; zahlreiche Widerstände verzögern immer noch die radikale und sofortige Umsetzung der nötigen Schritte für einen Ein- und Umstieg auf ein auf erneuerbaren Energien basierendes Energiesystem. Dabei ist aber allen bewusst, dass durch die Steigerung der

Energieeffizienz und die Vermeidung von unnötigem Energieverbrauch auch die Kosten für die Energieerzeugung und -bereitstellung gesenkt werden können.

Die Strategie für einen Umstieg auf erneuerbare Energien liegt in einer ambitionierten Politik in den Bereichen Strom, Wärme und Treibstoffe. Der bisher äußerst erfolgreiche Ausbau erneuerbarer Energien im Strombereich durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) muss verstetigt und sogar weiter forciert werden – dann ist es sogar möglich, dass schon bis zum Jahre 2030 die Stromversorgung in Deutschland allein auf erneuerbaren Energien fußt. Im Gebäudebereich müssen verlässliche Rahmenbedingungen für den Ausbau einer eigenen Industrie geschaffen werden, mit deren Hilfe die industrielle Massenfertigung und damit verbundene Preisreduktionen geschaffen werden können. Gleichzeitig muss das Solare Bauen der zentrale Standard bei der Errichtung von Gebäuden werden. Im Verkehrssektor ist mit einer Zwei-Wege-Strategie die eingeschlagene Weg-vom-Öl-Strategie zu forcieren: Sowohl über die Beimischung von Biokraftstoffen zu herkömmlichen fossilen Kraftstoffen als auch über die Reinverwendung von Biokraftstoffen in Speditions- und Fahrzeugflotten muss die massenhafte Verbreitung von biogenen Kraftstoffen vorangebracht werden. In allen drei Bereichen ist diese Erneuerbare-Energien-Strategie eng gekoppelt mit einer Strategie der Energieeffizienz, also der effizienten Nutzung der Endenergien.

Gleichzeitig muss die Verbreitung der Erneuerbaren-Energien-Technologien und der relevanten Erneuerbare-Energien-Politiken (»best practise«) international forciert werden. Neben der Schaffung von Finanzinstrumenten, die ideal auf die Besonderheiten erneuerbarer Energien angepasst sind, ist auch die Frage der Aus- und Weiterbildung (»Capacity Building«) in Schwellen- und Entwicklungsländern von entscheidender Bedeutung für den notwendigen Technologietransfer. Mit der Schaffung einer Internationalen Agentur für erneuerbare Energien würde eine internationale Institution geschaffen werden, die die Koordinierung der zum Teil sehr zersplitterten Entwicklungs- und Energiepro-

gramme nationaler, regionaler und internationaler Institutionen voranbringen und somit zu einer optimalen Ausrichtung auf erneuerbare Energien und Endnutzer-Energieeffizienz beitragen kann.

BÄRBEL HÖHN

Mitglied des Bundestags, Stellv. Fraktionsvorsitzende Bündnis 90/Die Grünen im Bundestag, Mitglied im Ausschuss für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

www.baerbel-hoehn.de



Das Erneuerbare-Energie-Gesetz war ein wichtiger Schritt, der Deutschland im Strombereich in Richtung erneuerbare Energien vorangebracht hat. Diese Entwicklung muss

weitergehen und durch ähnliche Anstrengungen im Wärme- und Kraftstoffbereich ergänzt werden. Notwendig ist aber auch mehr Energieeffizienz, um 40 Prozent CO₂-Reduktion bis zum Jahre 2020 zu erreichen. Andere Länder machen es uns vor. Toyota verdient viel Geld mit dem Hybridmotor, der in Deutschland entwickelt wurde. Der Energiepass für Häuser und Wohnungen hätte schon Anfang 2006 eingeführt sein sollen. Das Wärmegesetz hat die Bundesregierung gerade auf Eis gelegt. Der Emissionshandel ist so gestaltet worden, dass die CO₂-Großemittenten Braun- und Steinkohle begünstigt werden, Kraft-Wärme-Kopplung ist dagegen nicht recht verankert.

Neben dem wachsenden Problem der CO₂-Emissionen werden auch die Rohstoffreserven zunehmend knapper. Experten gehen davon aus, dass der Ölpeak schon erreicht wurde, die geförderte Ölmenge also in den nächsten Jahren zurückgehen wird. Gleichzeitig steigt der Bedarf. Kein Bereich ist in Deutschland mit über 90 Prozent so abhängig vom Öl wie der Verkehrsbereich. Japan, Kalifornien und Brasilien machen uns vor, mit welchen Instrumenten ein Umsteuern möglich ist. Eine kluge Kraftstoff-Besteuerung oder der Toprunner-Ansatz sind Beispiele für

wirkungsvolle Lenkungsmaßnahmen. In Brasilien fahren schon jetzt ein Viertel der Autos mit Bioethanol.

Auch die Uranvorkommen stoßen an ihre Grenzen. Das ist neben allen grundsätzlichen Einwänden gegen Atomenergie ein zusätzlicher Grund, warum der Ausbau von Atomkraftwerken keine Lösung unserer Energie- und CO₂-Probleme darstellt. Der richtige Weg heißt: Einsparung, Effizienz und erneuerbare Energien.

70 Prozent der Ölreserven und rund 40 Prozent der Gasreserven liegen in der politisch instabilen Ellipse von den arabischen Ländern bis nach Russland. Auch im Gasbereich gibt es Überlegungen, ähnlich wie mit der OPEC im Ölbereich ein Länderkartell aufzubauen, das den Preis diktiert. Der Trend der Energiepreiserhöhung wird sich aus diesem Grund auch in den nächsten Jahren fortsetzen. Auf der anderen Seite werden damit erneuerbare Energien immer wirtschaftlicher. Einer unveröffentlichten Studie von E.ON zufolge trägt bereits jetzt die Windkraft bei uns zur Energiepreissenkung bei.

In Deutschland muss aber mehr Wettbewerb auf dem Energiemarkt geschaffen werden, denn die Preise werden von den vier großen Anbietern künstlich hochgehalten. Eine warme Wohnung darf nicht zum Luxus werden.

EVA BULLING-SCHRÖTER

Die LINKE, Mitglied des Deutschen Bundestags
www.bulling-schroeter.de



Erstens muss der Energieverbrauch sinken. Wärmedämmung, Verkehrswende und verbrauchsarme Elektrogeräte wären Stichworte. Zweitens ist der Ausbau erneuerbarer Energien

zu beschleunigen. Dafür braucht es, drittens, ökonomischen Druck, aus der klimaschädlichen Kohleverstromung auszusteigen. Hier ist vor allem der Emissionshandel zu reformieren. Schließlich sind die dortigen Zielstellungen bislang zu schwach. Außerdem schaffen Einzelregelungen zu Gunsten der Energie-

konzerne Anreize, neue Kohlekraftwerke zu bauen. Das muss sich schleunigst ändern. Der eben skizzierte Klimaschutzpfad nutzt nicht nur der Erdatmosphäre. Er schützt auch Ressourcen. Die Energiegeschenke der Sonne in all ihren Formen (Strahlung, Wind, Wasserkreislauf oder etwa Biomasse) sind zwar nicht ganz umsonst zu haben, aber vollständig regenerierbar. Auch die Energieeinsparung nutzt nachfolgenden Generationen. Erneuerbare Energien sind außerdem sicher im Betrieb; es werden keine gefährlichen Abfälle für unsere Kinder und Enkel hinter-

lassen, wie es die Atomwirtschaft praktiziert. Übrigens sind AKWs auch deshalb keine Zukunftsoption, weil die weltweiten Uranvorräte in rund 60 Jahren verbraucht sein werden. Atomkraftwerke gehören abgeschaltet, denn das Restrisiko auch für terroristische Anschläge ist nicht zu verantworten. Der Krieg um Energierohstoffe ist bereits Realität, siehe die Golfkriege oder die Konflikte in Nigeria. Insofern ist eine Politik hin zu erneuerbaren Energien, und weg von Kohle, Öl und Gas, auch Friedenspolitik. ■

Anzeige

Mi/Do/Fr/Sa 21. – 24. März 2007

Fortbildung für ErzieherInnen

Kinder wollen wissen

Naturwissenschaftliches Experimentieren und Forschen im Kindergarten für Einsteiger

Erzieherinnen und Erziehern wird von den kleinen „Wissenschaftlern“ oft ein Loch in den Bauch gefragt. Warum ist der Regenbogen bunt? Warum können Fische unter Wasser atmen? Wie funktioniert ein Magnet? Was ist eigentlich Luft? Und, und, und ...

Kinder haben ein unbefangenes Interesse am Experimentieren und Beobachten. Wir möchten Sie dabei unterstützen, dem kindlichen Forscherdrang gerecht zu werden. Dabei soll durch Fachbeiträge und praktische Übungen Neugier angeregt und Basiswissen im Bereich „Naturwissenschaft und Technik“ vermittelt werden. Wir laden ein, mit Spaß und Spannung zu forschen und zu experimentieren und die Erfahrungen im Kindergartenalltag umzusetzen.

Drei Übernachtungen (Etagen-WC/Dusche) inkl. Frühstück, Seminargebühren, Material und Museumseintritt: 205 Euro (EZ)/195 Euro (DZ). Kosten ohne Übernachtung: 160 Euro. Anmeldung erforderlich bis spätestens 15. Februar 2007.

Sie übernachten im Kerschensteiner Kolleg direkt im Deutschen Museum. Die Zimmer sind modern eingerichtet und ruhig gelegen.

Wir empfehlen die Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln.

Information und Anmeldung: Christine Füssl-Gutmann oder Irina Fritz

Tel. +49-(0)89-2179-243 oder -443, Fax +49-(0)89-2179-273

E-Mail: c.fuessl@deutsches-museum.de; i.fritz@deutsches-museum.de

Deutsches Museum, Museumsinsel 1, 80538 München

Deutsches Museum
Kerschensteiner Kolleg

Der Duft von Lavendel

Geschichte und Herstellung von Lavendel- und Lavandinöl

Der echte Lavendel gilt als besonders erlesen. Sein kostspieliges ätherisches Öl wird von der Kosmetikindustrie hochgeschätzt. Das verwandte und in der Herstellung günstigere Lavandinöl hingegen wird vor allem zum Parfümieren von Wasch-, Pflege- und Putzmitteln verwendet.

Von Lucien F. Trueb

Lavendel und Sonne gehören untrennbar zum Image der südfranzösischen Provence. Die blauviolett leuchtenden Lavendelfelder, die sich über weite Teile des Landes erstrecken – im Hintergrund Berge und hier und da eine mittelalterliche Burg – sind längst zum Markenzeichen geworden. Auf fast allen in der Provence verkauften Post-

Chemische Zusammensetzung:

Die beiden Hauptkomponenten des Lavendel- und Lavandinöls sind Linalool oder »freier Alkohol« sowie Linalylacetat oder »Ester«.

DR. LUCIEN F. TRUEB studierte Chemie an der ETH Zürich. Er arbeitete mehr als zehn Jahre lang als Materialwissenschaftler in den USA, bevor er sich dem Wissenschaftsjournalismus zuwandte.

Blauviolette Lavendelfelder sind das Wahrzeichen der Provence.

karten ist Lavendel abgebildet. Wegen des Lavendels bezeichnet man die Provence gerne auch als blaues Land, »Pays bleu«.

LAVENDEL STEHT FÜR SAUBERKEIT.

Der aus dem westlichen Mittelmeerraum stammende Lavendel bevorzugt trockene Standorte im Höhenbereich von 600 bis 1.200 Meter über dem Meeresspiegel. Kälteresistente Sorten findet man auch in den gemäßigten Klimazonen, doch dienen sie wegen ihres nur geringen Gehalts an ätherischen Ölen vorwiegend als dekorative Gartenpflanzen. Allerdings bauten im 17. Jahrhundert nach England geflohene Hugenotten aus der Provence Lavendel im Süden der Insel an. Heute gilt »English lavender« als Qualitätsbegriff. In neuerer Zeit ist der kommerzielle Lavendelanbau in Bulgarien, Moldawien, der Ukraine (Krim) und China für die französischen Produzenten ein echtes Problem geworden.

Lavendel gehört zu den Lippenblütlern und bildet einen bis zu 60 Zentimeter hohen Halbstrauch. Die silbergrau-filzigen, lanzettenartigen Blätter findet man an der Basis eines langen, geraden Stängels, an dessen Ende eine ährenförmige Infloreszenz (sogenannte Scheinähre) mit unter Umständen über hundert, wenige Millimeter lange, blauviolette Blüten entsteht.

Schon im alten Rom schätzte man den Duft des Lavendels. Damals wurden die wilden oder in Gärten wachsenden Blütenstände von Hand gepflückt und vor allem als Bade- und Waschwasserzusatz verwendet. Lavendel verkörpert den Begriff der Sauberkeit; das Wort »Lavendel« leitet sich vom lateinischen »lavare«, also waschen ab. Doch es war ein weiter Weg von der Wildpflanze zum geregelten Anbau. Für die Parfüm- und Kosmetikherstellung und neuerdings auch für die Aromatherapie (Lavendel gilt als Stimulans, das Öl wirkt antiseptisch) werden seit Anfang des 20. Jahrhunderts im südlichen Europa im großen Maßstab zwei Arten von Lavendel angebaut; später kam noch der hybride Lavandin dazu.

