9.50 DM · B 9797 F

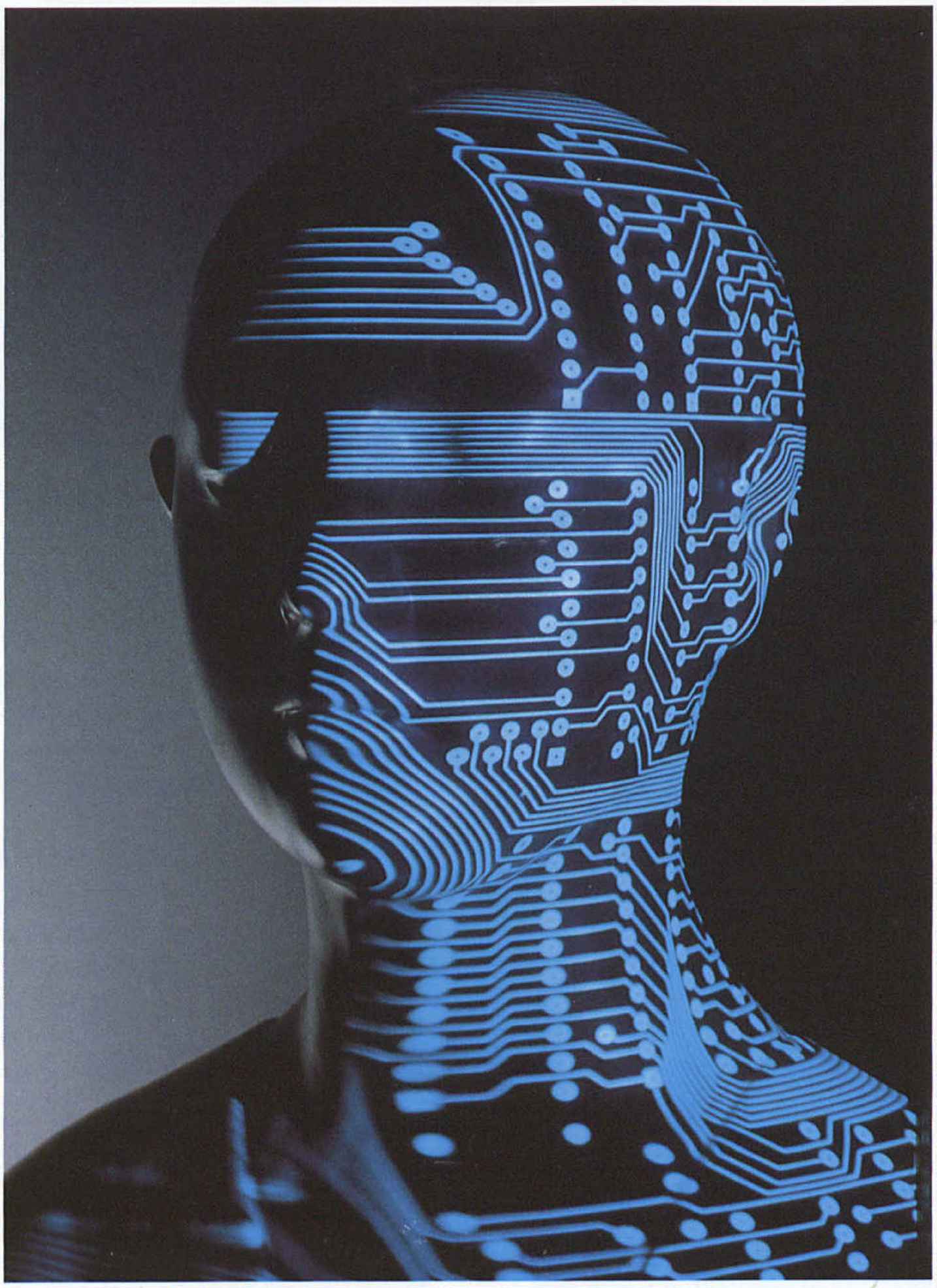
# Kultur & Technik

Zeitschrift des Deutschen Museums Verlag C. H. Beck, München 2/1991

ZB 73C1/1

**ARCHÄOLOGIE**
Antike Wasserleitungen

**TECHNIK**
Totalrecycling für Automobile?



**KONZEPTE**
Das Museum für Technik und Arbeit in Mannheim

**LUFTFAHRT**
Die ersten Flugversuche in Bayern

**ZUKUNFTSTECHNOLOGIE**
Die Anfänge der Molekularelektronik

BIBLIOTHEK · DEUTSCHES MUSEUM · MÜNCHEN

# BMW Motoren schreiben Geschichte

Seit 50 Jahren ist sie flugtüchtig, und eine Reise in dieser Maschine ist noch immer ein großes Erlebnis. Drei BMW Sternmotoren geben der JU 52 Kraft zum Fliegen – seit einem halben Jahrhundert.

In der BMW Rolls Royce GmbH knüpft die BMW AG gemeinsam mit dem britischen Unternehmen für Flugantriebe an die Flugmotoren-Tradition an. Seit Mitte 1990 arbeitet diese neue Gesellschaft in Oberursel bei Frankfurt am Main. Sie wird auch neue Flugtriebwerke entwickeln.

Pioniere sind die BMW Motoren-Ingenieure immer gewesen: in der Luft wie zu Lande. Nicht nur Kontinente haben sie für die kühnen Männer in ihren fliegenden Kisten überwinden helfen. Mit einem der ersten serienmäßig hergestellten Strahlentriebwerke der Welt leitete BMW 1944 auch das Jet-Zeitalter ein.

Wo der Flugpionier Zeno Diemer 1919 seinen Höhenweltrekord flog, liegt heute Münchens Olympiagelände. Hier ist BMW 1916 als Nachbar des Flugfelds entstanden. Die Sicherheit und Kraft der Flugmotoren, ihre Leichtigkeit und der technische Fortschritt der Maschinen hat BMW zeitgerecht für den Straßenverkehr übersetzt. Denn die Reife einer Marke erwächst aus der Tiefe ihrer Geschichte: Tradition ist die Basis für Zukunft.
Seit den 20er Jahren hat BMW Maßstäbe im Flugmotorenbau gesetzt.

Heute setzt BMW Maßstäbe für Automobile. Der Beweis: Deutschlands erster Automobil-Zwölfzylinder-Motor seit einem halben Jahrhundert im BMW 7er und im 8er-Coupé.

**Freude am Fahren**

# INHALT

Titelbild: Larry Keenan Assoc./The Image Bank


**EDITORIAL** 4

Auskunft über *Kultur & Technik* — *Dieter Beisel*

**KULTUR & TECHNIK RUNDSCHAU** 6

Nachricht und Information — *Hans-Liudger Dienel, Christiane Frische*

**LESERFORUM** 9

**ZUKUNFTSTECHNOLOGIE** 14

Denkende Maschinen — *Hannelore Schnell*
Über den Stand der molekular-elektronischen Forschung

**TECHNIKGESCHICHTE** 22

„Keine lachendere und schönere Aussicht" — *Julia Iliu*
Die frühen Flugversuche in Bayern — *Jean Louis*

**VERKEHRSGESCHICHTE** 28

Der vergessene Zug der Zeit — *Helmut Lindner*
Die Atmosphärische Eisenbahn

**AUTOMOBIL** 30

Wenn Träume schmelzen — *Ralf Bülow*
Das „Totalrecycling" von Altfahrzeugen

**DENKSTÜCK** 33

Von einer geistigen Verkehrsordnung — *Hans-Peter Dürr*
Der menschliche Wunsch nach Mobilität

**BILDER AUS DER TECHNIKGESCHICHTE** 36

Das blaue Wunder — *Otto Paul Krätz*
Ein Indigo-Labor um 1900

**ARCHÄOLOGIE** 38

Doppelstollen — *Renate Tölle-Kastenbein*
Ein Phänomen griechischer Wasserleitungen

**GEORG-AGRICOLA-GESELLSCHAFT** 44

Wissenschaft der Zukunft — *Charlotte Schönbeck*
Brücke zwischen Natur- und Geisteswissenschaften

**HUMBOLDT-FORSCHUNG** 46

Der geistige Ahnherr — *Kurt-R. Biermann*
Ein Förderer des industriellen Fortschritts

**MUSEUMSPORTRÄT** 50

Das neue Landesmuseum für Technik und Arbeit in Mannheim
Ein Gespräch mit *Lothar Suhling*

**REISEN DURCH DIE TECHNIKGESCHICHTE** 55

Ein Architekt über das Landesmuseum — *Gerhard Ullmann*

**GEDENKTAGE TECHNISCHER KULTUR** 58

Aus dem Archiv Sigfrid von Weihers

**DEUTSCHES MUSEUM** 62

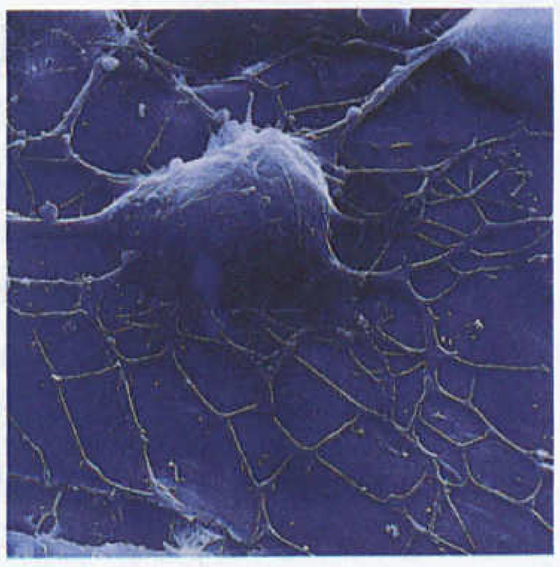
Nachrichten und Veranstaltungen — *Rolf Gutmann*

**SCHLUSSPUNKT** 65

Oskar von Miller alias von Grueber — *Hans-Liudger Dienel*

**VORSCHAU / IMPRESSUM** 66


**ZUKUNFTSTECHNOLOGIE.** Die moderne Technik ist ohne Mikrochips nicht mehr denkbar. Inzwischen orientieren sich einige Forscher an biologischen Systemen. Führen neuronale Schaltkreise in naher Zukunft zum denkenden Computer? *Kultur & Technik* berichtet über die Anfänge der molekularelektronischen Forschung. **SEITE 14**



**KONZEPTE.** In Heft 1/1988 wurde das Konzept des Landesmuseums für Technik und Arbeit in Mannheim vorgestellt. Am 28. September 1990 wurde das Museum eröffnet. Gerhard Ullmann führte ein Gespräch mit dem Museumsdirektor Lothar Suhling und beschreibt den Museumsbau, der durch seine spezifische Architektur dem Konzept Rechnung tragen will. **SEITE 50**

**LUFTFAHRT.** Bevor Otto Lilienthal mit seinen Gleitflugapparaten die Flugtechnik revolutionierte, gab es zahlreiche Versuche, den Ballon weiterzuentwickeln, so etwa den Gustav Kochs mit seinem Modell eines lenkbaren Luftschiffes (Abbildung). *Kultur & Technik* erinnert an die frühen Flugversuche und Ballonfahrten in Bayern. **SEITE 22**

Fotos: Manfred Kage (l.o.); Bayerische Staatsbibliothek (l.u.); Gerhard Ullmann (r.)

# AUSKUNFT ÜBER KULTUR & TECHNIK

Liebe Leserin, lieber Leser,

viele Anfragen erreichten die Redaktion, welche Ergebnisse sich aus der Leserumfrage in Heft 4/1990 ablesen lassen. Bis Jahresende hatten uns 502 Leser im Alter von 13 bis 91 Jahren geantwortet, mit 4,5 Prozent eine erstaunlich hohe Zahl. Ihnen allen, die die Mühe nicht scheuten, die Zeitschrift des *Deutschen Museums* detailliert zu beurteilen, sei an dieser Stelle sehr herzlich gedankt.

Ab einer Beteiligung von 3 Prozent können die Ergebnisse von Zeitschriften-Umfragen als repräsentativ gelten. Nach unserer Umfrage sind mit 57,2 Prozent die meisten Leser von *Kultur & Technik* zwischen 36 und 65 Jahre alt, 17,2 Prozent sind älter, 16,7 Prozent gehören der Altersgruppe der 26- bis 35jährigen an, 8,9 Prozent sind jünger. Bei 95,3 Prozent Lesern gegenüber nur 4,7 Prozent Leserinnen könnte der Verdacht aufkommen, es handle sich vorwiegend um eine „Männerzeitschrift". Das wird relativiert durch die Feststellung, daß in mehr als der Hälfte aller Fälle (53,5 Prozent) *Kultur & Technik* auch von den Familienangehörigen gelesen wird.

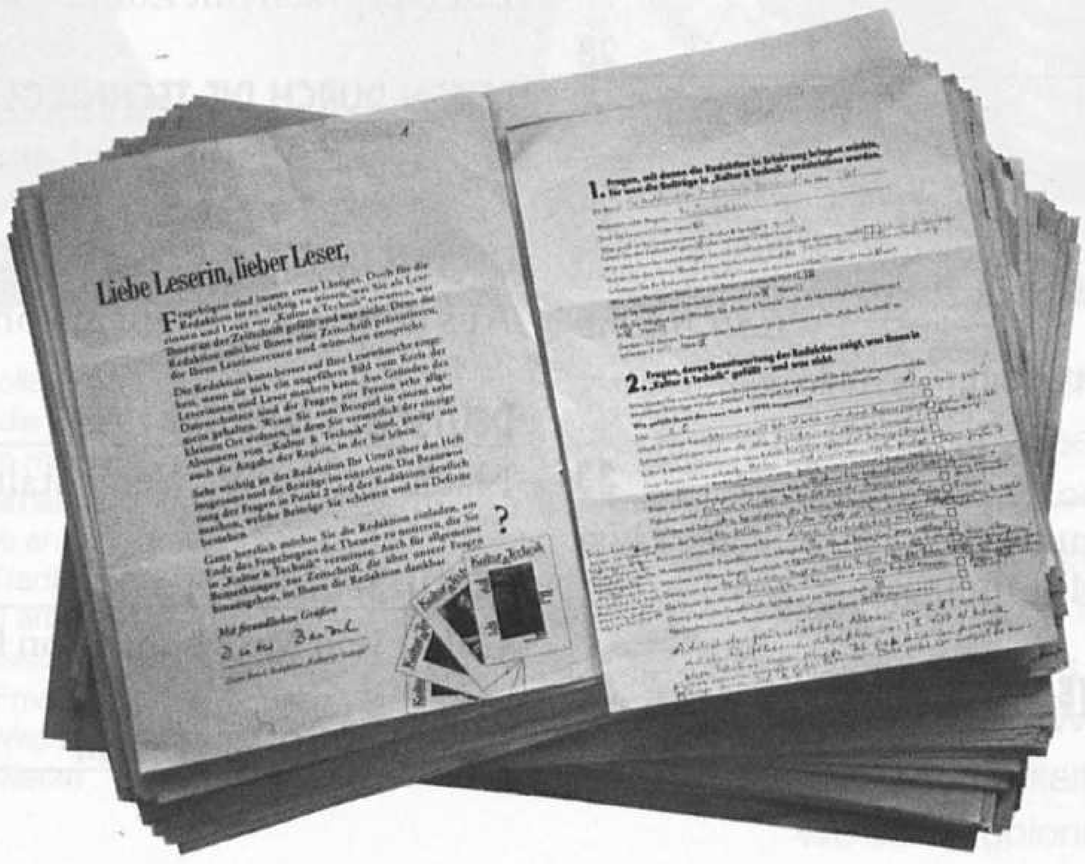



Foto: K & T

Wie nicht anders zu erwarten, dominieren die naturwissenschaftlichen, vor allem die Technikberufe, Lehrtätigkeiten an Schulen und Hochschulen inbegriffen: 53,1 Prozent der Leser arbeiten in entsprechenden Berufen. Bei anderen Berufen ist der Anteil der Ärzte mit 4,5 Prozent besonders hoch. Entsprechend hoch ist der Bildungsstand: 62,6 Prozent der Leser haben einen Hochschulabschluß, Abiturienten (16,1 Prozent) nicht eingerechnet, die sich noch im Studium befinden.

Angesichts des Bildungsstandes unserer Leser ist die Antwort auf die Frage nach dem Informationsgehalt der Hefte erfreulich: 72,9 Prozent beurteilten ihn als hoch, 21,2 Prozent als durchschnittlich, nur 0,8 Prozent bezeichneten ihn als niedrig. Die Verständlichkeit wurde folgendermaßen bewertet: gut für 93,0 Prozent, zu schwierig für 4,6 Prozent, zu einfach für 2,0 Prozent.

So interessant es für die Redaktion ist zu wissen, für wen sie die Zeitschrift macht: Sie will zudem, daß die Zeitschrift den Leseinteressen entspricht. Dabei kann sie durchaus von einer hohen Zufriedenheit ausgehen, denn 56,5 Prozent der Leser würden die Zeitschrift auch dann beziehen wollen, wenn sie nicht Mitglied des *Deutschen Museums* wären.

Zur Themenmischung gab es folgende Stimmen: 69,4 Prozent der Leser empfinden sie als ausgewogen, 21,8 Prozent wünschen sich mehr Technikgeschichte, 14,2 Prozent mehr aktuelle Themen. Die Zahl der Themenvorschläge war groß und anregend. Gleichwohl: Das Heft erscheint vierteljährlich mit 256 Seiten pro Jahr. Alle Leserwünsche abzudecken ist bei diesem Umfang nicht möglich. Möglichst vielen Lesewünschen zu genügen, wird die Redaktion von *Kultur & Technik* jedoch immer bemüht sein. Sie dankt allen, die mit Anregung, Kritik und Hinweisen dazu beitragen wollen, daß die Zeitschrift leisten kann, was sie erreichen will: eine Mischung aus Nachdenklichkeit und Lesevergnügen.

Herzlich Ihr Dieter Bergl

*Damit Sie von unseren Autos immer weniger hören:*

# Kopf-Arbeit für die Umwelt.

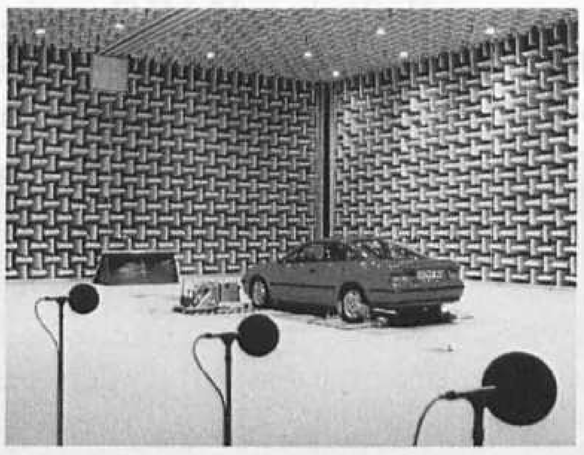
OPEL

Laut Fachpresse leise sind sie – die Opel-Automobile der neuen Generation. Eben auch in Sachen Geräuscharmut seien sie Spitzenklasse, vernimmt man zum Beispiel von mot. Technischer Fortschritt – bei Opel durchaus hörbar.
Weil unsere Ingenieure im Kampf gegen den Lärm keine Ruhe geben.

So investieren sie in aller Stille rund 12.000 Konstruktionsstunden, 2.500 Fahrversuche und mehr als 1.000 Prüfstand-Tests in jedes neue Modell – nur um die Geräuschemissionen weiter zu vermindern.

**Mit Erfolg: Opel Automobile sind deutlich leiser als das Gesetz es erlaubt.***

Durch ihre unangetastete Spitzenstellung in Aerodynamik (Calibra = $C_W$ 0.26; Omega = $C_W$ 0.28), durch moderne Motoren und Getriebe, durch neuartige Auspuffsysteme und spezielle Dämpfungsmaterialien sorgen Opel-Automobile für einen umwelt- und nervenschonenden Auftritt im Straßenverkehr.

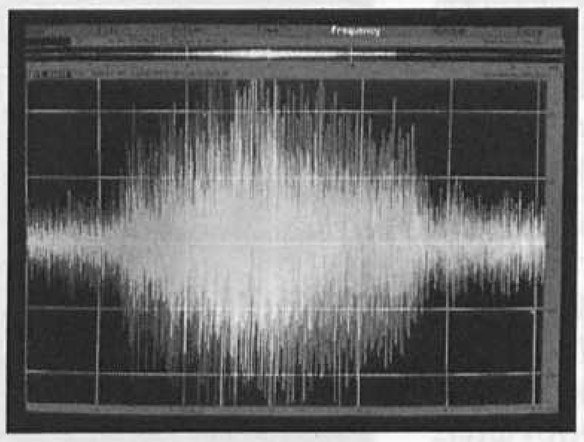


Für ihre Entwicklungsarbeit steht den Opel-Ingenieuren eines der modernsten Akustik-Labors in der internationalen Automobilindustrie zur Verfügung. Dort sind erstmals wirklichkeitsgetreue Geräuschmessungen bis zu 200 km/h auf einem Rollenprüfstand möglich. Der Computer kann durch 28 Hochleistungs-Mikrofone mittels eines elektronischen Tricks Vorbeifahr-Geräusche simulieren und exakt so messen, wie es bisher nur auf der Straße möglich war. Das macht vom Wetter unabhängig und ermöglicht präzisere Vergleichswerte.

Hydropulsanlagen versetzen die Karosserien in Schwingungen und helfen bei der Suche nach Störgeräuschen.

Die Kunstkopf-Technik ermöglicht durch binaurale Geräuschaufzeichnung eine subjektive Bewertung akustischer Störquellen im Fahrzeuginnern.

Und mit digitalen Tonaufzeichnungen lassen sich alle Geräuschemissionen eines Autos analysieren.
Der Computer macht dabei etwaige Störfrequenzen auf dem Bildschirm sichtbar.



**Gewissenhafte Detailarbeit also in der konzentrierten Ruhe des Labors. Dabei ist unschwer zu erkennen, daß Fortschritt im Automobilbau nicht immer mit lautstarken Auftritten einhergeht. Vor allem nicht bei Opel, wo 8.000 Ingenieure und Spezialisten an der technischen Kultur unserer Autos arbeiten – zumeist eben in aller Stille.**

Und trotz leiser Freude über das vernehmlich wachsende Interesse der Öffentlichkeit an Opel – die Akustiker im Technischen Entwicklungszentrum verfolgen mit ruhiger Entschiedenheit doch nur ein einziges Ziel: Daß man von den Autos mit dem Blitz am Bug von Jahr zu Jahr immer weniger hört.

* Zulässiger EG-Höchstwert = 77 dB(A)
Durchschnittliches Fahrgeräusch der gesamten Opel-Modellpalette = 75.2 dB(A).
Bestwerte:
Opel Omega/Senator = 74.8/74.9 dB(A)

OPEL GM

Adam Opel AG, Öffentlichkeitsarbeit, 6090 Rüsselsheim

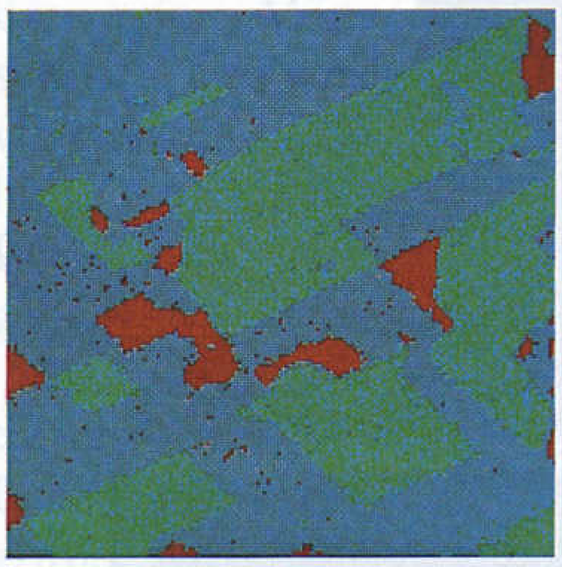
Schrifttafel aus Mesopotamien (etwa 2000 v. Chr.). Die in Proto-Keilschrift verfaßte Tafel gehört zu den ältesten Schriftzeugnissen der Erde.

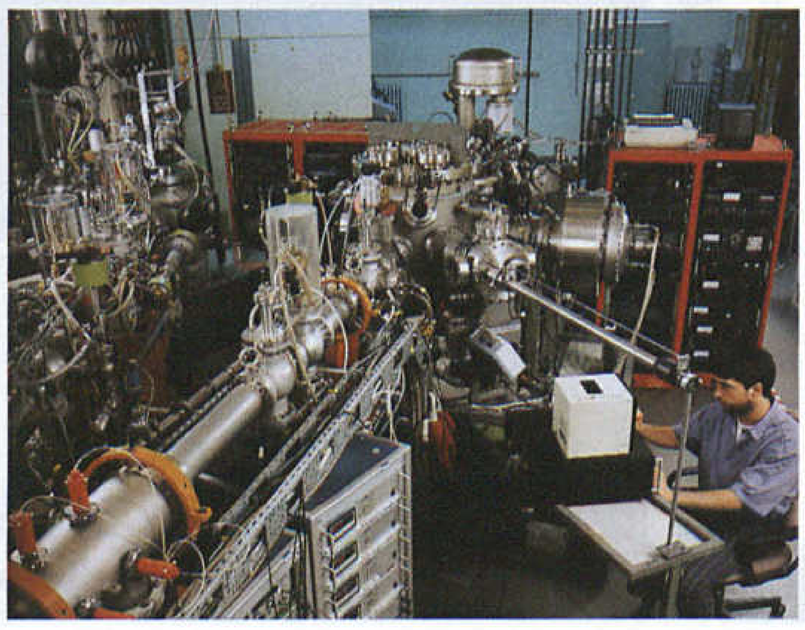
## „MISSING LINK" DES ARITHMETISCHEN DENKENS

Eine rund 5000 Jahre alte Schrifttafel aus Mesopotamien konnte von Wissenschaftlern des Berliner *Max-Planck-Instituts für Bildungsforschung* und der *Freien Universität Berlin* entziffert werden. Die Tafel, eines der ältesten Schriftzeugnisse der Erde, kennt gegenstandsbezogene Zahlzeichen, aber noch kein arithmetisches Denken. So steht das gleiche Zeichen für die Zahl 10, wenn von Schafen die Rede ist, bei Maßgefäßen für Getreide bedeutet es 6, bei Feldflächen 18. Es gab also noch kein Zahlensystem, wohl aber eine zahlenmäßige Erfassung von wirtschaftlich wichtigen Gütern, zu denen ganz offensichtlich auch die Rohstoffe für die Bierherstellung gehörten.

Das entspricht der Erkenntnis, daß in der Frühphase der mesopotamischen Schriftentstehung das buchhalterische Interesse der Wirtschaftsverwaltung von bestimmendem Interesse war. Was damals in der sogenannten Proto-Keilschrift festgehalten wurde, bildete die Grundlage der späteren Keilschrift, die von der Gegenstandsbezeichnung zur Erfassung der sprachlichen Lautwerte überging. Diese frühe Lautschrift war im Vorderen Orient immerhin rund zweieinhalbtausend Jahre lang im Gebrauch.

Mit der Entzifferung der abgebildeten Schrifttafel wurde das „Missing Link" für die Entwicklung des arithmetischen Denkens zwischen schriftloser Zeit und späteren Hochkulturen gefunden.





Magnetische Domänenstruktur einer Eisen-Einkristall-Oberfläche, aufgenommen mit dem Rasterelektronenmikroskop.

Tandembeschleuniger

Das erste Kunstrad im Roeder-Stollen des Rammelsberger Bergbaumuseums in Goslar.

## ÄLTESTES ERHALTENES METALLERZBERGWERK

Das 1988 stillgelegte Erzbergwerk Rammelsberg in Goslar wird in einem Zeitraum von sieben Jahren in ein Bergbaumuseum und Besucher-Bergwerk umgewandelt. Der erste Abschnitt ist seit Oktober letzten Jahres zugänglich.

Das über 1000 Jahre alte, zugleich das älteste erhaltene Erzbergwerk in Deutschland gilt international als kulturhistorisches Industriedenkmal: Nirgendwo sonst in Mitteleuropa sind so viele bergbautechnische Anlagen vom Mittelalter bis heute im Originalzustand zu sehen. Museumsleiterin Dr. Barbara Czerannowski geht es jedoch nicht nur um die Erhaltung des authentischen Zustands, sondern vor allem auch um die Vermittlung sozialer, kultureller, politischer und wirtschaftshistorischer Aspekte. Sie möchte kein falsches Bergmannsidyll zeigen, das der gelebten Realität nicht entspricht.

## AN DEN GRENZEN DES TECHNISCH MACHBAREN

In der Informationstechnik werden zunehmend die Grenzen konventioneller Methoden und Werkstoffe erreicht. Neben der Grundlagenforschung im Bereich Molekularelektronik (siehe den Bericht *Denkende Maschinen* ab Seite 14) wird versucht, auch für die Halbleitertechnik neuartige Verfahren und Werkstoffe zu finden. Das *Forschungszentrum Jülich* beispielsweise, das im Vorfeld des industriellen Wettbewerbs tätig ist, konzentriert sich unter anderem darauf, hochauflösende Strukturuntersuchungen zu verfeinern, um zu einem besseren Verständnis von Halbleiterkristallen und dünnen Schichten zu gelangen. So gibt etwa die Oberfläche eines Eisen-Einkristalls in der Aufnahme, die mit einem Rasterelektronenmikroskop mit Polarisationsanalysator gemacht wurde (siehe Abbildung), Aufschluß über die magnetische Domänenstruktur. Ein Tandembeschleuniger (siehe Abbildung) dient der Analyse und Modifikation von Schichtsystemen.

Um die neuen Techniken und Werkstoffe entwickeln zu können, ist interdisziplinäre Grundlagenforschung in den Bereichen Festkörperphysik, Grenzflächen und Vakuumphysik sowie Schicht- und Ionentechnik nötig.

Fotos: Rammelsberger Bergbaumuseum Goslar; M. Nissen/Max-Planck-Gesellschaft (l. o.); Forschungszentrum Jülich (2)

## TREPPEN: AUFSTIEG MIT METHODE

Treppensteigen ist nicht nur schweißtreibend, es kann auch gefährlich sein. Vor allem dann, wenn die Geometrie der Stufen den Steigenden aus dem Tritt geraten läßt. Seit Jahrtausenden bauen Menschen Treppen, und seit Jahrhunderten machen sich Gelehrte Gedanken um das richtige Verhältnis von Stufentiefe und Stufenhöhe.

Moderne Treppen sind nach der Blondel-Formel gebaut: Die richtige Stufentiefe beträgt 63 Zentimeter weniger der doppelten Stufenhöhe. Vor immerhin 318 Jahren nämlich ermittelte der Franzose Blondel als Durchschnittslänge eines Schrittes in der Ebene 63 Zentimeter. Bei einer Steigung verringert sich das Schrittmaß um das Doppelte der Steighöhe.

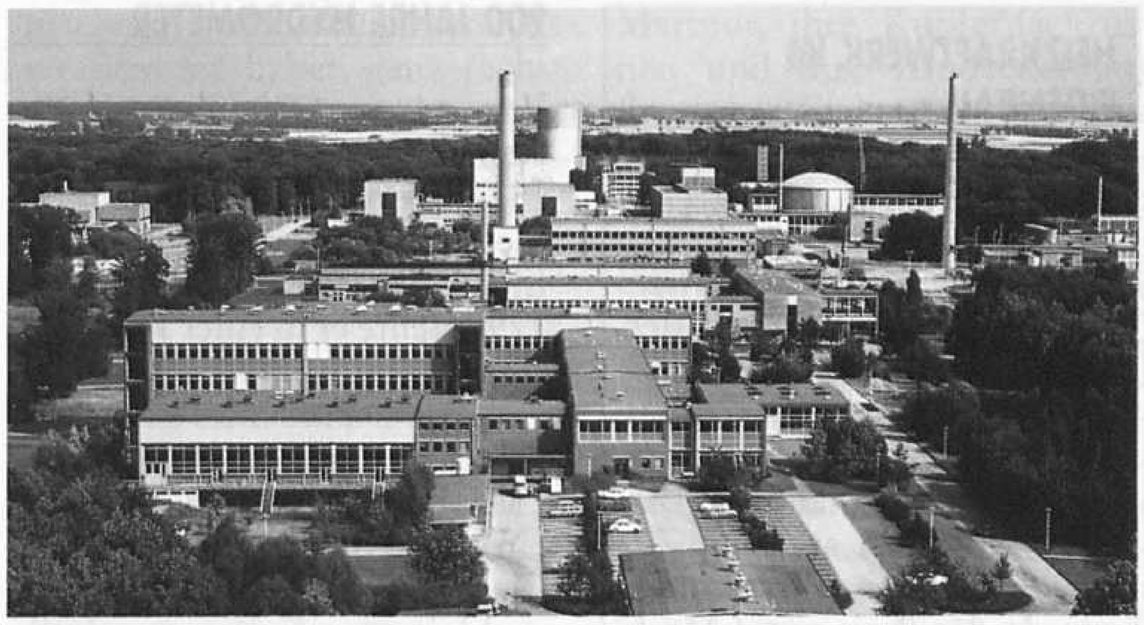
Jedoch: Die Menschen von heute sind erheblich größer als ihre Vorfahren im 17. Jahrhundert. Trotzdem war die Blondel-Formel noch 1984 Grundlage einer DIN-Vorschrift für den Treppenbau. Zudem gilt sie nur für Treppen mit einer Steigung zwischen 25 und 34 Grad. Bei flacheren Winkeln werden die Stufen zu lang, bei steileren so schmal, daß der Abstieg zu einem gefährlichen Balanceakt wird.

Das *Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie* stellte daher die sogenannte Bequemlichkeitsformel auf: Die Stufentiefe beträgt zwölf Zentimeter mehr als die jeweilige Stufenhöhe. Aber vielleicht gibt es gar keine feste Formel für die ideale Treppe?

Alte Treppenkonstruktionen zeigen Alternativen: Im Vatikan-Museum wurde 1929 eine große Wendeltreppe gebaut, deren Stufen unten 16 Zentimeter hoch sind, oben nur noch vier. Die Erschöpfung wird so durch geringere Steighöhe kompensiert.

**Die große Wendeltreppe im Vatikan-Museum in Rom, 1929 gebaut.**

Fotos: *Forschungszentrum Jülich; Luca Musella/Agenzia Contrasto, Rom*



**Das Forschungszentrum Jülich, die größte Forschungseinrichtung in Deutschland, hat sich neue Schwerpunkte gesetzt.**

## RICHTUNGSWECHSEL IN DER GROSSFORSCHUNG

Das *Forschungszentrum Jülich* (KFA), die größte Forschungseinrichtung der Bundesrepublik, sollte in den 60er und 70er Jahren den Hochtemperaturreaktor, auch Kugelhaufenreaktor genannt, entwickeln. Doch schon seit Jahren hat sich die KFA den neuen Prioritäten der Forschungspolitik angepaßt und den Forschungsanteil außerhalb der Kernenergie erhöht. Er beträgt mittlerweile über 80 Prozent.

Äußeres Zeichen dieser Richtungsänderung des Forschungskolosses (4700 Mitarbeiter) ist eine lange Reihe von neuen Institutsbezeichnungen. Der Jahresbericht 1990 der KFA nennt folgende Umbenennungen: Das *Institut für chemische Technologie der nuklearen Entsorgung* heißt nun *Institut für chemische Technologie*. Das *Institut für nukleare Sicherheitsforschung* und das *Institut für Reaktorforschung* wurden zum *Institut für Sicherheitsforschung und Reaktortechnik* zusammengefaßt. Die *Projektträgerschaft Nukleare Festkörperforschung und Nuklearchemie* hat sich in *Projektträgerschaft Erforschung kondensierter Materie, neue Technologien in den Geisteswissenschaften* umbenannt, und das ehemalige *Institut für Reaktorentwicklung* nennt sich jetzt *Institut für Energieverfahrenstechnik*. Auch der alte Name der gesamten Einrichtung – *Kernforschungsanlage Jülich* – ist der neuen Bezeichnung *Forschungszentrum Jülich* gewichen. Geblieben ist nur das Logo KFA.

## HEIZKRAFTWERK IM EIGENBAU

In der *Kultur & Technik Rundschau* 1/91 hatten wir auf den Bausatz eines Heizkraftwerkes verwiesen, der bei der *Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke GmbH-VWEW*, Stresemannallee 30, 6000 Frankfurt am Main 70, zu beziehen ist. Irrtümlich wurde der Preis mit 4 Mark angegeben. Der Bausatz kostet jedoch 18,42 DM, die Informationsbroschüre zum Thema 8,90 DM, zuzüglich Verpackungs- und Versandkosten.

