

Entdecke die Möglichkeiten In den vergangenen 150 Jahren wurde eine Fülle an Fahrzeugantrieben entwickelt

Elektrisch zum Mars Mit Ionenantrieb können Sonden jahrelang durch den Weltraum fliegen

Die Maschine »Z« Der Bauingenieur Konrad Zuse war einer der großen Pioniere des Computerzeitalters

KULTUR & TECHNIK

Ökologisch mobil

Wir erklären die wichtigsten
Antriebstechniken der Vergangenheit und Gegenwart
und fragen nach, was die Zukunft bringt.



Inhalt

Ökologisch mobil

Thema

- 4** **Auf zu neuen Abenteuern!**
Interview mit Gijs Mom über die Zukunft des Elektromobils
- 6** **Die Zeit ist reif**
Alternative Antriebe
Erik Eckermann
- 11** **Bewegende Kräfte**
Gedanken, Bilder, Erinnerungen
- 14** **Entdecke die Möglichkeiten!**
Was Fahrzeuge antreibt
Karl Allwang, Frank Dittmann
- 20** **Wir haben noch ausreichend Spielraum**
Interview mit Bodo Durst (BMW)
- 22** **Revolution im Antrieb**
Kampf der Systeme
Clara Steffens

- 26** **Elektrisch zum Mars**
Mit Ionenantrieb ins All
Bernd Flessner
- 29** **Ein Frühwerk der Eisenbahnliteratur**
Baaders *Neues System der fortschaffenden Mechanik*
Helmut Hilz
- 32** **Geschenk mit Mehrwert**
Wie eine Draisine einst die Karriere eines Landrats beförderte
Hans-Erhard Lessing

Magazin

- 38** **Von Cyborgs und Nanobots**
Die Schreibwerkstatt Zukunftstechnologien
Petra Scheller
- 42** **Die Maschine »Z«**
Dem Computerpionier Konrad Zuse zum 100. Geburtstag
Hartmut Petzold

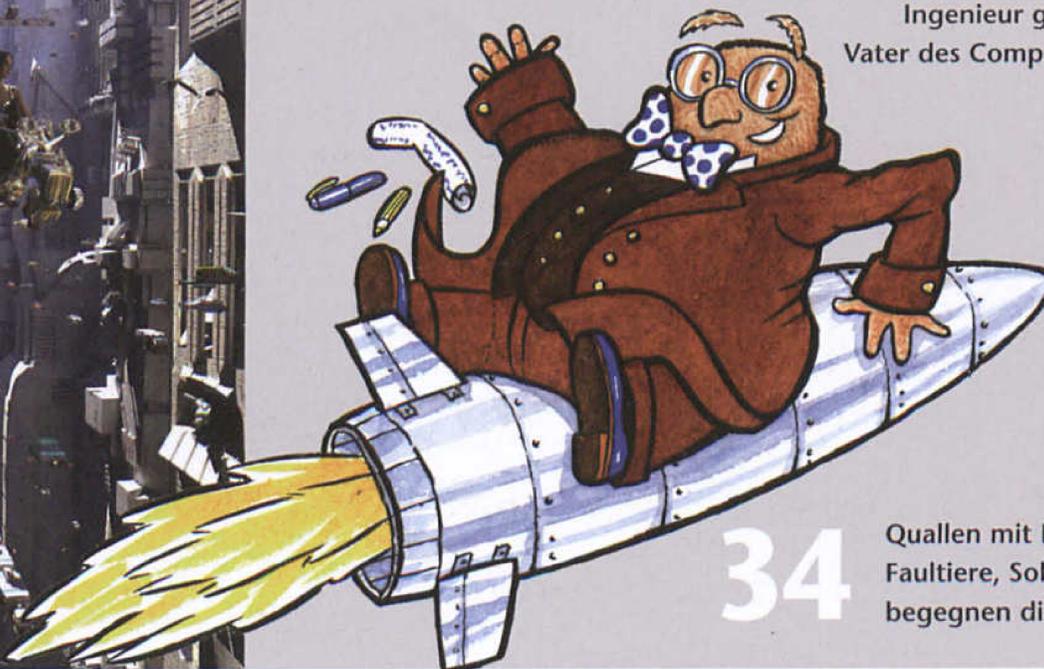
- 48** **Das Deutsche Museum in der Zeit des Nationalsozialismus**
Revision einer Nachkriegslegende
Stefan L. Wolff, Elisabeth Vaupel
- 54** **Ferne Werke ganz nah**
Digitalisierte Bücher online ansehen
Benedikt Marchand

Rubriken

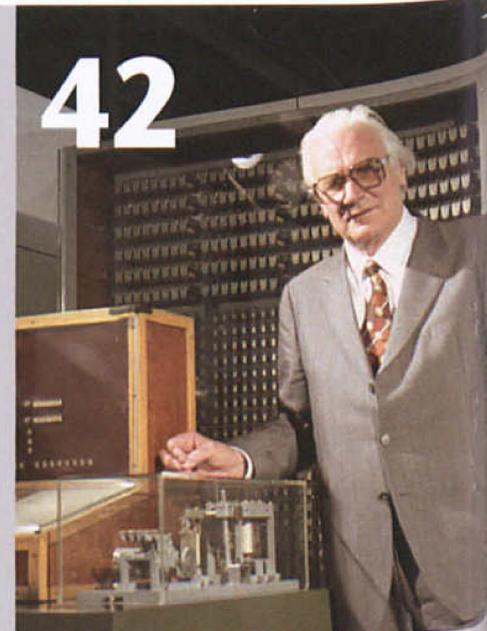
- 34** **MikroMakro**
Die Seiten für junge Leser
- 56** **Termine**
- 59** **Deutsches Museum intern**
- 63** **Neues aus dem Freundes- und Förderkreis**
- 64** **Schlusspunkt**
- 66** **Vorschau, Impressum**



Karl Allwang und Frank Dittmann erklären die wichtigsten Antriebstechniken.



In diesem Jahr wäre Konrad Zuse 100 Jahre alt geworden. Der Ingenieur gilt als Vater des Computers.



Quallen mit Raketenantrieb, Faultiere, Solarflugzeuge und Pedalritter begegnen dir in »MikroMakro«.

LIEBE LESERIN, LIEBER LESER,

eigentlich ist es eine Binsenweisheit: Der Blick in die Geschichte zeigt uns mögliche Wege in die Zukunft. Das wissen auch die Macher von Science-Fiction-Filmen. Sie »borgen« sich die Schablonen ihrer Figuren und Handlungen gerne aus dem Hochmittelalter (und aus landläufigen Vorstellungen davon), um sie – mit modernen Waffen und Fortbewegungsgeräten versehen – auf »Aventiurefahrt« zu schicken.

Um über die Zukunft unserer automobilen Antriebstechniken nachzudenken, müssen wir gar nicht so weit zurückgehen. Etwas über 200 Jahre reichen aus. Denn so alt ist ungefähr der Elektromotor, von dem sich nicht nur Bundeskanzlerin Angela Merkel die Lösung unserer Ressourcen- und Umweltprobleme verspricht. Um 1800 hat Alessandro Volta (1745–1827) bereits die elektrische Batterie erfunden, und 30 Jahre später baute Joseph Henry (1797–1878) den Gleichstrommotor. Im Jahre 1835 konstruierte Thomas Davenport (1802–1851) das erste elektrische Schienenfahrzeug – damals noch mit einer nicht wiederaufladbaren Batterie, bis 1860 der Bleiakkumulator erfunden wurde.

Um 1900 fuhr, wer es sich leisten konnte, elektrisch: leise, sauber und durchaus zügig. Gijs Mom, Ingenieur, Technikhistoriker und



Literaturwissenschaftler, ging der Frage nach, warum sich diese Art der Fortbewegung trotzdem nicht durchsetzen konnte. Die Psychologie, so sein Fazit, spielte dabei eine wichtige Rolle. Der Verbrennungsmotor versprach und verspricht bis heute den Abenteuersuchenden aller Schichten Erlebnisse der besonderen Art. (siehe Beitrag S. 4-5). Ob sich das brave Elektromobil dagegen durchsetzen wird?

Möglicherweise werden es ja doch ganz andere Lösungen sein, die uns in Zukunft durch den Raum bewegen. Aus der Fülle bereits bekannter Antriebsvarianten haben Ihnen unsere Autorinnen und Autoren die

Im Zweifelsfall siegt das Lustprinzip: Autofahren soll Spaß machen.

wichtigsten zusammengestellt. Sie erklären die Funktionsweise sowie die Vor- und Nachteile einzelner Systeme. Ihr vorläufiges Fazit: Ein Mix der Antriebssysteme erscheint derzeit zukunftsfähiger und vernünftiger als die Bevorzugung einer bestimmten Technik. Allerdings: Wer mag schon vernünftig sein – wir wollen Abenteuer!

Ihre Sabrina Landes
Redaktionsleitung

ABKÜRZUNGEN UND MASSEINHEITEN

Wegen der besseren Lesbarkeit haben wir Maßeinheiten häufig abgekürzt verwendet. Hier eine Übersicht der verwendeten Einheiten:

Watt	W
Wattstunde	Wh
Wattstunde pro Kilogramm	Wh/kg
Kilowattstunde	kWh
Kilowattstunde pro Liter	kWh/l
Megawatt	MW
Meter pro Sekunde	m/s

Kultur & Technik finden Sie jetzt auch online unter:

www.kulturundtechnik.de

Schauen Sie doch mal rein!

Über diese Seite können Sie uns künftig auch Ihre Leserbriefe zuschicken.
Oder wie gewohnt per Post an:

Kultur & Technik Redaktion · Sabrina Landes · Gistelstraße 63 · 82049 Pullach

(Die Redaktion behält sich den Abdruck und die Kürzung von Leserzuschriften vor.)



Auf zu neuen Abenteuern!

Gijs Mom über Geschichte und Zukunft des Elektromobils

Warum setzt sich eine technische Entwicklung durch, während die andere auf der Strecke bleibt, obwohl sie möglicherweise die bessere wäre? Es kommt eben nicht nur auf Ökonomie und Nützlichkeit an, meint Gijs Mom. Kulturelle und psychologische Faktoren sind mindestens ebenso wichtig.

Sie gehen in Ihrem Buch *The Electric Vehicle* der Frage nach, warum sich das Elektroauto bisher nicht durchsetzen konnte.

Schuld daran sind Kultur und Technik, aber vor allem Kultur. Das Paradigma des Benzinautomobils hat sich schon ziemlich früh, etwa kurz nach der Jahrhundertwende um 1902 etabliert. Da war für die meisten schon klar, dass das Benzinautomobil gewinnen würde. Allerdings haben in den ersten Jahren vor allem Ingenieure geglaubt, es würde sich dabei um eine vorübergehende Modeerscheinung handeln. Schon damals waren die Experten der Ansicht, das Benzinauto eigne sich nicht für den Stadtverkehr. Am Ende, so glaubte man, würde die Vernunft siegen, man würde Elektrofahrzeuge in der Stadt benutzen, Dampffahrzeuge für den Frachtverkehr und Benzinautomobile für die Reichen, fürs Vergnügen, für Touren außerhalb der Stadt.

Doch es kam ganz anders. Was sind die Ursachen dieser Entwicklung?

Man hat nicht vorhergesehen, dass die schnellen Ausflugsreisen zum Mainstream werden würden, dass das Automobil also ganz und gar nicht benutzt werden würde für das, wozu es konzipiert war, sondern vor allem fürs Vergnügen. In den ersten fünfzehn Jahren entstand eine eigene Kultur rund um das Benzinautomobil, die in der Folge auch die Einstellung zum Elektrofahrzeug beeinflusst hat. Obwohl schon um

die Jahrhundertwende klar war, dass das Elektrofahrzeug die beste Alternative ist. Weil es sauber war, weil es vor allem in Flotten, also Taxis, Droschken, Lastwagen etc., viel besser funktionierte und auch billiger war als Benzinfahrzeuge.

Als wichtige Argumente gegen das Elektromobil galten die Abhängigkeit von Batterien und deren qualitative Mängel ...

Die Argumentation, die Batterie halte längerer Belastung nicht stand, stimmte schon 1907 nicht mehr. Die erste Generation der Elektrofahrzeuge litt unter schlechten Batterien, das ist wahr. Vermutlich hat sich daher bis heute die Idee gehalten, dass die Batterien das Problem seien, weil ihre Reichweite zu gering sei. Dabei hat die Firma AFA, der Vorläufer von Varta, bereits 1907 einen Batterietyp entwickelt, der bestens funktionierte und mit einer Energiedichte von ungefähr 30-35 Wh/kg (fast derselbe Wert wie heute) eine ausreichende Lebensdauer hatte.

Die Entscheidung für eine bestimmte Technik basiert also nicht auf rationalen Überlegungen, sondern ist das Ergebnis psychologischer, kultureller und sozialer Einflüsse?

Das Benzinauto hatte – gegen alle damaligen Prognosen – in der Rückschau die besseren Ausgangsbedingungen. Es traf den Zeitgeist, indem es den Wunsch nach Abenteuer und Welterkundung aufgriff. Das ist heute möglicherweise anders. Viel mehr

Frauen fahren heute Auto. Sie scheinen weniger anfällig zu sein für das »automobile Abenteuer«, für Aggression und Geschwindigkeit. Meine Hoffnung ist, dass man die Frauen eher für das Elektroauto begeistern kann. Meine zweite Hoffnung ist, dass die nachfolgende Generation genug hat von den altmodischen mechanischen Abenteuern. Die junge elektronische Generation ist auf der Suche nach neuen Abenteuern. Dennoch wird es nach wie vor wichtig sein – auch das lehrt uns der Blick in die Geschichte – ein neues automobiles Abenteuer zu formulieren.

Hat der Verbrennungsmotor heute wirklich noch denselben Charakter wie in den Anfangszeiten des Automobils? Die Hersteller versuchen doch, die Motoren immer ruhiger zu machen. Und auch der Spaß an der Technik ist marginal: Man sieht ja gar nicht mehr, wo die Verbrennung stattfindet ...

Tatsächlich stellt sich heute auch die Frage: Warum soll man sich eigentlich für das Elektroauto entscheiden, wenn die Dinge, die das Elektrofahrzeug so attraktiv machen, teilweise in das Mainstream-Auto eingeflossen sind. Damit meine ich zum Beispiel: Wenn die Leute ein ruhigeres »Abenteuer« möchten, dann bekommen sie das inzwischen auch mit einem Benzinfahrzeug. Wenn das Elektroauto sich durchsetzen soll, dann wäre es an der Zeit, ein neues Abenteuer zu formulieren. Aber das Abenteuer wird nach wie vor formu-

liert auf der Basis der alten Technologie. Warum soll man dann überhaupt elektrisch fahren? Weil Städte eine bessere Luft brauchen? Wenn man das will, muss man entweder radeln oder Elektromobil fahren. Aber für alle anderen Einsatzmöglichkeiten, das haben auch die Grünen schon lange durchgerechnet, ist der Benzinmotor wenigstens so gut wie das Elektrofahrzeug – wenn nicht besser.

Das heißt, wir brauchen heute eigentlich keine Elektroautos mehr?

Tatsächlich müssen wir uns fragen, wozu wir sie heute noch brauchen. Ich habe seit den 60er-Jahren kein neues Argument gehört. Das ist jetzt der dritte oder vierte Hype, und jedes Mal scheitert es an der Autoindustrie, die sich weigert, billige Elektroautos zu bauen. Es gab bereits verschiedene Versuche, auf Rügen, in der Schweiz, in Kalifornien – das hat alles große Hoffnung gemacht, doch geklappt hat es nie. Ich sehe kein neues Argument, warum es jetzt gelingen sollte. Das Einzige, was in diesem Zusammenhang immer wieder vorgebracht wird, ist die Endlichkeit der Ölvorräte. Aber auch das dauert vielleicht noch 100 Jahre. Und selbst wenn das Öl versiegt sein sollte oder zu teuer wird: BMW beispielsweise arbeitet momentan intensiv am Verbrennungsmotor auf der Basis von Wasserstoff. Das ist ein schönes und sauberes Konzept.

Lassen Sie uns noch einmal auf den Begriff des »Automobilabenteurers« zurückkommen, der in Ihrem Buch eine wichtige Rolle spielt. Findet das Abenteuer heute nicht ganz woanders statt? Im Internet beispielsweise?

Für mich jedenfalls, wenngleich ich kein Automobil-Macho bin, ist dieses Abenteuer noch immer existent. Es hat drei Aspekte: das zeitliche Abenteuer, also die mögliche Geschwindigkeit. Dann das räumliche Abenteuer: Man fährt, ohne zu wissen wohin. Drittens ein funktionales Abenteuer: Man kann sich nicht wirklich sicher sein, ob das Auto tatsächlich funktioniert – auch das ist zunächst ein Vorteil. Denken Sie nur an die PC-Bastler, die die Betriebsunfreundlich-

keit der ersten Rechner besonders attraktiv fanden. Der dritte Abenteuer-Aspekt ist heute mehr oder weniger gelöst. Aber der zeitliche Aspekt spielt immer noch eine wichtige Rolle. Die Geschwindigkeit ist für viele sehr wichtig, wenngleich jeder weiß, dass kaum Zeit gewonnen wird, wenn man 180 km/h fährt oder 120 km/h. Es ist lediglich das angenehme Gefühl, das man hat, wenn man schnell fährt. Allein die Vibrationen wirken auf geheimnisvolle Weise anziehend, beim Steuern spürt man die enorme Multiplikation der Kräfte. Das sind reale körperliche Erfahrungen. Auch der Aspekt, kilometerweit irgendwohin ins Unbekannte fahren zu können, ist für Autofahrer heute so interessant wie früher. Wir können daher noch immer von einem Automobil des Abenteurers sprechen, und das Elektromobil kann dieses Abenteuer bisher zumindest nicht ersetzen.

Scheint es aus Ihrer Sicht wirklich sinnvoll, eine Technik des 20. Jahrhunderts wiederzubeleben? Müssen wir unser Mobilitätskonzept nicht grundsätzlich überdenken?

Ich habe die Lösung nicht in der Tasche, aber eine der möglichen Zukunftsszenarien könnte sein, dass das Auto auf der Autobahn am Ende einem Zug gleichen wird, der elektronisch gekoppelt ist, und dass die Autobahn eine Art gleislose Spur sein wird. Der Unterschied zum Zug wäre dann nicht mehr sehr groß. Damit – so fürchten manche – würde man allerdings auch ein wenig von seiner persönlichen Freiheit aufgeben müssen.

Dann ist es nur noch ein kleiner Schritt, um alles komplett zu elektrifizieren, wie das auch mit den Hochgeschwindigkeitszügen gemacht wurde. Man kann während des Reisens im Internet surfen, das Fahrzeug gleitet fast geräuschlos und ohne ruckartige Bewegungen dahin. So könnten Verkehrsströme zwischen Metropolen organisiert werden. Doch wie geht es in der Stadt weiter? Die Städte sind von den Verkehrsplanern bisher ziemlich vernachlässigt worden, alles wurde auf die Autobahnen gesetzt. Hier sehe ich die größten Herausforderungen für die Zukunft.



Ein Elektroauto von Louis Krieger hält am Bois du Bologne. (Bildpostkarte, um 1900)

Möglicherweise wird die Nutzung von Autos im Zentrum einfach verboten werden. Neben dem öffentlichen Nahverkehr werden dann nur noch Fahrräder, Elektroautos, E-Lieferwagen oder E-Taxen erlaubt sein. Die Autohersteller haben das Problem übrigens schon längst erkannt! Renault hat beispielsweise vor knapp fünf Jahren ein Forschungszentrum in Paris gegründet, nur um das Problem des Autos in der Stadt zu untersuchen. Denn man fürchtet, dass in ein paar Jahren die Kommunalverwaltungen das Auto in der Stadt verbieten werden. Für mich als Technikhistoriker sind Erwartungen mindestens ebenso wichtig wie konkrete Fakten. Erwartungen sind Ideen, die man braucht, um zu handeln. Von daher ist es natürlich wichtig, immer wieder eine neue Utopie, ein neues Bild von der Zukunft zu skizzieren.

*Das Interview führten
Sabrina Landes und Andrea Bistrich.*

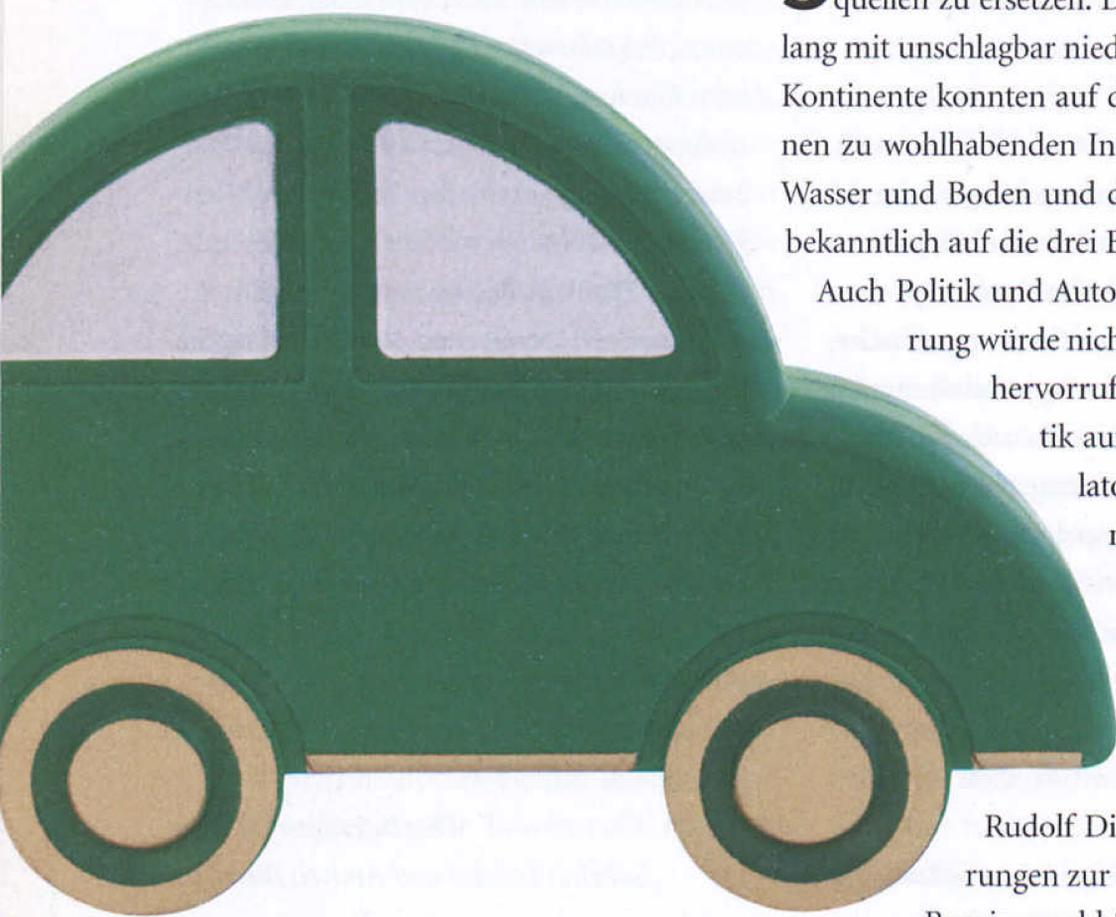
PROF. DR. ING. GIJS MOM ist Ingenieur, Technikhistoriker und Literaturwissenschaftler. In seinem Buch *The Electric Vehicle. Technology and Expectations in the Automobile Age* (Baltimore, London, 2004) untersucht er u.a. die Gründe des Scheiterns des Elektromobils. Am Rachel Carson Center in München befasst sich Mom zurzeit mit seinem nächsten Buch: eine Synthese des westlichen Automobilismus.

www.carsoncenter.uni-muenchen.de

Alternative Antriebe

Die Zeit ist reif^v

Technische Lösungen können überzeugend ausfallen, müssen aber deshalb noch längst nicht marktfähig sein. Voraussetzungen für Akzeptanz und Markterfolg sind politische, wirtschaftliche und soziale Prozesse. Von Erik Eckermann



Seit über 100 Jahren wird versucht, den Benzinmotor als Fahrzeugantrieb durch andere Antriebsquellen zu ersetzen. Daran konnte das Ölkartell kein Interesse haben und steuerte jahrzehntelang mit unschlagbar niedrigen Preisen für Mineralölprodukte gegen. Ganze Volkswirtschaften und Kontinente konnten auf diese Weise vom Agrar- oder Wüstenstatus innerhalb weniger Generationen zu wohlhabenden Industrie- oder Dienstleistungsnationen aufsteigen – auf Kosten von Luft, Wasser und Boden und damit auf Kosten der Lebensqualität jedes Einzelnen von uns, die wir ja bekanntlich auf die drei Elemente angewiesen sind.

Auch Politik und Autoindustrie richteten sich im Ölzeitalter behaglich ein, denn jede Veränderung würde nicht nur Kosten verursachen, sondern möglicherweise auch soziale Unruhen hervorrufen. Die Industrie schaut auf die Amortisation ihrer Investitionen, die Politik auf den Erhalt ihrer Macht. Angenommen, die Energiedichte der Akkumulatoren wäre morgen auf dem Niveau flüssiger Kraftstoffe und wir würden nur noch mit Elektroautos fahren, die keine Kupplungen, Getriebe oder Auspuffanlagen, keine Turbolader, Einspritz- oder Kühlsysteme benötigen und die sich mit simplen Elektro- statt mit komplizierten Verbrennungsmotoren begnügen – wohin mit den Verbrennungsmotorenherstellern, Zulieferfirmen und Mitarbeitern?

Abgesehen von den bereits vor 1900 begonnenen Versuchen von Rudolf Diesel und Rudolf Pawlikowski, sich mit Gasöl und Kohlenstaub (Erläuterungen zur Motorentechnik siehe Beitrag S.14ff.) und entsprechenden Motoren vom Benzin unabhängig zu machen, fanden breiter angelegte Bestrebungen ab Ende des Ersten Weltkriegs statt. Beinahe schlagartig hatte sich die Bedeutung des Erdöls gegenüber der Kohle, bisher Wirtschaftsgrundlage und Energieträger Nummer 1, geändert. Aus dem privatkapitalistischen Handelsgut war ein wirtschaftspolitisches Druckmittel geworden, das über das Wohl und Wehe von Nationalstaaten entschied. Ohne Öl war eine moderne Volkswirtschaft nicht mehr überlebensfähig, schon gar nicht, wenn sie Krieg führte.

Das bekam außer Deutschland auch Frankreich zu spüren, das über keinen ausreichenden Zugriff auf Erdöllagerstätten verfügte. Es sah sich vielmehr durch den von den Deutschen am 1. Februar 1917 erklärten uneingeschränkten U-Boot-Krieg von Öllieferungen und von seinen Kolonien abgeschnitten. 1921 kloppte die Armee Ersatztreibstoffe wie Benzin-Alkohol-Gemische, Azetylen und Leuchtgas auf Fahrzeugtauglichkeit ab. Die Ergebnisse ermunterten nicht zu weiterer Beschäftigung, sodass sich die französischen Anstrengungen von jetzt an hauptsächlich auf die Vergasung von Feststoffen konzentrierten, mithin auf den Fahrzeuggenerator.

Literatur

Martin Burgmer, Ingo Meyer,
*Alternative Kraftstoffe und Hybrid-
antriebe.* Bonn 2006

Erik Eckermann, *Fahren mit Holz.
Geschichte und Technik der Holzgas-
generatoren und Ersatzantriebe.*
Bielefeld 2008

Die zunächst favorisierte Holzkohle schied nach ein paar Jahren des Experimentierens aus, weil sich die Kapazität der Kohlenmeiler nicht beliebig erhöhen ließ. Bei einem angenommenen Jahresbedarf von 900.000 Tonnen wären 20.000 mobile Öfen in den Wäldern erforderlich gewesen. Außerdem ließ sich Holzkohle schwierig transportieren. Sie zerbröckelte schon bei kleineren Erschütterungen und fiel somit als Füllgut für Generatoren aus, weil diese nur stückiges Gut vergasen konnten.

Im Dezember 1925 lobte der französische Staat Subventionen für Generatorfahrzeuge aus und gewährte, nachdem die Generatorverkäufe ab 1931 durch die Weltwirtschaftskrise 1929 bis 1932 und das zunehmende Interesse am Dieselmotor eingebrochen waren, ab Dezember 1934 zusätzlich Steuerbefreiung. Dadurch stieg zwar der Bestand an Generatorfahrzeugen bis zum Beginn des Zweiten Weltkriegs auf etwa 6.000 Stück, aber eine eigenständige Dieselmotorenentwicklung wurde verzögert. Frankreichs Lastwagen- und Traktorenbauer mussten, Renault und Panhard ausgenommen, Diesel-Lizenzen in Deutschland, Österreich, Italien und England einkaufen. Die Subventionspolitik der französischen Regierung hatte somit eine verminderte Wettbewerbsfähigkeit der dortigen Fahrzeugindustrie zur Folge und damit das Gegenteil dessen erreicht, was ursprünglich angestrebt worden war.



Der Imbert-Holzgasgenerator war bei diesem Ford-V8-Pritschenwagen wie damals üblich rechts hinter dem Fahrerhaus eingebaut worden. Die Holzkohle befand sich im Kasten daneben, der Absitzbehälter war unter Stoßstange angebracht. (Foto um 1942)

DIE IMMER WIEDERKEHRENDE TREIBSTOFFDEBATTE. Der Dieselmotor ist eine spezifisch deutsche Entwicklung. Er galt, wie auch der Kohlenstaubmotor, um 1900 als Alternative zum Benzinmotor. Während die Forschungsarbeiten am Kohlenstaubmotor 1940 eingestellt wurden, weil es nicht gelang, die Vermischung der harten Rest- oder Ascheteilchen mit dem Schmieröl zu verhindern, war um 1928 der Fahrzeugdieselmotor bei nahezu allen deutschen Motorenfabriken in Entwicklung oder im Bau. Ausnahmen waren Opel und Ford, deren US-Muttergesellschaften noch heute nicht viel vom Diesel halten. Zurzeit liegt der Dieselanteil für Lkw in Westeuropa bei über 95 Prozent, für Pkw bei 50 Prozent.

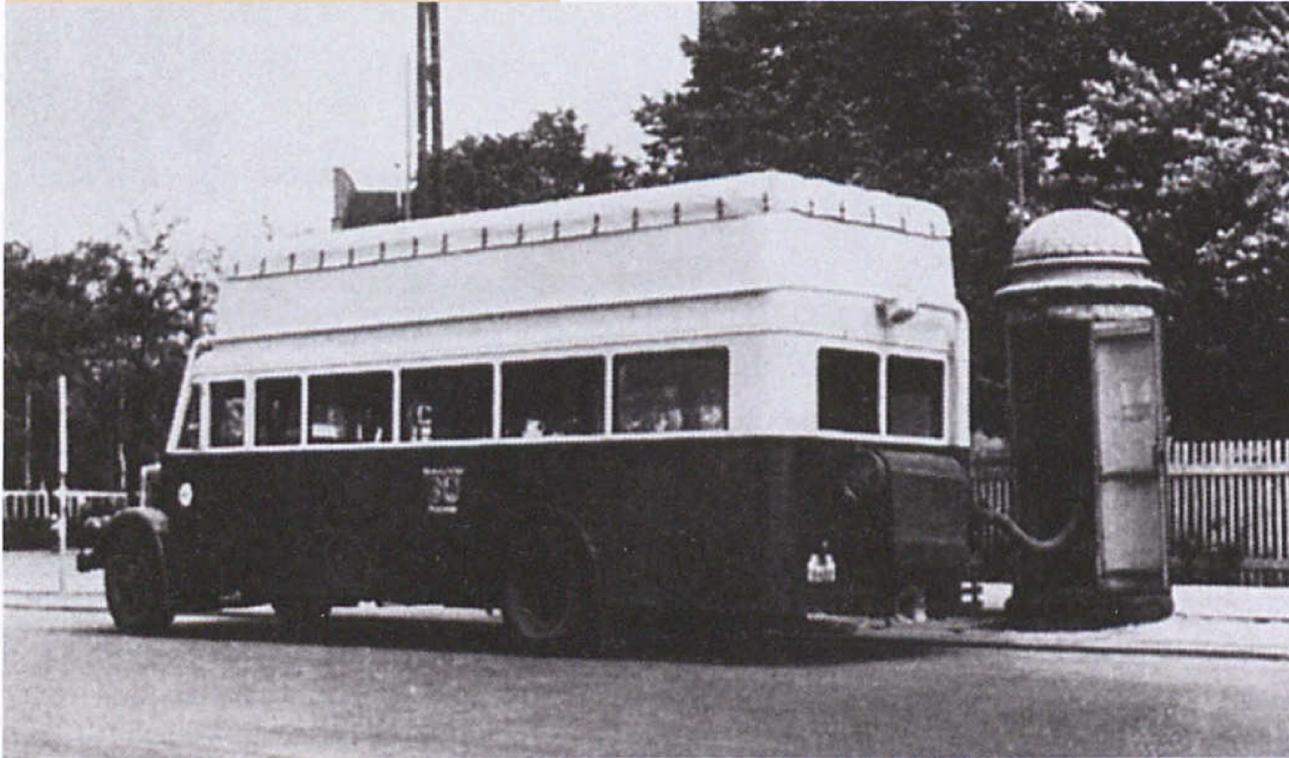
So gesehen hat sich der (alternative) Dieselmotor gegenüber dem Benzinmotor durchsetzen können. Doch heute verstehen wir unter alternativen Antrieben und Brenn- und Kraftstoffen mineralölferne Energiequellen. Die Bezeichnung »alternativ« ist übrigens jüngeren Datums, früher sagte man »heimische« Brenn- oder Treibstoffe oder »Ersatz«, ein Wort, das um die Welt ging.

Mit den verkehrsfördernden Maßnahmen des NS-Regimes nach der Machtergreifung am 30. Januar 1933 rückte die Treibstofffrage in den Mittelpunkt öffentlicher Diskussion, weil »eingeführter Treibstoff ... Devisen und eine unerwünschte Auslandsabhängigkeit (kosten) ... es bedarf keiner Erwähnung, daß das Ziel zunächst in einer beschleunigten Erweiterung eigener, billiger Treibstoffherzeugung liegt« (*MOTOR* 4/1935, S. 17). Dem kamen die synthetischen Verfahren entgegen, die unter dem Schlagwort **Kohleverflüssigung** bekannt geworden sind.

Doch obwohl die inländische Erdölgewinnung und die Erzeugung heimischer Kraftstoffe nach den beiden genannten Verfahren gesteigert werden konnte, nahmen die Mineralölimporte zu: Deutschland hatte Nachholbedarf, die Pkw-Produktion, Indikator für Wohlstand und Industrialisierungsgrad einer Nation, lag Anfang der 1930er-Jahre weit abgeschlagen hinter Frankreich und England, von den USA ganz zu schweigen. Die Erzeugung heimischer flüssiger Kraftstoffe deckte 1933/34 nur 30 bis 40 Prozent des tatsächlichen Verbrauchs, und da mit einer zunehmenden Motorisierung gerechnet werden konnte, andererseits die Herstellung synthetischer Benzine nach Bergius/Leuna und Fischer-Tropsch erhebliche Investitionen und Vorlaufzeiten benötigte, »müssen (wir) uns daher nach anderen heimischen Treibstoffen umsehen, wenn wir uns in der Treibstofffrage vom Ausland immer mehr unabhängig machen wollen, was unter den heutigen politischen und wirtschaftlichen Verhältnissen nationale Pflicht ist« (Eugen Mayer-Sidd, *Der Kraftfahrzeugbetrieb mit heimischen Treibstoffen*. Halle 1937, S. 11, 14).

Kohleverflüssigung: Katalytische Hochdruckhydrierung (150 bis 200 bar) nach Bergius, ab 1933 großtechnisch angewendet von der IG Farben in Leuna (Landkreis Merseburg), und in der Niederdruckhydrierung nach dem Fischer-Tropsch-Verfahren ab 1934.





Omnibus mit Treibgasflasche und Aufbau für Niederdruck-Stadtgas an einer Gastankstelle, 1942.

ERIK ECKERMANN ist als Automobilhistoriker renommierter Autor zahlreicher Bücher und Artikel rund um die Geschichte automobiler Technik.

Auf verschiedenen Ebenen wurde versucht, heimische Brenn- und Kraftstoffe für den Fahrzeugantrieb nutzbar zu machen. Die Städtischen Gaswerke AG Berlin (Gasag) experimentierten 1934 mit Leuchtgas. Das Städtische Fuhramt Stuttgart rüstete 1934/35 einen Opel-Personenwagen und einen 5-Tonnen-Krupp-Müllwagen auf Klärgas um. Einige Fuhrparks unternahmen Versuche mit Propan, Butan und ihren Gemischen. Mit Methan war schon 1926 experimentiert worden. Die Ergebnisse bescheinigten dem Gasbetrieb, insbesondere dem mit Flüssiggas, eine höhere Wirtschaftlichkeit als dem Benzinbetrieb, doch höhere Gewichte und geringere Reichweiten

beschränkten den Einsatz gasförmiger Kraftstoffe auf Lastwagen und Schienenfahrzeuge.

Bei Elektrofahrzeugen wird der benötigte Strom entweder über eine Oberleitung bezogen oder von mitgeführten Akkumulatoren (Batterien) bereitgestellt. In beiden Fällen werden bestimmte Einsatzzwecke und kurze Entfernungen vorausgesetzt. Nach ersten Versuchen von Siemens & Halske 1882, Max Schiemann 1901 und der Dresdner Wagenbauanstalt Stoll 1902 sind bis zum Ersten Weltkrieg vereinzelt O-Busse in einigen europäischen Ländern und in den USA eingerichtet worden, meist nach deutschen Lizenzen. In der Zwischenkriegszeit erlahmte das Interesse in Deutschland, nicht aber in England und Amerika, die nun die technische Führung übernahmen. Ende der 1930er-Jahre liefen in Deutschland ca. 30, in England etwa 3.000 Oberleitungsbusse.

Batteriebetriebene Personenwagen konnten als Taxi in Berlin vor dem Ersten Weltkrieg Achtungserfolge einfahren, weil Siemens-Schuckert mit einer eigenen Droschken-Gesellschaft mit Ladestationen dahinterstand. Doch während Elektro-Personenwagen während der 1930er-Jahre in Deutschland vollends verschwanden, besetzten Elektro-Last- und -Lieferwagen Nischen, in denen sie geeigneter erschienen als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren, z. B. bei der Hausanlieferung von Milch und Nahrungsmitteln, in Fischfabriken, im Kommunalbereich und bei der Reichspost. Die Post kam übrigens im Verlauf der Jahrzehnte anhand von Wirtschaftlichkeitsberechnungen mehrmals zu dem Ergebnis, dass Elektrofahrzeuge trotz höheren Wirkungsgrads betriebswirtschaftlich schlechter abschneiden als Benzin- oder Diesel-Zustellwagen.

Schließlich ist noch der Hybridantrieb zu erwähnen, ein meist mit einem Benzinmotor gekoppelter E-Generator, der den oder die beliebig im Fahrzeug installierten E-Motoren mit Strom versorgt. Auch wenn Faun während der 1920er- und 1930er-Jahre Hybrid-Müllwagen anbot, hat der Mischbetrieb keine weitere Bedeutung erlangt, weil die Nachteile (hohe Kosten und hohes Gewicht durch zwei Antriebssysteme) die Vorteile (ruckfreies Anfahren, keine Schaltstöße) überwogen.

GAS UND STROM FÜR DEN ÖFFENTLICHEN NAHVERKEHR. Für die 1930er-Jahre kann zusammenfassend gesagt werden, dass Linienbusse verhältnismäßig einfach auf Flüssig-, Hoch- oder Niederdruckgas umgestellt oder von vornherein als O-Busse eingesetzt werden konnten und dass E- und Hybridnutzfahrzeuge unter bestimmten Voraussetzungen geeigneter als Benzin- oder Dieselfahrzeuge operierten. Für Personenwagen gab es in wirtschaftlicher Hinsicht keinen Ersatz für Benzin. Als eine Art Universalantrieb und als geeignet für die meisten Verkehrsmittel stellte sich dagegen der Holzgasgenerator heraus, der freilich erhebliche Nachteile wie zeitaufwendige Handhabung und zusätzlichen Gewicht- und Raumbedarf aufwies.

Trotz unverdrossener Aufrufe nach mehr Autarkie und trotz scheinbaren Devisenabflusses für importiertes Rohöl gab es von Regierungsseite kein wirkliches Interesse an Straßenfahrzeugen mit

Generatorantrieb. Aus guten Gründen: Die aus den Mineralöllieferungen erzielten Zolleinnahmen bildeten die Haupteinnahmequelle für den Fiskus aus der Verkehrswirtschaft. Bei fortschreitendem Ersatz ausländischer Kraftstoffe durch heimische hätten sich die Einnahmen verringert, was der Staat aller Erfahrung nach mit einer Abgabenerhöhung an anderer Stelle, z. B. bei der Kfz-Steuer, ausgeglichen hätte. Der Autofahrer wäre also zusätzlich belastet worden.

Auch schlug sich die Veredelung und Ausfuhr importierten Rohöls nach Abzug der Devisen für eingeführte Rohstoffe in einem Überschuss von annähernd 12,5 Millionen Reichsmark nieder. Das machte Deutschland kurioserweise zum viertgrößten Exporteur von Schmieröl und anderen Mineralölprodukten, obwohl das Land mit einer Erdölförderung von 0,1 Prozent Anteil an der Weltproduktion nur den 17. Platz in der Rangliste einnehmen und seinen Inlandsbedarf nur zu einem Drittel abdecken konnte (1933).

So setzten erst zwei Jahre nach der Machtergreifung, im April 1935, staatliche Fördermaßnahmen für alternative Treibstoffe und Antriebe ein, mehr auf Drängen des den Holzgasgenerator favorisierenden Ausschusses für Technik in der Forstwirtschaft (ATF) als aus Überzeugung regierungsseitig. Nicht weiter verwunderlich, dass die Fördermaßnahmen, die aus Steuerermäßigungen und Beihilfen bestanden, bereits im März 1938 wieder ausliefen. Auch der im Oktober 1936 verkündete Vierjahresplan bevorzugte eindeutig die Mineralölwirtschaft. Mit Milliardenaufwand sollte der Aus- und Aufbau von Hydrier- und Synthesewerken vorangetrieben werden, um mit Blick auf eine in vier Jahren einsatzfähige Wehrmacht und kriegsfähige Wirtschaft die Selbstversorgung sicherstellen zu können. Vom Fahrzeuggenerator war keine Rede mehr.

VERSCHWENDERISCHE NACHKRIEGSJAHRE. Der Ingenieur und Steinbruchbesitzer Johannes Linneborn (1899–1991) hatte, um die Betriebskosten seiner Lkw-Flotte zu verringern, 1931 die Bau- und Vertriebsrechte für Imbert-Holzgasgeneratoren für Deutschland, 1933 für alle europäischen Länder und 1939 für alle Länder der Welt erworben, Frankreich jeweils ausgenommen. Das technische und politische Umfeld in Deutschland deckelte den Anteil der mit Holzgasantrieb zugelassenen Nutzfahrzeuge jedoch auf deutlich unter 1 Prozent. Noch 1939 »galt als Defaitist, wer von der Zweckmäßigkeit fester Treibstoffe ... zu sprechen wagte, ... da im nationalsozialistischen Deutschland der Sieg bis Weihnachten 1939 feststand und synthetisches Benzin in erheblicher Menge produziert wurde« (Johannes Linneborn, *Energie-Gewinnung aus festen Brennstoffen*. Unveröffentlichtes Manuskript, Köln 1975, S. 5).