LAVENDEL UND LAVANDIN. In Frankreich, Italien und den osteuropäischen Län-



dern dominiert bis auf 1000 Meter über dem Meeresspiegel und darüber die Art *Lavandula angustifolia* Mill (sie wird auch als *Lavandula vera* oder *Lavandula officinalis* bezeichnet, deutsch: Echter Lavendel, französisch: lavande fine). In Spanien andererseits wird fast ausschließlich *Lavandula latifolia* Medicus (man spricht auch von *Lavandula spica*) angebaut. Diese Art kommt wild auch in Südwestfrankreich vor, insbesondere in der Gegend um Montpellier. Man unterscheidet die beiden Arten am zweifach verzweigten Blütenstängel mit sekundären Infloreszenzen, der nur bei *Lavandula latifolia* vorkommt. Der Echte Lavendel weist dieses Merkmal nicht auf, der Stängel ist unverzweigt und trägt nur einen Blütenstand. Die beiden Arten von Wildpflanzen koexistieren an gewissen Standorten, die Bestäubung durch Bienen führte zur Entstehung eines sterilen Hybrids, der als Lavandin bezeichnet wird (*Lavandula angustifolia* X *Lavandula latifolia*). Von der *Lavandula latifolia* hat der Hybrid den verzweigten Stängel und die sekundären Blütenstände geerbt.

Aufgrund des kräftigen Wuchses und des hohen Blütenertrags fiel der Lavandin schon früh auf. Man untersuchte ihn wissenschaftlich erstmals 1927, kultivierte ihn in den 1930er Jahren und vermehrt ihn seither über Stecklinge. Heute werden vier verschiedene Lavandin-Klone kommerziell angebaut, die Sorte »Grosso« dominiert mit 80 Prozent, dazu kommen die deutlich weniger wichtigen Sorten »Abrial«, »Super« und »Sumian«. Das aus den Lavandin-Blüten gewonnene Öl (in Frankreich allein sind es 1.000 Tonnen pro Jahr, was 50 Prozent der Weltproduktion entspricht) ist qualitativ demjenigen aus Echtem Lavendel unterlegen und wird nur selten in die Rezeptur von Parfüms aufgenommen. Es dient vorwiegend zur Parfümierung von Waschmitteln, Putzmitteln und Seife. Für Lavendelwasser, Kölnischwasser, Parfüms – speziell Männerparfüms – sowie Körperpflegemittel und alle pharmazeutischen Anwendungen wird fast immer der Echte Lavendel bevorzugt.

ANBAU IN DER PROVENCE. Rund 2.000 Produzenten bauen in der Provence auf etwa 20.000 Hektar Lavendel und Lavandin an; rund 500 davon sind auf den echten Lavendel spezialisiert. Lavandin bevorzugt Höhen unterhalb von 800 Meter über dem Meeresspiegel, Echter Lavendel wird bis 1200 Meter über dem Meeresspiegel produziert. Am besten gedeihen

Lavendel und Lavandin auf mergelig-sandigen, gut drainierten alkalischen Böden.

Echter Lavendel wird zum Teil aus selektioniertem Saatgut gezogen, wobei man eine große genetische Vielfalt antrifft, insbesondere in Bezug auf Größe und Form der Blütenstände sowie die Blütenfarbe, die von bläulich weiß bis dunkelblau reicht. In neuerer Zeit trifft man auf große Felder von *Lavandula angustifolia* mit völlig einheitlichem Pflanzenbestand und durchwegs dunkelblauen Blüten. Es handelt sich um sorgfältig selektionierte und dann durch Stecklinge vermehrte, klonierte Sorten, aus denen neben Lavendelöl vor allem Trockenblumensträuße und Blüten gewonnen werden. Klonierter Echter Lavendel liefert mit 30 bis 35 Kilogramm pro Hektar etwa doppelt so viel Lavendelöl wie die genetisch unein-

KOMPLIZIERTE MISCHUNG AUS DUFTSTOFFEN

Wie viele andere Naturprodukte, ist Lavendelöl eine sehr komplizierte Mischung von Duftstoffen. Qualitätsbestimmend ist der Gehalt an Estern, vor allem an Linalylacetat, das heißt mit Essigsäure veresterten Linalool; letzteres ist ein vom Octanol abgeleiteter Alkohol. Das französische Lavendelöl enthält je nach Anbauort und Jahr 30 bis 60 Prozent Ester. Dazu kommen 25 bis 45 Prozent freie Alkohole (vor allem Linalool), ein bis drei Prozent Aldehyde und Ketone sowie kleine Mengen bis Spuren von Lactonen (u.a. das nach Waldmeister und frischem Heu duftende Cumarin sowie das Cumarinderivat Methylumbelliferon). Phenole und Terpene (u.a. das zitronenartig riechende Terpinen) beeinflussen ebenfalls die Duftnote. Wichtig sind die Isomere des Ocimens (fünf bis 14 Prozent), das vor allem im Basilikum und im Sellerie vorkommt, sowie das nur mit 0,2 bis 1 Prozent vertretene Cineol, der Hauptbestandteil des Eucalyptusöls. Der Anteil des Camphers sollte möglichst niedrig sein und darf 0,5 Prozent nicht übersteigen. Englischer Lavendel enthält deutlich weniger Linalylacetat (acht bis 18 Prozent), dafür viel Linalool (48 bis 58 Prozent).

Lavandinöl ist durch einen harten, campherigen Lavendelgeruch gekennzeichnet, der u.a. auf den 10-prozentigen Gehalt an Ketonen (darunter Campher und Octanon) und an Terpenen wie Pinen (sechs bis sieben Prozent) zurückzuführen ist; dazu kommen das Sesquiterpen Caryophyllen und Cineol (vier Prozent). Der Gehalt an Linalool liegt zwischen 40 und 50 Prozent, derjenige an Linalylacetat beträgt 24 bis 35 Prozent. Ähnlich zusammengesetzt ist das spanische Lavendelöl, das als Spiköl in den Handel kommt.

heitliche Pflanze, doch ist die Qualität nicht ganz so gut. Das AOC-Siegel (Appellation d'Origine Contrôlée) erhält das Lavendelöl aus klonierten Sorten nicht. Beim Lavandin andererseits erreicht man einen Ölertrag von 100 Kilogramm pro Hektar. Geerntet wird im Juli, und zwar rein maschinell. Der Blütenstand wird mitsamt dem Stängel abgeschnitten, in 10 bis 15 Millimeter lange Stücke zerhackt und in einen Container – den sogenannten Caisson – geblasen. Sobald ein Caisson gefüllt ist, fährt man ihn zur nächsten Wasserdampf-Destillationsanlage, wo ein luftdichter Deckel aufgesetzt und Dampfleitungen angeschlossen werden.



ÄTHERISCHES ÖL.

Über gelochte Rohre im Boden des Caissons wird der Dampf direkt in die Charge injiziert. Das austretende Gemisch von Dampf und Lavandinöl wird in einem wassergekühlten Kondensator bei 60 Grad Celsius verflüssigt. Das Wasser läuft ab, und das obenauf schwimmende, wasserklare und farblose ätherische Öl wird dekantiert und in Stahlfässer abgefüllt. So lässt es sich mehrere Jahre lang lagern. Die ausgelaugten Pflanzen werden auf Halden geschüttet und können zwei Jahre später als Kompost auf den Feldern verteilt werden.

Es gibt in der Provence rund 120 moderne Destillationsanlagen für Lavandin- und Lavendelöl. Die meisten sind als Kooperativen organisiert, sie werden jeweils von einer Gruppe von Produzenten in eigener Regie betrieben und liefern ein qualitativ hochwertiges Produkt. Das war nicht immer so: In alten Zeiten kochte man die geernteten Pflanzen einfach mit Wasser auf einem Holzfeuer in einer Retorte aus Kupfer, der dabei entstehende Dampf riss das ätherische Öl mit. Das heutige Verfahren mit direkter Dampf-injektion in den frisch geernteten Lavendel ist viel schonender, denn die Temperatur ist deutlich niedriger. Frisches Lavendelbeziehungsweise Lavandinöl wird von spezialisierten Händlern eingekauft, die größere Mengen davon auf Lager halten. Durch geschicktes Mischen können sie eine von Jahr zu Jahr weitgehend einheitliche Qualität liefern.

EINE MILLION LAVENDELSTRÄUSSE.

Auf die Produktion von Trockenblumensträußen und Lavendelblüten für Duftsäckchen und Duftkissen haben sich vor allem Produzenten nördlich der Ortschaften Ferrassières und Sault im Departement Vaucluse spezialisiert, nicht zuletzt, um sich gegen die aggressive Konkurrenz osteuropäischer und asiatischer Länder im Bereich des Lavendelöls abzusetzen. Angebaut werden dort Lavendelsorten, die für eine schöne tiefblaue Farbe selektioniert wurden. Die Ernte erfolgt manuell mit der Sichel. Die jeweils rund 80 Blütenstände umfassenden Sträuße werden gleich vor Ort zusammengestellt. In Ställen und Heuschobern hängt man sie mit dem Kopf nach unten an Holzgestellen auf, um sie trocknen zu lassen. Nach etwa einer Woche werden die Sträuße entstaubt und in großen Kartonschachteln provisorisch eingelagert, denn der Markt für Trockenblumen beginnt erst im Spätherbst. Die intensiv blaue Farbe der Blüten bleibt auch lange nach dem Trocknen voll erhalten. In guten Jahren werden in der Provence etwa eine Million Lavendelsträuße produziert. Zum Füllen von Duftsäckchen und Duftkissen werden die Blüten von den Blütenständen maschinell abgestreift und getrocknet. Die losen Blüten verwendet man auch als Zusatz zu Kräutertees oder als Basis für Lavendeltee. Und selbst die Maitres der französischen Küche schätzen die blauviolettten Lavendelblüten – fingerspitzenweise – als Aromaverstärker in Vinaigrettesaucen, Wildgerichten und Desserts. ■■

Trockenblumensträuße aus Lavendel sind aufgrund ihres Duftes sehr beliebt: Er soll beruhigen und reinigen und auf vielfältige Weise heilsam auf den Menschen wirken.



Lavendel wird im Juli geerntet. Die Blüten werden mitsamt dem Stängel abgeschnitten und in einen Container geblasen.

Danksagung: Der Autor dankt Patrick Garnon und Denis Bonsignour (ONIP-PAM, Volx) sowie Michel Blanc (Association des Producteurs de Lavande Fleurs et Bouquets, Ferrassières) für ihre Mitarbeit bei der Vorbereitung dieses Artikels.

Wunderbare Mathematik

Drei unterhaltsame Bücher über die Welt der Zahlen

BEHRENDTS, EHRHARD:

5 Minuten Mathematik – 100 Beiträge der Mathematik-Kolumne der Zeitung »Die Welt«. Vieweg, Wiesbaden 2006. 22,90 Euro

STEWART, IAN:

Die wunderbare Welt der Mathematik. Piper, München/Zürich 2006. 18,90 Euro

GOLDSTEIN, REBECCA:

Kurt Gödel, Jahrhundertmathematiker und großer Entdecker. Piper, München/Zürich 2006. 19,90 Euro

Verblüffen Sie doch einmal Ihre Geburtstagsgäste, indem Sie von jedem irgendeine dreistellige Zahl erbitten und sie zweimal hintereinander aufschreiben lassen, zum Beispiel 651651. Versprechen Sie, dass jeder, der nun die ganze Zahl durch sieben teilt und dabei irgendeinen Rest herausbekommt, entsprechend belohnt werde – mit einem, zwei ... oder sogar sechs Euro. Alle werden begeistert dividieren (vielleicht sich noch schnell eine andere Zahl überlegen) und alle werden enttäuscht immer den Rest Null erhalten.

Dass Mathematik durchaus unterhaltsam sein kann, möchte ich Ihnen im Folgenden mit der Vorstellung von drei Büchern beweisen. Zwei bieten mathematische Knocheleien, Geschichten, tiefsinnige oder auch nur überraschende Scherze, eines ist eine populäre

Biografie eines großen Logikers, vielleicht des größten im 20. Jahrhundert. Sie alle sind für Nichtmathematiker geschrieben – also für Leser und Leserinnen, die Mathematik bisher zu abstrakt, zu wenig unterhaltsam, zu weit weg von ihrem Alltag fanden. Eigentlich gehören wir alle dazu – ausgenommen Mathematiker, Physiker und Ingenieure, die es notwendigerweise geben muss. Ausgenommen auch die Knobelfüchse, Computerfreaks, Schach-Frenetiker und Logikfans, die sich gerne in komplizierte Denkprobleme vergraben und von denen es in unserer komplexen Welt vielleicht mehr geben sollte.



EHRHARD BEHRENDTS

hat seine hundert Beiträge aus der Zeitung »Die Welt« ausführlich überarbeitet, erweitert und durch Bilder ergänzt. Nun er-

fährt man kompakt, dass aus über vier Kilometer aneinandergereihten Skatkarten eine bestimmte angekreuzte Karte herauszufinden, genau einem Sechser im Lotto entspricht. Weiter kann man mit den besagten Skatkarten, vorausgesetzt man hat ein komplettes Spielset – richtig zaubern. Anhand Behrends' Beschreibungen mathematischer Phänomene versteht auch der Laie – wenn Euklids Primzahlenmaschine logisch rattert – warum es unendlich viele dieser Zahlen geben muss, die also nur durch sich selbst und durch eins teilbar sind.