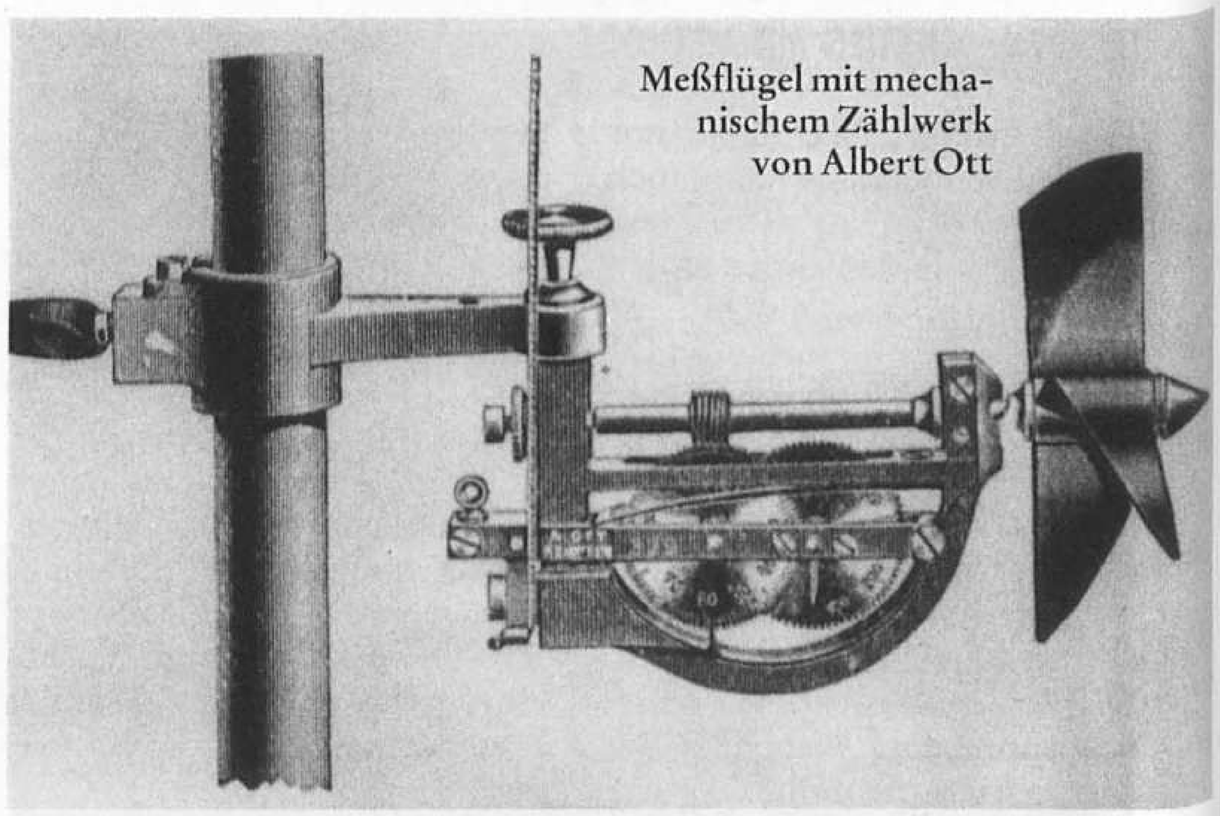
## 200 JAHRE HYDROMETER

Vor genau 200 Jahren löste Reinhard Woltman (1757 bis 1837) zum ersten Mal das Problem, die Geschwindigkeit fließenden Wassers zu messen. 1790 stellte er in einer Broschüre den „hydrometrischen Flügel" vor. Dank seines einfachen, robusten Prinzips bildet der „Meßflügel" auch heute noch ein wesentliches Instrument des Hydraulik-Ingenieurs, obwohl in der Folge eine Fülle anderer Verfahren entwickelt wurde.

Der erste Strommesser, wie ihn Woltman nannte, ähnelte noch einer Mühle. An einer leicht gelagerten Welle waren vier Speichen von 300 Millimetern Länge angebracht, die jeweils am Ende ein zur Strömungsrichtung schräg gestelltes Plättchen trugen. Die Umdrehungen der Welle und damit die Wassergeschwindigkeit wurden über ein mit Zahnrad und Schnecke angetriebenes Zählwerk registriert.

Der Kemptener Präzisionsinstrumentebauer Albert Ott (1847 bis 1895) verbesserte das Zählwerk durch die elektrische Übertragung der Umdrehungsimpulse und öffnete damit dem „Ott-Flügel" den Weg in die Moderne.

Heute messen die Flügel mit berührungslosen Kontakten und elektronischen Zählern, welche die Daten direkt an Computer weitergeben können. Die Eichung der Meßflügel allerdings erfolgt auch heute noch empirisch. Elektrisch angetriebene Wagen schleppen die Flügel bei konstant gehaltener Geschwindigkeit durch Meßkanäle. Zu diesem Zweck setzte Woltman einen „geübten Mann" ein, der die vorgeschriebene Strecke zu Fuß abschreiten und die Flügel dabei durch ein ruhendes Gewässer ziehen mußte.



Meßflügel mit mechanischem Zählwerk von Albert Ott

## STRESS VOM COMPUTER

Der Computer ist an vielen Arbeitsplätzen zum Kollegen geworden: Er begrüßt den Benutzer mit einem aufmunternden „hi", macht ihn geduldig auf Bedienungsfehler aufmerksam und ist in der Pause ein williger Schachpartner. Aber wie seine menschlichen Kollegen reagiert er nicht immer wunschgemäß, stürzt schlimmstenfalls einfach ab.

Die Länge der Wartezeiten, der „Systemresponse"-Zeiten, und die Möglichkeit des Systemzusammenbruchs hat Wolfram Boucsein vom Arbeitsbereich Physiologische Psychologie an der Bergischen Universität Wuppertal als bedeutende psychische Streßfaktoren identifiziert. In einer Studie hat er über 200 Computerbenutzer daraufhin getestet, wie sie auf verschieden lange Antwortzeiten des Computers reagierten.
Dazu wurde ein Teil der Versuchspersonen unter Zeitdruck gesetzt. Boucsein und seine Mitarbeiter registrierten dabei körperliche Symptome, die Streß sichtbar machen: Pulsfrequenz, Blutdruck und Feuchtigkeit der Hände (Hautleitfähigkeit).

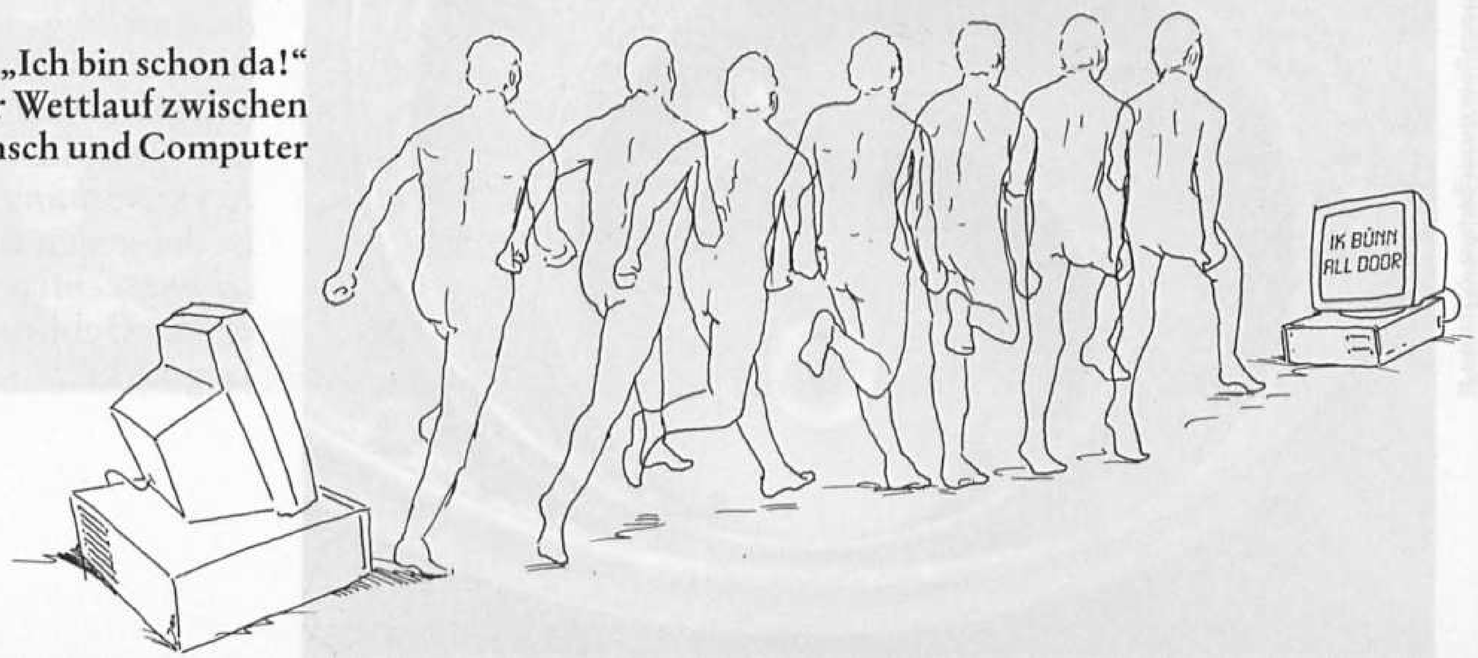
Bei zu kurzen Response-Zeiten des Rechners klagten die Versuchspersonen über Nacken-, Kopf- und Augenschmerzen sowie Anspannung. Sie machten viele Fehler und arbeiteten ungenau. Nicht nur die unter Zeitdruck gesetzten Versuchspersonen klagten über Streß, auch die Benutzer ohne Zeitvorgabe ließen sich von der Maschine hetzen, erhöhten ihr Arbeitstempo und machten mehr Fehler.

Bei zu langen Wartezeiten arbeiteten beide Versuchsgruppen zwangsläufig sorgfältiger, weil ihnen der Computer mehr Zeit für die Korrektur von Fehlern ließ. Vor allem die Versuchspersonen unter Zeitdruck fühlten sich aber auch dabei nicht wohl und zeigten wiederum Symptome für Anspannung und Streß.

Bei den in der Wuppertaler Studie verwendeten einfachen Versuchsaufgaben stellte sich eine Response-Zeit von fünf Sekunden als optimal heraus, zwei Sekunden erschienen zu kurz, acht zu lang. Wolfram Boucsein betont aber, daß die jeweilige ideale Response-Zeit sehr vom Aufgabentyp abhänge, sie könne bei bestimmten Arbeitsvorgängen unter einer Sekunde liegen.

Zeichnung: Jan von Hugo; Abbildung aus: L. A. Ott: Instrumentenkunde der praktischen Hydrometrie, Kempten 1931

**„Ich bin schon da!"**
**Der Wettlauf zwischen Mensch und Computer**



Redaktion Kultur & Technik, Verlag C.H. Beck, Wilhelmstraße 9, 8000 München 40

## Zum Konzept von Kultur & Technik

**Weitere Stimmen zu *Kultur & Technik* und zu dem Redaktionskonzept, das im Editorial des Heftes 4/1990 vorgestellt wurde.**

Ihre neue Konzeption erscheint ausgewogen; sie meidet sowohl eine naive Technikbegeisterung, die vor negativen Aspekten die Augen verschließt, als auch einen ebenso naiven Technik-Weltschmerz, der die Technik verteufelt und ihre humanen Wirkungen verschweigt. Ihre Zeitschrift kann zur Verbreitung der doppelten Erkenntnis beitragen, daß Technik dem Menschen nur dann nützt, wenn unsere Erde bewohnbar bleibt, daß aber gerade zur Bewahrung der Umwelt Technik und Wissenschaft unentbehrlich sind.

Lassen Sie mich mit zwei Gedanken schließen, die ich für sehr wichtig halte: Zur Heilung der Umwelt sind gewaltige Mittel nötig, die nur eine gesunde Wirtschaft aufbringen kann. Die Probleme können nur dann gelöst werden, wenn sie realistisch beschrieben und dann mit Tatkraft, Verantwortungsbewußtsein und Optimismus angepackt werden – und zwar von jedermann, nicht nur von den Technikern.

*Dr. Horst Skoludek*
*Sprecher des Vorstandes*
*Carl Zeiss*
*7082 Oberkochen*

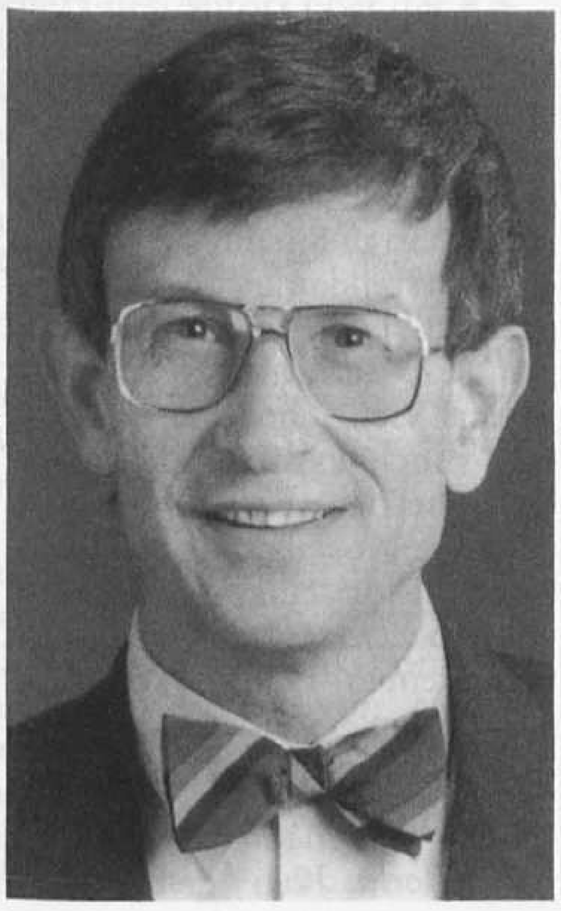


Foto: Bundesministerium für Forschung und Technologie

Dr. Heinz Riesenhuber

Die von Ihnen angestrebte kritische und sachliche Diskussion um den menschen- und umweltgerechten Gebrauch von Technik möchte ich mit allem Nachdruck unterstützen. Die neu eingeführte Rubrik *Pro +Contra* scheint mir hierzu ein wichtiger Ansatz zu sein. Das neu eingerichtete Leserforum wird Ihnen sicher den für eine Zeitschrift so wichtigen Austausch mit der Zielgruppe bieten.

Ich möchte Sie ermutigen, das differenzierte Themenspektrum Ihrer Zeitschrift auch in Zukunft zu verfolgen.

*Dr. Heinz Riesenhuber*
*Bundesminister für Forschung und Technologie*
*5300 Bonn 2*

Mit großem Interesse habe ich die neueste Ausgabe von *Kultur & Technik* gelesen. Das neue Konzept und das „neue Gesicht" werden sicher dazu beitragen, die vielen Zeitgenossen noch unüberwindbar erscheinende Kluft zwischen Kultur und Technik zu überbrücken.

Im Zusammenhang mit technisch-naturwissenschaftlichen Fortschritten wird zunehmend die Frage nach der Zulässigkeit des Machbaren gestellt. Chemieunfälle, Veränderungen der Erdatmosphäre und nicht zuletzt das Unglück von Tschernobyl markieren Veränderungen im Bewußtsein auch der Öffentlichkeit. Richtung und Ziel der technischen Entwicklung können nicht länger von den technologischen Möglichkeiten allein definiert werden. Dies ist eine wichtige Aufgabe für die Geisteswissenschaften.

Um so wichtiger ist es daher, daß Ihre Zeitschrift für den Dialog zwischen den verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen ein Forum anbietet, an dem sich auch der Nicht-Fachmann beteiligen kann. Denn technischer Fortschritt ist ohne Technikakzeptanz bei den Bürgern nicht möglich. Diese Akzeptanz sollte durch Sachverstand und Wissensvermittlung erleichtert werden. Nur so kann ein gesellschaftlicher Konsens über einen verantwortungsbewußten Umgang mit den technischen Potentialen erreicht werden. Sie haben ganz recht: „Technik bedarf einer neuen Qualität des Umgangs mit ihr!"

*Jürgen W. Möllemann*
*noch als Bundesminister für Bildung und Wissenschaft*
*5300 Bonn 2*

## Reden wir über PVC

**Pro + Contra: Brauchen wir PVC? Zu diesem Beitrag in *Kultur & Technik* 4/1990 hat uns eine Reihe von Zuschriften der PVC-Hersteller erreicht. Stellvertretend sei die folgende Stellungnahme wiedergegeben, die sich durch besonderes Engagement auszeichnet.**

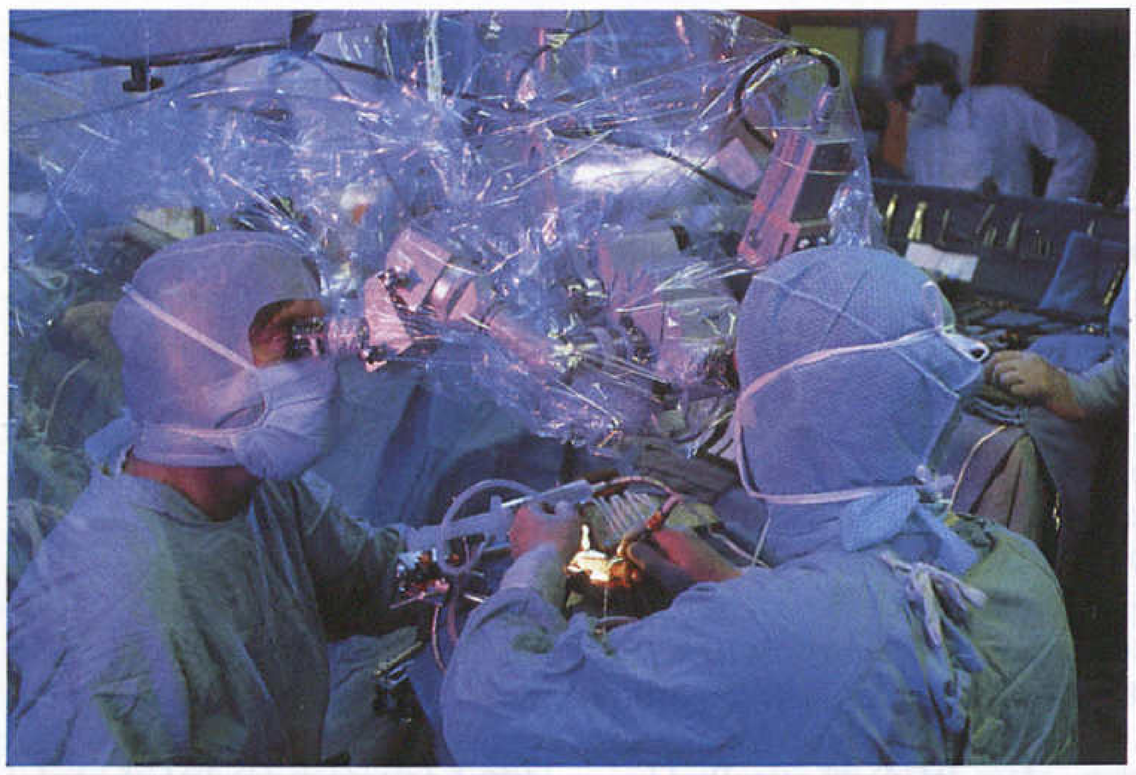
Selbstverständlich kann man für jede Anwendung von PVC einen Ersatzstoff benennen. Man kann Häuser ohne Beton, Schiffe ohne Stahl und Möbel ohne Holz bauen. Auch daß PVC für Schallplatten unverzichtbar sei, muß man relativieren. Es wird sich irgendein Ersatzstoff finden. Falls nicht, muß die Bevölkerung auf den Kunstgenuß verzichten, wenn es einer von der Umwelt abgelösten Umweltpolitik frommt.

Insofern läßt sich auch die *Wartig-Studie* nicht widerlegen. PVC ist ersetzbar, wenn man keine Rücksicht auf Mensch und Umwelt nimmt. Als Handlungsanweisung kann man die *Wartig-Studie* nicht benutzen. Viele Ersatzstoffe sind beim besten Willen nicht verwendbar, andere so umweltintensiv in Herstellung und Entsorgung, daß man ihren Einsatz eigentlich nicht fördern sollte. Ähnliches gilt für die Ersatzstoffliste der *Arbeitsgemeinschaft der Verbraucherverbände.* Diese Arbeitsgemeinschaft schlägt Ersatzstoffe für Anwendungen vor, in denen PVC nie üblich war (zum Beispiel Fußbodenheizungen), möchte Steckdosen aus Stahl propagieren und findet, daß Marmor ein guter Ersatz für PVC-Fußböden ist.

Lassen wir den Umweltsnobs ihre Bäder aus Carrara-Marmor, ihre Kupferdachrinnen und ihre Klodeckel aus deutscher Eiche. Sprechen wir von den echten Konkurrenzwerkstoffen zu PVC. Reden wir von Rohren. Rohre kann man aus Ton, Gußeisen, Kupfer oder eben PVC herstellen. PVC hat sich als Rohrmaterial durchgesetzt, weil es korrosionsfest ist, nicht verrottet, keine Fremdstoffe an das Wasser abgibt und weniger zerbrechlich ist als keramische Materialien. Die guten Eigenschaften resultieren in extrem langen Nutzungsdauern. 50 bis 100 Jahre sind möglich. Langlebigkeit ist die beste Art der Abfallvermeidung. Für die Herstellung eines PVC-Rohres wird nur ein Bruchteil der Energie verwendet, die für die Herstellung eines entsprechenden Kupfer- oder Gußeisenrohres nötig ist. Selbst für die Herstellung eines vergleichbaren Polyethylenrohres wird mehr als die doppelte Menge an Energie verwendet.

Ähnlich überlegen ist PVC als Rahmenmaterial für Fenster. PVC hat sich durchgesetzt, nicht weil die chemische Industrie eine Chlordeponie gesucht hat, sondern weil PVC ein herausragender und dadurch auch umweltfreundlicher Werkstoff ist. PVC-Fenster sind preiswert, langlebig, müssen nicht gegen Fäulnis geschützt werden. Sie brauchen keinen Lack, der periodisch erneuert werden muß. Da PVC Wärme schlecht leitet, isoliert der Rahmen auch ohne zusätzliche thermische Trennung. Viele Kommunen, die eigentlich auf PVC verzichten wollten, sind wieder zu PVC-Fenstern zurückgekommen. In einer Gemeinde in der Bundesrepublik ist man stolz darauf, Holz-Alu-Fenster zu verwenden. Kann dieses Verbundmaterial, extrem teuer und kaum wiederzuverwerten, der Werkstoff sein, mit dem wir enormen Sanierungsbedarf in der ehemaligen DDR decken?

Herr Claus hat recht, daß sich im Blut von Patienten nach der Dialyse oder der Bluttransfusion Spuren des Weichmachers DEHP finden. Dies ist die einzige signifikante Belastung



Einsatz von PVC in der Medizin

Foto: Okapia

von Menschen mit dem Weichmacher. Es stellt sich die Frage, warum Blutbeutel, Transfusionsschläuche und ähnliche Artikel weltweit aus Weich-PVC hergestellt werden, wenn die Nutzung dieser Artikel die Aufnahme eines körperfremden Stoffes bedingt?

Bei dem Kompromiß, den jede Werkstoffwahl in einem derartig kritischen Bereich darstellt, überwiegen die Vorteile von Weich-PVC den Nachteil der Weichmacheraufnahme. Weich-PVC ist glasklar, so daß die Krankenschwester den Zustand der Infusionslösung überprüfen kann. Es zerbricht nicht. Bei der Blutentnahme kollabiert der Beutel, dadurch wird ein Einsaugen von Luft verhindert. Weich-PVC läßt sich schweißen, schonend sterilisieren, und vor allem entsteht in der Schlauchpumpe kein Abrieb, der in die Blutbahn des Patienten gelangen kann. Das Überwiegen der Vorteile für den Patienten und keineswegs ein vordergründiges Preisargument, sprechen für den Einsatz von Weich-PVC im medizinischen Sektor.

Sprechen wir von den Nachteilen von PVC, sprechen wir von Cadmium. Cadmium wird heute praktisch ausschließlich für die Herstellung von Fenstern eingesetzt. In naher Zukunft werden die ersten blei- und cadmiumfreien PVC-Fensterprofile auf den Markt kommen. Daß 1987 in Weich-PVC 4000 Tonnen Barium/Cadmium-Stabilisatoren verwendet wurden, mag für irgendein Land, irgendeinen Kontinent oder gar für die ganze Welt seine Richtigkeit haben: Das Bezugsgebiet ist nicht genannt. In der BRD ist Cadmium für Weich-PVC bedeutungslos.

Sprechen wir von Dioxinen. Kein Argument gegen PVC ist von den Kritikern so lustvoll ausgebreitet worden, wie der Vorwurf, daß PVC die Dioxinemissionen aus Müllverbrennungsanlagen verursacht. Nun haben Messungen an verschiedenen Müllverbrennungsanlagen ergeben, daß der Dioxinausstoß vom Brennstoff unabhängig ist. Ob man PVC zufügt, PVC aussortiert oder einen PVC-freien Brennstoff wie Altpapier verheizt, immer bleibt der Dioxingehalt im Rohgas bei einer gegebenen Anlagenkonfiguration und -betriebsweise gleich.

Ernster ist der Vorwurf, daß sich im Brandfall von PVC Dioxine bilden. Tatsächlich findet man im Brandruß von PVC erhöhte Dioxinkonzentrationen. Die chlorierten Dioxine und Furane sind an den Brandruß gebunden und aller Wahrscheinlichkeit nach nicht biologisch verfügbar. Es ist gängige Praxis, die Gebäude durch sorgfältiges Entfernen der Brandrückstände zu dekontaminieren. Das *Bundesgesundheitsamt* hat dazu eine Anleitung herausgegeben.

Daß PVC ein „recyclingfeindlicher" Kunststoff ist, ist eine alte Chimäre. PVC wird bei der Erstverarbeitung wie beim Recycling aufgeschmolzen und aus der Schmelze verarbeitet. Abspaltung von HCl (Salzsäure) und Zersetzung tritt nur dann auf, wenn man den Kunststoff mißhandelt. Produkte wie Parkbänke etc. werden nicht aus PVC-Recyclaten hergestellt, sondern aus gemischten Kunststoffresten, wenn man sich die Mühe der Trennung sparen will. PVC bietet durch sein Produktspektrum für eine Recyclingwirtschaft große Chancen, besonders da es gegen Verunreinigungen besonders unempfindlich ist.

PVC-Fenster, Rolläden, Rohre, flexible Bodenbeläge – all das sind Produkte, die überwiegend aus PVC bestehen. Es sind große Teile, die sich wirtschaftlich sortieren und zu hochwertigen Produkten verarbeiten lassen. Zum Beispiel werden PVC-Bodenbeläge ab Dezember 1990 von der Recyclinggesellschaft der Bodenbelags- und Rohstoffhersteller gesammelt und wieder zu neuen Bodenbelägen verarbeitet. Aus alten Fenstern, Rohren und Bodenbelägen lassen sich Regenerate herstellen, die sich in der Qualität kaum von Neuware unterscheiden.

PVC hat wie jeder Werkstoff seine Stärken und Schwächen. Vorteile, die es für gewisse Anwendungen prädestinieren und andere Anwendungen ausschließen. Reden wir also über PVC, über PVC, den Werkstoff, und nicht über PVC, das Vorurteil. Vergleichen wir PVC auch in den Umweltauswirkungen mit den Ersatzstoffen: ein Vergleich, den PVC nicht zu scheuen braucht.

*Dr. Walter Tötsch*
*Hüls AG*
*4370 Marl*

## Nicht die einzige

**Schwebend über dem Wasser – *Kultur & Technik* 1/1991, S. 26.**

Die Schwebefähre bei Osten ist nicht das einzige erhaltene Exemplar in Deutschland. Am Nord-Ostsee-Kanal in Rendsburg wird die dort befindliche Eisenbahnbrücke noch heute täglich für den Auto- und Personen-Verkehr über den Wasserweg genutzt. Am Stahlfachwerk dieser Brücke hängt nämlich ebenfalls eine Schwebefähre, die – nebenbei bemerkt – für Ortsunkundige nicht leicht zu finden ist, da sie im Hafengebiet beginnt und von der Stadt Rendsburg auf der Ausschilderung im Ort glatt verschwiegen wird. Dieser Fall der Kombination einer Stahlfachwerkbrücke mit einer Schwebefähre wäre mir in dem sehr interessanten Artikel schon erwähnenswert erschienen.

*Klaus Littmann*
*5100 Aachen*

## Einiges durcheinander

**Tramfahrt in die Vergangenheit – *Kultur & Technik* 1/1991, S. 8.**

In Ihrer Meldung haben Sie ja einiges kräftig durcheinander gebracht: Die „Zille-Tour" ist eine Rundfahrt durch die beiden Stadtzentren Berlins mit einem Nachbau eines historischen Omnibus. Mit der alten Straßenbahn hat das nicht das geringste zu tun! Die Bildunterschrift dazu steht im genauen Gegensatz zu der Meldung und ist genauso falsch: Zwischen Lichterfelde-Ost und der (ehemaligen!) Kadettenanstalt liegen schon lange keine Schienen mehr... Die einzige Straßenbahn im Westteil der Stadt verkehrt als Originalität zwischen den beiden (zur Zeit noch) stillgelegten Hochbahnhöfen Nollendorfplatz und Bülowstraße. Diese Strecke wird aber wohl noch in diesem Jahr zugunsten der Wiederinbetriebnahme der Hochbahn aufgegeben. Daher kann die BVG auch nicht auf Anfrage eine Straßenbahn zwischen Kurfürstendamm und Alexanderplatz pendeln lassen: Es gibt in West-Berlin keine Schienen mehr! Vielleicht veranstalten ja die (noch existierenden) Verkehrsbetriebe BVB in Ost-Berlin eine Nostalgie-Tour mit einem historischen Triebwagen. Das aber, wie schon geschildert, auf keinen Fall in Richtung Ku'damm, sondern nur im Ostteil der Stadt.

*Dieter Brügmann*
*1000 Berlin 30*

**Zu dem Artikel *Tödliche Täuschung* von Jens Scheer in *Kultur & Technik* 1/91, S. 30 ff., haben uns zahlreiche Zuschriften erreicht. Stellvertretend dafür möchten wir in dieser Ausgabe die Zuschrift von Herrn Dr. Herwig G. Paretzke, Stellvertretender Direktor des GSF-Instituts für Strahlenschutz, Vorsitzender des Gemeinschaftsausschusses Strahlenforschung (GAST) und Mitglied vieler internationaler Strahlenschutzkommissionen (ICRP, ICRU, OECD), veröffentlichen, der sich seit 1968 mit Fragen der Strahlenexposition und Strahlenwirkung befaßt.**

## „Tödliche Täuschung" war schlichte Täuschung

**Strahlenphobie-Artikel verursacht Täuschung von vielen Lesern**

In Kultur & Technik 1/1991 erschien unter dem Titel „Tödliche Täuschung – Radioaktive Niedrigstrahlung hat den Tod von vielen Millionen Menschen verursacht" ein Artikel von Jens Scheer (1), in dem bis auf den ersten Satz so ziemlich jeder weitere falsch war. Dies war so offensichtlich, daß man an einen versuchten Faschingsscherz des Autors oder der Redaktion zu glauben geneigt war. Erst verwunderte Zuschriften bei diesem Leser (HGP) mit der Bitte um weitere Informationen und dessen Anrufe bei der Redaktion zeigten, daß viele Leser den Science-Fiction-Charakter dieses Artikels nicht erkannt hatten – genausowenig wie die Redaktion („Errare humanum est").

Als ehemaliger Schüler des nach dem Gründer des Deutschen Museums benannten Oskar-von-Miller-Gynmasiums, das Oskar von Miller selbst noch als „Altes Realgymnasium" in Schwabing besucht hatte, und als Mitglied (und Vorsitzender des Fachausschusses Strahlenwirkung und Strahlenschutz) der Deutschen Physikalischen Gesellschaft satzungsgemäß „verpflichtet, für ... Wahrhaftigkeit und Würde in der Wissenschaft einzutreten", war man es einerseits seinem berühmten, ehemaligen Mitschüler schuldig, der überraschten Redaktion (sie kannte J. Scheer vorher und den Offenen Brief des Fachbereichs Physik der Universität Bremen (2) an ihn nicht) dieser angesehenen Zeitschrift beizustehen. Andererseits galt es, wie damals für Oskar von Miller, auch für diesen Leser (HGP), die im Eingangsbereich des Oskar-von-Miller-Gymnasiums in Mosaik gelegte Aufforderung „Carpe diem" (Nutze den Tag) zu beherzigen. Als Kompromiß zwischen der Pflicht zur Reaktion und der Neigung zu interessanteren Tätigkeiten soll deshalb nur an wenigen Beispielen die korrekte Einordnung des Artikels von Scheer vorgenommen werden.

Der Artikel von Scheer mit seinen Behauptungen über die großen gesundheitlichen Wirkungen insbesondere der kleinen Strahlendosen basiert auf einem Buch von Gould und Goldman (3). Dieses Buch ist für erfahrene Fachleute, die schwarzen Humor lieben, erheiternd zu lesen („Jod-131 ist so radioaktiv, daß es in Einheiten von Pico-Curie pro Liter gemessen wird", S. 185), für Laien wegen seiner desinformierenden Datenmanipulation in eloquenter Verpackung genausowenig zu empfehlen wie das Ernstnehmen von Scheers Artikel darüber.

In dem Buch und Scheers Beitrag darüber werden die seit etwa 20 Jahren wohlbekannten vier Strategien verfolgt (4, 5, 6):

1) Aus den statistischen Daten über die vielen Gesundheitsindikatoren (z. B. alters- und geschlechtsabhängige Mortalitätsraten für die vielen verschiedenen Todesursachen), die naturgemäß mehr oder minder starke zeitliche und örtliche Variationen aufweisen, diejenigen in einem bewußt festgelegten Zeitfenster auszuwählen, die denselben Gang mit der Zeit haben, wie die als Ursache dafür suggerierte Strahlenexposition, und zwar unabhängig von ihrer Größe, z. B. durch atmosphärische Atombombentests oder die Emissionen einer kerntechnischen Anlage (siehe Abbildungen in Ref. (1) auf S. 30, 33, 34). Nach dieser Strategie war die beobachtete Abnahme der Störche in Deutschland auch schuld an der zur gleichen Zeit feststellbaren Abnahme der hiesigen Geburtenrate.
2) Wenn die Originaldaten selbst den gewünschten Trend nicht zeigen, wird geeignet zeitlich und/oder örtlich gemittelt oder eine Manipulation der die statistischen Daten sammelnden und publizierenden Behörden unterstellt (siehe Ref. (1), S. 33).
3) Alternativ dazu lassen sich sicher Differenzen absoluter, alterskorrigierter oder relativer Gesundheitsdaten oder Quotienten daraus finden, die zufällig den „richtigen" Anstieg mit der Zeit zeigen.
4) Sollten die betrachteten Gesundheitsindikatoren (z. B. Säuglingssterberaten) trotz postulierter Strahlenwirkung mit der Zeit günstiger werden, d. h. die Sterblichkeit abnehmen, wird – ohne wissenschaftliche Begründung – unterstellt, daß sie eigentlich noch stärker fallen sollten. Die Differenz zwischen dem postulierten, noch steileren Abfall zu den tatsächlichen Daten wird dann als Strahlenwirkung deklariert.

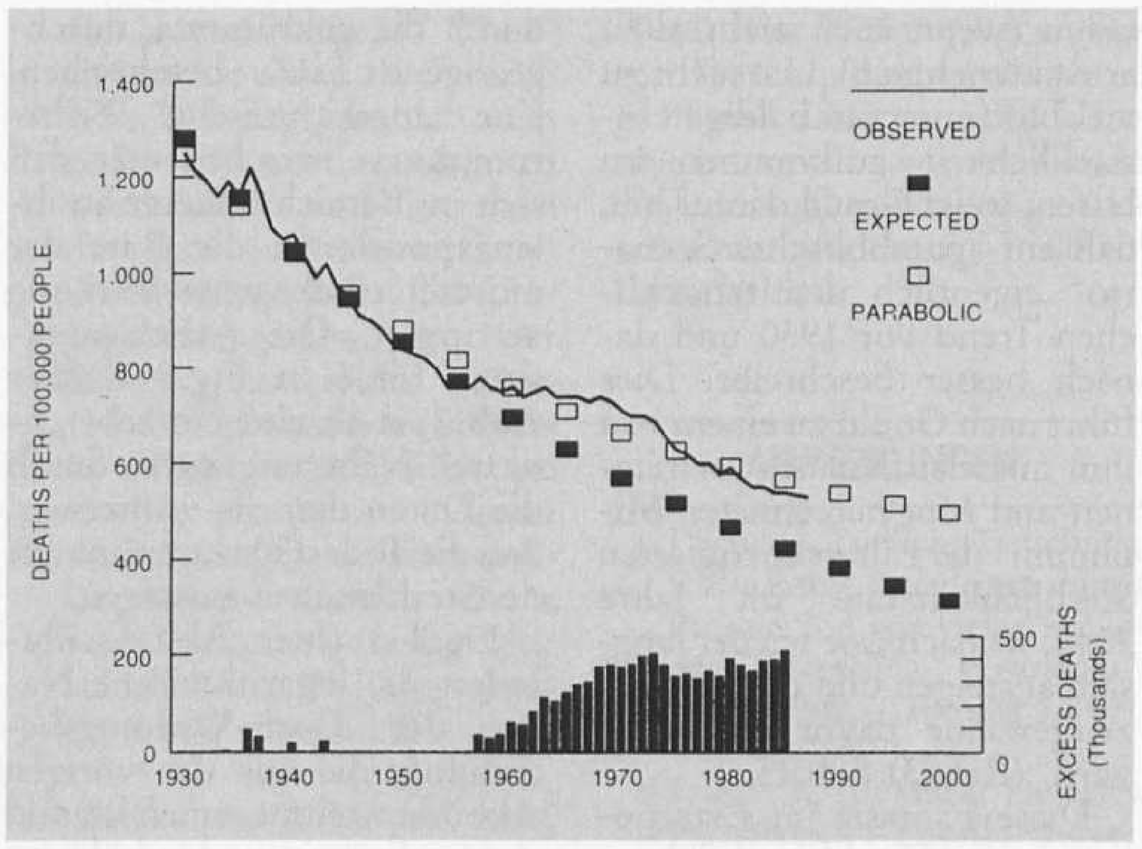



**Abb. 1: „Sterblichkeits-Szenario für die USA bis zum Jahr 2000". (Aus: Gould/Goldman, Deadly Deceit, Fig. 7-2)**

Nach obiger Methode 4 wird dann relativ einfach behauptet, daß angeblich „radioaktive Niedrigstrahlung den Tod von vielen Millionen Menschen verursacht hat": Die Mortalitätsrate der USA ist seit 1950 zwar deutlich (um etwa 0,8% pro Jahr) gesunken, aber nicht mehr um 2% pro Jahr, wie im Mittel zwischen 1930 und 1950. Die Differenz zu einer weiterhin mit 2% abnehmenden Sterblichkeit (in Abb. 1 mit „expected" statt „postulated" bezeichnet) wird von Scheer/Gould ohne weitere mechanistische Begründung allein den atmosphärischen Atombombentests angelastet (Ref. (3), S. 99–100). So hat im Handumdrehen die Strahlung „den Tod von vielen Millionen Menschen verursacht", (rechte Ordinate in Abb. 1). Der Gedanke an die, von Gould postulierte, logarithmisch asymptotisch auf Null abnehmende Sterblichkeit des Menschen ist sehr ange-



Deutsches Museum
Bibliothek

nehm (wenn auch nicht allzu ernst zu nehmen). Um nicht zu viel Hoffnung auf baldige Unsterblichkeit aufkommen zu lassen, weist Gould darauf hin, daß ein „parabolisches Szenario" eigentlich den tatsächlichen Trend vor 1950 und danach besser beschreibt. Dies führt nach Gould zu einem von ihm mit viel Fantasie vertretenen und Mut berechneten Minimum der alterskorrigierten Sterblichkeitsrate im Jahre 2040, wonach „sie wieder langsam ansteigen und die Lebenszeitgewinne davor aufzehren wird" (Ref. (3), S. 101).