Weil der Endsieg bis Weihnachten 1939 ausblieb, wiederbelebte der Reichsfinanzminister 1940 die alten Förderungsmaßnahmen von 1935 – zwangsläufig. Denn pünktlich mit Kriegsbeginn zum 1. September 1939 waren u. a. Benzin (und Bereifung) rationiert worden. Die Feststoffvergasung musste die Benzinlücke füllen, und seitdem erlebte der Fahrzeuggenerator in Europa einen ungeahnten Aufschwung. Neben den zahlenmäßig nicht ins Gewicht fallenden Gasgeneratoren anderer Hersteller war der von Imbert-Köln vertriebene Imbert-Holzgasgenerator, von dem etwa 500.000 Stück bis 1948 für Straßen-, Schienen- und Wasserfahrzeuge gebaut wurden, der einzige funktionierende Alternativantrieb in Gebieten mit fehlender oder zerstörter Kraftstoff-Versorgungsstruktur.

Spätestens ab 1950 waren Mineralölprodukte wieder uneingeschränkt vorhanden, und zwar zu niedrigen Preisen. Sie halfen, die vom Zweiten Weltkrieg zerstörten Volkswirtschaften rasch wieder aufzubauen, etablierten in der westlichen Welt einen Massenwohlstand und verleiteten zur Sorglosigkeit. Politik und Fahrzeugindustrie ignorierten sowohl den Bericht des Club of Rome 1972 als auch die »Energiekrisen« 1973/74 und 1978/79, was effiziente, schadstofffreie Autos betrifft – die von Kalifornien ausgehenden, von Europa aufgegriffenen Abgas-Schadstoffbegrenzungen spielten, global betrachtet, kaum eine Rolle.

Mit der 2008 einsetzenden neuen Weltwirtschaftskrise, die zugleich die Kerne für Klima- und Energiekrisen in sich birgt, hat Kaufverweigerung den Regierungen und der Wirtschaft Fehlentwicklungen in vitalen Bereichen drastisch vor Augen geführt, auf allen wichtigen Absatzmärkten gleichzeitig. Hier interessieren nur Straßenfahrzeuge, bei denen trotz der erwähnten Warnzeichen



Vater des alltagstauglichen Generators für Holz war der lothringische Chemiker Georges Imbert (1884–1950).

1924 gelang es ihm, einen Holzgasgenerator mit absteigender Vergasung und Mehrdüsensystem zu konstruieren, Merkmal aller fortan gebauten Imbert-Holzvergaser und Vorbild für Konkurrenzprodukte. Imbert gelang es, Lizenzen an die französischen Autofirmen de Dietrich und Berliet zu vergeben. Berliet lieferte bis 1927 rund 1.000 Lastwagen mit Holzgasgeneratoren nach Imbert-Lizenz für die französische Armee, für Privatkunden und für die Kolonien.

Club of Rome: 1972 warnten Wissenschaftler des Club of Rome in ihrem Bericht *Die Grenzen des Wachstums* vor der Zerstörung der Erde durch ein weiterhin ungehemmtes Wirtschaftswachstum.



Erster deutscher Oberleitungsbus auf der Strecke Mettmann–Gruiten, 1930.



Bergmann-Sprengwagen 1939 mit 11-kW-Hauptstrommotor vor Hinterachse und Akkumulatoren in je zwei Trögen pro Seite. Fahrzeug des Deutschen Museums (zurzeit Deutsches Technikmuseum Berlin).

Carbo-V-Verfahren: Vergasungsverfahren mit drei Teilprozessen: Nieder- und Hochtemperaturvergasung sowie endotherme Flugstromvergasung zur Gewinnung von synthetischen Biokraftstoffen.

nicht nur mit 99,82 Prozent (Pkw-Bestand in Deutschland zum 1. 1. 2006 laut Kraftfahrt-Bundesamt) eine noch immer vollständige Abhängigkeit von Benzin und Diesel besteht; Hinzu kommt, dass sie in den letzten Jahrzehnten immer schwerer, leistungsstärker, energieaufwendiger und durstiger ausfielen und damit an den Bedürfnissen vorbeigebaut worden sind.

Mit Blick auf endliche Ölvorkommen und hohe Preise tauchte sogleich wieder die Frage nach alternativen Fahrzeugantrieben auf, mit denen sich die Autoindustrie bisher alibiverdächtig schmückte. Nun aber scheint der durch die Weltgesellschaft ausgeübte Druck Regierungen, Öl-

kartelle und Autoindustrien zu neuen Lösungen zu zwingen, die, wie eingangs erwähnt, 100 oder mehr Jahre alt sind.

Im Mittelpunkt der notgedrungen jetzt wieder verstärkten Bemühungen steht der Elektroantrieb, der übrigens im Jahr 1900 in den USA weiter verbreitet war als der Benzinmotor. Von den 4.192 in den USA hergestellten Automobilen im Jahr 1900 waren 1.681 (40,1 Prozent) mit Dampf-, 1.575 (37,6 Prozent) mit Elektro- und nur 936 Stück (22,3 Prozent) mit Benzinmotoren ausgerüstet. Die Erklärung ist einfach: Der Verkehr der »horseless carriages« war auf die Kommunen beschränkt, weil die Überlandstraßen, falls es sie denn gab, kaum passierbar waren und der Verkehr zwischen den Städten von der Eisenbahn bewältigt wurde. In den Kommunen jedoch genügten Batterien mit Reichweiten von 50 bis 80 Kilometer für E-Autos, die darüber hinaus mit Knopfdruck gestartet werden konnten (Benzinmotoren mussten mit der Kurbel angeworfen werden) und von Haus aus über elektrisches Licht verfügten (Benzinautos waren mit Azetylen-Scheinwerfern ausgerüstet). Die E-Autos fuhren geräuschlos und ohne Gestank. Und weil höhere Geschwindigkeiten weder erwünscht noch möglich waren, wuchsen E-Wagen in die Höhe mit allen damit verbundenen Vorteilen: bequemes Ein- und Aussteigen, angenehmes Raumklima wegen großer Kopffreiheit und gute Rundumsicht dank großzügiger Verglasung. Das wussten besonders die Damen zu schätzen.

Es wäre zu wünschen, dass zukünftige Stadtwagen nach diesem Muster ausgelegt werden, die Batterietechnik für begrenzte Reichweiten ist heute schon vorhanden. Womit zugleich eine »Ent-Monopolisierung« der Verkehrsmittel und der Antriebssysteme angesprochen ist: Es geht nicht an, mit nur einem Auto, mit nur einem Antriebssystem (Benzin oder Diesel) Nah- und Fern-, Berufs- und Urlaubsverkehr zu absolvieren. Für die Stadt werden Elektroautos vorgeschlagen, für Mittelstrecken Hybridantriebe, für Langstrecken weiterentwickelte Benzin- oder Dieselmotoren oder die Eisenbahn, bis die Energiedichte der Batterien an diejenige der flüssigen Kraftstoffe herankommt oder bis eine angemessene Lade-/Wechselstruktur aufgebaut ist. Da interessierte Kreise ihre jahrzehntelang betriebene Blockadepolitik wohl nicht mehr aufrechterhalten können, muss das keine weiteren 100 Jahre dauern. Dann ließe sich auch auf Behelfsmittel wie Hybrid-, Wasserstoff- und Brennstoffzellenantrieb verzichten. Und auch auf den Holzvergaser, der in seiner archaischen Form wohl nicht wieder auftauchen wird, mit dessen Prinzip – Vergasung von Biomasse – sich jedoch mithilfe des **Carbo-V-Verfahrens** schon heute synthetische Biokraftstoffe gewinnen lassen. Sie können in ihren Eigenschaften exakt auf die jeweiligen Diesel- oder Benzinmotoren abgestimmt werden (Designerkraftstoffe) und sind schadstoffneutral. ■■

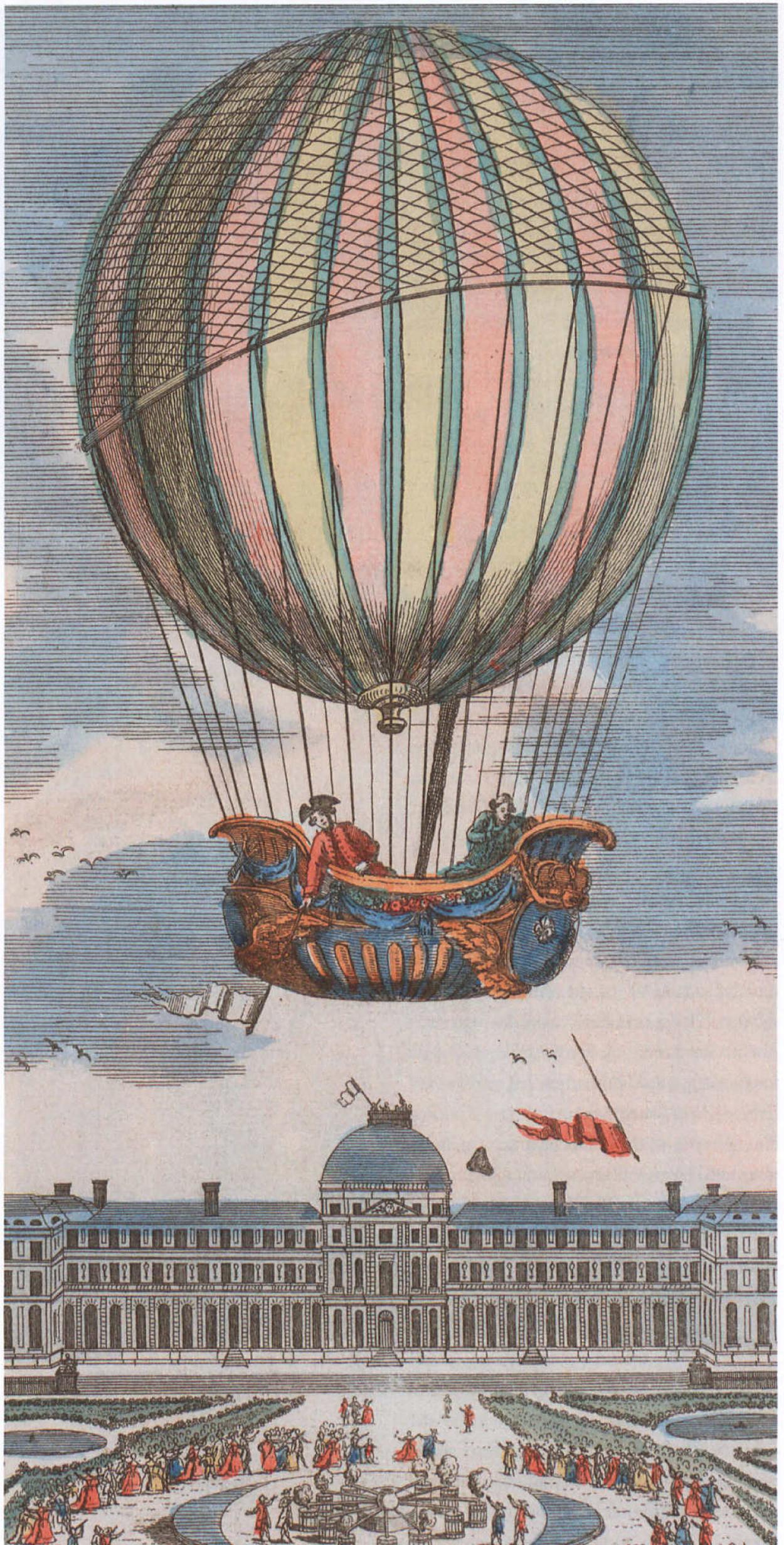
Derzeit wird viel über den Elektroantrieb für den individuellen Personenverkehr diskutiert. Man sagt, das Fahren mit dieser Antriebsart sei umweltfreundlich und leise. Noch leiser und umweltfreundlicher ist das Fahren mit dem Gasballon: Der Antrieb ist der Auftrieb.

Gedanken, Bilder, Erinnerungen

Bewegende Kräfte

Antriebe begegnen uns auf Schritt und Tritt.

Von Max Bräutigam



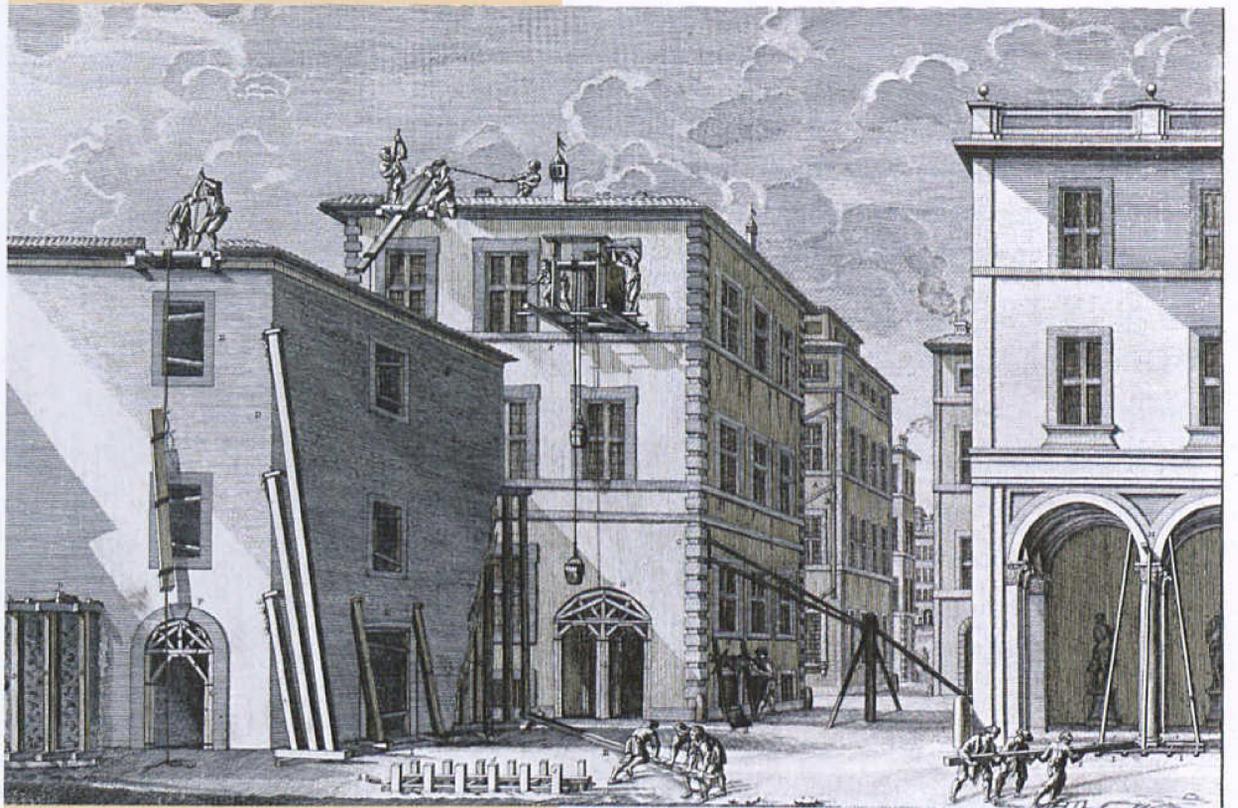
Was mir zum Thema Antrieb einfällt? »Gar nichts, null Bock, ich habe nur Umtriebe im Kopf«, hätte ich als Jugendlicher auf diese Frage geantwortet. Nun bin ich in die Jahre gekommen und das Erste, was mir in den Sinn kommt, ist die Kurbel. Ferien auf dem Lande in den Nachkriegsjahren, das tägliche Kräfteressen mit Gleichaltrigen: Wie viele Versuche sind nötig, um einen einzylindrigen Ackerschlepper anzuwerfen – mit und ohne Vorglühen? Ein nicht ungefährliches Spiel, denn der Motor schlägt zurück. Der Antrieb, die Energie, kam vom Körper mit seinen Muskeln, den Armen als Hebel und der Kurbel. Es folgten der Motor, die Kupplung, das Getriebe und schließlich die Räder: ein Antriebssystem.

Auch an das Fahrrad denke ich, das über Jahrzehnte mein Verkehrsmittel war. Das Tretlager, die Pedale, das Zahnrad, die Kette, die Zahnkränze am Rad. Dann das Fahren – die Steuerung im Kopf, die Einstellung des Gleichgewichts, Drehzahl und Drehmomente, der Widerstand, der Gegenwind. Antrieb ist immer mit Energie verbunden.

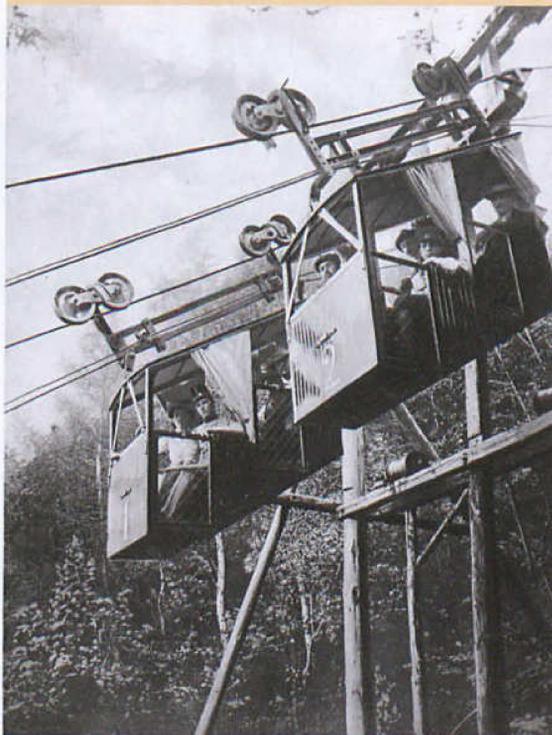
Kurios mutet die folgende Geschichte an, beobachtet am Seilzug an einem Hochbau: Ein Bauarbeiter zieht eine leere Palette über eine Rolle bis zum First. Ein zweiter am oberen Ende belädt diese Palette, versehentlich deutlich über das Eigengewicht des unteren Arbeiters. Antriebsart und Fahrtrichtung ändern sich. Der untere Arbeiter schwebt zunächst langsam, dann beschleunigt nach oben. Gleichzeitig sinkt die schwere Palette nach unten. Sie schlägt unten auf und verliert dabei einen wesentlichen Teil der Ladung. Antriebsart und Fahrtrichtung wechseln abermals. Der noch immer am Seil hängende Arbeiter kehrt zum Boden zurück und lässt hier – vor lauter Schreck – das Seil los. Nun saust die Palette ungebremst zu Boden. Die Beteiligten haben Glück: Sie kommen mit dem Schrecken davon.

DAS LAUFRAD ALS LASTENAUFZUG.

Eine Weiterentwicklung von Antrieben der Lastenaufzüge waren die sogenannten Laufräder: ein doppeltes Speichenrad von mehreren Metern Durchmesser und einer mittig eingefügten Lauffläche, auf denen Leute liefen, eine



Nicht ungefährlich: Lastenaufzug per Seilzug beim Hochbau.



Spannend: Der Antrieb einer Seilschwebbahn. Wer treibt hier eigentlich wen an?

frühe Spezies von Joggern. Große Lasten konnten auf diese Weise in luftige Höhen befördert werden. Derartige Szenen aus der Arbeitswelt werden auf Bildern von den Baustellen mittelalterlicher Kathedralen dargestellt. Nicht auszudenken, hätte sich das oben beschriebene Missgeschick bei einer solchen Antriebskonstruktion ereignet: Die Personen im Laufkäfig wären ohne eigene Energie zum Sprinten gezwungen gewesen.

Zwei Hauptprobleme gilt es bei allen Antriebssystemen zu meistern – die Technik und die Energieversorgung. Ich denke dabei an die Straßenbahn. Zunächst gab es die Pferdetram, d. h. die Wagen wurden von einem Pferd gezogen. An der Endhaltestelle gab es für das Pferd Hafer und Wasser, ausreichend für die nächste Runde. Dann wurde elektrifiziert – ein Riesenerfolg, durchschlagend und seit über hundert Jahren unverändert. In manchen Regionen sprechen die Menschen nicht von der Tram, sondern von der »Elektrischen«. Die gravierendste Verbesserung im Laufe der Entwicklung der Straßenbahn war der Stromabnehmer von der Oberleitung, das »Stangerl« wurde durch den Bügel ersetzt. Bis heute funktionieren die Straßenbahnen wie eh und je. Lediglich das Design hat man verändert und automatische Türen eingebaut. Einen neuen Boom erlebt die Tram derzeit in den Städten Frankreichs. Es ist bekannt, dass die Franzosen viel Wert auf die Ästhetik legen – das merkt man am schicken Design der Fahrkabinen – doch hinsichtlich

der Technik ist alles beim Alten geblieben. Und was ist davon zu halten? Das Stromleitungsnetz der Straßenbahnen und deren Zuleitungen über den Straßen werden immer dichter. Es fällt schon gar nicht mehr auf, wie hässlich das ist.

Die Tram, als Antriebssystem betrachtet, erscheint mir ingenieurtechnisch engstirnig, kleinkariert und, man staune, umweltbelastend. Der Strom wird bestenfalls weit vor den Toren der Stadt, womöglich aber sogar in Tschechien erzeugt – in Wärmekraftwerken, Kernkraftwerken oder Verbrennungsanlagen. Grob geschätzt wird ein Drittel der eingesetzten Energie als elektrischer Strom abgeführt, ein anderer Teil verdampft gut sichtbar über den Kühltürmen. Hinzu kommen die Rauchgase. Auch wenn keine Tram fährt, muss der Strom vorgehalten und produziert werden. Gut sichtbar und keineswegs verlustfrei wird er über das oben erwähnte Leitungsgewirr der Stadt zugeführt. Der Laie staunt, wie dies alles funktioniert. Die Frequenz, die Spannung müssen konstant gehalten werden und die Belastbarkeit des Netzes ist zu sichern. Es mag kurios erscheinen, aber das Antriebssystem der Pferdetram ist für mich immer noch schlüssiger. Allerdings könnten die sich häufenden Pferdeäpfel die feine Stadtgesellschaft stören.

Mein Vorschlag: Die Pferdetram auf Erdgasantrieb umstellen! Die Städte verfügen über ein dichtes unterirdisches Leitungsnetz für Erdgas, sodass an jeder Endhaltestelle eine Erdgastankstelle aufgestellt werden könnte – anstelle des Hafers und des Wassers. Die Tram fährt bekanntlich immer nur hin und zurück und nicht auf besonderen Wunsch auch einmal nach Röhrmoos hinter Dachau. Der Gasmotor ist gut entwickelt. Er war noch vor dem Benzin- und Dieselmotor funktionstüchtig – ist also nichts Neues! Das Erdgas wird direkt zur Erzeugung von Kraft und Wärme eingesetzt. Dieser Vorgang ist bekanntlich erheblich leiser und auch abgastechnisch gesehen deutlich besser als alle anderen Alternativen. Erdgas besteht vor allem aus Wasserstoff und ist auch aus diesem Grund umweltfreundlich.

SILBERHOCHZEIT IN VENEDIG. Ein letztes Beispiel aus der langen Liste der Antriebssysteme möchte ich nennen: Am Stammtisch



Umweltfreundlich? Die elektrische Trambahn nutzt nur scheinbar saubere Elektroenergie. Der Strom kommt auch heute noch aus umweltbelastenden Verbrennungskraftwerken.

DIPL.-ING. MAX BRÄUTIGAM war mehrere Jahrzehnte als leitender Ingenieur bei der Linde AG zuständig für Anlagen und Apparatebau.

erwähnte einer der Teilnehmer, dass er demnächst das silberne Hochzeitsjubiläum feiere. Die anderen am Tisch nahmen diese Äußerung freudig auf und fragten den Jubilar, wie er den Tag mit seiner treuen Frau verbringen werde. Sie wollten nach Venedig reisen, war die Antwort. Freudige Zustimmung. Wie die beiden denn gedächten, die Reise zu bewältigen? Zum Erstaunen aller Beteiligten kam als Antwort: »Mit der Rikscha« – wohl einem der eigenwilligsten Antriebe für den Personenverkehr und in fernen Ländern immer noch gern praktiziertes Antriebssystem. Applaus und Jubelrufe im Saal. »Das ist ja einmalig, da kommt ihr sicher in die Zeitung!« (Das ist ja immer noch für viele die größte Auszeichnung.) Beim nächsten Stammtisch wurde mit Spannung ein Bericht verlangt. »Wie hat es deiner Frau gefallen, wie ist es ihr ergangen?« Die Antwort war kurz: »Den Brenner hinauf hat sie ganz schön geschwitzt.« ■■

(Zur psychologischen Dimension des »Antriebs« siehe Beitrag S. 64-65)

Was Fahrzeuge antreibt

Entdecke die Möglichkeiten!

Die Eroberung des Raums. Sieht so der Stadtverkehr der Zukunft aus?



In den vergangenen 150 Jahren wurde eine Fülle unterschiedlicher Fahrzeugantriebe entwickelt. Die Autoren stellen die wichtigsten vor.

Von Karl Allwang und Frank Dittmann

Für den **Antrieb** von Straßenfahrzeugen greift man heute im Wesentlichen auf zwei Antriebsformen zurück: die Muskelkraft – auf das Fahrrad wird hier allerdings nicht weiter eingegangen – und den Verbrennungsmotor nach dem Otto- bzw. Dieselpinzip. Wenngleich es derzeit nicht so recht vorstellbar ist, dass Wasser und Wind oder gar Kernspaltung und Kernfusion als direkte Antriebe für Straßenfahrzeuge dienen könnten, sind bereits heute alternative Antriebskonzepte vorhanden, wenn auch auf unterschiedlichen Entwicklungsniveaus. Dazu zählen die seit nahezu 200 Jahren bekannten Heißluftmaschinen ebenso wie Dampf-, Gas- (Erdgas, Biogas oder auch Wasserstoff) sowie die aktuell intensiv diskutierten Hybrid-, Elektro-, Brennstoffzellen- und Solarantriebe (siehe auch Beiträge S. 4-5; S.20-21; S. 22ff.).

VERBRENNUNGSMOTOREN

■ Klassische Benzin- und Dieselmotoren

Verbrennungsmotoren stellen heute den Löwenanteil der Wärmekraftmaschinen dar. Sie decken einen Leistungsbereich ab von etwa 100 W beim kleinen Modellbaumotor bis hin zu 100 MW beim großen Schiffsdieselmotor. Auch wenn die vielen Bezeichnungen verwirren mögen – es gibt Benzin- und Diesel-, Klein- und Groß-, Zwei- und Viertaktmotoren, Ein- und Mehrzylindermaschinen usw. –, arbeiten sie doch alle nach dem gleichen Prinzip: In einen Zylinder wird ein Brennstoff-Luft-Gemisch eingebracht, dort zusammengedrückt und dann entzündet. Die bei der explosionsartigen Verbrennung frei werdende thermische Energie kann als mechanische Nutzarbeit am Kurbeltrieb abgenommen werden.

Beim **Ottomotor** wird das im Zylinder auf bis zu 10 bar verdichtete Brennstoff-Luft-Gemisch durch Fremdzündung, d. h. mithilfe einer Zündkerze, zur Explosion gebracht. Als Brennstoff dient hier überwiegend Benzin, seltener Alternativkraftstoffe wie Erd- und Flüssiggas, Alkohole, Wasserstoff oder auch Biokraftstoffe.

Ein lange Jahre beim Ottomotor virulentes Problem war das »Klopfen«. Dies entsteht durch die unkontrollierte Selbstentzündung von Benzin im Zylinder, noch bevor die Zünd-

In der Technik wird mit **Antrieb** jene konstruktive Einheit bezeichnet, die eine Primärenergie in Bewegungsenergie umwandelt und damit eine Maschine oder ein Fahrzeug antreibt. Um die Wirtschaftlichkeit eines Antriebs zu bewerten, ist es notwendig, die gesamte Kette von der Bereitstellung des Energieträgers (z. B. Benzin, Wasserstoff, Elektroenergie usw.) über die Energieumwandlung (Motor) bis zur Anpassung von Drehzahl bzw. Bewegungsform an die gewünschte Bewegung (Getriebe) zu betrachten. Angesichts der begrenzten Ressourcen sowie aus Gründen des Klima- und Umweltschutzes besteht die Herausforderung heute darin:

- ▶ möglichst wenige und vor allem keine fossilen Energierohstoffe einzusetzen,
- ▶ den Schadstoffausstoß (CO₂, aber auch NO_x, SO₂, Feinstaub, Ruß usw.) zu senken,
- ▶ ein praktikables Gesamtsystem anzubieten, das vom Nutzer wie von anderen Betroffenen gleichermaßen akzeptiert wird
- ▶ und nicht zuletzt alle Forderungen zu akzeptablen Kosten zu realisieren.

kerze eine kontrollierte Zündung initiiert. Mit dem Zusatz von Antiklopfmitteln kann dieser Effekt vermindert werden. Ab Mitte der 1930er-Jahre wurde in Deutschland Tetraethylblei als gängiges Klopfschutzmittel verwendet. Da es aber giftig und umweltgefährlich ist und zudem die Abgaskatalysatoren schädigt, wurde ab 1985 bleifreies Benzin eingeführt. Der erwähnte Katalysator übernimmt die Reinigung der Abgase, indem er Kohlenmonoxid, verbleibende Kohlenwasserstoffe und Stickoxide beseitigt. Auch durch den Einsatz von Sensoren und Steuerelektronik konnte in den vergangenen Jahrzehnten die Verbrennung im Zylinder weiter optimiert werden, was zu einem geringeren Kraftstoffverbrauch und zur Senkung der Luftschadstoffemissionen führte.

Beim **Diesilverfahren** wird die Luft im Zylinder bis auf 25 bar verdichtet und dabei auf etwa 900 °C erhitzt. Spritzt man nun Brennstoff ein, zündet dieser von selbst. Bei Dieselmotoren ist der spezifische Kraftstoffverbrauch niedriger als beim Ottomotor. Wegen des um 15 Prozent höheren Wirkungsgrads hat sich bei Pkw-Motoren die »Direkt einspritzung« gegenüber der Einspritzung in eine Vor-, Wirbel- oder Mittelkugel-Kammer durchgesetzt. Beim Dieselmotor konnten die Abgasemissionen durch ein computergestütztes Motormanagement sowie geeignete Katalysatoren und Rußpartikelfilter reduziert werden.

■ Gasmotoren

Erdgasfahrzeuge werden heute vorrangig mit komprimiertem Erdgas betrieben. Der Motor entspricht einem herkömmlichen Ottomotor. Anstatt des Benzin-Luft-Gemisches wird aber ein Erdgas-Luft-Gemisch angesaugt. Um eine ausreichende Energiemenge in einem vertretbaren Volumen im Fahrzeug mitführen zu können, wird das Erdgas entweder auf etwa 200 bar verdichtet (CNG = Compressed Natural Gas) oder bei –162 °C flüssig transportiert (LNG = Liquefied Natural Gas). Dieser Antrieb wird heute wegen seiner geringen Abgasemissionen beispielsweise für Stadtbusse verwendet.

Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern bieten Gase, die beim Vergasen fester Brennstoffe, wie z. B. Stroh, Holz oder Torf,



erzeugt werden. Gute Chancen hat sicherlich auch Biogas (SNG = Synthetic Natural Gas), das ähnliche Eigenschaften wie Erdgas besitzt. Eine Umstellung auf diesen Energieträger wäre finanziell relativ überschaubar, da die Infrastruktur, vor allem Gasleitungen, bereits vorhanden ist und auch die Motorentechnik ihren Praxistest weitgehend bestanden hat.

Auf **Holzgas** dagegen wurde bisher immer in schwierigen Zeiten zurückgegriffen. Im Gaserzeuger entsteht es unter Luftabschluss, wird gereinigt, gekühlt und dann über den Gas-Luft-Mischer dem Motor zugeführt. Allerdings erwies sich bisher der Antrieb mit Holzgas als nicht sehr praktikabel. Zum einen muss mit zusätzlicher Masse von ca. 150 kg für den Brennstoff gerechnet werden. (Als Äquivalent für einen Liter Benzin rechnete man etwa drei kg Buchenholz, bei zügiger Fahrweise sind das 50 bis 80 kg für 100 km.) Zum anderen erbrachten bisher die Motoren bei Generatorbetrieb zwischen 30 und 50 Prozent weniger Leistung als mit Benzin und die Lebensdauer der Antriebe verkürzte sich um etwa die Hälfte. Selbst wenn sich diese Probleme durch einen angepassten Motor vermeiden lassen, bleibt doch ein gehöriges Maß an Unbequemlichkeit, wie z. B. die längere Vorheizzeit. Der Holzgasmotor ist somit kein guter Kandidat für einen alternativen Antrieb.

Beim **Wasserstoffmotor** wiederum wird in einem konventionellen Ottomotor die Ver-

Ein Imbert-Holzgasgenerator trieb den Adler Diplomat 3 GS von 1941 an. Die Limousine erreichte eine Höchstgeschwindigkeit von 70 km/h. Zu besichtigen ist sie im Verkehrszentrum des Deutschen Museums.

Nicht zu verwechseln mit verflüssigtem Erdgas ist Flüssiggas (LPG = Liquefied Petroleum Gas), das in Autogasfahrzeugen verwendet wird. Es besteht – anders als Erdgas – nicht hauptsächlich aus Methan, sondern aus höheren Kohlenwasserstoffen wie Propan und Butan, die bei Raumtemperatur unter vergleichsweise geringem Druck flüssig bleiben. Flüssiggas fällt als Nebenprodukt der Erdölraffinierung und als Begleitgas bei der Förderung von Erdöl und Erdgas an und ist somit auch ein fossiler Energieträger.

brennung von Wasserstoff zu Wasser genutzt. Dies ist aus mehreren Gründen vorteilhaft: Zum einen entstehen als Verbrennungsprodukte nur Wasserdampf sowie Stickoxide; letztere liegen aber etwa um die 50 Prozent unter denen eines Ottomotors mit Katalysator. Zum anderen ist der Wirkungsgrad bei Wasserstoffverbrennungsmotoren mit bis zu 45 Prozent besser als bei Benzinmotoren, deren Effizienz bis zu 37 Prozent reicht. Weiterhin enthält das Abgas keinen Feinstaub. Wasserstoff ist bei Beachtung von einfachen Handhabungsregeln mindestens so sicher wie Benzin und kann aus verschiedenen Quellen gewonnen werden. Den Vorteilen stehen aber auch einige Nachteile gegenüber. Wegen des relativ niedrigen Energiegehalts des Wasserstoffs pro Kubikmeter Gas ist die Leistung von Wasserstoffmotoren trotz des höheren Wirkungsgrades niedriger als die von Ottomotoren gleichen Hubraums. Außerdem kann es zu einer unregelmäßigen Verbrennung – vergleichbar mit dem »Klopfen« beim Ottomotor – kommen, wenn sich der einströmende Kraftstoff an heißen Teilen bzw. an Restgasen entzündet. Da dies nur beim Hubkolbenmotor auftritt, wäre der Einsatz des Wankelmotors mit seinen räumlich getrennten Verdichtungs- und Verbrennungsräumen sinnvoll; dieser hat sich in der Großserie bisher aber nicht durchsetzen können. Die schlechten Schmiereigenschaften des Wasserstoffs lassen sich durch geeignete Materialien, z. B. Keramik, beherrschen, was aber wiederum die Kosten erhöht.

Ein weit größeres Problem besteht im Transport und in der Lagerung von Wasserstoff. Kühlgefäße aus speziellen Materialien, die dem niedrigen Siedepunkt (-253 °C) von flüssigem Wasserstoff standhalten, sind dafür notwendig. Zudem erwärmt sich dieser mit der Zeit, sodass Wasserstoffgas abgegeben wird. Das ist weniger ein sicherheitstechnisches Problem, aber Nutzern ist es schwer zu vermitteln, dass sich der Tank von selbst entleert. Des Weiteren müssen alle Komponenten eine sehr hohe Dichtigkeit aufweisen, da Wasserstoff aufgrund seiner kleinen Moleküle selbst durch jene Materialien diffundiert, die für andere Gase dicht sind. Nicht zuletzt müsste eine völlig neue, flächendeckende

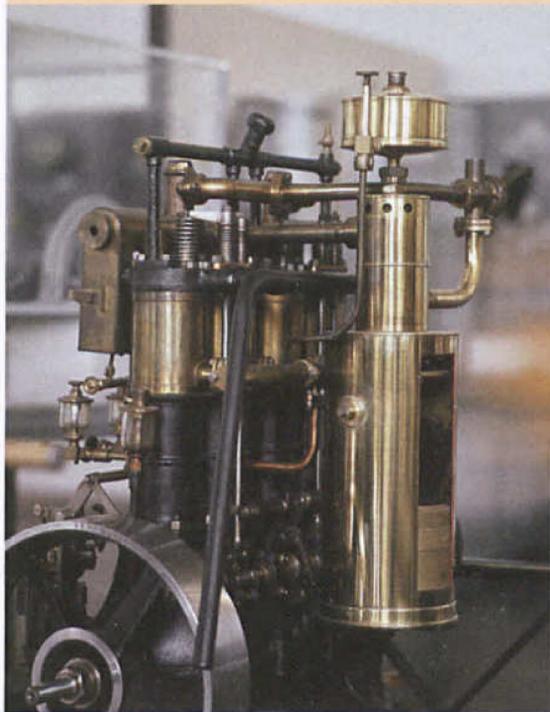
Infrastruktur für Wasserstoff aufgebaut werden – und zwar unabhängig davon, ob dieser in Verbrennungsmotoren oder in Brennstoffzellen zum Einsatz kommt. Derzeit wird intensiv an neuen Speicherverfahren für Wasserstoff gearbeitet (z. B. Feststoffspeicher).

Solche Herausforderungen sind sicherlich technisch zu lösen, doch es bleibt die Frage, woher der Wasserstoff kommen wird. Da dieses Gas in der Natur nicht frei vorkommt, muss es stets unter Einsatz von Energie produziert werden. Derzeit wird Wasserstoff meist aus Erdgas bei gleichzeitiger Emission des klimaschädlichen CO₂ gewonnen. Dies kann also keine dauerhafte Lösung sein. Eine auf der Hand liegende Alternative ist die Elektrolyse von Wasser. Dazu benötigt man allerdings wiederum Strom, der entweder aus konventionellen Quellen stammt oder solarthermisch erzeugt wird. In Norwegen wird die Elektrolyse bereits in größerem Maßstab praktiziert, weil dortige Wasserkraftwerke mehr Strom produzieren, als verbraucht wird.

Allerdings weist die Elektrolyse nur eine Effizienz von ca. 70 Prozent auf. Weitere Verluste entstehen durch die Kompression bzw. die Kühlung des Wasserstoffs. Entscheidend ist aber letztlich, wie der Strom für die Elektrolyse erzeugt wird. Stammt dieser aus klassischen Wärmekraftwerken, ist sein Einsatz zur Elektrolyse von Wasserstoff sicherlich nicht sinnvoll – im Gegensatz zu Wind- oder Solarstrom. Wasserstoff könnte also als Speichermedium für überschüssigen Strom dienen, der z. B. in Solar- oder Windkraftanlagen produziert wird.

HEISSGASMOTOR

Der Stirlingmotor – benannt nach dem Erbauer der ersten betriebsfähigen Maschinen – ist eine Wärmekraftmaschine, in der ein abgeschlossenes Arbeitsgas wie Luft oder Helium von außen an zwei verschiedenen Bereichen abwechselnd erhitzt und gekühlt wird. Dabei dehnt sich das Arbeitsgas im erwärmten Bereich aus und zieht sich im kalten Bereich zusammen. Der Wirkungsgrad steigt mit der Temperatur der bereitgestellten Wärmeenergie (bei 600 °C über 60 Prozent und bei 1.300 °C ca. 80 Prozent). Hohe Temperaturen sind demnach anzustreben, müs-



Wilhelm Maybach entwickelte diesen Vierzylinder-Reihenmotor mit einer Leistung von 5 PS (3,7 kW). Das Aggregat wurde allerdings zunächst nur in Booten eingesetzt. In der Ausstellung Kraftmaschinen des Deutschen Museums kann der Originalmotor von 1890 besichtigt werden.

sen aber auch materialtechnisch beherrscht werden. Obwohl die verschiedensten Arten der Wärmebereitstellung (Sonnenenergie, Gas, Benzin, Stroh, Holz usw.) denkbar und die Schadstoffemissionen niedrig sind, fand diese Kraftmaschine wegen der hohen Fertigungskosten und ungünstigen Regelbarkeit für den mobilen Einsatz bisher keine Verbreitung.

DAMPFMOTOREN

Moderne Dampfmotoren sind kleine, schnell laufende Kolbendampfmaschinen. Anfang des 20. Jahrhunderts wurden sie auch als Fahrzeugantrieb verwendet. Wegen des im Vergleich zu Dieselmotoren mehr als doppelten Brennstoffverbrauchs wurde ihre Fertigung für Fahrzeugantriebe in Deutschland 1940 eingestellt. Seit Anfang der 1970er-Jahre wird wieder an Pkw-Dampfmotoren gearbeitet. Den Vorteilen herkömmlicher Hubkolbenmotoren – niedrige Abgasemission, geringe Anforderungen an die Kraftstoffqualität und Kraftstoffart – stehen ein niedrigerer Wirkungsgrad, ein höherer Kraftstoffverbrauch, hohes Gewicht und schlechte Regelbarkeit gegenüber. Trotz des Einsatzes moderner Werkstoffe und Steuerelektronik ist es bisher nicht gelungen, an die Wirtschaftlichkeit z. B. eines Dieselmotors mit Direkteinspritzung heranzukommen.

ELEKTROANTRIEBE

Elektroantriebe haben viele Vorteile. Sie können sehr kompakt gebaut und z. B. als Radnabenmotoren eingesetzt werden. Zudem sind sie gut steuer- und regelbar. Ein entscheidender Vorteil ist, dass Elektromotoren als einzige der hier beschriebenen Antriebsformen auch als Generator arbeiten können und damit in der Lage sind, Bremsenergie zurückzugewinnen.

Massiv unterstützt werden Elektroantriebe mit Akkuspeicher auch von den Stromversorgungsunternehmen, die darin eine Möglichkeit sehen, Zugriff auf große Speicherkapazitäten zu bekommen. Da im statistischen Mittel ein Pkw lediglich täglich eine Stunde bewegt wird, liegt die Idee nahe, das Elektroauto 23 Stunden am Tag für die Pufferung der stark schwankenden Wind- und Solarstrom-

erzeugung zu nutzen. Inwieweit dadurch allerdings die Nutzungsvorstellungen der Autofahrer eingeschränkt werden, muss die Praxis zeigen (siehe Beitrag S. 4-5).

Die Achillesferse dieser Antriebsart ist die Energiebereitstellung, da sich Elektroenergie nicht in größeren Mengen speichern lässt. Die derzeit verfügbaren Batterien kommen noch lange nicht an die Energiedichte von Benzin oder Diesel heran; sie sind schwer, die Aufladezeiten bei 220 Volt dauern teilweise noch mehrere Stunden, die Lebensdauer ist durch die Aufladezyklen begrenzt, die erzielbaren Reichweiten sind nicht zu vergleichen mit denen von traditionellen Verbrennungsmotoren. Außerdem liegen die Anschaffungskosten für reine Elektrofahrzeuge noch bis zu 50 Prozent höher als bei konventionellen Fahrzeugen. Nicht zuletzt treten bei Akkumulatoren Effekte auf, die beim Antrieb mit Verbrennungsmotoren unbekannt sind. So sinkt bei tiefen Temperaturen die Kapazität der Akkus und sie entladen sich auf Dauer selbst (Blei-Säure-Akkus fünf bis zehn Prozent pro Monat, Lithium-Ionen-Akkus bis zu zwei Prozent pro Monat).

Aus diesem Grunde wurden in den letzten Jahren die Entwicklungsarbeiten massiv vorangetrieben – und dabei einige Erfolge erzielt. So besitzen heutige Li-Ion-Akkus, wie wir sie aus Laptops und Handys kennen, eine vierfach höhere Energiedichte (bis zu 0,14 kWh/kg bzw. etwa 0,5 kWh/l) als klassische Bleiakkumulatoren (ca. 0,03 kWh/kg bzw. 0,09 kWh/l) – im Vergleich dazu liegen Benzin und Diesel über 1 kWh/kg – und erreichen einen Wirkungsgrad von 90 Prozent. Das wird allerdings derzeit noch mit dem zehnfachen Preis (ca. 1.000 Euro/kWh) eines einfachen Bleiakkumulators erkaufte. Hinzu kommt, dass Li-Ion-Akkus auch brandschutztechnisch problematisch sind, da sie explodieren und brennen können.