Darüber hinaus erhält der Leser Tipps, dass er beispielsweise seinen Lieferanten wechseln sollte, wann immer fehlerhafte Teile in einer großen Anzahl gleicher gelieferter auftauchen. Und dass Google die wichtigsten Informationen zu jedem Stichwort so erstaunlich gut und prompt liefert, hat natürlich auch etwas mit geschickter Mathematik zu tun.

Vieles kann in solch kurzen Kolumnen natürlich nur angetippt werden. So wird das Problem des Handlungsreisenden: »wie reise ich auf kürzestem Weg hintereinander durch, sagen wir, 40 Städte«, nicht so ganz erleuchtet. Hier empfehle ich gerne – mit Behrends – das exzellente weiterführende und trotzdem spannende Buch Gritzmann/Brandenberg: *Das Geheimnis des kürzesten Weges*.

IAN STEWART hat ebenfalls Zeitschriftenkolumnen zusammengefasst, das schon in mehreren erschienenen Büchern. Hier folgen nun weitere zwanzig – oder sollte ich sagen, »nur zwanzig«, im Gegensatz zu den hundert von Behrends. Dafür sind sie meist ausführlicher; erzählt werden richtige Geschichten, sogar auch Kriminalgeschichten: zum Beispiel, wie Sherlock Holmes am schnellsten einen geheimen unterirdischen Abwasserkanal findet. Auch die Frage, wie viele Arbeiter wohl die Cheopspyramide gebaut haben, ist ein spannendes Rätsel. Manches in diesen Geschichten wirkt vielleicht zu mathematisch verspielt – die Mönche des Perplexer-Ordens müssen zum Beispiel alle exakt gleich schnell denken, sonst klappt die Logik nicht. Im Gegensatz zu Behrends verzichtet Stewart weitgehend auf mathematische Formeln – was jedoch nicht unbedingt gegen Behrends spricht.

Über manches, wie etwa die Markov'sche Kette beim Monopolspiel, würde man auch bei Stewart gerne mehr erfahren. So bleibt es irgendwie ein mathematisches Wunder ...

Geschichten aus der Geschichte der Mathematik finden sich übrigens bei beiden kaum – außer kurzen Anekdoten. Schade! Da ließe sich vieles noch besser würzen – meine ich, als Wissenschaftshistoriker.

Übrigens, wussten Sie, dass das simple Käsekästchen-Spiel der Kinder (wer die meisten Kästchen auf einem Kästchenpapier schließen kann, gewinnt) mathematisch sagenhaft vertiefbar ist? Das macht Stewart verblüffend einsichtig.

REBECCA GOLDSTEIN (Kurt Gödel, Jahrhundertmathematiker und großer Entdecker): Kurt Gödel beschreitet einen ganz anderen Weg zur Mathematik. Rebecca Goldstein schreibt über das Leben dieses großen Logikers und seine größte Leistung: die Formulierung der Unvollständigkeitssätze von 1931. Es ist ein spannendes, populärwissenschaftliches Buch daraus geworden. Ja, es ist spannend, auch wenn man ihm viel vorwerfen kann. Erstens, für jeden, der das Kultbuch Gödel-Escher-Bach verschlungen hat, fehlen enttäuschenderweise tiefsinnige Wechselwirkungen, etwa zur bildenden Kunst oder zur Musik. Zweitens, für jeden, der aus Kult- oder anderen Gründen möglichst viel über diesen exzentrischen und zum Schluss paranoisch verhungerten Logiker wissen will, ist die Biografie doch zu dünn (da gibt es das große Standardwerk von John Dawson, das aber schwere Lesekost ist). Drittens, die Beschreibung der Herkunft Gödels aus dem österreichischen Milieu ist von wenig tiefer Sachkenntnis der Autorin, einer Philosophin, getrübt. Viertens, ihre Darstellung des Wiener Kreises des Positivismus, aus dem auch Gödel hervorging, ist recht einseitig. Aber trotz allem: Gerade wenn man noch wenig über Gödel weiß, ist es faszinierend, seinen hier locker beschriebenen Lebensweg zu verfolgen, seine Schweigsamkeit, seine schwierigen Kontaktversuche, seine Freundschaft mit Albert Einstein, oder auch Kleinigkeiten, wie seine abstruse Idee über Widersprüche in der amerikanischen Verfassung. Auch die Erläuterung der Gödel'schen Unvollständigkeitssätze, das heißt, dass die Mathematik kein vollkommen widerspruchsfreies System sein kann – obwohl doch alle, auch die größten Mathema-

tiker, vor Gödel, daran geglaubt haben –, ist eindrucklich und lässt zumindest ahnen, welch großer Ruck danach durch die Welt der Mathematik und Philosophie ging. Ergreifend ist auch die Schilderung seiner letzten Jahre, in denen er sich immer mehr in sich vergräbt. Es gibt zumindest im Augenblick kein besseres populärwissenschaftlich geschriebenes Buch über das Leben von Gödel.

P. S. Falls Sie ganz schnell testen wollen, ob die drei Bücher für Sie geeignet sind: Macht es Ihnen Spaß, den logischen Fehler bei folgendem Türschild zu entdecken? (5 Minuten Mathematik, Seite 31): »Hunde, die bellen, beißen nicht. Unser Hund bellt nicht!«

Viel Zoff – viel Fortschritt

Ein neues Buch über Kontroversen in der Wissenschaft



WOLF-ANDREAS LIEBERT, MARC-DENIS WEITZE (HG.)

Kontroversen als Schlüssel zur Wissenschaft?

Transcript Verlag, Bielefeld 2006, 24,80 Euro

Dieser Titel, provokativ formuliert, könnte auf dem neuen Buch stehen, das der Germanistikprofessor Wolf-Andreas Liebert und der Wissenschaftskommunikator Marc-Denis Weitze herausgegeben haben. »Kontroversen als Schlüssel zur Wissenschaft?« stellt die These auf, dass erst Pro und Contra den Geist richtig in Spannung versetzen und der Widerstreit zwischen unterschiedlichen Meinungen die Mutter aller Wissenschaft ist. Dazu legen die Autoren des Buches eine Fülle von Fallbeispielen vor, wie Kontroversen und das offene Austragen von Streit die Streitenden einbindet und neue Konsensmodelle schafft, die die Wissenschaft letztlich voranbringen und zu neuem Denken führen. Das Entmutigen und Abwürgen anderer Meinungen führt dagegen, wie in Diktaturen und patriarchalisch verfassten Gesellschaften, zum Stillstand.

Tatsache ist, dass die Grenzen zwischen Forschungslabors und Öffentlichkeit sich verwischen »durch die schiere Ausdehnung der Wissenschaften und der Technik« und wir alle – ob wir wollen oder nicht – Teilnehmer am Forschungsprozess und seinen Experimenten geworden sind, wie der französische Wissenschaftssoziologe Bruno Latour festhält: »Ob es um die globale Erwärmung, um Handys, um das Passivrauchen, um die Ölreserven geht – wir alle haben uns auf Experimente eingelassen, für die wir manchmal vergeblich das Forschungsdesign suchen. Die künstliche und fragile Sphäre braucht die kontroverse Teilnahme aller ihrer Mitglieder. Wenn die wissenschaftliche Wahrheit nicht mehr zwingend ist, liegt es also nicht daran, dass das gute Volk irrational geworden wäre, sondern dass es zum Mitforschenden avanciert ist.«

Zu dem Thema plant die Münchner Volkshochschule die Veranstaltungsreihe »Zoff im Elfenbeinturm«.

Informationen dazu:

Wolfgang C. Goede, Tel: (089)4152-558, w.goede@gmx.net oder:

Dr. Marc-Denis Weitze, Wissenschaftskommunikator

Tel: (089)2179-423, (08022)706 932, weitze@gmx.net

Veranstaltungen & Ausstellungen JANUAR BIS MÄRZ 2007

MUSEUMSINSEL

Folgende Abteilungen sind derzeit geschlossen:
Aussichtsplattform des Turms, Foto/Film, Gießerei (bis Ende Januar)

NEUE DAUERAUSSTELLUNG

Preisgekrönte Projekte des Deutschen Zukunftspreises

SONDERVORFÜHRUNGEN GLASBLASEN

2. OG, Glasbläserstand neben der Altamira-Höhle, jeweils 11.30 und 14 Uhr:
Di. 16. 01. Fadengläser; Sa. 23. 02./So. 24. 02. Glasperlen;
Sa. 31. 03./So. 01. 04. Neon-Glasbläserei

FRAUEN FÜHREN FRAUEN

Mittwoch 10 Uhr, Eingangshalle, normaler Eintritt: 10.01./17:00 **Atomforschung im Nationalsozialismus**; 24.01. **Papiergeschichte** (Anmeldung: ☎ (089) 21 79-5 64); 07.03. **Unterwegs mit Lichtgeschwindigkeit**; 21.03. **Lichtblicke**

FÜHRUNGEN FÜR SENIOREN

Donnerstag 10 und 14 Uhr, Eingangshalle, Anmeldung: Seniorenbeirat der LH München, Burgstr. 4, 80331 München, ☎ (089) 233-2 11 66:
11.01. **Wie kommt der Strom in die Steckdose?**; 08.02. **Durch Stollen und Schächte zum Rohstoff**; 08.03. **Von Heilpflanzen zu Hormonpräparaten**; 12.04. **Dampf, Druck, Fliehkraft und Raketenschub**; 10.05. **Das Deutsche Museum**; 14.06. **Das 19. Jahrhundert – Zeit der Fabriken und Werften**

KONZERTE IN DER MUSIKINSTRUMENTEN-AUSSTELLUNG

Weitere Informationen unter <http://www.deutsches-museum.de> sowie ☎ (089) 21 79-4 45 und E-Mail s.berdux@deutsches-museum.de.

| | | |
|------------|-------|---|
| So. 14.01. | 11:15 | »Was hätte Mozart zu einem Steinway-Flügel gesagt?« |
| Mi. 17.01. | 18:00 | der dritte mittwoch »Tempo la cetra«. |
| Sa. 20.01. | 14:30 | Orgelkonzert Dieterich Buxtehude I |
| So. 18.02. | 11:15 | Matinee »Um 1820 – Musik für Gitarre und Hammerklavier« |
| Sa. 24.02. | 14:30 | Orgelkonzert Dieterich Buxtehude II |
| Sa. 03.03. | 14:30 | Konzert J. S. Bach: Goldberg-Variationen |
| Mi. 21.03. | 18:00 | der dritte mittwoch »maniere italienne« |
| Sa. 29.03. | 20:00 | Abendkonzert Dieterich Buxtehude III; Karten bei Le Nuove Musiche, ☎ (089) 36 79 28, E-Mail: musiche@t-online.de und München Ticket oder an der Abendkasse. |

BESUCHERLABOR FÜR GENTECHNIK

Jeden 3. Mittwoch im Monat von 18.30 bis 21.30 Uhr: Kurs »**Genetischer Fingerabdruck**«, Gebühr: 16 Euro; ermäßigt 8,50 Euro; max. 15 Personen; Anmeldung: mittwochs 13–15 Uhr unter ☎ (089) 21 79-5 64

WISSENSCHAFT FÜR JEDERMANN

Mittwoch im Ehrensaal, 1.OG, Abendkasse ab 18 Uhr, Einlass 18.30 Uhr, Beginn 19 Uhr, Reservierung am Veranstaltungstag: 9 bis 15 Uhr, ☎ (089) 21 79-2 21, Eintritt 3 Euro, Mitglieder frei

10.01. **Wissenschaft unter Schwerelosigkeit**; 17.01. **Ein neues Gesicht**; 24.01. **Der Streit um unsere Urahnen**; 31.01. **James Bond im Visier der Physik**; 07.02. **Erste Einblicke in Vorgänge innerhalb der Atomhülle**; 14.02. **N.N.**; 28.02. **Vom Labor in den Gerichtssaal**; 07.03. **Schulmedizin, Hightech und alternative Heilmethoden**

JUGENDPROGRAMM »TRY IT«

Workshops zu verschiedenen Themen für Jugendliche ab 13 Jahren. Anmeldung bei Irina Fritz, ☎ (089) 21 79-3 28, Mail: i.fritz@deutsches-museum.de

TUMLAB – LABOR FÜR SCHÜLER UND LEHRER

Kinder ab 10 Jahre; Anmeldung: montags 10 bis 12 Uhr, 14 bis 16 Uhr unter ☎ (089) 21 79-5 58; Informationen unter: www.tumlab.de, kontakt@tumlab.de

KINDER FÜHREN KINDER

Für Kinder ab dem Schulalter; Anmeldung bei: Erika Hennig, Kreisjugendring München-Stadt ☎ (089) 51 41-06 46; Fax (089) 51 41-06 18; E-Mail: e.hennig@kjr-m.de

FLUGWERFT SCHLEISSHEIM

SONDERAUSSTELLUNG

Bis 18. Februar 2007: **Airbus Photographic Art Gallery**

SONDERVERANSTALTUNGEN

Sa./So. 03. und 04. 03., 9 bis 17 Uhr: **Plastikmodellbau-Ausstellung**

Samstag, 17. März 2007, 12 bis 17 Uhr

Hallen-Airshow. Modellfliegen in der Ausstellungshalle

WORKSHOPS FÜR KINDER, JUGENDLICHE UND ERWACHSENE

20.01./ 10.02./ 23.02./ 10.03./ 17.03./ 24.03. jeweils 9 bis 17 Uhr: **Flugmodellbaukurs** (Kinder ab 12 Jahre, Jugendliche und Erwachsene); Sa. 17.02., 10 bis 16 Uhr: **Jugend-Workshop »Try it«** (Kinder von 10 bis 14 Jahren)