Diese Fantasie im Extrapolieren von Gould und Scheer, die dann als harte wissenschaftliche Erkenntnisse dargestellt wird, kann im folgenden noch besser bewundert werden am Beispiel der jeden Leser erschreckenden Abbildung über den „Zuwachs der Gesamtsterblichkeit in verschiedenen Gebieten der USA als Funktion des Jod-131-Gehalts der Milch nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl" (Ref. (1), S. 30); sie sei zur Erinnerung hier als Abb. 2 nochmals wiedergegeben. Danach hätte die Gesamtsterblichkeitsrate nach dem Unglück von Tschernobyl in Europa um katastrophale 20–30% gegenüber dem Vorjahr ansteigen müssen (tatsächlich ist sie in Deutschland gefallen!). Sowohl die Kurve für das „Tatsächliche Anwachsen des Gesundheitsrisikos" als auch die für „Lineares Anwachsen des Gesundheitsrisikos" entspringen jedoch – Gott sei Dank – reiner Fantasie und haben keinerlei wissenschaftliche Begründung. Dies soll kurz durch Zitieren (in Klammern: Anm. d. Üb.) der entsprechenden Sätze in Goulds Buch und seiner beiden Abbildungen bewiesen werden (Ref. (3), S. 17–21). Danach zeigen die hier in Abb. 3 (seine Fig. 2–4) wiedergegebenen (Beginn des Zitats) „Punkte den prozentualen Anstieg der insgesamt im Monat Mai Gestorbenen als Funktion der höchsten Jod-131 Konzentrationen (in der Milch) in jeder (US-Census-)Region". „Der zu beobachtende Trend der Daten wird am besten durch die gekrümmte, durchgezogene Linie beschrieben, eine „logarithmische" Näherungskurve, was bedeutet, daß sich im Bereich höherer Strahlenexpositionen die Rate der mortalitätsbezogenen Wirkung verringert. Die (strich)punktierte Linie in Fig. 2–4 (hier Abb. 3) stellt eine einfache „lineare" Näherungskurve durch die Daten dar, die vorhersagt, daß die Todesfälle konstant mit der Strahlendosis ansteigen.

Fig. 2–5 (hier Abb. 4) illustriert die logarithmische Natur der Dosis-Wirkungsbeziehung, die aus der vorigen Abbildung entnommen ist, und extrapoliert sie zu den höheren Konzentrationen von Strahlung (Aktivität), wie sie in Europa nach dem Tschernobyl-Unfall gemessen wurden. Sie deutet an, daß die Zahl der Todesfälle unterhalb 100 pCi (3,7 Bq) pro Liter stark mit dem Jod-131 Gehalt (in der Milch) ansteigt, der relative Anstieg sich aber bei höheren Strahlenpegeln abflacht. Die (strich)punktierte Linie stellt die Beziehung zwischen Dosis und Mortalität dar, die Physiker und Offizielle im Gesundheitswesen seit Hiroshima als wahr angenommen haben. Wie anhand der Abbildung (hier Abb. 4) zu sehen ist, unterschätzt die übliche Annahme über die Dosis-Wirkungsbeziehung, die durch Extrapolation von hohen Dosen abgeleitet wurde, den Effekt stark bei niedrigen Strahlungsintensitäten" (Ende des Zitats).

Jetzt wird auch dem Laien deutlich, daß die in Abb. 2 und 4 dargestellten „logarithmischen" Kurven nichts weiteres als Handzeichnungen sind, die künstlerisch frei aus der in Abb. 3 dargestellten Datenbasis extrapoliert wurden. Diese Datenbasis beschränkt sich auf einen Wertebereich auf der horizontalen Achse der Abb. 2 und 4 von weniger als einem halben Millimeter (d. h. auf unter 50 pCi/l)!

Es ist nach diesen Beobachtungen fast überflüssig, zu bemerken, daß

- die zusätzliche effektive Strahlenexposition in den USA durch den Tschernobyl-Unfall nach Schätzungen der Vereinten Nationen (7) im gesamten Jahr 1986 (Gould betrachtet nur Bruchteile hiervon) durch alle Radionuklide und Expositionspfade im Mittel nur ca. 1,5 µSv betrug. Das entspricht etwa der Erhöhung der Strahlenexposition durch natürliche Höhenstrahlung nach einer Viertelstunde Flug oder einem einwöchigen Aufenthalt eines Hamburgers (auf Null Meter über NN) in München (auf 500 Meter über NN),
- die „lineare" Kurve in Abb. 3 nichts mit der „linearen" Kurve in Abb. 4 zu tun hat,
- die „lineare, offizielle" Kurve in Abb. 4 die „offiziellen" Risiken einer derartigen

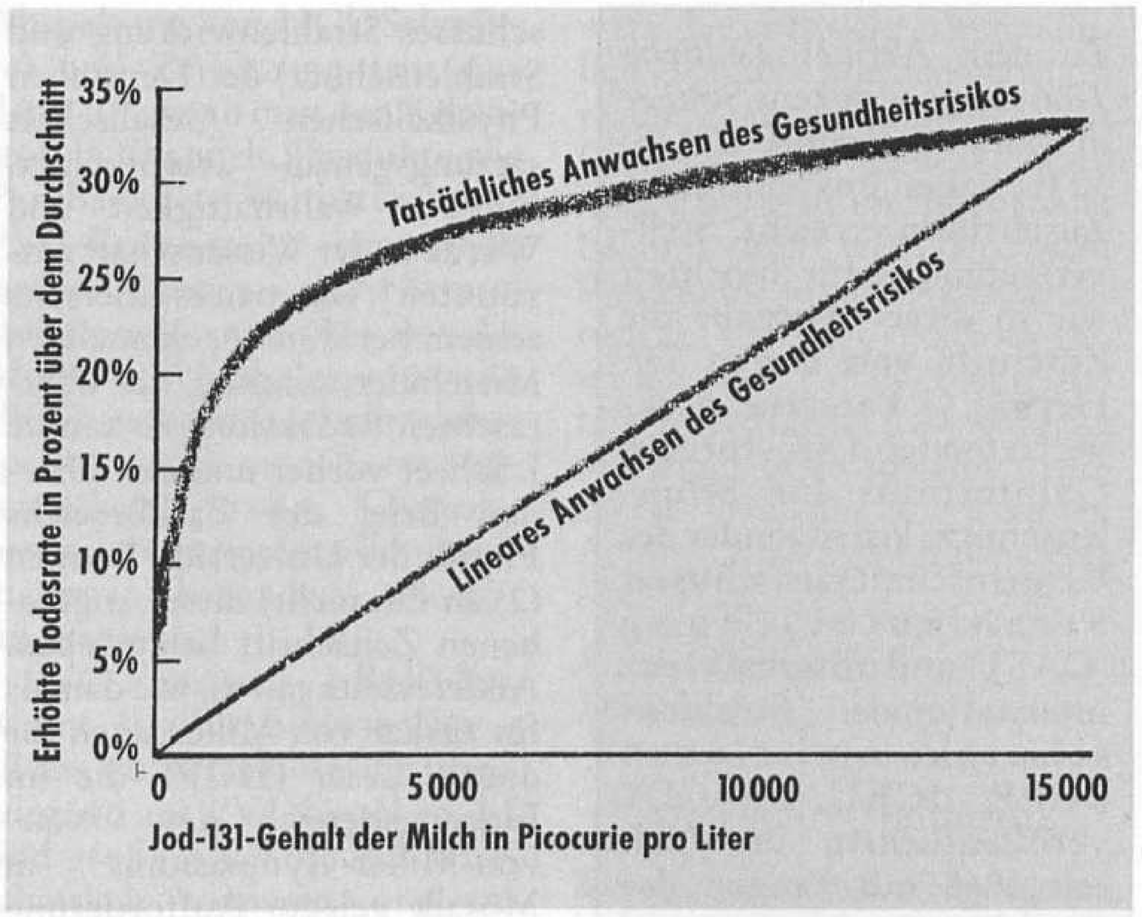



**Abb. 2: „Zuwachs der Gesamtsterblichkeit in verschiedenen Gebieten der USA . . ." (27 pCi=1 Bq) (Aus: Kultur & Technik 1/1991, S. 30)**

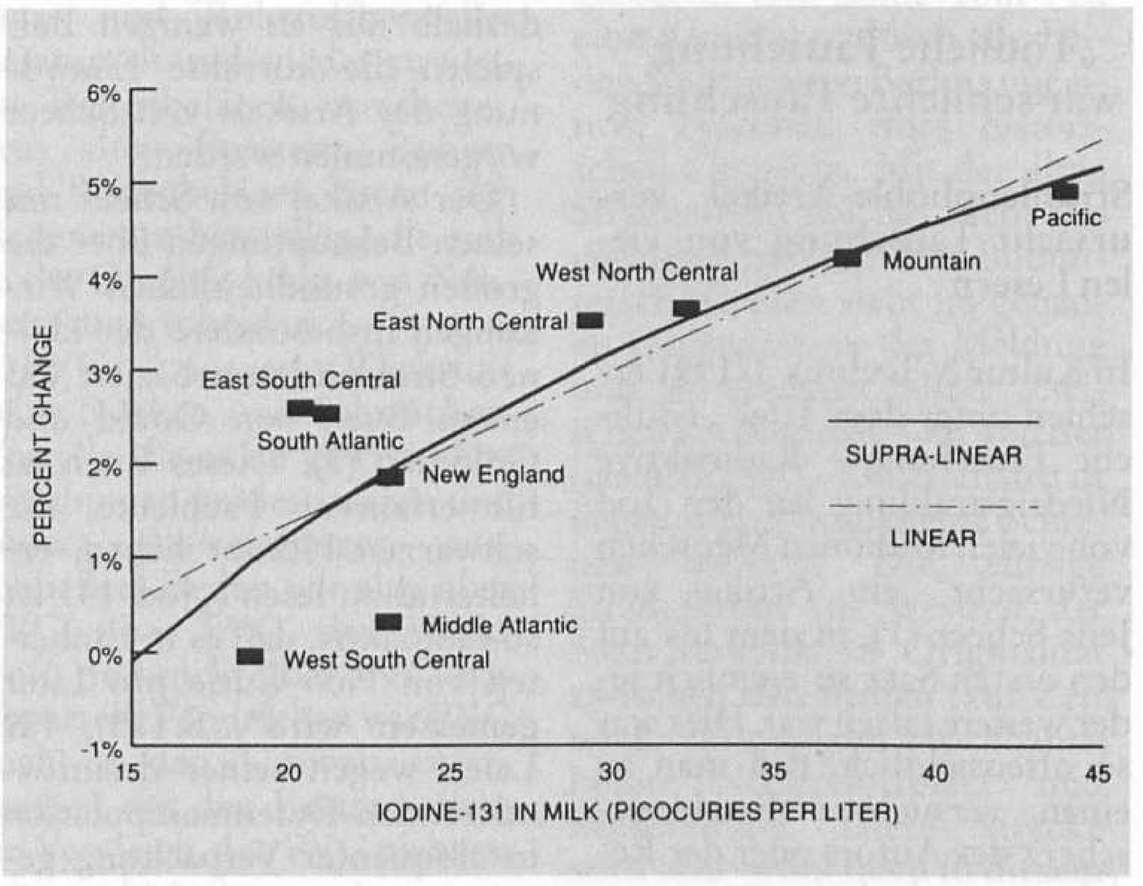



**Abb. 3: „Veränderungen der Zahl der gesamten Todesfälle in den USA (Censor-Bereichen) als Funktion des Jod-131-Gehalts in der Milchversorgung von Mai/August 1985 bis Mai/August 1986". (Aus: Gould/Goldman, Deadly Deceit, Fig. 2-4)**

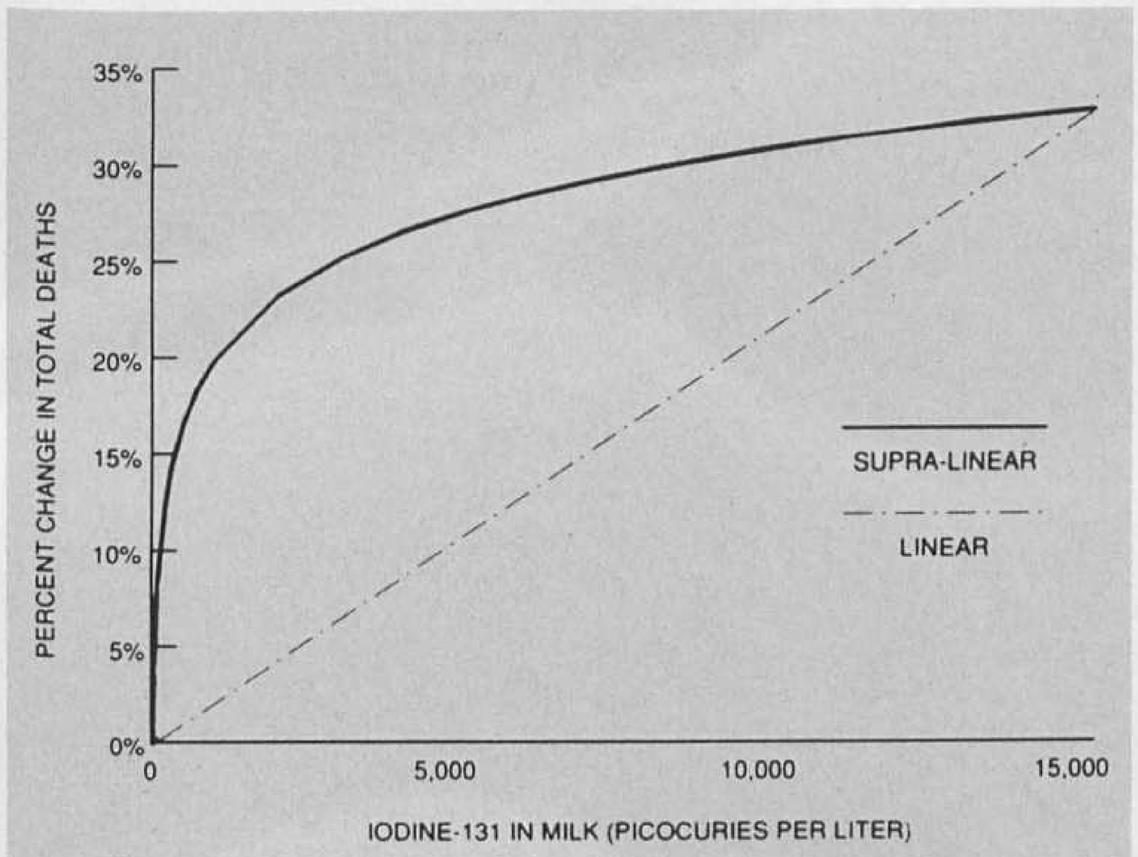



**Abb. 4: „Dosis-Wirkungsbeziehung: Anstieg der gesamten Todesfälle als Funktion der Exposition durch Jod-131 in der Milch". (Aus: Gould/Goldman, Deadly Deceit, Fig. 2-5)**

**Tab. 1: Todesfälle in der Bundesrepublik Deutschland in den Monaten April bis Juni der Jahre 1985–87 (nach Daten des Statischen Bundesamtes, Wiesbaden)**

| | April | Mai | Juni |
|---|---|---|---|
| 1985 | 58593 | 59027 | 52623 |
| 1986 | 61646 | 55290 | 55920 |
| 1987 | 56721 | 50501 | 61805 |

Strahlenexposition durch diese Milchprodukte um mindestens 4 Größenordnungen zu hoch angibt,
- bei dieser Analyse eigentlich alters-korrigierte, relative Mortalitätsraten (z.B. pro $10^5$ Einwohnern) hätten benutzt werden müssen und nicht Absolutzahlen, die z.B. durch Bevölkerungswachstum, Wanderungsbewegungen, Altersstruktur (Kalifornien!), etc. stark beeinflußt sind,
- das US-National Center for Health Statistics für das Jahr 1986 tatsächlich den niedrigsten jemals festgestellten Wert der alters-korrigierten Mortalitätsrate gefunden hat,
- zeitliche Schwankungen der monatlichen Mortalität von einigen Prozenten bei diesen Kohortengrößen normal sind (siehe Tab. 1),
- in Deutschland, mit mittleren Spitzenwerten der Jod-131-Aktivität in der Milch von über einigen hundert Bq/l (d.h. um ca. 5000 pCi/l, in Südbayern bis zu 15000 pCi/l), nicht – wie postuliert – ein Anstieg der Todesfälle im Monat Mai 1986 gegenüber Mai 1985 von über 25% gefunden wurde, sondern – rein zufällig – eine Abnahme von über 6% (Tab. 1), (Wollen Sie nach obiger Methode 1 einen kleinen strahlenbedingten Anstieg beweisen? Voilà, nehmen Sie die Juni-Werte 1985 und 86! Von der Verwendung der sonst „idealen" April-Werte 1985, 86 und 87 (Anstieg und Abfall) wird abgeraten, da nicht jedem Laien eine „antizipierende" Strahlenwirkung einen Monat vor der Exposition plausibel zu machen ist),
- die „logarithmische" Theorie von Gould et al., die er in Abb. 3 darlegt, deshalb auch nicht so ernst genommen werden sollte von Vertretern der „strahlenhormetischen" Wirkungen: bei Jod-131-Konzentrationen in der Milch unterhalb von 15 pCi/l gibt es leider keinerlei Hinweise auf eine von Gould et al. so indirekt vorhergesagte Lebensverlängerung durch kleine Strahlendosen oder gar Unsterblichkeit bei der Jod-Konzentration Null!

Es fällt schwer, diese und viele, viele weitere Irrtümer (siehe z.B. Ref. 8) in den Artikeln von Gould, Scheer, etc. (in der einführenden Danksagung schreibt Gould: „This book rests heavily on the insights and guidance of ... Jens Scheer, ...") als Ergebnis reinen Zufalls anzusehen. So hat das Dept. of Public Health des US-Staates Connecticut keinerlei Erhöhung der lokalen Krebssterblichkeit um den Millstone-Reaktor feststellen können, deren Existenz von Gould behauptet wurde. Auch das Gesundheitsministerium von Pennsylvania konnte außer (verständlichem) psychologischem Streß keine Gesundheitseffekte in der Bevölkerung durch den Reaktorunfall von Three-Mile-Island finden, obwohl dies von Sternglass, Gould, et al. immer wieder ohne Beweis behauptet wird. Da der Artikel jedoch im Carneval erschien, sollten diese offenkundigen Verstöße gegen die oben erwähnte Forderung nach Wahrhaftigkeit und Würde in der Wissenschaft nicht ernster genommen werden, als es diese Arbeit verdient: Honni soit qui mal y pense!

Dennoch gilt: Carpe diem, denn ionisierende Strahlung (Radonfolgeprodukte und Sonnenlicht) bleibt auch ohne diese strahlenphobischen Übertreibungen die gefährlichste Umweltnoxe für den Menschen (9, 10), wenn auch auf um Größenordnungen niedrigeren Risiko-Pegeln, und wir müssen noch viel tun, um ihre Wirkung besser quantifizieren zu können. Wenn diese Wirkung bei niedrigen Dosen jedoch wirklich so groß und daher so einfach beobachtbar wäre, wie von Gould et al. postuliert, dann wäre dieses Quantifizierungs-Problem längst gelöst.

## ANMERKUNGEN


1. J. Scheer, „Tödliche Täuschung: Radioaktive Niedrigstrahlung hat den Tod von vielen Millionen Menschen verursacht", Kultur & Technik 1/1991, S. 30–34.
2. Prof. Dr. A. Mayer-Heinricy, Fachbereich I Physik, Universität Bremen, „Offener Brief an Herrn Prof. Dr. Jens Scheer", 26. Jan. 1989.
3. J. M. Gould and B. A. Goldman, „Deadly Deceit: Low Level Radiation, High Level Cover Up", Four Walls Eight Windows Publisher, P.O. Box 548, Village Station, New York, N.Y. 10014, 222 pp.
4. K.O. Ott, „Das Sternglass-Phänomen und die Gofman-Tamplin-Kontroverse", Atomwirtschaft, Januar 1972, S. 25–32.
5. A. P. Hull und F. J. Shore, „Sternglass: A Case History", Report 16613, Brookhaven National Laboratory, Upton, L. I., N. Y. 11973, USA.
6. H. Brück, „Kernkraftwerke und Kindersterblichkeit", Naturwissenschaftliche Rundschau, Heft 10, 1974, S. 411-415.
7. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: „Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation", 1988 Report to the General Assembly, United Nations, N.Y., Sales No. E.88.IX.7.
8. W.R. Hendee, „Book Review: Deadly Deceit: Low Level Radiation, High Level Cover Up", S. 943, und „Guest Editorial: Radiation phobia as a culturally mediated reflex", Health Physics, Vol. 59 (1990), Pergamon Press, S. 763 f.
9. R. Doll und R. Peto, „The causes of cancer", J. Nat. Cancer Inst. 66 (1981). S. 1193–1308.
10. US. Environmental Protection Agency: „Unfinished Business: A Comparative Assessment of Environmental Problems", US Government Printing Office, Washington, D.C. (1987).

In den Chips des 21. Jahrhunderts sollen die Informationen von einzelnen Molekülen weitergeleitet und gespeichert werden.

# DENKENDE MASCHINEN

## Die Anfänge der molekularelektronischen Forschung

VON HANNELORE SCHNELL

**Die Chips können immer größere Mengen an Informationen speichern. Dem Megachip soll bald schon der Gigachip folgen. Doch die Informationsverarbeitung auf Silicium-Basis stößt an technische Grenzen. Manche Forscher sehen eine Alternative in organischen Molekülen, in „Biocomputern" aus „Biochips". Die technische Nutzung der Molekularelektronik aber ist gegenwärtig noch nicht in Sicht.**

Sie wollen etwas über Biochips schreiben?" Dr. Wolfgang von Gentzkow ist Mitarbeiter der Zentralabteilung Forschung und Entwicklung bei *Siemens* in Erlangen. „Rufen Sie am besten in 20 oder 30 Jahren wieder an. Dann kann ich Ihnen etwas Fundiertes dazu sagen."

Andere haben die Zukunft schon deutlich vor Augen. Populärschriftsteller munkeln, daß die Chips von morgen in unseren Gehirnen sitzen werden. Wissenschaftler schwärmen von den unbegrenzten Möglichkeiten elektronischer Miniaturimplantate: Blinde beispielsweise werden wieder sehen und Lahme wieder gehen können. Chirurgische Mikro-Roboter werden durch die Adern hasten. Sie lösen Blutgerinnsel auf und zerstören bösartige Geschwüre. Von feinst koordinierten Prothesen ist die Rede und von elektronisch gesteuerten Kunstorganen. Neuro-Computer werden in den Köpfen sitzen. Sie horchen ab, was der Mensch denkt und füttern das Gedächtnis mit dem Wissen von Bibliotheken und Experten. Schöne neue Welt dank einer Elektronik, deren Bauteile so klein wie Moleküle sind.

Foto: Manfred Kage

Solche Phantastereien lassen von Gentzkow ziemlich kalt. Er verfolgt zwar interessiert die Forschung, aber er behält auch immer die praktische Umsetzung im Auge. Doch hier genau liegen die Schwierigkeiten. Denn technische Produkte sind noch nicht in Sicht. Um den Stand der Forschung zu illustrieren, sucht er nach einem Vergleich: „Angenommen der Weg vom Mikrochip bis zu molekularelektronischen Schaltungen ist einen Kilometer lang, dann haben wir jetzt vielleicht einige Zentimeter hinter uns." Wird das Endziel je erreicht werden? Kommt irgendwann der große Sprung nach vorne?

Die Wissenschaftler hierzulande halten sich mit Prognosen zurück. Überzogene Erwartungen hätten der Molekularelektronik bis jetzt mehr geschadet als genützt. Andererseits seien technische Entwicklungen auch schon oft unterschätzt worden. Der Physiker Heinz Drobe vom *Lehrstuhl für Integrierte Schaltungen* an der Universität München erinnert in diesem Zusammenhang an den IBM-Chairman Thomas J. Watson: „Er schätzte einmal den Weltmarkt für Rechner auf weniger als zehn Stück."

Das war zur Zeit der Röhrenelektronik. Damals hatte ein Verstärker noch die Größe einer Glühbirne. Heute sitzen auf einem Quadratzentimeter eines Silicium-Chips rund eine Million Transistoren. Von Schaltelement zu Schaltelement ist gerade noch Platz für einen tausendstel Millimeter (Mikrometer). In einen solchen Zwischenraum paßt nicht einmal mehr ein Bakterium.

Obwohl die Leistungsfähigkeit der elektronischen Systeme in den letzten Jahrzehnten ständig stieg, sanken die Herstellungskosten. Dieser Tatsache ist es zu verdanken, daß heute kaum mehr ein elektrisches Gerät ohne Mikrochip auskommt und der Personal Computer zu einem Begleiter in allen Lebenslagen avanciert. Die elektronischen Bauteile sollen noch kleiner, die Schaltungen noch schneller und die Herstellungskosten noch niedriger werden. Der 4-Megabit-Chip, der vier Millionen Informationseinheiten speichert – das sind fast 300 Seiten Schreibmaschinentext –, wird in den nächsten Jahren vom 16-Megabit-Chip abgelöst werden. Und die Japaner führen auf Messen bereits ihren 64-Megabit-Chip vor.

Schon jetzt gelingt es einigen Entwicklungslabors, Gigabit-Chips herzustellen, auf denen zehn- bis 50mal mehr Schaltelemente untergebracht sind als bisher. Die einzelnen Bauteile sind so winzig, daß sie sich nicht einmal mehr mit den stärksten Lichtmikroskopen erkennen lassen. „Das ist Nanoelektronik", sagt Drobe. „Die typischen Strukturgrößen liegen hier im Bereich von 20 bis 100 Nanometern." Die Vorsilbe Nano – von *nanus*, dem lateinischen Wort für Zwerg – bedeutet bei Maßeinheiten deren milliardsten Teil.

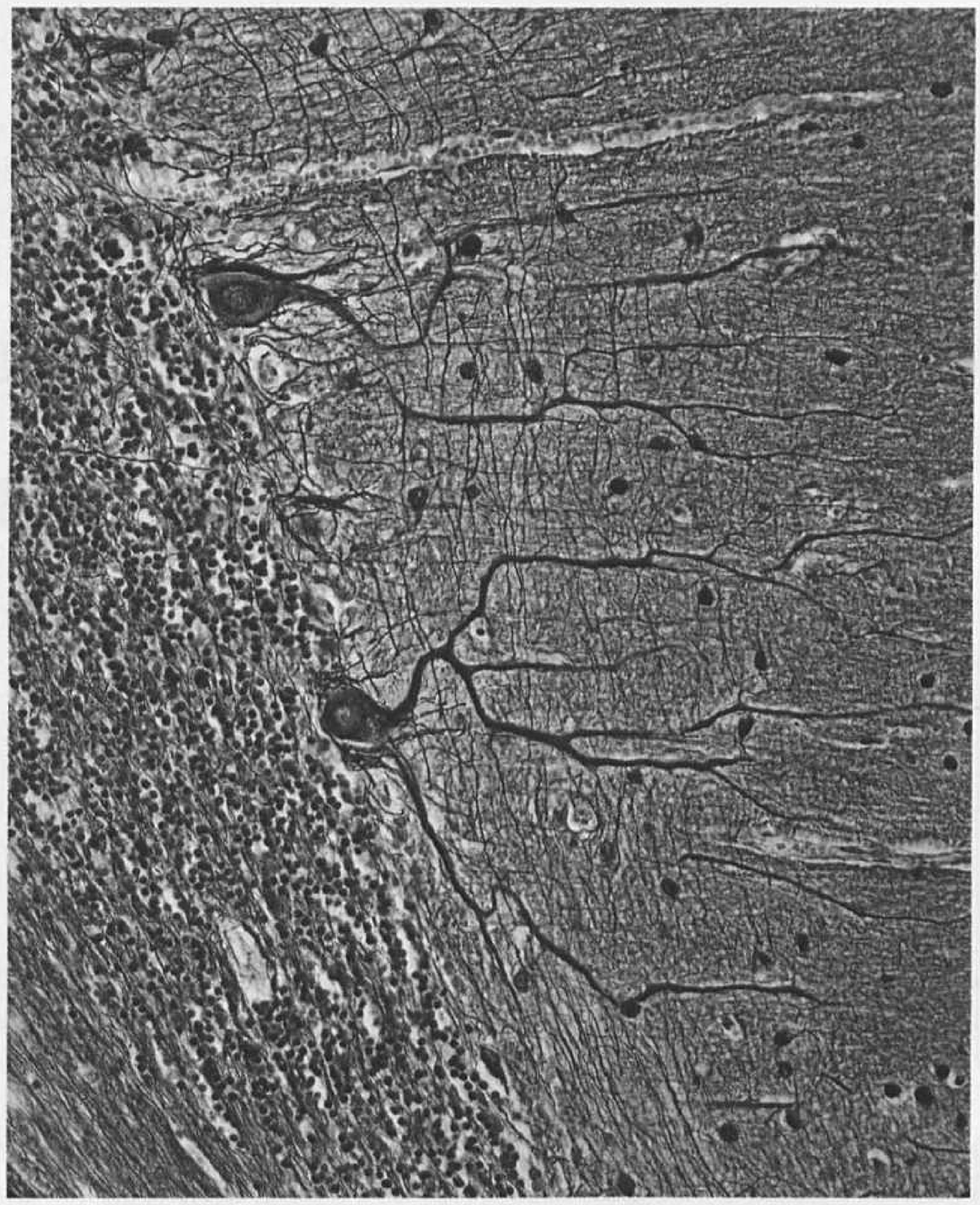
Da die Strukturen auf den Nanochips kleiner sind als die Wellenlängen des sichtbaren Lichts, versagt die optische Lithographie, mit deren Hilfe die integrierten Schaltungen heute serienmäßig hergestellt werden. Zwar gibt es Fertigungstechniken, die dieses Problem überwinden, wie etwa die Röntgenstrahl- oder Elektronenstrahl-Lithographie. Dennoch ist es äußerst schwierig, die Siliciumscheiben exakt zu „prägen" und homogen zu be-

schichten, wenn die Strukturen kleiner als 200 Nanometer sind.

Unkontrollierbare Quanteneffekte kommen hinzu. Denn je dichter die einzelnen Schaltelemente gepackt sind, desto eher springen Elektronen aus ihren Bahnen und „tunneln" sich zu den benachbarten Regionen durch. Informationsverluste sind die Folge. Mark Reed vom Zentralen Forschungslabor der *Texas Instruments* in Dallas schlug deshalb schon vor drei Jahren vor, sich von dem „Tunneln" nicht stören zu lassen, sondern es gezielt zu nutzen. Mit solchen Quantenhalbleitern könnten sich die Physiker den Dimensionen von biologischen Makromolekülen nähern – zum Vergleich: Der rote Blutfarbstoff Hämoglobin hat einen Durchmesser von rund sechs Nanometern. An die Stelle von Silicium treten sogenannte Doppel-Barrierestrukturen, die wie ein Sandwich aus Gallium-Arsenid- und Aluminium-Gallium-Arsenid-Schichten aufgebaut sind.

Während die einen versuchen, anorganischen Kristallen immer kleinere Strukturen abzutrotzen, setzen andere große Hoffnungen auf den umgekehrten Weg. Sie nehmen einzelne Moleküle – die Abmessungen liegen etwa bei einem Nanometer – und wollen aus ihnen Schalter, Speicher und Drähte bauen. Ein weiterer Unterschied zu den gängigen Halbleitern: Die Materialien stammen nicht mehr aus der anorganischen Chemie, sondern überwiegend aus der Kohlenstoffchemie, aus organisch-chemischen Verbindungen. Da nicht nur synthetische Substanzen für diese Zwecke zur Diskussion stehen, sondern auch Moleküle, für die es Vorbilder in der Natur gibt, ist die Molekularelektronik auch mit den Schlagworten „Biocomputer", gebaut aus „Biochips", bedacht worden.

Zu den Pionieren der Molekularelektronik zählt Arieh Aviram vom *Thomas-J.-Watson-Forschungszentrum* der IBM in Yorktown Heights. Zusammen mit seinen beiden Kollegen Philip Seiden und Mark Ratner veröffentlichte er als erster 1974 die Idee, Moleküle als Schalter beziehungsweise als Speicher zu benützen. Grundvoraussetzung dafür ist, daß die verwendeten Substanzen in mindestens zwei verschiedenen Konfigurationen existieren und sich durch Änderung der äußeren Einflüsse – etwa bei Belichtung oder in einem elektrischen Feld – von einem Zustand in den anderen „schalten" lassen. Dieser Prozeß muß umkehrbar sein. Chemiker nennen solche Moleküle bistabil. Sie sind vergleichbar mit Kippschaltern, die in der einen Position sperren und die in der anderen Stellung den Strom durchlassen. In der Digitaltechnik entspricht das dem „0"-bit beziehungsweise dem „1"-bit.

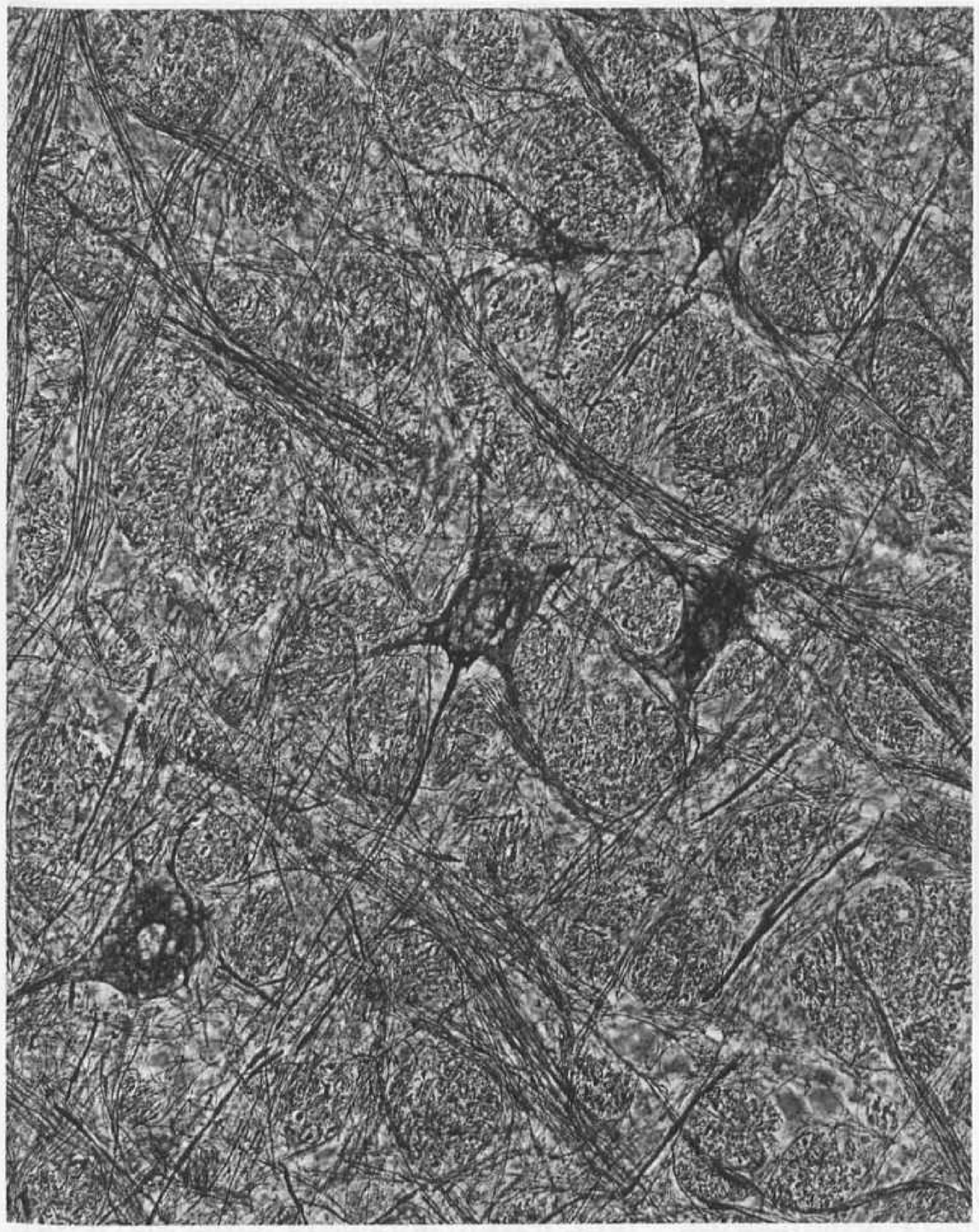


**Selbst modernste Technik erreicht nicht die Leistungsfähigkeit des menschlichen Gehirns. Hier ein Blick in das filigrane Netz aus Nervenzellen im Kleinhirn. Sie koordinieren in Millisekundenschnelle die Bewegungsabläufe etwa beim Laufen oder beim Schreiben. Müßte ein Computer vergleichbare Daten aus seinem Informationspool abrufen, bräuchte er dazu viel länger.**

Es gibt eine Reihe von chemischen Substanzen, die die geforderten Voraussetzungen erfüllen. Als Modell wählte das amerikanische Forschertrio ein Semichinon. Diese Verbindung ist mit Substanzen verwandt, die sich im Lauf der biologischen Evolution als Bestandteil von Elektronentransportsystemen bewährt haben. Aviram und seine Partner gingen damals davon aus, daß sich das Semichinonmolekül im elektrischen Feld schalten läßt, wobei zwei Protonen – Wasserstoffatome ohne ihr äußeres Elektron – wie auf einer Brücke vom Ringmolekül auf der einen Seite zu dem auf der anderen Seite wandern.