Eine sehr realistische Möglichkeit, um die Reichweite von Elektroautos zu erhöhen, sind Batteriewechselstationen. Die Fahrzeuge würden einen gefüllten Speicher im Tausch gegen den entladenen erhalten. Dieser wird dann geprüft, aufgeladen und ins nächste Auto eingebracht (siehe Beitrag S. 4-5). In der Diskussion sind derzeit auch neuartige Speicher-



Rasende Elektromobile

1899 überschritt der Belgier Camille Jenatton mit einem Elektroauto erstmals die symbolträchtige Geschwindigkeitsmarke für Landfahrzeuge von 100 km/h (105,88 km/h). Selbst so bekannte Fahrzeugentwickler wie Ferdinand Porsche waren damals von den Vorteilen des Elektroantriebs überzeugt: Man brauchte weder ein Getriebe noch sonstige mechanische Teile zur Kraftübertragung. 1912 stellten Elektroautos in den USA über ein Drittel der zugelassenen Straßenfahrzeuge. Mit der Einführung des elektrischen Anlassers bei Ottomotoren im gleichen Jahr änderten sich aber die Wettbewerbsbedingungen. Erst nach dem zweiten Golfkrieg (1990 bis 1991) gab es wieder verstärkte Bestrebungen, Elektromotoren als Automobilantrieb einzusetzen. Vorläufiger Höhepunkt ist der Tesla Roadster – ein vollständig elektrisch betriebener, zweisitziger Sportwagen. Er wird seit März 2008 in Kleinserie produziert und kostet in der Basisausstattung über 100.000 US-Dollar. Der Tesla wird von einem 185 kW (252 PS) starken Elektromotor im Heck angetrieben und beschleunigt in 3,8 s auf 100 km/h. Die Energie erhält der Flitzer aus fast 7.000 handelsüblichen Li-Ion-Akkus für Laptops mit einer Gesamtspeicherkapazität von 55 kWh und einem Eigengewicht von 450 kg.

systeme, bei denen die Energie z. B. in einem flüssigen Elektrolyt gespeichert wird. Bei Erschöpfung könnte dieser abgelassen und ein geladener Elektrolyt »nachgetankt« werden.

BRENNSTOFFZELLENANTRIEBE

Die Brennstoffzelle erzeugt Elektroenergie aus der chemischen Reaktionsenergie von Wasserstoff mit Sauerstoff. Um bei einer Zellenspannung von ca. einem Volt höhere Spannungen zu erreichen, werden mehrere Zellen hintereinandergeschaltet. Mehrere solcher »Stacks« können ohne Weiteres Leistungen von 150 kW und mehr abgeben.

Die ersten praktischen Einsätze hatte die Brennstoffzelle in den 1960er-Jahren in der amerikanischen Raumfahrt. Seit Mitte der 1990er-Jahre arbeiten weltweit auch Automobilhersteller an der Nutzung der Brennstoffzelle. Seit 2007 fahren im Fuhrpark des Bundesverkehrsministeriums die ersten Kraftfahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb. Besonders intensiv wird die Forschung von der chinesischen Regierung unterstützt. Die bei den Olympischen Sommerspielen 2008 eingesetzten Fahrzeuge liefen bei einem Wirkungsgrad von ca. 60 Prozent relativ problemlos. Gleichwohl sind noch viele Fragen zu klären. So wird intensiv an Möglichkeiten gearbeitet, Wasserstoff effektiver und sicherer zu speichern, um so an die Reichweiten heutiger Fahrzeuge heranzukommen. Zusätzlich müssen die Anforderungen an Kaltstarteigenschaften und die Einfriertauglichkeit verbessert werden. Es gilt, die Lebensdauer (derzeit etwa 5.000 Stunden) und die Zuverlässigkeit zu steigern sowie die Kosten zu senken. Ein weiterer Nachteil von Brennstoffzellen ist, dass sie meist vor dem Start erst auf ihre Betriebstemperatur gebracht werden müssen. Zwar nutzen Brennstoffzellen die im Wasserstoff gespeicherte Energie mit einer Effizienz von 50 bis 60 Prozent, kommen damit aber nicht an die Effizienz moderner Akkumulatoren von über 90 Prozent heran.

Nicht zuletzt muss auch hier die Kraftstoffbereitstellung gelöst werden, d. h. die Herstellung von Wasserstoff, durch Elektrolyse unter Nutzung von Strom aus Sonnen- oder Windenergie, sowie dessen Vertrieb inklusive eines Tankstellennetzes. Solange der Betriebsstoff

noch aus Erdgas gewonnen wird, sind Brennstoffzellenantriebe – ähnlich wie schadstoffarme und CO₂-freie Wasserstoff-Ottomotoren – nur für den Versuchsbetrieb sinnvoll.

SOLARANTRIEBE

Solarbetriebene Fahrzeuge beziehen die Antriebsenergie für ihre Elektromotoren über Solarzellen direkt aus der Sonne. Moderne Hochleistungssolarzellen stellen bei den heutigen Experimentalfahrzeugen bei optimaler Sonneneinstrahlung über 2 kW elektrische Leistung bereit. Im Vergleich zur Leistung heute handelsüblicher Pkws (zwischen 35 und 200 kW) ist dies relativ wenig. Damit ein Solarfahrzeug bei bedecktem Himmel und nachts fahrbereit bleibt, sind Energiespeicher nötig. Praktikable Solarfahrzeuge sind also eigentlich Elektroautos. Gegebenenfalls lassen sich diese mit Solarzellen aufrüsten, die bei der Fahrt etwas Energie nachliefern können. Eine alleinige Versorgung aus Solarzellen dürfte auf lange Sicht kaum zu realisieren sein. Realistisch ist dagegen die Vorstellung, dass Elektroautos z. B. in einem Parkhaus direkt über Solarzellen auf dessen Dach geladen werden.

HYBRIDANTRIEBE

Ein Hybridfahrzeug ist ein Auto, das über mindestens zwei Energieumwandler und zwei Energiespeicher verfügt – so z. B. über einen Tank mit Otto- oder Dieselmotor bzw. einen Akkumulator und einen Elektromotor. Deshalb gehören Autos mit Motoren für zwei verschiedene Kraftstoffe genau genommen nicht zu den Hybridfahrzeugen, wohl aber die Fahrräder mit Hilfsmotor. Die Hybridtechnik ist nicht neu. So hat Ferdinand Porsche 1900 vermutlich als einer der Ersten bei der »K.u.K. Motorenwagen- und Automobil-Fabrik Jacob Lohner & Co« ein Fahrzeug mit Hybridantrieb, bestehend aus einem Elektro- und einem Vierzylindermotor von Daimler, entwickelt. Im heutigen Automobilbau haben sich zwei wesentliche Antriebssysteme durchgesetzt: die Parallelhybriden und die seriellen Hybriden. Bei Ersterem kann entweder ausschließlich elektrisch oder ausschließlich verbrennungsmotorisch, aber auch kombiniert gefahren werden. Beim seriellen System



Berechnungen des Umweltbundesamts aus dem Jahr 2006 haben gezeigt, dass ein kleines Solarfahrzeug, dessen Verbrauch 10 kWh auf 100 Kilometer beträgt, in der Nutzung ein vergleichbares Benzin-Kleinstfahrzeug mit einem Verbrauch von 1,6 Liter für die gleiche Strecke ersetzen könnte. Wichtig wäre es, dass Solarfahrzeuge nicht nur von wenigen Enthusiasten genutzt werden, sondern den Weg in den Massenmarkt finden.

DIPL.-ING. KARL ALLWANG

ist Kurator für Kraftmaschinen, Agrar- und Lebensmittel am Deutschen Museum.

DR. FRANK DITTMANN

ist Kurator für Energietechnik, Starkstromtechnik und Automation am Deutschen Museum.

erfolgt der Antrieb immer mit einem Elektromotor, wobei der Verbrennungsmotor mithilfe eines Generators Elektroenergie erzeugt, die in einem Akkumulator gespeichert wird. Der Vorteil liegt hier insbesondere im Bereich des niedrigeren CO₂-Ausstoßes, da der Motor stets im optimalen Drehzahlbereich arbeitet. Dadurch erreichen Hybridantriebe gegenüber konventionellen Verbrennungsmotoren einen geringeren Kraftstoffverbrauch und günstigere Schadstoff- und Geräuschwerte.

Vorteilhaft an Hybridantrieben ist, dass je nach den Anforderungen an das Betriebsverhalten des Fahrzeuges (die vor allem aus den Nutzungsgewohnheiten resultieren), sich Stärken und Schwächen der jeweiligen Technologien ausgleichen können. Bei der Kombination von Verbrennungs- und Elektromotor kompensieren zum Beispiel die elektrischen Maschinen die Schwächen der Verbrennungsmotoren im unteren Drehzahlbereich, wandeln Elektroenergie mit einem Wirkungsgrad von über 90 Prozent in Bewegungsenergie um und gewinnen Bremsenergie zurück. Dem stehen Nachteile bezüglich Kosten und Raumbedarf für zwei Antriebe gegenüber. Welches Antriebssystem sich durchsetzen kann, wird sich erst im Laufe einer längeren, sicherlich auch kontroversen Diskussion zeigen. Wichtig ist dabei, dass es nicht zu rasch zu einer Fokussierung auf wenige Konzepte kommt. Vielleicht eröffnen sich auch ganz andere Perspektiven. So könnte sich die Auffassung durchsetzen, dass unser westliches Verständnis von Mobilität vor allem als motorisierter Individualverkehr aus vielerlei Gründen nicht beispielgebend für die Menschheit sein kann. Wie auch immer: Ziel der gesamten Diskussion muss sein, die anstehenden Veränderungen nicht vordergründig als Verlust, sondern als Chance für die Mehrheit zu begreifen. Die Aufgaben sind gigantisch, aber uns bleibt keine Wahl. ■



»Wir haben noch ausreichend Spielraum«

Verbrennungsmotoren werden immer effizienter

Ein Interview mit Dr. Bodo Durst, Leiter der Brennverfahrensimulation der Antriebsentwicklung Ottomotoren bei den Bayerischen Motorenwerken (BMW) in München.

BMW ist mit der Entwicklung von Motoren groß geworden. Wie läuft heute die Entwicklung eines neuen Motors ab?

Vor dem Start der Serienfertigung stehen drei Schritte: Die Initialphase, die Konzeptphase und anschließend die Entwicklung eines serienfähigen Motors. Initial- und Konzeptphase dauern zusammen normalerweise etwa eineinhalb Jahre – danach wird der Motor im Rahmen der dreijährigen Serienentwicklung für die Fertigung auskonstruiert. Ganz ähnlich läuft übrigens auch die Entwicklung eines neuen Fahrzeugs ab.

Was genau passiert in diesen Phasen?

Zunächst überlegt man sich: Was sind die markenspezifischen Anforderungen. Was soll der Motor leisten, wie muss er beschaffen sein. Gemeinsam mit den Fahrzeugentwicklern und den Projektleitern diskutieren wir, was aus technischer und betriebswirtschaftlicher Sicht sinnvoll ist. In der folgenden Konzeptphase geht es

darum, zu untersuchen, ob die Ziele die wir uns gesetzt haben, realisierbar sind. Zum Beispiel: Kommt das Benzineinsparpotential einer bestimmten Technologie in dem Motor, den man entwickelt hat auch wirklich zum Tragen? In der Konzeptphase überprüfen wir durch Simulation und numerische Berechnung im Detail all jene Ideen, die als Know-how in der Forschungslandschaft verfügbar sind: Indem wir neue Aggregate an alten Motortypen testen oder ganz neue Motoren bauen, die für sich lauffähig sind. Anschließend wird das Konzept für die Serienreife auskonstruiert und in Prüfstands- und Fahrzeugdauerläufen erprobt. Nun geht es darum, dass die einzelnen Teile optimal zusammenpassen und am Ende sowohl die technische wie auch die betriebswirtschaftliche Seite stimmen.

Was sind – neben geringem Verbrauch – wichtige Aspekte bei der Entwicklung?

Neben der Einhaltung der gesetzlichen

Vorgaben beispielsweise hinsichtlich Emissionen und der Erreichung der Anforderungen an Leistung und Dynamik geht es immer auch darum, die betriebswirtschaftlich sinnvollste Technik zu entwerfen. Auch im Premiumsegment ist der Wettbewerb groß und BMW bietet ja nicht nur Fahrzeuge im oberen Preissegment an. Daher muss schon während der Konzeption eines neuen Motors der Aspekt der Kosten immer mitbedacht werden.

Auch hinsichtlich des Verbrauchs gibt es verschiedene Ansatzpunkte. Man kann beispielsweise schauen, was alles am Motor Energie kostet. Und was an Energieverbrauchern im Fahrzeug sonst noch enthalten ist. Grundsätzlich ist es zudem so, dass der Verbrennungsmotor bei niedrigeren Drehzahlen und mittleren Lasten also beispielsweise auf langen Strecken weniger Energie braucht als auf kurzen Strecken, wie in der Stadt, wo immer wieder beschleunigt werden muss. Diese sogenannte Lastpunktverschiebung kann man sich durch das Downsizing des Motors zu Nutze machen. Ein anderes Thema ist auch die Direkteinspritzung.

Was könnte man außer Benzin verbrennen?

Zwei erprobte Möglichkeiten sind Erdgas und Wasserstoff. Bei letzterem ist allerdings die Infrastruktur noch nicht soweit, dass die Versorgung flächendeckend sichergestellt ist. Biogene Kraftstoffe wären eine andere Alternative. Die Begeisterung, die vor einiger Zeit für nachwachsende Rohstoffe aufkam, ist allerdings rasch wieder abgeebbt – da hier auch ein erhebliches ethisches Problem besteht: Flächen die vorher für die Nahrungsmittelproduktion zur Verfügung standen, werden zur Kraftstoffproduktion genutzt.

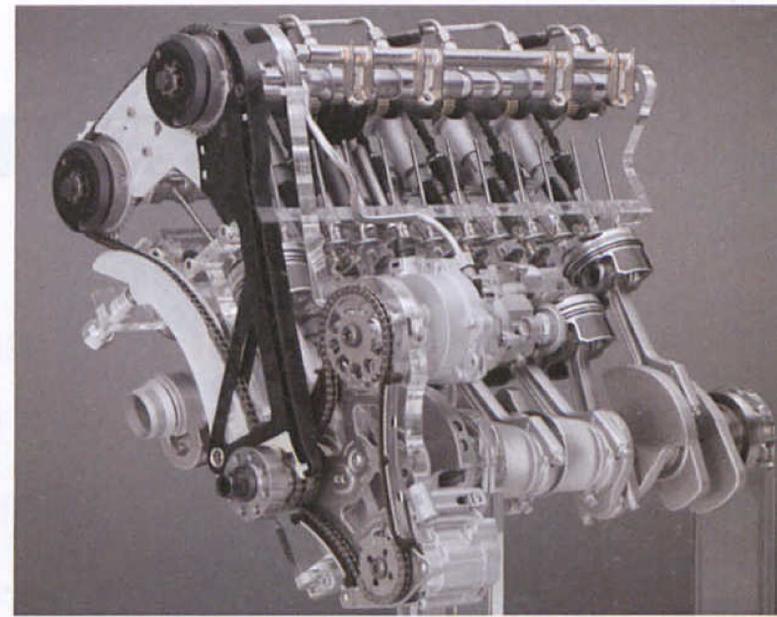
Eine vielversprechende Möglichkeit ist es hier, aus vergasbarer Biomasse, die ansonsten ein Abfallprodukt wäre, wieder Benzin zu gewinnen. Allerdings haben wir aber auch bei den klassischen Motoren durchaus noch Möglichkeiten, Verbrauch und Schadstoffausstoß zu senken.

Gibt es wirklich noch Spielraum zur Optimierung von Verbrennungsmotoren?

Doch, es gibt noch Spielraum! Motoren werden beispielsweise immer leichter. Das spart Kraftstoff. Auch die Motorentechnik als solche wird laufend verbessert. Hier haben wir noch ausreichend Möglichkeiten zur Optimierung. Allerdings spielen auch die Wünsche und Erwartungen der Kunden eine große Rolle. Ein Beispiel: Durch das erwähnte Downsizing erreicht ein Vierzylindermotor die Leistungswerte eines Sechszylindermotors und fährt äußerst sparsam. Ein Reihensechszylinder-Ottomotor zeichnet sich jedoch durch besondere Laufruhe aus. Wenn man also aus Gründen der Wirtschaftlichkeit vom Sechszylinder auf den Vierzylindermotor geht, dann muss man eventuell durch zusätzliche Technik im Motor dafür sorgen, dass dies für den Kunden absolut nicht wahrnehmbar und akzeptabel ist.

Welche Einsparungen sind bei den CO₂-Emissionen noch möglich?

Eigentlich ist diese Frage die gleiche wie die vorhergehende. Die Angabe der CO₂-Emissionen in g/km sind ist eine Messgröße, die auch eingeführt wurde, um den Verbrauch von Diesel- und Ottomotoren auf derselben Basis miteinander vergleichen zu können. Aufgrund der physikalischen Eigenschaften wie Dichte und Heizwert von Diesel und Benzin sieht der Verbrauch von Dieselmotoren wenn man ihn in l/100 km angibt immer geringer aus. Erst wenn man ausrechnet, wie viel CO₂ am Ende emittiert wird, ist der Vergleich sauber. Spricht man also von der Reduzierung der CO₂-Emissionen, meint man die Reduzierung des Verbrauchs. Dieselmotoren haben hier insbesondere aufgrund ihres höheren Verdichtungsverhältnisses einen höheren Wirkungsgrad als Ottomotoren, selbst wenn man CO₂-Emissionen vergleicht. Wir arbeiten aber daran, den Wirkungsgrad von Ottomotoren in Richtung des Niveaus von Dieselmotoren zu bringen. Mit unserem jüngsten Produkt, einem Sechszylinder-Reihenottomotor mit Turboaufladung, Direkteinspritzung



Skelettdarstellung des BMW Reihensechszylinder-Ottomotors mit Turboaufladung, Direkteinspritzung und stufenlos verstellbarem Ventilhub (05/2009).

und vollvariabler Ventilsteuerung (Valvetronic) haben wir gezeigt, dass sogar mehr Leistung bei weniger Verbrauch möglich ist.

Benzin, Gas, Sonne, Wasserstoff, Elektro – wo sehen Sie die größten Zukunftschancen?

Ich denke, dass wir noch eine ganze Weile mit Benzin fahren werden – wobei wir natürlich versuchen müssen, diese Ressource immer sparsamer einzusetzen. Möglicherweise werden wir später auf Gas umsteigen. In jedem Fall werden Verbrennungsmotoren auch in den nächsten Jahrzehnten eine wichtige Rolle spielen.

Wenn man über CO₂-neutrale Alternativen zum Verbrennungsmotor spricht, dann muss man meines Erachtens Sonne/Wasserstoff/Elektro immer als Kombination sehen. Die drei gehören für mich zusammen: Mit Sonne allein kann man ja kein Auto betreiben, aber es ist möglich, mit der Sonne Wasserstoff oder Strom zu generieren. Wenn wir über CO₂-Neutralität reden, macht Elektroenergie für mich persönlich gar keinen Sinn, wenn man sie nicht aus Sonne gewinnt.

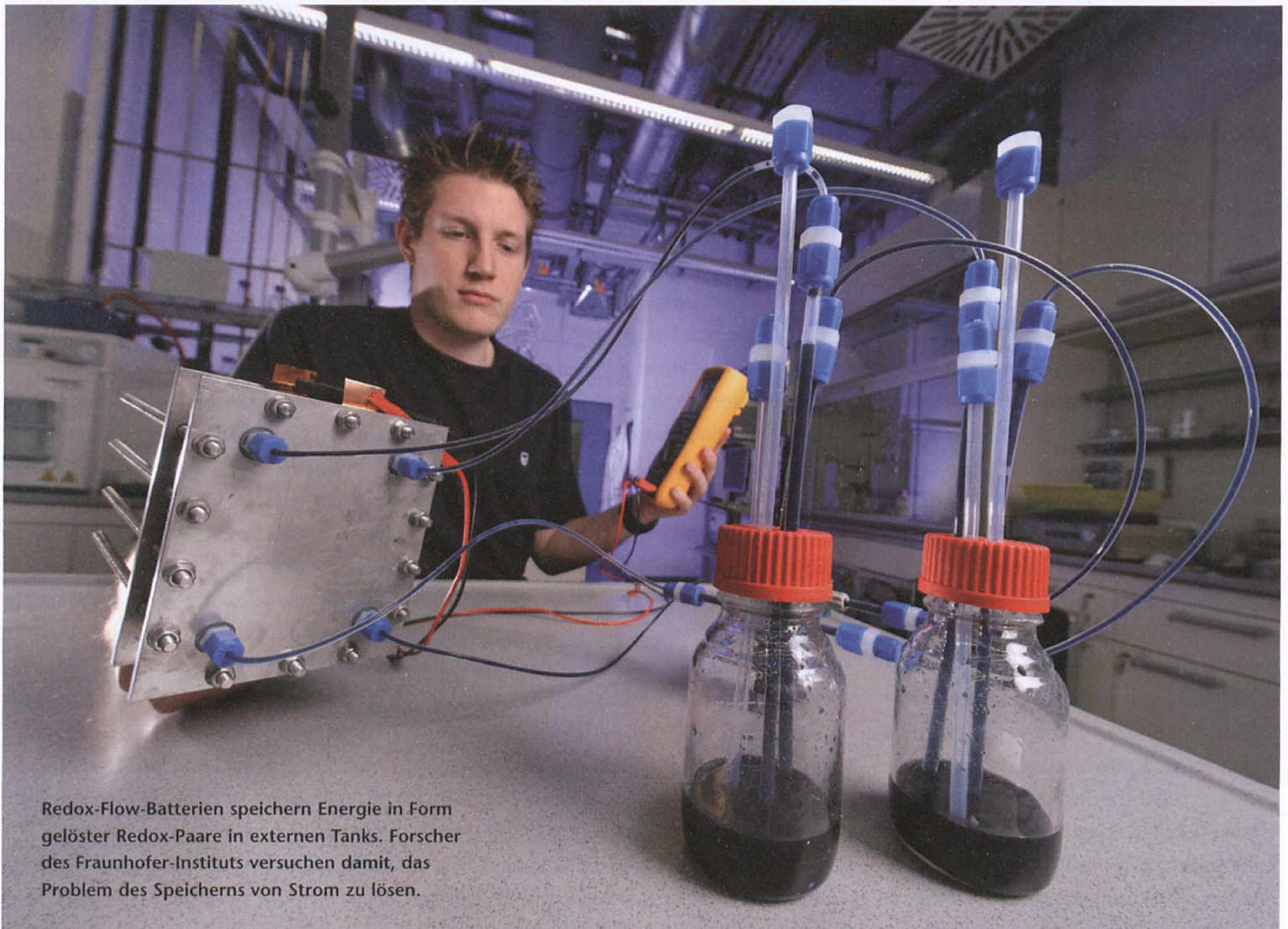
Die Fragen stellte Sabrina Landes

Revolution im Antrieb

Kampf der Systeme

Der Energiehunger auf der Erde ist groß. So groß, dass wichtige Rohstoffe wie Erdöl und Erdgas immer knapper werden. Auch die rund 56 Millionen Kraftfahrzeuge auf Deutschlands Straßen zählen zu den nimmersatten Energiefressern. Leichtere Materialien allein werden den Kraftstoffverbrauch auf Dauer nicht ausreichend reduzieren: Die Autobauer müssen den Antrieb revolutionieren.

Von Clara Steffens



Redox-Flow-Batterien speichern Energie in Form gelöster Redox-Paare in externen Tanks. Forscher des Fraunhofer-Instituts versuchen damit, das Problem des Speicherns von Strom zu lösen.

Der Rückstand schmilzt. Und dennoch kommen sie nur schwer aus den Startlöchern. Im Rennen um neue Antriebstechniken haben Autos mit Lithium-Ionen-Batterien und Fahrzeuge mit Wasserstoffantrieb einen Konkurrenten, der sich nur schwer von der Führungsposition verdrängen lässt: Seit mehr als hundert Jahren steht der mit Diesel oder Benzin betriebene Verbrennungsmotor an der Spitze der Antriebssysteme. Doch gemeinsam könnten sie den mächtigen Gegner jetzt in die Enge treiben. Denn Batterie und Brennstoffzelle haben als Energiespeicher einen klaren Vorteil: Sie wandeln chemische Energie direkt in elektrische, ohne dass in einem Verbrennungsprozess viel Energie als Wärme verloren geht. Technisch sind beide Systeme mittlerweile so weit gereift, dass sie um die Vormachtstellung bei den Automobilherstellern kämpfen.

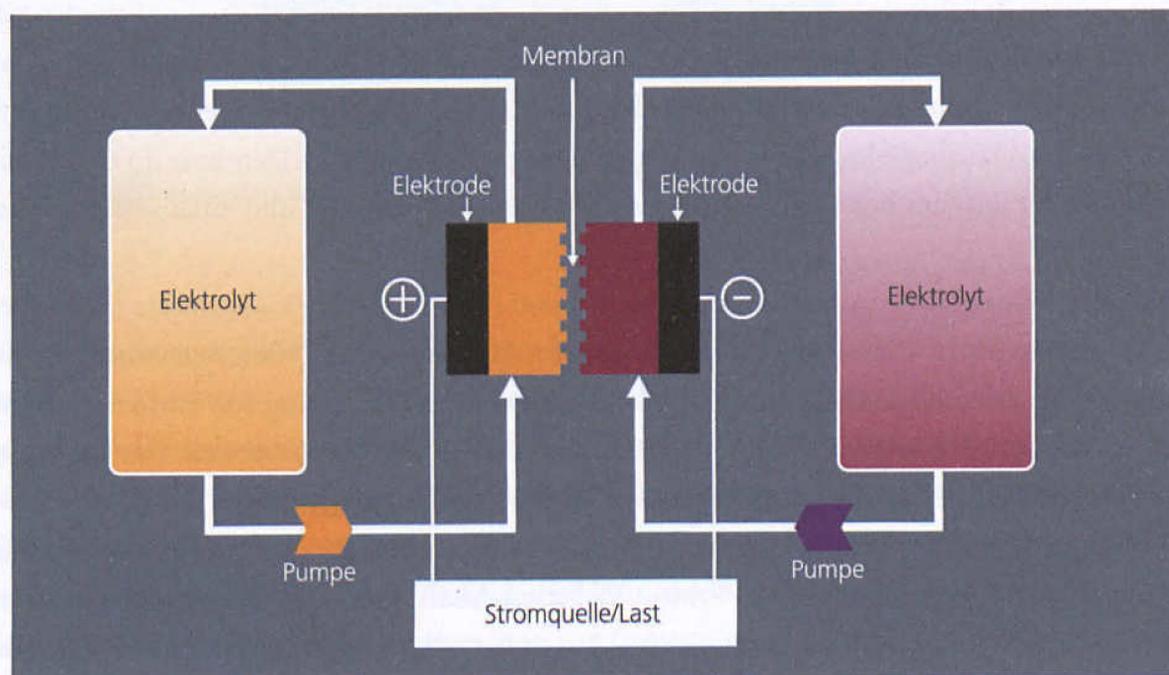
Nicht nur im Auto, sondern auch in Mobiltelefonen, Notebooks und anderen elektronischen Geräten haben sich Lithium-Ionen-Akkus in den vergangenen zehn Jahren als sehr geeignete Energiespeichersysteme etabliert: Sie haben eine hohe Energiedichte – also mehr Energie bei gleichem Batteriegewicht –, sind leicht und entladen sich kaum von selbst.

Aus der Sicht von Experten taugen Batteriefahrzeuge jedoch »nur« als klassische Stadt- und Pendlerautos, weil die derzeitige Batterietechnik noch keinen sehr großen Aktionsradius erlaubt. Je mehr Elektronen sich in den Elektroden einer Batterie einlagern können, desto höher ist die Energiedichte einer Zelle und desto weiter fährt ein Wagen von einer Steckdose bis zur nächsten. Derzeit kommen Batteriefahrzeuge wie der »iMiEV«, ein Kleinwagen von Mitsubishi, 100 bis 150 Kilometer weit – je nachdem, wie viel Strom sie zusätzlich für Klimaanlage, Navigationsgeräte und andere elektronische Bordsysteme verbrauchen. Zwar lässt sich beim Bremsen und Bergabfahren mittels »Rekuperation« – also der Rückgewinnung nutzbarer Energie – sogar etwas zusätzliche Energie speichern. Mit den gewohnten 500 bis 700 Kilometern Reichweite eines



Eine 5-kW-Hochtemperatur-Brennstoffzelle (SOFC) soll künftig die Lichtmaschine im Auto ersetzen. Das bislang hohe Gewicht des Brennstoffzellen-Stapels (Stack) konnte hier durch eine neue Leichtbauweise entscheidend verringert werden.

ELEKTRONENWANDERUNG DER BATTERIEN



Eine Batterie wandelt mithilfe einer Redoxreaktion chemische in elektrische Energie um. Dabei laufen Elektronenaufnahme und -abgabe räumlich getrennt voneinander ab – jeweils an einer positiv und an einer negativ geladenen Elektrode. Erst ein Elektronenleiter ermöglicht die Wanderung der Elektronen und damit den Strom, der schließlich ein Auto antreibt. Bei den wiederaufladbaren Lithium-Ionen-Batterien, wie sie in den heutigen Elektrofahrzeugen zu finden sind, funktioniert der Elektronenfluss in zwei Richtungen: Beim Laden wandern die Lithium-Ionen einer Zelle vom Plus- zum Minuspol, wo sie sich in eine Elektrodenstruktur aus Graphit einlagern. Beim Entladen wandern die Lithium-Ionen zurück zur positiv geladenen Metallelektrode. Ein Separator trennt jede Zelle in zwei Kammern und verhindert einen Kurzschluss.



Eine Tankstelle für Wasserstoff in Hamburg.

CLARA STEFFENS arbeitet als Wissenschaftsjournalistin in München.

Wagens mit Verbrennungsmotor werden Batterieautos in naher Zukunft jedoch nicht mithalten können.

Das Periodensystem der chemischen Elemente setzt der Energiespeicherdichte von Batterien natürliche Grenzen, die in den kommenden Jahren weiter ausgereizt werden: Werte von derzeit etwa 150 Wattstunden pro Kilogramm (Wh/kg) sollen in den kommenden zehn Jahren auf 220 bis 240 Wh/kg steigen. Dafür verändern die Batteriehersteller etwa die Verhältnisse von Metallen wie Kobalt, Nickel, Mangan und Eisen in der positiven Elektrode. Um dem Wunsch der Autobauer nachzukommen und Energiedichten von 500 Wh/kg zu erreichen, wären jedoch komplett neue Speichersysteme notwendig.

Aussichtsreiche Kandidaten wie Lithium-Schwefel- und Lithium-Sauerstoff-Systeme befinden sich derzeit noch im Forschungsstadium und müssen sich erst in puncto Sicherheit und Lebensdauer beweisen. Bei einem weiteren Konzept, den sogenannten Redox-Flow-Batterien, speichert nicht mehr das Elektrodenmaterial die Energie, sondern die flüssigen Elektrolyte selbst. Vorteil dieser Zukunftsvision, wie sie sich Dr. Jens

Tübke vom Fraunhofer- Institut für Chemische Technologie gut vorstellen kann: Die Elektrolyte könnten wie Benzin aus einem Tank ein- und ausgepumpt werden. Ein langer Ladevorgang entfällt.

WETTRENNEN DER SYSTEME. Neben der geringen Reichweite birgt die Batterietechnik eine weitere Herausforderung: Die Zellen dürfen nicht über- oder gänzlich entladen oder überhitzt werden. Je nach Zellchemie kommt es sonst zu einer verminderten Lebensdauer, zu Schäden oder sogar zu einer Explosion. Damit eine Batterie mehr als zehn Jahre und damit ein Autoleben lang hält, muss jede einzelne Zelle mithilfe eines Batterie-Management-Systems kontrolliert werden – zum Beispiel auf Stromstärke, Spannung, Temperatur und Ladezustand. Damit sie im Rennen um den Antrieb der Zukunft bestehen kann, muss sie außerdem gut isoliert und unfallsicher verpackt sein.

Auch der Mitbewerber um den Antrieb der Zukunft hat sich für den Großeinsatz im Straßenverkehr herausgeputzt: Die Brennstoffzelle glänzt ebenfalls mit einigen Vorteilen. Anstelle klimaschädlicher Abgase produziert sie lediglich Wasserdampf. Eine Tankladung voll Wasserstoff bringt beispielsweise den B-Klasse F-Cell von Mercedes-Benz bereits 400 Kilometer weit. Das mit reinem Wasserstoff betriebene Fahrzeug wird jetzt unter Serienbedingungen gefertigt.

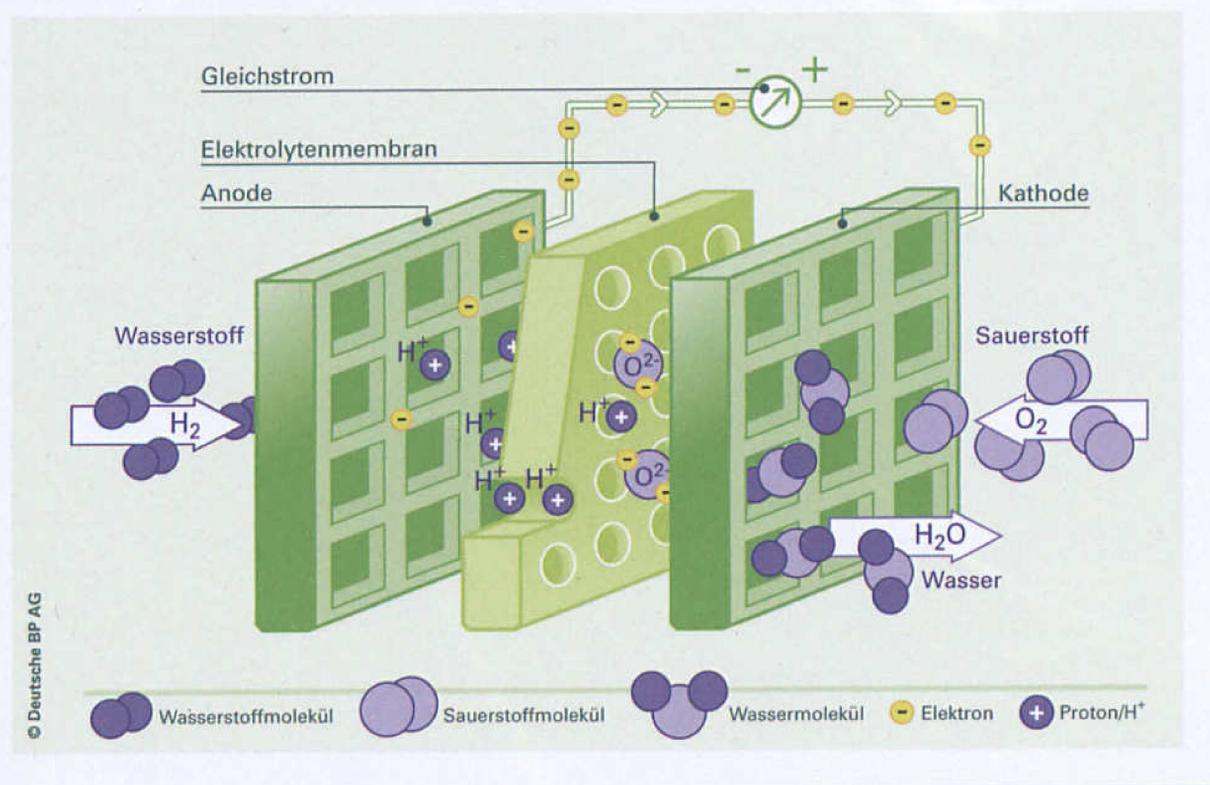
Ebenso wie Daimler setzen die meisten Autobauer dabei auf eine Brennstoffzelle vom Typ PEM (Polymer-Elektrolyt-Membran oder Proton-Exchange-Membrane). Deren Arbeitstemperatur liegt zwischen 80 und etwa 100 Grad Celsius. Ein aufwendiges, meist teures und voluminöses Kühlsystem muss daher die Temperatur regulieren. Viele Komponenten müssen bei der Technik einer Brennstoffzelle richtig zusammenarbeiten. Seit der Erfindung der ersten Gasbatterie im Jahr 1839 hat sich bis heute kein wirtschaftlich konkurrenzfähiges Fahrzeug durchgesetzt. Nur in der Raumfahrt produzieren Brennstoffzellen seit mehr als vierzig Jahren zuverlässig Strom, Wärme und Wasser für die Bordsysteme.

Ein Manko: Noch ist die Lebensdauer dieser Wasserstoff-Mini-Kraftwerke zu kurz. Bisher hält ein Brennstoffzellenstapel etwa 2.500 Betriebsstunden – gerade die Hälfte der Zeitspanne, die das Energieministerium der Vereinigten Staaten für den breiten Einsatz fordert. Die Automobilhersteller und ihre Partner suchen deshalb nach belastbareren und preisgünstigen Werkstoffen für die Brennstoffzelle. Zahlreiche Experten schätzen dennoch, dass die Zusatzkosten für ein Brennstoffzellenfahrzeug gegenüber einem Wagen mit Verbrennungsmotor erst im Jahr 2020 unter 10.000 Euro sinken werden.

ENERGIESPEICHER BRENNSTOFFZELLE

Als Energiespeicher dient in Brennstoffzellenautos Wasserstoff, der in einer kontrollierten Reaktion mit Sauerstoff zu Energie und Wasser umgewandelt wird. Unkontrolliert ist diese Reaktion auch als Knallgasreaktion bekannt.

Die meisten Autobauer setzen auf eine Brennstoffzelle vom Typ PEM (Polymer-Elektrolyten-Membran oder Proton-Exchange-Membrane). Dabei ist jede Brennstoffzellenkomponente für sich eine technische Herausforderung: Wasserstoff und Sauerstoff strömen zunächst durch das Röhrensystem der sogenannten Bipolarplatten und gelangen auf diesem Weg in ihre jeweilige Elektrode. Eine Elektrolytenmembran trennt die beiden Reaktionsgase voneinander. Der Elektronenaustausch läuft über einen Elektronenleiter, der so den erzeugten Strom bereitstellt. Da der Stromfluss einer Einzelzelle für den Fahrzeugantrieb zu gering ist, werden mehrere hundert Einzelzellen schließlich in einem Stack zu hundert Kilowatt-Aggregaten elektrisch in Serie geschaltet.



Größter Kostentreiber ist der Elektrokatalysator Platin. Etwa 60 Gramm des Edelmetalls Platin sind derzeit für einen Brennstoffzellenantrieb notwendig – und die Kosten nach Berechnungen der *Wirtschaftswoche* rund 3.000 Euro. Core-Shell-Katalysatoren könnten den Platin-Einsatz reduzieren: Die einzelnen Katalysatorpartikel bestehen dann nicht mehr komplett aus Platin, sondern nur ihre Hülle. Entsprechend fein verteilt, bietet das Edelmetall trotz der geringen Menge eine große, aktive Oberfläche, auf der sich die Gasmoleküle dann leichter spalten lassen.

Trotz mancher Hindernisse auf dem Weg zur Zielgeraden: Da Abgase aus Verbrennungsmotoren derzeit für knapp 20 Prozent des gesamten CO₂-Ausstoßes in Deutschland verantwortlich sind, könnten Batterie- und Wasserstofffahrzeuge in Zukunft einen wichtigen Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz leisten. Wichtige Voraussetzung: Der in den Batterien und im Wasserstoff gespeicherte Strom wird aus regenerativen Energien erzeugt.

Wer schließlich das Rennen um die Mobilität der Zukunft gewinnen wird, bleibt weiterhin offen. Laut Jürgen Mergel vom Institut für Energieforschung am Forschungszentrum Jülich wird es letztlich ein Mittelweg werden, eine »vernünftige Hybridisierung« der beiden Antriebe. Bis es so weit ist, arbeiten die Hersteller noch an der Lebensdauer, der Sicherheit und den Produktionskosten für die neuen Technologien. Wie die mit Wasserstoff betriebenen Busse in Hamburg werden sich auch die Elektroautos in Testregionen wie Stuttgart, Berlin und München allmählich unter Autovolk mischen und damit einen vagen Vorgeschmack auf die Mobilität der Zukunft liefern – getrieben vom Bewegungsdrang der Menschen, einem der großen Energiefresser der Erde. ■■

RADSPIELER

Seit 1841

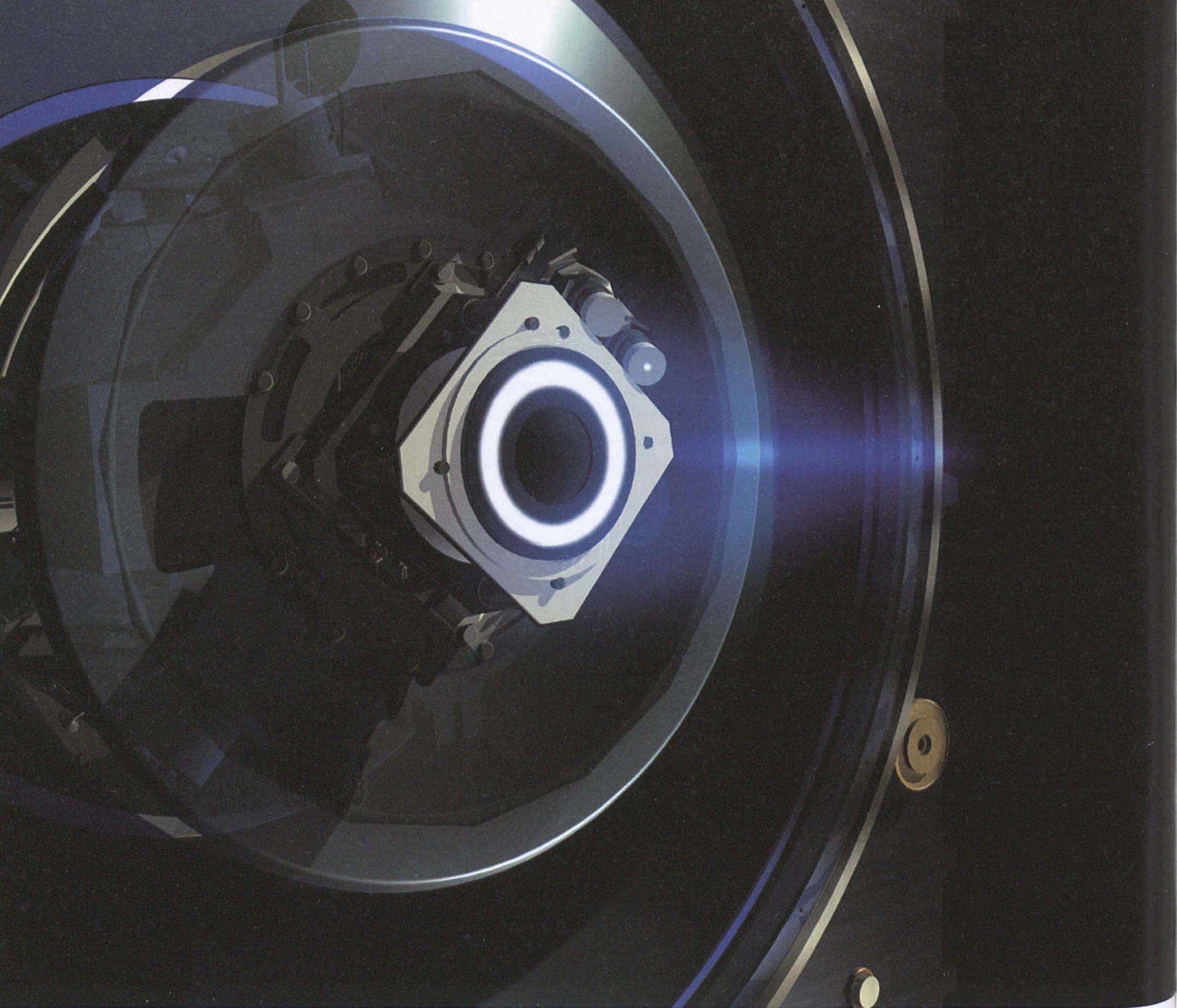
macht

*Wohnungen
schön!*

Möbel

*aus eigener Werkstatt
und von führenden
zeitgenössischen Herstellern,
Einrichtungen,
Stoffe, Geschirr und Glas,
Teppiche.*

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



Mit Ionenantrieb ins All

Elektrisch zum Mars

Für eine bemannte Erforschung des Sonnensystems im 21. Jahrhundert sind chemische Raketenantriebe ungeeignet.