VERKEHRZENTRUM

SONDERAUSSTELLUNGEN

13. Februar bis 9. April 2007: **Mobilität**

Bis 28. Mai 2007: **Der mobile Mensch – Zwischenstopp Forschung**

DONNERSTAGSVORTRÄGE

Beginn: 18.30 Uhr, Eintritt 3 Euro, Mitglieder frei

| | |
|--------|--|
| 18.01. | Staufreies Hessen – ein Modell auch für andere Regionen? |
| 01.02. | Eine Weltreise mit dem Fahrrad (Kosten: 5 Euro) |
| 15.02. | Zwei Jahre TopBus in München |
| 22.02. | Podiumsdiskussion: Lläuft uns die Zeit davon? |
| 01.03. | Reisen – von der Antike bis heute |
| 08.03. | Abgasnachbehandlungsverfahren |
| 15.03. | Podiumsdiskussion Green-City |
| 29.03. | Mit dem Fahrrad auf dem spanischen Jakobsweg (Kosten: 5 Euro) |

KINDER- UND JUGENDPROGRAMM IM VERKEHRZENTRUM

Samstags, sonntags und feiertags 14.30 Uhr Kinderführung (6 bis 12 Jahre); Buchung von Kindergeburtstagsfeiern unter ☎ (089) 21 79-5 29 Treffpunkt: »Puffing Billy«

03.01./07.02./07.03. **Reifen flicken: Fahrrad-Workshop für Kinder**

14:00–16:00 Anmeldung erforderlich: ☎ (089) 5 00 80 61 40

Mi. 21.02, 14:00–16:00 **Dampf- und E-Lokomotiven** (6 bis 8 Jahre)

Anmeldung erforderlich: ☎ (089) 5 00 80 61 40

SENIORENFÜHRUNGEN

Treffpunkt Eingangshalle, Beginn 14 Uhr

Mi. 21. 02. **Geschichten zur ersten Rallye um die nördliche Hälfte der Weltkugel im Jahr 1908**; Mi. 21. 03. **Geschichte des Reisens**

Das ausführliche Programm des Deutschen Museums finden Sie auch im Internet unter www.deutsches-museum.de

Historische Galerie

Gedenktage technischer Kultur: Januar bis März 2007

Sigfrid und Manfred von Weiher

1.1.1957

Das **österreichische Fernsehen** beginnt mit seinem regelmäßigen Sendebetrieb.

6.1.1807

In Bela, Ungarn, wird Joseph **Petzval** geboren. Seit 1837 als Professor der Mathematik in Wien, ermöglichen vor allem seine theoretischen Arbeiten auf dem Gebiet der **Optik** bedeutsame konstruktive Fortschritte. Ein nach seinen Angaben vom Optiker Voigtländer 1840 geschaffenes Objektiv erweist sich als so lichtstark, dass nun erstmals Porträtaufnahmen von nur wenigen Sekunden Belichtungszeit gelingen.

9.1.1807

In Wien wird **Matthias von Schönerer** geboren, der 1832 die **erste Eisenbahn des europäischen Kontinents** vollendet. Dieser Schienenweg verbindet die knapp 100 km entfernten Städte Budweis und Linz zunächst noch durch eine Pferde-Bahn, ehe auch in Mitteleuropa die Dampflokomotive das Zugpferd der Industrialisierung wird.

9.1.1932

Der österreichische Ingenieur Gustav **Tauschek** präsentiert seinen **Magnettrommel-Speicher**: Das Gerät ermöglicht einen besonders schnellen Zugriff auf magnetisch abgespeicherte Daten und begründet ein Konstruktionsprinzip, das Jahrzehnte später bei der Herstellung moderner Festplattenspeicher für PCs in weiterentwickelter Form weltweit zur Anwendung kommt.

11.1.1807

In Westchester Landing, USA, wird Ezra **Cornell** geboren. 1845 verlegt er zwei selbstkonstruierte, mit Baumwolle umwickelte, durch Kautschuk isolierte und von Bleihüllen geschützte Drähte im Hudson-River, um elektrisch vom einen zum anderen Fluss-Ufer telegrafieren zu können. Die-

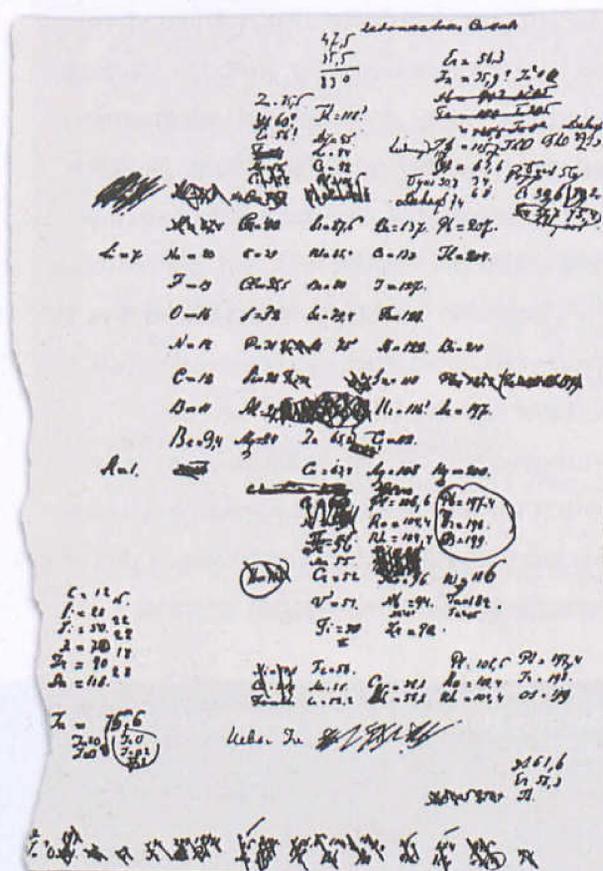
ses vermutlich **früheste Seekabel** soll mehrere Monate erfolgreich funktioniert haben, bis es durch Treibeis zerstört wurde.

18.1.1957

Nach einem Nonstop-Flug von 45 Stunden und 19 Minuten beenden drei US-Düsenbomber erfolgreich die **erste Erdumrundung ohne Zwischenlandung**.

20.1.1907

In St. Petersburg stirbt der Chemiker Dmitrij Iwanowitsch **Mendelëjew**. Nach naturwissenschaftlichem Studium in Russland und Heidelberg als Professor am Polytechnischen Institut St. Petersburg tätig, gelingt ihm 1869 mit dem »**Periodischen System der Elemente**« ein prinzipiell bis heute gültiges Ordnungssystem chemischer Elemente, das neben der Aufstellung aller bis dahin bekannten »Urstoffe« sogar die sichere Vorhersage der Existenz (und einiger spezifischer Eigenschaften) noch nicht entdeckter, z. B. extrem kurzlebiger Elemente möglich macht.



Handschriftlicher Entwurf des Periodensystems von Dmitrij Mendelëjew

20.1.1907

In Hamburg wird Manfred **von Ardenne** geboren. Schon mit 15 Jahren errichtet er in der elterlichen Wohnung ein Laboratorium und empfängt im selbstgebauten Detektor Radiosignale aus Übersee. 1928 entwickelt er die bis heute gebräuchliche Gemeinschaftsantenne mit Breitband-Vorverstärker, 1930 gelingt ihm die **erste Fernsehübertragung mit Elektronenstrahlröhre**, die dann weltweit bis zur Jahrtausendwende Standard der Fernsehtechnik ist. Sein 1937 entwickeltes Raster-Elektronenmikroskop ermöglicht vieltausendfache Vergrößerungen. Inwieweit nach 1945 seine geheimen Forschungen in der UdSSR dem Bau der sowjetischen Wasserstoffbombe galten, bleibt Spekulation. In seinem Dresdner Institut entwickelt von Ardenne seit 1970 seine vielbeachtete **Sauerstoff-Mehrschritt-Therapie** zu einer Revitalisierungsbehandlung weiter, die vor allem im fortgeschrittenen Alter durch Verbesserung des O₂-Status anhaltende Lebensfrische verspricht.

30.1.1807

In Sitten, Schweiz, erhält der ehemalige Major und Staatskanzler des Kanton Wallis, Isaac **de Rivaz**, ein französisches Patent auf ein Kraftfahrzeug mit **atmosphärischem Flugkolbenmotor**. Obschon seine »Gasmaschine« für den praktischen Antrieb von Kraftfahrzeugen noch längst nicht ausgereift ist, nimmt sie bereits wesentliche Konstruktionsmerkmale der späteren Verbrennungskraftmaschine vorweg, die sich dann nach 1900 im Automobilbau allgemein durchsetzt.

4.2.1682

In Schleiz, Thüringen, wird Johann Friedrich **Böttger** geboren. Als Apothekerlehrling in Berlin kommt er früh mit Alchimisten in Verbindung, ehe er sich in Sachsen niederlässt und versucht, den Erwartungen Kurfürst August des Starken zu genügen, Gold herzustellen. Lange Zeit wurde Böttger als Erfinder des

europäischen Porzellans gefeiert, doch dokumentieren Briefe, dass seinem Meister Walter Graf von Tschirnhaus bereits 1694 Details der Porzellanherstellung bekannt waren, 15 Jahre bevor Böttger die Darstellung des weißen Porzellans bekanntgab. Unbestreitbares Verdienst Böttgers bleibt jedoch, das **erste europäische Hartporzellan**, wie es bislang nur im fernen China hergestellt werden konnte, als Initiator und Inhaber der sächsischen Porzellanmanufaktur in Meißen bekannt und zum begehrten Markenartikel gemacht zu haben.

7.2.1882

In Berlin wird nach zehnjähriger Bauzeit die »**Berliner Stadtbahn**« eröffnet. Die zunächst über 11 km lange S-Bahn-Linie der Lokalbahn führt vom Schlesischen Bahnhof nach Charlottenburg und erschließt die Innenstadt auf dem Schienenweg. Vordem endeten die zahlreichen, miteinander nicht vernetzten Bahnlinien an elf Kopfbahnhöfen außerhalb der Metropole.

9.2.1832

Dr. William Church nimmt ein britisches Patent auf einen **Dampf-Omnibus** mit gefederten Rädern und einem Antrieb durch Kettenübersetzung. Das Fahrzeug nimmt 50 Passagiere auf und wird zwischen den ca. 160 km entfernten Städten London und Birmingham 1833 in regulären Linienverkehr gestellt.

11.2.1907

In Paris stirbt der Ingenieur Léon Serpollet. Mit seinen Dampfmaschinen-Konstruktionen versteht er es gegen Ende des 19. Jhds., den neu aufkommenden Kraftwagen mit Verbrennungsmaschine einige Zeit erfolgreich Konkurrenz zu bieten. Obschon sich sein **Konstruktionsprinzip des Schnellverdampferkessels** im praktischen Fahrbetrieb gut bewährt, ist es jedoch angesichts der wirtschaftlichen Überlegenheit moderner Automobile mit Ottomotor schließlich chancenlos.



The Kodak. Kamera aus dem Hause Eastman mit Rollenfilm 1889

12.2.1857

In New York stirbt der amerikanische Ingenieur und Gelehrte William C. Redfield, der in einer visionären Publikation bereits 1829 den kühnen Plan einer ca. 1500 km langen Bahnlinie propagiert, die den Hudson River mit dem Mississippi verbindet. – 1849 verwirklicht er in den USA den ersten systematischen **Wetterdienst mit Hilfe der elektrischen Telegrafie**.

22.2.1857

Als Sohn eines Senators wird in Hamburg Heinrich Rudolph Hertz geboren. Beim Studium der Ingenieurwissenschaften und der Physik ist er Assistent von Helmholtz. Durch Anwendung und Weiterentwicklung der Theorien Maxwells gelingt ihm 1887 der **Nachweis elektromagnetischer Wellen im freien Raum**: Dadurch leitet Hertz das Zeitalter der »drahtlosen Telegrafie«, also der Funktechnik, ein, die bis heute Grundlage aller hochfrequenten Telekommunikation vom Radio über das Fernsehen und moderne Handys bis hin zum Satelliten-Ortungssystem GPS ist. In Würdigung seiner großen Verdienste wird die Frequenz (Häufigkeit) eines physikalischen Ereignisses in der physikalischen Maßeinheit »Hertz« definiert.

1.3.1832

In Wittmund, Ostfriesland, wird Ludwig Franzius geboren. Als Bremer Oberbaudirektor setzt er nach 1875 die Regulierung des Fahrwassers der Unterweser durch, wodurch nun endlich auch größere Schiffe in der Lage sind, bis nach Bremen zu gelangen. 1888 beginnt er den großzügigen **Ausbau des Bremer Freihafens**.