Das IBM-Team verblüffte damals noch mit einem weiteren Vorschlag: Es zeigte, wie Moleküle konstruiert sein müßten, damit sie die Funktion eines Gleichrichters übernehmen können. Das Konzept sah eine chemische Struktur vor, in der sich drei Regionen unterscheiden lassen: Die eine eignet sich dazu, Elektronen von außen zu empfangen, die andere hat eher die Tendenz, Elektronen abzugeben. Beide Bereiche sind zwar in dem Molekül miteinander verbunden. Dieses Zwischenstück verhält sich jedoch wie ein Wall, der eine Elektronenwanderung als „Potentialbarriere" verhindert. Nach den Vorstellungen von Aviram läßt sich das ändern, wenn das Molekül zwischen zwei Metallelektroden gezwängt und eine genügend hohe Spannung angelegt wird. Dann sollten nämlich die Elektronen, die beim Empfänger ankommen, durch den Wall „durchtunneln" und von dem Spender an die Metallanode weitergegeben werden können. Die umgekehrte Richtung wäre dagegen gesperrt.

So gut dieses Konzept gedanklich entwickelt war – es hatte ein entscheidendes Manko: Die leitfähigen Drähte fehlten. Mit diesem Problem setzte sich einige Jahre später Forrest L. Carter vom *US Marineforschungslaboratori-*



Dieser Ausschnitt aus dem Großhirn des Menschen zeigt, wie die Nervenzellen miteinander „verdrahtet" sind. Insgesamt gibt es zwischen den 100 Milliarden Neuronen im Gehirn mehrere 100 Billionen an Verknüpfungspunkten. Die Daten werden nicht wie bei den gängigen Computern nacheinander, sondern parallel verarbeitet. Dadurch ist das Gehirn der Technik weit voraus.

*um* in Washington auseinander. Er ergänzte den molekularelektronischen Baukasten seines Vorgängers durch kettenförmige Moleküle, so etwa Polyschwefelnitrid oder Polyacetylen. Sie sollten die Funktionen von elektrisch leitenden Drähten übernehmen.

## EIN CHIP AUS ORGANISCHEN MOLEKÜLEN

Den intramolekularen Signaltransport versuchte Carter mit dem Solitonen-Modell zu erklären. Das war damals eine gewagte Theorie. Das Solitonen-Modell läßt sich nur für chemische Strukturen anwenden, in denen sich Doppelbindungen und Einfachbindungen abwechseln wie im Fall der Zickzack-Kette des Polyacetylens. Ein Soliton kann, vereinfacht dargestellt, als wandernde Störstelle innerhalb der Kette aufgefaßt werden. Sie zwingt Doppel- und Einfachbindungen, die Plätze zu tauschen. Saß die Doppelbindung vorher auf „Zack"-Position, springt sie nun auf die „Zick"-Stellung. Auf diese Weise pflanzt sich das Soliton mit Schallgeschwindigkeit auf der Molekülkette fort.

Obwohl dem intramolekularen Signaltransport durch Solitonen damals jegliche experimentelle Basis fehlte, schien Carter nicht daran zu zweifeln, daß die Zukunft der Elektronik den Chemikern gehöre. Er führte vor, wie sich mit Molekülkomplexen die digitalen Verknüpfungen der Integrierten Schaltungen, der NAND- und NOR-Gatter, nachahmen lassen. Aus molekularen „Drähten" und speziellen Farbstoffen konstruierte er Schaltsysteme, die auf Licht reagierten. Er zeichnete Baupläne für Soliton-Ventile, Soliton-Mikrolaser und Soliton-Verstärker.

Jede Substanz, so die These, die auf dem Papier einen Sinn ergäbe, müsse nachgebaut werden können. Und um eines Tages in der Lage zu sein, einen dreidimensionalen Chip aus organischen Molekülen Schicht für Schicht zu synthetisieren, müßten die Reaktionen ganz gezielt zu steuern sein. Ziel sei es, die Reaktionspartner zur richtigen Zeit am richtigen Ort vollständig miteinander zu verknüpfen. Zudem müßten die Endprodukte sowohl in Struktur wie in Funktion mit den anderen Komponenten zusammenpassen.

Als Vorteile dieser Molekülbauweise nannte Carter schwindelerregende Packungsdichten von $10^{18}$ Schaltern pro Kubikzentimeter und phänomenale Rechenzeiten, die mit den heutigen Maschinen nicht zu erreichen sind.

Die hochgesteckten Ziele dieses Machbarkeitsgläubigen schreckten die Fachleute nicht ab. Im Gegenteil. Carter gelang es, Wissenschaftler aus aller Welt zu mobilisieren und die molekularelektronische Forschung ins Rollen zu bringen.

Professor Franz Effenberger von der Universität Stuttgart erinnert sich noch gut an eines der ersten internationalen Symposien: „Die Ideen von Carter lösten damals bei uns heftige Diskussionen aus." Würden die Modelle einer experimentellen Prüfung standhalten? Welche chemischen Verbindungen könnten schon jetzt synthetisiert werden? Ließen sie sich auf Oberflächen regelmäßig strukturieren? Gibt es genügend Methoden, um die Vorgänge in den einzelnen Molekülen untersuchen zu können?

Um Antworten auf diese Fragen zu finden, mußten sich Experten aus der organischen Chemie, der Festkörperspektroskopie, der Grenzflächenforschung und der theoretischen Physik über Strategien und Ziele einigen. Kaum ein anderer Forschungsbereich erforderte je eine derart enge interdisziplinäre Zusammenarbeit. Die Voraussetzungen dafür waren in Stuttgart schon damals besonders gut. Praktisch auf allen Gebieten, die für die molekularelektronische Forschung relevant sind, konnten die Wissenschaftler beachtliche Erfahrungen vorweisen. Deshalb lag es nahe, die dort vorhandenen Kapazitäten weiter auszubauen.

1986 wurde an der Universität Stuttgart der Sonderforschungsbereich „Physikalische und chemische Grundlagen der Molekularelektronik" eingerichtet. Die *Deutsche Forschungsgemeinschaft* (DFG) unterstützt ihn mit mehr als acht Millionen Mark. Von Forrest L. Carter will inzwischen niemand mehr etwas wissen. „Seine Ansichten sind verpönt", sagt Effenberger. „Vieles ist wieder verworfen worden." Zwar hätten seine Ideen damals den Anstoß gegeben. Heute zähle aber nur noch eine solide Grundlagenforschung.

Die Molekularelektronik ist in Stuttgart längst der „Papierchemie" ent-

Fotos: Manfred Kage

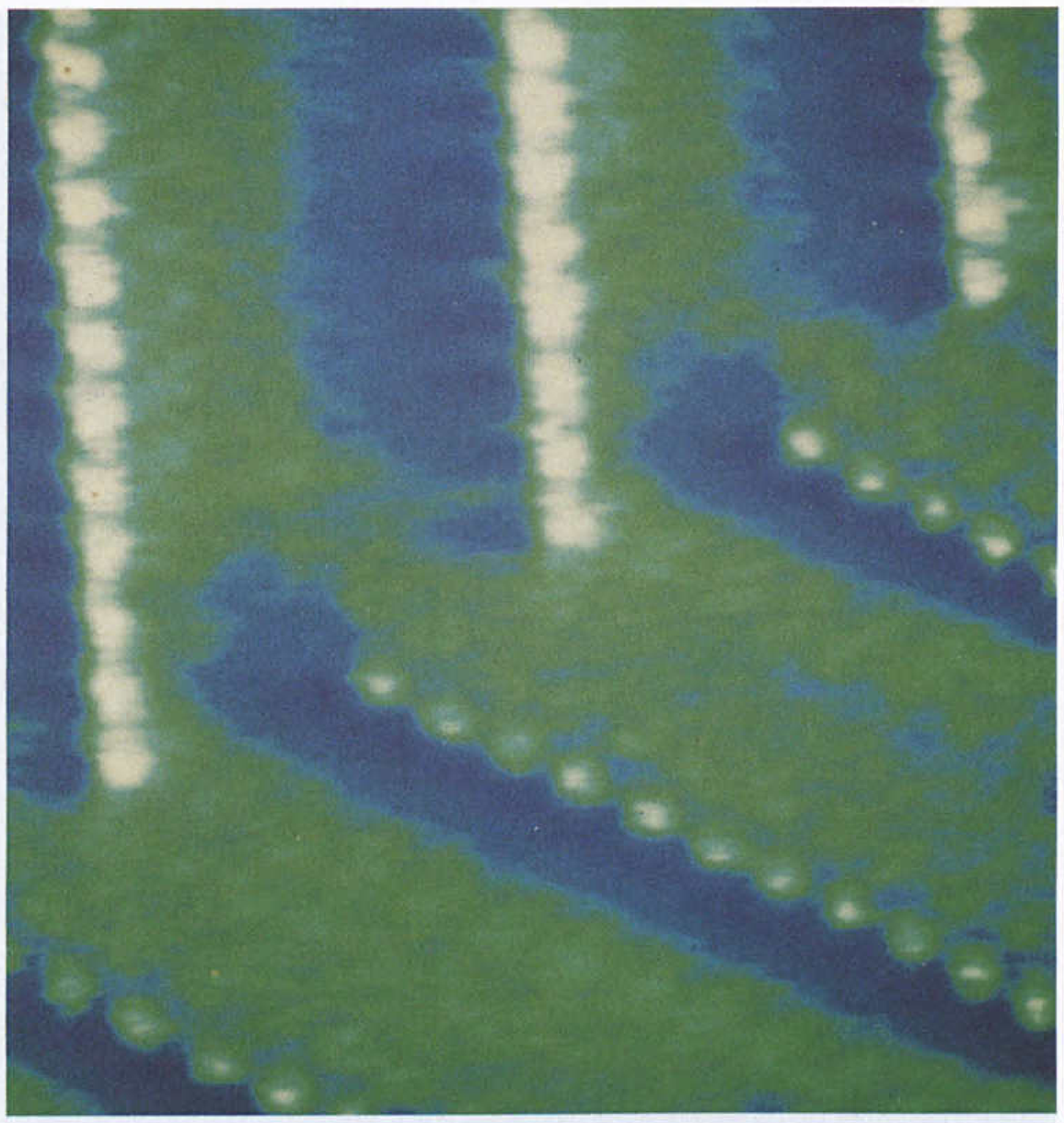
wachsen. Experimentell ermittelte Fakten sind die Grundlage der Arbeit. Die Chemiker haben eine Reihe von Substanzen synthetisiert, die sich einmal als Vorstufen oder Bestandteile von molekularen Schaltkreisen bewähren könnten. Ob sie diesen Erwartungen dann tatsächlich entsprechen, prüfen die Kollegen von der Physik mit unterschiedlichen spektroskopischen Techniken.

Einige Beispiele aus dem ersten Ergebnisbericht: Das von Aviram vorgeschlagene Konzept für einen molekularen Speicher wurde inzwischen realisiert. Allerdings werden die verwendeten Molekülsysteme (Anthracen, Viologen) nicht mit elektrischer Spannung geschaltet, sondern mit Licht. Aussichtsreiche Kandidaten für Schalter sind die Fulgide. Sie reagieren ebenfalls auf Licht. Ferner ist es gelungen, mit Polyacetylenen – genauer: mit konjugierten Polyenen – und Oligothiophenen molekulare „Drähte" in gleicher und genau definierter Länge herzustellen. An Polyenketten, an deren Enden Farbstoffe angehängt sind, konnte gezeigt werden, daß die Energie auf dem „Draht" weitergeleitet wird: Die spezifische Anregung eines Farbstoffs ließ sich am anderen Ende des Moleküls nachweisen.

Der Versuch, die Fulgide in Polyene quasi wie einen Schalter in eine elektrische Leitung einzubauen, scheiterte allerdings. Effenberger: „Das gab unglaublich viele Isomere." Diese Moleküle, die alle die gleiche Zusammensetzung haben, sich aber in der räumlichen Struktur unterscheiden, waren als Mischung nicht zu gebrauchen. Da sie sich nicht voneinander trennen ließen, mußte die Arbeitsgruppe umdenken. Sie blieb den Fulgiden treu und setzt sie nun in Oligothiophene ein.

## DAS VERFAHREN VON LANGMUIR UND BLODGETT

Die Stuttgarter Wissenschaftler verfügen inzwischen über eine breite Palette an einzelnen Schaltelementen. Der Weg zum molekularen Schaltkreis ist aber noch weit. Dr. Heinz Schweizer, einer der Stuttgarter Forscher, erläutert: „Was uns vor allem fehlt, ist eine Pinzette, mit der man sich ein Molekül schnappen und es plazieren kann." Ein weiteres Problem ist die Verbindung zur „Außenwelt". Wie können die molekularen Speicher und Schaltungen von außen gezielt angesprochen werden? Wie lassen sich die Informationen wieder abrufen? Wie kommt mit Silicium-Halbleitern oder Metallen ein Kontakt zustande? „Auf diesem Gebiet", sagt Effenberger, „ist noch nicht viel geschehen."



**Diese beiden Bilder, die auf den ersten Blick wie Teppichmuster aussehen, wurden mit einem Raster-Tunnelmikroskop aufgenommen. Mit dieser neuen Technik lassen sich zum ersten Mal einzelne Moleküle ansteuern und abbilden, ohne daß sie dabei zerstört werden. Die Raster-Tunnelmikroskopie ist vom experimentellen Ansatz her ganz nah an der molekularen Elektronik.**

Einige Fachleute setzen große Hoffnungen in die Langmuir-Blodgett-Technik. Sie wurde schon in den 30er Jahren von Irving Langmuir und Katharine Blodgett entwickelt und gilt seitdem als ein bewährtes Verfahren, um aus kettenartigen organischen Molekülen geordnete Filme herzustellen. Damit das funktioniert, müssen die Chemiker die Substanzen so präparieren, daß sie ein wasserabstoßendes und ein wasseranziehendes Ende haben. Wenn die Moleküle zusammen mit einem organischen Lösemittel auf einer Wasserfläche aufgetragen und anschließend zusammengeschoben werden, orientieren sie sich senkrecht zur Grenzfläche zwischen den beiden Flüssigkeiten. Die wasseranziehenden Enden stehen nach unten, die wasserabstoßenden nach oben. Wird nun ein Metallplättchen oder eine andere Unterlage in das Wasser eingetaucht, so bleibt der Film beim Herausziehen an der Oberfläche haften. Bei mehrmaligem Eintauchen wird er um eine weitere Schicht aufgestockt.

Für gesättigte Kohlenwasserstoffketten, die keine Doppelbindungen haben und deshalb sehr beweglich sind, ist dieses Verfahren längst Stand der Technik. Steife Moleküle mit konjugierten Doppelbindungen – dazu gehören die molekularen „Drähte" – machen dagegen noch Schwierigkeiten. Ideal wäre es natürlich, wenn sich in diese Filme Moleküle einbauen ließen, die für die molekularelektronische Forschung und Anwendung interessant sind. Daß das ein äußerst schwieriges Unterfangen ist, haben die ersten Versuche gezeigt. Denn die Funktion solcher Systeme steht und fällt mit der ganz exakten Anordnung der Moleküle. Sie muß nicht nur hergestellt, sondern auch überprüft werden können.

Spezialisten auf diesem Gebiet arbeiten hierzulande am *Max-Planck-Institut für Polymerforschung* in Mainz. Mit der Rastertunnelmikroskopie „sehen" sie sich die Filme, Molekül für Molekül, an und orten die Defekte: Löcher, Überlagerungen oder Versetzungen. Institutsmitarbeiter Dr. Jürgen Rabe: „Vom experimentellen Konzept her sind wir ganz nah an der Molekular-

Die „Perlen", die in den beiden Abbildungen hell leuchten, sind Renzolmoleküle, die sich auf Graphit unter bestimmten Bedingungen so ordnen, als seien sie auf einer Schnur aufgereiht. Sie bilden dabei nur eine einzige Schicht. Dort, wo im Bild die Regelmäßigkeit unterbrochen ist, haben sich die Moleküle auf der Unterlage gedreht.

elektronik. Man schiebt Elektronen durch einzelne Moleküle durch und schaut, wie sie darauf antworten."

Noch tastet sich die molekulartechnische Forschung auf ganz verschiedenen Ebenen voran. Der *Siemens*-Fachmann von Gentzkow resümiert: „Auf der einen Ebene gibt es molekulare Schaltelemente ohne Struktur, auf der anderen Seite Strukturen ohne molekularelektronische Schaltelemente. Und auf der dritten Ebene wird versucht, Methoden zu entwickeln, mit denen sich einzelne Moleküle messen und charakterisieren lassen." Solange keine Schnittlinie zwischen diesen drei Ebenen gefunden ist, bleibt von Gentzkow skeptisch: „Sie müssen verstehen, daß es sich die Industrie nicht leisten kann, in großem Maßstab in Forschung zu investieren, wenn kein technisches Produkt in Sicht ist."

Der Stuttgarter Physikprofessor Eberhard Umbach sieht die Sache von einer anderen Warte aus. Er wirft der deutschen Industrie vor, daß sie nicht genügend vorausdenke: „In den Vorstandsetagen der Konzerne sitzen Ingenieure, die zwar solide Verbesserungsarbeit leisten, aber nicht für utopische Konzepte zu begeistern sind." Umbach begrüßt es deshalb, daß sich inzwischen auch das *Bundesministerium für Forschung und Technologie* (BMFT) der Molekularelektronik annimmt und sie im Rahmen zweier Verbundprojekte die Industrie stärker miteinbezieht. Beteiligt sind die Universitäten Stuttgart, Bayreuth, Tübingen und Heidelberg sowie die Firmen *Siemens* und BASF. Die Schwerpunkte liegen auf der Entwicklung molekularelektronischer Speicher, die sich mit Licht – zum Beispiel aus Halbleiterlasern – ansteuern lassen, und auf der Untersuchung von Transportphänomenen in Polymer-Substratgrenzschichten. Insgesamt hat das BMFT dafür mehr als 14 Millionen Mark vorgesehen.

## „SCHON DER WEG KANN DAS ZIEL SEIN"

Zuviel Geld für eine Forschung mit so ungewisser Zukunft? Obwohl der Münchner Physiker Heinz Drobe die Erfolgsaussichten für eine funktionierende Molekularelektronik durchaus kritisch beurteilt, zweifelt er nicht daran, daß diese Finanzhilfe sinnvoll ist. Auch hält er sie nicht für verfrüht. Denn nur durch einen rechtzeitigen Einstieg in die Forschung könne verhindert werden, daß die USA und Japan den Markt beherrschen, bevor in Deutschland die Entwicklung beginnt.

Drobe rechnet ebenso wie sein Stuttgarter Kollege Umbach damit, daß verschiedene Anwendungsgebiete durch Spinoff-Effekte schon im Vorfeld von den Ergebnissen der molekularelektronischen Grundlagenforschung profitieren werden. So können beispielsweise die Erfahrungen mit optischen Schalt- und Speichermolekülen bei der Entwicklung von UV-Absorbern für Speziallacke nützlich sein. Und das bessere physikalischelektronische Verständnis für Polymere kann sich bei der Herstellung von Plastikakkumulatoren, Abschirmfolien, Magnetplatten und anderen herkömmlichen Elektronik-Bauteilen niederschlagen. Drobe: „So kann schon allein der Weg das sinngebende Ziel sein."

Ob dieser Weg allerdings zum Minichip in Molekülbauweise führt, weiß heute niemand. Denn selbst wenn die unmittelbar bevorstehenden Schwierigkeiten gelöst werden könnten, blieben noch immer viele Fragen offen. Wie eng dürfen die Schaltmoleküle aneinandersitzen, ohne sich gegenseitig zu beeinflussen? Ab wann erzeugen „tunnelnde" Elektronen „Kurzschlüsse", die den Informationstransport stören und Speicher löschen? Um solche Schwierigkeiten zu umgehen, müßten die Konstrukteure die Abstände zwischen den einzelnen Molekülstrukturen vergrößern und die Bauteile molekular isolieren. Aber damit wären noch nicht alle Fehlerquellen ausgeschlossen. Moleküle sind nämlich ziemlich heikle Partner, da sie je nach Bauart recht empfindlich auf ultraviolettes Licht, radioaktive Strahlung oder Sauerstoff reagieren. Und unter Umständen setzt ihnen sogar die Wärme zu, die während der physikalisch-chemischen Prozesse in den Schaltungen entsteht.

Hinzu kommt, daß sich schon während der Fabrikation der Bauteile Fehler einschleichen können. Selbst wenn nur *eine* chemische Bindung nicht richtig geknüpft ist oder *eine* Molekülgruppe falsch im Raum steht, ist der Schaltkreis defekt.

Fachleute sind sich deshalb einig, daß es viel zu riskant wäre, jede Funktion nur mit einem Molekül zu besetzen. Um die Fehleranfälligkeit zu minimieren, müßten deshalb mehrere Moleküle gleicher Funktion wie in einem Kristall gebündelt werden. Wissen-

Fotos: Jürgen P. Rabe/Max-Planck-Institut für Polymerforschung, Mainz

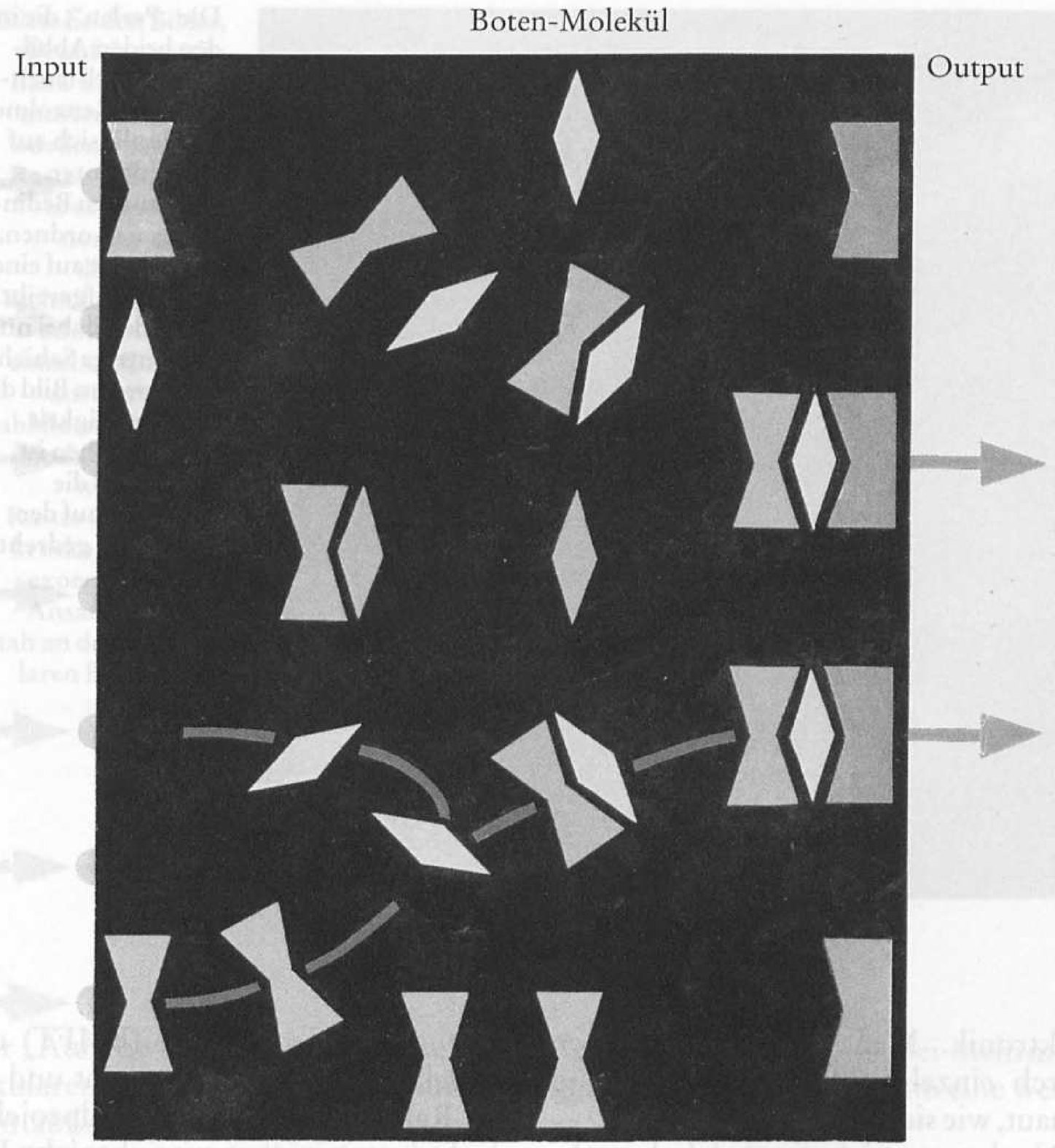
schaftler versuchen bereits, dieses Prinzip im Labor umzusetzen. Am weitesten sind die Forschungsarbeiten an organischen Kristallen gediehen, die metallähnliche Leitungseigenschaften besitzen. Sie könnten sich als „Drähte" eignen, wobei jedoch noch nicht geklärt ist, wie die schaltbaren Moleküle angekoppelt werden sollen.

Fazit aus all diesen Schwierigkeiten: Wer in der Molekularelektronik nach Zuverlässigkeit strebt, muß sich von den hohen Packungsdichten verabschieden. Die redundanten Schaltungen und die Isolationsschichten brauchen Platz – im ungünstigsten Fall so viel, daß wieder Dimensionen erreicht werden könnten, die auch die Halbleiter-Technik beherrscht. Dann müßten sich die Wissenschaftler fragen lassen, wieso sie zum Kohlenstoff schweifen, wo doch das Silicium so nah ist!

## BIOLOGISCHE SYSTEME ALS VORBILD

Will die Molekularelektronik mit den Megabit-Chips und Gigabit-Chips aus der Kristallwelt der anorganischen Chemie mithalten, kann sie zwischen zwei Strategien wählen: Entweder ihre Bauteile lassen sich dichter packen, schneller schalten und billiger herstellen, oder sie besetzt Nischen, die für die herkömmlichen Computer nur schwer zugänglich sind. Zwischen diesen beiden Richtungen schwankten schon die Protagonisten der molekularelektronischen Wissenschaft. Die einen orientierten sich zunächst an der Logik und der Architektur gängiger Rechner. Das ist im wesentlichen der Weg, der hier beschrieben wurde. Die anderen wollen von vorneherein das Chip-Design grundlegend verändern. Sie liebäugeln neidisch mit biologischen Systemen, die den herkömmlichen symbolverschlingenden Maschinen in so vielem überlegen sind.

Eine der vielen, bis jetzt unerreichten Leistungen ist die Mustererkennung. Ein Beispiel: Läßt sich ein Mann im Urlaub einen Bart wachsen, so weiß jeder seiner Freunde nach seiner Rückkunft, wer er ist, obwohl sein Aussehen verändert ist. Anders sein Computer: Ihn stört das neue Outfit so sehr, daß er am Ende seiner Rechenoperationen zu dem Schluß kommt: Gesicht unbekannt.




**Selbstorganisation der molekularen Nachrichtenübertragung. Rezeptor-Moleküle nehmen einen Impuls, zum Beispiel ein Lichtquant, auf und veranlassen ein Regler-Molekül, ein Boten-Molekül zu aktivieren. Das Boten-Molekül setzt sich mit einem Reaktions-Molekül in Verbindung, das die Information weiterleitet.**

Was in unseren Gehirnen abläuft, wenn wir Freunde, Landschaften oder Dinge erkennen, haben die Neurobiologen bis jetzt noch nicht in allen Einzelheiten erforscht. Sicher aber ist: Die Daten werden im menschlichen Kopf nach einem völlig anderen Prinzip verarbeitet als im Computer.

Die heutigen Rechner waren ursprünglich eine Erfindung des Mathematikers Johann von Neumann. Typisch für ihre Bauweise ist, daß sie aus zwei Untereinheiten bestehen. Die eine speichert die Daten, die andere verarbeitet sie. Diese Trennung führt dazu, daß bei jedem Verarbeitungsschritt zunächst die Codeworte aus dem Prozessor herausgelesen werden müssen. Nach der Verarbeitung werden sie dort im allgemeinen wieder eingeschrieben. Wenn der Computer eine Aufgabe löst, laufen sehr viele solcher Zyklen nacheinander ab. In welcher Reihenfolge das geschehen soll, bestimmt das Programm, die Software. Die fest verdrahteten logischen Verknüpfungen, die Hardware, sind quasi das Klavier, auf dem der Programmierer spielt. Welche Melodien er dem Instrument entlockt, hängt ganz von seiner Virtuosität ab.

## EINHEIT VON HARDWARE UND SOFTWARE

Das menschliche Gehirn dagegen kennt keine strikte Trennung zwischen Speicher und Prozessor. Ihm ist auch kein Programm eingebaut, das von zentraler Stelle aus die Abläufe in den Nervenzellen koordiniert. Vielmehr bilden Hardware und Software eine Einheit. Die Techniker nennen das ein „verdrahtetes" Programm. In unserem Gehirn besteht es aus 100 Milliarden Nervenzellen, zwischen denen Hun-

Grafik: K & T

derte von Billionen Verknüpfungspunkte existieren. Diese Voraussetzungen ermöglichen es dem knapp drei Pfund schweren Organ, alle eingehenden Daten parallel zu verarbeiten: Der Mensch kann ein Bild als Ganzes erfassen, es in einen Zusammenhang bringen und somit auch das „Wesen" der Dinge begreifen.

Der Computer arbeitet sequentiell. Punkt für Punkt tastet er das Bild ab. Jeder Schritt bedeutet: Codewort aus dem Speicher abrufen, verarbeiten, wieder zurückschicken. Das kostet Zeit und verhindert die Mustererkennung. Fachleute sprechen vom „Von-Neumann-Engpaß". Genau hier liegt die Nische, die die Molekularelektronik besetzen könnte.

Wie sähe das technisch aus? Ein Minihirn in Chipformat? Die Vertreter dieser Richtung sind zwar nicht so vermessen, daß sie mit ihren Planungen gleich auf dieser Stufe ansetzen. Dennoch orientieren sich viele weitgehend an biologischen Systemen, die eine Parallelverarbeitung der Daten ermöglichen und so lernfähig sind, wie das Neuronennetz im Gehirn.

## SELBSTORGANISATION DER MOLEKÜLE

Als Michael Conrad, Professor für Computerwissenschaften und Biologie an der Wayne State University, vor drei Jahren in einer amerikanischen Fachzeitschrift seine Ideen darlegte, begann er mit einem Beispiel aus der Immunbiologie: „Stellen Sie sich vor, ein Glassplitter bohrt sich in Ihren Finger und bleibt unter der Haut stecken. Gefährliche Bakterien dringen in Ihren Blutstrom ein. Ein weißes Blutkörperchen erkennt die Eindringlinge an der Beschaffenheit ihrer Oberfläche. Das löst wiederum eine Serie von Reaktionen aus, die sich sowohl innerhalb der Zellen wie zwischen ihnen abspielen. Nach einiger Zeit werden Sie das Ergebnis dieser Abwehrstrategie sehen können. Ihr Finger schwillt an."

Die Informationsverarbeitung im Immunsystem findet Conrad so faszinierend, daß er sie zum großen Vorbild für kommende Computergenerationen macht. Zusammen mit anderen Kollegen hofft er, daß es der Molekularelektronik einmal gelingt, diese Eigendynamik im Kleinen nachzuahmen. Die Bausteine für die Biochips sollen nicht fest verdrahtet sein, sondern sich ähnlich wie Einzelteile eines Puzzles gegenseitig erkennen und sich selbst organisieren. Die Natur nimmt für solche Aufgaben Proteine. Wieso sollte sich die Molekularelektronik anders entscheiden?

Die Proteine eignen sich für dieses Zusammenspiel deshalb so gut, weil sie ganz charakteristische räumliche Strukturen einnehmen. Der Einfachheit halber sollen sie hier mit Zündschlössern verglichen werden. Die Signale sind dann die Zündschlüssel. Passen sie zum Schloß, läßt sich der Motor anwerfen. Dieser Motor könnte beispielsweise ein Protein sein, das eine chemische Reaktion in Gang setzt, also ein Enzym.

Die Übertragung des Schlüssel-Schloß-Prinzips auf Biochips besagt allerdings noch wenig. Schließlich sind als Fernziel „intelligente" Prozessoren geplant, die Bilder erkennen oder Oberflächen abtasten sollen. Das heißt: In den Biochips müssen Rezeptoren vorhanden sein, die Signale von der Außenwelt empfangen und sie den Proteinen vermitteln können.

Nach dem Vorschlag des amerikanischen Computerwissenschaftlers Conrad könnte ein Biochip zum Beispiel als „Roboter-Auge" dienen, das die Bewegungen eines Automaten koordiniert. Sein Modell besteht im Prinzip aus vier Schichten. In der ersten sitzen Photorezeptoren, die die Lichtreize in chemische Signale übersetzen. Die chemischen Signale sind der Schlüssel für die Enzyme in der zweiten Schicht. Paßt der Schlüssel, werden in der dritten Schicht chemische Reaktionen ausgelöst. Die Endprodukte dieser Reaktionen werden von einem Biosensor in der vierten Schicht gemessen und in elektrische Signale übersetzt, die den Roboterarm steuern.

## DAS MODELL VON MICHAEL CONRAD

Das „Roboter-Auge" existiert bis jetzt nur als Modell auf dem Papier. Die Schwierigkeiten, an denen die Techniker scheitern, hat die Natur schon vor vielen Millionen Jahren auf eine äußerst elegante Weise gelöst. Eines von zahlreichen Beispielen dafür sind die Stäbchen in unserer Netzhaut. Der Photorezeptor ist der Sehpurpur. Er besteht aus einem Protein (Opsin), das mit einem Farbstoffmolekül (Retinal) verknüpft ist: aus dem Rhodopsin. Ein Lichtquant bewirkt, daß Retinal die Beziehung zu Opsin bricht und sich abwendet. Opsin sucht daraufhin einen neuen Partner. Er ist auch ein Protein und spielt in dem ganzen Ablauf die Rolle eines Reglers. Schmiegt sich Opsin an ihn, schaltet er auf die Stellung „Ein". Damit gibt er einem weiteren Protein im Bunde, einem Enzym, zu erkennen, daß es jetzt Botenstoffe produzieren soll. Ein einziges freies Opsin schaltet Hunderte von Reglern ein, die ihrerseits wiederum Hunderte von Enzymen aktivieren. Durch diese Kaskade gelingt es einem einzigen Lichtquant, einen ganzen Schwall von Botenstoffen auszulösen.

## SIND DENKENDE COMPUTER MÖGLICH?

Erst die Botenstoffe bewirken, daß sich das elektrische Potential an der Stäbchenmembran verändert und den nachgeschalteten Nerven ein Impuls gegeben werden kann. Treffen keine Lichtquanten mehr auf den Sehpurpur, stellt sich der Grundzustand von alleine wieder ein: Retinal klammert sich an Opsin, der Regler steht auf „Aus", und das Enzym schläft. Dieser Zyklus läuft ein Leben lang unzählige Male in jedem Stäbchen der Netzhaut ab.

Der heutige Stand der Forschung gibt keine Antwort auf die Frage, ob der Mensch mit seinem immer ausgeklügelteren technischen Instrumentarium jemals Apparate solch hoher Leistung und Zuverlässigkeit herzustellen vermag. Unberührt davon bleibt die Frage, ob es wünschenswert sein kann, Maschinen zu erfinden, die dem menschlichen Gehirn „kompatibel" sind. ❑

**DIE AUTORIN**

*Hannelore Schnell*, Jahrgang 1953, Dr. rer. nat., ist Molekularbiologin. Sie arbeitete in der immungenetischen Grundlagenforschung und war bis Ende 1990 Redakteurin und Wissenschaftsautorin in München.

Der fliegende Pater Kaspar Mohr (1575–1625) in einem Fresko des Bibliothekssaals des Klosters Schussenried. Dädalus steht warnend hinter ihm.

# „Keine lachendere und schönere Aussicht“

## Frühe Flugversuche und Ballonfahrten in Bayern und München

Von Julia Iliu und Jean Louis

Charlière über München, um 1841, nach Gustav Seeberger (1812–1888).