Eine realisierbare Alternative ist das Ionentriebwerk. Von Bernd Flessner

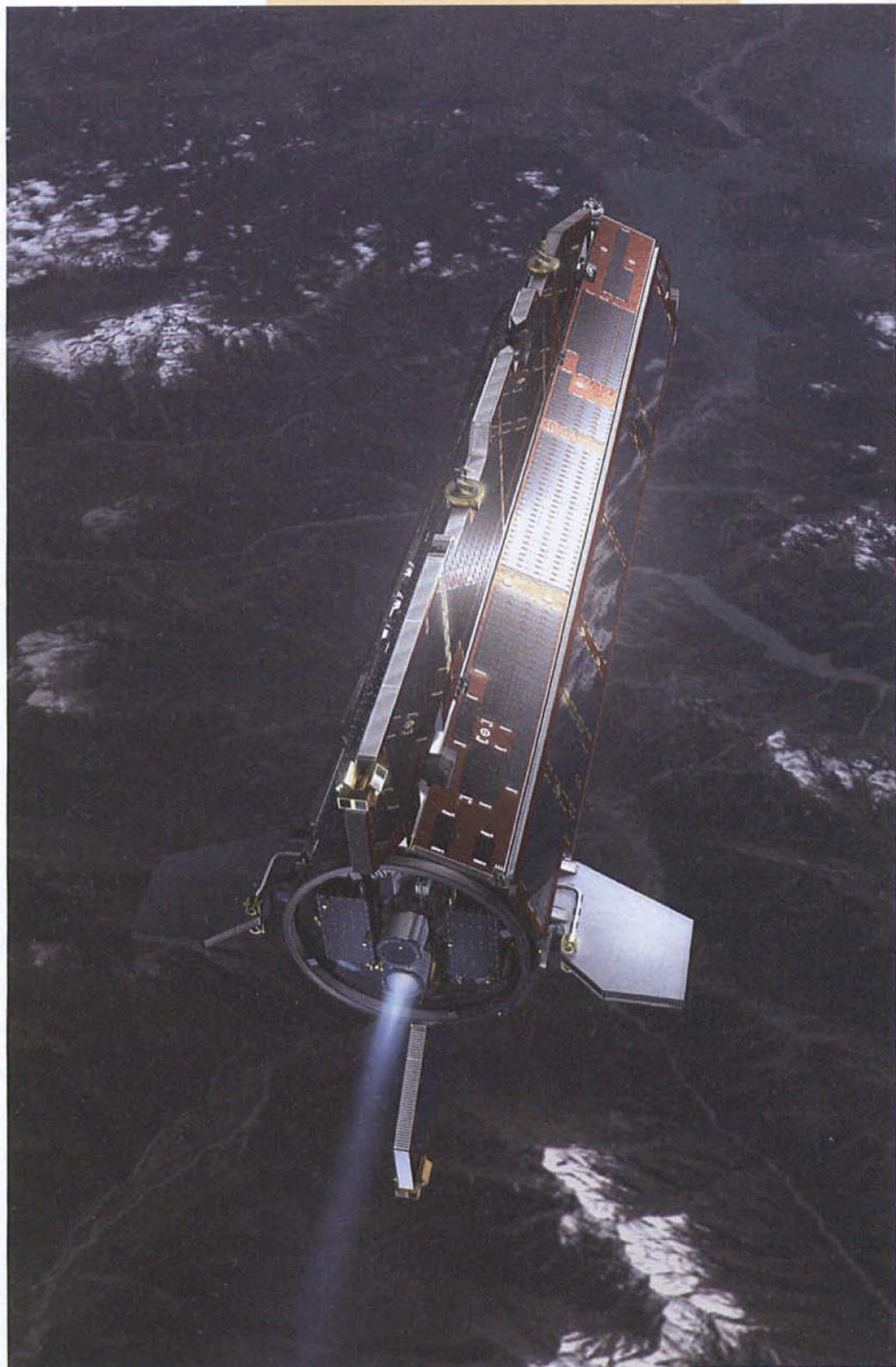
Am Anfang der Raumfahrtgeschichte legten der Russe Konstantin E. Ziolkowski (1857–1935), der Deutsche Hermann Oberth (1894–1989) und der Amerikaner Robert H. Goddard (1882–1945) die ersten wissenschaftlich korrekten Berechnungen für einen Flug ins All vor. Die Ideengeber waren zwar Science-Fiction-Autoren wie Jules Verne, für dessen Romane vor allem Ziolkowski und Oberth schwärmten, doch erkannten die Raumfahrt-pioniere schnell, dass riesige Kanonenkugeln niemals Astronauten zum Mond schießen würden. Alle drei setzten sie auf die Rakete, also auf einen chemischen Antrieb. Der Raketentreibstoff, ob fester oder flüssiger, wird in einer Reaktionskammer verbrannt, und der aus einer Düse gebündelt austretende Strahl der Abgase liefert den Schub.

Doch noch bevor Goddard und Oberth sich selbst daranmachten, Versuchsraketen zu konstruieren, waren ihnen die Nachteile des chemischen Antriebs bewusst: Der Impuls der Abgase ist sehr gering. Mit nur etwa 4.500 m/s treten die Teilchen, von denen sich die Rakete abstößt, aus der Düse aus. Um dennoch eine Nutzlast ausreichend beschleunigen zu können, muss die Menge der Teilchen groß genug sein. Mit anderen Worten: Eine chemische Rakete braucht sehr viel Treibstoff. So viel, dass er bis zu 90 Prozent der Startmasse einer Rakete ausmacht. Ein Großteil des Schubs dient wiederum dazu, nicht die Nutzlast zu beschleunigen, sondern den großen Treibstoffvorrat. Die meiste Energie wird also für den Energieträger selbst benötigt. Der wiederum ist schnell verbraucht, die erreichbare Geschwindigkeit begrenzt. Wer mit chemischen Antrieben das Sonnensystem erforschen will, muss Jahre und Jahrzehnte einkalkulieren. Schon ein bemannter Flug zum Mars kostet die Astronauten ein halbes Jahr ihres Lebens, der Rückflug ebenso.

Wie aber kann man den Impuls erhöhen und die austretenden Teilchen stärker beschleunigen? Goddard und Oberth kamen auf die Idee, die Teilchen nicht durch die Verbrennung von Treibstoff in Bewegung zu versetzen, sondern zu ionisieren und elektrisch zu beschleunigen. Die Teilchen wären fünf- bis zehnmal so schnell, also rund 20.000 bis 40.000 m/s. Oberth nahm sich des Problems an und entwarf in seinem Buch *Wege zur Raumschiffahrt* (1929) eine »elektrische Rakete«, ein erstes Ionentriebwerk. Diese bereits lange vor der Entwicklung weltraumtauglicher Flüssigkeitsraketen skizzierte Zukunft des Raketenantriebs blieb natürlich zunächst einmal ohne Folgen. Erst Ende der 1950er-Jahre kam Oberths Buch seinem Schüler Wernher von Braun (1912–1977) wieder in den Sinn. Noch während die 1958 gegründete amerikanische Weltraumbehörde NASA daran arbeitete, das Mercury-Programm umzusetzen und einen Menschen in den Orbit zu befördern, loteten Wernher von Braun und sein ebenfalls deutscher Mitarbeiter Ernst Stuhlinger (1913–2008) bereits die Möglichkeiten bemannter Flüge zum Mond und zum Mars aus.

Für von Braun stand dabei schon früh fest, dass nur der nahe Mond ein Ziel für chemische Triebwerke darstellt, nicht aber das Sonnensystem. Auch für den Start in den Orbit braucht man sie, doch dann haben sie ausgedient. »Ein Fern-Raumschiff kann und wird daher Raketentriebwerke besitzen, die beträchtlich (...) leichter sind als die Triebwerke aller für den Start von der Erde gebauten Raketen«, schrieb er schon 1952 und fügte seinen Überlegungen einige Jahre später hinzu: »Ich würde mich nicht wundern, wenn wir eines Tages elektrisch zum Mars fliegen würden.« Auch war er sicher, dass ein derartiges »Raketenantriebssystem auf der Grundlage der Kernenergie« realisiert werden wird.

Der Physiker Stuhlinger, der seine Doktorarbeit über *Das Ionisierungsvermögen kosmischer Ultrastrahlen* geschrieben hatte, nahm sich des Themas an und setzte Oberths Arbeit fort. Mit seinen zwei Studien, *Possibilities of Electrical Space Ship Propulsion* (Wien 1955) und *Ion Propulsion for Space Flight* (New York 1964), schuf er die Grundlage für den Bau moderner Ionentriebwerke.



Die Illustration zeigt den europäischen Satelliten GOCE, der am 17. März 2009 gestartet wurde. Der Satellit wird das Schwerefeld der Erde in bislang nicht erreichter Präzision vermessen. Die erwarteten Ergebnisse werden insbesondere für die Ozeanographie, Geophysik und Erforschung des Meeresspiegels wichtig sein. GOCE ist mit einem Ionenantrieb ausgestattet.

Bild links: Eine Detailaufnahme von SMART-1, der ersten Raumsonde der ESA, die den Erdmond erforscht hat. Hauptziel der Mission war es, einen neuartigen, solarelektrisch betriebenen Ionenantrieb sowie neue Navigations- und Kommunikationstechniken zu testen.



Seit dem 27. September 2007 befindet sich die Raumsonde DAWN auf ihrem Weg Richtung Mars. Das eigentliche Ziel der Sonde aber sind zwei Asteroiden, Vesta und Ceres, von denen sich Wissenschaftler Erkenntnisse über die Entstehung des Sonnensystems erhoffen. Die Ankunft bei Vesta ist für den August 2011 geplant. Im Mai 2012 wird DAWN den Asteroiden verlassen und zu Ceres weiterfliegen, den sie im Februar 2015 erreichen soll.

Das Bild oben zeigt, wie DAWN auf die Raketenoberstufe abgesenkt wird. An der Unterseite der Sonde befinden sich gut sichtbar die drei Ionentriebwerke.

Noch in der 1960er-Jahren unternahm die NASA die ersten Versuche, in denen Quecksilber und Cäsium als Treibstoff dienten. Leider erwiesen sich diese ersten elektrischen Triebwerke als sehr störanfällig und nicht praxistauglich. So mussten die Schwermetalle, die man aufgrund ihrer hohen Atommasse gewählt hatte, erst verdampft werden, um als ionisiertes Gas zu dienen. Giftig sind sie ohnehin. Nach weiteren Versuchen entschieden sich die Ingenieure der NASA in den 1980er-Jahren für das ungiftige Edelgas Xenon, das sich gut in Drucktanks lagern lässt. In der heute gängigen Bauweise wird das Gas durch Elektronenbeschuss ionisiert und mittels eines elektrischen Feldes beschleunigt. Die im Ionisierungsprozess entzogenen Elektronen werden dem Ionenstrahl nach dem Austritt aus dem Triebwerk wieder zugeführt.

Erst zu Beginn der 1990er-Jahre waren die Ionentriebwerke so ausgereift, dass sie erstmals in Satelliten installiert werden konnten. Als erste Sonde wurde am 24. Oktober 1998 »Deep Space 1« gestartet, die den Asteroiden Braille und den Kometen 19P/Borrelly passierte. Außerdem wollte die NASA damit auch das Xenon-Ionentriebwerk testen, das sich hervorragend bewährte. 2003 startete die japanische Sonde »Hayabusa« und wurde von einem Ionentriebwerk zum Asteroiden Itokawa gebracht, um dort Bodenproben zu entnehmen. Ob dieses Experiment geglückt ist, wird sich noch 2010 zeigen. Als dritte Raumsonde mit einem Ionentriebwerk startete 2003 die ESA-Sonde SMART-1 zum Mond. Alle drei Sonden beweisen eindrucksvoll die Leistungsfähigkeit des Ionenantriebs, der seine elektrische Energie aus Sonnensegeln gewinnt. In Sonnennähe ist dies die einfachste Art der Energieversorgung. Liegen die Ziele jedoch in entgegengesetzter Richtung oder will man ein schweres bemanntes Raumschiff antreiben, müssen andere Energiequellen genutzt

werden. Denn so wenig Treibstoff ein Ionentriebwerk benötigt, so viel elektrische Energie frisst es, kann dafür aber ein Raumschiff über einen sehr langen Zeitraum beschleunigen und erreicht so eine hohe Endgeschwindigkeit. Raumfahrtexperten der Ad Astra Rocket Company in den USA, die Ionentriebwerke entwickeln, haben jüngst berechnet, dass man mit einem elektrischen Antrieb nur 39 Tage für einen Flug zum Mars benötigen würde. Vorausgesetzt, genügend elektrische Energie stünde zur Verfügung. Die könnte aber derzeit nur ein Nuklearreaktor liefern. Ganz so, wie es Wernher von Braun vorhergesehen hat. Der Risiken sind sich nicht nur Umweltschützern bewusst, denn ein Absturz könnte fatale Folgen haben. Erst wenn vertretbare Sicherheitskonzepte vorliegen, kann die alte neue Technik auch in der bemannten Raumfahrt eingesetzt werden und einem Flug zum Mars vor allem die psychischen Belastungen nehmen. Sechs Wochen sind weitaus leichter zu verkraften als sechs Monate.

Bis zum Jahr 2015 hat Präsident Barack Obama von der NASA ein umfassendes Konzept für den Flug zum Mars gefordert, den er unbedingt erleben und »im Fernsehen verfolgen will«. Dieses Konzept soll zugleich den Weg für die bemannte Erforschung des Sonnensystems weisen. Einer der Schlüssel wird der Ionenantrieb sein, bevor in ferner Zukunft heute noch utopische Transportsysteme zum Einsatz kommen werden. ■■

Quellen

Horst Löb, *Die Gießener Ionen-Raketentriebwerke*, in: Gießener Universitätsblätter, 41/2008

Brittany Sauser, *Mit Ionenkraft zu den Sternen*, in: Technology Review vom 12.08.2009

Wernher von Braun, *Start in den Weltraum*. Frankfurt a.M. 1953

Wernher von Braun, *Bemannte Raumfahrt*. Frankfurt a.M. 1968

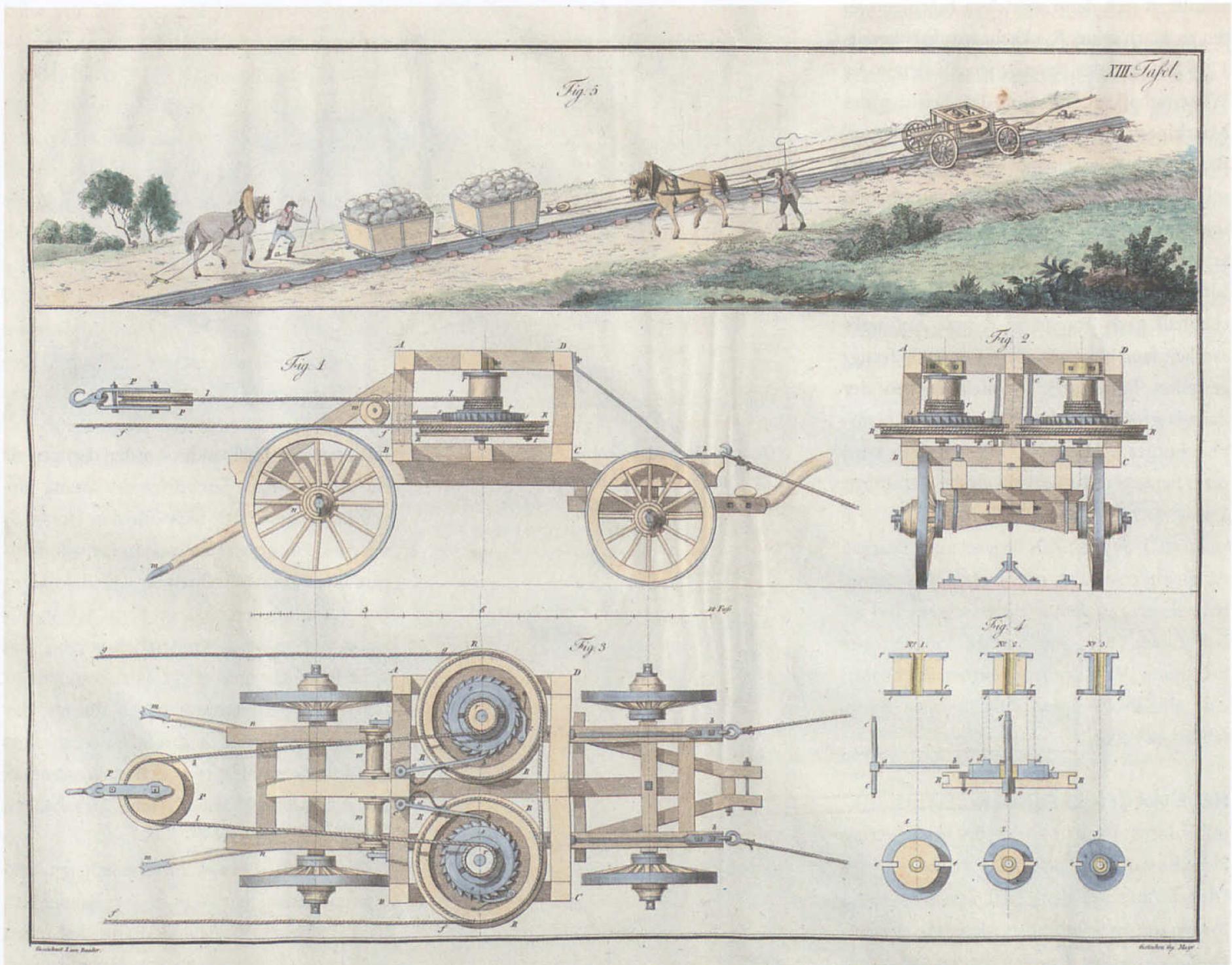
Angela u. Karlheinz Steinmüller, *Visionen. 1900 – 2000 – 2100. Eine Chronik der Zukunft*. Hamburg 1999

Ernst Stuhlinger / Frederick I. Ordway, *Wernher von Braun. Die Biografie*. München 1992

Verschiedene Webportale, z. B.: www.nasa.gov; www.esa.int; www.dlr.de

Ein Frühwerk der Eisenbahnliteratur

Joseph von Baaders *Neues System der fortschaffenden Mechanik*



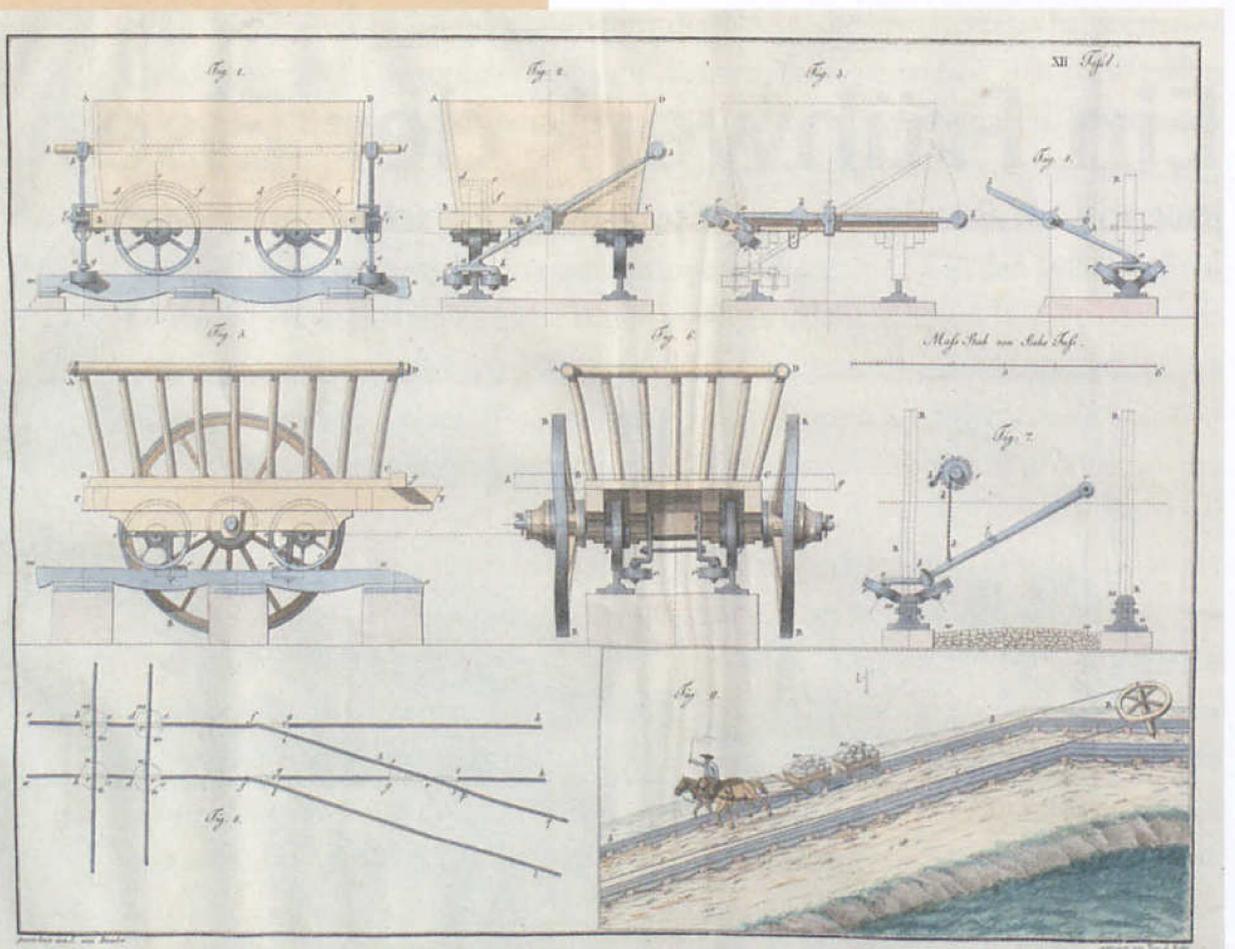
Bergwinden waren für die Überwindung gebirgiger Strecken vorgesehen.

Die Eröffnung der Bahnstrecke von Nürnberg nach Fürth im Dezember 1835 gilt allgemein als der Beginn der bayerischen Eisenbahngeschichte. Doch gingen diesem viel beachteten Ereignis fast zwei Jahrzehnte kontroverser Diskussionen voraus, in deren Mittelpunkt meist der Ingenieur Joseph von Baader stand. Von Helmut Hilz

Baader wurde 1763 in München als Sohn des kurfürstlichen Leibarztes Franz Joseph Baader geboren und studierte zuerst Medizin in Ingolstadt, Wien und Göttingen. Im Verlauf zweier längerer Aufenthalte in Großbritannien in den Jahren 1786 bis 1794 wandte er sich dann aber dem Ingenieurwesen zu. Nach seiner Rückkehr wurde er bereits 1796 Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und mit der Leitung des Maschinen- und Bergbaus in Bayern betraut. Baader sollte zu einer Vielzahl ganz unterschiedlicher technischer Themen arbeiten und publizieren. Eine seiner großen technischen Leistungen ist die Erweiterung und Modernisierung der Soleleitung von Bad Reichenhall nach Traunstein. Große Aufmerksamkeit fand aber vor allem sein 1808 fertiggestelltes Pumpwerk für den Betrieb der damals größten Fontäne Europas im Nymphenburger Schlosspark. Diese Anlage wird noch heute genutzt und gilt als die vermutlich älteste noch in Betrieb befindliche Maschine weltweit. Um diese Zeit begann auch Baaders Auseinandersetzung mit Fragen des Eisenbahnwesens, zu dem er bis zu seinem Tod im November 1835, nur wenige Wochen vor Eröffnung der Nürnberg-Fürther Eisenbahn, eine größere Zahl von Publikationen veröffentlichten sollte.

NEUE WAGEN ERFUNDEN. Bereits 1817 publizierte Baader im Münchner Verlag Fleischmann ein schmales Bändchen im Oktavformat mit dem Titel *Ueber ein neues System der fortschaffenden Mechanik, als Programm eines über diesen Gegenstand nächstens zu erscheinenden großen Werkes*, in dem er bereits die Grundideen für sein Eisenbahnsystem entwickelte.

Das angekündigte Buch veröffentlichte Baader fünf Jahre später unter dem Titel *Neues System der fortschaffenden Mechanik oder vollständige Beschreibung neuerfundener Eisenbahnen und Wagen* im Selbstverlag. Dieses Hauptwerk Baaders ist aufwendig gestaltet und besteht aus einem, auf bläulichem Papier gedruckten Textband und einem Tafelband. Das Titelblatt des Textbandes ließ Baader von Johann Michael Mettenleitner (1765–1853) als Lithografie fertigen. Die sechzehn Illus-



Baader plante Zwei-Wege-Wagen; deshalb sollte jeder Wagen mit vier Holzrädern für die Straße und vier Eisenrädern für die Schiene ausgerüstet sein.

Literatur

Stephan Deutinger, *Bayerns Weg zur Eisenbahn. Joseph von Baader und die Frühzeit der Eisenbahn in Bayern – 1800 bis 1835*, St. Ottilien 1997

DR. HELMUT HILZ leitet die Bibliothek des Deutschen Museums.

trationen des Tafelbandes wurden dagegen als Kupferstiche nach Entwürfen des Autors ausgeführt. Dass er sich nicht für den Holzstich oder die Lithografie als modernere und billigere Illustrationsverfahren entschied, sondern den traditionellen, mit großem Arbeitsaufwand verbundenen Kupferstich vorzog, war sicherlich nicht unüberlegt. Mit der möglichst prachtvollen Gestaltung seines Buches versuchte Baader, die in ihrem künstlerischen Geschmack wohl eher traditionell orientierten politischen Eliten für sein Vorhaben zu gewinnen.

Bei einem so aufwendig gestalteten und damit kostspieligen Werk musste Baader sich vor dem Druck über die Absatzmöglichkeiten im Klaren sein. Der bekannte Techniker versuchte deshalb, seine persönlichen Kontakte zur Werbung für sein Buch zu nutzen. Erfolgreich war er beim russischen Zaren Alexander I., der 100 Exemplare pränummerierte, das heißt schon vor dem Erscheinen bezahlte. Neben diesem konnte Baader allerdings nur weitere 26 Käufer gewinnen und damit lediglich den Verkauf von 59 weiteren Exemplaren sicherstellen. Allein 20 davon gingen an Bayerns König Ludwig I.

Der Buchhandel versprach sich offensichtlich von der Publikation keine großen Absatzmöglichkeiten und bestellte deshalb nur 14 Exemplare. Letzteres zeigt die noch recht

beschränkte Aufmerksamkeit, die das Thema Eisenbahn damals in der breiteren Öffentlichkeit fand.

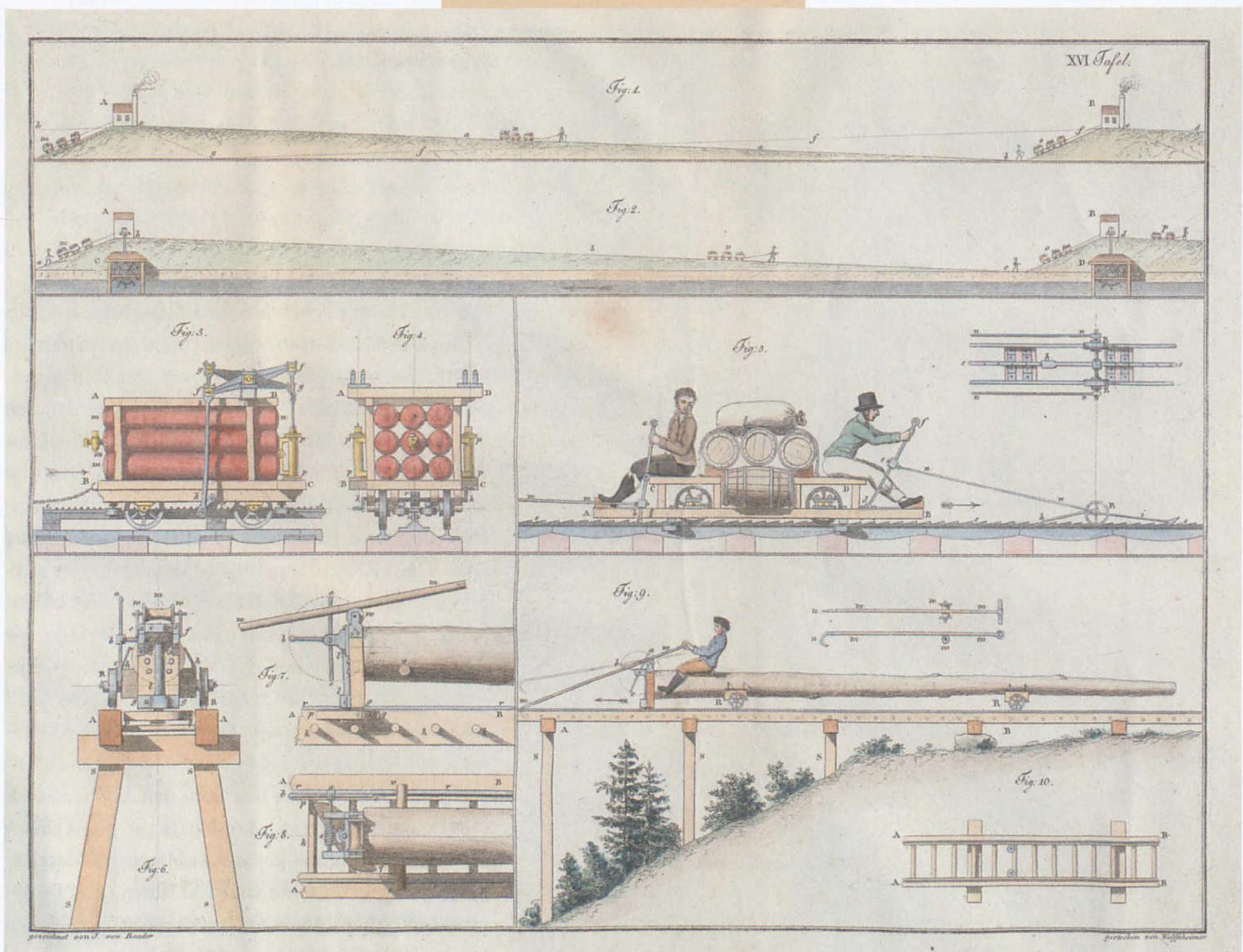
SCHIENEN FÜR WENIGER REIBUNG.

Baader stellte in seinem Werk eine Pferdebahn vor, wie sie in vergleichbarer Form in Europa im 19. Jahrhundert häufiger gebaut wurde. Die mit 130 Kilometern wohl längste derartige Anlage verband seit 1832 das oberösterreichische Linz mit dem böhmischen Budweis (České Budějovice). Vorteile erwartete sich Baader vor allem von der Verbindung des herkömmlichen Straßenverkehrs mit Schienenwegen. Dafür entwarf er spezielle Wagen, die für Straße wie Schiene gleichermaßen geeignet sein sollten. Durch die Verminderung der Reibung erhoffte sich Baader auf den Eisenbahnen eine wesentliche Erleichterung des Gütertransports.

Nicht nur Pferde wollte Baader für den Betrieb der Eisenbahn nutzen, sondern auch eine breite Palette weiterer Antriebsmöglichkeiten: stationäre Dampfmaschinen, die Wasserkraft, hydraulische Anlagen und die Menschenkraft.

Der Gedanke, die Dampfkraft für den Betrieb der Bahnen zu nutzen, war auf dem Kontinent noch kaum verbreitet. Auch Baader sah keine Dampflokomotiven vor, doch wollte er zum Ziehen der Wagen teilweise stationäre Dampfmaschinen einsetzen. Auf gebirgigen Streckenabschnitten sollten spezielle Bergwinden die Pferde ersetzen oder auch die Wasserkraft als Antriebsmöglichkeit genutzt werden.

Allen Bemühungen zum Trotz gelang es Baader jedoch nicht, den bayerischen König Ludwig I. oder ausländische Regierungen von seinem Pferdebahnsystem zu überzeugen. Sein 1822 veröffentlichtes Werk erzielte die von Baader erhoffte Wirkung ebenso wenig wie die von ihm 1825/26 im Nymphenburger Schlosspark aufgebaute, rund 250 Meter lange Modellanlage. ■



Geschenk mit Mehrwert^v

Wie eine Draisine einst die Karriere eines Landrats beförderte

Roggow, 13. März 1818: Im Großherzogtum Mecklenburg schenkt Jaspar von Oertzen dem Großherzog Friedrich Franz I. die neumodische Laufmaschine als »Angebilde«. Anschließend bringt es der Landrat bis zum Innenminister. In einem Brief an den Großherzog preist von Oertzen die Vorzüge der Erfindung in blumigen Worten.

Von Hans-Erhard Lessing



Student auf abgewandelter Laufmaschine, 1817.

Am 29. April feierte der Websuchdienst Google den 225. Geburtstag des studierten Forstlehrers und Erfinders Karl Drais mit einem speziellen Signet. Dessen Erfindung des Zweirads hat Bezug zur aktuellen Vulkanaschewolke. Denn die Stauberuption des Vulkans Tambora östlich von Bali hatte es im Sommer 1816 in Europa und in den USA schneien lassen, mit Ernteausfall, Hungersnot, Futtermangel und Pferdesterben in der Folge. Drais' Zweirad war 1817 die Lösung für eine pferdelose Mobilität gewesen. Tatsächlich geriet die Laufmaschine in jenen Jahren zum »Must-have« für Adel wie Bürger. Also konnte sie auch zur eigenen Karriereförderung an den Herrscher verschenkt werden. Der Brief solch edlen Spenders an seinen zwölf Jahre älteren Großherzog Friedrich Franz I. fand sich in *Jahrbücher des Vereins für Mecklenburgische Geschichte und Altertumskunde* (1891). Darin sparte der Landrat Jaspar von Oertzen (1768–1835) nicht mit guten Ratschlägen auf Mecklenburgisch, war er doch mit seinen 50 Jahren selbst Draisinenreiter. Wenig später wurde er vom Großherzog zum Innenminister ernannt.

Allerdurchlauchtigster Großherzog! Gnädigster Fürst und Herr!

Roggow, den 13. März 1818

Ew. [=Euer Ehrwürden] Königliche Hoheit haben eine nach der Erfindung des Herrn Forstmeister v. Drais nachgemachte [Lauf]Maschine zu haben begehret, und es gewährt mir ein ganz besonderes Vergnügen, damit untertänigst aufzuwarten. Nehmen Ew. Königliche Hoheit dieses unbedeutende kleine Angebinde wie einen Beweis meines guten Willens mit gewohnter Huld und Gnade an und erinnern sich dabei meiner. Man muß von dieser Maschine nur das begehren, was sie nur leisten soll, nämlich dem Fußgänger auf großen Touren und festen Wegen ein schnelleres Fortkommen und Erleichterung zu gewähren und nicht glauben, daß diese Maschine, wenn ein Mensch damit läuft, einem Pferd damit vorbeieilen könnte. Soviel ist gewiß, daß ein geübter Läufer auf dieser Maschine einem jeden Fußgänger, der noch so stark läuft, vorbeieilen wird. Übung ist zu einer jeden Sache erforderlich, und man muß beim ersten Versuch nicht gleich davon abstehen und auch dies für eine angreifende unnütze Erfindung halten, da man genötigt sei, die Füße wie beim Gehen zu gebrauchen. Man wird in der Folge erfahren, daß die Körperlast durch den Wagen getragen [wird] und man nur ab und an die Füße anzusetzen braucht – und der Wagen, wenn er im graden Lauf ist und man nur erst Balance zu halten gelernt hat, von selbst mit einer Leichtigkeit sich ohne große Anstrengung fortbewegen wird – und darüber erstaunen, wie bald man es durch fortgesetzte Übung zu einer Vollkommenheit hierin erlangen wird. Nur muß man im Anfang nur ganz langsam damit fortschreiten und durchaus nicht gleich schnell laufen wollen. Dies wird von selbst schnell genug gehen, auch wenn ein nebenher gehender Fußgänger dem ungeübten Reiter der [Lauf]Maschine zuerst vorkommen sollte, so wird [jener] baldigst zurückbleiben, wenn dieser nur erst seinen Körper grade auf der Maschine in Balance zu erhalten lernet.

Ehe man abfähret, muß man den Sattel grade so hoch schrauben, daß die Füße an die Erde stehen, und sich grade setzen, den Stock vor sich mit beiden Händen anfassen und dahin trachten, daß beide Räder in einer Linie stehen. Dann ganz langsam zuerst die Maschine durch abwechselnde Ansetzung der Füße in Bewegung setzen und dann diesen graden Gang der Räder zu erhalten bemühet sein. Und immer schneller und besser wird der Lauf gehen, besonders bergab. Und wenn man einem Berg entgegen muß, wird diese Anstrengung nicht stärker Beschwerde verursachen, als wenn man einen Berg zu Fuße hinaufsteigen muß. Zum Höherschrauben des Sattels habe ich einen Schlüssel fertigen lassen, damit große und kleinere Leute sich dieser [Lauf]Maschinen bedienen können. Der kleine Sattel muß aber viel besser mit guten Krollhaaren – wie solches bis jetzt geschehen – ausgestopft werden. Ich würde dies haben fertigen lassen, doch auf dem Lande hat man dazu keine Gelegenheit, dieses schnell in Ausführung zu setzen. Ew. Königliche Hoheit können dies in Ludwigslust in einer Stunde gefertigt erhalten. Ich habe die Absendung darnach nicht aufhalten mögen. Es ist dies aber durchaus notwendig, weil einen sonst die Lenden schmerzen werden. Besonders muß die Polsterung seitwärts vorzüglich geschehen, und ich würde noch anraten, ein Schaffell darüber befestigen zu lassen, wie die Lanziers oder Husaren sich dieses auf ihren Sätteln bedienen. Denn zu weich kann dieses auf keinen Fall sein. Auch muß der Lenker unten mit weißer Seife [Schmierseife] bestrichen werden, damit es sich nicht klemmt. Bei den Wendungen im Lauf muß man vorsichtig sein, weil die Räder wegen der Kürze der Maschine einem sonst leicht an die Füße stoßen, und man es schon zu einer großen Übung gebracht haben muß, um dies zu vermeiden. Die Räder, worin messingsche Buchsen, müssen mit gutem Baumöle [Olivenöl letzter Pressung] geschmiert werden, auch dort wo das Eisen durch Glanz sich zeigt, daß es scheuert (...)

Die Untertänigkeit und
wahre Anhänglichkeit versichert

Ew. Königlichen Hoheit
untertänigster Oertzen von Roggow.



Hans-Erhard Lessing, *Automobilität.*
Karl Drais und die unglaublichen Anfänge.
Leipzig 2003

Spicken erlaubt!

Wissenschaftler versuchen, von der Natur für eigene technische Entwicklungen zu lernen. Von Quallen hat man sich zum Beispiel den Raketenantrieb abgeschaut. Und es gibt noch viele andere Arten der Fortbewegung, die für die Forscher interessant sind.

Caroline Zörlein und Jessica Riccò



MIKROBEN MIT PROPELLERANTRIEB

Bakterien können rasend schnell durch Flüssigkeiten flitzen. Oder Purzelbäume im Wasser schlagen. Denn Bakterienzellen sind zwar selbst nur wenige tausendstel Millimeter groß, aber sie besitzen winzige biologische Motoren. Mit diesen Nanoantrieben, die in der Zellwand der Mikroben verankert und selbst nur wenige milliardstel Meter klein sind, können sie sich gezielt und flott bewegen. Ähnlich einem Propeller drehen sich lange, feine Eiweißbündel, die sogenannten Flagellen, im oder gegen den Uhrzeigersinn. Bis zu 60.000 Umdrehungen pro Minute schafft dieser schiffsschraubenartige Bakterienantrieb – und macht die Einzeller zu wahren Geschossen. Denn auf unsere Welt übertragen bedeutet dies, dass wir etwa 220 Kilometer in der Stunde rennen müssten, um mit den Mikroben mithalten zu können.

Quallen erfinden den Raketenantrieb

Quallen und andere Meerestiere wie Tintenfische und Kalmare haben eine ganz eigene Art, sich fortzubewegen. Sie alle tragen einen Hohlraum im Körper, ähnlich einem Regenschirm. Um im Wasser voranzukommen, saugen die Tiere den Hohlraum voll und pressen das Wasser anschließend mit hohem Druck heraus. Mit dieser Bewegung schießen Quallen sich selbst in die entgegengesetzte Richtung des Wasserstrahls. Der Mensch hat sich dieses »Rückstoßprinzip« abgeguckt und beispielsweise für Raketen verwendet.



GAAANZ LAAANGSAAAM!

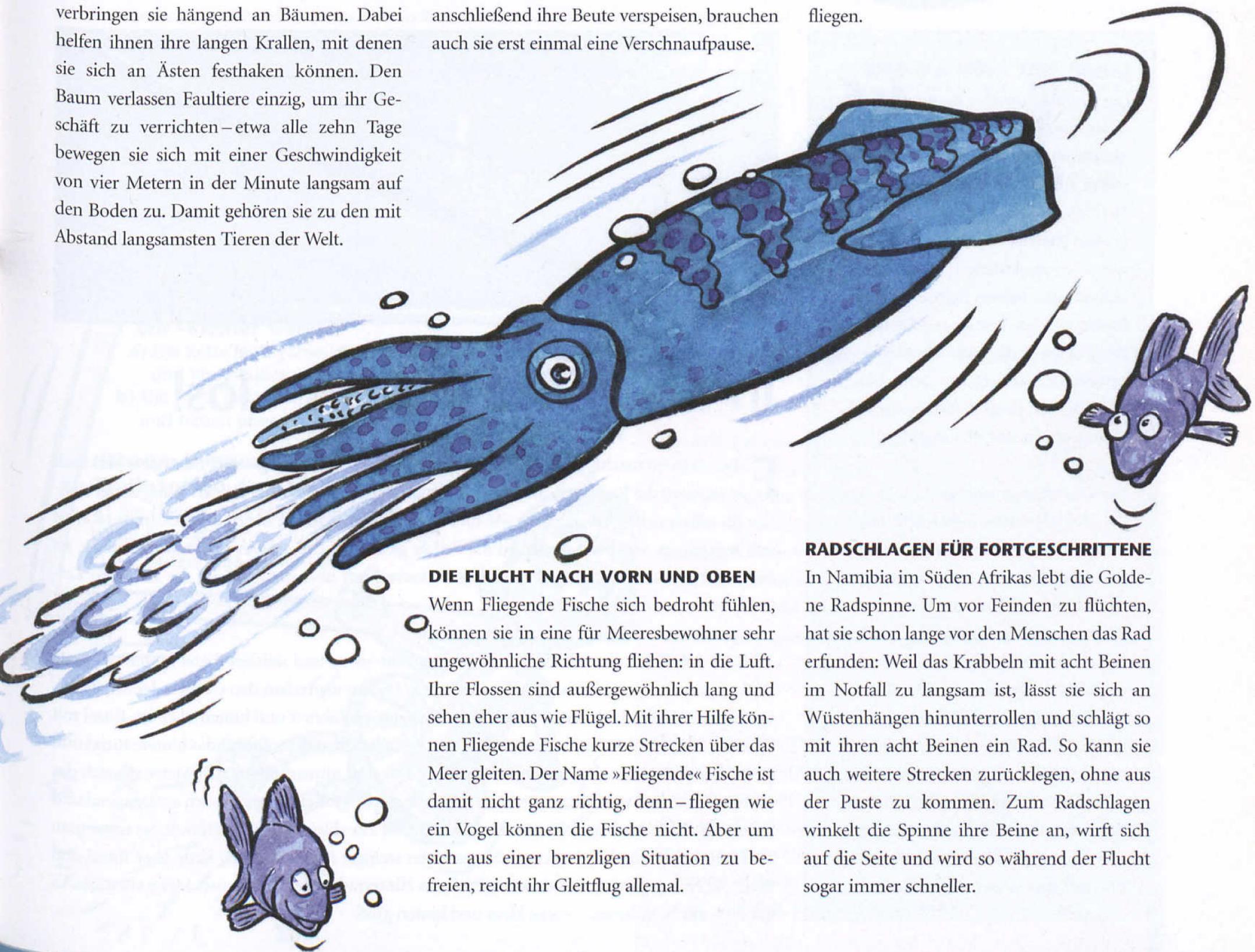
Von Fortbewegung kann man bei Faultieren kaum sprechen: Die meiste Zeit ihres Lebens verbringen sie hängend an Bäumen. Dabei helfen ihnen ihre langen Krallen, mit denen sie sich an Ästen festhaken können. Den Baum verlassen Faultiere einzig, um ihr Geschäft zu verrichten – etwa alle zehn Tage bewegen sie sich mit einer Geschwindigkeit von vier Metern in der Minute langsam auf den Boden zu. Damit gehören sie zu den mit Abstand langsamsten Tieren der Welt.