4.3.1882

In Conflans, Frankreich, stirbt völlig verarmt der Foto-Chemiker Alphonse Louis Poitevin. Bei Erforschung der Lichtempfindlichkeit der Chromate in Verbindung mit organischen Substanzen findet er 1855 die Grundlage des Pigmentdruckes sowie des – inzwischen weltweit verbreiteten – **Lichtdruckverfahrens** und nutzt seine Erfahrungen zur Herstellung von Kohle-Drucken. 1861 gelingt ihm durch ein neues fotografisches Verfahren auf Chromsilberpapier, das er mit Chromsäure und essigsäurem Uran präpariert hatte, verschiedene Farben wiederzugeben – ein erster Schritt auf dem Weg zur modernen **Farbfotografie!**

14.3.1932

In seiner Geburtsstadt Offenburg, Baden, stirbt Friedrich August Haselwander. 1887 stellt er den ersten Generator für Dreiphasenwechselstrom vor, bei dem bereits jene »Verkettung der drei Phasen« Anwendung findet, die den **Drehstrom** als moderne Energieform bis heute kennzeichnet. Nach 1898 versucht er, kompressorfreie Dieselmotoren zu konstruieren, was ihn schließlich dazu bringt, besonders kompakte Dieselmotoren kleinerer Leistung und hoher Wirtschaftlichkeit zu entwickeln.

Sydney Harbour Bridge bei Nacht



14.3.1932

In den USA stirbt der Unternehmer George W. **Eastman**. In seinem 1880 gegründeten Industrieunternehmen zur Herstellung fotografischer Trockenplatten entwickelt er (gemeinsam mit Walker) 1884 den **Rollfilm**, der über 100 Jahre lang weltweit die Grundlage aller Kleinbildkameras ist und den Namen Eastman-Kodak international zum Inbegriff der problemlosen Amateur-Fotografie macht.

17.3.1782



In Basel stirbt der Physiker, Mathematiker und Mediziner **Daniel Bernoulli**, der zunächst als Naturwissenschaftler und Anatom an der St. Petersburger Akademie, später in Basel wirkt. 1738 erscheint mit der

»**Hydrodynamik**« sein Hauptwerk, das u. a. den Druck von Flüssigkeiten in Beziehung zu deren Strömungsgeschwindigkeit setzt (»Bernoulli-Prinzip«). Er gehört zu den Begründern der mathematischen Physik.

18.3.1907

In Paris stirbt der Chemiker Pierre Eugène Marcellin **Berthelot**. Seine Arbeiten über die Synthese organischer Verbindungen erweisen sich als bahnbrechend und korrigieren die damals vorherrschende Meinung, dass ausschließlich lebende Organismen organische Verbindungen erzeugen könnten. 1859 synthetisiert er **erst-mals reines Azetylen** und 1864 aromatische Kohlenwasserstoffe, untersucht 1869 die Einwirkung elektrischer Entladungen auf chemische Verbindungen und entdeckt einen neuen, hochwirksamen Sprengstoff.

18.3.1932

In Sydney, Australien, wird die **größte aus Fertigbauteilen zusammengesetzte Brücke** eingeweiht: Mit vier Bahngleisen und sechs Fahrbahnen überspannt die Sydney Harbour Bridge 503 m und ist zugleich der weltgrößte Brückenbogen, der freitragend, ohne zeitweilige Stützmaßnahmen, errichtet wurde.

24.3.1882

In Berlin gibt der deutsche Bakteriologe Robert **Koch** auf einer Sitzung der Physiologischen Gesellschaft seine **Entdeckung des Tuberkulose-Erregers** bekannt. 1905 wird ihm dafür der Nobelpreis für Medizin verliehen.

28.3.1882

In Hamburg erhält der Apotheker Paul C. **Beiersdorf** ein Patent auf ein »gestrichenes Pflaster« zum Schutz kleinerer Verwundungen. Im Folgejahr eröffnet er ein Laboratorium für die Herstellung von Wundpflastern, aus dem die spätere Beiersdorf AG hervorgeht.

Anzeige



Frauen unter sich – ein Wochenende lang
Fr/Sa/So 27. – 29. April 2007

Von der Muskelkraft zum Sonnenfeuer Rund um die Energie im Deutschen Museum

Das Thema „Energie“ ist Gegenstand vieler Ausstellungen im Deutschen Museum. Kohle, Erdöl, Strom oder mechanische Energie sind in mehreren Abteilungen präsent. Der durchschnittliche Mitteleuropäer braucht jährlich die Energie, die in 6 Tonnen Kohle steckt. Ein behaglich geheiztes Wohnzimmer oder Licht am Arbeitsplatz sind Beispiele für „Energiedienstleistungen“. Aber woher bekommen wir die Energie? Wie wird sie bereitgestellt? Die in der Natur vorkommenden Primärenergien werden mehrfach umgewandelt, bevor sie von uns genutzt werden können. Was passiert dabei? Wie viele Energiereserven haben wir noch? Können wir auch in Zukunft unseren Energiebedarf decken? Welche neuen Entwicklungen auf dem Energiesektor gibt es? Um dies und mehr geht es in diesem Seminar.

Anreisetag ist Freitag der 27.4.2007. Es erwarten Sie am Samstag und Sonntag insgesamt drei (Führungs-) Vorträge rund um die Energie. Zwei Übernachtungen mit Frühstück (Etageduschen und -WCs) inkl. Seminargebühren und Museumseintritt: 120 Euro (EZ) und 110 Euro (DZ). Anmeldung erforderlich bis spätestens 12.3.2007! Sie übernachten im Kerschensteiner Kolleg direkt im Deutschen Museum. Die Zimmer sind modern eingerichtet und ruhig gelegen.

Wir empfehlen die Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln.

Information und Anmeldung:

Christine Füssl-Gutmann oder Irina Fritz

Tel. +49- (0)89-2179-243, Tel. +49- (0)89-2179-443, Fax +49- (0)89-2179-273

e-mail: c.fuessl@deutsches-museum.de und i.fritz@deutsches-museum.de

Deutsches Museum, Museumsinsel 1, 80538 München

Deutsches Museum
Kerschensteiner Kolleg

JAGENBERG-WERKE
DÜSSELDORF
Papier-Spinnerei-Maschinenfabrik

Papier-Gewebe nach eigenem
patentierten Verfahren gebleicht

Unterhosen und Pferdegasmasken aus Papier

Die deutsche Papiergarn-Industrie bis zum
Ende des Ersten Weltkriegs

Textilien aus Papier(-bogen oder
-garn) sind so alt wie das Papier
selbst. Aus Japan und China sind
kostbare historische Zeremonial-
gewänder und bäuerliche
Arbeitskleidung überliefert,
die das eindrucksvoll belegen.
Während des Ersten Weltkriegs
boomte die Herstellung von
Papier-Textilien in Deutschland.

Von Heinz Schmidt-Bachem

In Deutschland mussten nahezu sämtliche pflanzlichen Textilfasern gegen hohe Devisen eingeführt werden. Der »Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes« setzte daher Ende der 1890er Jahre einen Preis aus, mit dem das Nassverfahren zum Verspinnen von Holz oder Strohzellstoff bis zur industriellen Verwertbarkeit vorangetrieben werden sollte. Die Berührungspunkte und Überschneidungslinien der Wirtschaftsbe- reiche Papier und Textil verdichteten sich zunehmend.

Am Wettbewerb des Beförderungsvereins beteiligten sich u. a. auch die Zellstoffverarbeiter Carl Kellner und Gustav Türk. Beide konnten auf Arbeiten zurückgreifen, die sie bereits in den frühen 1890er Jahren erstellt hatten. Kellner und Türk entwickelten Konstruktionen für eine Art Papiermaschine, deren Rundsieb so oft geteilt war, wie Fäden

gewonnen werden sollten. Die schmalen Papierbahnen wurden in üblicher Weise papiertechnisch gegautscht und in einer Nitschelmachine (oder Würgelwerk – in der Spinnerei übliche Einrichtungen) textil-technisch zu Fäden gerundet. Nach den Patenten von Kellner und Türk wurde 1899 in Altdamm (Pommern) die älteste deutsche fabrikmäßig betriebene Papierstoff-Garnspinnerei (»Patentspinnerei Actiengesellschaft«) eröffnet. Aus den Garnen wurden insbesondere grobe Sackgewebe hergestellt. 1894 hatte Gustav Rohn ein patentreifes Verfahren ausgearbeitet, nach dem die von der Papiermaschine kommenden Streifen in Drehtöpfen oder Kapseln aufgerollt wurden. Dieses Verfahren wurde von der Firma Kron (Grimma/Sachsen) weiterentwickelt und unter der Marke »Silvalin« auch international erfolgreich vertrieben.

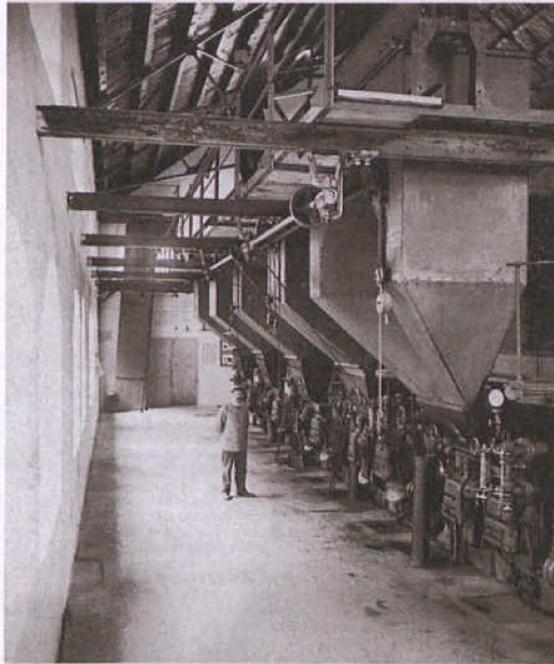
TROCKENSPINN-VERFAHREN. Bis zu ihrer weitgehend ausgereiften Technik am Ende des Ersten Weltkriegs erwiesen sich die Nass-Spinnverfahren zunächst jedoch als wirtschaftlich und technisch zu aufwändig. Sie wurden schon bald von einer Weiterentwicklung der Trockenspinn-Verfahren durch Emil Claviez (1866–1931) nahezu vollständig verdrängt. Emil Claviez gilt als Bahnbrecher und eigentlicher Begründer der Industrie zur Herstellung von Papiergarnen und -geweben. Mit großem Durchsetzungsvermögen sicherte er dieser Industrie ihren Platz in der Wirtschaft, die vor allem in der Zeit des Ersten Weltkriegs eine außerordentliche Bedeutung erlangte.

Die 1895 in Berlin gegründete »Kunstweberei Claviez & Co« produzierte zunächst in Leipzig-Plagwitz, bevor sie wegen der benötigten Fachkräfte ab 1897 in das traditionsreiche

Leineweber-Städtchen Adorf/Voigtland verlegt wurde. Ab 1900 wurde Adorf endgültig zum Stammsitz des Unternehmens. Mit dem Trockenspinn-Verfahren waren Claviez und die konkurrierenden Firmen der Branche von den Standorten der Papiererzeugung unabhängig. In Adorf wurde das Unternehmen in eine Aktiengesellschaft umgewandelt und als »Sächsische Kunstweberei Claviez AG« geführt. Der Betrieb beschäftigte bald um die sechshundert Mitarbeiter. Zu den Produkten gehörten vor allem Möbel- und Dekorationsstoffe, Teppiche (»Idealteppiche«), aber auch Säcke, Arbeiterkleidung oder »Blousen«. Lizenzen für die Claviez-Marken »Xylofin« und »Textilose« wurden in fast alle westeuropäischen Industrieländer und in die USA verkauft. Die Textilien waren zu fünfzig bis neunzig Prozent aus Papiergarn gearbeitet. Das Garn wurde aus kräftigem, etwa 120 g/m² schwerem, geleimtem Zellstoffpapier zu zwei bis vier Millimeter breiten Streifen geschnitten, an deren Enden geleimt und zu langen Fäden gedreht. Diese Fäden ließen sich aufhaspeln und auf dem Webstuhl verarbeiten.

Ein Kilogramm Papier kostete 35 Pfennig, ein Kilogramm Baumwolle eine Mark. Dieser Kostenvorteil und die Unabhängigkeit von Importen waren die wohl wichtigsten Argumente für die Gründung weiterer Unternehmen. Neben Claviez erlangte die Jagenberg AG Düsseldorf eine größere Bedeutung in der Papiergarn-Industrie. Auf der Grundlage ihrer Kenntnisse und Erfahrungen bei der Verarbeitung von Papierrollen, insbesondere beim Zerschneiden und Aufwickeln zu schmalen Streifenrollen (Kassen- und Morse-Telegraphenrollen), hatten die Brüder Emil und Max Jagenberg bereits kurz nach der Jahrhundertwende in ihrem Maschinenbau-Unternehmen eine Papierspinnerei eingerichtet, in der nach dem Trockenverfahren vor allem Garne für Säcke, Förder- und Traggurte, Treibriemen sowie Bekleidungsbedarf erzeugt wurden.

ARME-LEUTE-PRODUKTE. 1913 gab es in Deutschland insgesamt acht Papiergarn-Spinnereien und -webereien mit einer Tagesproduktion von sechzig- bis achtzigtausend Kilogramm. Ihr Produktionsschwerpunkt lag vor



Die in Berlin gegründete »Kunstweberei Claviez & Co.«

Abbildung links: Papiergewebemuster der Jagenberg-Werke, Düsseldorf.