**Vor 100 Jahren gelang Otto Lilienthal der erste Flug mit einem Tragflügelgleiter, und er leitete damit die Entwicklung hin zum Tragflächenflugzeug ein. Doch Flugversuche und Flüge gab es schon sehr viel früher. Die Ballonfahrt regte die Phantasie der Erfinder an, lenkbare und motorgetriebene Fluggeräte zu entwerfen. Auch in der Fluggeschichte vor Lilienthal spielten Bayern und München eine Rolle.**

Wer kennt nicht die Sage von Dädalus, der sich auf Kreta mit seinem Sohn Ikarus mit Hilfe künstlicher, aus Federn und Wachs gefertigter, Flügel in die Luft erhob: Dädalus hielt sich dicht über dem Wasser, sein Sohn hingegen kam trotz väterlicher Mahnung den sengenden Strahlen der Sonne zu nahe; das Wachs schmolz, und Ikarus stürzte ins Meer. In der deutschen Sage fertigte sich Wieland der Schmied ein Hemd aus Federn und flog von Tirol zum Schloß seines Vaters auf die Insel Schonen. Auch ihn ereilte ein ikarisches Schicksal, und er stürzte ab, wie die vielen, die im Lauf der Jahrhunderte immer wieder versucht haben, die Schwerkraft zu überwinden und sich wie ein Vogel in die Luft zu erheben.

Daß es in Bayern ausgerechnet Mönche waren, die sich schon sehr früh mit dem Fliegen beschäftigten, mag daran liegen, daß die Klöster das Wissen der damaligen Zeit in ihren Mauern bargen. Die Chronik berichtet von einem Nürnberger Mönch, der im Jahre 1627 mit Hilfe eines Federgeflechtes Flugexperimente unternommen haben soll. Leider stürzte er ab und brach sich Arme und Beine, was man aber nicht seinem Fluggerät, sondern seinem fortgeschrittenen Alter zuschrieb.

Auch der berühmte Pater Dr. Kaspar Mohr, der fliegende Mönch vom Kloster Schussenried, hatte wenig Glück mit seinen Flugversuchen: Unter den mißtrauischen Augen seiner Klosterbrüder entwickelte er zwar einen, wie er behauptete, flugtüchtigen Apparat mit Flügeln aus Gänsefedern und Treibschnüren, doch dann untersagte ihm der Prior den geplanten Flug vom dritten Stock des Klosters in den Konventgarten. Manche Chronik behauptet, er sei trotzdem geflogen; doch hierzu fehlen die Beweise.

Erfolgreich dagegen waren die Versuche, die Pater Ulrich Schiegg im Kloster Ottobeuren unternahm. Am 22. Januar 1784 ließ er über erwärmter Luft einen aus Papier gefertigten Ballon aufsteigen. Er wiederholte den Versuch am 16. Mai mit einem größeren und schöneren Ballon, der dann nach dreieinhalb Meilen auf Reichsgräflich Truchsessischem Gelände niedersank.

Ein Jahr zuvor, am 5. Juni 1783, war den Brüdern Josef und Étienne Montgolfier ein ähnliches Experiment mit einem Papierballon gelungen, und schon am 27. August konnten in Paris Professor Jacques Charles und die Brüder Jean und Nicolas Robert einen mit Wasserstoffgas statt mit heißer Luft gefüllten Ballon aufsteigen lassen. In Versailles erlebte das französische Volk in Anwesenheit des Königspaares am 19. September eine Heißluftballonfahrt mit drei Passagieren: einem Schaf, einem Hahn und einer Ente. In kurzen Abständen folgten am 15. und 19. Oktober bemannte Fesselballonaufstiege, am 21. November der erste bemannte Freistart eines Heißluftballons mit Pilâtre de Rozier und d'Arlandes, am 1. Dezember der erste Freistart eines Gasballons mit Charles und Robert. Der Anfang war gemacht: Die Eroberung der Lüfte konnte beginnen.

In Deutschland fand der erste Menschenflug am 3. Oktober 1785 in Frankfurt am Main statt, mit dem französischen Aeronauten Jean Pierre Blanchard an Bord. Weitere Aufstiege folgten in den nächsten Jahren in Nördlingen, Nürnberg und Augsburg, am 4. August 1811 schließlich auch in München.

Die *Augsburgische Ordinari-Postzeitung* berichtet darüber in ihrer Ausgabe vom 7. August: „München, 5. August: Gestern Abend, am 4. August, um 5 Uhr 34 Minuten trat Herr Professor Robertson bei Wind und Regen seine angekündigte Luftfahrt an. Der Ballon war mit Wasserstoff gefüllt, der um viel mehr leichter als die atmosphärische Luft ist . . . Um 5 Uhr 25

*Fotos: Josef Ege, Bad Schussenried (l.); Münchner Stadtmuseum (r.)*

Minuten ließen seine Majestät der König einen kleinen niedlichen Ballon steigen, der dem Laufe der Isar folgte. Endlich erhob sich Herr Robertson selbst majestätisch, nachdem er sich in der Luft schwebend von dem allerdurchlauchtigsten Königlichen Hause und dem Publikum beurlaubt hatte. Der Wind trieb ihn nach Nord-Ost . . . Um 5 Uhr 40 Minuten mochte er eine Höhe von 10000 Fuß erreicht haben. Um 5 Uhr 58 Minuten warf Herr Professor Robertson wieder Sand aus. Er stieg neuerdings schnell und flog nun gerade nach Osten, in die Gegend von Haag und Mühldorf hin. Um halb sieben konnte er nicht mehr mit bloßen Augen, sondern nur durch ein sehr gutes, zwei Schuh langes achromatisches Fernrohr aus der Uttschneider-Reichenbach-Frauenhofischen Fabrik gesehen werden. Wo der Aeronaute sich niedergelassen habe, ist heute, morgens um 8 Uhr, noch nicht bekannt."

Den Ort der Landung entnehmen wir einer Reisebeschreibung in der *Spenerschen Zeitung* vom 20. August: „Herr Professor Robertson hat von seiner 41sten vorgestern hier veranstalteten Luftreise eine Beschreibung bekannt gemacht, worin er versichert, in seinem Leben keine lachendere und schönere Aussicht genossen zu haben, als die ihm Bayerns gesegnete Fluren gewährten. Je mehr er sich erhob, desto entzückender wurde der Anblick unter ihm . . . Indem Herr Professor Robertson diese Dörfer und Städtchen vorbeifuhr, ließ er einen ganzen Regen Couplets herab. Diese vom Himmel herabfallenden Blättchen zogen die Bewohner der Gegenden an: Sie suchten neugierig welche zu haschen, liefen aber, von der Richtung des Ballon getäuscht, vergeblich hin und her, so daß sie zuletzt, obgleich ermattet, doch jauchzend wieder in ihre Wohnungen heimkehrten."

Herr Professor Robertson aber „kam zu seiner nicht geringen Unterhaltung auf einer großen Wiese nahe bei einem Wäldchen unter eine ansehnliche Heerde Pferde und Rinder herab. Mit größter Schnelligkeit aber flüchteten diese Thiere; der Schrecken teilte sich sogar ihren Führern mit und der wunderbare Ankömmling sah sich folglich gezwungen, abermals die Lüfte zu besteigen. Nachdem er Sand und eine leere Weinbouteille, deren Inhalt er in den oberen Regionen zu sich genommen, ausgeworfen hatte, erhob sich der Ballon wieder und legte noch eine Meile zurück. Herr Professor Robertson wählte endlich zu seiner Niederlassung, in der Hoffnung einer besseren Hülfsleistung als unter der Heerde, ein niedliches Dörfchen, von dem er bei 600 Schritte entfernt, sich auf eine freundliche Wiese herabließ. Ein Bauer, der ihm schon lange gefolgt war, nahm das Seil, an dessen Ende ein Sack von 25 Pfund Sandes befestigt war, und hielt den Ballon, der indessen in der Luft hin und her schiffte, bis noch 3 andere Bauern dazu kamen und ihn zur Erde ziehen halfen. Und so war diese um 4 Uhr angetretene Luftreise Schlag 7 Uhr zu Walterskirchen, $8^1/_4$ Stunden von München entfernt, beendigt. Gestern als den 5ten August, Nachmittags um 1 Uhr, kam Herr Robertson wohlbehalten hier an."

Als das Oktoberfest, anläßlich der Vermählung des Kronprinzen Ludwig mit Prinzessin Therese gegründet, am 1. Oktober 1820 zum zehnten Mal stattfand, stand ein außergewöhnliches Ereignis auf dem Programm: Gottfried Reichard, der aus Braunschweig stammende und in Dresden ansässige Physiker, Chemiker und „Professor der Aeronautik", der der Herstellung von Wasserstoff kundig war, hatte von König Maximilian I. Joseph die Erlaubnis erhalten, im Anschluß an die Preisverleihung nach dem Pferderennen von der Theresienwiese aus mit einem Gasballon aufzusteigen. Obwohl die Münchner schon den geglückten Aufstieg von Professor Robertson erlebt hatten, war die Ballonfahrt immer noch eine Sensation.

In der blumengeschmückten Gondel stand allerdings nicht Gottfried Reichard, sondern seine Frau Wilhelmine, Mutter von fünf Kindern und zu diesem Zeitpunkt erneut in gesegneten Umständen. Sie konnte schon auf eine beachtliche Karriere als Luftseglerin zurückblicken. Seit die 21jährige als erste deutsche Frau im April 1811 von Berlin aus mit scheinbarer äußerer Ruhe, aber großem inneren „Zittern und Zagen" in die Lüfte gestiegen war – ein Jahr nach Gottfrieds erstem Aufstieg bekam sie endlich seine Erlaubnis –, hatte sie insgesamt 16, zum Teil sehr abenteuerliche Luftfahrten in Norddeutschland, Schlesien, Böhmen und Österreich absolviert.

Wilhelmine Reichard, die zierliche Tochter eines fürstlichen Mundschenks aus Braunschweig, muß eine mutige, nervenstarke Frau gewesen sein: Auch widrige Witterungsverhältnisse konnten sie nicht abhalten, eine einmal angesetzte Fahrt auszuführen. Diese Unbeirrbarkeit hätte sie bei ihrer

Start des ersten Ballons in München am 4. August 1811 in Anwesenheit des bayerischen Königspaares (rechts im Bild).

Mit einem Luftschiff durch die Lüfte segeln. Der Traum vom Fliegen auf einer Postkarte um 1900.

Abbildungen: Sammlung Julia Iliu (l. o.); Sammlung Jean Louis (r. o.); Sammlung Stehle (2)

„1000 Meter über München" von Theodor Pixis (1831–1907)

Der Übungsplatz der Königlich Bayerischen Luftschiffer-Abteilung auf dem Oberwiesenfeld bei München. Zu sehen sind das Ballonhaus und das Verwaltungsgebäude (Postkarte um 1900).

dritten Fahrt von Dresden aus fast das Leben gekostet. Bei einem dramatischen Absturz erlitt sie einen Schock, und erst nach einer Pause von fünf Jahren setzte sie die Reihe ihrer erfolgreichen Ballonfahrten fort.

München sollte, mit ihrem 17. Aufstieg, der krönende Abschluß sein. In den letzten zwei Wochen vor dem Oktoberfest konnten die „Freunde der Wissenschaft und der Kunst" im Rathaussaal den Ballon besichtigen, dessen Hülle aus gefirnißter Leinwand einen Durchmesser von etwa sieben Metern und ein Fassungsvermögen von rund 180 Kubikmetern hatte. Die Münchner kamen kostenlos in den Genuß des Ereignisses, denn die Finanzierung des Unternehmens wurde durch eine großzügige Spende des Königs und zahlreicher Beiträge aus der Münchner Bürgerschaft ermöglicht, an die der Magistrat einen Aufruf zur Subskription gerichtet hatte. Dabei waren beachtliche 2650 Gulden zusammengekommen. Denn fast alle Fahrten des professionellen Luftschiffer-Ehepaares dienten dem Broterwerb und dem Ziel, die Mittel für die Gründung einer kleinen chemischen Fabrik zusammenzutragen.

Madame Reichard trug beim Aufstieg eine altbayerische Tracht, die ihr der „Caffetier" und Gemeindebevollmächtigte Johann Baptist Findel auf eigene Kosten hatte anfertigen lassen. Des weiteren hatte er – zusammen mit anderen Bürgern – für eine mit dem Münchner Stadtwappen bestickte Fahne gesorgt, mit der Wilhelmine beim Aufsteigen die Allerhöchsten Herrschaften und das versammelte Volk grüßen sollte.

Vor der Fahrt wurden zwei kleine Pilotballone losgelassen, die die voraussichtliche Fahrtrichtung anzeigen sollten. Als schließlich Wilhelmine Reichard nachmittags um 3.44 Uhr mit – wie allgemein anerkennend bemerkt wurde – großer Geschicklichkeit den Ballon startete, kannte der Jubel der etwa 30000 Zuschauer keine Grenzen. München hatte damals nur knapp 41 000 Einwohner. Rasch stieg die Pilotin in die Höhe, grüßte König und Königin und die versammelte Menge mit ihrer weiß-blauen Fahne, trieb langsam über das Gelände der Theresienwiese und ließ, ehe sie in Richtung Osten davonschwebte, aus ihrer bewimpelten Gondel Tausende von Flugblättern herabflattern, die mit Gedichten und Huldigungen bedruckt waren.

Nach dreiviertelstündiger Fahrt, bei der sie eine Höhe von 1625 Meter erreichte, landete Wilhelmine Reichard ohne große Schwierigkeiten in einem Wäldchen unweit der Poststation Zorneding. Der zufällig vorbeikommende Wachstuchfabrikant Seitenhorn war ihr behilflich und brachte sie samt ihrem Ballon in seinem Wagen nach München zurück. Einige Mühe hatte sie, sich der auch damals schon existierenden Souvenirjäger zu erwehren, denen sie die Verzierungen der Gondel, vor allem die Wimpel, überlassen mußte. Gegen acht Uhr abends wurde sie in München mit großen Ehren empfangen, „umbraust vom Jubel der Bevölkerung und umrauscht von den Wellen des reichlich ausgeschenkten Bieres".

„Die Bürger von München an die geprüfte und muthvolle Luftschifferin Wilhelmine Reichard, bey der Luftfahrt am Oktober-Feste 1820 auf der Theresien-Wiese", stand auf der gestickten Fahne mit dem Münchner Stadtwappen zu lesen, die ihr neben einem namhaften Geldbetrag bei ihrer Rückkehr überreicht wurde. Dank des guten Einvernehmens mit dem Münchner Magistrat wurde das Ehepaar Reichard 1835 zur Silberhochzeit von König Ludwig I. wieder aus Dresden herbeigerufen. Diesmal flog Gottfried Reichard den Ballon. Er landete nach 105minütiger Fahrt bei Eggenfelden. Es war seine 16. Fahrt, die nun auch für ihn die letzte und der krönende Abschluß seiner Luftfahrerkarriere war.

Erst viele Jahre später, am Sonntag, dem 17. Oktober 1852, plante der Engländer Charles Green vom Karlsplatz aus eine Gas-Ballonfahrt. Es war sein 245. Aufstieg. Um das Spektakel zu finanzieren, durften die Zuschauer gegen Eintrittsgeld beim Füllen des Ballons und bei den weiteren Vorbereitungen zuschauen.

Das Ereignis beschrieben die *Neuesten Nachrichten:* „Seit Nachmittag 2 Uhr strömt die Volksmenge in unun-

terbrochenen Zügen nach dem Karlsplatz, dem Schauplatze des heute aus dem Hofraume des königlichen Kadettencorps aufzufahrenden Riesenballons ‚Continent' des Herrn Green aus London. Gegen 3 Uhr war die Gasfüllung des Ballons bereits ziemlich vorgerückt. Um $3^1/_2$ Uhr wurden die letzten nötigen Vorbereitungen zur Aufnahme der 3 Mitfahrenden geordnet. Endlich bestiegen die Reisenden, ein Mitglied der britischen Gesandschaft, der Redakteur des Herold, Hr. Haller, und der berühmte Luftschiffer Hr. Green, das angehängte Schiff. Schlag 4 Uhr stieg der Ballon unter freundlicher Abschiedsbegrüßung der Luftfahrer, dem Schmettern der Trompeten und weitschallenden Hochrufen der tausenden von Zuschauern majestätisch von der Erde nach den unermeßlichen Höhen über die Theresienwiese, in der Richtung gegen den Starnberger See auf. Prinz und Prinzessin Luitpold beehrten Herrn Green mit ihrer Gegenwart bis gegen drei Uhr, die kleinen königlichen Prinzen bis nach der Auffahrt. Als der Ballon etwa eine Stunde Entfernung von hiesiger Stadt gewesen sein mochte, ließ Herr Green einen mitgenommenen Drahtkäfig, in welchem ein geschriebener Zettel – wohl die Abfahrt oder derlei enthaltend – mittels eines Fallschirms herab. Im weiteren Verlaufe – wohl einige weiteren Stunden Entfernung – war ein Ausleeren des Ballastes (Sand) zu bemerken. Der außerordentliche Zulauf zu dieser Luftfahrt mag den Verkäufern in der Auer Dult heute, als am ersten, dem Haupttage mehr denn ungelegen und empfindlich geworden seyn."

Erstaunlich, daß diese Ballonfahrt nicht als Attraktion zur Eröffnung der Auer Dult diente, da Ballonfahrten damals zur Belustigung auf Volksfesten beitrugen. Vielleicht wollte der Magistrat der Stadt München den Ballonstart in eine gewisse Entfernung zu Haidhausen verlegen, wo am gleichen Tag die Grundsteinlegung für den Bau der neuen Pfarrkirche vorgenommen wurde. Leider gibt die Chronik hierüber keine Auskunft.

Laut den *Neuesten Nachrichten* kam der Ballon nach einstündiger Fahrt zwischen Freiham und Pfaffenhofen wieder auf festen Boden. Am gleichen Abend noch erreichte die Reisegesellschaft wohlbehalten München.

So interessant diese Ballonfahrten, die zunehmend auch für wissenschaftliche, vor allem für meteorologische Zwecke eingesetzt wurden, gewesen sein mögen: Für die Aeronauten waren sie nur ein Teil dessen, wonach sie strebten. Allzusehr war der Ballon ein Spiel der Winde. Was gebraucht wurde, war der lenkbare Ballon, die Flugmaschine schlechthin. Viele hatten sich schon mit dem Problem befaßt – von Leonardo da Vinci über die fliegenden Mönche bis hin zu Albrecht Berblinger, dem berühmten Schneider von Ulm. Sie alle setzten auf die Muskelkraft, die allein nicht ausreichte. Auch dem Schneidermeister Anton Reichenbeck in München blieb diese bittere Erfahrung nicht erspart. Er entwickelte einen Flugapparat mit einem Schwingenpaar als Antriebserzeuger und zwei vierblättrigen, paddelähnlichen Schaufeln zur Bewegung. Die genauen Zeichnungen zu diesem Projekt gingen verloren, ein erhaltenes Fragment des Apparates im *Deutschen Museum* läßt die Funktion nur erahnen.

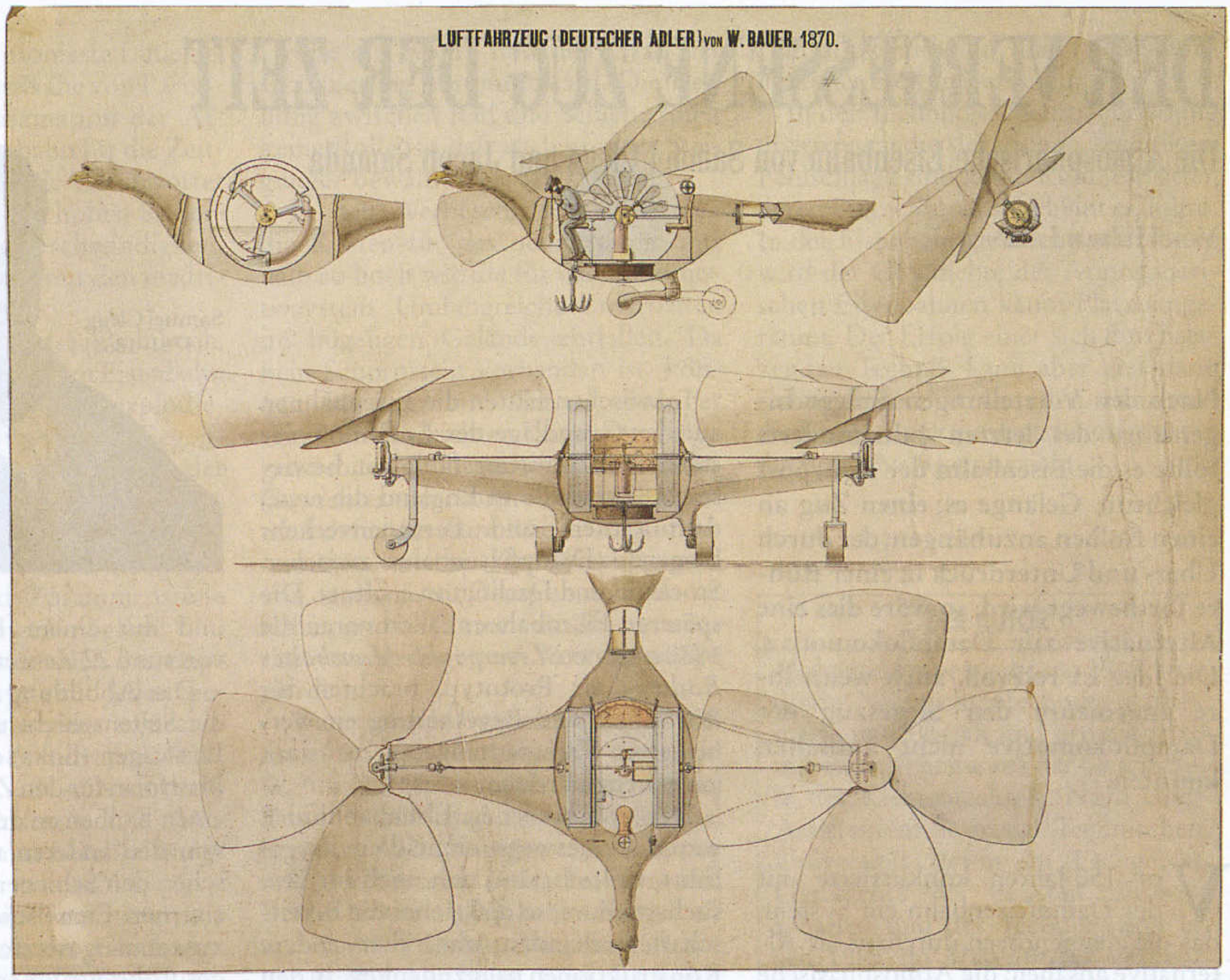
Wissenschaftlicher waren die Bestrebungen von Gustav Koch, den Ballon lenkbar zu machen. Daß er am Ende scheiterte, ist mehr auf unglückliche Umstände zurückzuführen als auf fehlenden Sachverstand. Seine Ideen sind durchaus den vielen Entwicklungen zuzuordnen, die den Weg zum lenkbaren Flug geprägt haben.

Im Dezember 1882 erarbeitete Gustav Koch in München einen „Prospekt und Kostenvoranschlag zur Herstellung eines lenkbaren Luftschiffes". Nach seiner Vorstellung sollte ein mit Wasserstoff gefüllter Ballon durch zwei, von einer acht PS starken Gaskraftmaschine angetriebene Flügelräder in Bewegung gesetzt werden. Eine Nutzung zu Ausflügen in die Umgebung Münchens sollte dem Projekt eine gewisse Rentabilität verleihen.

Der *Deutsche Verein zur Förderung der Luftschiffahrt zu Berlin*, dem er seinen Vorschlag unterbreitete, nahm ihn durchaus positiv auf, bedauerte aber, das Projekt finanziell nicht unterstützen zu können. Koch wurde an das Militär oder einen reichen Mäzen verwiesen. Nicht zuletzt empfahl man ihm, sich an den König zu wenden, der schon seit den 60er Jahren von einem lenkbaren Ballon träumte, in dessen Entwicklung er einiges investiert hatte. Ob Koch diesen Kontakt aufnahm, ist nicht überliefert. Dem *Polytechnischen Verein* in München jedenfalls ließ er seine Unterlagen zukommen.

**Das „Münchner Kindl" auf „Sightseeing-Tour" über der Großhesseloher Brücke (Phantasie-Postkarte um 1900).**

Das „Münchner Kindl“ in einem Ballonkorb (Postkarte aus der Zeit der Jahrhundertwende).




1870 entwickelte Wilhelm Bauer, der Erfinder des Unterseebootes, seine Flugmaschine „Deutscher Adler“. Das Projekt stellt einen Hubschrauber mit zwei Rotoren dar, dessen Prinzip Jahrzehnte später, 1936, beim Focke FW 61, den ersten erfolgreichen Hubschrauber, verwendet wurde.

Die folgenden Jahre nutzte Gustav Koch zur Verbesserung seines ersten Modells. Als wichtigste Neuerung sind zwei Antriebsschrauben zu nennen: Sie sollten die Lenkbarkeit bedeutend verbessern, wie aus einem Schreiben an den *Polytechnischen Verein* aus dem Jahre 1884 hervorgeht. Eine finanzielle Unterstützung muß ihm wohl zugegangen sein, denn er konnte den motorischen Mechanismus vollenden, den er im Maßstab 1:50 im Hotel *Zum Bayerischen Hofe* zur Schau stellte. Im August 1884 entwickelte er ein Modell, das er im Münchner Glaspalast mehrere Male erfolgreich vorführen konnte.

Obwohl inzwischen auch das bayerische Militär auf die Kochschen Entwicklungen aufmerksam geworden war, entschloß sich der *Polytechnische Verein* Ende 1884, das Projekt nicht weiter zu unterstützen. König Ludwigs Ministererlaß vom Februar 1885, wonach einzelne Ingenieur-Offiziere zur Information über den militärischen Luftballondienst nach Preußen beordert werden sollten, kam Koch nicht zugute. Während in Berlin, Wien und Paris mit großem Erfolg an ähnlichen Projekten gearbeitet wurde, fehlten in München Interesse und Risikobereitschaft. Auch eine gewisse Portion Neid dürfte mit im Spiel gewesen sein: Koch wurde in anonymen Briefen als Betrüger hingestellt.

1886 wurde der bayerische König gestürzt: Im Gutachten zu seinem Gesundheitszustand wurde sein Wunsch nach einem lenkbaren Flugapparat als Beweis für seine geistige Verwirrung angeführt. Bayern schien die Entwicklungen im übrigen Deutschland verschlafen zu haben.

Der Querelen überdrüssig geworden, widmete sich Koch in den folgenden Jahren der Entwicklung eines Schaufelradfliegers. Obwohl er auch in dieses Projekt seine ganze Energie investierte, scheiterte er wieder am Mangel finanzieller Möglichkeiten. Erst mit der Gründung der *Königlich Bayerischen Luftschiffer-Abteilung* im Jahre 1890, die für ihre Versuche im gleichen Jahr einen Dampfkessel beim *Bayerischen Dampfkessel-Revisions-Verein* anmeldete, wurde der Weg zur modernen bayerischen Luftfahrt frei.

Ein Jahr später, vor 100 Jahren, gelang Otto Lilienthal der erste Menschenflug mit einem Tragflügelgleiter. Den Tragflächen-Fluggeräten sollte bis hin zum Überschall-Jet die Zukunft gehören. Dennoch sind die frühen Flüge, dargestellt an Beispielen in Bayern, mehr als nur Irrläufer der technischen Evolution: Sich im Luftraum zu bewegen, war nicht mehr nur Legende oder Utopie. ❑

**DIE AUTOREN**

*Julia Iliu*, geboren 1940, ist Antiquarin, die sich seit Jahren auf die Geschichte der Ballonfahrt spezialisiert hat.

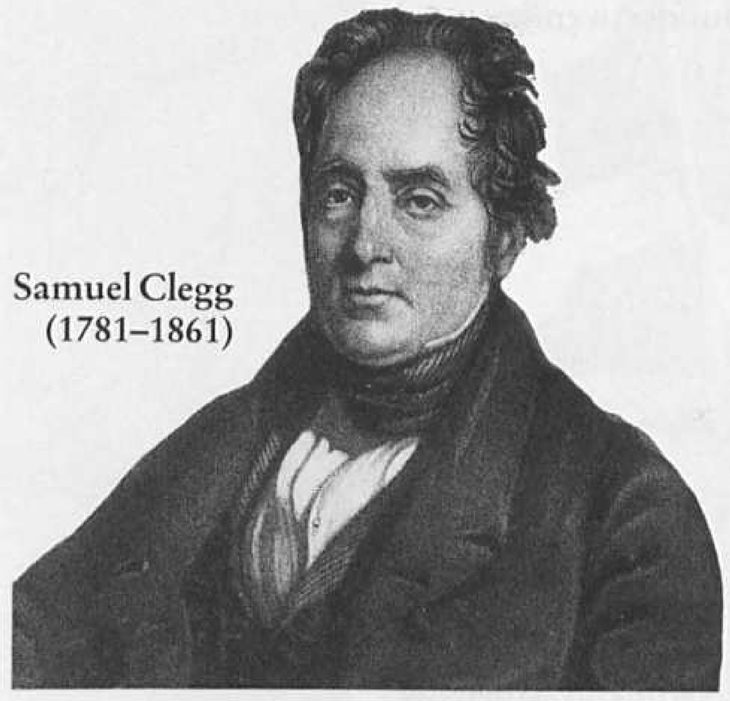
*Jean Louis*, Jahrgang 1952, ist Archivar beim TÜV Bayern und Autor von Zeitschriftenveröffentlichungen und Büchern zum Thema Kunst und Technik.

*Abbildungen: Deutsches Museum (r.); Sammlung Jean Louis (2)*

# DER VERGESSENE ZUG DER ZEIT

## Die Atmosphärische Eisenbahn von Samuel Clegg und Jacob Samuda

VON HELMUT LINDNER



Samuel Clegg
(1781–1861)

**Nach den Vorstellungen einiger Ingenieure des letzten Jahrhunderts sollte es die Eisenbahn der Rohrpost gleichtun. Gelänge es, einen Zug an einen Kolben anzuhängen, der durch Über- und Unterdruck in einer Röhre fortbewegt wird, so wäre dies eine Alternative zur Dampflokomotive. Die Idee ist reizvoll, auch wenn ihre Ingenieure den Siegeszug der Dampflokomotive nicht aufhalten konnten.**

Vor 150 Jahren konkurrierte mit der Dampfeisenbahn ein System, das die Zeitgenossen durchaus als Alternative ansahen: die Atmosphärische Eisenbahn. Der Ausdruck Atmosphärische Eisenbahn wurde in Analogie zur Atmosphärischen Dampfmaschine gebildet, bei der sich ein Kolben durch den Druck der atmosphärischen Luft in einem evakuierten Zylinder bewegt.

Das Problem, die Atmosphärische Eisenbahn zu verwirklichen, besteht in der Verbindung von Kolben und Wagenzug auf größere Entfernungen. Bei der Rohrpost ist das Problem gelöst: Das zu befördernde Gut befindet sich innerhalb der Röhre, angetrieben durch den Über- oder Unterdruck der Luft. Die ersten Vorschläge, Menschen nach diesem Prinzip zu befördern, machte der Londoner Feinmechaniker George Medhurst im Jahre 1810. Der Anwendung stand jedoch entgegen, daß den Passagieren nicht zuzumuten war, sich innerhalb einer Röhre ohne freie Sicht zu bewegen.

Inzwischen hatten die Eisenbahnen auf der Grundlage des Lokomotivsystems ihre Leistungsfähigkeit bewiesen: 1825 wurde in England die erste, dem Güter- und Personenverkehr dienende Dampfeisenbahn zwischen Stockton und Darlington eröffnet. Die späteren Eisenbahnen, allen voran die 1830 eröffnete *Liverpool & Manchester Railway* als Prototyp, brachten für Wirtschaft und Bevölkerung ein verbessertes Transportangebot zu stark gesunkenen Preisen.

Die verschiedenen Eisenbahnlinien waren keineswegs einheitlich ausgeführt, vieles befand sich noch im Versuchsstadium, so daß sicher die Bereitschaft vorhanden war, über andere Konstruktionen nachzudenken. In den 1830er und 1840er Jahren gab es Überlegungen, Lokomotiven, statt mit Dampf, mit Druckluft oder mit elektromagnetischen Maschinen, nämlich mit batteriebetriebenen Elektromotoren, anzutreiben. Doch gedieh keiner dieser Vorschläge so weit wie der der Atmosphärischen Eisenbahn.

Der Amerikaner Henry Pinkus schlug im Jahr 1834 für die Verbindung von Kolben und Wagenzug eine richtungsweisende Lösung vor: Eine Röhre zwischen den Schienen, die oben aufgeschnitten war, sollte durch ein Seil abgedichtet werden, das in die Öffnung gepreßt wurde. Fährt der Kolben durch die Röhre, wird das Seil angehoben, die Verbindung zwischen Kolben und Wagen kann sich vorwärtsbewegen; anschließend wird das dichtende Seil wieder in den Schlitz gedrückt.

Doch erst 1838, als zwei erfahrene Ingenieure, Samuel Clegg und Jacob Samuda, ein Patent auf ein verbessertes System erhielten, nahm die Atmosphärische Eisenbahn Gestalt an. Aus einer Werbeschrift von 1840 stammt die wiedergegebene Zeichnung. Im selben Jahr entstand eine Versuchsbahn mit einer Länge von etwa 800 Metern und mit einem Röhrendurchmesser von rund 22 Zentimetern.

Die Abbildung zeigt oben (Fig. 1) die Seitenansicht eines Zuges, dessen Leitwagen (links) sich nur durch eine Plattform für den Zugführer und durch einen Kolben an der Unterseite (Fig. 3) von den anderen unterscheidet. Zwischen den Schienen liegt eine aus gußeisernen Einzelstücken muffenförmig zusammengesetzte Röhre (Fig. 2). Jedes Röhrenstück trägt oben eine Klappe (Fig. 5 und Fig. 6), die bei der Durchfahrt durch Rollen am Kolben gehoben werden. Nach dem Durchfahren wird das Klappenventil durch eine weitere Rolle angedrückt und mit einer Mischung aus Wachs und Talg abgedichtet.

Nicht abgebildet sind die stationären Dampfmaschinen und die Luftpumpen für die Evakuierung. Clegg und Samuda sahen solche Pumpstationen alle 3 Meilen (rund 4,8 Kilometer) vor. War kein Wagenzug auf der Strecke, so schlossen Klappenventile (Fig. 2, rechts der Mitte) die Röhren auf beiden Seiten luftdicht ab. An Kreuzungen und bei Weichen waren die Röhren unterbrochen: Die Wagen überrollten die antriebslosen Stellen durch ihre Trägheit.

Schon 1843 nahm die erste Atmosphärische Eisenbahn ihren Betrieb auf. Südlich von Dublin wurde eine 2175 Meter lange Röhre aus Rohrstücken von jeweils drei Metern Länge mit einem Innendurchmesser von 38 Zentimetern verlegt. 1846 und 1847 wurden in England zwei Strecken gebaut, die jeweils nur ein Jahr betrieben wurden. Von 1847 bis 1860 bestand

Foto aus: Memoir of Mr. Samuel Clegg, o. O. und o. J.

eine staatlich subventionierte Linie bei Saint-Germain in der Nähe von Paris.

Worin lag die Faszination der Atmosphärischen Eisenbahn für die Zeitgenossen um 1840? Die Befürworter argumentierten mit der hohen Sicherheit, mit der großen Geschwindigkeit, die zu erzielen sei, und mit den niedrigen Kosten.

Die Sicherheit war tatsächlich hoch, da bei der Atmosphärischen Eisenbahn kein gefährlicher Kessel, der explodieren kann, mitgeführt wird. Im Gegensatz zur Dampflokomotive ist der Leitwagen leicht: Die Gefahr von Schienen- und Achsbrüchen ist gemindert. Der geführte Kolben erschwert das Entgleisen, und Zusammenstöße sind nur bei Kreuzungen möglich.

Als nachteilig erweist sich das empfindliche Klappensystem: Jedes gewaltsame Öffnen und jedes schlechte Schließen der Klappen führt zum Stillstand. Ein Hilfszug läßt sich auf demselben Gleis nicht einsetzen, und rückwärts kann der Zug nur bei abfallender Strecke fahren.

Bei Dampflokomotiven hängt die Geschwindigkeit von der Geschwindigkeit des Kolbens in der Dampfmaschine ab, während die Zugkraft der Atmosphärischen Eisenbahn durch die Größe der Röhre und den Grad der Evakuierung bestimmt wird. Die Reibung zwischen Rad und Schiene spielt keine Rolle, so daß auch größere Steigungen bewältigt werden können.

In den Werbeschriften erscheinen die Kosten für das neue System nur halb so hoch wie die für das Lokomotivsystem. Umfangreiche Erdarbeiten im hügeligen Gelände entfallen. Da kein Schornstein vorhanden ist, können Brücken und Tunnel niedriger sein. Für den leichten Leitwagen genügen Schienen mit nur einem Drittel des Gewichtes der sonst üblichen, doch muß dafür die teure Röhre in Kauf genommen werden. Der Wirkungsgrad von stationären Dampfmaschinen ist höher, und sie können mit Brennmaterial von geringerem Wert betrieben werden.

Wenn so viele Argumente für die Atmosphärische Eisenbahn sprachen: Warum setzte sie sich nicht durch? Entscheidend trugen dazu die Mängel bei den Abdichtungen der Klappen und der Verschleiß des Kolbens bei. Beides hatte im alltäglichen Betrieb einen unzuverlässigen Verkehr mit hohen Kosten zur Folge. Und das Argument der Schnelligkeit verlor in dem Maße an Bedeutung, in dem die Dampflokomotiven ihre Geschwindigkeiten steigern konnten.