BESSER ALS EIN FERRARI

Er ist das schnellste Tier an Land: Der Gepard kann mit bis zu 110 Stundenkilometern doppelt so schnell laufen wie Löwen. Etwa im selben Tempo fahren auch Autos auf der Autobahn. Um diese Geschwindigkeit zu erreichen, braucht der Gepard aber nur drei bis vier Sekunden – das schaffen höchstens Rennwagen der Formel 1! Gleichzeitig können Geparden aber auch jederzeit die Richtung wechseln, wodurch ihre Beute bei der Jagd keine Chance hat. Einen solchen Sprint legen sie nur auf kurzen Strecken von wenigen hundert Metern hin – und bevor Geparden anschließend ihre Beute verspeisen, brauchen auch sie erst einmal eine Verschnaufpause.

CLEVERE NAGER IN DEN BAUMKRONEN

Sie sehen aus wie eine Mischung aus Eichhörnchen und Fledermaus: Gleithörnchen sind kleine Nagetiere, die in Wäldern leben und eine ganz besondere Form der Fortbewegung beherrschen. Sie gleiten wie ein Papierflieger durch die Luft. Zwischen ihren Vorder- und Hinterbeinen können sie eine Haut aufspannen. Die trägt sie, wenn sie beispielsweise von einem Baum springen, als Segel durch die Luft. Auf diese Weise können Gleithörnchen Strecken von etwa 50 Metern zurücklegen. Mit ihrem Schwanz können sie dabei sogar ein wenig die Richtung bestimmen, in die sie fliegen.



DIE FLUCHT NACH VORN UND OBEN

Wenn Fliegende Fische sich bedroht fühlen, können sie in eine für Meeresbewohner sehr ungewöhnliche Richtung fliehen: in die Luft. Ihre Flossen sind außergewöhnlich lang und sehen eher aus wie Flügel. Mit ihrer Hilfe können Fliegende Fische kurze Strecken über das Meer gleiten. Der Name »Fliegende« Fische ist damit nicht ganz richtig, denn – fliegen wie ein Vogel können die Fische nicht. Aber um sich aus einer brenzligen Situation zu befreien, reicht ihr Gleitflug allemal.

RADSCHLAGEN FÜR FORTGESCHRITTENE

In Namibia im Süden Afrikas lebt die Goldene Radspinne. Um vor Feinden zu flüchten, hat sie schon lange vor den Menschen das Rad erfunden: Weil das Krabbeln mit acht Beinen im Notfall zu langsam ist, lässt sie sich an Wüstenhängen hinunterrollen und schlägt so mit ihren acht Beinen ein Rad. So kann sie auch weitere Strecken zurücklegen, ohne aus der Puste zu kommen. Zum Radschlagen winkelt die Spinne ihre Beine an, wirft sich auf die Seite und wird so während der Flucht sogar immer schneller.

Abheben mit Sonnenkraft

Solarflugzeuge (solar ist lateinisch für »die Sonne betreffend«) schaffen es, allein durch Sonnenenergie zu fliegen. Sie sind mit Solarzellen ausgestattet, die das Sonnenlicht sammeln und in Strom umwandeln. Dieser wird in Elektromotoren gespeist, die den Flieger antreiben und in die Lüfte tragen.

Bereits vor über 30 Jahren schwebte der erste Solarflieger über dem Boden. Und Ende der 1980er-Jahre überquerte das erste Solarflugzeug »Solar Challenge« sogar den Ärmelkanal zwischen Frankreich und Großbritan-

nien. Auch heute machen die Sonnenflieger wieder von sich reden. Der Abenteurer und Flugpionier Bertrand Piccard, der bereits in einem Heißluftballon die Erde umrundete, hat ein neues waghalsiges Projekt vor Augen. Mit dem Solarflugzeug »Solar Impulse«, das seinen Jungfernflug im April dieses Jahres absolvierte, will Piccard 2012 in mehreren Etappen um den Globus fliegen. Ohne einen Tropfen Treibstoff soll sein Sonnenflieger auskommen und deswegen Tag und Nacht unterwegs sein können.

Mehr als 12.000 Solarzellen auf den Flügeln tanken tagsüber die Lichtenergie. Der Strom wird in Batterien gespeichert und versorgt nachts die Elektromotoren. »Solar Impulse« hat eine Spannweite von mehr als 60 Metern und kommt damit sogar fast an Linienflugzeuge wie den Airbus 340 heran. Es wiegt jedoch extrem wenig – nur 1.600 Kilogramm. Die Batterien machen fast ein Drittel des gesamten Gewichts aus. (Wie Batterien funktionieren, kannst du ab Seite 22 lesen.)

MOBIL AUF ZWEI RÄDERN

Die Urahnen unserer heutigen Zweiräder waren noch sogenannte Laufmaschinen: Karl Friedrich von Drais stellte ein solches Gefährt aus Holz 1817 vor. Es bestand aus zwei gleich großen Rädern, war lenkbar und wurde vorangetrieben, indem man sich mit den Beinen beidseitig vom Boden abstieß. Erst in den 1860er-Jahren kamen die sogenannten Vélo-cipèdes (französisch für »Schnellfüße«), die mit einer Tretkurbel ausgestattet waren, auf den Markt.

Um schneller unterwegs zu sein, wurden die Hochräder entwickelt. Der Sattel lag über dem hohen Vorderrad und man saß etwa 1,50 Meter über dem Boden. Später waren sie sogar mit einem Kettenantrieb am Vorderrad ausgestattet. Die gefährlichen Hochräder wurden allerdings 1880 von den »Niederrädern« abgelöst: mit gleich großen Rädern, Kettenantrieb hinten und, später, bequemen Luftreifen. Um die 1930er-Jahre war das Fahrrad zum Volksfahrzeug Nummer eins geworden. (Einen interessanten Brief dazu findest du auf Seite 33.)



In die Pedale, fertig – los!

Fahrradfahren macht Spaß und die Bewegung an frischer Luft ist gesund. Besonders praktisch ist es, wenn das Rad eine Gang- oder Kettenschaltung besitzt. Aber welcher Gang ist der richtige für einen steilen Hügel? Und wie funktioniert die Schaltung überhaupt? Dazu muss man sich anschauen, was beim Treten in die Pedale geschieht: Die großen Kettenblätter vorne, an denen die Pedale befestigt sind, übertragen unsere Kraft über die Kette auf die kleineren Kettenritzel hinten, auch Kassette genannt.

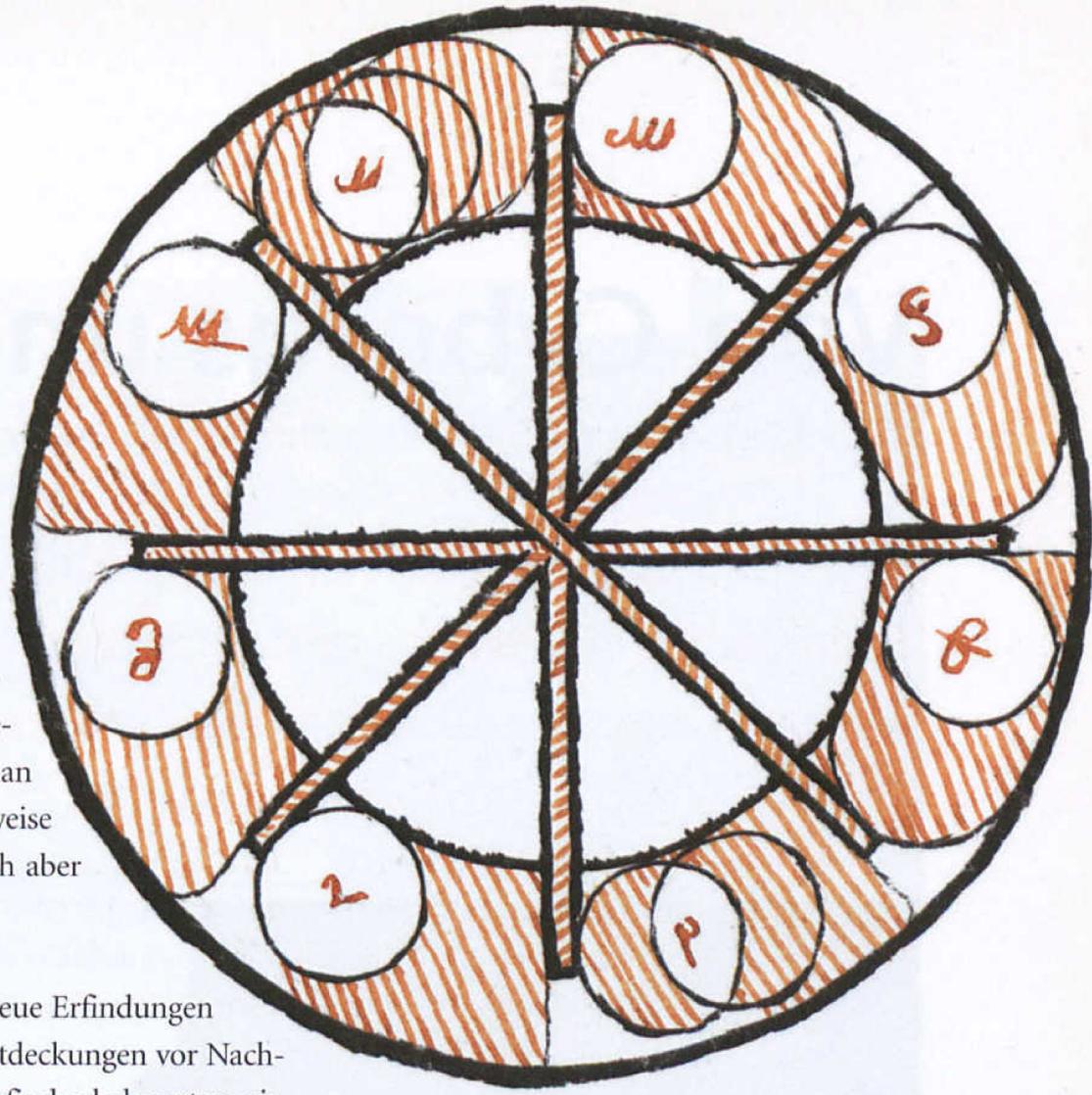
ZÄHNE ZÄHLEN. Je nachdem, über welches Blatt vorne und welches Ritzel hinten die Kette läuft, liegen unterschiedliche Übersetzungen vor. Diese entsprechen den Gängen der Schaltung. Ein Beispiel: Vorne läuft die Kette über ein Blatt mit 44 Zähnen und hinten über ein Ritzel mit elf Zähnen. Dreht das vordere Kettenblatt eine komplette Runde, vollführt das hintere Ritzel und damit das ganze Hinterrad gleich vier Runden. Das sind immerhin gut acht Meter, die sich das Rad dadurch nach vorne bewegen kann. Aber ein solch »großer Gang« ist auch anstrengend und nichts für steile Anstiege. Wenn es bergauf geht, ist ein »kleiner Gang« sinnvoll. So muss man zwar häufiger in die Pedale treten, aber es kostet weniger Kraft. Läuft die Kette über Ritzel und Blatt, die etwa gleich groß sind, bewegt sich das Hinterrad vielleicht nur zwei Meter vorwärts. Es gilt also: am Berg famos – vorne klein und hinten groß.

Ständig in Bewegung

Das Perpetuum mobile

Eine Maschine, die von ganz alleine arbeitet, ohne Anschwung, Strom oder andere Energie – diesen Traum haben Forscher über viele Jahrhunderte zu verwirklichen versucht. Ein solches Perpetuum mobile (lateinisch für »sich ständig Bewegendes«) ist leider nicht möglich: Jeder Antrieb, jeder Motor, jede Maschine braucht ein gewisses Maß an Energie, um zu arbeiten. Der Erfinder Leonardo da Vinci hat als Erster eingesehen, dass ein Perpetuum mobile leider unmöglich ist – zwar kann man sich natürlicher Energiequellen aus der Natur bedienen, wie beispielsweise Wind- oder Wassermühlen. Ganz auf einen Antrieb verzichten lässt sich aber nicht.

Im Deutschen Patent- und Markenamt werden jedes Jahr über 60.000 neue Erfindungen beziehungsweise »Patente« angemeldet – damit können Forscher ihre Entdeckungen vor Nachahmern schützen. Immer wieder passiert es auch, dass vermeintliche Erfinder behaupten, ein Perpetuum mobile gebaut zu haben, und ihre Maschine beim Patentamt anmelden. Mittlerweile schützt sich das Amt aber vor solchen Quatschköpfen: Neuanmeldungen werden seit einigen Jahren abgelehnt, wenn sie den »derzeit anerkannten physikalischen Gesetzen« widersprechen. Und auch für das Perpetuum mobile heißt das leider: Von nichts kommt nichts – Energie lässt sich umwandeln, aber nicht einfach herbeizaubern.



Es läuft und läuft und läuft. Vom »Perpetuum mobile« träumen die Menschen seit Urzeiten. Aber leider wird es wohl beim Traum bleiben. Nach allen bisherigen Kenntnissen der Thermodynamik (ein Teilgebiet der Physik) kann Energie niemals aus dem Nichts entstehen.

Was bedeutet bei einer Kettenschaltung ein »kleiner Gang«?

- a) Die Kette läuft vorne über ein großes Kettenblatt und hinten über ein kleines Kettenritzel.
- b) Die Kette läuft vorne über ein kleines Kettenblatt und hinten über ein großes Kettenritzel.

Warum können Solarflugzeuge ohne Treibstoff in der Luft bleiben?

- a) Sie fliegen mit Sonnenenergie.
- b) Sie bewegen ihre Flügel auf und ab.
- c) Sie nutzen die Windkraft.



MITMACHEN UND GEWINNEN!

Sende deine Lösung per E-Mail an:

MikroMakro@folio-muc.de

oder per Post an: »MikroMakro«, c/o folio gmbh,
Gistlstraße 63, 82049 Pullach

Einsendeschluss ist der 15. Juli 2010

Bitte schreibe uns auch dein Alter (!) und die Adresse.

Zu gewinnen gibt es wieder spannende Wissensbücher für Kinder und Jugendliche. Wir drücken dir die Daumen!

Lösung des Rätsels aus Kultur & Technik 2/2010

Frage 1: Pflanzen setzen sich zur Wehr, wenn sie von Schädlingen angeknabbert werden, indem sie einen speziellen Duftmix aussenden über ... **Antwort (a):** die Spaltöffnungen

Frage 2: Die Sprache welches Indianerstammes wurde einmal als Codesprache benutzt? **Antwort (b):** Navajo

Gewonnen haben: Lena Stephan, Matteo Schmelzer, Pascal Vielberth, Johannes Neundörfer

Von Cyborgs und Nanobots

Die Schreibwerkstatt Zukunftstechnologien im Deutschen Museum

In der Schreibwerkstatt Zukunftstechnologien lernen Jugendliche Themen aus der Nano- und Biotechnologie kennen und machen sie zum Gegenstand fantasievoller Geschichten. Von Petra Scheller



Es gibt viele Wege, naturwissenschaftliche und technische Themen interessant darzustellen. Technikmuseen und Science-Center nutzen Exponate und Experimente, um einen allgemein verständlichen Zugang zu ermöglichen. Science-Fiction-Autoren wie Frank Schätzing erzählen Geschichten, in denen neben den üblichen Romanhelden die Technologie eine Hauptrolle spielt. Ein aktuelles Projekt des Deutschen Museums vereint Ausstellung und Erzählung. In der Schreibwerkstatt Zukunftstechnologien, einem über zwei Jahre laufenden Projekt des Deutschen Museums, das von der Philip Morris Stiftung gefördert wird, schreiben Jugendliche fiktionale Texte – Science-Fiction-Geschichten, Gedichte, Erzählungen und Reportagen aus der Zukunft.

Das Projekt ist inhaltlich an das Zentrum Neue Technologien (ZNT) gekoppelt und

methodisch der Abteilung Bildung zugeordnet, was den Anspruch verdeutlicht, einen fachübergreifenden wie motivierenden Zugang zu komplexen technisch-naturwissenschaftlichen Themen zu schaffen.

Die Schreibworkshops wollen Jugendlichen Fachwissen vermitteln, ihre Fantasie anregen und Lust am Geschichtenerzählen und kreativen Formulieren wecken. Die Texte werden zum Abschluss jedes Workshops öffentlich vorgetragen, anschließend wird auch das Publikum einbezogen, um mit zu diskutieren, wie die neuen Technologien Robotik, Nano- und Biotechnologie unser Leben beeinflussen werden, welche Chancen und Risiken sie mit sich bringen, welchen ethischen und gesellschaftlichen Fragen wir uns heute schon stellen müssen. Zehn Schreibwerkstätten finden in diesem Jahr im

ZNT statt, für rund 100 Schülerinnen und Schüler werden Nano- und Biotechnologie Inspirationsquelle für kreative Texte sein.

Jede Schreibwerkstatt folgt einem übergeordneten Thema, einer Frage an die Zukunft. »Was tun, wenn alles denkt?«, lautet zum Beispiel das Motto eines Workshops, in dem es um künstliche Intelligenz, Robotik und eine zunehmend mitdenkende Umwelt geht. In einem anderen Workshop wird der Frage nachgegangen, inwieweit der Mensch durch Manipulationen am Erbmateriale von Pflanzen und Lebewesen zum Schöpfer wird, welche Chancen damit verbunden sind, welche ethischen Bedenken aber auch diskutiert werden müssen. Jedes Thema wird zunächst fachlich erarbeitet: im Rahmen einer Führung durch thematisch passende Ausstellungsbereiche des ZNT sowie durch einen Fachvortrag, gehalten von Wissenschaftlern von den Münchener Universitäten oder aus dem Deutschen Museum.

Das Museum bietet mit seinen Exponaten und interaktiven Installationen einen anschaulichen und greifbaren Zugang zum Thema. Originalapparaturen aus der Forschung machen sichtbar, wie in wissenschaftlichen Laboren gearbeitet wird. Die Themen und ihre Präsentation sollen authentisch sein – auch aus diesem Grund diskutieren die Jugendlichen außerdem mit Wissenschaftlern, die an hochaktuellen Fragestellungen arbeiten: dem Physiker, der Methoden entwickelt, mit denen man vielleicht eines Tages aus einzelnen Molekülen beliebig komplexe Gebilde bauen kann; dem Tierarzt und Genetiker, der Vorgänge in Tierorganismen studiert, um daraus Erkenntnisse z. B. für die

Behandlung von Diabetes beim Menschen zu gewinnen. Die Wissenschaftler berichten nicht nur, sie präsentieren auch provokante Thesen und setzen damit eine intensive Debatte über Grenzüberschreitungen und Zukunftsszenarien, über Werte und ethische Herausforderungen in Gang.

In einem dritten Block nach Fachführung und Vortrag greifen Schreibexperten die diskutierten Fragestellungen auf und erarbeiten mit den jugendlichen Teilnehmern die Grundlagen für einen gelungenen fiktionalen Text. Protagonisten und Schauplätze, zeitliche Dimensionen und Verlauf der Geschichten werden entwickelt und ausgearbeitet. Vor der Niederschrift eines ersten Satzes sind viele Fragen zu beantworten: Wodurch wird ein Text interessant? Wie hält man die Spannung aufrecht, damit der Leser »dranbleibt«? Welche Rolle spielen – besonders auch in Texten »zwischen Science und Fiction« – Faktoren wie Dramatik, Liebe, Kuriosität und Identifikation des Lesers mit Personen und Schauplätzen? Wie fange ich an und wie setze ich einen markanten Schlusspunkt? Die das Projekt begleitenden Schreibtrainerinnen Claudia von See, Chefredakteurin des Magazins *Biologie in unserer Zeit*, und Gitta Gritzmann vom Verein *Kinder lesen und schreiben für Kinder e. V.* erläutern Textgenres und Erzählperspektiven und geben Tipps zur Themenentwicklung sowie zur sprachlichen Gestaltung der Texte.

UNGEWÖHNLICHE ANNÄHERUNG. Das Verfassen von Geschichten ermöglicht eine ungewöhnliche, dabei intensive und fachübergreifende Annäherung an naturwissenschaftlich-technische Themen, wie sie vor allem für die Science-Fiction-Literatur kennzeichnend sind. Besonders die neuen Technologien erfordern eine Auseinandersetzung mit über die Technik hinausgehenden ethischen Fragen, die in der Schreibwerkstatt neben den fachlichen Grundlagen thematisiert werden. Die Konzentration auf ein diskussionswürdiges Thema schafft Problembewusstsein und macht deutlich, dass, will man am öffentlichen Diskurs teilhaben, das Verständnis vieler Facetten notwendig ist.

Fiktionale Texte wie Zeitungsreportagen aus der Zukunft, Science-Fiction-Kurzge-



schichten oder Gedichte erlauben (und erfordern) freies und kreatives Formulieren. Es gibt im Gegensatz zu stärker standardisierten Textformen wie Berichten oder Erörterungen weniger Regeln und mehr Raum für Fantasie; Ideen und Textentwürfe entstehen assoziativ. Durch die Einführung fiktiver Personen, durch Perspektivwechsel, Spannungselemente und die Überschreitung des in der realen Welt Möglichen kann spielerischer mit Fakten und Darstellungsformen umgegangen werden als zum Beispiel beim Verfassen wissenschaftlicher Texte.

Das Projekt »Schreibwerkstatt Zukunftstechnologien« ist so angelegt, dass sich der Ablauf (Facheinführung, Schreibtraining, Textarbeit und Präsentation der Geschichten; insgesamt ca. 15 Zeitstunden) über mehrere Wochen bzw. als Blockseminar in den Unterricht integrieren lässt. Die Schreibwerkstatt kann im naturwissenschaftlichen Unterricht einen methodisch anregenden Zugang zu Fachthemen bieten, im Deutschunterricht Impuls und Inspirationsquelle sein für das freie Schreiben, im Ethikunterricht der Einstieg in eine intensive Auseinandersetzung mit Werten und menschlichem Leben.

In den Schulferien werden besonders kompakte und intensive Workshops angeboten (Termine auf S. 41). Für die dreitägigen Ferienworkshops ist eine rechtzeitige Anmeldung erforderlich, da die Teilnehmerzahl begrenzt ist.

Die ersten beiden Schreibwerkstätten fanden im März und April statt. Die Teilnehmer beschäftigten sich mit den besonderen Eigenschaften des Nanokosmos, mit den Einsatz-

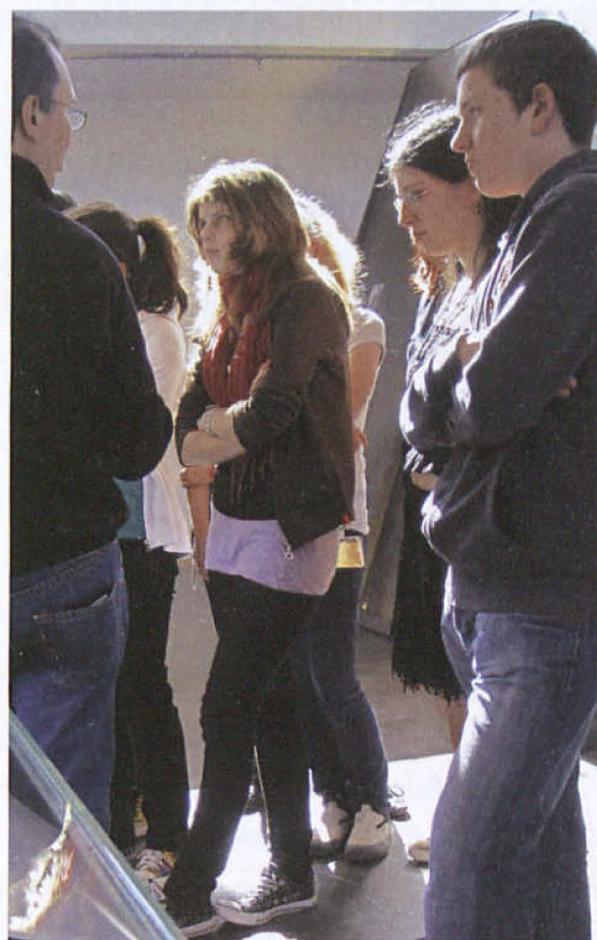
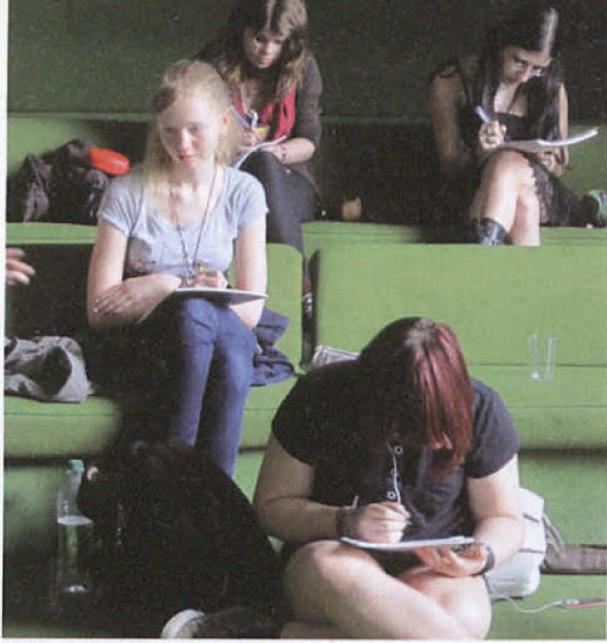


Bild oben: Schüler schreiben Science-Fiction. Teilnehmer des Osterferien-Workshops im Computerraum (TUMLab) und unten während einer Führung durch die ZNT-Ausstellung.

möglichkeiten der Nanotechnologie, besonders auch mit der Vision der Nanotechnologen, die Welt der kleinsten Teilchen derart zu beherrschen, dass sich aus Molekülen beinahe beliebig Gegenstände erschaffen lassen.

In den Geschichten, zu denen Nanotechnologie und Robotik die Jugendlichen inspiriert haben, bewegen sich die Hauptpersonen durch atmosphärisch dicht beschriebene Szenarien, durch ein Leben, das von neuen Technologien geprägt ist, in dem Hochleistungsaugen zur menschlichen Ausstattung gehö-



ren, das Gehirn mit dem Internet vernetzt ist oder sich Erinnerungen wie Daten von einer Festplatte löschen lassen.

In folgenden Schreibwerkstätten werden weitere Themen des ZNT aufgegriffen: Beim Workshop-Motto »Ein Gen sagt mehr als 1.000 Worte?« geht es um die Frage, welche Möglichkeiten sich durch die Entschlüsselung des Genoms für die Medizin ergeben, welche vielleicht ethisch bedenklichen Entwicklungen diese Kenntnisse aber auch bedeuten könnten: Sehen wir uns eines Tages konfrontiert mit Arbeitgebern, die ihre Mitarbeiter danach auswählen, welche Krankheiten sie aufgrund ihres Erbmaterials eines Tages ereilen könnten? Mit Versicherungen, die ihren jeweiligen Beitragsatz vom Krankheitsrisiko des Kunden abhängig machen? Mit werdenden Eltern, die durch geschickte Genwahl für ihr Kind nicht nur Erbkrankheiten ausschließen, sondern dieses ihren Schönheitsvorstellungen entsprechend designen?

Mit dem Schwerpunktthema »Der Mensch als Schöpfer« werden zahlreiche Fragen aufgeworfen: zur Vertretbarkeit des Klonens von Tieren und Menschen, zur Akzeptanz von genetisch verändertem, »perfektem« Schlachtvieh, zum Umgang mit möglichen »Mischwesen«. Auch diese Thematik bietet Stoff für intensive Diskussionen, ermöglicht eine tiefgehende persönliche Auseinandersetzung und liefert etliche Anknüpfungspunkte für fantasiereiche Zukunftsgeschichten.

Mit Spannung wird erwartet, in welcher Form die Teilnehmer der nächsten Schreibwerkstätten die Literaturgattung »Science-Fiction« als Projektionsfläche für ihr Wissen, ihre Vorstellungen und Ideen, Fantasien, Ängste und Visionen nutzen werden und ob ähnlich faszinierende Ergebnisse entstehen wie in den vergangenen Schreibwerkstätten. Einige Textauszüge sind im folgenden Werkstattbericht kurz dokumentiert.

Werkstattbericht

Während der Osterferien waren zehn Jugendliche unterwegs im Deutschen Museum, um den Nanokosmos und die Welt der Robotik zu ergründen. Das Ergebnis nach drei Tagen Schreibwerkstatt und vielen lebhaften Diskussionen: zehn spannende und sehr verschiedene Zukunftsgeschichten, von denen wir im Folgenden Auszüge präsentieren.

DIE SCHWARZE FEDER (Claudia Kosowsky, 17)

Alain zog die Kapuze seines schwarzen Capes weiter in das Gesicht, als er durch die regnerische Nacht lief. Er war auf dem Weg nach Hause, in einer Welt, in der Roboter die Herrschaft an sich gerissen hatten. Er schlug die Türe hinter sich zu, als er nach einer halben Stunde bis auf die Knochen durchnässt endlich zuhause angekommen war. Das Erste, was er tat, war, sich die nassen Klamotten vom Körper zu schälen. Sein Haus war eines der wenigen, das noch nicht von künstlicher Intelligenz befallen war. Viele seiner ehemaligen Freunde hatten sich von ihm gewandt, als er beschloss, sich keinen silbergoldenen mannsgroßen Roboter als Diener und keinen sprechenden Kühlschrank, welcher die Lebensmittel je nach Bedarf nachbestellte, zuzulegen. Längst war es nicht mehr nur bei diesen Geräten geblieben, jedes Elektrogerät konnte mit jedem kommunizieren, nichts war mehr unmöglich ...

FUTURE SYMPHONIA (Alexandra Paulus, 15)

...Toki schnitt mir das Wort ab und drückte auf einen großen roten Knopf, der durch einen Glaskasten geschützt wurde. Ich hatte schon immer wissen wollen, wozu er da war. »Keine Widerrede.« So kühl war Tokis Stimme noch nie gewesen, es war ein komisches Gefühl. Halt, Gefühl? Ich hatte doch gar keine Gefühle. Wie jetzt? Ich blickte mich verwirrt um. Plötzlich wurde ich von Gefühlen überrannt. Ich war traurig, wütend und enttäuscht. Ich wusste nicht, was das alles zu bedeuten hatte, aber durch die Menge an neuen Eindrücken wurde mir schwindelig. Ich fluchte, während ich auf dem Boden zusammensackte. »Was, was ist das?«, stammelte ich, während ich meinen Kopf mit den Händen festhielt, als wolle ich ihn vor weiteren Gefühlen schützen. »Vor 16 Jahren hat der Staat ein Experiment veranlasst«, fing Toki an, ohne meinen Zustand zu beachten, »bei dem zwei Kinder, die nicht vermisst werden würden, zu Cyborgs gemacht wurden. Das eine mit, das andere ohne Gefühle, um zu testen, wer der bessere Killer wird.« ...

IDEAL CITY (Rebecca Mueller, 14)

Ich schlug die Augen auf. Alles war so... verschwommen. Ich konnte keine klaren Strukturen erkennen. Dann fing so ein komisches Piepen an. Das kannte ich doch... ich musste im Krankenhaus liegen. Schon wieder. Vielleicht hätte ich doch öfter zum Arzt gehen sollen... Meine trüben Gedanken wurden davon unterbrochen, dass vor mir ein Bildschirm aus der Wand fuhr und sich eine schreckliche Computerstimme meldete. »Schön, dass Sie aufgewacht sind. Sobald Sie sich besser fühlen, können Sie das Krankenhaus verlassen. Ihre Arteriosklerose, die den Herzinfarkt auslöste, wurde durch Nanoroboter behandelt. Zusätzlich tauschten wir noch Ihre Kniegelenke aus, da diese nur noch eingeschränkt funktionstüchtig waren. Falls Sie noch etwas wünschen, berühren Sie bitte den roten Kreis auf dem Bildschirm vor Ihnen. Wenn Sie sich dazu nicht in der Lage fühlen, blinzeln Sie drei Mal mit den Augen.« ...

Die Cyberlady im Mangastil
zeichnete Alexandra Paulus während
des Osterferien-Workshops.



TAGEBUCH: FREITAG, 14. 10. 2050 (Johannes Büchele, 15)

... Endlich ist uns der Durchbruch gelungen! Der Professor und ich haben möglicherweise herausgefunden, wie die Chips entfernt werden können, ohne dass die Leute dabei sterben. Bald werden wir es das erste Mal an einer Katze oder einem Hund ausprobieren, da diese ein genügend großes Gehirn besitzen. Bei der Operation wird dem Patienten der Chip im Inneren des Gehirns mit einer speziellen Flüssigkeit weggeätzt, was durch einen Schlauch, der über die Nase eingeführt wird, erfolgt. Bis jetzt war das noch zu gefährlich, doch haben wir eine Flüssigkeit hergestellt, die das Gehirn bei der Verwendung nicht schädigt. Die Leute stehen bereits Schlange, um sich den Chip entfernen zu lassen. Bald ist es so weit ...

DER LETZTE HOFFUNGSFUNKEN (Alison Seidel, 15)

»Was ist passiert? Warum gehorchen die Roboter nicht mehr?« Verzweifelt lief Miller, der Chef der Firma IFR (kurz für »Intelligent Fighting Robot«), durch sein Büro. Der Anruf, den er soeben erhalten hatte, hatte ihn mehr als schockiert. Nun versuchte er, angestrengt Ruhe zu bewahren und nachzudenken, wobei ihm jedoch beides nicht gelang. Der Anrufer war einer seiner streng anonymen Kunden gewesen, der sich beschwert hatte, dass die erst kürzlich bei IFR gekauften Kampfroboter nun nicht mehr, wie ursprünglich einprogrammiert, jeden Befehl ihrer Herren befolgten, sondern sich offensichtlich selbstständig gemacht hatten. Diesem Anruf waren weitere gefolgt, jedoch alle mit genau demselben Inhalt: Kein einziger IFR-Roboter tat mehr das, was man ihm sagte ...



DIE KURZEN TEXTAUSZÜGE ZEIGEN,

wie fantasievoll die Geschichten sind, die in der Osterferien-Schreibwerkstatt entstanden sind. Am Ende der Textpräsentation gab es viel Applaus für die jungen Autorinnen und Autoren. Im Anschluss an die Lesung diskutierten die Jugendlichen mit dem Publikum über ihre Geschichten – und besonders über die Frage, ob sie sich die Zukunft wirklich so düster vorstellen, wie sie sie in den Schreckensszenarien einiger ihrer Geschichten beschreiben. Bei der Antwort sind sich die Jugendlichen einig: Wenngleich sie aktuelle Entwicklungen hin zu einer »intelligenten Umwelt« durchaus kritisch betrachten, ist der Grund für die düsteren Erzählungen ein anderer: »Wenn man nur über die schöne, heile Welt schreibt, sind die Geschichten einfach nicht so spannend.« ■■

DAS PAKET (Julia Anton, 15)

...Als Lisa am nächsten Tag von der Schule heimkommt, hört sie, wie ihre Mutter sich in der Küche mit jemandem unterhält. »Sehr schön machst du das«, lobt sie doch tatsächlich den kleinen Roboter, der gerade mit eckigen Bewegungen die Küche schrubbt. Lisa kann gar nicht hinsehen. Sie geht in ihr Zimmer, wirft ihre Tasche in die Ecke und – OH MEIN GOTT! Ihr Zimmer ist tadellos aufgeräumt. Der Boden ist gesaugt, das Bett ist gemacht, überall ist Staub gewischt, die Fenster sind geputzt und einfach alles steht perfekt. Panisch starrt sie auf ihren Schreibtisch. All ihre Zeichnungen, all ihre Entwürfe, alles ist weg. Die ganzen Notizen, die auf ihrer Schreibtischunterlage standen. Wie erstarrt steht Lisa in ihrem Zimmer. Sie bekommt gar nicht mit, wie ihre Mutter hinter ihr hereintritt. »Und, freust du dich?« Erschrocken fährt Lisa herum. »Mich freuen? Machst du Witze? Wo sind meine Zeichnungen?« Sie schreit fast und ihr stehen Tränen in den Augen. Ihre Mutter sieht sie ein wenig verwirrt an. »Diese ganzen Schmierblätter meinst du? Die haben wir weggeschmissen ...« »Weggeschmissen?! Schmierblätter?!« Das ist zu viel. »MUM! Das waren doch keine Schmierblätter!« »Aber Robbie hat das Ganze doch gescannt und eindeutig als Müll identifiziert!« ...

SOMMERFERIEN-WORKSHOPS

Für Jugendliche ab 14 Jahren

Workshop 1:

3.–5. August 2010,
täglich 10.30–16.00 Uhr

Workshop 2:

10.–12. August 2010,
täglich 10.30–16.00 Uhr

Weitere Informationen und

Anmeldung bei

Petra Scheller-Brüninghaus

089/2179-435

p.scheller@deutsches-museum.de

www.deutsches-museum.de

Bitte melden Sie sich frühzeitig an!

Die Maschine »Z«[✓]

Dem Computerpionier Konrad Zuse zum 100. Geburtstag



Nicht nur die Besucher des Deutschen Museums sehen in Konrad Zuses Pioniermaschinen Z3 und Z4 mit ihren Holz- und Pappverkleidungen die Urahnen ihres neuesten Laptops oder iPods. Zu Recht, denn der Bauingenieur war einer der wirklich großen Pioniere des Computerzeitalters.

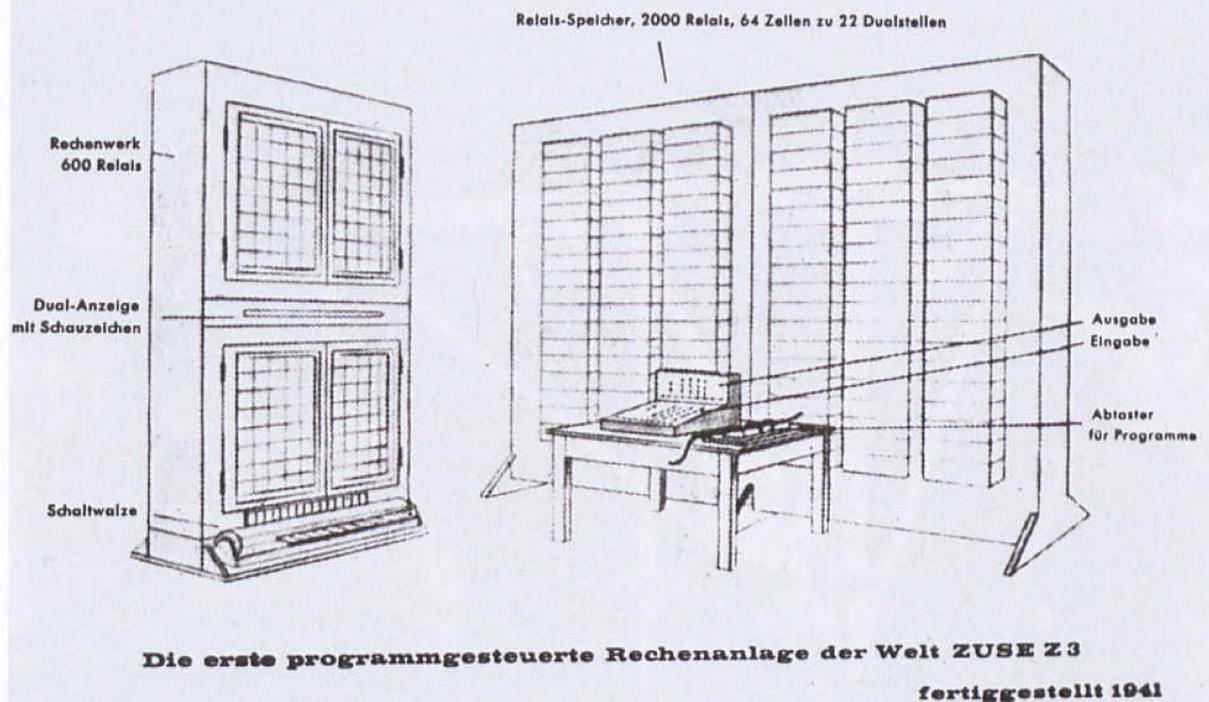
Von Hartmut Petzold

Vor einiger Zeit konnte man in der Tageschau den Ausspruch der Bundeskanzlerin hören, dass wir »den« Computer erfunden hätten. Angela Merkel konnte davon ausgehen, dass alle auch nur halbwegs Interessierten wussten, was damit gemeint war.

Konrad Zuse (1910–1995) wird im deutschsprachigen Raum sicherlich zu Recht als »Vater des Computers« bezeichnet. Er baute den ersten Computer und entwickelte die erste Programmiersprache. Zuse selbst hat diese Ansicht nicht zuletzt durch den Titel seiner Erinnerungen, *Der Computer. Mein Lebenswerk*, unterstützt. Seit 1936 unternahm er mehrere vergebliche Anläufe, auch im Sinne des Patentrechts als Erfinder des Computers anerkannt zu werden. Im Juli 1967 erfolgte die endgültige Ablehnung durch das Bundespatentgericht. Auch die Entscheidung des Deutschen Museums, Zuses Z3 und Z4 als »Meisterwerke der Technik« anzuerkennen, konnte die Juristen nicht umstimmen.

Was hat Konrad Zuse denn nun eigentlich erfunden? Er sei der »Schöpfer der ersten vollautomatischen, programmgesteuerten und frei programmierbaren, in binärer Gleitpunktrechnung arbeitenden Rechenanlage. Sie war 1941 betriebsfähig«, schrieb im Geleitwort zur Neuauflage von Zuses Erinnerungen der langjährige Zeitgenosse und Mitbegründer der Wissenschaft der Informatik in Deutschland, Friedrich L. Bauer. Dabei wusste Bauer sehr genau, dass es noch einige andere Erfinder gab, die den Computer zu dem machten, was wir heute darunter verstehen.

SCHÜLER UND STUDENT. Konrad Zuse wurde vor genau einem Jahrhundert als Sohn eines mittleren Postbeamten in Berlin geboren. Oberster Dienstherr Emil Zuses war noch der Kaiser gewesen, und der Sohn verbrachte seine Kindheit an den Orten der wechselnden Dienststellen des Vaters, Braunsberg in Ostpreußen und Hoyerswerda in der Oberlausitz. Die Jahre am Reformgymnasium in Hoyerswerda, dem Konrad Zuse in seinen Erinnerungen einen »freiheitlichen Geist« bestätigte und wo er 1927 sein Abitur machte, dürften seine aufgeschlossene Sicht auf die damals im Umbruch befindliche Welt mitgeprägt haben. Zweifellos waren die Voraussetzungen dafür



Die Zeichnung erläutert die wichtigsten Komponenten der Z3.