Nass-Spinnverfahren

Der Deutsche Alexander Mitscherlich (1836–1918) ließ sich 1889 US-Patentschutz sichern für die Herstellung von Garnen aus chemisch gewonnener Zellulose, die in zwei Gängen direkt auf der Papiermaschine hergestellt werden sollten. Damit wurde Mitscherlich zum Begründer des Nass-Spinnverfahrens. 1890 erhielt er deutschen Patentschutz für ein mechanisches »Verfahren, aus Holz spinnbare Fasern und Nebenerzeugnisse herzustellen« (DRP 60 653).

allem im Bereich der Grobweberei für gewerbliche Zwecke. Feingewebe für Bekleidungszwecke oder für den Haushaltsbedarf stieß dagegen weitgehend auf Ablehnung. Diese Gewebe galten als billig und unhygienisch – obwohl sie, vorsichtig und schonend behandelt, einige Male gewaschen werden konnten. Papiergarntextilien für den bürgerlichen Bedarf hatten den Makel von Arme-Leute-Produkten und »Ersatz«. Als nahezu alternativloses Zwangsangebot verstärkte sich dieser Ruf in der Zeit des Ersten Weltkriegs bis hin zum Verruf, aus dem sich diese Artikel nie mehr ganz befreien konnten.

Nach Beginn des Ersten Weltkriegs war Deutschland von den wichtigsten Rohstoffquellen für pflanzliche Textilfasern fast vollständig abgeschnitten. »Ersatz« wurde – nicht nur bei Textilien – endgültig zum verhassten Begriff. Die Produktion von Spinnpapier wurde von der Kriegsrohstoff-Abteilung des Kriegsministeriums umgehend als kriegswichtig erklärt. Die Claviez AG wurde vollständig auf Kriegsproduktion umgestellt. Die Beschäftigtenzahl stieg in den Jahren von 1914 bis 1918 von sechshundert auf dreitausendfünfhundert an.

Zu den Erzeugnissen, die die Industrie mit Dringlichkeit zu liefern hatte, gehörte in der Anfangszeit des Krieges vor allem Lazarettmaterial (Binden, Zellstoffwatte usw.). Die Zahlen für Getreide- und Sandsäcke für den Heeresbedarf wurden zunehmend ins Millionenfache gesteigert. In ungeheuren Mengen mussten Zelt- und Wagenplanen, Pferdegasmasken, Stiefelsohlen, Schnürsenkel, Bindfäden, Seile in allen Stärken, Bekleidungsstücke (Uniformteile, Unterwäsche) oder Hand- und Scheuertücher sowie alle nur erdenklichen Gebrauchstextilien für das Militär geliefert werden.

DIE PRODUKTION BOOMT. In den Jahren 1914/15 wurden allein im Adorfer Stammwerk bei Claviez täglich dreißig- bis vierzigtausend Kilogramm Papiergarne hergestellt. Bei Glatz in Neidenfels/Pfalz (Papiergarnproduktion seit 1911) wurde die Tagesproduktion von zwei (1914) auf sechs Tonnen (1915) gesteigert. 1916 lag diese Zahl bei zehn Tonnen. Der Betrieb arbeitete mit dreihundert



Kleiner Anzug aus Papierfaser.

DR. HEINZ SCHMIDT-BACHEM ist Historiker und hat einige Bekanntheit über eine Leidenschaft erreicht: Er sammelt seit den 1970er Jahren Tüten, widmete dem Hobby seine Doktorarbeit, organisiert Ausstellungen und beschäftigt sich intensiv auch mit der Geschichte der Papierindustrie.

Beschäftigten in drei Schichten. In der Papiergarn-Industrie herrschte Vollbeschäftigung. Die Fachkräfte wurden vom Kriegsdienst freigestellt. Die bereits Eingezogenen wurden von der Front zurückbeordert. 1917 war der Jute-Bedarf bis zu siebzig Prozent durch Papiergarn ersetzt. Achtzig Prozent aller Papiergarnprodukte mussten für die Versorgung des Militärs bereitgestellt werden. Dazu zählten Kälte- und Ungezieferschutzwesten, Hemden und Unterhosen für Mannschaften, Arbeitsanzüge, Gefangenenanzüge, Trainingschirre, Pferdedecken, Tränkeimer, Rucksäcke, Tornister, Brotbeutel, Fausthandschuhe, Geschosskappen, Lazarettbedarf usw. Aus den restlichen zwanzig Prozent der Gesamtproduktion standen für den zivilen Bedarf aus den Anteilen der »verwendungsfreien Papiergarne« (bedingt) zur Verfügung: Damen-, Kinder-, Herrenkleidung/-wäsche, Haushaltstextilien, Bettwäsche, Aussteuer- und Handarbeitsartikel, Möbel- und Läuferstoffe, Rucksäcke, Marktaschen, Hüte, Arbeitsschürzen, Straßen- und Arbeitsschuhe (einschließlich Zellulosesohlen), Pantoffeln, Büchereinbände (Moleskin-Ersatz), Windeln, Korsetts usw. Die Textilindustrie veränderte sich zunehmend zu einer Papier verarbeitenden Industrie.

Ab etwa 1917 waren in der Papiergarn-Industrie »ungeheure Profite« (*Papier-Zeitung*) zu erzielen. Kleinere Betriebe waren bei der Auftragsbefriedigung insbesondere von Heereslieferungen häufig überfordert. Firmenzusammenschlüsse großen Ausmaßes waren die Folge. Konzerne, Syndikate und sogenannte »Gruppen« entstanden. Zu den bedeutendsten gehörte der Hartmann-Konzern (Berlin). Die Konzernaktivitäten umfassten alle Stufen von der Rohstoffeinfuhr über die Erzeugung bis zum Vertrieb. Schließlich waren dem Hartmann-Konzern zweihundertzwölf Betriebe angeschlossen.

Ende 1917 hatte die deutsche Papiergarn-Produktion eine monatliche Menge von zehn Millionen Kilogramm erreicht (1914 rund 2,1 Millionen). Das entsprach zwei Drittel der gesamten Wollproduktion. Der »Reichskommissar für das Bekleidungs-wesen« war für die Verteilung zuständig. 1917 wurde in Breslau, 1918 in Wien eine Fachausstellung organisiert. Das Interesse (oder die Sensationslust) des

Publikums an den inzwischen erheblich in Verruf geratenen Produkten war groß. In Breslau wurden allein am letzten Ausstellungstag zehntausend Besucher gezählt (insgesamt siebzigtausend).

WASCHEN BEI 40 GRAD MIT SEIFENPULVER. 1918 wurde zur dringend erforderlichen Qualitätsverbesserung die Türk-Gesellschaft ins Leben gerufen, die das durch Alexander Mitscherlich begründete Nass-Spinnverfahren neu beleben sollte. Die Reichsbekleidungsstelle musste sich mit dem Problem der mangelnden Waschfähigkeit der Papierprodukte befassen. Sie veröffentlichte Anweisungen, nach denen die Reinigung mit Bürste zu erfolgen hätte, »mit warmem Wasser – nicht unter 40 °C – mit Seife oder Seifenpulver«.

Am Ende des Ersten Weltkrieges waren in der Industrie der Papiergarn-Spinnerei und -Weberei ca. 200.000 Arbeitskräfte beschäftigt. Hinzu kamen weitere 200.000 Beschäftigte in den Bereichen Maschinenbau, Zulieferindustrie, Veredelung (Bleichen, Färben, Imprägnieren, Drucken usw.) sowie in der Spinnpapier-Erzeugung und in der Gewebeerzeugung (Textilindustrie). Claviez hatte seinen Firmengrundbesitz bis 1918 von zwölf Hektar (1896) auf zweiundzwanzig Hektar unbebaute Fläche erhöhen können – bebaute Fläche von zwölf- auf zweiundzwanzigtausend Quadratmeter. Das Unternehmen »stand auf einer sehr guten Basis« (H. Baeblein, 1925).

Ohne die außerordentliche Bedeutung aus der Zeit des Ersten Weltkrieges zu erlangen, gehörte Papiergarn jedoch auch während des Zweiten Weltkrieges in die Zuständigkeit der amtlichen Kriegsbewirtschaftung. Papiergarn wird bis in die Gegenwart – vor allem für gewerbliche Zwecke (z.B. Bidegarn im Weinbau) – hergestellt und verarbeitet. Möbel mit Papiergarnbespannung gehören heutzutage zum Luxus-Segment. ■■

Deutsches Museum intern

Nachrichten, Tipps, Termine

+++ **MUSEUMSINSEL** ab 19. Dezember 2006 **NEUE DAUERAUSSTELLUNG ZUM DEUTSCHEN ZUKUNFTSPREIS** +++

+++ **FLUGWERFT SCHLEISSHEIM** bis 18. Februar 2007 **AIRBUS PHOTOGRAPHIC ART GALLERY**

eine Dokumentation zur Entstehung des Airbus, fotografiert von vier renommierten Fotografen +++

DEUTSCHES MUSEUM ERHÄLT NACHLASS »WALTHER VON DYCK«



Walther von Dyck (vorne rechts) und Oskar von Miller (2. u. links) während einer Studienreise in die USA, 1912.

Vor 150 Jahren, am 6. Dezember 1856, wurde Walther von Dyck in München geboren. Mit einer Gedenkveranstaltung ehrte das Deutsche Museum am 5. Dezember 2006 diesen wichtigen Mathematiker, herausragenden Wissenschaftsorganisator und ehemaligen Rektor der Technischen Hochschule München. Walther von Dyck ist in besonderer Weise mit dem Deutschen Museum verbunden: Zusammen mit Oskar von Miller und Carl von Linde war er einer der Gründungsväter des Museums und gehörte fast drei Jahrzehnte dessen Vorstand an. Zusammen mit von Dyck und dem Kältetechniker Carl von Linde gründete Oskar von Miller 1903 das Deut-

sche Museum in München. 27 Jahre lang gehörte von Dyck dem dreiköpfigen Vorstand des Museums an. Geschickt wirkte er an der Grundkonzeption des Museums mit, indem er den Aufbau einer Bibliothek und eines Archivs zu Naturwissenschaft und Technik förderte. Auch an der Konzeption und Umsetzung der damaligen Abteilung Mathematik war er beteiligt. Von Dyck war es darüber hinaus, der die technik- und wissenschaftshistorische Forschung am Museum förderte. Von ihm stammt der erste Forschungsband des Deutschen Museums zu dem bayerischen Technikpionier Georg von Reichenbach. Im Jahr 1934 starb Walther von Dyck in München, übrigens im gleichen Jahr wie die beiden anderen Museumsgründer Oskar von Miller und Carl von Linde.

Der Nachlass umfasst mehrere Regalmeter mit einer Serie an Fotografien, Urkunden, Zeugnissen und Ehrungen von Dycks, Vorlesungsaufzeichnungen und die spannenden Briefe aus Gent an seine Familie, wo von Dyck im Ersten Weltkrieg die Flämisierung der dortigen Universität betrieb. Eine Sammlung seiner wissenschaftlichen Veröffentlichungen und eine große Anzahl wissenschaftlicher Briefe von Fachkollegen, wie z.B. von Felix Klein, Max von Pettenkofer, Ferdinand Sauerbruch und Carl von Linde, ergänzen diese für das Museum besonders bedeutende Stiftung. *Julia Degmair*

NEU ERSCIENEN

Michael Hascher

Politikberatung durch Experten. Das Beispiel der deutschen Verkehrspolitik im 19. und 20. Jahrhundert, Campus Verlag, 362 Seiten, ISBN 3-593-37921-X, 39,90 Euro

Wenn heute in Deutschland wichtige verkehrspolitische Entscheidungen fallen, sind im Vorfeld immer auch Wissenschaftler beteiligt. Gerade die kontroversen Diskussionen um den Transrapid veranschaulichen die Aktualität von Fragen, die im Zentrum der vorliegenden Arbeit stehen; zum Beispiel: Wie hoch ist der Einfluss des wissenschaftlichen Beirats beim Bundesverkehrsministerium einzuschätzen? Welche Wirkung entfaltet generell die Beratung der Verkehrspolitik durch Experten? Wie ist die heutige Situation entstanden?

Die Strukturen heutiger Politikberatung sind das Ergebnis eines langen historischen Prozesses. Diesen untersucht Michael Hascher von den Anfängen im 19. Jahrhundert bis 1972, als diese Strukturen unter Verkehrsminister Leber ihre heutige Form fanden.

Dr. phil. Michael Hascher promovierte im Rahmen eines Projekts des Deutschen Museums an der TU München. Er war Volontär und wissenschaftlicher Mitarbeiter am Verkehrszentrum des Deutschen Museums. Heute arbeitet Hascher als freier Wissenschafts- und Technikhistoriker. Das Buch erschien im Herbst 2006 als Band 8 der von Hans-Liudger Dienel, Christopher Kopper und Helmuth Trischler herausgegebenen Reihe »Beiträge zur Historischen Verkehrsforschung des Deutschen Museums«. Es ist im Buchhandel und im Museumshop des Deutschen Museums erhältlich.

Dorothee Messerschmid-Franzen

AUSSTELLUNG IM VERKEHRZENTRUM: MOBILITÄT ERLEBEN

Die Ausstellung »Mobilität neu erleben« präsentiert Ergebnisse eines Innovationswettbewerbs, den die UnternehmerTUM GmbH, das Zentrum für Unternehmertum an der Technischen Universität München, zusammen mit der BMW Group, der Deutschen Bahn und dem Flughafen München ausgeschrieben hat. Vorgestellt werden neben den Projekten der Studierenden und Wissenschaftler auch innovative Produkte, Dienstleistungen und Technologien der UnternehmerTUM sowie der Wettbewerbspartner. Lassen Sie sich überraschen von neuen Ideen für unsere mobile Gesellschaft – Ideen zu komfortablerem Reisen, zu neuen Mobilitätsformen oder mobilen Anwendungen. Ob muskelbetriebenes Reisefahrzeug oder Rennwagen – die Ausstellung zeigt Ihnen, wie Sie zukünftig Mobilität erleben!