In der Technikgeschichtsschreibung überwiegen die siegreichen Techniken. Fehlschläge sind keine Ruhmesblätter, deren Betrachtung, so scheint es, lohnt. In der Eisenbahngeschichtsschreibung wird der Geschichte der Atmosphärischen Eisenbahnen kaum Platz eingeräumt. Der Erfolg einer sich durchsetzenden Technik kann aber erst dann richtig eingeschätzt werden, wenn man die Konkurrenz zur Entstehungszeit in die Betrachtung einbezieht. ❑


**DER AUTOR**

*Helmut Lindner*, geboren 1948, studierte Nachrichtentechnik, Mathematik und Physik und promovierte mit einem Thema aus der Geschichte der Elektrotechnik. Nach einer Assistentenzeit an der Technischen Universität Berlin im Fachgebiet Geschichte der exakten Wissenschaften und der Technik leitet er seit 1985 am *Museum für Verkehr und Technik* in Berlin die Abteilung Dokumentation.


Die Atmosphärische Eisenbahn, um 1840 konstruiert von Samuel Clegg und Jacob Samuda.

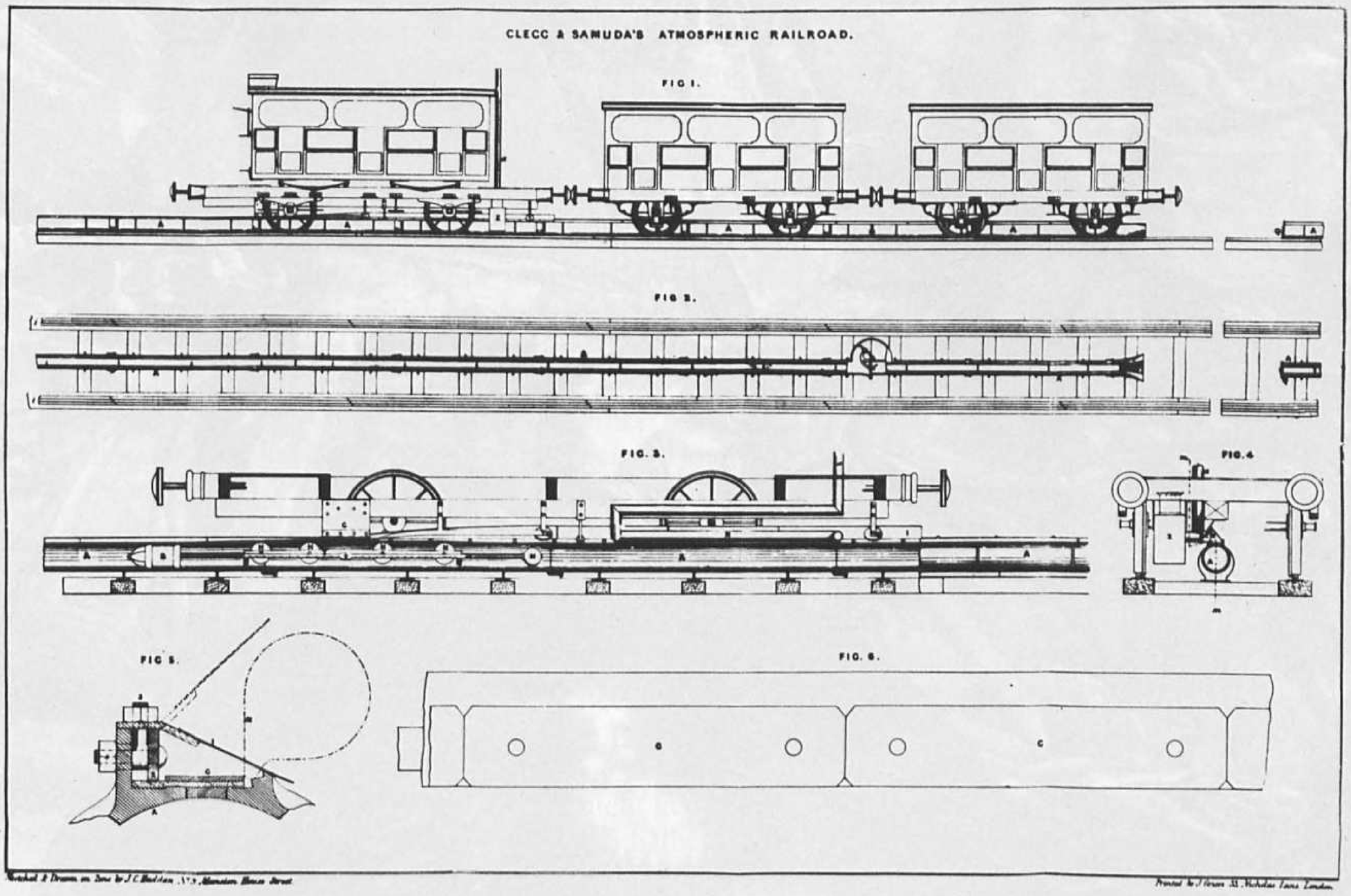



Abbildung aus: Clegg and Samuda's Atmospheric Railway, London 1840

Schrottberge dieser Art soll es nach den Plänen der Automobilhersteller bald nicht mehr geben.

# WENN TRÄUME SCHMELZEN

## Mercedes-Benz und Voest-Alpine streben das „Totalrecycling" von Altautos an

VON RALF BÜLOW

**Der Anteil der Kunststoffe in den Autos wächst: Seit 1965 hat er sich von zwei auf zehn Gewichtsprozent verfünffacht – und er wird weiter wachsen. Der Kunststoff-Müllberg erweist sich zunehmend als Umweltproblem. Um Lösungen zu finden, haben *Mercedes-Benz* und *Voest-Alpine* die *Studiengesellschaft für die Entsorgung von Altfahrzeugen* gegründet. Ziel ist die 100prozentige Weiterverwertung des Automülls.**

Das Auto ist ein Freund des Menschen – dieser Überzeugung ist Professor Dr. Claus Razim, Direktor und Umweltbeauftragter bei *Mercedes-Benz*. Doch er schränkt ein: Selbstverständlich sei das Auto kein Naturprodukt, es sei sogar in gewissem Sinne eine Umweltbelastung. Der Stuttgarter Metallurge meldete 1973 eine Methode zum Patent an, mit der die Umweltbelastungen beim Verschrotten gemildert werden können. Von Kunststoffen ist im Patent Nr. 2 343 699 nicht die Rede. Damals ging es darum, umweltbelastende Metalle als Wertstoffe zurückzugewinnen. Heute sieht der Mercedes-Manager vor allem in der Wiederverwertung der Kunststoffe eine ungelöste Aufgabe.

Daß Kunststoffe sich als problematisch erweisen können, war bei ihrer Erfindung nicht immer bewußt. Noch in den 50er Jahren bemerkte der französische Philosoph Roland Barthes (1915 bis 1980) „das ständige Staunen, das Träumen des Menschen" angesichts der fast grenzenlos erscheinenden Möglichkeiten, die die neuen Stoffe boten. Doch „die Euphorie eines bezaubernden Gleitens durch die Natur" ist in der Regel verflogen: Herstellung, Verarbeitung und Beseitigung vieler Kunststoffe sind nicht umweltneutral, sind kein Gegenstand kindlichen Staunens mehr. Eine große Zahl von Kunststoffen verrottet nicht, sperrt sich dem Recycling oder bildet hochgiftige Substanzen, wenn der Kunststoffmüll verbrannt werden soll.

Die Kunststoffe bieten Vorteile, die sie in zunehmendem Maße im Automobilbau Verwendung finden ließen: Sie haben ein geringes spezifisches Gewicht, sie sind korrosionsbeständig, leicht zu verarbeiten, und sie verfügen über große Elastizität. Sogar mit Umweltaspekten kann ihr Einsatz begründet werden. Denn: Wenn die deutschen Automobilhersteller ihr Versprechen einhalten wollen, den Ausstoß an Kohlendioxid bis zum Jahr 2005 um 25 Prozent zu verringern, so können sie das nur tun, wenn sie immer leichtere Wagen bauen, die weniger Treibstoff benötigen. Die Produktion von $CO_2$, das durch keine Filter und Katalysatoren zurückgehalten werden kann, ist eine direkte Funktion des Treibstoffverbrauchs.

Wird das Gewicht eines Autos um 100 Kilogramm verringert, so kann der Treibstoffbedarf pro 100 Kilometer um einen halben Liter gesenkt werden. Spoiler, Stoßfänger und Seitenschweller aus Kunststoffen verbessern nicht nur die Linienführung, sondern sie verringern auch den Luftwiderstand. Die Firma *Opel* beispielsweise gibt an, durch die ausgeklügelte Aerodynamik ihres *Calibra*-Coupés – so man den Sinn von Sportwagen nicht generell in Frage stellen will – einen halben Liter Benzin auf 100 Kilometer gewonnen zu haben.

Der Anteil von Kunststoffen ist im Automobilbau ständig gestiegen. Entfielen Mitte der 60er Jahre noch zwei Prozent des Gewichts eines Mittelklassewagens auf Kunststoffe, so hat sich dieser Anteil bis heute auf zehn Prozent verfünffacht – 1995 werden es voraussichtlich 13 Prozent sein, vielleicht sogar mehr.

Jedes Jahr müssen nur in der ehemaligen Bundesrepublik Deutschland rund zwei Millionen Personenwagen verschrottet werden. Bei solchen Mengen bereitet der hohe Anteil an Kunststoffen Sorge; den Kunststoffmüll zu beseitigen, wird zum immer schwerer lösbaren Problem.

Mehr als 90 Prozent eines schrottreifen Autos können wiederverwertet werden: Teile, die leicht zu demontieren sind – Reifen, Räder, Kabel, Batterien, Motoren und Getriebe –, werden entfernt, in den Shredder-Anlagen sortieren große Elektromagneten Eisen, Stahl und Nichteisen-Metalle aus. Was dann noch von den zwei Millionen Autos übrigbleibt, ist ein Müllgemisch aus Gummi, Textilien, Holz, Glas – und Kunststoffen. Es ist ein Müllberg von 500 000 Tonnen, der Kunststoffanteil liegt bei 150 000 Tonnen. 1995 wird er vermutlich 200 000 Tonnen erreichen.

Den Plastikmüll wie in der Vergangenheit zu deponieren, ist schon jetzt kaum noch Raum vorhanden. Kunststoffe, die dem Autobauer und solange das Auto gefahren wird, so viele Vorteile bieten, werden bei der Beseitigung des Autoschrotts zum Hauptproblem. Vielleicht zunächst aus Selbsterhaltungstrieb, zunehmend aber auch aus Gründen des Umweltschutzes, haben die meisten der großen Automobilhersteller die Herausforderung angenom-

*Fotos: Anton Geisser/Bavaria Bildagentur (großes Bild); Rainer Binder*

men und suchen nach Wegen, die zur Lösung des Problems beitragen können. Ziel der Bemühungen ist es, die Kunststoffe wiederzuverwerten.

Zwei Modelle zeichnen sich ab. BMW und die *Volkswagen AG* beispielsweise haben Pilotanlagen errichtet, die Techniken entwickeln und erproben sollen, mit denen Kunststoffe durch die gründlichere Demontage von Altautos zurückgewonnen werden können. Das andere Verfahren wird gelegentlich mit dem Ausdruck „thermische Verwertung" umschrieben. Die wohl ausgeprägtesten Vorstellungen dazu haben die Stuttgarter *Mercedes-Benz AG* und die *Voest-Alpine Stahl AG* im österreichischen Linz unter dem sehr viel eindrucksvolleren Namen „Totalrecycling" veröffentlicht. Die Karosserien werden zu Paketen gepreßt, die einschließlich der in ihnen enthaltenen Kunststoffteile eingeschmolzen werden.

Als Claus Razim im Jahr 1973 sein Patent einreichte, war er vom gleichen Gedanken ausgegangen; nur ging es ihm damals nicht um das Recycling der Kunststoffe, sondern um die Rückgewinnung der verschiedenen Metalle. Er schlug den Prozeß des Einschmelzens in einer stickstoffreichen Atmosphäre vor, um die Oxidation der in der Karosserie enthaltenen Nichteisen-Metalle zu vermeiden. In dieser Atmosphäre würden stattdessen Aluminium-, Titan- oder Magnesiumnitrid entstehen: Sie steigern die Festigkeit der erschmolzenen Eisenlegierung.

1989 wurde der Mercedes-Umweltbeauftragte auf ein neues Verfahren aufmerksam, auf das nach den Firmen *Kloeckner* und *Voest-Alpine* genannte KVA-Verfahren. Im Werk Donawitz des österreichischen Stahlunternehmens wurden mit einem Kostenaufwand von umgerechnet rund 140 Millionen Mark die Schmelztiegel umgerüstet, in denen Stahlschrott eingeschmolzen wird. Die dazu benötigten hohen Temperaturen werden mit Hilfe von Erdgas erzeugt. Claus Razim hatte den Gedanken, eine vergleichbare Anlage speziell für Autowracks zu errichten und nicht nur Erdgas als Heizquelle zu verwenden, sondern zugleich auch die in der Karosserie enthaltenen Kunststoffteile zu verbrennen. Denn ein Kilo Kunststoff, selbst ein Erzeugnis der Petrochemie, hat den Heizwert von einem Liter Erdöl.

Erstes Ergebnis der gemeinsamen Überlegungen von *Mercedes-Benz* und *Voest-Alpine* war die Gründung einer *Studiengesellschaft für die Entsorgung von Altfahrzeugen* im August 1990. Sie soll sämtliche ökonomischen und ökologischen Aspekte der vorgeschlagenen Art, den Autoschrott zu verwerten, untersuchen und erforschen, wie das totale Recycling als „metallurgisches Recycling" realisiert werden kann. Die Standortfrage für ein Pilotwerk ist noch offen. Nach den Schwierigkeiten in der Vergangenheit, die Genehmigung für den Bau einer Teststrecke zu erhalten, wird – Vertreter der schwäbischen Autofirma machen bei Gesprächen keinen Hehl daraus – das Gebiet der früheren DDR favorisiert: Dort seien schon bestehende Kraftwerk-Komplexe zu nutzen und weniger Proteste der Bevölkerung zu erwarten.

## DAS AUTO ALS ENERGIEQUELLE

Es ist unübersehbar: Die thermische Verwertung des Autoschrotts mag etwas weniger umweltbelastend sein – umweltfreundlich ist sie nicht. Zum Einschmelzen wird sehr viel Energie benötigt, und auch beim Verfeuern von Erdgas entsteht Kohlendioxid, eine der Ursachen des Treibhauseffekts und wahrscheinlicher Veränderungen des Weltklimas. Zwar werden weniger Schadstoffe freigesetzt, wenn man Erdgas statt Öl oder Kohle als Energiequelle verwendet, und man kann bei seinem Einsatz auf die sonst gebräuchlichen Lichtbögen verzichten, die große Mengen elektrischen Stroms benötigen, um die hohen Temperaturen für die Stahlschmelze zu erzielen: Umweltneutral ist die Weiterverwertung des Autoschrotts in keinem Falle, immer nur mehr oder weniger umweltbelastend.

Umweltfreundlich wäre allein die Schrottvermeidung. Konkret bedeutet dies, daß weniger Autos gebaut werden. Das muß nicht einmal wirtschaftlich nachteilige Folgen haben. Der Schrottberg würde beispielsweise auch dann halbiert, wenn Autos mit doppelter Lebensdauer gebaut würden, die selbstverständlich entsprechend teurer wären. Die Pläne dazu sind seit Jahren in den Konstruktionsabteilungen der großen Automobilhersteller vorhanden. Daß diese Autos nicht gebaut werden, hat nichts mit dem fehlenden Stand der Technik, es hat vor allem etwas mit dem fehlenden Mut zu umweltpolitischen Weichenstellungen zu tun. Um Schrott zu vermeiden, gibt es jedenfalls nicht nur das Mittel, die Zahl der zugelassenen Autos zu verringern.

Daß weniger Autos auf den Straßen wünschenswert sind, hat andere Gründe: Die motorisierte Mobilität ist in Deutschland so groß, daß die schädlichen Folgen für die Umwelt, und längst auch für den Menschen, zu einem Problem geworden sind.

Beim Totalrecycling, das *Mercedes-Benz* und *Voest-Alpine* entwickeln wollen, ist der Begriff Recycling nicht ganz richtig. Während Recycling meint, Stoffe zu erhalten, um sie von neuem zu verwenden, werden hier die Kunststoffe als Energieträger eingesetzt und bei der Verbrennung vernichtet.

Das Verfahren sieht drei Schritte vor. Zunächst werden Benzin, Öl, Kühlwasser, Bremsflüssigkeit und, wie bisher, leicht demontierbare Teile entfernt. Was wiederverwendet werden kann, wird verwertet. Der zum Einschmelzen zusammengepreßte Rest enthält etwa noch die Hälfte der Kunststoffe, die in den Wagen eingebaut waren.

Im zweiten Schritt wird der Autoschrott bei Temperaturen von über 2000 Grad Celsius geschmolzen. Diese Hitze wird mit Sauerstoff-Erdgas-Düsen am Boden des Schmelzofens erreicht. Die Kunststoffteile verbrennen: Sie haben einen Energieinhalt, der rund 30 Prozent des Erdgases einspart, das man ohne sie benötigen würde. Das geschmolzene Eisen fließt nach unten ab, Zink, Blei und andere Schwermetalle verdampfen und können ausgefiltert und wiederverwendet werden.

Die Dioxine und Furane, die beim Verbrennen der Kunststoffe entstehen, steigen in den oberen Teil des Schmelzofens auf, wo sie bei Temperaturen von über 1000 Grad Celsius in unschädliche Verbindungen aufgebrochen werden sollen.

Schließlich muß der Reinigung der Abgase besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Bei Temperaturen von rund 1100 Grad Celsius werden die schweren Kohlenwasserstoffe zerlegt, bevor sie von neuem Dioxine bilden könnten. Blei-, Zink- und andere

# VON EINER GEISTIGEN VERKEHRSORDNUNG

## Ein Denkstück zum menschlichen Wunsch nach Mobilität

VON HANS-PETER DÜRR

Der Verkehr ist ein guter Einstieg in eine sehr viel allgemeinere Problematik. Er ist ein wesentlicher Wirtschaftsfaktor, die Automobilindustrie ein wesentlicher Faktor unseres gesellschaftlichen Lebens. Wir können bei ihr beispielhaft erkunden, wie die Zielsetzung aussieht und welche Eigendynamik dabei besteht. Wir können auch in gewisser Weise abschätzen, wie die mögliche Entwicklung aussieht und welche Folgen sie hat, insbesondere für die Umwelt.

Das Verkehrsproblem ist einfacher als das allgemeine ökologische Problem. Wir können bei ihm ein wenig erproben, wie gut es uns gelingt, an die komplexeren Probleme heranzukommen. Dabei ist gleichzeitig die Frage interessant, ob es nicht ganz andere Entwicklungslinien gibt, mit denen wir zu einem insgesamt besseren Ergebnis kommen können.

Als Naturwissenschaftler bin ich stark geprägt von meinen Erfahrungen im Umgang mit der Natur, ihren Entwicklungsformen und ihren Entwicklungsstrategien. Ich habe den Eindruck, daß die Erfolgsrezepte der Natur auch für unser eigenes Tun und Handeln nicht falsch sein können. Der Mensch ist Teil der Natur, und deshalb darf er sein Tun auch von der Naturgesetzlichkeit her sehen, beurteilen und bemessen. Die Technik, wichtigster und markantester Ausdruck unserer Zivilisation, steht nicht im Gegensatz zur Natur: Denn wenn der Mensch Teil der Natur ist, dann auch sein Tun, seine Zivilisation, seine Technik. Allerdings ist die Natur etwas, in das der Mensch eingegriffen hat.

Es ist keine Frage, daß Mobilität und Bewegung für den Menschen Grundbedürfnisse sind. Wir haben Freude daran, uns zu bewegen. Indem wir uns bewegen, können wir uns die Welt – die Umwelt, die Mitwelt – aktiv erschließen. Bewegung war ein wichtiges Überlebensprinzip: für den frühen Jäger, bei der Flucht vor Feinden. Und die verschiedenen Formen der Fortbewegung haben kulturelle Prozesse geprägt: Der Historiker Durant hat die These aufgestellt, die Zähmung des Pferdes in Zentralasien vor etwa 5000 Jahren könne der tiefere Grund dafür gewesen sein, daß sich dort Hochreligionen bildeten. Zeitlich stimmt es etwa überein. Das Abgehobensein vom Boden und der größere Bewegungsradius haben den Menschen, so Durant, über die tägliche Lebenssorge hinaussehen lassen.

Mobilität erscheint uns heute als wichtiger Teil der Lebensqualität, weil für uns Unabhängigkeit, Freiheit, manchmal sogar Überlegenheit, damit verbunden sind. Zugleich ist das Auto ein wichtiger Baustein unserer industriellen Gesellschaft, ein wichtiges Bindeglied in dieser Gesellschaft, mit der Aufgabe, Menschen und Güter zu transportieren. Das Auto ist kein Luxusgegenstand mehr, wie früher die herrschaftliche Kalesche, es ist ein Gebrauchsgegenstand der Alltagskultur.

Immer dann aber, wenn ein Gegenstand zu einem Massenphänomen wird, ist die Frage nach seiner Verträglichkeit für die Mitwelt aufgeworfen, in die wir eingebettet sind. Dabei von Naturschutz zu sprechen, ist im Grunde Unsinn. Die Natur braucht keinen Schutz: *Wir* brauchen Schutz – und müssen darum eine Natur erhalten helfen, in der wir als Menschen überleben können. Der Natur ist es ziemlich gleichgültig, ob Menschen in ihr sind oder nicht. Natur: Das ist nicht nur eine gefährdete Orchideen- oder Vogelart, sondern auch das Innere der Sonne oder eine Supernova, Umwelten also, die lebensfeindlich sind.

Wenn wir die Natur als Vorbild des Erkennens nehmen, so verstehen wir unter Natur ein kompliziertes dynamisches System, das voll von Bewegungen und Umwandlungsprozessen ist, aber auch erkennbare Strukturen enthält: Ordnungs- und Organisationsstrukturen. Sie können sich ändern, während Energie und Materie Konstanten sind.

Greift der Mensch, selbst Bestandteil der Natur, in natürliche Ordnungsstrukturen ein, so tut er es immer mehr mit einer Geschwindigkeit, die zumindest neuartig ist. Die Biosphäre ließ sich vier Milliarden Jahre Zeit, in einem beständigen Prozeß von Versuch und Irrtum Lebewesen in bestmöglicher Art und Weise den gegebenen Lebensbedingungen anzupassen. Die Lebensformen, die dabei entstanden, die ganze Biosphäre entwickelte sich so zu einem System, das besonders robust und fehlerfreundlich ist. Der Trick der Natur: Trotz evolutionärer Auslese schränkte sie nicht die Zahl der möglichen Lebensformen ein, sondern sie erweiterte sie vom ersten Einzeller auf heute wahrscheinlich fünf Millionen Arten.

In der Technik dagegen geben wir einschränkende Optionen vor, und wir folgen dem eingeschlagenen Weg bis zum – manchmal bitteren – Ende. Das ist in der außermenschlichen Natur nicht zu beobachten, die in ihrer Flexibilität die Zahl der Möglichkeiten erhöht. Und auch dies ist ein natürliches Prinzip: Je größer die Zahl der Möglichkeiten, je robuster ist das System.

Die Ordnungsstrukturen, mit denen die Natur in langer Evolution ihre Robustheit erreicht hat, entsprechen nicht dem, was wir gemeinhin unter Ordnung verstehen. Wenn wir von Ordnung im Alltag sprechen, so verbinden wir damit die Vorstellung der Regelmäßigkeit. So ist für uns ein Einkristall eine sehr ordentliche Sache, die Doppelhelix, in der der genetische Code verschlüsselt ist, sieht schon nicht mehr ganz so ordentlich aus. Doch ihre Ordnungsstruktur ist sehr viel höher als die des Einkristalls.

Was damit gemeint ist, kann man am Beispiel eines Gedichts zeigen. Ein Analphabet sieht in ihm ungeordnete Buchstaben. Er ordnet das Gedicht nach den Buchstaben, schreibt jedes A in die erste, jedes B in die zweite Zeile – und so weiter. Das Gedicht ist danach nicht mehr zu erkennen. Aber das Gedicht war Ausdruck einer höheren, einer geistigen Ordnung.

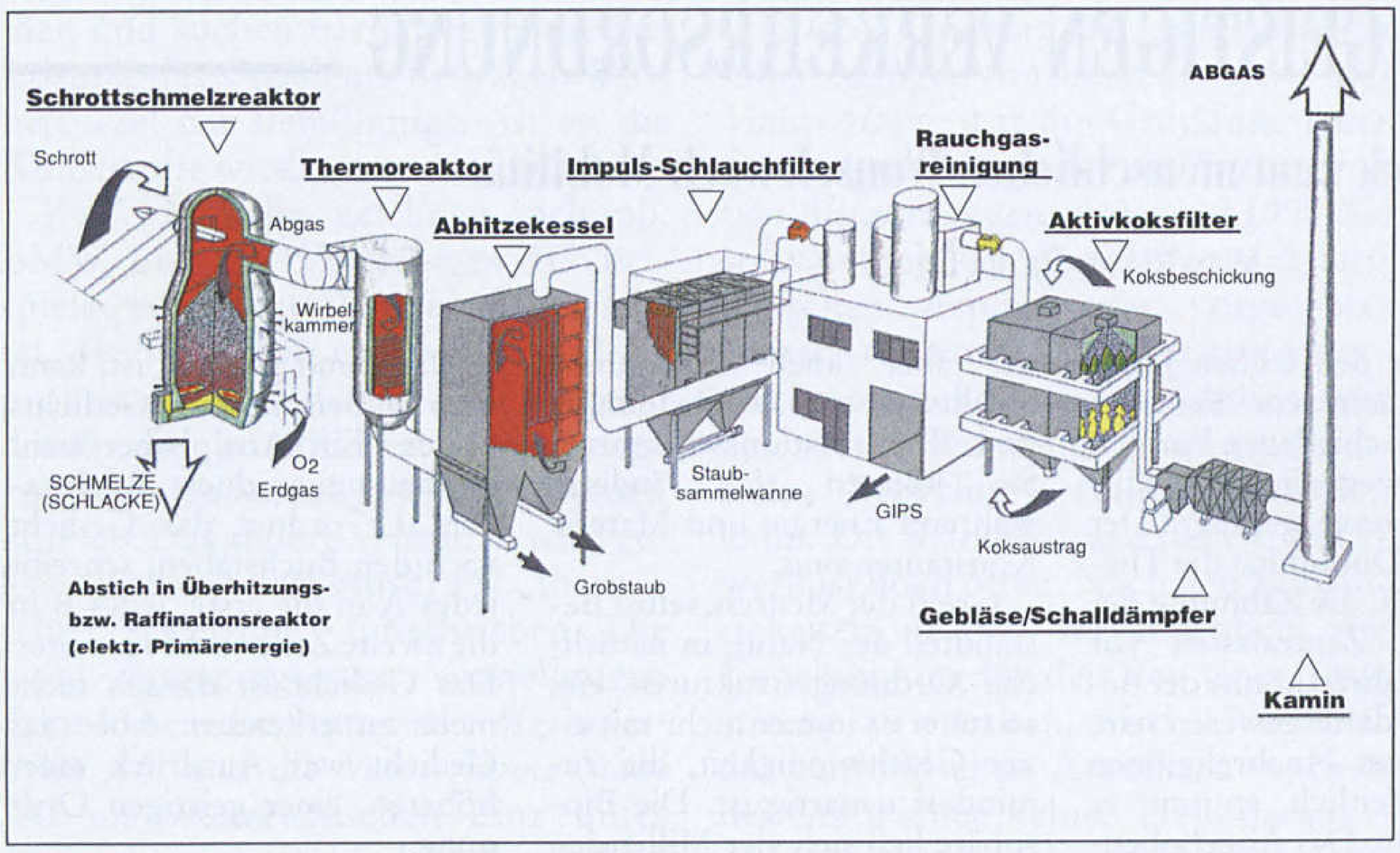
Ähnlich machen wir es in der Technik. Wir schauen die Natur an und sagen: üppig und überflüssig; A gehört zu A; B gehört zu B. Vielleicht haben wir dann 27 A nebeneinander angeordnet und halten die Natur für etwas beschränkt, weil sie höchstens zwei A nebeneinander kennt. Die höhere Ordnung ist verloren, das „Gedicht" der Natur nicht mehr zu erkennen.

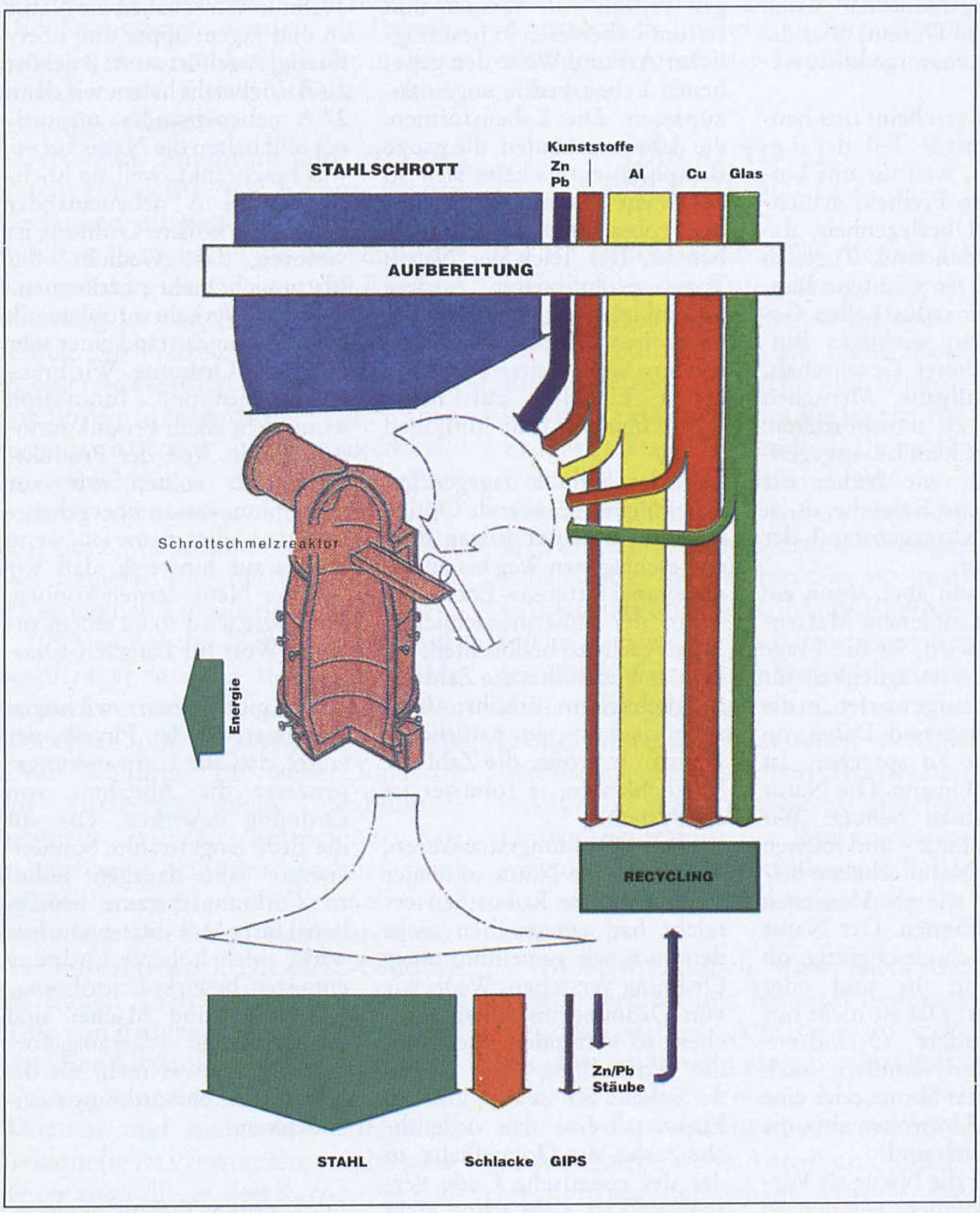
Die Verkehrsproblematik zeigt uns im Zustand einer sehr niedrigen Ordnung. Wir brauchen Innovation. Innovation kann nicht allein Produktinnovation sein. Von der Produktinnovation sollten wir zur Systeminnovation übergehen – und genau dies meine ich, wenn ich darauf hinweise, daß wir von der Natur lernen können. Ökologie wird so zu einem anderen Wort für Langzeit-Ökonomie.

Es gibt einen wichtigen Hauptsatz in der Physik, der lautet, daß alle Umwandlungsprozesse die Abnahme von Ordnung bewirken. Die auf die Erde eingestrahlte Sonnenenergie läßt dagegen höhere Ordnungssysteme entstehen. Unser Mobilitätsbedürfnis wirkt solch höherer Ordnung entgegen, bewirkt Unordnung.

Träumer und Macher sind gleichermaßen herausgefordert, über etwas mehr als die übliche Verkehrsordnung nachzudenken. ❑

*Für* Kultur & Technik *neubearbeiteter Auszug aus einem Vortrag, den Prof. Dr. Hans-Peter Dürr auf dem 1. BMW-Forschungstag 1990 gehalten hat.*




Grafiken: Voest-Alpine, Linz

**Demontieren oder Verbrennen?**
**Das Totalrecycling sieht vor, daß ein Teil der im Auto enthaltenen Kunststoffe, Gläser und Nichteisen-Metalle ausgebaut wird, der andere Teil aber in den Schmelzofen wandert.**

Von 1994 an muß die deutsche Autoindustrie alte Fahrzeuge kostenlos zurücknehmen und entsorgen. Schon heute ist absehbar, daß sich die zu erwartenden Schrottmengen ohne Verbrennungsverfahren kaum bewältigen lassen. Beim Totalrecycling sollen hohe Temperaturen und ausgeklügelte Filtersysteme sicherstellen, daß die Giftstoffe in den Verbrennungsgasen alle gesetzlichen Grenzwerte unterschreiten.

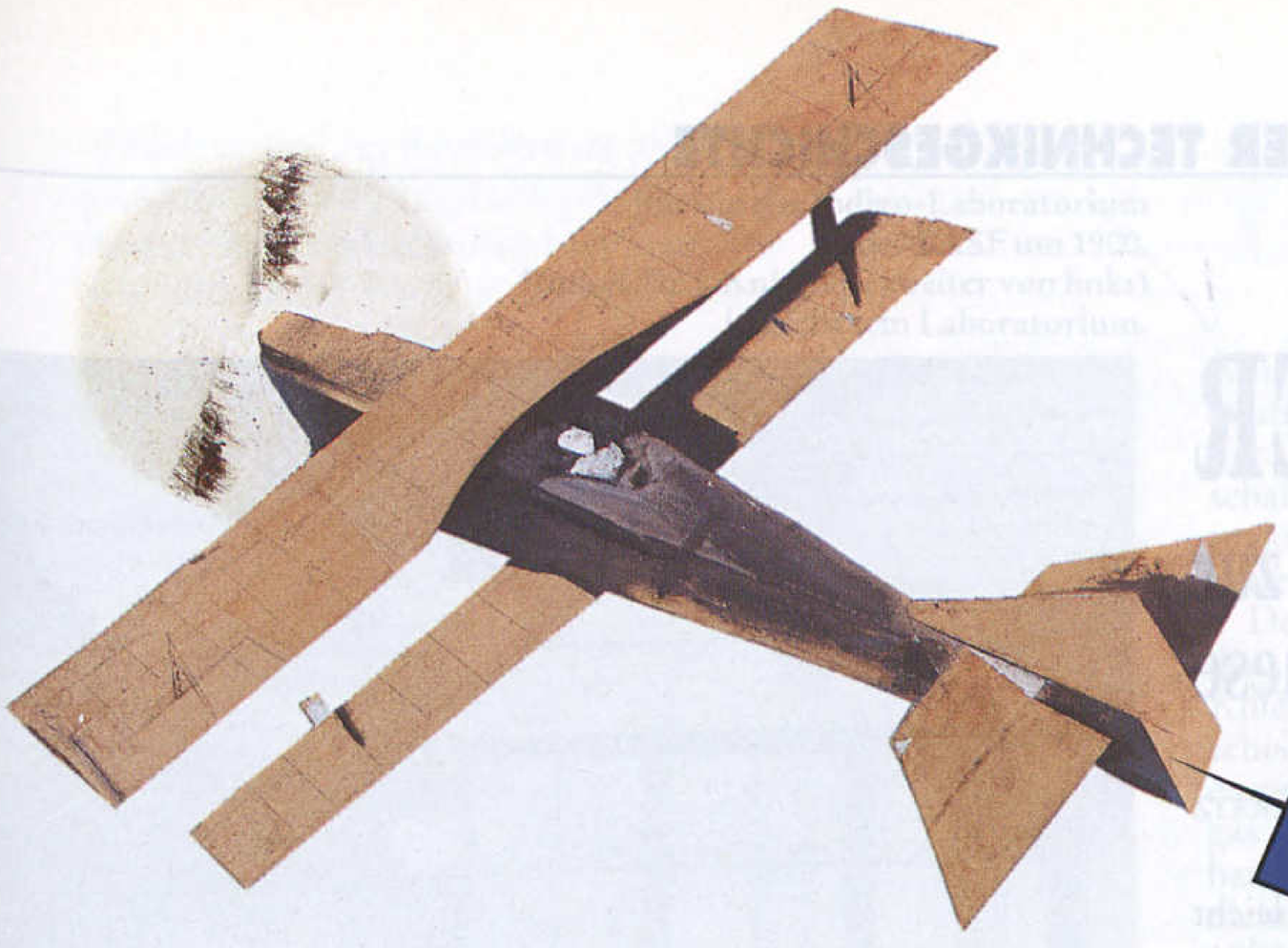
Stäube werden ausgefiltert und als Rohstoffe genutzt. Die Wärmeenergie der Abgase kann dem Fernwärmenetz zugute kommen oder einen Stromgenerator antreiben. Bevor das dann noch rund 300 Grad Celsius heiße Gas die Anlage verläßt, durchströmt es verschiedene Filter, die es unter anderem entschwefeln und entchloren. Der Schadstoffgehalt der Abluft liegt nach Angaben von *Mercedes-Benz* weit unterhalb bestehender oder in absehbarer Zeit zu erwartender Grenzwerte.