Bild links: Konrad Zuse mit Z3.

AUF BESCHLUSS
DES MUSEUMSRATES ERNENNT
DAS DEUTSCHE MUSEUM
ANLÄSSLICH SEINER JAHRESVERSAMMLUNG 1990

HERRN PROFESSOR DR. h. c. mult.
KONRAD ZUSE

IN WÜRDIGUNG
SEINER HERVORRAGENEN VERDIENSTE
UM DAS DEUTSCHE MUSEUM ZUM
EHRENMITGLIED.

MÜNCHEN, DEN 8. MAI 1990

DES VORSITZENDE
DES VERWALTUNGSRATES

DES VORSITZENDE
DES KURATORIUMS

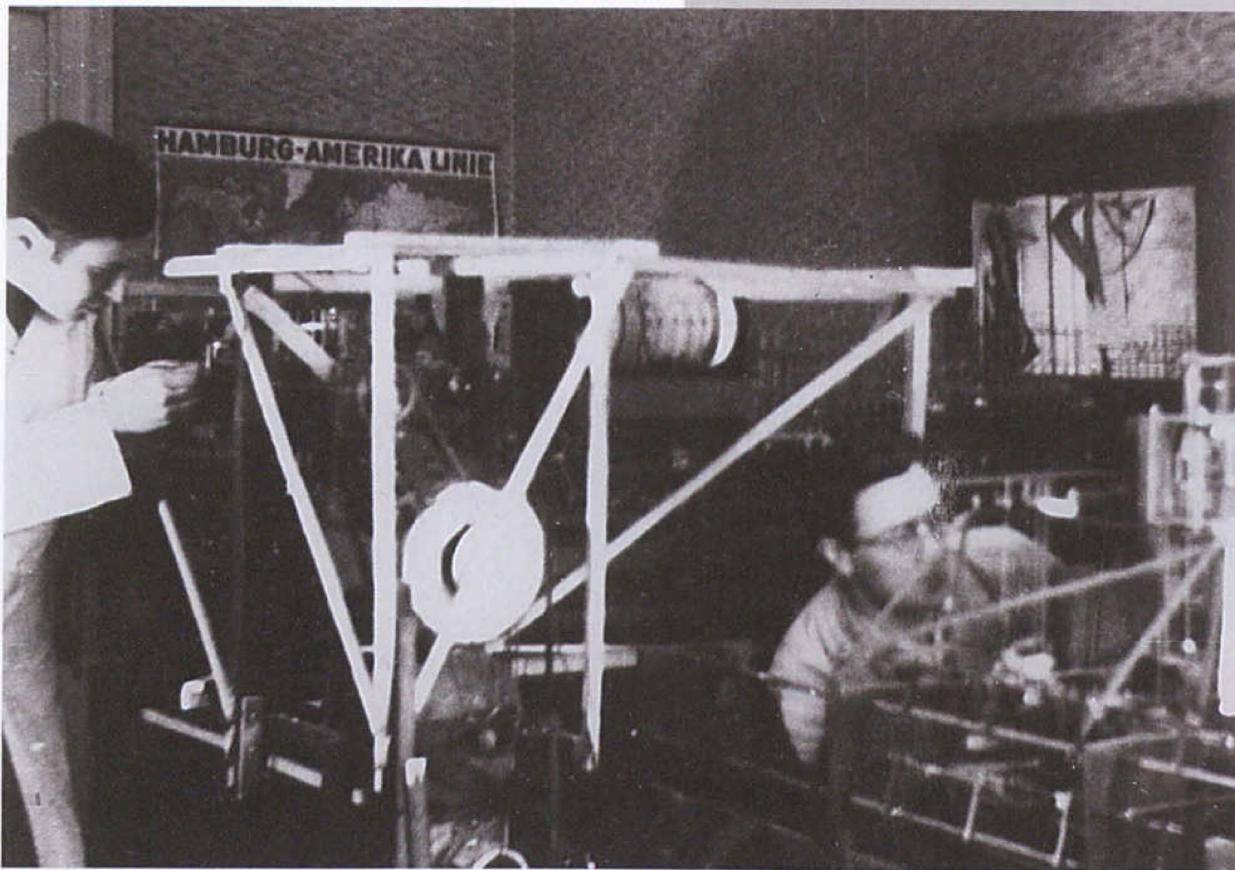
1990 wurde Konrad Zuse zum Ehrenmitglied des Deutschen Museums ernannt.

schon im Elternhaus angelegt gewesen. Der technisch interessierte Schüler erkannte in der Automatisierung einen Trend der Zeit und versuchte schon damals, mit seinem Metallbaukasten selbst Automaten zu bauen. Gleichzeitig beeindruckte er mit seinen zeichnerischen Fähigkeiten. Beides sollte seinen zukünftigen Weg und sein Studium an der Technischen Hochschule in Berlin-Charlottenburg bestimmen.

Zuse war kein Mathematiker. Als diplomierter Bauingenieur hatte er jedoch die mathematischen Theorien der Statik und die erforderlichen Lösungsverfahren gelernt. In diesen Rechnungen, die für Dimensionierungsaufgaben mit veränderten Parametern immer wieder neu durchgeführt werden mussten, erkannte er ein automatisierbares Problem – und hatte damit seine Lebensaufgabe gefunden.

FREIER ERFINDER. Erst aus der historischen Distanz wird erkennbar, dass Konrad Zuse eine der großen Tendenzen der technischen Entwicklung des 20. Jahrhunderts aufgriff und diese während dreier Jahrzehnte mit großer Zähigkeit mit vorantrieb. Doch erst in den 1950er- und 1960er-Jahren sollte die Bedeutung seiner Ideen durch die neue technische Wissenschaft der Informatik bestätigt werden.

Zuses Überlegungen konvergierten in eigenartiger Weise mit Alan Turings (1912–1954) gleichzeitig entstandenem Ideenkomplex der »Turingmaschine«. Beide Ideen ste-



hen für einen Trend der 1930er-Jahre, der auch in einigen anderen Ländern erkennbar ist. Nicht weniger bedeutend war das technologische Komplement zu den mathematisch-theoretischen Erkenntnissen, das es in Gestalt der seit mehreren Jahrzehnten bestehenden Telefonnetze mit den bereits automatisierten Vermittlungsämtern in jeder größeren Stadt gab. Auch die Rundfunknetze waren seit den 1920er-Jahren überall eingeführt worden.

Mit dem Telefonapparat und dem Radioempfänger für jeden privaten Haushalt hatte die Industrietechnik den Weg zur Massenproduktion nicht nur der Endgeräte, sondern auch der technischen Bausteine eingeschlagen. Zu ihnen gehören die millionenfach hergestellten elektromechanischen Relais für die Telefonvermittlung und auch die in zahlreichen und immer neuen Typen produzierten Radoröhren. Die dabei entstandene Möglichkeit, diese auch anderweitig zu verwenden, sollte beim Beginn der Computertechnik vielfach genutzt werden.

ALLEIN GEGEN DEN STROM. Zuses Pionierarbeiten fanden unter den Bedingungen und Gegebenheiten des nationalsozialistischen Deutschen Reichs statt. Der dort massiv vorangetriebene Aufbau der Luftwaffe bewirkte einen Boom der deutschen Flugzeugentwicklung und -forschung. So konnte auch Konrad Zuse nach seinem Diplom im Juli 1935 sofort eine Stelle als Statiker bei den neu

Konrad Zuse mit seinem Freund, dem Nachrichtentechniker Helmut Schreyer (links). Schreyer brachte Zuse auf die Idee, seinen Rechenautomaten mit elektronischen Relais aufzubauen.

Sonderausstellung

Konrad Zuse

Bis 22. August 2010
im Foyer der Bibliothek des
Deutschen Museums

Führungen:
jeweils Mittwoch, 16 Uhr
Eintritt frei

Zur Sonderausstellung erscheint ein
Begleitkatalog.

gegründeten Henschel-Flugzeugwerken in Berlin-Schönefeld antreten, wo er aufwendige Rechenarbeiten für die Konstruktion von Tragwerken plante und ausführte. In diesem Industriezweig erkannte er einen echten Bedarf für einen Rechenautomaten. Zunächst hatte er allerdings nur vage Vorstellungen davon, wie dieser aussehen sollte. Und die hoch qualifizierten Ingenieure und Wissenschaftler waren ohnehin von ihren bewährten Rechenmethoden überzeugt und glaubten nicht, dass man sie automatisieren könnte. So kam der junge Bauingenieur zu der Überzeugung, seinen Plan allein auf sich selbst gestellt realisieren zu müssen.

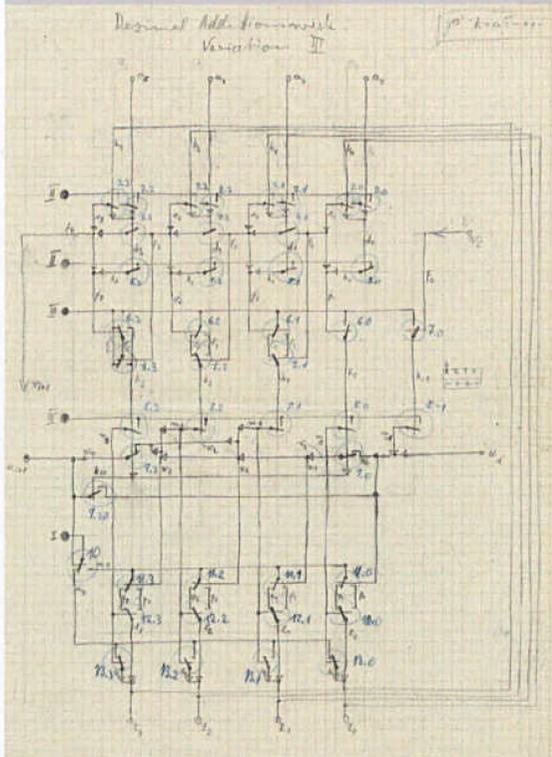
Bereits im Mai 1936 kündigte er seine Stellung, um in einem Zimmer der Wohnung seiner Eltern als freier Erfinder mit ungeheurem Fleiß aktiv zu werden. Finanziell unterstützt von der Schwester und vom pensionierten Vater, der sich für ein Jahr reaktivieren ließ, sowie mit der praktischen und auch finanziellen Unterstützung einiger Studienfreunde baute er ein erstes mechanisches Demonstrationsmodell des erdachten programmgesteuerten Rechenautomaten.

In einer ersten Patentanmeldung hat Zuse sein Maschinenkonzept bereits 1936 in allen Details beschrieben. Es beruhte auf einer vollständig binär aufgebauten Recheneinheit, einem Teil zur Aufnahme des auf einem Lochstreifen binär codierten »Rechenplans« zur Steuerung des Rechenprozesses und einem Arbeitsspeicher zur Aufnahme von Zwischenergebnissen. Die Recheneinheit sollte die vom Programm mitgeteilten elementaren Rechenschritte Schritt für Schritt ausführen. Die Zahlenwerte sollten in dezimaler Form von einer Tastatur eingegeben und automatisch unmittelbar ins Dualsystem übersetzt und ebenso wie die Rechenbefehle binär codiert werden. Während alle damals üblichen Rechenmaschinen einschließlich der des Lochkartensystems intern mit dezimaler Zahlendarstellung funktionierten, erkannte Zuse, dass der innere Aufbau des Automaten mit einer konsequenten Anwendung binärer Schaltungen am einfachsten sein würde. Auf diese Weise konnten sowohl die binär codierten Zahlen als auch die in Ja-Nein-Entscheidungen aufgelösten Steuerbefehle verarbeitet

werden. Beim erfolgreichen Entwurf der Schaltung einer Gleitpunktarithmetik erkannte Zuse damals, dass die Verwendung des Logikkalküls aus der Mathematik die Entwicklung auch kompliziertester dualer Schaltungen am Schreibtisch ermöglichte. Er blieb nicht bei der Arithmetik, bezog auch die Verarbeitung logischer Aussagen in sein Konzept ein und kam zu einem erweiterten Begriff des Rechnens: Rechnen heißt, aus Aussagen neue Aussagen zu gewinnen.

Zuses Konzept enthielt von Anfang an die prinzipielle Möglichkeit, Befehle und Programme auch im Arbeitsspeicher abzulegen. Da er letztlich die ursprünglich angestrebte Speichergröße von 1.000 Worten aufgrund der Umstände in den Kriegsjahren nie realisieren konnte, blieb es jedoch in der Praxis bei der Zwischenspeicherung von maximal 64 Zahlen. Offen bleibt, wie weit er sich in seinen Überlegungen den erst in den 1950er-Jahren umfassend erkannten Möglichkeiten der »Speicherprogrammierung« und damit einer der wesentlichen Eigenschaften des von John von Neumann formulierten Computerkonzepts näherte.

Als Bauingenieur war Zuse mit den bestehenden technischen Systemen der elektrischen Nachrichtentechnik nicht vertraut. Studienfreunde machten ihn auf die in den Telefonvermittlungssämtern der Post bewährten elektromechanischen Relais aufmerksam. Einer dieser Freunde, der Nachrichtentechniker Helmut Schreyer (1912–1984), konfrontierte ihn 1936 mit dem Vorschlag, den Rechenautomaten mit »elektronischen Relais« aufzubauen und damit dessen Rechengeschwindigkeit um »den Faktor Tausend« zu steigern. Mit Hochvakuumröhren und gasgefüllten Röhren aufgebaute »elektronische Relais« wurden damals vereinzelt in Zählparaten verwendet, eine mehrere hundert oder sogar tausend Röhren umfassende funktionsfähige Rechnerschaltung galt jedoch als nicht realisierbar. Die Möglichkeit der elektronischen Ausführung des Rechenautomaten bestätigte jedoch Zuses Sichtweise der veränderlichen Rolle der Technologien in der Computertechnik. Sie sollte in den 1950er-Jahren mit dem Aufkommen der Halbleiter- und Transistortechnik erneut aktuell werden.



Die Skizze zeigt die Idee eines dezimalen Additionswerks.

Um 1935/36 hatte Zuse eine höchst originelle binäre »mechanische Schaltgliedtechnik« erfunden und entwickelt, mit der er hoffte, ein Speicherwerk mit 1.000 Worten in einem Raum »von weniger als einem halben Kubikmeter« unterbringen zu können, was der üblichen Schreibtischgröße entsprechen hätte. Eine Anordnung mit den von ihm später verwendeten Telefonrelais benötigte den mehrfachen Raum. Die Schaltgliedtechnik beruhte auf übereinander angeordneten und gegeneinander verschiebbaren Blechen, wobei in ausgestanzten Durchbrüchen senkrecht stehende, zwischen zwei Positionen bewegliche kleine Stifte die binären Zahlenwerte darstellten. Da Zuse jedoch weder Mittel noch Möglichkeiten zur Herstellung der vorgesehenen Stanzwerkzeuge hatte und die bereits angefertigten Werkzeuge während des Kriegs den Bomben zum Opfer gefallen waren, wurde dieses System letztlich nur im nach dem Kriegsende gebauten mechanischen Speicher der Z4 mit 64 Worten wirksam.

Er entwickelte seine Schaltungen technologie-neutral und verwendete dafür eine eigene Zeichensymbolik.

Seine zweite und dritte, schließlich funktionsfähige Maschine baute Konrad Zuse nach dem gleichen logischen Konzept vollständig mit den bewährten elektromechanischen Relais aus. Bei der anschließend gebauten vierten Maschine, die er später als Z4 bezeichnen sollte, griff er jedoch beim Speicher wieder auf die rein mechanische Schaltgliedtechnik zurück.

EINGLIEDERUNG IN DIE RÜSTUNGSINDUSTRIE.

Nachdem der freischaffende Erfinder zu Beginn des Zweiten Weltkriegs sofort eingezogen worden war, konnte er im März 1940 mit der Hilfe seiner Freunde wieder als Statiker bei Henschel eingestellt werden. Als Chef der Gruppe »Statik« bei der von Herbert A. Wagner (1900–1982) geleiteten Entwicklungsabteilung für die ferngesteuerten Flugbomben Hs 293 und Hs 294 entwickelte er auf eigene Initiative nacheinander zwei festprogrammierte Aggregate zur Berechnung von Korrekturwerten für das Leitwerk aus den Messungen der aerodynamischen Oberflächen. Zuse gilt daher auch als Erfinder des digitalen Prozessrechners.

Neben den Arbeiten bei Henschel entwickelte Zuse, wieder von Freunden unterstützt, in seiner Wohnung den Rechenautomaten weiter. Nachdem sich die erste, vollständig in mechanischer Schaltgliedtechnologie aufgebaute Maschine nicht zur vollen Funktionsfähigkeit bringen ließ, begann er den Aufbau eines zweiten Modells mit elektromechanischen Relais. Eine damit gelungene Vorführung veranlasste die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL) zur Teilfinanzierung des Baus einer dritten Maschine.

Die in der DVL laufenden Forschungsarbeiten zum »Flattereffekt« bei Flugzeugen erforderten umfangreiche numerische Rechnungen – und die Anwendung von Zuses Rechenautomat versprach neue Erkenntnisse. So baute er sein Versuchsmodell in der Wohnung zum heute als Z3 bezeichneten dritten Modell aus und konnte am 12. Mai 1941 einem kleinen Kreis von Wissenschaftlern einige längere Rechnungen erfolgreich vor-

führen. Damit war das Zuse'sche Konzept erstmals wissenschaftlich anerkannt worden und das im Gästebuch festgehaltene Datum der Vorführung belegt dessen historische Bedeutung. Die Z3 wurde nie professionell verwendet. Sie blieb in der Wohnung, wurde mehrfach Vertretern verschiedener Dienststellen vorgeführt, aber schon 1943 bei einem Bombenangriff beschädigt und schließlich mit dem Haus zerstört.

Für Zuse ergab sich erstmals die Möglichkeit, eine »voll einsetzbare« Maschine zu bauen, als ihm die DVL im Dezember 1941 einen Kredit über 50.000 Reichsmark gewährte. Die Maschine sollte mit elektromechanischen Relais aufgebaut werden und mit einem Speicher in der mechanischen Schaltgliedtechnik für 1.024 Worte ausgestattet sein. Später sollte sie in einem der von Zuse betriebenen Rechenbüros zur Bearbeitung von Aufträgen der DVL und zur Ablösung des Kredits eingesetzt werden. Zuse dachte damals auch an eine Serienfertigung der Maschine von einigen hundert Stück.

Der damit verbundene Entwicklungsaufwand und der Kriegsverlauf dürften dazu geführt haben, dass das Luftfahrtministerium im Juli 1943 die Henschel-Flugzeugwerke »Namens und im Auftrag des Reiches ... mit der Entwicklung und Herstellung eines Rechengerätes zur Durchführung algebraischer Rechnungen« beauftragte. Als das Rüstungsministerium 1944 die Regie der Flugzeugproduktion übernahm, wurde Zuses Entwicklung mit übernommen. Das Rechenautomatenprojekt des unabhängigen Erfinders und seiner Freunde war auf diese Weise Teil des Speer'schen Rüstungsapparats geworden, das den »Endsieg« herbeiführen sollte.

Im August und November 1944 erteilte das Luftfahrtministerium weitere Kriegsaufträge. Der im Bau befindliche Rechenautomat sollte um ein zweites Speicherwerk erweitert und durch ein als »Planfertigungsgerät« bezeichnetes Zusatzgerät »zur Vereinfachung der Eingabe des Rechenschemas« ergänzt werden. Kurz vor dem Kriegsende wurden die Arbeiten abgebrochen und die Maschine mit einem provisorischen Speicher von nur 16 Worten zu einer Vorführung in der Aerodynamischen Versuchsanstalt in Göttingen (AVA) und dann

nach Hinterstein im Allgäu transportiert. Dort sollte Zuse mit seiner kurz zuvor gegründeten Familie die nächsten Jahre verbringen.

Wie weitreichend das Konzept Zuses in den Kriegsjahren war, lässt sich heute nur annähernd rekonstruieren. Es war nicht nur schlüssig, sondern auch offen für zukünftige technologische Entwicklungen. Sein damaliger Prozessorentwurf sollte auch noch 60 Jahre später als aktuell bezeichnet werden.

1949 beschloss der Direktor des Instituts für Angewandte Mathematik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich, Eduard Stiefel (1909–1978), die Z4 an seinem Institut aufzustellen und zu nutzen. Seine beiden Assistenten Heinz Rutishauser und Ambros Speiser hatten gerade die laufenden Computerprojekte in den USA studiert und man wollte nun einen eigenen Rechner bauen. Die unerwartet entdeckte Z4 erwies sich als äußerst hilfreich. Die Tests an der Rechenmaschine bestätigten die Richtigkeit der Zuse'schen Ideen und beschleunigten den Bau einer Elektronischen Rechenmaschine der ETH (ERMETH).

»**DER PLANKALKÜL**«. Spätestens mit dem großen Projekt des Luftfahrtministeriums hatte Zuse erkannt, dass die ungewohnte Programmierung seines Rechenautomaten dessen Verbreitung behindern würde. Er entwarf daher ein als »Plankalkül« bezeichnetes Programmiersystem als »klares, arbeitsfähiges System«, das er »exakt als Rechenvorschrift« formulieren wollte. Später sollte er von einer »wirklich universellen Formelsprache« und auch von einer »algorithmischen Programmiersprache« sprechen.

Typisch war für ihn, dass seine Überlegungen nicht an den begrenzten Möglichkeiten seiner eigenen Maschinen endeten, sondern dass er sie bis zu einem »künstlichen Superhirn« aus binären Schaltkreisen als »höchstem erreichbaren Ziel« weiterdachte. Auch damit sollte der Plankalkül die Kommunikation noch ermöglichen. Als dann jedoch die schnell zahlreicher werdenden Programmiersprachen ganz überwiegend auf die numerische Rechnung ausgerichtet waren, musste Zuse feststellen, dass er dieses Gebiet unterschätzt und vernachlässigt hatte.

Literatur

Konrad Zuse, *Der Computer, mein Lebenswerk*. München 1970; überarbeitete Neuauflagen, Berlin u. a. 1984, 1990, 1993

Raúl Rojas (Hrsg.), *Die Rechenmaschinen von Konrad Zuse*. Berlin u.a. 1998, S. 2

Paul E. Ceruzzi, *Die frühen Arbeiten von Konrad Zuse im Kontext der Erfindung des digitalen Computers. 1935–1950*. Deutsches Museum, Wissenschaftliches Jahrbuch 1992/93, München, S. 170-186

David Hilbert, Wilhelm Ackermann, *Grundzüge der theoretischen Logik*. Berlin 1928; weitere Auflagen 1938, 1949, 1959, 1967

Friedrich L. Bauer, *Wer erfand den von-Neumann-Rechner?* Informatik Spektrum 21. 1998, S. 84-89

DR. HARTMUT PETZOLD

war von 1988 bis 2009 Abteilungsleiter für Informatik, Automatik und Zeitmessung am Deutschen Museum.

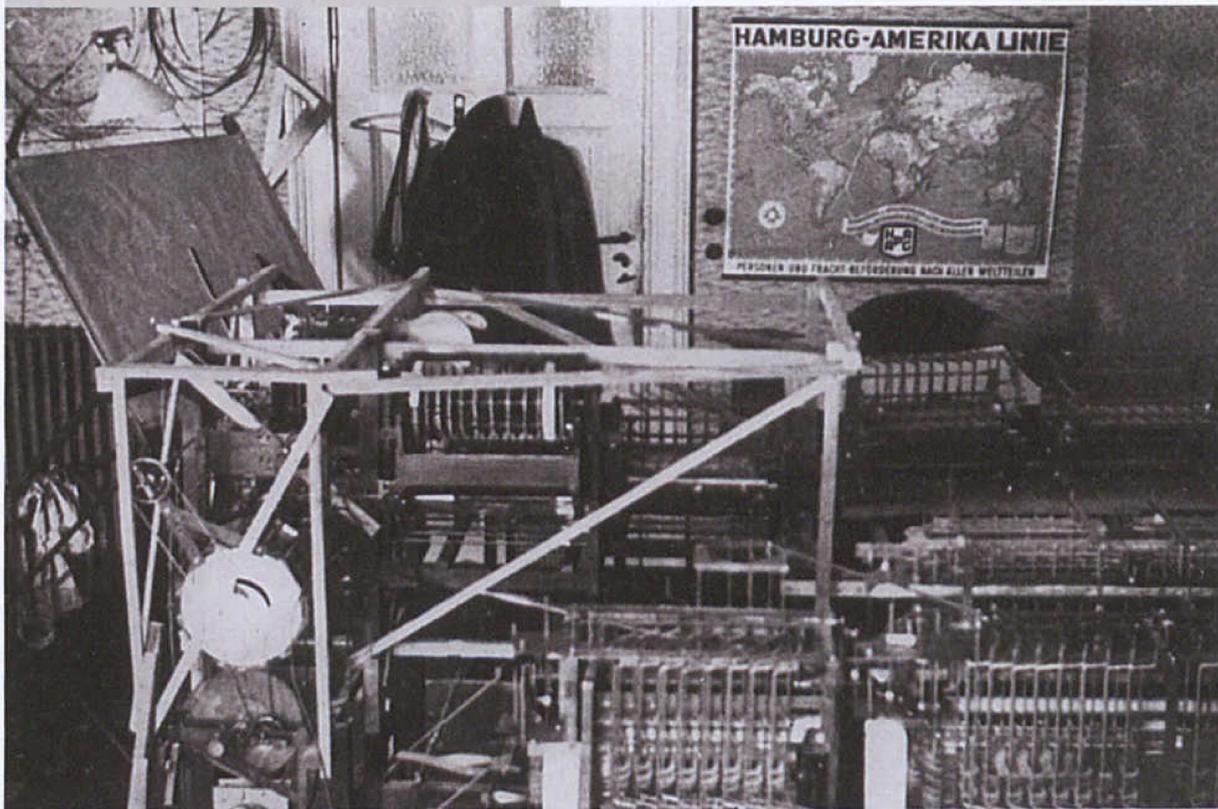
ZUSE ALS UNTERNEHMER. Die Übernahme der Z4 durch die ETH Zürich ermöglichte Konrad Zuse 1949 einen Neuanfang als Unternehmer. An der Z4 waren einige Ergänzungen erforderlich. Zuse benötigte eine leistungsfähige Werkstatt und gründete im hessischen Neukirchen die Zuse KG. Nach Währungsreform und Start in die liberale Marktwirtschaft der Bundesrepublik war die Zuse KG die erste und für lange Zeit einzige deutsche Spezialfirma für Digitalrechner.

Für den Unternehmer Zuse rückten Erfindungen und Entwicklungen hinter die Bemühungen um Aufträge und Märkte an die zweite Stelle. Die deutsche Flugzeugforschung und -industrie gab es nicht mehr. Die ersten deutschen Kunden kamen hauptsächlich aus der um Anteile auf dem Weltmarkt kämpfenden optischen Industrie und dem weitgehend staatlich organisierten Vermessungswesen.

1953 lieferte die Zuse KG den in nur einem Exemplar gefertigten großen Relaisrechner Z5 an die optische Firma Leitz. Wenig später entstand die kleinere Relaismaschine Z11 mit Standardprogrammen für optische und vermessungstechnische Rechenprobleme als erster in Deutschland entwickelter und industriell in Serie gefertigter Rechner. Die Z11 war wie auch die seit 1958 ausgelieferten ersten elektronischen Rechner vom Typ Z22 und dessen Nachfolgemodell Z23 bei der optischen Industrie, im Vermessungswesen und in der Flurbereinigung gefragt. Kunden fanden sich auch im europäischen Ausland.

Kaum überschätzt werden kann die Rolle, die Konrad Zuse in den Anfangsjahren der Bundesrepublik als aktiver Propagandist des Computers und dessen vielfältiger Einsatzmöglichkeiten spielte. Er scheute sich dabei nicht, sogar mit der IBM zu konkurrieren. Der Vorschlag aus dem Jahr 1955, Zuse-Rechner für ein Platzbuchungssystem der KLM einzusetzen, obwohl Zuse bis dahin noch keinen elektronischen Rechner gebaut hatte, erscheint im Nachhinein geradezu irrational. Zweifellos haben solche Vorschläge aber dem späteren Computereinsatz den Weg bereitet, wenn sie schon nicht das eigene Geschäft beförderten.

Obwohl die elektronischen Rechner Z22 und Z23 für die Zuse KG geschäftlich erfolg-



Die Rechenmaschine Z1 von 1937, mit der Zuse versuchte, stupide Rechentätigkeiten zu automatisieren.

Trotz der frühen Anregung und der praktischen Vorarbeiten von Helmut Schreyer während der Kriegsjahre lehnte Zuse bis etwa 1955 die Herstellung elektronischer Rechner als unzuverlässig ab. Erst ab 1956 entwickelte er mit Unterstützung des Max-Planck-Instituts für Astrophysik in Göttingen (Ludwig Biermann, Heinz Billing), finanziert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, den ersten in Deutschland industriell in Serie gefertigten elektronischen Rechner Z22, der seit 1958 ausgeliefert wurde und an vielen deutschen Hochschulinstituten als erster Computer zum Einsatz kam. Dieser Röhrenrechner wurde wenige Jahre später als Z23 in einer Version mit Transistoren ausgeliefert.

reich waren, wuchsen die finanziellen Anforderungen ständig und so geriet die Zuse KG schon 1960 in eine Krise. »Die Finanzierung von Entwicklungsrisiken gehört nicht zum normalen Bankgeschäft. Selbst zur Vorfinanzierung von Mietaufträgen waren die normalen Banken nicht bereit«, erinnert sich Zuse später.

Die Entwicklung der elektronischen Bausteine und der Speichertechnologien wurde in den USA längst auf breiter Front vorangetrieben. Als neuartiges und immer gewichtigeres Problem erwiesen sich jedoch die Softwareentwicklung und die Forderung der Kunden nach Standardprogrammen für ihre Anwenderprobleme. Auch die marktgerechte Planung neuer Rechnermodelle, deren Entwicklung mehrere Jahre beanspruchte, gegen eine internationale Konkurrenz wurde immer schwieriger. »Schließlich musste ich froh sein«, berichtet Zuse später, »jemanden zu finden, der bereit war, die Schulden zu übernehmen.« 1964 übernahm die Firma Brown Boveri & Cie. AG, Mannheim, 100 Prozent der Kapitalanteile. Seit 1967 gehörte die Firma vollständig zur Siemens AG. Zuse selbst war anfangs noch Komplementär, musste dann jedoch – inzwischen 57 Jahre alt – ganz ausscheiden. ■



Das Deutsche Museum in der Zeit des Nationalsozialismus

Revision einer Nachkriegslegende

Durch eine rosa Brille betrachtete das Deutsche Museum jahrzehntelang seine eigene Geschichte in der Zeit des Nationalsozialismus. Zu Unrecht, wie die Autoren meinen. Wie viele andere Institutionen hat sich das ehrwürdige Haus mit den Machthabern eingelassen. Die wiederum wussten das Renommee der Einrichtung für ihre Zwecke zu nutzen.

Von Stefan L. Wolff und Elisabeth Vaupel

Am 30. April 1945 erreichten amerikanische Truppen den Marienplatz in München. Damit endete in der stark zerstörten »Hauptstadt der Bewegung« die Ära des Nationalsozialismus. Auch das Deutsche Museum war in der Schlussphase des Kriegs nicht von Bomben verschont geblieben. Zwischen April 1944 und Januar 1945 wurde der große Gebäudekomplex bei sechs Luftangriffen mehrfach von Spreng- und Brandbomben getroffen. Der Angriff vom 12. Juli 1944, der schwerste, den München während des Zweiten Weltkriegs erlebte, hatte den Museumsbetrieb, der bis dahin mühsam aufrechterhalten worden war, endgültig zum Erliegen gebracht. Dank rechtzeitiger Auslagerungen waren die Verluste an Sammlungsgegenständen aber relativ gering. Trotz der starken Beschädigungen der Ausstellungsgebäude schien das Deutsche Museum in materieller Hinsicht insgesamt noch verhältnismäßig glimpflich davongekommen zu sein. Für einen Neuanfang stellte sich aber – insbesondere auf Druck der Alliierten – wie für alle Institutionen auch für das Deutsche Museum die Frage, ob und inwieweit es nationalsozialistische Ideologie vermittelt hatte und selbst ein aktiver Teil des NS-Staates geworden war. Das betraf nicht nur die Ausstellungen und deren Konzeption, also das eigentliche »Schaufenster« des Museums, sondern ebenso die allgemeinen Bildungsaktivitäten des Hauses, wie sie unter anderem durch seine Bibliothek oder die populär gehaltenen Vortragsreihen zum Ausdruck gekommen waren. Auch die innere Struktur der Institution sowie die politische Haltung von Museumsleitung und Personal hatten sich einer kritischen Überprüfung zu stellen.

PERSILSCHEINE VOM MUSEUMSDIREKTOR. Von dem 1937 von ursprünglich drei auf fünf Personen erweiterten, ehrenamtlich tätigen Vorstand des Museums war nach der Kapitulation nur noch dessen Vorsitzender Jonathan Zenneck im Amt verblieben. Während der Reeder Rudolf Blohm und der Direktor der Siemens-Schuckert Werke, Rudolf Bingel, der zum »Freundeskreis Reichsführer der SS« gehört hatte, ihre Ämter selbst niederlegten, waren Johannes Heß als Wehrwirtschaftsführer und Albert Pietzsch als Präsident der Reichswirtschaftskammer interniert worden und konnten demzufolge ihre Funktion nicht mehr ausüben. Zenneck konstatierte im Dezember 1945 bedauernd, dass im Rahmen der Entnazifizierungsmaßnahmen eine Reihe von Museumsmitarbeitern wegen ihrer Parteizugehörigkeit zunächst entlassen werden musste. Von insgesamt 181 Beschäftigten waren 50, also etwa ein Drittel der Belegschaft, Mitglied der NSDAP gewesen. Zu ihnen gehörten nicht nur Handwerker, Verwaltungsangestellte und Aufseher, sondern auch fünf Mitarbeiter des höheren Dienstes, beispielsweise der Leiter der Abteilung Chemie, Rudolf Sachtleben, ferner der renommierte Bibliothekar und Technikhistoriker, Friedrich Klemm, sowie der Leiter der kaufmännischen Abteilung. Während auf Anordnung der Militärregierung im Jahr 1946 immer noch 33 Museumsmitarbeiter vom Dienst suspendiert waren, konnte im März 1949 endlich bekannt gegeben werden, dass nunmehr jeder Museumsmitarbeiter »die positiven politischen, liberalen und moralischen Eigenschaften« besäße, die zur Entwicklung der Demokratie in Deutschland beitragen.

Ein Blick in die während des »Dritten Reichs« publizierte Ausstellungsführer des Deutschen Museums lässt zunächst kaum politische Bezüge erkennen. Die im Museum seit seiner Gründung übliche nüchterne Darstellung naturwissenschaftlich-technischer Erkenntnisse ohne jegliche sozialhistorische Einbettung schien immunisierend gegenüber allen potenziellen Versuchen einer ideologischen Vereinnahmung durch den Nationalsozialismus gewirkt zu haben. Zenneck bemühte sich, diesen Eindruck mit dem Hinweis auf ein vermeintliches Desinteresse der Führung des NS-Staates am Museum noch zu unterstreichen. In seinen »Persilscheinen«, die Vorstandskollegen und Ministerialbeamte vom Vorwurf nationalsozialistischer Betätigung entlasten sollten, führte er deren Engagement für das bei den Nationalsozialisten angeblich sehr unbeliebte Deutsche Museum schon fast als Akt des Widerstands an. So bescheinigte er einem Ministerialdirektor in diesem Zusammenhang, »gegen Parteistellen und NS-Regierung opponiert« zu haben. In einer Ansprache zum 50-jährigen Gründungsjubiläum des Museums ging er 1953 so weit, das Deutsche Museum wegen seiner zeitweiligen Auseinandersetzungen mit dem Generalinspekteur für das deutsche Straßenwesen und späteren Minister für Bewaffnung und Munition, Fritz Todt, der 1937



1936 feierte Karl Klemm (links), Werkmeister in der Schreinerwerkstatt des Deutschen Museums, sein 25-jähriges Dienstjubiläum, zu dem er offensichtlich einen Volksempfänger geschenkt bekam. Auf dem Gabentisch ist außerdem ein Foto Hitlers zu sehen. An der Werkstattwand ist – über dem Foto Oskar von Millers – ein weiteres Hitlerbild zu sehen.

Bild links: Blick in die »Reichsautobahnschau« um 1940. Die Darstellung wurde offensichtlich schnell aktualisiert und dabei auch der neuesten politischen Lage angepasst, wie das Kartenbild mit dem als »Protektorat Böhmen und Mähren« annektierten Rest der Tschechoslowakei zeigt. An der rechten Seitenwand des Raumes hängt ein großes Hitlerbild, diesem gegenüber ist Hitlers Spaten ausgestellt.



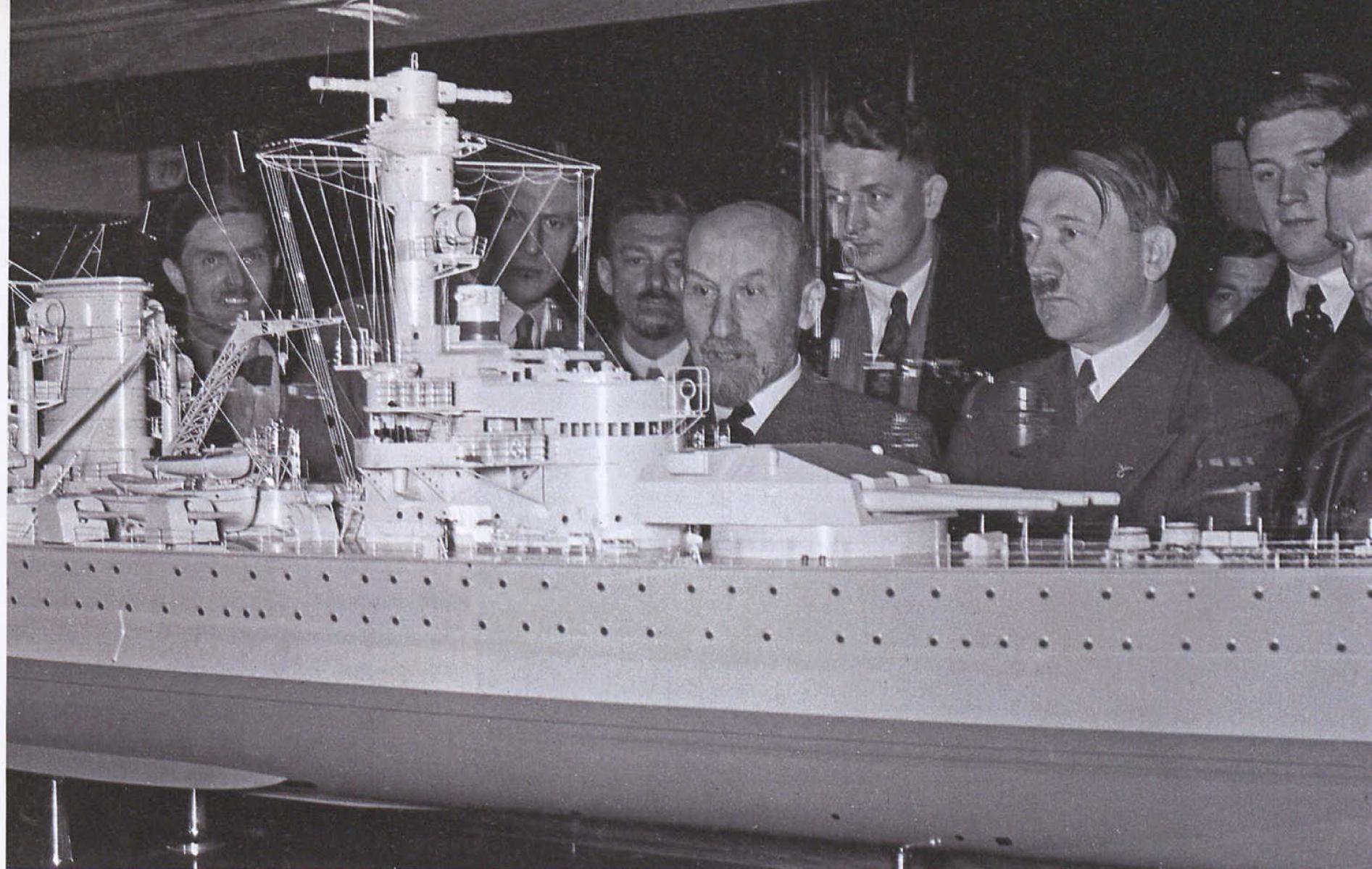
Hitler beim Verlassen des Sammlungsbaus nach seinem ersten offiziellen Museumsbesuch am 1.4.1935. Hinter dem Adjutanten des »Führers« ist Hugo Bruckmann zu erkennen, der den »Führer« zusammen mit Verwaltungsdirektor Karl Bäßler durch die Ausstellungen geleitet hatte.

Mitglied des Museumsvorstandes geworden war, zu einem Hort des Widerstands zu erklären. Dabei suggerierte er sogar eine persönliche Gefährdung, wenn er ausführte: »Der Streit nahm allmählich ziemlich scharfe Formen an, was mit Rücksicht auf die Nähe von Dachau nicht unbedenklich war.«

Die meisten deutschen Universitäten, die Max-Planck-Gesellschaft, die Deutsche Forschungsgemeinschaft, viele wissenschaftliche Gesellschaften sowie Unternehmen in Wirtschaft und Industrie haben in den letzten beiden Jahrzehnten umfangreiche Publikationen zu ihrer Geschichte im Nationalsozialismus vorgelegt. In diesem stattlichen Kreis von Institutionen fehlten bislang allerdings die Museen, die sich – von Fragen der Restitution einmal abgesehen – noch nicht eingehend mit ihrer Rolle im Nationalsozialismus auseinandergesetzt haben.

In diesem Sinn betraten die Kuratoren des Deutschen Museums Neuland, als sie zusammen mit einigen renommierten externen Wissenschaftlern die Rolle ihres Hauses im Nationalsozialismus untersuchten. Die Ergebnisse ihrer Forschungen sind in diesem Monat in einem umfangreichen Sammelband publiziert worden. Die Autoren konnten sich dabei auf Quellenmaterial stützen, das in diesem Umfang bisher noch nicht ausgewertet wurde, insbesondere auf die Korrespondenzakten im Verwaltungsarchiv des Deutschen Museums sowie auf bislang unzugängliche Personalakten. Durch Nutzung dieser Unterlagen ließen sich sogar einige Lücken schließen, die durch eine gezielte »Säuberungsaktion« unmittelbar nach Kriegsende entstanden sind. Dabei waren die Bestände des Museumsarchivs nicht nur generell »ausgedünnt« und gewisse, nunmehr als kompromittierend empfundene Briefe und Fotografien entfernt worden. Es lässt sich sogar nachweisen, dass bestimmte Einzelakten, darunter eine mit der Beschriftung »Allgemeines I. Hitler & Goebbels«, komplett vernichtet wurden.