Ausstellungsdauer: 14. Februar – 09. April 2007

Ort: Deutsches Museum Verkehrszentrum, Theresienhöhe 14a, 80339 München

+++ **VERKEHRZENTRUM:** 14. Februar bis 9. April 2007 »**MOBILITÄT**« Ergebnisse eines Innovationswettbewerbs vorgestellt in einer Sonderausstellung der Technischen Universität München +++

AUSGEZEICHNETE BÜCHER

Die Preisträger des Publikationspreises 2005

Am 26. November 2006 feierte das Deutsche Museum die Verleihung des Publikationspreises 2005 des Deutschen Museums. Der Preis wird herausragenden Publikationen zuerkannt, die im Deutschen Museum und am Münchner Zentrum für Wissenschafts- und Technikgeschichte (MZWTG) entstanden sind und sich der Geschichte von Wissenschaft und Technik widmen. Es werden zum einen fachwissenschaftliche Veröffentlichungen (Forschungspreis), zum anderen populärwissenschaftliche Arbeiten (Bildungspreis) in Buch- oder Aufsatzform ausgezeichnet, die von hoher Qualität und in ihrer Art vorbildlich sind.

BILDUNGSPREIS

Dr. Alto Brachner, Gerhard Hartl und Dr. Christian Sichau für den Ausstellungskatalog »Abenteuer der Erkenntnis.

Albert Einstein und die Physik des 20. Jahrhunderts« verliehen.

Das Deutsche Museum hat sich im Einstein-Jubiläumjahr 2005 nicht nur maßgeblich an der nationalen Ausstellung in Berlin beteiligt, sondern auch die viel beachtete Sonderausstellung »Abenteuer der Erkenntnis« realisiert. Sehr viel tiefer, als dies die Ausstellung selbst leisten konnte, ordnet der Begleitkatalog die bahnbrechenden Erkenntnisse Albert Einsteins in die Physik des 20. Jahrhunderts ein. Der originelle und vorzüglich illustrierte Katalog ist nicht nur ein beispielgebender Beitrag zu einer verbesserten naturwissenschaftlich-technischen Bildung. Er ist auch ein originärer Forschungsbeitrag und zeigt exemplarisch, welche weiterführenden Erkenntnisse eine vertiefte Untersuchung der Sammlungsobjekte des Deutschen Museums erbringt.

FORSCHUNGSPREIS

Dr. Wilhelm Füßl für die Publikation

»Oskar von Miller 1855–1934.«

Eine Biographie.

Sich als Museumsmitarbeiter an eine wissenschaftliche Biografie der »Überfigur« Oskar von Miller zu wagen, gleicht einem Hochseilakt. Dr. Füßl meistert ihn souverän. Das Ergebnis seiner jahrelangen Forschungsarbeiten ist gerade nicht eine heroische Biographie, vielmehr gelingt Dr. Füßl eine kritische, kontextuelle Bewertung des Museumsgründers und Pioniers der Elektrifi-

zierung. Oskar von Miller wird plastisch als einer der großen technischen Systembildner des frühen 20. Jahrhunderts, aber auch als Patriarch in Familie und Museum, als Mensch mit Stärken und Schwächen, mit einem fast grenzenlosen Wirkungsfeld und individuellen Begrenzungen gleichermaßen. Das Buch setzt Maßstäbe für die moderne Technikgeschichte wie auch für die Biografieforschung.

FORSCHUNGSPREIS

Dr. Rudolf Seising für »Die Fuzzifizierung der Systeme. Die Entstehung der Fuzzy-Set-Theorie und ihrer ersten Anwendungen – ihre Entwicklung bis in die 70er Jahre des 20. Jahrhunderts.«

Die Fuzzy-Set-Theorie ist eine allgemeine Systemtheorie, die der mathematisch interessierte Elektroingenieur Lofti Zadeh in den 1960er-Jahren entwickelt hat. Ihre Anwendungen begegnen uns mittlerweile als Konsumenten im Alltag ständig, im Kühlschrank ebenso wie im Fax-Gerät oder PC.

Dr. Seising's Buch macht es mit seinen zahlreichen Graphen und mathematischen Formeln einem allgemeinen Leser nicht leicht, jedoch ist es eine Pionierarbeit über eines der wichtigsten mathematischen Theoriegebäude der letzten Jahrzehnte. Es verbindet eine vertiefte Analyse der Genese der Fuzzy-Set-Theorie und der wissenschaftlichen Arbeiten Zadehs mit der Untersuchung der Anwendungsfelder, vor allem am Fallbeispiel der medizinischen Diagnostik. Im Ergebnis stellt es ein wichtiges Buch zu einem wichtigen wissenschaftlichen Thema dar, dessen Zukunft gerade erst begonnen hat.

FORSCHUNGSPREIS

Prof. Dr. Stephan Lindner

für seine Studie »Hoechst. Ein I.G.-Farben-Werk im Dritten Reich.«

Der amerikanische Historiker Peter Hayes bescheinigt dem Autor im Vorwort zu diesem Buch eine »entschlossene, direkte und ehrliche Darstellung der Firma Hoechst im Nationalsozialismus«, die alle, die sich bislang mit der IG Farben beschäftigt haben, dazu zwingt, »ihre Interpretationen zu überdenken und zu revidieren«. Prof. Lindners Studie verknüpft die mikrohistorische Analyse der Handlungsspielräume der Werksleitung von Hoechst im makrohistorischen Kontext des Nationalsozialismus mit einer außerordentlich gelungenen Untersuchung der unternehmensinternen Forschung und Entwicklung im Spannungsfeld von Rüstungsproduktion und Menschenversuchen. Nicht nur die wissenschaftliche Fachwelt, sondern auch die Feuilletons der großen deutschen Tageszeitungen haben unisono die außerordentliche Qualität dieses glänzend geschriebenen Buches betont, das bereits ins Englische und Französische übersetzt wurde.

Dorothee Messerschmid-Franzen

Alto Brachner, Gerhard Hartl und Christian Sichau: Abenteuer der Erkenntnis. Albert Einstein und die Physik des 20. Jahrhunderts. München, Deutsches Museum 2005. 176 Seiten. 180, großteils farbige Abbildungen.

14 Euro, ISBN 3-924183-02-3

Wilhelm Füßl: Oskar von Miller 1855 bis 1934 – Eine Biographie, München, C.H.Beck, 2005. 452 Seiten. 63 Abb. Leinen. 29,90 Euro, ISBN 3-406-52900-3

Rudolf Seising: Die Fuzzifizierung der Systeme. Die Entstehung der Fuzzy-Set-Theorie und ihrer ersten Anwendungen – Ihre Entwicklung bis in die 70er Jahre des 20. Jahrhunderts. Stuttgart, Franz Steiner Verlag, 2005. 395 Seiten, 44 Euro, ISBN 3-515-08768-0

Stephan H. Lindner: Hoechst, Ein I.G.-Farben-Werk im Dritten Reich, München, C.H.Beck, 2. Aufl., 2005, XVIII, 460 Seiten. 29 Abb. und 20 Tabellen. Leinen. 39,90 Euro, ISBN 3-406-52959-3

Freundes- und Förderkreis Deutsches Museum e.V.

Der **Freundes- und Förderkreis** hat seit seiner Gründung im Jahr 2000 das Deutsche Museum in vielfältiger Weise finanziell unterstützt. Dazu gehört auch die Mithilfe bei der Einrichtung und Ausstattung neuer Museumsbereiche, beim Ankauf von Exponaten sowie der Durchführung von Aktionsprogrammen, die Besuchern aller Generationen zugutekommen und sie begeistern. Der Bogen spannt sich von der vom Freundeskreis finanzierten Wendeltreppe zum Seenotrettungskreuzer »Theodor Heuss«, der im Außenbereich auf der Museumsinsel steht und von den Kindern seither geentert werden kann, über die Wendelrutsche für Kinder im Verkehrszentrum bis hin zu den Seniorenführungen.

Ein besonderes Anliegen des Freundes- und Förderkreises ist die Einbeziehung der Kinder und Jugendlichen in das Museumsgeschehen. Der Zauberschrank »Wissensdurst«, der die Antworten auf die Fragen von Schülern verschiedener Altersstufen bereithält, wurde finanziell gefördert. Unterstützt werden vom Freundeskreis spezielle Programme der Museumspädagogik. Dabei wurde im Einstein-Jahr »EIN STEIN der Weisheit« gesucht oder das Thema »Es rappelt in der Kiste« im Jahr der Informatik erforscht. Im Jahr 2007 wird nach »Kräften im Deutschen Museum« gesucht und der Frage nachgegangen, woher die Energie kommt. Vom Freundeskreis finanziert wurden die Museumsvideos, die an bayerische Schulen verschickt worden sind, und gleichfalls Informationsführer für Studienanfänger Informatik.

Eine breite Außenwirkung entfalten auch die vom Freundes- und Förderkreis finanziell unterstützten Seniorenführungen auf der Museumsinsel und im Verkehrszentrum. Damit wird nicht nur die ältere Generation an die rasanten Entwicklungen in Naturwissenschaft und Technik herangeführt, sondern indirekt zumeist auch das Interesse der Angehörigen jüngeren Alters am Museum geweckt. Gräfin Podewils von Miller, Enkelin des Museumsgründers Oskar von Miller und Vorstandsmitglied im Freundeskreis, hat diese lebhaft nachgefragte Führungsreihe ins Leben gerufen und betreut sie von Beginn an persönlich.



Ein besonderes Anliegen des Freundes- und Förderkreises ist die Einbeziehung der Kinder und Jugendlichen in das Museumsgeschehen ebenso wie Angebote speziell für Seniorinnen und Senioren.

In Planung sind auf Anregung von Gräfin Podewils nun auch zielgruppenspezifische Sonderführungen. Erzieher und Erzieherinnen von Vorschul-Kindergärten werden mit einer vereinfachten Chronik von fünf Abteilungen vertraut gemacht, sodass sie anschließend in der Lage sind, die Kinder selbst durch die Ausstellungen zu führen. Auch diese Maßnahme wird vom Freundeskreis finanziell unterstützt.

Hier schließt sich der Kreis der technischnaturwissenschaftlichen Bildungsarbeit des Deutschen Museums, von den Enkelkindern bis zu den Großeltern und umgekehrt. Der Freundeskreis mit seiner Vorsitzenden Christiane Kaska wird sich weiter dafür einsetzen, dass dieser Kreislauf erhalten bleibt. Persönlichkeiten, die diese Zielsetzung mittragen möchten, sind als Mitglieder stets hochwillkommen.

Unterstützen Sie den Freundeskreis des Deutschen Museums!

Jahresbeitrag:

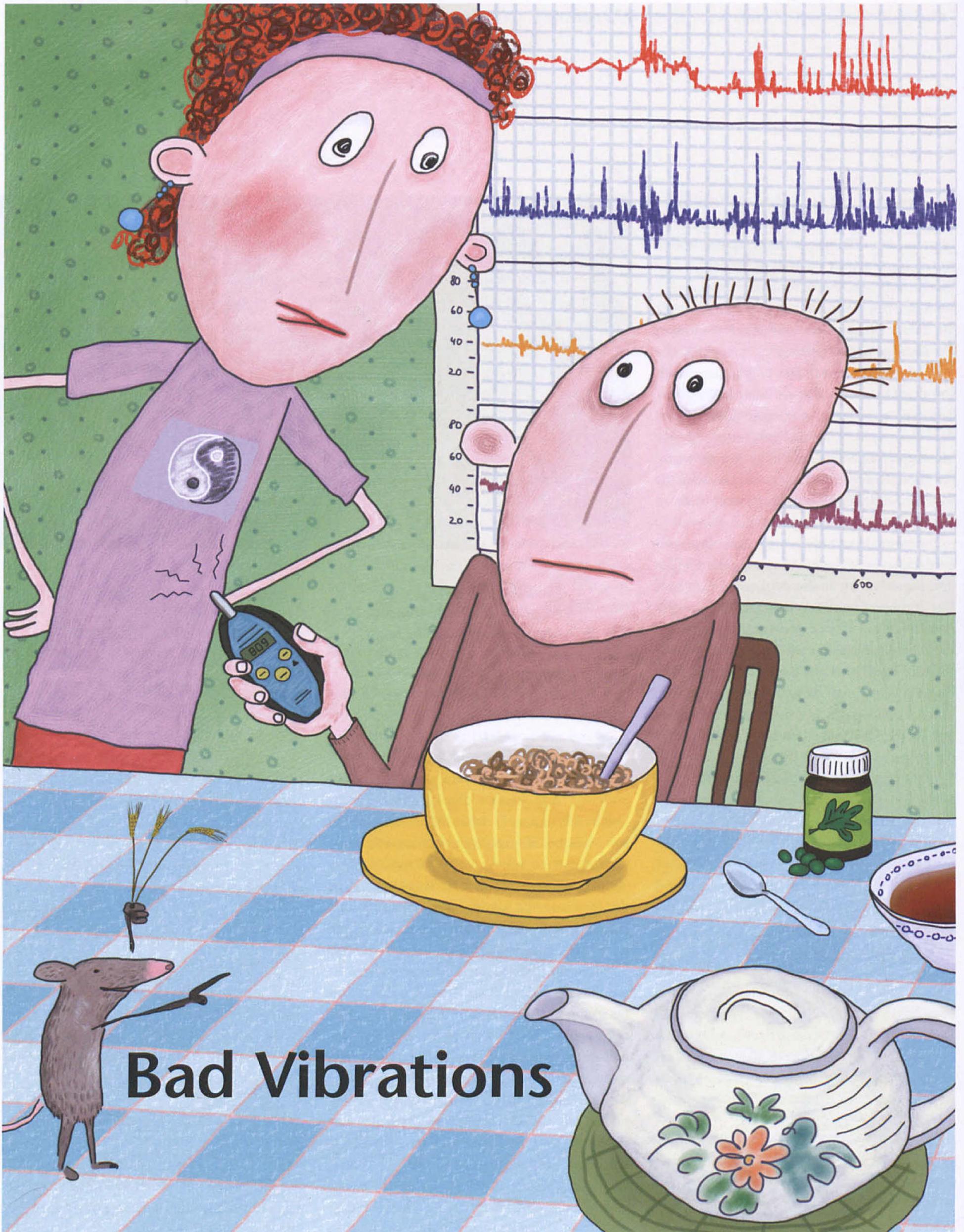
- ▶ 500 Euro für persönliche Mitgliedschaften
- ▶ 2.500 Euro für Mitgliedschaften mittelständischer Unternehmen nach EU-Norm
- ▶ 5.000 Euro für die Mitgliedschaft großer Unternehmen