Das Totalrecycling – das Ei des Kolumbus für die Autoverwertung? Oder nur ein grünes Mäntelchen, das dem PKW – dem Umweltschädling per se – am Ende seiner Existenz einen ökologischen Sinn gibt? Das Auto ist ein Freund des Menschen, sagt Professor Razim, aber kein Naturprodukt, in gewissem Sinne sogar eine Umweltbelastung. Da ein Verzicht auf das Auto nicht möglich sei, gelte es, die negativen Auswirkungen zu verringern.

Roland Barthes hatte es da leichter. Er hielt das Auto für ein magisches Objekt und „das genaue Äquivalent der großen gotischen Kathedralen". Aber schon Nietzsche wußte, daß Gott tot ist, und wir merken, wie interessant das Auto wird, wenn es an seine Auflösung geht. ❑

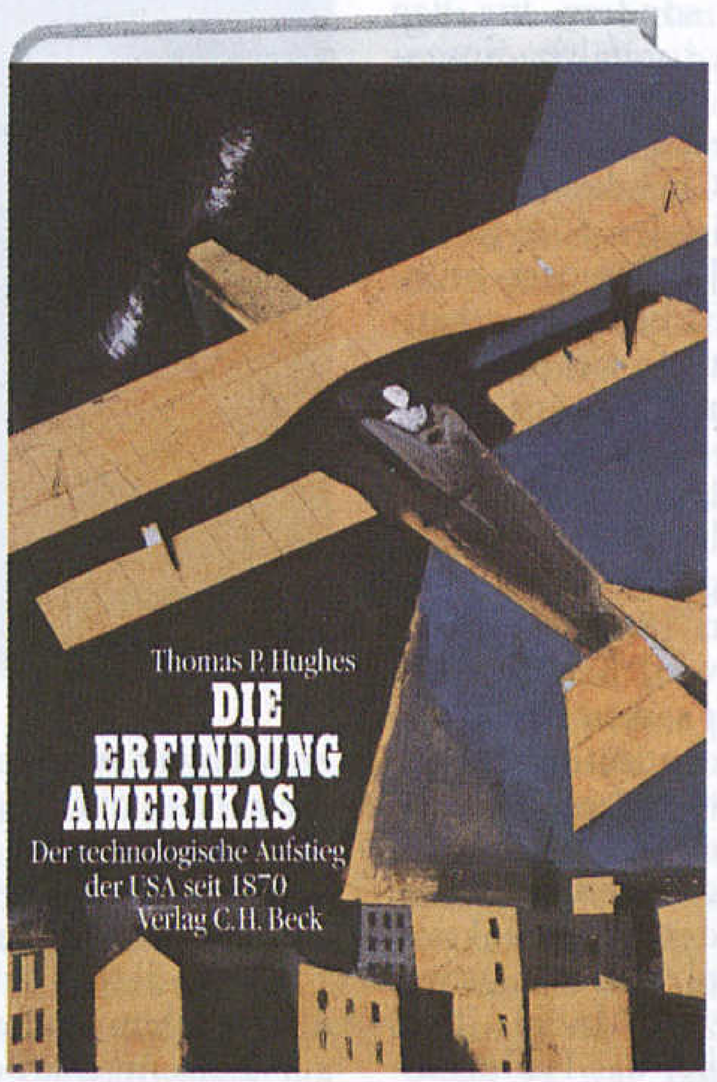
**DER AUTOR**

*Ralf Bülow*, geboren 1953, Dr. rer. nat, studierte Mathematik, Informatik und Philosophie und promovierte zu Fragen der Logik. Nach Forschungen am *Deutschen Museum* zur Frühzeit der Datenverarbeitung arbeitet er als Wissenschaftsjournalist.



die Geburt Amerikas

aus dem Geist der Technik




**Der Autor Thomas Hughes schildert mit kritischer Intelligenz die »Erschaffung der neuen Welt« und ihren technologischen Aufstieg in einem Zeitalter, das mit der Erfindung der Glühlampe begann und mit dem Bau der Atombombe endete.**
**1991. 528 Seiten mit 144 Abbildungen.**
**Gebunden DM 58,–**

*Verlag C.H. Beck*

# DAS BLAUE WUNDER

## Stationen auf dem Weg zur Indigo-Synthese

VON OTTO PAUL KRÄTZ

Das Bild ist eher düster, und doch zeichnet es den Kulminationspunkt eines sich schon seinem Ende entgegenneigenden Chemiker-Schicksals.

Die Einrichtung des Laboratoriums der *Badischen Anilin- und Soda-Fabrik* (BASF), photographiert um 1900, ist eher karg. Die gewellte Betondecke ruht auf Eisenträgern, die von gußeisernen Säulen getragen werden. Geriffelte Eisenplatten decken Entwässerungsrinnen, die den zwar sauber gefegten, aber recht rauhen Betonboden durchziehen. Man erkennt Labortische, auf denen kastenförmige Gebilde stehen; wahrscheinlich handelt es sich dabei um Chlorierungsapparate. Unzählige Reagenzienflaschen leuchten in ihren Regalen im Licht der seitlichen Fenster auf.

Das Merkwürdigste auf dieser Photographie ist die Anordnung der Herren – tatsächlich das passende Wort für diese würdigen Männer in ihren dunklen Anzügen, schwarzen Schuhen und großen dunklen Hüten. Alle tragen Bärte, mit Ausnahme der bartlosen, barhäuptigen Labordiener im Hintergrund. Die Herren formieren sich in einer Art lockerem Halbkreis um die beiden offenbar wichtigsten Spitzbartträger im linken Vordergrund. Die meisten dieser Herren machen einen nur leicht beschäftigten Eindruck, manche lugen auch eher vorsichtig auf die beiden Hauptfiguren.

Trotz der ärmlich düsteren Laboratmosphäre hat die Szene etwas von einer Krankenhausvisite, fast schon von der Audienz eines Herrschers, der sich mit einem Vasallen etwas zurückgezogen hat, vom leicht entfernten Gefolge ehrfurchtsvoll betrachtet.

In der Tat: Dieser Eindruck trügt nicht. Rudolf Theophil Joseph Knietsch (1854 bis 1906), einer der leitenden Herren der BASF, besucht seine eigene Schöpfung, das Indigo-Laboratorium.

Die stählernen Gasflaschen im Vordergrund wurden sorgfältig so gedreht, daß der Betrachter die Aufschriften lesen kann: Cl, das heißt Chlor! Damit erweist sich, daß diese Aufnahme eben kein Schnappschuß war, sondern für den Fotografen sorgfältig inszeniert wurde. Was man hier in Szene setzte, war der Höhepunkt eines Chemikerlebens.

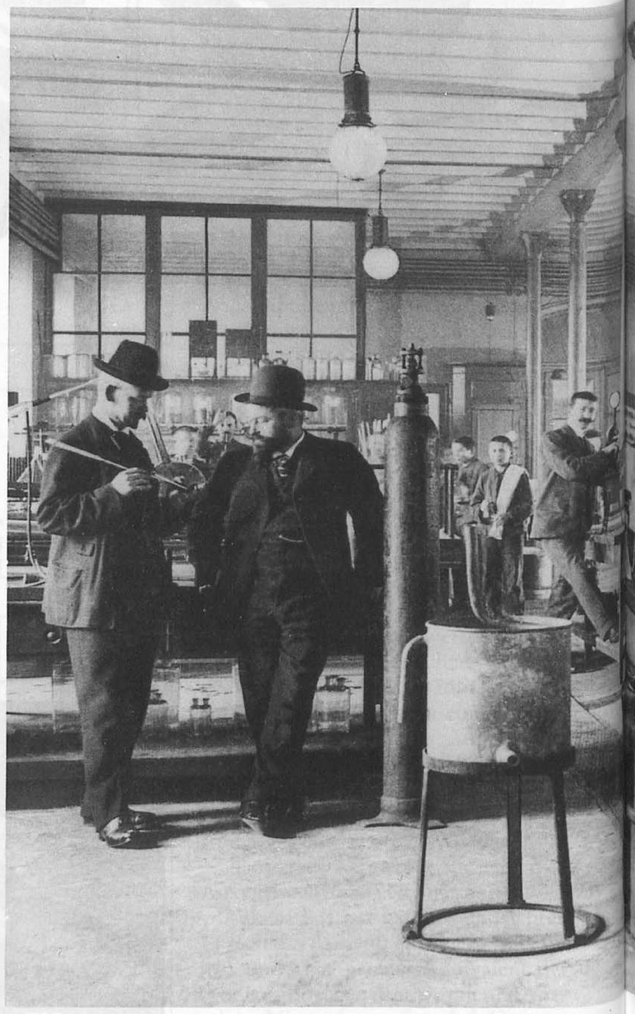
Als man in den 50er Jahren des vorigen Jahrhunderts mühsam lernte, Farben zu synthetisieren, wollte es ein boshafter Zufall, daß man zwar nach wenigen Jahren über Tausende von roten, braunen und auch gelben Farbstoffen verfügte, aber eben gerade nicht über blaue. Bereits 1860 begann daher Adolf (von) Baeyer (1835 bis 1907) mit seinen Forschungen zur Konstitutionsaufklärung und der Synthese des Indigos. 1866 gelang die oxidative Spaltung des Indigos zum Isatin, dann dessen Reduktion zum Oxindol, und weiter mit Zinnstaub zum Indol. 1870 glückte es über das Isatinchlorid, Isatin wieder zum Indigo zu reduzieren.

1878 glaubte Baeyer, mit seiner Synthese des Isatins aus der Phenylessigsäure dem Weg zum Indigo, dem begehrten blauen Farbstoff mit seinen gewaltigen Absatzmärkten, schon zum Greifen nahe zu sein. 1880 erwarb Baeyer das erste Patent auf eine Indigosynthese, die, aufbauend auf der Zimtsäuresynthese des Engländers William Perkin, in mehreren Stufen zum Indigo führte.

In all diesen Jahren waren die Forschungen Baeyers in enger Zusammenarbeit von der BASF großzügig unterstützt worden. So erwarb die BASF auch das Patent; doch es zeigte sich bald, daß diese Synthese trotz intensivster anwendungstechnischer Forschungen wirtschaftlich nicht brauchbar war – ebensowenig wie alle folgenden Synthese-Vorschläge, die Baeyer und seine Schüler in den nächsten Jahren noch erarbeiteten.

Die zunächst völlig erfolglose Suche nach dem Indigo brachte der BASF nur grauenvolle Verluste in der atemberaubenden Höhe von 18 Millionen Mark. Dieser Betrag war höher als das damalige Grundkapital der BASF. Doch die Gewinnchancen des Indigo-Marktes wurden so hoch eingeschätzt, daß man trotzdem durchhielt.

Erst dem früh vollendeten Karl Heumann (1850 bis 1894) war es vergönnt, zwei geniale Synthesewege zum Indigo zu finden. Die erste Heumannsche Synthese geht vom Anilin aus und führt über das Phenylglycin. Doch so, wie sie Heumann am Polytechnikum der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich entwickelt hatte, war auch sie zunächst in der Praxis rentabel nicht durchführbar.



Blick in das Indigo-Laboratorium der BASF um 1900. Rudolf Th. J. Knietsch (zweiter von links) besucht sein Laboratorium.

Foto: BASF

Daß schließlich der Durchbruch über eine chlorierte Zwischenstufe doch noch gelang, war Rudolf Knietsch zu verdanken, einem chemisch-technischen Genie, dessen erfolgreicher Aufstieg mit einer stark praxisorientierten Ausbildung angefangen hatte. Knietsch hatte mit einer Schlosserlehre begonnen und war kurze Zeit in einer Eisenbahnwerkstatt beschäftigt gewesen. Es folgten Studien an den Gewerbeschulen in Brieg und Gleiwitz, danach an der Gewerbeakademie in Berlin. 1881 promovierte er in Jena und arbeitete dann als Chemiker in Görlitz beziehungsweise in Berlin. 1882 trat er in die Chemische Fabrik von *Bindschedler, Busch & Co.* in Basel ein, wo er seine berühmte Chlor-Indigo-Synthese entwickelte. Sie wurde 1882 zusammen mit ihrem Schöpfer Knietsch von der BASF aufgekauft, da die Zusammenarbeit mit Baeyer nur zu wissenschaftlichen, jedoch nicht zu praktischen Erfolgen geführt hatte.

Doch auch die Einführung der Indigo-Synthese von Knietsch in die Praxis drohte zu scheitern. Zwar ließ sich schon damals das aggressive Chlorgas im Laboratoriumsmaßstab handhaben, aber eben gerade nicht in der Großsynthese. 1888 gelang es Knietsch erstmals, Chlor in großen Mengen zu verflüssigen und gefahrlos in stählerne Druckflaschen abzufüllen. Nun konnte man Chlor, das bald ein wichtiger Grundstoff der chemischen Industrie werden sollte, in flüssiger Form lagern, transportieren und verarbeiten. Dank seiner Reinheit und leichten Versandfähigkeit in Stahlflaschen wurde es ein großer Verkaufserfolg der BASF.

Damit war aber auch eine preisgünstige Indigo-Synthese gefunden worden. Im Gegensatz zu Baeyer hatte Knietsch zwei Erfolge auf chemisch verschiedenen Gebieten zu einem einzigen großen Durchbruch zu vereinen vermocht. Er hatte nicht nur die endgültige Synthese gefunden, sondern auch eine wichtige Grundchemikalie wirtschaftlich zugänglich gemacht. Das war nicht nur ein großer wissenschaftlicher Triumph, es war in erster Linie ein großartiger wirtschaftlicher Erfolg.

Parallel zu den Indigoarbeiten war es ihm geglückt, die BASF durch sein Schwefelsäure-Kontaktverfahren zum weltweit größten Hersteller konzentrierter Schwefelsäure zu machen. Das wurde ihm 1904 durch die Aufnahme in die Leitung der BASF gedankt. Doch es war ihm nicht vergönnt, sich noch lange dieser Aufgabe widmen zu können: Am 28. Mai 1906 ereilte ihn der Tod.

Mit seiner Hilfe hatte die BASF das Wettrennen um den – wie man damals meinte – König der Farbstoffe gewonnen. 17 lange Jahre hatten sich viele Forscher und die BASF geplagt und gehetzt, um einen natürlichen blauen Farbstoff zu synthetisieren. Die Ironie des Schicksals wollte es, daß René Bohn (1862 bis 1922) schon 1901 mit den *Indanthren-Farben* eine völlig neue vollsynthetische Farbstoffklasse fand, die sich als wesentlich licht- und waschechter erwies.

So gesehen, war der Kampf fast umsonst gewesen – aber eben nur fast. Die Indigo-Produktion der BASF wurde zwar weitergeführt, warf aber im Lauf der Jahrzehnte eher bescheidene Gewinne ab. In den Jahren nach dem Zweiten Weltkrieg beschloß die Leitung der BASF, das Indigowerk endgültig stillzulegen.

Nun trat eine Wende ein, die niemand vorausgesehen hatte und die in ihrer absoluten Irrationalität auch nicht voraussehbar war: In den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts hatte ein in die USA ausgewanderter jüdischer Textilunternehmer aus Augsburg, Levi Strauß, die Blue-Jeans entwickelt. Aus indigo-gefärbter Baumwolle ließ er kupfernietenverstärkte Arbeitshosen für Cowboys und Holzfäller schneidern, die sich auch an Handwerker und arme Leute gut verkaufen ließen. Daß diese nach dem Zweiten Weltkrieg als eine Art Jugend-Kultkleidung über Jahrzehnte hinweg millionenfach getragen werden würden, war in der Tat nicht vorstellbar gewesen. Hatte einst die ungenügende Wasch- und Lichtechtheit des Indigos beinahe zu seinem Verschwinden geführt, so waren es jetzt gerade diese Eigenschaften, die es für den „Gammel-Look" der Jugend so begehrenswert werden ließen.

Auch Unvollkommenes läßt sich gut verkaufen, vorausgesetzt, man findet jemanden, der töricht genug ist, hinter dieser Unvollkommenheit doch so etwas wie eine höhere Idee zu wittern. ❑

# DOPPELSTOLLEN

## Ein Phänomen griechischer Wasserleitungen

Von Renate Tölle-Kastenbein

**Niemand hat bislang gewußt, warum Griechen und Römer zwei Stollen übereinander trieben, wenn sie Wasser in einige ihrer Städte bringen wollten. Das Rätsel wurde durch die Bergbau-Forschung gelöst. Ungelöst bleibt die Frage, woher frühe Kulturen das Wissen hatten, das sich uns allmählich erschließt.**

Kultur und Technik wurden im antiken Denken nicht als zwei unabhängige Säulen im Lebensgefüge, sondern als Einheit verstanden. Wasserkultur und Wassertechnik konnten einander nicht widersprechen: *cultura* im Sinne von Pflege und Bildung und *techne* (τέχνη) im Sinne von Kunstfertigkeit und Wissenschaft wirkten zusammen. Wasser als Naturelement, Wasser als Grundbedürfnis des Menschen, Wasser als zu pflegendes Gut und Wasserhaltung als technische Aufgabe bedingen sich gegenseitig. Griechische und römische Philosophen, Naturwissenschaftler und Techniker bekunden wiederholt diese Einheit.

Aristoteles (pol. 1330 b) hält die Einstellung zum Wasser für ein Kennzeichen des Bildungsstandes eines Menschen und einer menschlichen Gemeinschaft. Plinius bemerkt: „Bedenkt man eingehend die Menge an Wasser für den öffentlichen Bedarf, für Bäder, künstliche Teiche und Wassergräben, für Wohnhäuser, Gärten und Villen, bedenkt man die Entfernung von den Quellen, die Aquaedukte, die durchtunnelten Berge und die Brücken über Täler, so wird man zugestehen, daß es auf dem ganzen Erdkreis nichts Bewundernswürdigeres gegeben hat" – selbst die Pyramiden stehen dem nach Plinius nicht nach (NH 36, 123).

Die oberirdisch sichtbaren Bauwerke der Wasserleitungen, vor allem die Aquaedukte und die teils mehrstöckigen Verteilerbauten, die sogenannten Wasserschlösser, sah man weniger als notwendige Ingenieurbauten denn als eigenständige architektonische Schöpfungen an, die die Beherrschung der Natur durch den Menschen versinnbildlichen. Diesen gestalteten Nutzbauten stellte man in der römischen Kaiserzeit Bauwerke zur Seite, die nur dazu dienten, das Wasser sichtbar zu machen, zu verehren und zu verherrlichen – tempelartige Quellheiligtümer, zierende und prunkhafte Laufbrunnen oder Nymphäen mit wasser- und sinnesbezogenen Schauwänden. Gerade diese Wasserbauten bezeugen, weil sie keinem Nützlichkeitsdenken verpflichtet sind, die Achtung, die das Wasser erfuhr. Aber auch unsichtbare, untertägige Anlagen – Stollen, Kanäle oder Tunnel größerer Leitungssysteme, selbst Abwässerkanäle – galten als sehens-, bewunderns- und beschreibenswert (Herodot III 60 zu Samos, Diodor XI 25.3 zu Akragas, Plinius NH 36 zu Rom).

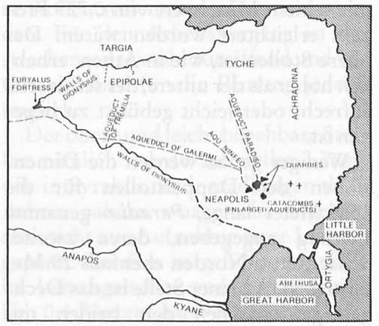
Aus den antiken Schriftzeugnissen und aus den erhaltenen Leitungsbauten spricht große Sorgfalt im Umgang mit Wasser, und eine Besonderheit griechischer Leitungen belegt vorsorgend schützendes Denken. Zur Sicherung vor Fremdeinwirkungen in Friedenszeiten und vor Feindeseinwirkungen in Kriegszeiten wurden griechische Wasserleitungen – und das bedeutet Rohrleitungen – vornehmlich unterirdisch verlegt: vor allem in Stollen, seltener in untertägigen Kanälen. Diesen „Wasserschutz" übernahm der römische Wasserleitungsbau, auch wenn die weithin sichtbaren Aquaedukte ein anderes Bild zu vermitteln scheinen.

Die zehn nachprüfbaren Versorgungsleitungen für die Hauptstadt Rom, die zwischen 312 vor Christus und 226 nach Christus mit einer Länge von insgesamt 469,890 Kilometern erbaut wurden, wurden nach Frontinus über 397,684 Kilometer unterirdisch und über nur 72,206 Kilometer oberirdisch geführt. Dieses Verhältnis von 84,63 : 15,37 Prozent kennzeichnet auch andere Leitungen im römischen Imperium: Neben vollständig unterirdischen Wasserleitungen, wie der *Aqua Traiana* für Rom oder der Stollenleitung für Bologna, gibt es immer wieder lange untertägige Strecken innerhalb republikanischer oder kaiserzeitlicher Fernwasserleitungen.

In sofern kann die Stollenbauweise nicht als typisch griechisch eingestuft werden. Eine dualistische Gegenüberstellung griechischer und römischer Bauarten im Wasserwesen wird den historischen Gegebenheiten nicht gerecht. Denn in vielen Bereichen läßt sich eine kontinuierliche Weiterentwicklung beobachten: In hellenistischer und spätrepublikanischer Zeit sowie in der frühen römischen Kaiserzeit ergänzen architektonische Neuerungen die seit Jahrhunderten erprobten und tradierten Techniken des Leitungsbaus. Im entwicklungsgeschichtlichen Rückblick wird deutlich, daß der Stollenvortrieb für Wasserleitungen nicht genuin griechisch ist; vielmehr wurde die Stollenbauweise schon lange zuvor dem sehr viel älteren Bergbau entlehnt.

Spezifisch *griechisch* hingegen ist das Phänomen der Doppelstollen – eine bislang unerklärte und kaum beachtete Erscheinung, die bei relativ frühen Gefälleleitungen auftritt: Zwei Stollen wurden übereinander vorgetrieben, getrennt durch ein unterschiedlich starkes Deckgebirge, aber verbunden durch Schächte, die bis zur Sohle des unteren Stollens abgeteuft wurden. Die durch den oberen Stollen bis nach unten führenden Schächte besagen, daß im oberen Stollen keine Wasserleitung in Form von Rohren oder Rinnen ein durchlaufendes Leitungsbett finden konnte. Außerdem wurde der obere Stollen jeweils annähernd waagerecht, ohne Gefälle, aufgefahren. Da das Leitungsgefälle erst im unteren Stollen angelegt wurde, dürfte der obere Stollen als erster vorgetrieben worden sein.

Doppelstollen treten mit einer zeitlichen Ost-West-Verschiebung auf: zunächst im griechischen Osten, in der Heimat der ionischen Naturphilosophen, auf Samos (Baubeginn vor 525 vor Christus), bald darauf in Athen (Baubeginn um 515 vor Christus) und später, in klassischer Zeit, im griechischen Westen, in Syrakus. Dort ist das Phänomen gleich an drei Wasserleitungen zu beobachten: an den Leitungen Ninfeo, Paradiso und Tremilia, die im Gegensatz zu der von auswärts kommenden Galermi-Leitung hydrogeologisch an die Terrasse von Syrakus gebunden sind.




**Lage der Wasserleitungen in Syrakus**




**Längsschnitt der Ninfeo-Leitung in Syrakus. Die beiden Stollen sind durch mehrere Schächte in unterschiedlichen Abständen miteinander verbunden.**

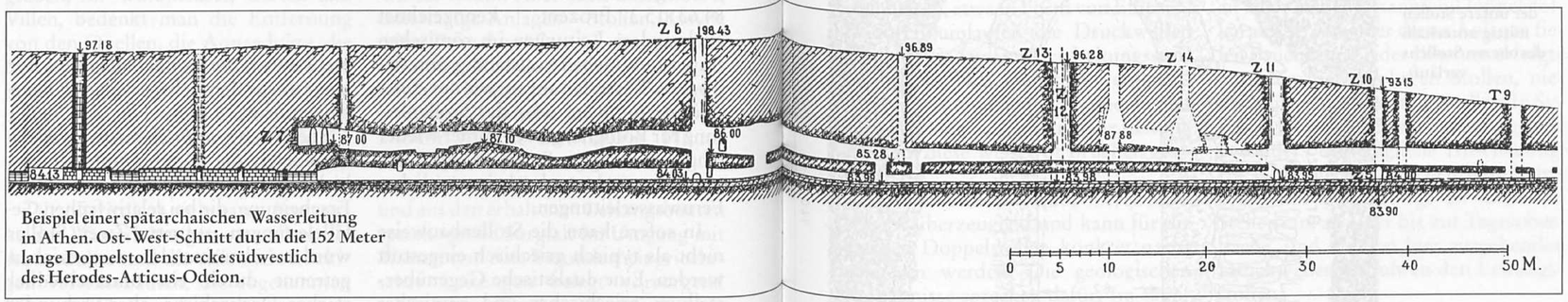
Die nach ihrem Zielort benannte Leitung *Ninfeo* war über eine Länge von 1385 Metern und über mehr als 40 Schächte mit einer maximalen Tiefe von 29 Metern zugänglich. Die Schächte wurden in unregelmäßigen Abständen geteuft, nicht etwa in Abständen von 100 dorischen Fuß (32,65 Meter), wodurch die Berechnung und die Einhaltung des Gefälles mit seinem Mittelwert von 0,729 Prozent erleichtert worden wären. Der obere Stollen ist, wie in Athen, erheblich höher als der untere, der seinerseits aufrecht oder leicht gebückt zu begehen ist.

Weniger genau werden die Dimensionen der Doppelstollen für die 1565 Meter lange, *Paradiso* genannte Leitung angegeben, deren zweiter Schacht von Norden ebenfalls 29 Meter tief ist. An einer Stelle ist das Deckgebirge zwischen den beiden mit 1,80 Meter gleich hohen Stollen nur 1,10 Meter dick – nach heutigen Maßstäben des Bergbaus auch bei einer Stollenbreite von nur einem halben bis einem Meter zu schwach.

Die *Tremilia*-Leitung mit bis zu 19 Meter tiefen Schächten weist bei gleicher Höhe der beiden 1,50 Meter hohen Stollen eine mächtigere, 2 bis 5,75 Meter starke Schicht über dem unteren Stollen auf. Dabei wird die Linienführung des oberen Stollens, wie in Athen, im Vergleich zum unteren, leitungsführenden Stollen weniger exakt eingehalten; auch Abweichungen aus der gemeinsamen senkrechten Achse kommen gelegentlich vor.

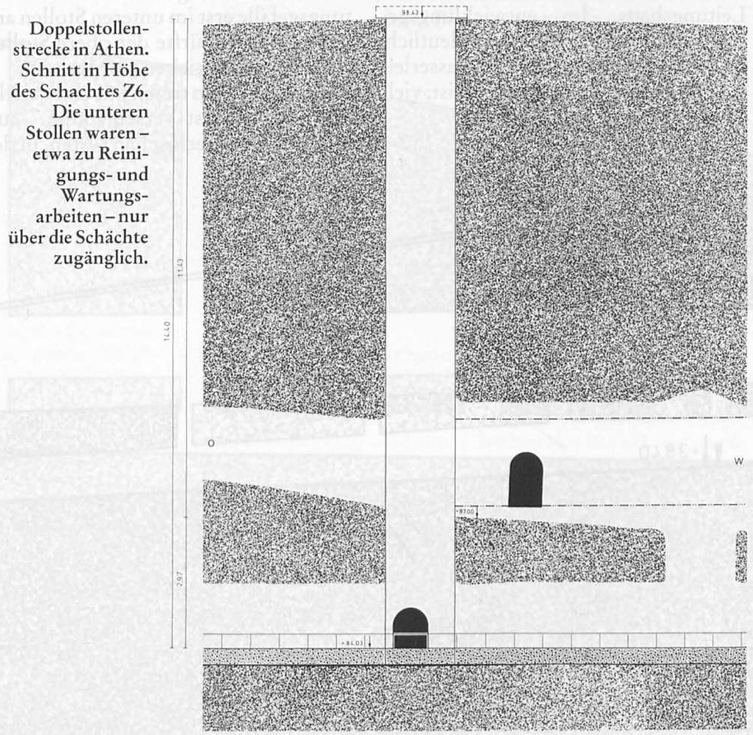
Nur die kurze Tremilia-Leitung wurde in ihrer vollen Länge von 815 Metern als Doppelstollen ausgeführt. Bei den beiden anderen, längeren Leitungen von Syrakus decken sich die Befunde mit den Ausgrabungen in Athen und auf Samos: Die Doppelstollen stellen jeweils nur einen Abschnitt der gesamten Wasserleitung dar. Insofern sind sie mit den Tunneln, Aquaedukten oder Druckleitungen vergleichbar, die auch immer nur eine Teilstrecke ausmachen.

Für Athen wurde zu Ende der archaischen Zeit eine mit ihren beiden Strängen nördlich und südlich der Akropolis mehr als neun Kilometer lange Wasserleitung angelegt und überwiegend in Stollenbauweise ausgeführt. Innerhalb dieser Leitung findet sich südwestlich der Akropolis, unweit des *Herodes-Atticus-Odeion* eine 152 Meter lange Doppelstollen-Strecke. Der Abschnitt ist im Grundriß leicht schlangenlinienhaft, wobei der obere Stollen streckenweise stärker von der Richtung des unteren Stollens abweicht als in Syrakus. Der obere Stollen ist mit durchschnittlich zwei Metern Höhe wiederum stärker ausgelegt als der untere mit Höhen zwischen 1,35 und 1,50 Metern; die dazwischenliegende Gebirgsschicht ist mit etwa 1,50 Metern Höhe in ungestörten Zonen kaum stärker als die der Paradiso-Leitung in Syrakus. Der obere Stollen zeigt in manchen Abschnitten ein ausgeprägtes Gegengefälle und ein so markantes Auf- und Absteigen von Sohle und First, daß er allein aus diesem Grunde nicht als Leitungsstollen in Betracht kommen kann.



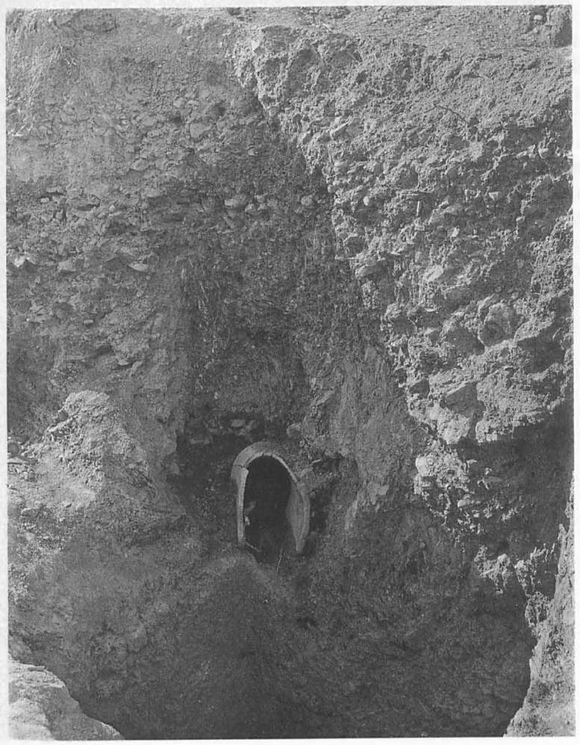

Beispiel einer spätarchaischen Wasserleitung in Athen. Ost-West-Schnitt durch die 152 Meter lange Doppelstollenstrecke südwestlich des Herodes-Atticus-Odeion.

„Die Samier haben", wie Herodot (III, 60) berichtet, „durch einen 150 Klafter (900 Fuß) hohen Berg einen Stollen getrieben, der am Fuß des Berges beginnt und nach beiden Seiten Öffnungen hat. Dieser Stollen ist 7 Stadien (4200 Fuß) lang und 8 Fuß hoch und breit; seiner ganzen Länge nach ist unter diesem Stollen ein zweiter, 20 Ellen (30 Fuß) tiefer und 3 (2) Fuß breiter Stollen angelegt. Durch diesen letzten wird aus einer reichen Quelle das Wasser durch Leitungen in die Stadt geführt. Diese Wasserleitungsanlage wurde von Eupalinos . . . gebaut." Der doppelstöckige und 1040 Meter lange Tunnel oder Doppelstollen – ein Tunnel ist im Grunde nichts anderes als ein Stollen – bildet das Kernstück der insgesamt gut drei Kilometer langen Wasserleitung für Samos.




Doppelstollenstrecke in Athen. Schnitt in Höhe des Schachtes Z6. Die unteren Stollen waren – etwa zu Reinigungs- und Wartungsarbeiten – nur über die Schächte zugänglich.

Da der obere Stollen nicht in der damals gängigen Stollen-Schacht-Bauweise, sondern im Gegenortverfahren aufgefahren wurde, scheint sich hier auf den ersten Blick ein etwas anderes Bild als in Athen oder Syrakus zu bieten. Der untere Leitungsstollen dagegen wurde wie alle anderen Stollen in Streckenabschnitten von Schacht zu Schacht vorangetrieben. Ganz gleich, ob der untere Stollen mittig unter dem oberen Stollen oder versetzt unter ihm verläuft: In jedem Fall war der untere Stollen auch hier nur über die Schächte zugänglich. Wie in Athen und in Syrakus unterscheidet sich auch auf Samos der Leitungsstollen im Prinzip nicht von den Leitungsstrecken außerhalb des Berges, außerhalb der Doppelstollenstrecke.



Spätarchaische Wasserleitung in Athen westlich der Akropolis. Zu sehen ist das Stollenende mit Tonplattenausbau.

Sämtliche Abbildungen: Renate Tölle-Kastenbein

Angesichts des samischen Befundes ging man bisher davon aus, der Tunnel sei ursprünglich als „einfacher" Stollen mit annähernd quadratischem Querschnitt zur Leitungsaufnahme geplant und ausgeführt worden; erst in einem zweiten Schritt sei zur Korrektur des nicht ausreichenden Gefälles der untere Stollen stufenweise abgesenkt worden. Für den Arbeitsvorgang ist das streckenweise wohl zutreffend und vor Ort ablesbar, für die Planung jedoch fraglich.

Der obere und leicht begehbare Stollen nämlich wurde auf voller Länge, wie in Syrakus, und, gradliniger als in Athen, nahezu waagerecht angelegt, also nicht zur Aufnahme einer Leitung geplant: Bei dem ausgeführten Gefälle im Leitungsstollen von durchschnittlich 0,4 Prozent hätte die Höhendifferenz zwischen den beiden Tunnelöffnungen 4,14 Meter betragen müssen. Ein Meß- oder Nivellierungsfehler in einer solchen Größe kann nicht begründet werden.

Eine weitere Tatsache kommt hinzu: Die Sohlenhöhe des Leitungsstollens war an die Höhenlage des Quellgebietes gebunden, und an der Stelle, wo der Stollen mit erhaltener Rohrleitung in den Berg eintritt, liegt seine Sohle 3,97 Meter tiefer als der obere Stollen; der obere Tunnel aber liegt mit seiner Sohle höher als das Quellhaus. Warum setzte man diesen Tunnel so viel höher an?

Die bisherigen Erklärungsvorschläge zur Funktion der Doppelstollen, vornehmlich für Syrakus genannt – nämlich Reinigung, Wartung, Instandhaltung –, bleiben unbefriedigend: Diese Arbeiten wurden auch in einstöckigen Stollenleitungen durchgeführt, und allein für diese Zwecke läßt sich der hohe Aufwand für einen oberen und einen unteren Stollen nicht rechtfertigen. Vermessungstechnische Gründe können ebenfalls nicht ursächlich sein: Traten Fehler bei der Höhen-Nivellierung auf, waren sie gerade in der Stollen-Schacht-Bauweise gut zu korrigieren, indem das jeweilige Baulos zwischen zwei Schächten neu eingemessen wurde.

Um ein möglichst gleichmäßiges Gefälle zu erzielen, war der obere Stollen überflüssig. Dasselbe gilt für Rich-

tungsfehler beim Vortrieb, die bei allen hier genannten Stollenleitungen und auch noch in römischer Zeit vorkamen, zum Beispiel am Leitungsstollen für Bologna oder am Gegenort-Tunnel bei Saldae in Algerien.