OSKAR VON MILLER LEGT SEIN AMT NIEDER. Im Januar 1933, zum Zeitpunkt der Machtübernahme der Nationalsozialisten, wurde das Deutsche Museum noch von seinem Gründer Oskar von Miller geleitet. Zusammen mit ihm bildeten der Physiker und designierte Nachfolger Jonathan Zenneck sowie der Technikhistoriker und langjährige Direktor des Vereins Deutscher Ingenieure, Conrad Matschoß, den damals dreiköpfigen Vorstand. Das Deutsche Museum sah sich nach der Machtübernahme einer Reihe von Angriffen und Denunziationen ausgesetzt. So kamen Miller und Zenneck im März 1933 – ihrem Verständnis des »unpolitischen« Museums entsprechend – nur widerstrebend der Anordnung des Reichskommissars Franz Xaver Ritter von



Epp nach, die Hakenkreuzflagge auf dem Museumsturm zu hissen. Die bereits seit vielen Jahren schwelenden Querelen Millers mit den Nationalsozialisten im Münchner Stadtrat führten schließlich dazu, dass dem Museum am 7. Mai 1933 sogar die Ausrichtung des traditionell von der Stadt München finanzierten Jahresempfangs versagt wurde. Als Hitler die – seit 1923 von jedem Reichskanzler akzeptierte – Ehrenpräsidentschaft im Deutschen Museum aus formalen Gründen ablehnte, was als Brüskierung empfunden wurde, glaubte Miller, die Weiterentwicklung des Museums unter den veränderten politischen Umständen nicht mehr in bewährter Weise fördern zu können, und legte sein Amt als Vorsitzender des Museumsvorstands nieder.

Statt Zenneck, der ursprünglich Millers Posten im Museumsvorstand übernehmen sollte, installierte Miller im Dezember 1933 mit dem Münchner Verleger Hugo Bruckmann einen Mann als seinen Nachfolger, der zu den frühen Förderern der NSDAP in München gehörte und Hitler seit vielen Jahren persönlich sehr nahestand. Solche Kontakte schien das Museum jetzt zu benötigen. Bruckmann war mit Miller verschwägert und fühlte sich vermutlich auch deswegen dem Museumsprojekt besonders verpflichtet. Ansonsten besaß er aber keine besondere Qualifikation für seine neue Aufgabe. Die Alltagsgeschäfte wurden deshalb von Zenneck erledigt. Als Mitglied der DNVP stand er der neuen Koalitionsregierung, an der seine Partei beteiligt war, keineswegs fern. Die Berufsbeamtengesetze, mit deren Hilfe politisch unzuverlässige und vor allem Beamte jüdischer Herkunft (»Nichtarier«) entlassen wurden, fand er völlig berechtigt. Als Museumsvorstand musste er diese Gesetze 1933 auch im eigenen Haus umsetzen. Nur auf einen einzigen Angestellten des Museums, einen technischen Zeichner, traf die »Nichtarierdefinition« zu. In einem weiteren Fall entschied Zenneck eigenständig, dass ein Angestellter aus politischen Gründen nicht weiter beschäftigt werden sollte.

Nachdem ein Mitglied der Belegschaft wegen der Zugehörigkeit zu einer kommunistischen Widerstandsgruppe 1934 verurteilt und nach Verbüßung der Strafe ins Konzentrationslager Dachau eingeliefert worden war, organisierten Angestellte des Museums eine Geldsammlung für dessen Frau, die sich wegen der Verurteilung ihres Mannes in einer finanziellen Notlage befand. Das Bayerische Kultusministerium verlangte daraufhin unabhängig von den eingeleiteten Strafverfahren die umgehende Entlassung der zwei Angestellten, die für diese Solidaritätsaktion verantwortlich gemacht wurden. Das Ministerium gestand dem Museum jedoch die Möglichkeit zu, die anderen an der Geldsammlung Beteiligten weiter zu beschäftigen, sofern hinreichende Gründe für deren Weiterbeschäftigung geltend gemacht werden könnten. Von dieser Möglichkeit

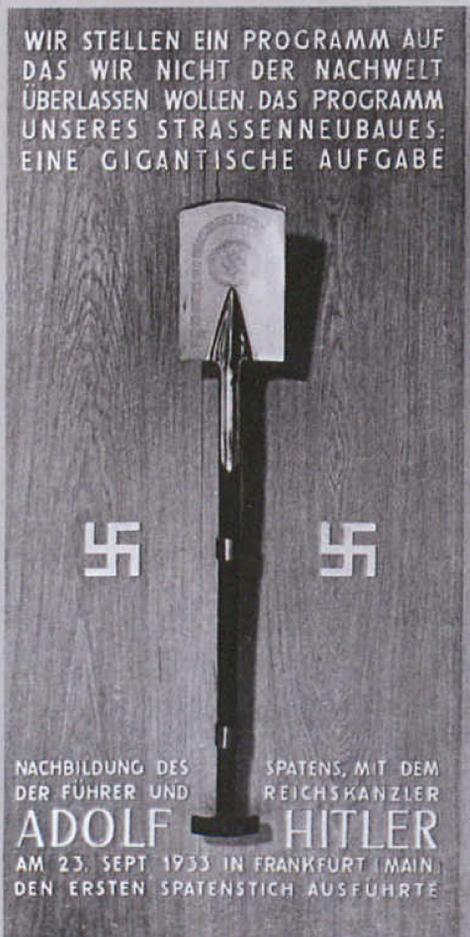
Hugo Bruckmann (links neben Hitler) erläutert dem »Führer« bei seinem Museumsbesuch im April 1935 unter anderem auch das Modell des Panzerschiffes »Deutschland« in der Schifffahrtsausstellung des Deutschen Museums.



Besucher bei der Eröffnungsfeier der neuen Kraftfahrzeugausstellung in der neu gebauten Autohalle, 1938. Die Demonstration der fahrbaren Panzermodelle, die mithilfe eines Steuerpults durch das unwegsame Gelände bewegt werden können, kommt beim Publikum offensichtlich gut an.



Das mit roten Hakenkreuzbannern festlich geschmückte Kongresssaalgebäude am »Tag der Deutschen Kunst«, 18.7.1937.



Ein Nachbau dieses »Kultobjekts«, mit dem Hitler am 23.9.1933 in Frankfurt am Main den ersten Spatenstich zum Autobahnbau ausführte, war in der Abteilung »Straßenbau« im Deutschen Museum zu sehen.

Straßenbaus und insbesondere die weitreichenden Pläne des Führers hinsichtlich der Reichsautobahnen zur Darstellung« bringe. Die Ausstellung habe ihn von der dringenden Notwendigkeit überzeugt, die Straßenbauabteilung des Deutschen Museums zu aktualisieren, »da doch jeder der vielen Besucher des Deutschen Museums erwartet, dass die großen Leistungen der deutschen Straßenbauer seit der Machtübernahme im Deutschen Museum verkörpert sind«. Von der angestrebten engeren Zusammenarbeit mit Todt versprach sich der Museumsvorstand, auf diese Weise auch die für eine solche Ausstellung notwendigen finanziellen Mittel zu erhalten.

HITLERS SPATEN IN DER NEUEN STRASSENBAUABTEILUNG. Nach der erwähnten Ablehnung der Ehrenpräsidentschaft versuchte die Leitung des Museums intensiv, gerade auch unter Nutzung der hervorragenden Kontakte Bruckmanns, eine offizielle Visite Hitlers zu organisieren. Die zunächst angekündigte Teilnahme an der Jahresversammlung 1934 hatte Hitler kurzfristig wieder abgesagt. Zenneck und Bruckmann bemühten sich in der Folge wiederholt um einen Besuch »des Reichskanzlers und des Reichsministers Dr. Goebbels«, wobei Letzterer notfalls als Ersatz für Ersteren qualifiziert schien. Mit einer auf ausdrücklichen Wunsch des »Führers« aufgebauten Sonderausstellung »Deutsche Werksteine« gelang es schließlich, Hitler am 1. April 1935 zu einem Museumsbesuch zu veranlassen. Nun konnten auch größere Pläne wie die Neugestaltung der veralteten Kraftfahrzeugabteilung vorangetrieben werden.

Mithilfe zweier einflussreicher Wirtschaftsführer und Anhänger des Nationalsozialismus, dem Chemie-Unternehmer Albert Pietzsch und dem Stahlindustriellen Hermann Röchling, gelang es schließlich, Hitler für die Ausbau- und Aktualisierungsprojekte zu gewinnen. Sie erreichten, dass er dem Museum zwei Millionen Reichsmark zur Neugestaltung der Kraftfahrzeug- und Luftfahrtabteilung zusagte. Im März 1936 konnte Zenneck schließlich offiziell verkünden, dass die geplante neue Autohalle »vom Führer persönlich gewünscht wird«. Das Museum hatte den ersehnten Einklang mit der Spitze des Staates endlich hergestellt.

Die neue Autohalle wurde 1937 eingeweiht. Umrahmt von Reichsadler und Hakenkreuzfahnen prangte oberhalb einer für die Eröffnungsfeier aufgebauten Bühne ein Zitat Hitlers: »Ich liebe den Kraftwagen über alles, denn er hat mir Deutschland erschlossen.« Die entsprechende Dauerausstellung wurde ein Jahr später eröffnet, zusammen mit der mittlerweile überarbeiteten Straßenbauabteilung, in der besonders der Reichsautobahnbau thematisiert wurde. Hier demonstrierte das Museum sogar seine Bereitwilligkeit, von Millers Prinzip der Meisterwerke abzugehen. Demnach hätten nur herausragende Originale – Meilensteine und epochenmachende Entwicklungsschritte von Wissenschaft und Technik – ausgestellt werden dürfen. In der neuen Straßenbauabteilung wurde jedoch ein Replikat von »Hitlers Spaten« präsentiert, den der »Führer« bei den

machte die Museumsleitung auch Gebrauch. Einem der beiden Entlassenen gelang es mithilfe der Deutschen Arbeitsfront und im Einverständnis mit der NSDAP gegen den Willen des Ministeriums und des Museums, 1938 seine Wiedereinstellung zu erreichen. Dem anderen blieb dies nach zweieinhalb Jahren Haft, die er wegen der Geldsammlung im KZ Dachau verbüßen musste, jedoch versagt.

Die Leitung des Deutschen Museums bemühte sich gezielt darum, wichtige Politiker wie den Generalinspekteur für das deutsche Straßenwesen, Fritz Todt, für eine Mitarbeit im Museum zu gewinnen. Im Oktober 1934 schrieb Zenneck ihm, wie beeindruckt er von dessen Propagandaausstellung »Die Straße« sei, »welche in hervorragender Weise die Aufgaben des

Feierlichkeiten zum Baubeginn eines neuen Reichsautobahnabschnittes in Frankfurt am Main angeblich benutzt haben soll. Dieses Zugeständnis sollte kein Einzelfall bleiben, denn das Museum integrierte in der neuen Kraftfahrzeugabteilung mit Hitlers Mercedes eine weitere offenkundige »Reliquie« des Nationalsozialismus. Währenddessen war es zu einem Machtkampf um das Museum gekommen. Bruckmann und Zenneck hatten im Frühjahr 1934 noch geglaubt, um Todt werben zu müssen, und ihm schließlich, nachdem dies tatsächlich von Erfolg gekrönt war, für diesen Beweis »außerordentlichen Wohlwollens« fast überschwänglich gedankt.

Seit Februar 1937 versuchte Todt aber, das Museum für seine eigenen Zwecke zu instru-



mentalisieren und selbst die Leitung zu übernehmen. Dem konnte man zunächst durch seine Aufnahme in den Vorstand begegnen. Als Gegenpart und somit zur Eindämmung von Todts Einfluss wurde außerdem noch Pietzsch Mitglied des höchsten Museumsgremiums, das damit auf fünf Mitglieder erweitert wurde. Die Konflikte im Vorstand ließen sich also keineswegs an der Zugehörigkeit zur NSDAP festmachen, denn Bruckmann und Pietzsch unterstützten Zenneck fortan in seiner Ablehnung von Todts Machtanspruch. Dessen auf dem stadtwärts gelegenen Isarufer geplantes »Haus der deutschen Technik«, das keine historische, sondern nur zeitgenössische Technik ausstellen sollte, erschien als ungute Konkurrenz, der sich das Deutsche Museum vielleicht bald unterzuordnen hätte. Todt versuchte auch in der folgenden Zeit, das Deutsche Museum unter seine Kontrolle zu bringen, scheiterte aber unter anderem bei dem Versuch, seinen engen Mitarbeiter Karl-Otto Saur in der Museumshierarchie zu installieren. Todt spielte aus unbekanntem Gründen dann doch nicht alle Machtoptionen aus und lenkte 1939 überraschend ein. Das »Haus der Technik« kam nie über die Planungsphase hinaus, nicht zuletzt, weil Todt im Februar 1942 bei einem Flugzeugabsturz tödlich verunglückte.

Zenneck und die Institution Deutsches Museum attestierten sich selbst nach dem Krieg, in der Zeit des Nationalsozialismus »unpolitisch« geblieben und teilweise sogar widerständig gewesen zu sein. Für viele Veranstaltungen, etwa die Hetz- und Propagandaausstellung der »Ewige Jude«, die 1937 im Bibliotheksbau stattfand, war das Deutsche Museum tatsächlich nur Schauplatz und Veranstaltungsort gewesen. Inhaltliche Verantwortung für das Gezeigte hatte es in diesen Fällen nicht. Ansonsten wollte Zenneck die Position des Museums – analog zur Argumentationsstrategie der deutschen Physiker nach dem Krieg – im Wesentlichen über einen Antagonismus definieren. So wie die Physiker ihre Kontroversen mit Vertretern einer »völkischen« Wissenschaft zu einem Akt des Widerstands erklärten, wurden im Deutschen Museum die Auseinandersetzungen mit Todt zum Kampf gegen den Nationalsozialismus schlechthin überhöht.

Dieses Argumentationsmuster blendete die aktive Kooperation mit dem NS-Staat, dessen Ressourcen das Museum zu nutzen gewusst hatte, weitgehend aus. Das Museum hatte während des Nationalsozialismus keineswegs nur auf äußeren Druck oder aus bloßem Opportunismus agiert. Vielmehr bestand der Vorstand des Museums aus überzeugten Anhängern des Nationalsozialismus oder sympathisierte, wie im Falle Zennecks, zumindest mit dem NS-Staat. Eine kleine Nachkriegsepisode illustriert die vermeintlich unpolitische Haltung des Museums. Der einzige, 1933 wegen angeblich mangelnder politischer Zuverlässigkeit auf der Basis des Berufsbeamtengesetzes entlassene Angestellte erstritt nach dem Krieg eine Wiedergutmachung. Bei Zenneck stieß dieser Entscheid selbst 1947 noch auf völliges Unverständnis. Seiner Meinung nach war es nur angemessen, jemanden zu entlassen, der »dauernd gegen die Regierung schimpfte«. ■

Eingang des Bibliotheksgebäudes des Deutschen Museums mit dem großen Transparent, das für die Hetz- und Propagandaausstellung »Der ewige Jude« warb. Die Ausstellung, für deren Inhalte und Gestaltung das Deutsche Museum keinerlei Verantwortung trug, wurde sehr gut besucht.

PROF. DR. ELISABETH VAUPEL

ist Chemiehistorikerin am Forschungsinstitut des Deutschen Museums.

DR. STEFAN L. WOLFF

befasst sich am Forschungsinstitut des Deutschen Museums mit Physikgeschichte des 19. und 20. Jahrhunderts.



Elisabeth Vaupel, Stefan L. Wolff (Hrsg.), *Das Deutsche Museum in der Zeit des Nationalsozialismus*. Göttingen 2010

Ferne Werke ganz nah ✓

Digitalisierte Bücher online ansehen

Digitalisierung ist ein beliebtes Schlagwort im Medienbereich.

Doch verstehen alle dasselbe darunter? Was verbirgt sich dahinter?

Von **Benedikt Marchand**



Museumsmitarbeiter Alexander Riepenhausen scannt wertvolle Bücher ein.

elektronische Dechiffrierung alter Schrifttypen bisher keine ausgereiften Ergebnisse liefert, was dem Einsatz entsprechender Verfahren in der Breite entgegensteht. Für die Forschung ist die Digitalisierung trotz dieser Einschränkungen von hohem Wert, können doch die in der Bibliothekslandschaft weit verstreuten Bestände historischer Werke überall und jederzeit bequem eingesehen werden. Darüber hinaus werden die Originale geschont und durch die digitale Kopie zusätzlich gesichert.

Ein ganz anderes Thema als die auf historische Werke zielende Digitalisierung sind dagegen die aktuellen elektronischen Medien (E-Books, elektronische Zeitschriften), die meist schon elektronisch erzeugt und von den Verlagen vertrieben werden. Freilich gibt es hier fließende Übergänge. Zum Beispiel scannen Verlage, die über die entsprechenden Urheberrechte verfügen, ältere Jahrgänge ihrer Zeitschriften ein und stellen sie kostenpflichtig über das Internet zur Verfügung. Bibliotheken können hiervon wiederum Zugriffslizenzen erwerben und ihren Nutzern zur Verfügung stellen.

WIE SEHEN DIE AKTIVITÄTEN DER BIBLIOTHEKEN AUS?

Nun ist das Einscannen ganzer Bücher und das Aufbereiten der Scans eine sehr aufwendige Arbeit. Es gibt zwar spezielle Scanroboter, die aber sind äußerst teuer und kommen nicht ohne eine gewisse manuelle Zuarbeit und Kontrolle aus. Erfolg versprechend ist hier nur die Zusammenarbeit vieler Institutionen. Bekannt sind die großen Digitalisierungsprojekte der Firma Google, die sie in Zusammenarbeit mit füh-

Vereinfacht gesagt, versteht man unter »Digitalisierung« die Überführung »konventioneller« Medien (Gedrucktes, aber auch Ton, Bild etc.) in ein elektronisch verarbeitbares Format. Was das aber im Ergebnis bedeutet, ist je nach Medium, digitalisierender Institution und deren Zielsetzung ganz verschieden. Das fängt schon bei der Frage an, was überhaupt digitalisiert wird: Im Bereich der Museen, Archive und Bibliotheken stehen vielfach noch die Nachweisinstrumente (Findbücher, Inventare, Kataloge) im Mittelpunkt, um die Recherche zu vereinfachen und komfortabler zu gestalten.

In vielen Bibliotheken ist man oft schon einen Schritt weiter und scannt z. B. die Inhaltsverzeichnisse von Büchern ein, die zum Katalogsatz hinzugefügt werden und somit dem Nutzer genaueren Aufschluss über Einzelheiten des Werks geben. Meistens wird bei Digitalisierung aber bereits an die Verarbeitung ganzer Bücher gedacht. In der Praxis

heißt das, dass man gedruckte Werke einscann, wodurch von jeder Seite des Buches elektronische Wiedergaben entstehen. Diese werden heutzutage in der Regel via Internet veröffentlicht, wo sie mittels geeigneter Programme komfortabel am Bildschirm dargestellt werden, sodass man darin blättern oder zum Beispiel Ausschnitte vergrößern kann. Naheliegenderweise werden die Digitalisate mit den Katalogdaten verknüpft und sind dementsprechend über den Online-Katalog (OPAC) jederzeit aufrufbar.

Allerdings können Bibliotheken nicht nach Belieben digitalisiertes Material ins Netz stellen, denn die Urheberrechte sind zu beachten. Erst 70 Jahre nach dem Tod eines Autors werden seine Werke mit dem Erlöschen des Urheberrechts gemeinfrei. In der Konsequenz heißt dies, dass sich die Digitalisierung bisher fast ganz auf historische Materialien konzentriert. Die Digitalisate sind auch in der Regel nicht elektronisch durchsuchbar, da die

renden Bibliotheken, wie etwa der Bayerischen Staatsbibliothek, durchführt.

In Bayern arbeiten eine Reihe von Bibliotheken im Rahmen des bayerischen Bibliotheksverbunds gemeinsam an der Digitalisierung. Da innerhalb dieses Verbunds eine gemeinsame Titeldatenbank geführt wird, gelangt jedes neu eingestellte Digitalisat somit auch in die Kataloge der anderen Bibliotheken, sofern das entsprechende gedruckte Werk dort schon im Katalog verzeichnet ist. So sind als Resultat der kooperativen Digitalisierung über den Online-Katalog (OPAC) der Museumsbibliothek bereits mehr als 3.000 Digitalisate recherchierbar. Den vielfältigen Digitalisierungsaktivitäten etwas hinterher ist man jedoch noch mit übergreifenden Recherchemöglichkeiten, insbesondere mit Nachweisinstrumenten auf deutscher und europäischer Ebene.

2011 soll allerdings die Deutsche Digitale Bibliothek »eröffnet« werden als zentrale Plattform für die deutschlandweite Recherche nach Digitalisaten; und das bereits bestehende Portal »Europeana« hat sich zum Ziel gesetzt, eine europaweite Recherche in Museen, Archiven und Bibliotheken zu ermöglichen.

»ASTRONOMIE-RARA«. Auch die Museumsbibliothek beteiligt sich an der Digitalisierung, indem sie die Ergebnisse einzelner Auftragsarbeiten über das Netz der Allgemeinheit zur Verfügung stellt. Angesichts umfangreicher und wissenschaftlich wertvoller Altbestände ist sie aber gefordert, Konzepte für darüber hinausgehende und gezieltere Aktivitäten zu entwickeln. Darum wurde in Zusammenarbeit mit der Bibliothek der ETH Zürich ein gemeinsames Portal in Angriff genommen, das Digitalisate aus beiden Bibliotheken präsentieren soll.

2009, im Jahr der Astronomie, entschied man sich, das Portal der Wissenschaft der Astronomie zu widmen, die eine sehr lange Tradition wissenschaftlicher Literatur aufweist. Dabei sollte eine überschaubare Zusammenstellung herausragender Werke präsentiert werden. Die großen Namen der Astronomie wie Kopernikus, Kepler, Galilei sind darin ebenso enthalten wie eine Vielzahl weniger bekannter Werke. Insgesamt soll die Auswahl sowohl dem Wissenschaftshistoriker

eine gute Quelle sein, als auch dem interessierten Laien einen ansprechenden Eindruck verschaffen. Ab Juli 2010 steht das Portal der Öffentlichkeit zur Verfügung. Sie können es über die Website der Bibliothek (www.deutsches-museum.de/bibliothek) aufrufen, wo Sie aktuelle Hinweise darauf finden. Längerfristig wird es dort in der Rubrik »Unsere Schätze« im Bereich »Astronomie« verlinkt sein.

Das Portal kann man nicht nur gezielt nach einzelnen Titeln durchsuchen, sondern sich

die enthaltenen Digitalisate auch im Überblick nach verschiedensten Kriterien (Autor, Titel, Drucker/Verlag, Erscheinungsort, Jahrzehnt der Erscheinung) auflisten lassen. Somit ist es möglich, zum Beispiel für jedes Jahrzehnt von 1481 bis 1900 die jeweils erschienenen Werke aufzurufen und sich chronologisch durch das Portal zu bewegen. Für die Museumsbibliothek ist das Portal ein verheißungsvoller Einstieg in weitere Digitalisierungsaktivitäten. ■



Astronom bei der Himmelsbeobachtung. Abb. aus: *Selenographia: Sive lunae descriptio* von Johannes Hevelius (1611–1687), Danzig 1647.

UND SO GEHT'S:

Um gezielt digitalisierte Bestände zu recherchieren, geben Sie im Online-Katalog (OPAC) der Museumsbibliothek (www.deutsches-museum.de/bibliothek) das Kürzel »digit« in das Feld »Freie Suche« ein, das Sie beliebig mit anderen Suchkriterien kombinieren können. In den Katalogeinträgen finden Sie entsprechende Links, über die Sie auf die Darstellung der digitalisierten Volltexte gelangen. Dort können Sie online durch die Werke blättern.

Veranstaltungen & Ausstellungen

Juli bis September 2010

MUSEUMSINSEL

AUSSTELLUNGEN

SONDERAUSSTELLUNGEN

bis 22. August	100 Jahre Konrad Zuse. Einblicke in seinen Nachlass
vsl. bis April 2011	Die 1950er-Jahre im Deutschen Museum
bis 30. September	Ozean der Zukunft
vsl. bis Ende Oktober	Vom Hochofen zum Hybridantrieb
	MAN – 250 Jahre deutsche Technikgeschichte
vsl. bis Juni 2011	Grüne Gentechnik
bis 2011	Entwicklung des Universums

THEMENWOCHE ENDE OSKAR SALA (1910–2002): PIONIER DER ELEKTRONISCHEN MUSIK

Weitere Informationen zu den Veranstaltungen und Kartenvorverkauf unter ☎ 089 / 21 79 - 350.

Fr 16.07., 21 Uhr	Veranstaltung »Die Vögel, nach Oskar Sala«
Sa 17.07., 10.30 Uhr	Führung Ausstellung elektronischer Musikinstrumente
Sa 17.07., 11.30 Uhr	Führung Der Nachlass von Oskar Sala
Sa 17.07., 15 Uhr	Veranstaltung »Wiedersehen in Trautonien«
So 18.07., 15 Uhr	Führung Ausstellung elektronischer Musikinstrumente
So 18.07., 16.30 Uhr	Führung Der Nachlass von Oskar Sala
So 18.07., 21 Uhr	Veranstaltung »Die Vögel, nach Oskar Sala«
Mo 19.07., 9.30 – 18 Uhr	Internationales Symposium

MONTAGSKOLLOQUIUM

Montag; Beginn 16.30 Uhr, ab 16 Uhr Austausch bei Kaffee/Gebäck im Foyer Bibliotheksbau, Seminarraum der Institute (Raum 1402), Eintritt frei, Information: Andrea Walther, ☎ 089 / 21 79 - 280; E-Mail: a.walther@deutsches-museum.de

05.07.	Patentgesetzgebung und Technologietransfer
19.07.	Arzneimittelstandardisierung am Beispiel der Psychopharmaka

SENIORENFÜHRUNGEN

Donnerstag 10 und 14 Uhr, Treffpunkt: Eingangshalle, Anmeldung: Seniorenbeirat der LH München, Burgstraße 4, 80331 München, ☎ 089 / 233 - 2 11 66

09.09.	Per Anhalter durch die Galaxis – Geschichten aus der und um die Astronomie
--------	--

KONZERTE UND VERANSTALTUNGEN IN DER MUSIKINSTRUMENTEN-AUSSTELLUNG

Aktuelle Informationen unter www.deutsches-museum.de/information/konzerte sowie ☎ 089 / 21 79 - 445, E-Mail: s.berdux@deutsches-museum.de

Sa 03.07., 14.30 Uhr	Konzert Werke von Sweelinck, Buxtehude, J. S. Bach und J. G. Walther an der Ahrend-Orgel
Sa 31.07., 14 Uhr	Sonderführung Von großen und kleinen Orgeln
Sa 28.08., 14 Uhr	Sonderführung Von großen und kleinen Orgeln

DAS DNA-BESUCHERLABOR: GENFORSCHUNG BEGREIFEN

Vereinbarung von Kursterminen: Führungsbüro, ☎ 089 / 21 79 - 564

Weitere Informationen auf den Internetseiten des Museums:

www.deutsches-museum.de/ausstellungen/neue-technologien/labore/besucherlabor/

Wer war der Täter? Genetischer Fingerabdruck mittels PCR

Anmeldungen: m.lasi@deutsches-museum.de, Kosten: 10 Euro

(zzgl. Museumseintritt); So 08.08., So 05.09., jeweils 10–13 Uhr

SONDERVORFÜHRUNGEN GLASBLASEN

2. OG, Glasbläserstand neben der Altamirahöhle

Fr 16.07., 11.30 u. 14 Uhr Massivglas; Sa 17.07., 11.30 und 14 Uhr Massivglas

Di 17.08., 14 Uhr Fadenglas; Mi 18.08., 14 Uhr Fadenglas

Fr 17.09., 11.30 Uhr Montagetechnik; Sa 18.09., 11.30 Uhr Montagetechnik

KINDER- UND JUGENDPROGRAMM

MIMKI – MITTWOCH IM KINDERREICH

Workshops für Kinder von 4 bis 8 Jahren, Mittwoch 14.30–15.30 Uhr (außer in den Ferien), keine Anmeldung erforderlich, Kosten: Museumseintritt für Kinder ab 6 Jahren

TUMLAB – LABOR FÜR SCHÜLER UND LEHRER

Kinder ab 10 Jahre; Anmeldung: montags 10–12 Uhr und 14–16 Uhr unter

☎ 089 / 21 79 - 558, Informationen unter: www.tumlab.de, E-Mail: kontakt@tumlab.de

TRY IT – WORKSHOPS FÜR JUNGE LEUTE AB 13

Informationen und Anmeldung: Gabriele Kramer, ☎ 089 / 21 79 - 592,

E-Mail: g.kramer@deutsches-museum.de, Treffpunkt: Eingangshalle

Di 03.08., 10 Uhr Energie für die Zukunft (nur für Mädchen)

Mi 04.08., 10 Uhr Robotik-Kurs

Mi 04.08., 10.30 Uhr Klingendes Holz – ein eigenes Xylophon bauen

Mi 01.09., 10.30 Uhr Klingendes Holz – ein eigenes Xylophon bauen

ÜBERNACHTEN IM DEUTSCHEN MUSEUM!

Schriftliche Anmeldung für jeweils ein bis zwei Erwachsene mit bis zu vier Schulkindern ab 6 Jahren an: Deutsches Museum, Kinder- und Jugendprogramme, Gabriele Kramer, Museumsinsel 1, 80538 München, E-Mail: g.kramer@deutsches-museum.de

Kosten: 22 Euro pro Person (inkl. Museumseintritt und einem kleinen Frühstück)

Treffpunkt: Eingangshalle

Beginn: Fr 30.07., 16.15 Uhr; Ende: Sa 31.07., 8 Uhr

TAG DER ENERGIE

Für Kinder und Jugendliche von 9 bis 15 Jahren, Aktionen zum Wissenschaftsjahr 2010 unter dem Motto »Die Zukunft der Energie«, Kosten: Museumseintritt

Sa 25.09., 10–16 Uhr

SCHREIBWERKSTATT ZUKUNFTSTECHNOLOGIEN

Dreitägesworkshop für Science-Fiction-Geschichten

Für Jugendliche ab 14 Jahren, Information und Anmeldung: Petra Scheller,

☎ 089 / 21 79 - 435, E-Mail: p.scheller@deutsches-museum.de

Genauer Programmablauf unter www.deutsches-museum.de

Di 03.08. bis Do 05.08. und Di 10.08. bis Do 12.08., jeweils von 10.30–16 Uhr

Sonderausstellung
**Unterwegs fürs Seelenheil?!
 Pilgerreisen gestern und heute**
Bis 17. Oktober

Verkehrszentrum
 des Deutschen Museums



VERKEHRSZENTRUM

SONDERAUSSTELLUNGEN

bis 17. Oktober **Unterwegs fürs Seelenheil?! Pilgerreisen gestern und heute**

SONDERFÜHRUNGEN DURCH DIE AUSSTELLUNG
»UNTERWEGS FÜRS SEELENHEIL?!«

Kosten: Museumseintritt plus 5 Euro (Mindestteilnehmerzahl: 5)
 Donnerstag, 15 Uhr, am: 01.07., 08.07., 15.07., 22.07., 29.07., 05.08., 12.08., 26.08.,
 02.09., 09.09., 16.09.
 Sonntag, 11 Uhr, am: 11.07., 25.07., 01.08., 08.08., 05.09., 12.09.

VERKEHRSSICHERHEITSTRaining FÜR SENIOREN

Nur mit vorheriger Anmeldung unter: ☎ 089 / 4 90 51 - 118
 Kosten: Museumseintritt; Di 13.07., 14.30–16.30 Uhr

ELEKTROAUTO-TREFFEN VOR DEM VERKEHRSZENTRUM

Sa 31.07., 11–15.00 Uhr

TAG DES OFFENEN DENKMALS

Großes Oldtimertreffen auf dem Platz vor dem Verkehrszentrum
 So 12.07., 11–16 Uhr

RADL-SONNTAGE: »RADELN IN ALLEN LEBENSLAGEN«

18.07., 08.08., 05.09., jeweils Sonntag, 11–17 Uhr; Kosten: Museumseintritt

VORTRÄGE

Donnerstag, Beginn: 18.30 Uhr, Eintritt 3 Euro, Mitglieder frei
 01.07. **Rastplätze für die Seele – spirituelle Angebote für Menschen unterwegs**
 08.07. **Das heilige Jahr 2010 in Santiago de Compostela**
 15.07. **Straßennutzungsgebühren – einige Gedanken und ein Vorschlag**
 22.07. **Pilgerziele in Bayern**

KINDER- UND JUGENDPROGRAMM IM VERKEHRSZENTRUM

Buchung von Kindergeburtstagsfeiern unter ☎ 089 / 21 79 - 597

FAHRRAD-FLICK-KURSE

07.07., 04.08., 01.09., jeweils 14.30–15.30 Uhr; Eintritt: 3 Euro plus 1,50 Euro Materialkosten; Treffpunkt: Kasse, Anmeldung erforderlich: ☎ 089 / 50 08 06 - 500

KINDERFÜHRUNGEN

Kosten: Museumseintritt
Wie die Kutsche auf die Schiene kam
 Fr 09.07., Mo 16.08., Sa 21.08., jeweils 15 Uhr
Vom Hochrad zum Mountainbike
 Do 01.07., Di 27.07., Di 24.08., Do 09.09., jeweils 14 Uhr
Geschichten und Geschichte der Trambahn
 Sa 17.07., Sa 14.08., Do 26.08., Sa 11.09., jeweils 14 Uhr
Wie das Auto laufen lernte
 Di 20.07., Do 05.08., Do 02.09., Do 23.09., jeweils 14 Uhr

REISELESELUST – LESEFEST IM VERKEHRSZENTRUM

Schulklassen können sich in der Geschäftsstelle des Lesefüchse e.V. informieren und anmelden: ☎ 089 / 72 01 61 - 41
 Di 27.07., 9.00–12.30 Uhr

FLUGWERFT SCHLEISSHEIM

SONDERVERANSTALTUNGEN



MODELLFLUGTAG DES LUFTSPORTVERBANDS BAYERN E.V.

Modellflug im DAeC (Deutscher Aero Club)
 Kosten: Museumseintritt
 Sa 04.09. u. So 05.09., jeweils 9–17 Uhr

40 JAHRE POLIZEIHUBSCHRAUBERSTAFFEL BAYERN

Polizeihubschrauber in der Flugwerft
 Kosten: Museumseintritt
 Sa 11.09., 9–17 Uhr

VORANKÜNDIGUNG: »BRASSFANTASIE«

Konzert von »Blechsaden«, den Blechbläsern der Münchner Philharmoniker unter der Leitung von Bob Ross
 Kartenvorverkauf ab 1. August bei Connys Fotoladen (☎ 089 / 31 57 76 42) und Schreibwaren am Schloss (☎ 089 / 3 15 01 03) in Oberschleißheim.
 Sa 09.10., 19 Uhr

KINDER- UND JUGENDPROGRAMM IN DER FLUGWERFT

FLUGMODELLBAUKURS

Für Kinder ab 12 Jahren, Jugendliche und Erwachsene
 Anmeldung: ☎ 01 73 / 4 80 73 68, E-Mail: epocheIII@t-online.de
 Kosten: 49 Euro (je nach Modell, inklusive Kursgebühr, Materialkosten und Museumseintritt); Werkzeug wird gestellt.
 Sa 03.07., Sa 24.07., Di 17.08. (Sommerferien), Sa.21.08., jeweils 9–17 Uhr

Veranstaltungen & Ausstellungen

Juli bis September 2010

WORKSHOP »FLIEGENDE OBJEKTE«

Für Kinder von 9 bis 13 Jahren

Anmeldung erforderlich in der Flugwerft unter: ☎ 089 / 31 57 14-10

Kosten: 5 Euro (zzgl. Museumseintritt); Sa 18.09., 10–16 Uhr

WORKSHOP: BAU EINER MODELLRAKETE

Für Kinder ab 12 Jahren, Jugendliche und Erwachsene

Anmeldung: ☎ 01 73 / 4 80 73 68 oder E-Mail: epocheIII@t-online.de

Kosten: 49 Euro (inkl. Kursgebühr, Materialkosten und Museumseintritt)

Vorkasse zur Bestätigung der Anmeldung, Teilnehmerbegrenzung

Sa 25.09., 9–17 Uhr

2-TÄGIGER WORKSHOP FÜR FLIEGENDEN ZIRKUS: ELEKTROFESSELFLUGMODELL

Für Kinder und Jugendliche von 9 bis 15 Jahren

Anmeldung: ☎ 089 / 31 57 14-10

Kosten: 25 Euro (inkl. Materialkosten und Museumseintritt)

Vorkasse zur Bestätigung der Anmeldung, Teilnehmerbegrenzung

Di 03.08./Mi 04.08., Mi 18.08./Do 19.08., jeweils 9–17 Uhr

DEUTSCHES MUSEUM BONN

SONDERAUSSTELLUNGEN

bis 29. August

Frauen, die forschen

bis 24. Oktober

StromStärken – Energie für das 21. Jahrhundert

TURNUSFÜHRUNG – EXPONATE À LA CARTE

Kosten: Museumseintritt, keine Anmeldung erforderlich

Samstag, 15 Uhr, Sonn- und Feiertag, 11 und 15 Uhr

VORTRAG

Mi 29.09., 19 Uhr

»Gammastrahlenblitze – die energiereichsten Quellen im Universum«, Dr. Nobert Langer

KINDER- UND JUGENDPROGRAMM

Buchung von Schüler- und Kindergruppen, Anmeldung zu Workshops

unter ☎ 02 28/302-256 (Di–Fr 14–17 Uhr)

WORKSHOPS DER KLEINEN EULE PFIFFIKUS

Anmeldung: ☎ 02 28/302-256, E-Mail: info@deutsches-museum-bonn.de

Kosten: Museumseintritt und 4 Euro Workshopgebühr

Sa 03.07., 15 Uhr

Die unsichtbare Kraft

Sa 10.07., 15 Uhr

Pfiffikus trifft Luftikus

TAG DER ENERGIE

Hochdynamisches Veranstaltungsprogramm von Schulen ans Netz e. V.

in Kooperation mit dem Deutschen Museum Bonn

Samstag, 25. September

MASSGESCHNEIDERT – WIE VIEL, WIE GROSS, WIE SCHWER

Ferienworkshop für Kinder von 7 bis 9 Jahren, Anmeldung erforderlich,

Kosten: 20 Euro (inkl. Material, Verpflegung und Museumseintritt)

15.07., 16.07., 17.08., 18.08., 19.08., 20.08., jeweils 10–15 Uhr

OBSTFARBE UND KARTOFFELSTÄRKE

Zweitägiger Sommerferienspaß für Kinder von 10 bis 13 Jahren in Kooperation mit

dem Haus der Familie; Anmeldung erforderlich, Kosten: 34 Euro (inkl. Material,

Verpflegung und Museumseintritt), Treffpunkt: Haus der Familie, Abholung:

Deutsches Museum Bonn; 28. und 29. Juli, 3. und 4. August, jeweils 10–15 Uhr

KOSMETIK- UND SCHMUCKWERKSTATT

Zweitägiger Sommerferienspaß für Kinder von 8 bis 12 Jahren in Kooperation mit

dem Haus der Familie; Anmeldung erforderlich, Kosten: 41 Euro (inkl. Material,

Verpflegung und Museumseintritt), Treffpunkt: Haus der Familie, Abholung: Deut-

ches Museum Bonn; 20. und 21. Juli, 22. und 23. Juli, jeweils 10–15 Uhr

RADIOTÜFTLER – ANTENNE, TRANSISTOR, KONDENSATOR

Eintägiger Ferienworkshop für Kinder von 10 bis 14 Jahren, Kosten: 41 Euro

(inkl. Material, Verpflegung und Museumseintritt), Anmeldung erforderlich

10.08., 11.08., 12.08., 13.08., jeweils 10.30–15.30 Uhr

WIE ROBOTER FÜHLEN – LERNEN VON DER NATUR

Viertägiges Ferienangebot zur Programmierung von LEGO-Robotern für Kinder von

9 bis 12 Jahren in Kooperation mit dem Zoologischen Forschungsmuseum Alexander

Koenig, Anmeldung erforderlich, Kosten: 120 Euro (inkl. Material, Verpflegung und

Museumseintritt); 3. bis 6. August, 10. bis 13. August, jeweils 10–15 Uhr

STERNENFORSCHER

Dreitägiger Astrospaß für Kinder von 6 bis 9 Jahren, Anmeldung erforderlich,

Kosten: 70 Euro (inkl. Material, Verpflegung und Museumseintritt)

20. bis 22. Juli, 27. bis 29. Juli, 24. bis 26. August, jeweils 10–15 Uhr

EXPERIMENTIERKÜCHE ENTDECKEN

Für Kinder ab 7 Jahren und ihre Eltern, jeden 2. und 4. Sonntag im Monat,

jeweils 11–17 Uhr, keine Anmeldung erforderlich, Kosten: Museumseintritt

So 13.06., So 27.06., So 11.07., So 25.07., So 08.08., So 22.08.

Deutsches Museum intern

Nachrichten, Tipps, Veranstaltungen

FORTBILDUNGEN UND VERANSTALTUNGEN IM KERSCHENSTEINER KOLLEG

Deutsches Museum Kerschensteiner Kolleg

8.–10. Oktober 2010

Ein Wochenende im Programm

Frauen – Technik – Wissen

ENERGIE, MENSCH UND KLIMA

Wir alle nutzen Energie – tagtäglich, direkt und indirekt. Seit der Industrialisierung ist der CO₂-Ausstoß um etwa ein Drittel gestiegen. Unser Energiebedarf hat sich seit 1850 ver Hundertfacht. Woher kommt die Energie? Wie effizient nutzen wir sie? Welche Folgen hat unser Energieverbrauch für die nächsten Generationen (Ressourcenverbrauch bzw. Klimaveränderung)? Wie können wir Energie sparen? Es erwarten Sie an diesem Wochenende ein Experimentier-Workshop und 2 Führungen.

Sie wohnen im Kerschensteiner Kolleg, direkt im Deutschen Museum, im Zentrum Münchens.

Anreise: Freitag 15–17 Uhr

Abreise: Sonntag 13 Uhr

Kosten: Seminargebühr, Museumseintritt, 2 Übernachtungen inkl. Frühstück: 138 Euro im Einzelzimmer, 128 Euro im Doppelzimmer

Information und Anmeldung:

Sabine Bärmann

Kerschensteiner Kolleg, Deutsches Museum

Museumsinsel 1, 80538 München

Tel. 089/2179-569, Fax 089/2179-273

E-Mail: s.baermann@deutsches-museum.de

14.–16. Oktober 2010

Fortbildung für Lehrkräfte Physik/
Chemie/Biologie/Ethik, Sekundarstufe II

NANO UND BIO – TECHNOLOGIEN DER ZUKUNFT?

Nano- und Biotechnologie gelten als die Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Ist im Nanokosmos alles anders? Was erforscht ein Moleku-

larbiologe? Wie sieht der Alltag eines Nanoforschers aus? Welche Chancen und Risiken bergen Nano- und Biotechnologie? Zählt am Ende nur der Nutzen? Geplant sind (in Zusammenarbeit mit Münchner Universitäts- und Forschungsinstituten) Vorträge und Diskussionen, dialogische Fachführungen, Gruppenarbeit und ein Planspiel. Die aktuelle Ausstellung Nano- und Biotechnologie im Deutschen Museum dient als Experimentierfeld.

Beginn: Donnerstag, 14.10.10, 9 Uhr,

Kosten: Seminargebühr, Museumseintritt, 3 Übernachtungen inkl. Frühstück: 230 Euro

Information und Anmeldung:

Nicole Kühnholz-Wilhelm

Kerschensteiner Kolleg, Deutsches Museum

Museumsinsel 1, 80538 München

Tel. 089/2179-523, Fax 089/2179-273

E-Mail: n.kuehnholz@deutsches-museum.de

www.deutsches-museum.de/information/

fortbildung/fuer-lehrkraefte

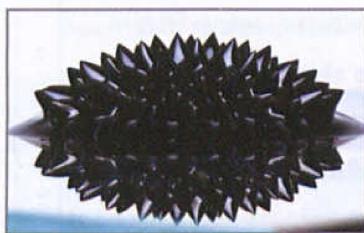


Bild der Oberfläche eines Ferrofluids im magnetischen Feld.