Kontakt:

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

Ihre Ansprechpartnerin:

Claudine Koschmieder
Telefon: (089) 2179-314
Telefax: (089) 2179-425
c.koschmieder@deutsches-museum.de



Bad Vibrations

Ich kann mich nicht mehr genau erinnern, wann ich zu Fräulein Schröders Freundin Gudrun gesagt habe, dass sie bei uns jederzeit willkommen sei. Es ist ziemlich lange her und wahrscheinlich war ich nicht mehr ganz nüchtern. Aber während ich selbst Dinge vergesse, die mir Fräulein Schröder erst am Tag zuvor eindringlich erläutert hat, gibt es andere, die merken sich sogar das belangloseste Party-Geplauder von vor zehn Jahren. Jedenfalls stand Gudrun letzte Woche vor der Tür und sagte: »Hallo, da bin ich endlich!« Und ich sagte: »Äh, ja, schön. Da bist du endlich.« Fräulein Schröder schob mich dann zur Seite, bat Gudrun in die Wohnung, hievte ihr die Koffer in die Diele und nahm die Konversation

gesund. Nur so würde die Energie im Körper wirklich frei fließen können. Dass ich mir aber dann doch noch einen starken Kaffee kochte, zwei Scheiben Toast mit Nutella hinterher-schob und sagte, meine Energie zöge ich eher aus Koffein und Zucker, hat sie, glaube ich, irgendwie persönlich genommen, denn sie sagte, »heute Abend koche ich uns etwas Gutes«. Abends gab es dann einen Gemüse-auflauf mit gebackenem Tofu und darüber hinaus einen Vortrag über die segensreichen Wirkungen der makrobiotischen Ernährungsweise. Das habe dann ich persönlich genommen und nach all dem Grünzeug gesagt, ich käme gleich wieder, ich würde nur noch mal eben zu Murat um die Ecke gehen und mir als

ich mich in mein Zimmer und sank auf mein Bett. Es war eine fürchterliche Nacht. Als ich am nächsten Morgen nicht zum Frühstück erschien, klopfte es sacht an der Tür und Fräulein Schröder steckte den Kopf herein. »Dinkelbrei und Grüner Tee warten schon auf dich, mein Lieber.« Wie soll ich nur dieses Feixen beschreiben? Immerhin versuchte sie wenigstens Mitleid zu heucheln, als ich ihr daraufhin in düstersten Farben meine Kreuzschmerzen beschrieb. »Vielleicht kann dir ja Gudrun helfen«, schlug sie grinsend vor, »die ist Expertin in diesen fernöstlichen Massagen und in Akupunktur«. Tja, und dann geschah das Wunder. Meine Rückenschmerzen waren wie weggeblasen. Zack. Einfach weg, von einer Sekunde auf die andere. Ich sprang auf, ging ins Bad, trällerte ein Liedchen unter der Dusche, ging dann Semmeln holen und machte mir ein schönes Frühstück mit Eiern, Schinken und Marmelade und Kaffee, und die positivste Energie durchströmte meinen Körper von den Haarspitzen bis in die Zehen. Gudrun sah ich an diesem Tag nicht mehr. Doch der süßliche Geruch von Räucherstäbchen, der aus ihrem Zimmer drang, und die Katzenjammertöne, die sie ihrer Sitar zu entlocken wusste, bewiesen, dass sie noch da war. Tags darauf aber war es so weit. Fräulein Schröder kam zu mir und setzte mich davon in Kenntnis, dass Gudrun ein günstiges Pensionszimmer für die Übergangszeit gefunden habe. Dort wolle sie einziehen, weil sie doch spüre, dass gewisse unharmonische Schwingungen von mir ausgingen. Als das Taxi da war, erbot ich mich immerhin, ihr die Koffer nach unten zu tragen. Das war ein Fehler, denn dem Gewicht nach zu urteilen, hatte sie die Körnerration für mindestens ein Jahr dabei. Vielleicht hätte ich ihr auch nicht nachwinken sollen, denn als ich die Hand zum Abschied hob, fuhr mir mit Karacho wieder der Blitz ins Kreuz, und hätte mich Fräulein Schröder nicht gestützt, ich weiß gar nicht, wie ich zum Arzt gekommen wäre, um mir eine schöne große Spritze verpassen zu lassen. ■■

Manchmal kommen Gäste ungebeten und verderben einem dann auch noch den ganzen Tag.

Text: Daniel Schnorbusch, Illustration: Jana Konschak

in die Hand. Ich habe nicht genau verstanden, welchen Umständen genau wir Gudruns überraschenden Besuch zu verdanken hatten. Irgendeine geheimnisvolle Energie schien ihre Wohnung neuerdings zu durchfluten, weshalb sie da jetzt auf keinen Fall mehr bleiben konnte. Ursache war anscheinend ein neuer Nachbar. »Verschlossene Chakren«, »miese Aura«, »schlechtes Karma«, hörte ich Gudrun flüstern. Ich wusste nicht, wovon sie da sprach. Wahrscheinlich ist sie verwirrt, dachte ich. Das soll es ja geben, geistige Umnachtung in relativ jungen Jahren. Wahrscheinlich erblich. Gudruns Vater war am Ende in der Klappsmühle gelandet, weil er sich für den Engel Gabriel hielt und alle jungen Frauen, die ihm über den Weg liefen, zunächst mit dem Satz »Fürchte Dich nicht« begrüßte und ihnen dann zur bevorstehenden Niederkunft gratulierte. Die eigentlichen Probleme aber begannen am nächsten Morgen. »Ich geh mal eben Semmeln holen«, brummelte ich noch nicht ganz wach in die Küche hinein, wo irgendwer schon mit dem Geschirr klapperte. »Nicht nötig«, flötete Gudrun heraus, »ich habe uns schon ein schönes Frühstück gemacht«. Ich musste dann einen Brei aus Vollwertgetreide essen und Grünen Tee dazu trinken. Sie hatte das alles in ihren Koffern mitgebracht. Das sei sehr

Nachtisch einen Döner besorgen. Fräulein Schröder rollte mal wieder mit den Augen und Gudrun zischte, sie habe nichts dagegen, wenn ich mich vergiften wolle. Bei Murat traf ich dann Rupi und weil wir uns schon so lange nicht mehr gesehen hatten, sind wir noch kurz in Rick's Kneipe und haben ein Bierchen gezischt. Nach Mitternacht war ich wieder zu Hause und hörte aus dem Gästezimmer ein seltsames, rhythmisches Summen. Ich weiß, ich hätte das nicht tun dürfen. Es gehört sich nicht. Es ist unentschuldig. Aber meine Neugierde war eben stärker, und so bückte ich mich herunter und lugte durch das Schlüsselloch und sah Gudrun auf dem Boden im Lotussitz, die Arme leicht angehoben, die Hände angewinkelt, die Fingerspitzen berührten einander. Sie hielt die Augen geschlossen und summte ein gedehntes »Ommm«. Dass sie sich gerade in einem Zustand höchster Erleuchtung befunden haben muss und über seherische Kräfte verfügte, erkannte ich daran, dass sie plötzlich die Augen aufschlug und in Richtung Tür rief: »Hallo, ist da wer?« Beinahe wäre ich vor Schreck hintenübergefallen. Ich wankte zurück, fing mich jedoch, wenngleich ein stechender Schmerz mir derart ins Kreuz fuhr, dass ich fast auf die Knie gesunken wäre. Mit zusammengebissenen Zähnen schleppte

DR. DANIEL SCHNORBUSCH ist freier Autor und Dozent für Theoretische Linguistik an der Ludwig-Maximilians-Universität in München.

Noch sind die Türen zur ehemaligen Abteilung »Foto und Film« verschlossen. Bis Mai 2007 wird an der Neugestaltung gearbeitet. Ganz unterschiedliche Perspektiven sollen sich dann den Besucherinnen und Besuchern eröffnen: Von der Tropenkamera mit Mahagonigehäuse und Messingobjektiv bis zum Einblick in die Nanowelt des Universums. Von der Konstruktion einer Gaußschen Linsenkombination bis zur Synchronisierung von Spielfilm und Schallplatte. Oder von der Erzeugung farbiger Bilder durch die Überlagerung von Schwarz-Weiß-Dias bis zur vertrauten Anmutung eines silbrigen Fotohandys.

Anlässlich der bevorstehenden Eröffnung werden wir in der nächsten Ausgabe von Kultur&Technik Aspekte dieser Ausstellung herausgreifen. Sie lesen über Historie und Neukonzeption dieses Ausstellungsbereichs, über Atombilder, legendäre Kameras, künstlerische Fotografie oder erotische Daguerreotypien.

Freuen Sie sich mit uns auf ein abwechslungsreiches Magazin.
Ihr Redaktionsteam

Stereo-Daguerreotypie,
anonym, um 1890.



Arriflex 535:
Profi-Filmkamera
von Arnold Richter,
München, 1993.

IMPRESSUM

Das Magazin
aus dem Deutschen Museum

31. 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)

Fachberatung, Deutsches Museum:
Dr. Frank Dittmann

Redaktion: folio gmbh, Kirchplatz 5c, 82049 Pullach
Telefon (089) 121167-11, Fax: (089) 12116727, E-mail:
landes@folio-muc.de; Sabrina Landes (Leitung),
Bärbel Bruckmoser (Kaleidoskop, Kultur), Andrea
Bistrich (Redaktion), Birgit Schwintek (Grafik),
Dorothea Büchele (Anzeigen).

Verlag: Verlag C. H. Beck oHG, Wilhelmstraße 9,
80801 München; Postfach 400340, 80703
München, Telefon: (089) 38189-0, Telex: 5215085
beck d, Telefax: (089) 38189-398, Postbank: Mün-
chen 6229-802, www.beck.de; Der Verlag ist oHG.
Gesellschafter sind Dr. Hans Dieter Beck und
Dr. h.c. Wolfgang Beck, beide Verleger in München.

Redaktionsbeirat: Dr. Alto Brachner, Dr. Jobst Broel-
mann, Dr. Klaus Freymann, Maike Furbach, Dr. Hel-
mut Hiltz, Dr. Eva A. Mayring, Dorothee Messer-
schmid, Dr. Annette Noschka-Roos, Prof. Dr. Jürgen
Teichmann, Prof. Dr. Helmuth Trischler

Herstellung: Bettina Seng, Verlag C.H.Beck

Anzeigen: Fritz Leberherz (verantwortlich), Verlag
C.H.Beck oHG, Anzeigen-Abteilung, Wilhelm-
straße 9, 80801 München; Postfach 400340, 80703
München; Telefon: (089) 38189-598, Telefax: (089)
38189-599. Zurzeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 23,
Anzeigenschluss: 6 Wochen vor Erscheinen.

Repro: Rehbrand, Rehms & Brandl Medientechni-
k GmbH, Friedenstraße 18, 81671 München

Druck: aprinta Druck GmbH & Co. KG, Senefel-
derstraße 3-11, 86650 Wemding

Bindung und Versand: Druckerei C.H. Beck,
Niederlassung des Verlags C.H.Beck oHG,
Bergerstr. 3, 86720 Nördlingen

Bezugspreis 2007: Jährlich € 24,-, Einzelheft
€ 7,-, jeweils zuzüglich Versandkosten

Für Mitglieder des Deutschen Museums ist der
Preis für den Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbei-
trag enthalten (Erwachsene € 52, Schüler und Stu-
denten € 25,50). Erwerb der Mitgliedschaft:
Schriftlich beim Deutschen Museum, D-80306
München. – Für Mitglieder der Georg-Agricola-
Gesellschaft zur Förderung der Geschichte der Na-
turwissenschaften 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 Tech-
nikgeschichte, 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 Ver-
lag.

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 Urheberrechts-
gesetzes bedarf der Zustimmung des Verlags.

ISSN 0344-5690