21.–23. Oktober 2010

Fortbildung für Lehrerinnen und Lehrer
der Sekundarstufe I in Haupt-, Real-,
Gesamtschulen und Gymnasien

ENERGIE, MENSCH UND KLIMA

Energiebedarf, Energieverschwendung, Energiesparen, Mobilität, Klimawandel, Energiekonzepte. Mit diesen Schlagworten sind wir täglich konfrontiert – als Lehrende und als Lernende. Wie können Schülerinnen und Schüler zu einer fundierten Auseinandersetzung mit diesem alltagsrelevanten und komplexen Thema motiviert werden? In einem Vortrag (Prof. Wolfgang Seiler) und in den Ausstellungen des Deutschen Museums werden grundlegende Aspekte dieses

Themas aktuell und anschaulich vorgestellt. Best-Practice-Beispiele zeigen, wie sich z.B. Schule und Museum bei der Vermittlung mit für Schüler und Schülerinnen attraktiven Methoden ergänzen können, welche Denkanstöße, Konzepte und Projekte den eigenen Unterricht bereichern können.

Sie wohnen im Kerschensteiner Kolleg, direkt im Deutschen Museum, im Zentrum Münchens.

Beginn: Donnerstag, 21.10.10, 17 Uhr,

Kosten: Seminargebühr, Museumseintritt, 2 Übernachtungen inkl. Frühstück: 210 Euro

Information und Anmeldung:

Nicole Kühnholz-Wilhelm

Kerschensteiner Kolleg, Deutsches Museum

Museumsinsel 1, 80538 München

Tel. 089/2179-523, Fax 089/2179-273

E-Mail: n.kuehnholz@deutsches-museum.de

www.deutsches-museum.de/information/

fortbildung/fuer-lehrkraefte

Vorankündigung: 23. bis 25. Januar 2011

Seminar zur Lehrerfortbildung im

Kerschensteiner Kolleg des

Deutschen Museum München

»PATENTE FALLEN NICHT VOM HIMMEL«

Von der technischen Entwicklung zum gewerblichen Schutzrecht.

Patente stehen an der Schnittstelle zwischen Technik, Recht und Wirtschaft. Sie gehören zu den wichtigen Produktionsfaktoren des 21. Jahrhunderts. In ihrem Umfeld gibt es eine Vielzahl interessanter Studien- und Berufsfelder. Daher möchten die Hochschule Amberg-Weiden (HAW) und das Deutsche Patent- und Markenamt (DPMA) in Kooperation mit dem Deutschen Museum Lehrerinnen und Lehrer der gymnasialen Oberstufe dabei unterstützen, das Thema den Schülern als künftigen Innovations-trägern und Erfindern näherzubringen.

Nähere Informationen folgen in der
Oktoberausgabe der Kultur & Technik

100 JAHRE KONRAD ZUSE – EINBLICKE IN SEINEN NACHLASS

Bis 22. August

Foyer der Bibliothek, Eintritt frei

Führungen: jeweils Mittwoch, 16.00 Uhr

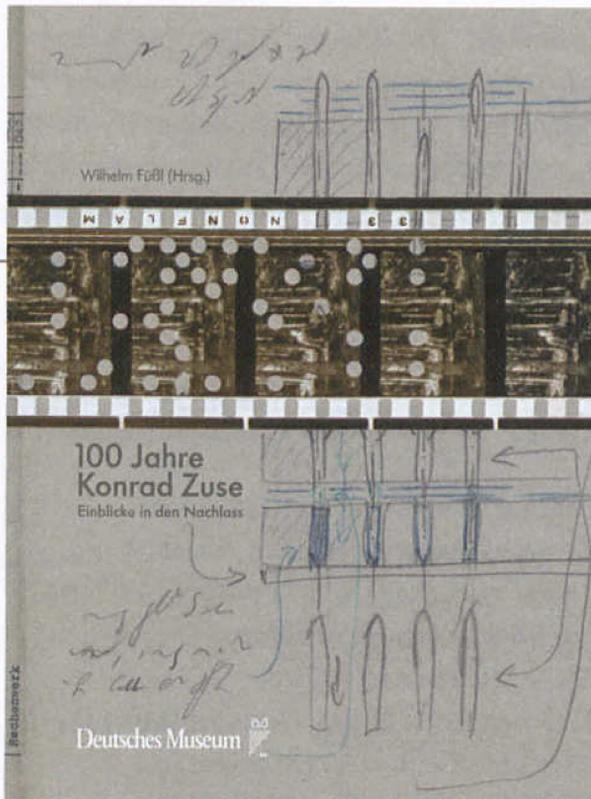
SONDERAUSSTELLUNG: NACHLASS KONRAD ZUSE

Mit einer Sonderausstellung würdigt das Deutsche Museum den Computerpionier Konrad Zuse, dessen 100. Geburtstag wir in diesem Jahr begehen (siehe auch Beitrag S. 42ff.). Anhand von Originaldokumenten aus dem Nachlass wird das Leben Zuses in verschiedenen Stationen erzählt.

Der Nachlass kam rund 10 Jahre nach Zuses Tod in das Archiv des Deutschen Museums. Trotz erheblicher Verluste im Zweiten Weltkrieg haben sich hier die zentralen Dokumente zu seinen vielfältigen Aktivitäten erhalten. So finden sich die frühesten Ideen und Entwürfe für die von ihm gebauten Rechner, seine Überlegungen zum »mechanischen Gehirn« und zahlreiche wichtige stenografische Notizen sowie Belege des Schriftverkehrs mit den verschiedenen auftraggebenden Stellen oder dem Patentamt. Neben bereits bekannten Dokumenten vermitteln oftmals achtlos von ihm beschriebene Blätter einen neuen, detailreichen Zugang zu Leben und Werk von Konrad Zuse. Nicht zuletzt hinterfragt die Ausstellung auch Zuses Stellung in der Zeit des Nationalsozialismus.

Neben zahlreichen, oft unbekanntem Schriftstücken aus der Arbeit Zuses wird auch sein zeichnerisches und grafisches Schaffen durch ausgewählte Objekte präsentiert. Als faszinierender Mittelpunkt der Ausstellung ist das Ergebnis der letzten Arbeitsjahre des Erfinders zu besichtigen: der automatisch ausfahrbare »Helixturm«.

Zur Sonderausstellung ist ein ausführlicher Begleitkatalog erschienen. Neben wissenschaftlichen Beiträgen zu Leben und Schaffen von Konrad Zuse sind hier die wichtigsten Objekte und Unterlagen des Nachlasses abgebildet und beschrieben. Wilhelm Füßl (Hrsg.), *100 Jahre Konrad Zuse. Einblicke in seinen Nachlass*. Deutsches Museum, München 2010 (144 Seiten, 134 Abbildungen, 14,- Euro)



BILDUNGSREISE AUF DIE KUPFERINSEL ZYPERN

In den Jahren 2002, 2004 und 2007 hatten Leser von *Kultur & Technik* an einer akademischen Studienreise nach Zypern teilgenommen. Organisator und Reiseleiter Professor Werner Rutz bietet diese Fahrt nun zum vierten Mal an.

**Die 14-tägige Reise findet statt
vom 4. bis 17. Oktober 2010**

Sie steht unter dem Motto: »Zypern, die Kupferinsel – Bergbau und Metallgewinnung von der Antike bis zur Gegenwart«. Besichtigt werden unter anderem die Kupfer-Zementierung in einer großen Anlage bei Skouriotissa, die Zeugen neuzeitlichen und antiken Bergbaus in der Kalávassos-Region und bei Mitseró. Auch andere technische Kulturdenkmäler sowie die Agrarlandschaft und die Städteentwicklung werden erläutert.

Kosten: Zwischen 1.250 Euro bis 1.350 Euro pro Teilnehmer (abhängig von der Teilnehmerzahl; max. 18 Teilnehmer).

Kontakt: Interessentinnen und Interessenten wenden sich bitte an:

Auslandsgesellschaft
Nordrhein-Westfalen
44147 Dortmund, Steinstraße 48
Telefon: 02 31/8 38 00 33
Fax: 02 31/8 38 00 40
E-Mail: schiolko@agnrw.de



Kaum ein Bereich hat sich in den vergangenen Jahrzehnten unter dem Eindruck von Wissenschaft und Technik so sehr gewandelt wie die Landwirtschaft.



NEU ERSCHIENEN: »DIE WAHRHEIT IST AUF DEM FELDE«

Wer heute einen Bauernhof besucht, macht rasch Bekanntschaft mit hochmoderner Technik: PS-starken Traktoren, computergesteuerten Melkmaschinen, Schweineställen mit Hygieneschleuse und so fort. Der Agrarsektor ist inzwischen eine der kapitalintensivsten Branchen der Bundesrepublik, und der Umgang mit komplizierter Technik ist den Betriebsleitern längst in Fleisch und Blut übergegangen. Die Folgen sind dramatisch: Der einzelne Landwirt kann weitaus mehr Fläche bewirtschaften und mehr Tiere halten als je zuvor, aber zugleich schrumpft so die Zahl der Betriebe. Konsumenten und Umweltschützer grummeln unterdessen über die »Tierfabriken« und die »Chemie in der Landwirtschaft«.

Bislang lag das Thema im Schatten der Wissenschafts- und Technikgeschichte. Ein neues Buch bietet nun Einblicke in den Wandel der Landwirtschaft seit dem 19. Jahrhundert und zeichnet ein neues Bild der deutschen Agrargeschichte.

Der Technisierungsprozess, den Uekötter in seiner Studie nachzeichnet, war alles andere als geradlinig. Es dauerte mehrere Generationen, bis die Bauern des 19. Jahrhunderts, die zumeist nie einen Fuß in eine Landwirtschaftsschule gesetzt hatten, zu den gut ausgebildeten und bestens vernetzten Betriebsleitern von heute wurden. Schulen und Versuchsanstalten, Werkstätten und Labore, Kommunikations- und Vertrauensnetzwerke – all dies entwickelte sich Schritt für Schritt. Aber als die Infrastruktur für eine technik- und wissensintensive Agrarproduktion erst einmal etabliert war, entfaltete der Veränderungsprozess plötzlich eine ungeheure Dynamik. Seit Mitte der fünfziger Jahre wandelte sich die Landwirtschaft schneller als je zuvor. Das Ergebnis waren Erträge im Überfluss, aber auch ökologische Probleme und ein rasantes »Bauernsterben«.

Diese rapiden Veränderungen vollzogen sich auf einer äußerst prekären Wissensbasis. Berater und Forscher standen mit ihren Empfehlungen oft auf verlorenem Posten. Der Verlust von Wissen, also die Erosion von Erfahrungen und

FREIRAUM FÜR GEISTESWISSENSCHAFTEN

Das Rachel Carson Center ist ein Gemeinschaftsprojekt des Deutschen Museums und der Ludwig-Maximilians-Universität. Als »Institute for Advanced Studies« bietet es Wissenschaftlern aus aller Welt die Gelegenheit, laufende Forschungen in einer stimulierenden und intellektuell offenen Atmosphäre fortzuführen und zum Abschluss zu bringen. Durch Workshops, Veröffentlichungen und Ausstellungen zielt es auf eine breite internationale Öffentlichkeit. Benannt ist das Center nach der amerikanischen Meeresbiologin Rachel Carson, die 1962 mit ihrem Buch *Der stumme Frühling* einen ersten Weltbestseller der Umweltbewegung veröffentlichte. Damit verkörpert Carson zugleich die Mission des Centers: die Verbindung von wegweisender Forschung, gesellschaftlichem Problembewusstsein und allgemeinverständlicher Vermittlung komplizierter Sachverhalte. In der nächsten Ausgabe von *Kultur & Technik* stellen wir Ihnen das Rachel Carson Center und seine Arbeit vor.

Frank Uekötter,
Die Wahrheit ist auf dem Feld.
Eine Wissensgeschichte der deutschen Landwirtschaft.
Umwelt und Gesellschaft
Band 1, Göttingen 2010

Kenntnissen, waren ebenso schmerzliche Folgen des Wandels wie das »strategische Vergessen«. Erstaunlich viel von dem, was heute als ökologische Kritik der Intensivlandwirtschaft gilt, haben auch schon Zeitgenossen gefordert. Am Ende war die »gute fachliche Praxis« der Landwirtschaft das Ergebnis eines komplizierten Aushandlungsprozesses, an dem Forscher und Berater ebenso beteiligt waren wie die Landwirte selbst. Die Stunde der Wahrheit allerdings schlug nicht im Labor, sondern draußen auf dem Feld.

Der Autor begann seine Studien an der Universität Bielefeld, von wo er 2006 als Dilthey-Fellow der Volkswagen-Stiftung ans Forschungsinstitut des Deutschen Museums wechselte. Uekötters Methode, eine Synthese von Wissenschafts-, Technik- und Umweltgeschichte, charakterisiert auch das neue Rachel Carson Center.

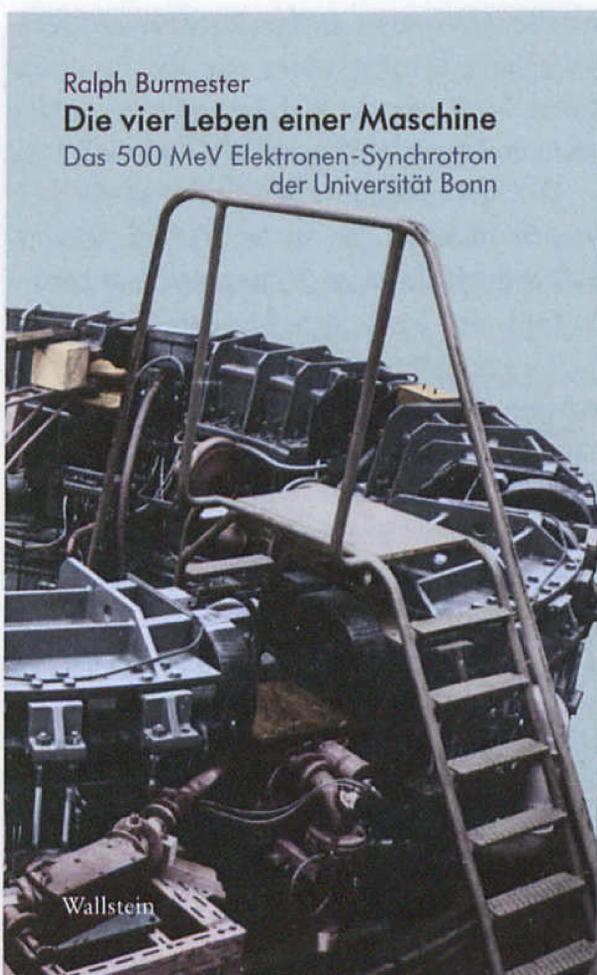
Uekötters Studie eröffnet eine neue Buchreihe des Rachel Carson Centers: In dieser Reihe sollen in den kommenden Jahren Bücher und Aufsatzsammlungen erscheinen, die die aktuelle Umweltdebatte durch historische und geisteswissenschaftliche Perspektiven bereichern. In diesem Sinn führt auch Uekötters Band am Ende zu einem neuen Blick auf die Landwirtschaft von heute. Das Buch schließt mit einer Analyse der Entwicklung des konventionellen und alternativen Landbaus in den vergangenen Jahren und wagt am Ende auch einen Blick in die Zukunft.

Helmuth Trischler



NEUE PUBLIKATION DES DEUTSCHEN MUSEUMS

Die vier Leben einer Maschine – Das 500 MeV Elektronen-Synchrotron der Universität Bonn



Ralph Burmester
Die vier Leben einer Maschine
Das 500 MeV Elektronen-Synchrotron
der Universität Bonn

In der wissenschaftlichen Buchreihe »Abhandlungen und Berichte, Neue Folge« des Deutschen Museums erschien im Frühjahr 2010 der von Ralph Burmester verfasste Band 26: *Die vier Leben einer Maschine – Das 500 MeV Elektronen-Synchrotron der Universität Bonn*.

Der 17. Juli 1958, an dem im Bonner Physikalischen Institut das 500 MeV Elektronen-Synchrotron in Betrieb ging, markiert eine zentrale Zäsur in der bundesdeutschen Elementarteilchenphysik. Ohne einschlägige Erfahrung und nur mit wenigen Mitarbeitern war der damalige Bonner Institutsdirektor und spätere Physik-Nobelpreisträger Wolfgang Paul (1913–1993) das Wagnis eingegangen, einen Teilchenbeschleuniger nach einem noch unerprobten Konstruktionsprinzip zu bauen. Vom Beginn der Arbeiten Ende 1952 bis zur Inbetriebnahme

wurde das Projekt von Paul selbst als Experiment gewertet und hatte auf nationaler Ebene Pioniercharakter. Anfang der 1960er-Jahre avancierte das Synchrotron dann zum Instrument der physikalischen Spitzenforschung. Als am Ende des Jahrzehnts mit dem Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) in Hamburg und dem 2,5 GeV Elektronen-Synchrotron in Bonn Beschleuniger mit sehr viel höheren Energien zur Verfügung standen, fungierte das 500 MeV Elektronen-Synchrotron bis zu seiner Abschaltung 1984 als zuverlässige Ausbildungsmaschine für mehrere Physikergenerationen. Nach ihrer wissenschaftlichen Karriere wechselte die Maschine die Rolle und dient seit 1995 in der Bonner Zweigstelle des Deutschen Museums als eines der herausragenden Ausstellungstücke der Wissenschaftsvermittlung.

Ralph Burmester, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Deutschen Museum Bonn, rekonstruierte in einem mehrjährigen Forschungsprojekt den ungewöhnlichen Lebensweg dieses ersten bundesdeutschen Teilchenbeschleunigers, mit dem Elementarteilchenphysik betrieben werden konnte. Als Ergebnis intensiver Archivrecherchen und ausgiebiger Befragungen der noch lebenden Zeitzeugen erzählt sein Buch nun ein spannendes Kapitel der jüngsten Wissenschaftsgeschichte.

Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte, Neue Folge, Band 26:

Ralph Burmester, Die vier Leben einer Maschine – Das 500 MeV Elektronen-Synchrotron der Universität Bonn

Göttingen 2009, 29,90 Euro

Zuschriften von Leserinnen und Lesern geben die Meinung des jeweiligen Verfassers wieder. Die Redaktion behält sich das Recht vor, Leserbriefe zu kürzen. Es besteht kein Recht auf Abdruck unverlangt eingesandter Manuskripte.



DAS DEUTSCHE MUSEUM IM ZILLERTAL



in Heft 4 *Kultur & Technik* 2009 ist auf der ersten Innenseite ein Wettbewerb ausgeschrieben wie man das Deutsche Museum gut erkennt und von möglichst vielen Menschen gesehen wird. Ich habe die Aufkleber gleich zweimal platziert. Wir waren im schönen Zillertal und haben an dem historischen Sylvestertzug (31.12.2009) der Zillertaler Dampfbahn den Aufkleber platziert. Die Bahn ist den ganzen Tag damit zwischen Jenbach und Mayrhofen mit dem Aufkleber gefahren. Tausende Menschen, die der Dampfbahn verbunden sind, haben zugeschaut, einen oder zwei Jagertee erhalten, das Schild gesehen und sich Gedanken gemacht, ob der Zug evtl. auch nach München »abdampft«. Dazu spielten an den verschiedenen alten Bahnhöfen immer wieder Kapellen und Spielmannszüge zur Begrüßung auf! Es war ein wunderschöner Tag!
Günther Hennemann

Freundes- und Förderkreis

Deutsches Museum e. V.

FASZINATION WERKSTÄTTEN – DER BLICK HINTER DIE KULISSEN



Oskar von Miller ist immer, wenn seine Zeit es erlaubte, in die Werkstätten des Museums verschwunden«, erzählte Generaldirektor Wolfgang Heckl den fast vierzig Förderern und Freunden, die am 29. April zur Führung durch die Bildhauer- und Modellbauwerkstätte, die Uhrmacher- und Malerateliers des Deutschen Museums gekommen waren. Die Begeisterung bei allen war groß, denn die Werkstätten – auch wenn der Besuch nur einigen wenigen von ihnen galt – eröffnen einen neuen Blick auf das Museum. Sie sind ein Universum der Kunstfertigkeit, der Genauigkeit und des leidenschaftlichen Engagements, eine Insel kreativer Lösungen für alle nur denkbaren Probleme, angefangen bei Fragen der Restaurierung und Instandhaltung bis hin zur Neugestaltung der Ausstellungen. Ohne die Werkstätten gäbe es kein funktionierendes Museum, deshalb ist es umso wichtiger, dass die Freunde und Förderer den vielen Mitarbeitern der Werkstätten immer wieder tatkräftig unter die Arme greifen können.

Eine Besonderheit der Werkstätten sind die 52 Dioramen, die dreidimensionalen Schaukästen, in denen sowohl Arbeitsprozesse als auch soziale Milieus, Brückenkonstruktionen und

vieles mehr dargestellt werden. Ob alt oder neu, die Dioramen faszinieren durch die Genauigkeit, mit der sie gearbeitet sind. So fanden die Bildhauer bei der Restaurierung eines alten Dioramas Elektrokabel, die nach hinten immer dünner werden, damit die im Schaukasten vorgetauschte Raumillusion perfekt wirkt. Auch die neuen Dioramen werden mit der gleichen Liebe zum Detail hergestellt und es versteht sich von selbst, dass für eine Straße mit Kopfsteinpflaster jeder einzelne Pflasterstein von Hand zugeschnitten wird.

Für Präzision nehmen die Modellbauer etliche Mühen auf sich: Um die berühmte Hornantenne nachbauen zu können, mit der die Nobelpreisträger Arno Penzias und Robert Wilson 1964 den kosmischen Mikrowellenhintergrund entdeckten, wurden Verwandte im amerikanischen New Jersey aufgestöbert, um kostensparend an maßstabsgetreue Fotos des Originals aus Homdel heranzukommen. »Die Details müssen genau stimmen, denn irgendwann werden diese Modelle zu dreidimensionalen historischen Dokumenten«, sagte Franz Huber, der Leiter der Modellbauwerkstatt. Weiter ging die Führung in die Uhrmacherwerkstätte, in der



➔ Liebe zum Detail und absolute Präzision sind die Erfolgsgeheimnisse der Modellbauer des Deutschen Museums. Generaldirektor Wolfgang M. Heckl führte die Mitglieder des Freundes- und Förderkreises (links) persönlich durch die Museumswerkstätten.

über die mit Mitteln des Freundeskreises ermöglichte Restaurierung der Turmuhr der Münchner Frauenkirche gestaunt werden konnte. Und von dort war es dann nur ein paar Türen weiter zum 3D-Drucker der Elektronikwerkstätte, den die Freunde und Förderer ebenfalls gestiftet haben.

Zum Abschluss konnten die Freunde und Förderer noch der wieder eröffneten Miniziegelanlage bei der Arbeit zusehen. Als Dank an die Freunde, die die Erneuerung finanziert haben, gab es Ziegelsteine mit der aufgedruckten Museumseule des Freundeskreises. *Monika Czernin*

Unterstützen Sie den Freundeskreis des Deutschen Museums!

Jahresbeitrag:

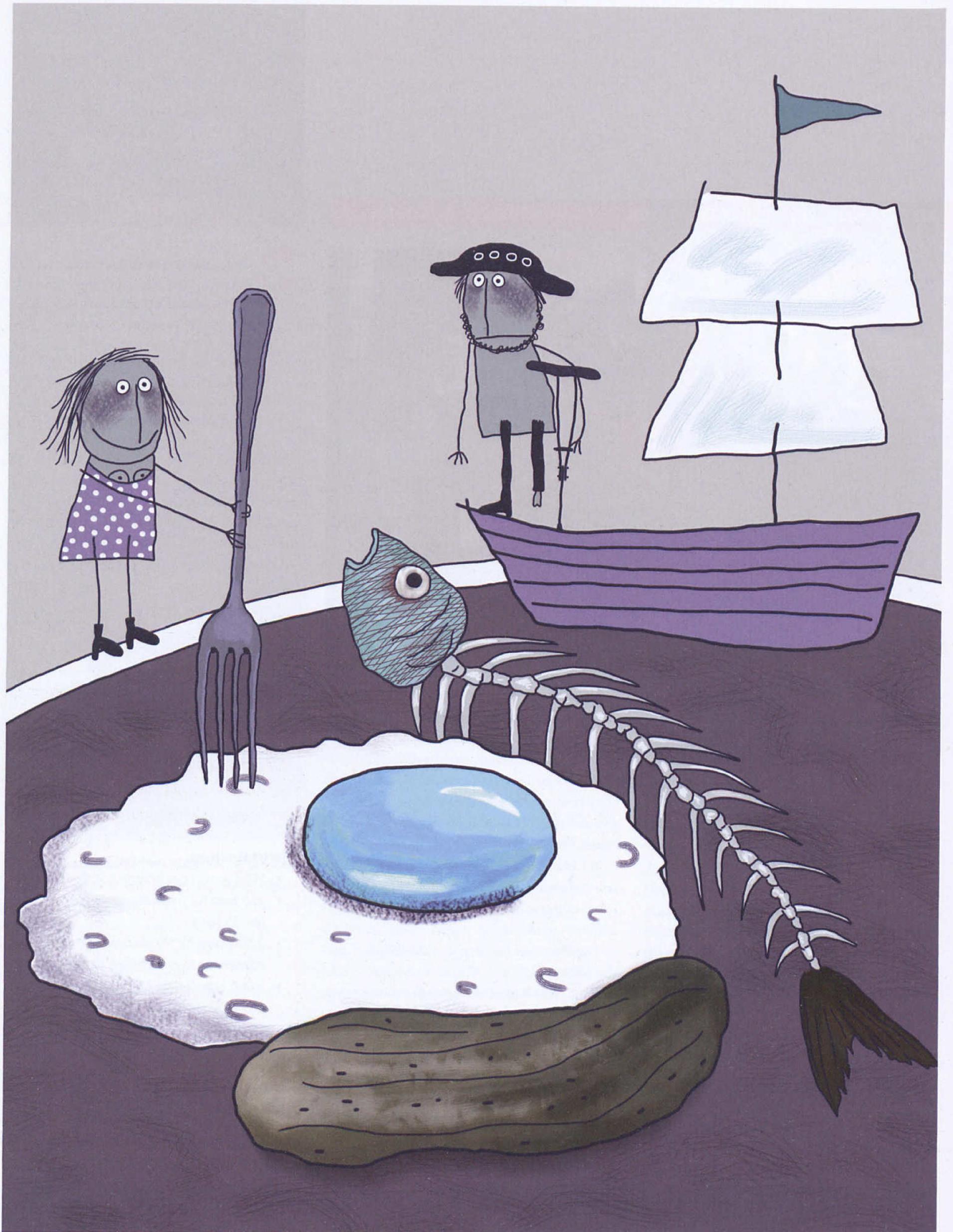
- ▶ 500 Euro für persönliche Mitgliedschaft
- ▶ 250 Euro für Juniormitgliedschaft (bis 35 Jahre)
- ▶ 2.500 Euro für Mitgliedschaft mittelständischer Unternehmen nach EU-Norm
- ▶ 5.000 Euro für die Mitgliedschaft großer Unternehmen

Kontakt:

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

Ihre Ansprechpartnerin:

Claudine Koschmieder
☎ 089 / 21 79-314 · Fax 089 / 21 79-425
c.koschmieder@deutsches-museum.de



Wenn Fräulein Schröder mich bewegen will, etwas Bestimmtes zu tun, von dem sie annimmt, dass ich es aus eigenem Antrieb lieber nicht täte, dann kocht sie mir gerne einen Topf Labskaus. Was Labskaus ist, dazu gleich. Zunächst mal stellt sich mir die Frage, woher diese Schröder'sche Labskaustheorie überhaupt kommt. Ich weiß es einfach nicht. Ich kann mich wirklich nicht erinnern, mich jemals, was Labskaus angeht, übertrieben positiv geäußert zu haben. Ich kann mich noch nicht einmal daran erinnern, Labskaus

auch ohne dass ein weißer Wal durch die Küche schaufelt, ein sonderbares Reißen im Bein, eine Art Phantomschmerz sozusagen. Aber wie hätte ich ihr denn nach all den Jahren duldsamen Labskausverzehr gestehen können, dass mir dieses Traditionsgericht für vom Skorbut bedrohte Weltumsegler maximal als Fischfutter geeignet scheint? Freitag vor zwei Wochen war es dann wieder so weit. Ich schloss die Augen, aß meinen Seebären-Teller so gut wie leer und harrte der Dinge, die da kommen sollten.

Denn jetzt fahren wir nach dem Frühstück nach Kochel und kraxelten von dort aus auf den Herzogstand, am Abend entrümpelte ich den Keller und am Montagnachmittag erwarben wir siebenundzwanzig unglaublich günstige, unglaublich praktische und unglaublich überflüssige Gegenstände namens Öle, Möle und Tröle oder so ähnlich, damit Fräulein Schröder wieder einmal das süße Gefühl haben konnte, tatsächlich zu leben und nicht nur zu wohnen.

Ich aber zermarterte mir weiter mein Hirn, was in drei Teufels Namen denn ihr eigentlicher Wunsch gewesen sein könnte. Mittwoch habe ich sie schließlich, ich habe es einfach nicht mehr ausgehalten, gefragt: »Sag mal, warum hast du mir letzten Freitag eigentlich dieses Labskaus gekocht?« »Das Labskaus am Freitag? Warum ich das gekocht habe? Ich verstehe die Frage nicht. Einfach so eben.« »Was heißt ›einfach so eben‹? Du hast doch was damit bezweckt, das weiß ich doch, ich kenn dich doch.« »Was ich damit bezweckt habe?? Na, was schon? Zunächst mal hatte ich die Absicht, deinen und meinen Hunger zu stillen. Das ist bekanntlich der Sinn von Mahlzeiten. Dann habe ich auch gedacht, dass wir das lange nicht mehr hatten und du das doch ganz gerne isst. Und dann, und das war tatsächlich der Hauptgrund, hatte ich unsere Vorräte durchgesehen und festgestellt, dass das Glas mit der Roten Beete schon seit zwei Monaten abgelaufen war und dass das Corned Beef auch gegessen werden musste.« »Soll das heißen, dass ich mit dir in die Berge gegangen bin, den Keller aufgeräumt habe und zu IKEA gefahren bin, allein weil das Verfallsdatum der Konserven überschritten war?« Fräulein Schröder starrte mich entgeistert an.

Oh je. Das war nicht gut. Das war gar nicht gut. Ich nehme es ihr wirklich nicht übel, dass sie mir mit einiger Wucht gegen das Schienbein getreten hat. Der Bluterguss wird in wenigen Wochen nicht mehr zu sehen sein. Ich werde wieder normal gehen können. Mein Phantomschmerz ist zum Glück wie weggeblasen. Dafür tut es jetzt richtig weh. ■

Schmiermittel

Text: Daniel Schnorbusch, Illustration: Jana Konschak

auch nur erwähnt zu haben. Labskaus ist etwas für echte Seebären oder für solche, die sich für Seebären halten, oder – das vor allem – solche, die wollen, dass andere sie für Seebären halten. Ich bin kein Seebär. Und ich stehe auch nicht unter dem Zwang, andere glauben machen zu wollen, ich sei einer. Ich bin mehr ein Schönwetterkapitän. Labskaus besteht nämlich aus lauter ziemlich haltbaren Lebensmitteln, deren gemeinsame Darreichung auf einem einzigen Teller nicht ohne Weiteres naheliegt.

Die Trägersubstanz dieses Gerichts ist Kartoffelpüree durchmixt mit Roter Beete. Labskaus ist somit lila mit einer Tendenz ins Gräuliche. In das lila-graue Püree hineingemengt sind erstens gepökeltes Dosenfleisch, zweitens gehackte saure Gurken, drittens Hering. Diese ohne Frage gewöhnungsbedürftige Kombination, die gar nicht mal so selten den Eindruck macht, sie sei bereits einmal gegessen worden, krönt schließlich ein Spiegelei. Man muss also schon manchen wilden Sturm abgewettert haben, um dieses optische und kulinarische Meisterwerk auch nur anzurühren.

Vielleicht sieht Fräulein Schröder in mir ja so eine Art Sir Francis Drake oder, wahrscheinlicher noch, einen Wiedergänger von Käpt'n Ahab. Wenn ich, weil es aus den Töpfen so merkwürdig riecht, ganz harmlos frage: »Was gib't denn heute, mein Schatz?«, und sie nur so vielsagend lächelt, dann bekomme ich,

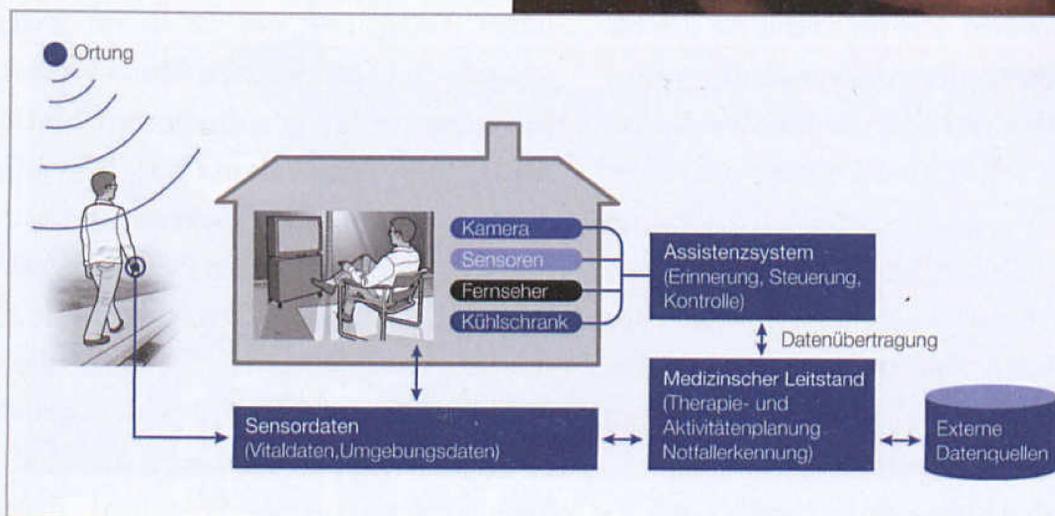
Eigenartigerweise geschah dann aber gar nichts. Keine Bitte, mit ihr in ein gewisses schwedisches Möbelhaus zu fahren, keine Aufforderung, den Keller aufzuräumen, kein Vorschlag, das Wochenende mit einer Bergwanderung zu vernichten. Zur Tagesschau wusste ich noch immer nicht, welchen Preis ich zu zahlen hatte. Der Samstagmorgen kam, der Mittag, der Abend. Nichts. Null. Hinter diesem Schweigen konnte nur eine höchst hinterhältige Strategie stecken. Offenbar sollte ich selbst herausfinden, wie ich die Schuld, die mir unfreiwillig aufgebürdet worden war, wieder abtragen könnte. Am Sonntag beim Frühstück sagte ich dann: »Ich könnte heute ja mal den Keller aufräumen. Da sieht's echt wüst aus.«

Fräulein Schröder sah mich so erstaunt an, dass klar war, dass ich mit dem Kellerthema einigermaßen falsch gelegen hatte. Ich aß meine zweite Semmel und versuchte es erneut. »Wir könnten ja auch eine kleine Bergwanderung machen. Das Wetter ist so schön.« Fräulein Schröder war platt. »Bist du krank? Ist dir nicht gut? Seit wann willst du freiwillig in die Berge?«

Dritter Versuch. »Auf jeden Fall sollten wir nächste Woche endlich mal zu IKEA fahren. Wolltest du nicht einen neuen Duschvorhang und einen Mülleimer und ein paar Kerzen und so?« Sie fühlte mir die Stirn. »Fieber hast du jedenfalls nicht. Wie geht's dir sonst?« Ach, hätte ich doch nur meinen Mund gehalten!

NEUES FÜR ALTE

Wer im Jahr 1910 auf die Welt kam, hatte eine durchschnittliche Lebenserwartung von 50 Jahren. Heute werden Männer und Frauen im Schnitt 80 Jahre alt. Rund um das Phänomen der Langlebigkeit ist ein florierender Markt entstanden, der neben etlichem Schnickschnack auch einige ernst zu nehmende Entwicklungen generiert. Doch nicht nur für Marketingstrategen sind die Alten eine interessante Zielgruppe. Das »Alter« ist Thema zahlreicher Forschungsprojekte und wissenschaftlicher Publikationen. Was weiß man heute über den Alterungsprozess? Wie kann »Ambient Assisted Living« (AAL) das oftmals beschwerliche Leben im Alter erleichtern? Was sagen Studenten an der Ludwig-Maximilians-Universität München zur Senioren-Konkurrenz in Vorlesungen und Seminaren? Antworten auf diese Fragen finden Sie in der kommenden Ausgabe dieses Magazins. Und darüber hinaus? Stellen wir Ihnen unter anderem das Rachel Carson Center vor und laden Sie ein zur Besichtigung einer Zinkstatue auf der Roseninsel des Starnberger Sees.



Eine Wohnung, die mitdenkt, soll älteren, behinderten oder pflegebedürftigen Menschen ein selbstbestimmtes Leben in den eigenen vier Wänden ermöglichen.

IMPRESSUM

Das Magazin
aus dem Deutschen Museum

34. Jahrgang

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

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

Beratung: Dr. Frank Dittmann

Redaktion: Sabrina Landes-Rachlé (Leitung), Bärbel Bruckmoser (Redaktion), Andrea Bistrich (Redaktion, Korrekturen), Manfred Grögler (Korrektur), Birgit Schwintek (Grafik); folio gmbh, Gistelstraße 63, 82049 Pullach, Telefon (089) 12 11 67-12, E-Mail: landes@folio-muc.de, www.folio-muc.de

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: München 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.

Wissenschaftlicher Beirat: Dr. Frank Dittmann (Kurator für Energietechnik, Starkstromtechnik und Automation), Dipl.-Ing. Ludwig Dorn (Kurator für Luftfahrt), Dr. Elisabeth Vaupel (Forschungsinstitut für Technik- und Wissenschaftsgeschichte), Bernhard Weidemann (Leiter Presse- und Öffentlichkeitsarbeit Deutsches Museum)

Herstellung: Bettina Seng, Verlag C.H.Beck

Anzeigen: Fritz Leberherz (verantwortlich), Verlag C.H.Beck oHG, Anzeigen-Abteilung, Wilhelmstraße 9, 80801 München; Postfach 400340, 80703 München; Telefon (089) 38189-598, Telefax (089) 38189-599. Zurzeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 26, Anzeigenschluss: sechs Wochen vor Erscheinen.

Repro: Rehbrand, Rehms & Brandl Medientechnik GmbH, Friedenstraße 18, 81671 München

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

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

Bezugspreis 2010: Jährlich 24 €;
Einzelheft 7 €, jeweils zuzüglich Versandkosten

Für Mitglieder des Deutschen Museums ist der Preis für den Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten (Erwachsene 52 €, Schüler und Studenten 32 €). Erwerb der Mitgliedschaft: Schriftlich beim Deutschen Museum, 80306 München.
Für Mitglieder der Georg-Agricola-Gesellschaft zur Förderung der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik e.V. ist der Preis für den Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten. Weitere Informationen: Georg-Agricola-Gesellschaft, Institut für Wissenschafts- und Technikgeschichte, TU Bergakademie Freiberg, 09596 Freiberg, Telefon (03731) 393406.

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

Abo-Service: Telefon (089) 38189-679.

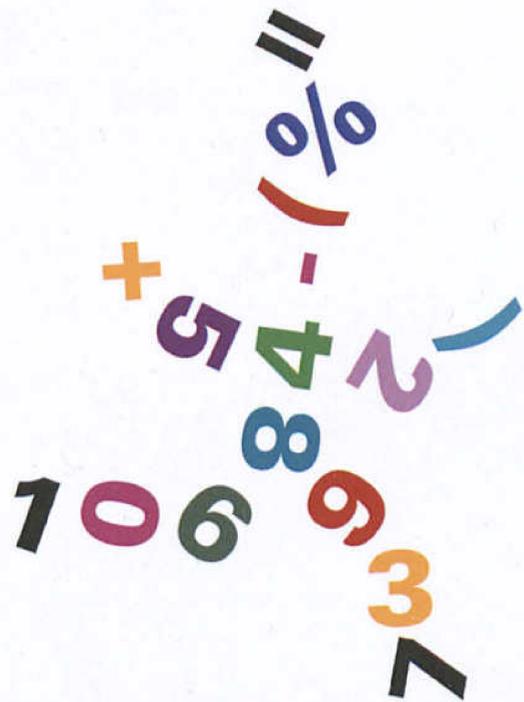
Die Zeitschrift erscheint vierteljährlich. Sie und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes bedarf der Zustimmung des Verlags. Der Verlag haftet nicht für unverlangt eingesandte Beiträge und Bilddokumente.

ISSN 0344-5690



Albrecht Beutelspachers Kleines Mathematikum

Die 101 wichtigsten Fragen
und Antworten zur Mathematik

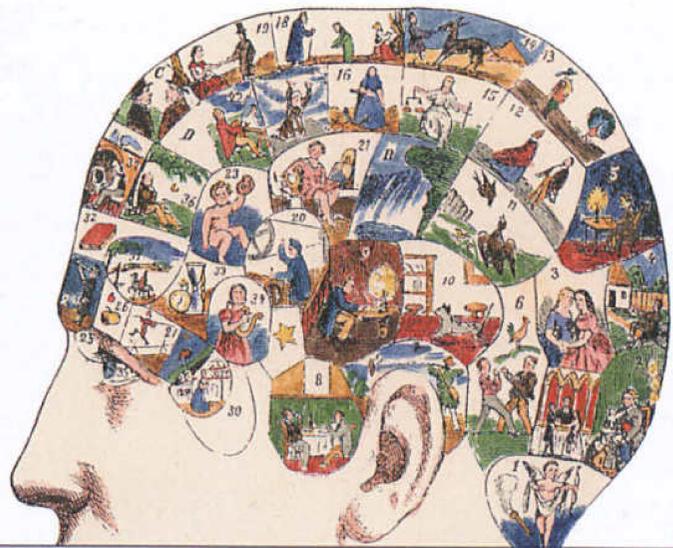


C.H.Beck

Michael Madeja

DAS KLEINE BUCH VOM GEHIRN

Reiseführer in ein unbekanntes Land



C.H.Beck

189 Seiten mit 10 Abbildungen. Halbleinen € 14,95
ISBN 978-3-406-60202-3

223 Seiten mit 12 Abbildungen. Gebunden € 17,95
ISBN 978-3-406-60097-5

„Endlich mal einer der Klartext redet und die Fragen der Verschreckten und zaghaft Neugierigen ernst nimmt. Eine ganze Menge von dem, was man schon immer über Mathematik hätte wissen sollen, aber nie beigebracht bekam: Hier steht es drin.“
Gerrit Stratmann, Deutschlandradio Kultur

„Dieses Buch verspricht seinen Lesern Antworten auf die 101 wichtigsten Fragen zur Mathematik. Der Name des Autors garantiert dabei, dass diese Antworten verständlich, interessant und fachlich korrekt sind.“
Die Welt

„Jeder Laie kann sich hier ein Bild von den faszinierenden Erkenntnissen der Hirnforschung machen.“
Norbert Lossau, Die Welt

Kann man ein wissenschaftliches Buch ganz ohne Fachbegriffe schreiben? Man kann. Schon die Kapitelüberschriften zeigen, dass dieser *Reiseführer in ein unbekanntes Land* auf Alltag setzt: *Wie sehen, hören, fühlen und anderes funktioniert* oder *Was wir über Denken, Bewusstsein und Sprache wissen*.“
Hörzu

C.H.BECK
www.chbeck.de

Wie machen wir unsere Produktion fit fürs Energiesparen?



QR-Code mit dem Handy scannen und mehr über unser Umwelt-Portfolio erfahren.

Energieeffiziente Antriebstechnik und intelligente Software-Tools sparen bis zu 70% Energiekosten.

Das Fitnessprogramm für Ihre Anlage: Zuerst machen Sie die Energieströme in Ihrer Anlage transparent, dann analysieren Sie vorhandene Einsparpotenziale und zum Schluss ersetzen Sie bestehende Technik durch energieeffiziente Komponenten. Dazu bieten wir Ihnen das komplette Spektrum an Produkten, Systemen und Tools für Ihr Energiemanagement.

[siemens.com/answers](https://www.siemens.com/answers)

SIEMENS