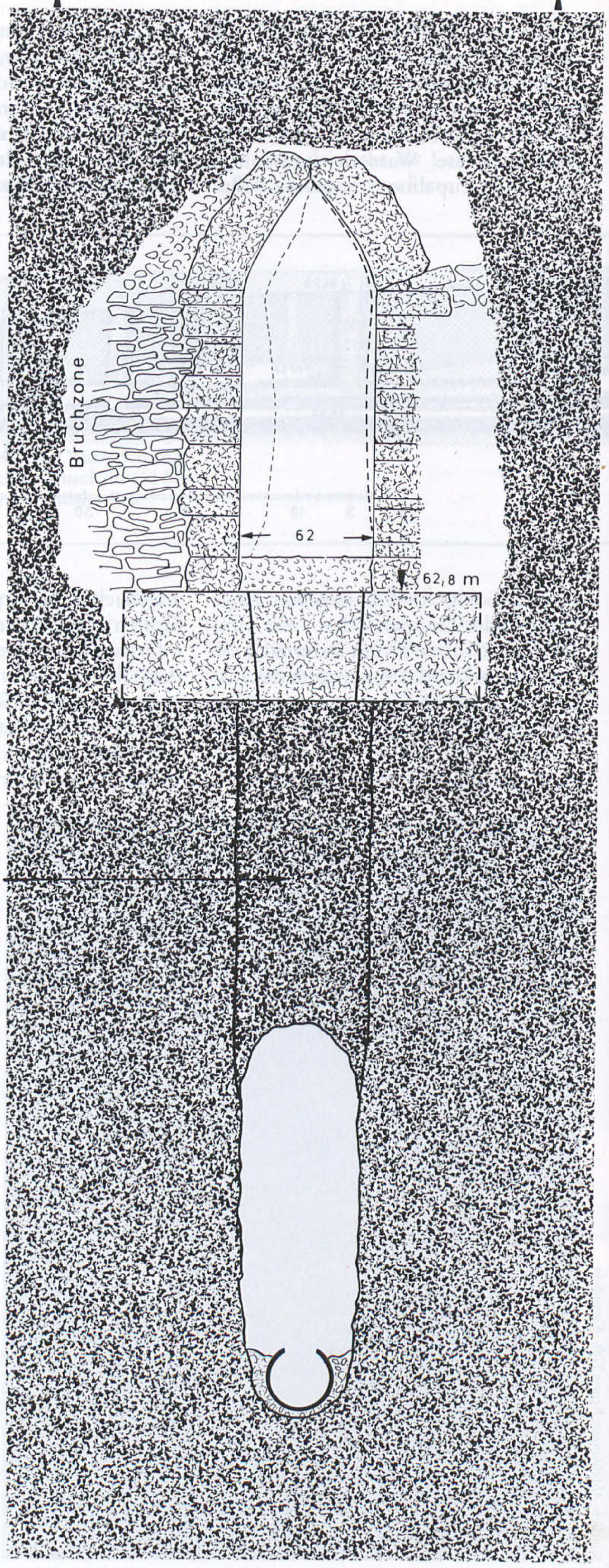
Eine funktionsgemäße Bestimmung des oberen Stollens ist dem Markscheider Hans-Jürgen Palm aus seiner Kenntnis der Gebirgsmechanik, speziell der Auswirkungen des Gebirgsdrucks auf künstlich geschaffene Hohlräume zu verdanken. Der Gebirgsdruck ist zwar bei sehr tief gelegenen Stollen absolut genommen größer als bei hochgelegenen Stollen; dennoch ist auch der oberflächennahe Stollen der Gefahr des Einbruchs ausgesetzt, seine Standfestigkeit von der Struktur der umgebenden geologischen Schichten und, gegebenenfalls, von der Stärke von Erdbewegungen abhängig.

## DIE AUFGABE DES OBEREN STOLLENS

„Im unverritzten Zustand", so im *Lexikon des Bergbaus* von Wahl, „befindet sich das Gebirge unter einem allseitigen Druck, dessen Hauptrichtung senkrecht in Richtung der Schwerkraft verläuft. Es ist dies der Überlastungsdruck, der sich ... aus der Überlagerungshöhe und dem spezifischen Gewicht des Gesteins errechnen läßt. Da sich das Gebirge unter dem auflastenden Druck in horizontaler Richtung nicht ausdehnen kann, treten auch waagerechte Druckspannungen auf, so daß die Normalspannung im Gebirge durch einen dreiachsigen Spannungszustand gekennzeichnet ist. Die seitlichen Hauptspannungen betragen im ungestörten Gebirgsverband etwa 10 bis 25 Prozent der senkrechten Hauptspannung. Diese normale Spannungsverteilung, die man sich durch senkrechte und waagerechte Spannungslinien dargestellt denken kann, wird durch die Schaffung eines bergmännischen Hohlraumes in ihrem Gleichgewicht gestört. Dabei werden die senkrechten Spannungslinien des Überlagerungsdruckes ... gleichsam um die Strecke herumgebogen."

Kennt man das Verhalten der Druckwellen, kann man wirkungsvoll der Gefahr entgegenwirken, daß ein Leitungsstollen einbricht und dadurch die Wasserversorgung unterbrochen wird:

Die Wasserleitung des Eupalinos auf Samos. Doppelstollen mit archaischem Ausbau im oberen Stollen. Hier der Schnitt durch den Nordteil des Tunnels, in dem der untere Stollen mittig unterhalb des oberen Stollens verläuft.



mit der Anlage eines Schutzstollens zur Gebirgsdruckentlastung, zur Entlastung der darunterliegenden Hohlräume. Druckspannungslinien durch natürlichen Gebirgsdruck oder durch den Druck, den Gebirgsbewegungen auslösen, verlaufen vom oberen Stollen zunächst nach außen und dann erst nach unten, etwa in Form von Ellipsen. Dadurch umlaufen die Druckwellen den unteren Stollen: Der Leitungsstollen liegt im Druckschatten (vergleichbar dem Windschatten) des oberen und waagerechten Stollens, und die Leitung wird auf diese Weise vor Brüchen gesichert.

Die Schutzfunktion des oberen Stollens ist überzeugend und kann für die antiken Doppelstollen konkret nachgewiesen werden. Die geologischen Verhältnisse sprechen dafür: Im samischen Kalkstein zeigten sich bereits während des Tunnelvortriebs so gefährliche Bruchzonen, daß diese schon in der spätarchaischen Erbauungszeit einen soliden Steinausbau erhielten, dem später weitere folgten. Die instabile Konsistenz des anstehenden Kreidegesteins in Athen ist ebenfalls nicht zu übersehen. Hier wie in Syrakus ist es heute wegen der Brüchigkeit des Gesteins zu gefährlich, die Stollen genau zu untersuchen. Die obere Schicht der Terrasse von Syrakus, in der die drei genannten Leitungen angelegt wurden, besteht aus weichem Kalktuff mit seiner bekannt mürben, porösen Struktur.

Weiterhin stellen die Doppelstollen, abgesehen von der Tremilia-Leitung, nur einen Abschnitt von minimal 150 und maximal 1040 Metern Länge innerhalb längerer Leitungen dar. Die Anlage eines zusätzlichen oberen Stollens wurde also nur in besonders einbruchsgefährdeten Strecken unternommen: eben dort, wo die Schutzfunktion den hohen Aufwand rechtfertigte.

Die Erklärung aus dem gebirgsmechanischen Verhalten läßt sich direkt an allen bisher bekannten Doppelstollen ablesen. In jeder dieser Anlagen fielen Brüche, und jeder Einsturz erfolgte ausnahmslos im oberen Stollen, niemals im unteren Leitungsstollen. In Syrakus bietet die Ninfeo-Leitung eine besonders eindringliche Anschauung: Im Norden des südlichen Abschnitts brach das Deckgebirge an mehreren Stellen ein, an einer bis zur Tagesoberfläche, und die von hier ausgehenden Druckwellen umfuhren den Leitungsstollen.

## DER DOPPELSTOLLEN DES EUPALINOS

Die großen Einbruchszonen des oberen Stollens in Athen ließen den darunterliegenden Stollen nicht zu Schaden kommen. Er blieb daher zu allen Zeiten unausgebaut, während der einstöckige Stollen westlich der Doppelstollenstrecke schon im 4. Jahrhundert vor Christus gesichert wurde, der östlich einen massiven Steinausbau erhielt. Mit dieser Deutung ist auch der obere Stollen nicht älter als der untere, wie die Ausgräber annahmen, sondern beide gehören gemeinsam zur ersten Anlage der Athener Leitung.

Unter allen Bruchzonen des samischen Tunnels – unter den unausgebauten und den archaisch und römisch ausgebauten Bereichen – blieb der bewußt tiefergelegte Leitungsstollen unversehrt. Damit kommt dem Tunnel des Eupalinos eine wegweisende Bedeutung zu. Die nach heutigem Kenntnisstand älteste griechische Fernwasserleitung erhielt als einzige über mehr als ein halbes Jahrtausend hin einen Tunnel im Gegenortvortrieb. Der Tunnel gibt sich darüber hinaus als oberer Teil eines doppelstöckigen Systems zu erkennen, das zur Vorsorge gegen mögliche Gefahren durch Gebirgsdruck zu erklären ist.

Die planenden und ausführenden Techniker in Samos, Athen oder Syrakus müssen von der Sicherheitsfunktion des oberen Stollens Kenntnis gehabt haben. Diese Kenntnis konnte nur auf Beobachtungen und Erfahrungen beruhen, wobei der damalige empirische Wissensstand nicht hoch genug eingeschätzt werden kann: die Empirie (εμπειφια) als charakteristisch griechische Antwort auf forschendes Suchen.

Vor diesem Hintergrund und im Hinblick darauf, daß erst die Grundlagenforschung unserer Zeit zur Erklärung des Phänomens führte, erfährt Herodots Hochschätzung einen besonderen Akzent: Seine Bewunderung des Doppelstollens auf Samos war so groß, daß er ihn an erster Stelle nannte und ihn als eines der drei größten Bauwerke der Griechen einstufte.

**Der obere Stollen der Eupalinos-Leitung ohne Ausbau. Anders als in Athen und Syrakus wurde der obere, leicht begehbare Stollen nicht in der damals üblichen Stollen-Schacht-Bauweise, sondern im Gegenortverfahren ausgeführt.**

## HINWEISE ZUM WEITERLESEN


Alfred Burns: Ancient Greek Water Supply and City Planning. A Study of Syracuse and Acragas. Technology and Culture 15, 1974, S. 389–412.

Wolfgang Kastenbein: Der Stollen des Eupalinos. Mitteilungen aus dem Markscheidewesen 73, 1966, S. 26–36.

Hermann Kienast: Der Tunnel des Eupalinos auf Samos, Mannheimer Forum 86/87, S. 179–241.

Renate Tölle-Kastenbein: Antike Wasserkultur. Beck's Archäologische Bibliothek. Verlag C. H. Beck, München 1990.


## DIE AUTORIN


*Renate Tölle-Kastenbein,* geboren 1937, Dr. phil., ist Archäologin und hat zahlreiche Arbeiten zur Griechischen Plastik der archaischen und frühklassischen Zeit, zu Architektur und Wasserwesen publiziert.

# WISSENSCHAFT DER ZUKUNFT

## Brücken zwischen Natur- und Geisteswissenschaften

VON CHARLOTTE SCHÖNBECK

**Die Entwicklung von Wissenschaft und Technik hat uns nicht nur Entdeckungen, Erfindungen, Maschinen, Instrumente, revolutionierende Ideen und Theorien in ungeahnter Zahl und mit bisher nicht bekannten Anwendungen beschert. Sie ließ die Hoffnung entstehen, daß für den Menschen hier der Zauberschlüssel liege, um den Weg ins verlorene Paradies zurückzuerobern. Auf diesem Weg ist die moderne Industriegesellschaft viele Schritte gegangen, aber ihre Erwartungen auf paradiesische Zustände haben sich nicht erfüllt.**

Grenzen und Gefahren der Entwicklung von Technik und Wissenschaft zeigen sich heute deutlicher denn je und stellen viele Lebensmöglichkeiten der Zukunft in Frage. Aber trotz der enttäuschten Hoffnungen und der anstehenden Probleme ist doch eines unbestreitbar: Von allen menschlichen Kräften, die unsere heutige Welt prägen, sind keine stärker als Wissenschaft und Technik. Sie umgeben den Menschen in einem Ausmaß, das er sich selten bewußt macht. Es gibt kaum einen Gegenstand, der nicht durch technische Arbeitsvorgänge entstanden wäre.

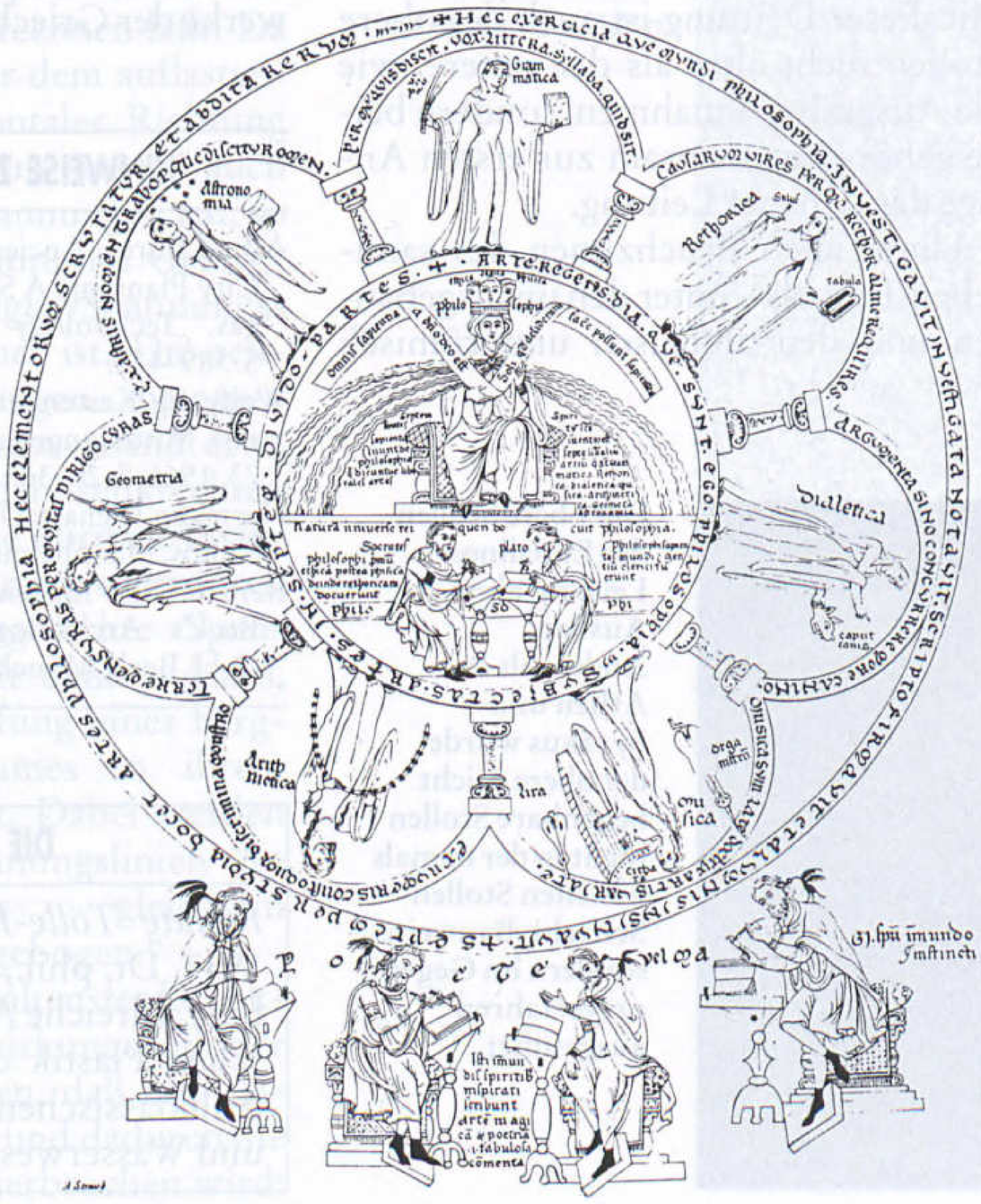
Ähnliches gilt für das Verständnis des Menschen von seiner Umgebung, für sein „Bild der Welt". Was er von der Welt weiß, ist zum großen Teil Ergebnis von Wissenschaft und Technik. Auch sein Wollen und seine Entschlüsse orientieren und reiben sich an Objekten und Produkten wissenschaftlicher und technischer Arbeit.

Zunächst scheint dies nur für einen Teil der heutigen Welt zuzutreffen: für die Länder, in denen sich die westliche Zivilisation voll etabliert hat. Doch das ist nur eine sehr vordergründige Betrachtungsweise. Das Schicksal der „Dritten Welt" hängt gerade in Zukunft davon ab, wie weit es gelingt, Erkenntnisse von Wissenschaftlern und Ingenieuren für diese Länder in sinnvoller Weise nutzbar zu machen. Westliche Wissenschaft und Technik werden das Schicksal aller Kulturen und Völker bestimmen.

Bisher war immer nur von *einer* Seite der Wissenschaft die Rede: vom Wissen des Menschen über die belebte und unbelebte Natur, also von den Naturwissenschaften und deren Auswirkungen in der abendländischen Technik. Aber neben dem Naturwissen steht das Wissen des Menschen von sich selbst und von seinen Beziehungen in der Gemeinschaft, stehen die Geistes- und Sozialwissenschaften. Ihre Einflüsse fallen bei einer ersten Betrachtung nicht so unmittelbar ins Auge wie die der Naturwissenschaften. Nicht zufällig haben sich die Geisteswissenschaften erst sehr viel später als die Naturwissenschaften etabliert. Ein Grund dafür liegt sicher in dem andersartigen, weniger distanzierten Verhältnis des Wissenschaftlers zu seinem Gegenstand, dem Menschen.

Je mehr sich der Mensch aus dem Naturzusammenhang löst und in der von ihm selbst gestalteten Welt lebt, um so größere Bedeutung werden die Aussagen dieser Wissenschaften bekommen. Der Mensch wird von den Geisteswissenschaften gerade *nicht* als Teil der Natur erfaßt – unter diesem Gesichtspunkt ist er Thema der Naturwissenschaften –, sondern als geistiges Wesen, als Träger der Kultur. Als Kulturwesen läßt er sich niemals isoliert betrachten, er ist immer nur zu verstehen als Teil einer ganz bestimmten geschichtlichen Epoche.

Wissenschaftliche Erkenntnis über den Menschen bedeutet also immer, daß seine Lebensäußerungen und sein Denken innerhalb der jeweiligen historisch bedingten Gesellschaftsordnungen gesehen werden müssen. Geisteswissenschaften beschäftigen sich daher in erster Linie mit den großen Ordnungen des menschlichen Lebens, wie sie sich im Staat, in der Wirtschaft, im Recht, in der Bildung und in den




**Die sieben freien Künste als Fundament des mittelalterlichen Wissens. Miniatur aus dem „Hortus deliciarum" von Herrad von Landsperg, 2. Hälfte des 12. Jahrhunderts.**

Abbildungen: Deutsches Museum (l.); Jahresbericht der Königl. Techn. Hochschule in Stuttgart für das Studienjahr 1900/01 (r.)

Gesellschafts- und Sozialstrukturen zeigen. Hieraus ergeben sich die Hauptzweige der geisteswissenschaftlichen Disziplinen.

Erst die *gemeinsame* Betrachtung von Natur- und Geisteswissenschaften wird der umfassenden Bedeutung von „Wissenschaft" gerecht. Würde beispielsweise alles naturwissenschaftliche und technische Wissen plötzlich ausgelöscht, dann wäre der Menschheit die Grundlage ihrer Existenz – man denke nur an die Abhängigkeit der Nahrungs- und Energieversorgung von Technik und Wissenschaft – sofort entzogen, ein totaler Zusammenbruch wäre die Folge. Verschwände alles geisteswissenschaftliche Wissen, dann wäre zwar nicht momentan das Fundament der äußeren Existenz zerstört, aber die gesellschaftlichen Ordnungen des Zusammenlebens, die sozialen Strukturen, der Staat, das Wirtschaftsgefüge und das Rechtsverständnis würden sich in kurzer Zeit auflösen. Durch diesen gesellschaftlichen Verfall und die zwangsläufig daraus folgende Anarchie würde ebenfalls die Grundlage menschlicher Existenz vernichtet.

In der unterschiedlichen – aber gleichgewichtigen – Bedeutung der Natur- und Geisteswissenschaften liegt ein wesentlicher Grund, bei der Betrachtung von „Wissenschaft" von einem Standpunkt auszugehen, der Naturwissenschaften *und* Geistes- beziehungsweise Sozialwissenschaften umfaßt.

Selbstverständlich oder üblich ist diese weite Begriffsfassung von Wissenschaft nicht. Man braucht nur an das Schlagwort der „Zwei Kulturen" zu denken, mit dem Charles Perry Snow die verschiedenen Denkweisen in den Natur- und Geisteswissenschaften und das zugehörige „Standes"-Bewußtsein der Gelehrten charakterisiert hat. Diese zwei Kulturwelten sind keine historische Erscheinung, sie existieren in lebendiger Realität auch heute und begegnen uns in Schulen und Universitäten, auf dem Buchmarkt und im Fernsehangebot auf Schritt und Tritt.

Seit kurzem aber wird die Forderung nach einer „neuen, einer umfassenden Wissenschaft", einer – so ein Buchtitel von Klaus Michael Meyer-Abich – „Wissenschaft für die Zukunft" gestellt. Der Weg für das Zusammenkommen von technisch-naturwissenschaftlicher und geisteswissenschaftlich-literarischer Kulturwelt zeichnet sich ab: Die Gesamtheit der Wissenschaften besteht nicht mehr aus wenigen Kerngebieten, sondern aus einem komplizierten, sich immer mehr auffächernden Netz von Fachdisziplinen, die sich vielfach überlappen und deren Grenzen fließend werden. Für aktuelle Fragestellungen der Forschung erscheinen scharfe Trennlinien zwischen Natur- und Geisteswissenschaften oft künstlich. Die Probleme, vor die unsere Gesellschaft durch moderne Technologien und Industriezweige gestellt wird, lassen sich im abgeschlossenen Raum einzelner Wissenschaftsdisziplinen nicht mehr lösen.

Umweltprobleme, vor allem Energie- und Nahrungsversorgung, Gentechnik, Informationstechnologie, Klimaveränderungen und galloppierendes Bevölkerungswachstum stehen als Beispiele für die vielfältigen, vernetzten Aufgaben mit räumlich und zeitlich weitreichenden sozialen Folgen, die nicht mehr in die historischen engen Wissenschaftsschubladen passen.

Die anstehenden Probleme fordern von den Natur- und Geisteswissenschaften eine *interdisziplinäre* Zusammenarbeit in Forschung und Lehre, ein Denken in großen Zusammenhängen. Dabei muß der Naturwissenschaftler, Ingenieur und Techniker die Folgen seiner Tätigkeit kennen und deren soziale Wirkungen für die Gesellschaft mitbedenken. Andererseits müssen Geisteswissenschaftler und Soziologen motiviert sein, sich sachkundig zu machen, wenn sie in Entscheidungen über technische Projekte und Planungen eingebunden sind. Gerade an die Geisteswissenschaftler richten sich vielfach die Erwartungen, daß sie bei den Ziel- und Wertvorstellungen der wichtigen anstehenden Probleme vermitteln können, daß sie also durch eine literarisch verständliche „Übersetzung" des technischen Sachverhaltes die Beurteilung seiner Folgen und Auswirkungen erleichtern helfen – nicht zuletzt für Politiker oder Juristen. Die Diskussion darüber steht allerdings erst am Anfang, neue fachübergreifende und ethisch orientierte Ausbildungsformen in den Natur- und Geisteswissenschaften werden gesucht.

Solche Ansätze, die sich bei den drängenden Problemen der Industriegesellschaft, die sich im Rahmen der Wissenschaftsdisziplinen selbst abzeichnen, begründen einen *ganzheitlichen* Wissenschaftsbegriff. Wer heute von *Technik und Wissenschaft* (so der Titel eines von der *Georg-Agricola-Gesellschaft* herausgegebenen Bandes) spricht, kann nicht mehr bei der klassischen Trennung von Natur- und Geisteswissenschaften stehenbleiben. ❑

**Denkmäler des Naturforschers Robert Mayer und des Philosophen Friedrich Theodor Vischer vor der TH Stuttgart: Symbol der Verbindung von Natur- und Geisteswissenschaften in der technischen Ausbildung.**

Abbildung: Deutsches Museum

Alexander von Humboldt in seinem Arbeitszimmer, am zweiten Teil seines Alterswerks „Kosmos" schreibend. Lithographie nach einem Aquarell von E. Hildebrandt.

# DER GEISTIGE AHNHERR

## Alexander von Humboldt: Förderer des industriellen Fortschritts

Von Kurt-R. Biermann

**Alexander von Humboldt hat zwar nicht unmittelbar zur Entwicklung der technischen Wissenschaften beigetragen, aber er hat den technischen Fortschritt begrüßt und zeit seines Lebens Anteil an ihm genommen. Dabei ging es ihm unter anderem auch um ein vorausschauendes Technikverständnis.**

Der „neue Aristoteles", wie Zeitgenossen Alexander von Humboldt (1769 bis 1859) genannt haben, war in seinen Interessen und in seinem Wirken überwiegend den beschreibenden Naturwissenschaften zugewandt. Heute sehen in ihm Geographen, Ökologen, Klimatologen, Ozeanographen, Vulkanologen einen der geistigen Ahnherren ihrer Fächer. Die empirische Erforschung des Geomagnetismus, vergleichende Landschaftskunde, thematische Kartographie wurzeln in seinen Publikationen. Spuren hat er auch in vielen anderen Disziplinen hinterlassen; genannt seien hier nur Geologie, Pflanzenphysiologie, Botanik, experimentelle Elektrobiologie und Photometrie. Zur Entwicklung technischer Wissenschaften hat „der zweite, der wissenschaftliche Entdecker Amerikas" direkt nichts beigetragen, aber er hat, was hier gezeigt werden soll, industriellen Fortschritt begrüßt und gefördert.

In seiner Jugend hatte Humboldt ein unmittelbares Verhältnis zur Technik, und zwar aus folgendem Grunde: Alexander und sein zwei Jahre älterer Bruder Wilhelm, der nachmalige Staatsmann und Sprachforscher, Initiator der den Namen beider Brüder tragenden Berliner Universität, hatten im Wintersemester 1787/88 auf der *Viadrina* zu Frankfurt an der Oder ein Hochschulstudium begonnen, Alexander auf Wunsch der Mutter als *Studiosus Cameralium,* während Wilhelm für die Jurisprudenz vorgesehen war. Wilhelm setzte sein Studium an der Universität Göttingen fort, wohin ihm Alexander erst nach Jahresfrist folgte.

In der Zwischenzeit blieb Alexander in Berlin, um unter den Augen der verwitweten, meist im benachbarten Tegel wohnenden Mutter durch verschiedene Lehrer weiter unterrichtet zu werden. Da die sogenannte Kameralistik die gesamte Wirtschafts-, Finanz- und Verwaltungskunde der Zeit umfaßte, kam er mit der Technik in vielfältige Berührung. Im künstlerischen Zeichnen, Kupferstechen und Radieren bereits ausgebildet, nahm er nun Unterricht im Maschinenzeichnen, ja er übte sich sogar im „Erfinden eigener Zusammensetzungen", will sagen im Konstruieren.

Er nahm an einem „technologischen Kollegium" teil, das unter anderem mechanische und hydraulische, physikalische und chemische Kenntnisse voraussetzte und vertiefte. Er gelangte zu der damals noch Seltenheitswert besitzenden Überzeugung, daß Fortschritt im Manufakturwesen wie im Bergbau von der Anwendung der theoretischen Mechanik abhänge. Er berief sich dabei auf die Dampfmaschinen aus der Fabrik von Boulton und Watt sowie auf Hölls Luftmaschine zum Wasserheben, wenngleich die Anwendung der höheren Mechanik einer Rechtfertigung gar nicht bedürfe. Folgerichtig trieb er mathematische Studien und arbeitete einen Aufsatz über die Technologie der Berliner Manufakturen aus.

Anfang September 1788 besuchte er mit dem Dozenten des erwähnten Kollegiums Betriebe in und bei Neustadt-Eberswalde und Freienwalde, so einen Eisenhammer, einen Kupferhammer, eine Drahtzieherei, eine Nagelfabrik, ein Alaunwerk und eine Papiermühle. Der Aufstieg des Luftballons von Jean-Pierre Blanchard am 27. September 1788 in Berlin machte tiefen Eindruck auf ihn. Besonders erhob ihn der Gedanke an „die Fortschritte der menschlichen Kultur, die nun schon das dritte Element sich unterwarf".

Auf der Reise zur Universität Göttingen besuchte er Ende April 1789 ein „technisches Museum", nämlich die private Sammlung des Professors Beireis in Helmstedt. Was es dort außer Büchern und Bildern, Münzen, Antiken, Pflanzen, Tieren und Mineralen zu sehen gab, schilderte er so: „Alle Maschinen für Mechanik, Optik, Architektur und Hydraulik, Automaten (die großen Vaucansonschen, die in der Mechanik ihres Gleichen auf der Welt nicht haben), Uhren, die auf den Wink schlagen, Wagen, die von selbst gehen – alles, alles, was man sich denken kann."

Hatte bereits in Berlin die Botanik seine Aufmerksamkeit in Anspruch genommen – „je mehr die Menschenzahl und mit ihr der Preis der Lebensmittel steigen, je mehr die Völker die Last zerrütteter Finanzen fühlen müssen, desto mehr sollte man darauf sinnen, neue Nahrungsquellen gegen den von allen Seiten einreißenden Mangel zu eröffnen" –, so schob sich in Göttingen die Mineralogie auf den ersten Platz seines Interesses, auch wenn er bei Johann Beckmann, dem Begründer der technologischen Wissenschaft in Deutschland, Ökonomie hörte und wohl auch, wofür es einige Indizien

gibt, an dessen *Physikalisch-ökonomischer Bibliothek* als Rezensent anonym mitarbeitete.

Auf einer von Göttingen aus gemeinsam mit Georg Forster, einem der Teilnehmer an Cooks zweiter Weltumseglung, unternommenen Englandreise lernte Humboldt das modernste Teleskop kennen. Von London aus fuhren sie Ende Mai 1790 nach Slough, um das dortige drehbare Riesenfernrohr von William Herschel mit einem Metallspiegel von 1,22 Meter Durchmesser und einem Rohr von 11,9 Meter Brennweite zu besichtigen. Die Empfindungen Humboldts beim Anblick dieses Weltwunders sind nicht überliefert, aber wir wissen, was Forster empfand und was sich zweifellos mit Humboldts Eindrücken deckte: „Man glaubt, am Rande eines Zauberkreises zu stehen, wenn man den Kieselgang an dem Cirkel von Stein betritt und die Walzen sieht, auf denen sich von schwacher Hand 60 000 Pfund umschwingen lassen." Nicht minder wurde Herschels Erfindungsreichtum bewundert, durch einen sinnreichen Mechanismus die Zahl der zum Schleifen des Spiegels benötigten Arbeitskräfte von 20 auf 2 herabzusetzen.

## HUMBOLDTS TÄTIGKEIT IM BERGBAU

Der Aufenthalt in England gab den Ausschlag für den bestimmten Wunsch, in entfernte Weltgegenden zu reisen. Aber wenn Alexander von Humboldt auch innerlich der Kameralistik endgültig adieu sagte, lag die Verwirklichung der Reisepläne noch in weiter Ferne. Nach Studien an der Hamburger Handelsakademie im Wintersemester 1790/91 studierte er 1791/92 an der Bergakademie in Freiberg/Sachsen und blieb so mit der Technik in ständigem Kontakt. Er lernte „Kunstgezeuge" und „Pochwerke", die „Wettermaschinen" und „Haspelwesen", die „Geleuchte" und „Gezähne" genau kennen und gebrauchen.

Nachdem er im März 1792 in den preußischen Bergdienst als Assessor eingetreten war, wurde er zunächst mit Betriebsbegehungen im Bereich des Bergwerks- und Hütten-, Münz- und Salz-Departements beauftragt. So inspizierte er eine Torfstecherei in Linum, eine Ziegelei in Zehdenick, eine Steingutfabrik in Rheinsberg, die Berliner Porzellanmanufaktur KPM, aber auch Betriebe im damals zu Preußen gehörenden Franken, wie die Vitriol- und Alaunwerke in Crailsheim oder die Porzellanmanufaktur Bruckberg.

Während seiner Tätigkeit als Leiter des Bergbaus in den fränkischen Fürstentümern (bis 1796) war er nicht nur mit dem Einsatz der damaligen Technik unter und über Tage befaßt, er machte neben vielen Verbesserungsvorschlägen auch zwei Erfindungen: einen *Atemmaschine* genannten Vorläufer der späteren Rettungsapparate, um auch in matten Wettern erkunden

# Eine glückliche Verkettung menschlicher Dinge

## Alexander von Humboldt über Naturaneignung

Foto aus: A. Dangel, Alexander von Humboldt. Sein Leben in Bildern, Leipzig 1959

**Alexander von Humboldt (1769–1859), Selbstbildnis aus dem Jahr 1814.**

gleichmäßige Würdigung aller Teile des Naturstudiums ist aber vorzüglich ein Bedürfnis der gegenwärtigen Zeit, wo der materielle Reichtum und der wachsende Wohlstand der Nationen in einer sorgfältigeren Benutzung von Naturprodukten und Naturkräften gegründet sind. (. . .) Der Mensch kann auf die Natur nicht einwirken, sich keine ihrer Kräfte aneignen, wenn er nicht die Naturgesetze nach Maß- und Zahlverhältnissen kennt. Auch hier liegt die Macht in der volkstümlichen Intelligenz. Sie steigt und sinkt mit dieser. Wissen und Erkennen sind die Freunde und die Berechtigung der Menschheit; sie sind Teile des Nationalreichtums, oft ein Ersatz für die Güter, welche die Natur in allzu kärglichem Maße ausgeteilt hat. Diejenigen Völker, welche an der allgemeinen industriellen Tätigkeit, in Anwendung der Mechanik und technischen Chemie, in sorgfältiger Auswahl und Bearbeitung natürlicher Stoffe zurückstehen, bei denen Achtung einer solchen Tätigkeit nicht alle Klassen durchdringt, werden unausweislich von ihrem Wohlstande herabsinken. Sie werden es um so mehr, wenn benachbarte Staaten, in denen Wissenschaft und industrielle Künste in regem Wechselverkehr mit einander stehen, wie in erneuerter Jugendkraft vorwärts schreiten. (. . .) In allen Teilen des Naturwissens (ist) der erste und erhabenste Zweck geistiger Tätigkeit ein innerer, nämlich das Auffinden von Naturgesetzen, die Ergründung ordnungsmäßiger Gliederung in den Gebilden, die Einsicht in den notwendigen Zusammenhang aller Veränderungen im Weltall. Was von diesem Wissen in das industrielle Leben der Völker überströmt und den Gewerbfleiß erhöht, entspringt aus der glücklichen Verkettung menschlicher Dinge, nach der das Wahre, Erhabene und Schöne mit dem Nützlichen, wie absichtslos, in ewige Wechselwirkung treten."

*Alexander von Humboldt: Notwendigkeit des Naturstudiums; dessen Einfluß auf den Nationalreichtum und den Wohlstand der Völker. Kosmos, Band 1, Cotta, Stuttgart/Augsburg 1845, Seiten 35–37.*

oder Verletzte bergen zu können, sowie eine Wetterlampe. Sie wird gelegentlich fälschlich als Vorläuferin der Davyschen Sicherheitslampe bezeichnet. Während indessen die Sicherheitslampe die drohende Gefahr schlagender Wetter ankündigte, konnte der Humboldtsche *Licht-Erhalter* im Gegenteil in jedem Wetter durch eigenen Luftvorrat brennen, ist also nur dort einsetzbar, wo keine Schlagwetterexplosionen vorkommen.

## DIE IDEE EINES KANALS ZWISCHEN ATLANTIK UND PAZIFIK

In zahlreichen Besichtigungen und Generalbefahrungen hat sich Humboldt vom Zustand der seiner Aufsicht anvertrauten Gruben und Salinen überzeugt. Aber auch während seiner berühmten Reise durch die heutigen Staaten Venezuela, Kuba, Kolumbien, Ecuador, Peru und Mexiko von 1799 bis 1804 hat er Berg- und Salzwerke besichtigt und begutachtet und dabei stets der angewendeten Technik das gebührende Augenmerk gewidmet.

Der große Entwässerungskanal von Mexiko-Stadt (Desague) mit einer Länge von 20,5 Kilometern erregte sein ganzes Interesse. Er rechnete ihn „zu den riesenhaftesten hydraulischen Arbeiten, welche je von Menschen ausgeführt worden sind". Er besichtigte ihn nicht nur wiederholt, sondern befaßte sich auch intensiv mit der Geschichte seiner Anlage und erhob mahnend seine Stimme gegen die Zerstörung der Umwelt: Die Entwässerung entzöge der Landwirtschaft „das wachstumsfördernde feuchte Element", befördere die Versalzung des Bodens, vermindere die Luftfeuchtigkeit und sei dafür verantwortlich, daß Wasserpflanzen die verlandenden Seen bedeckten und den die Anwohner so belästigenden Schwefelwasserstoff freisetzten. Er beklagte, daß die Spanier das Wasser „wie einen Feind" behandelt hätten, um Mexiko genauso auszutrocknen wie das Innere der iberischen Halbinsel. Geschrieben im Jahre 1803!

Für die Realisierung eines anderen Großprojekts – die Schaffung einer Verbindung zwischen Atlantik und Pazifik – ist Humboldt mehr als 50 Jahre in Briefen und Schriften eingetreten. Er wurde nicht müde, den Nutzen der Verwirklichung dieser später als Panama-Kanal bezeichneten Idee und die Notwendigkeit exakter Messungen zu betonen, bevor man sich für die eine oder andere Lösung entscheide. Er wußte seine Vision mit so viel Überzeugungskraft vorzutragen, daß sich beispielsweise Goethe nach einem Gespräch mit ihm am 21. Februar 1827 enthusiastisch für den Kanal aussprach und hinzufügte: „Es ist für die Vereinigten Staaten durchaus unerläßlich, daß sie sich eine Durchfahrt aus dem Mexikanischen Meerbusen in den Stillen Ozean bewerkstelligen, und ich bin gewiß, daß sie es erreichen."

Viele Projektanten von Kanälen und Eisenbahnen, ja sogar von Tunneln, wandten sich an Humboldt, um seine Befürwortung zu erhalten. Aber immer erneut verlangte er als Vorbedingung Messungen und Profile; danach erst könne entschieden werden. Die Vollendung der Panama-Eisenbahn hat er 1855 noch erlebt, nicht aber die des *Kanals,* der erst 55 Jahre nach seinem Tode – und nicht an der von ihm favorisierten Stelle – fertiggestellt wurde.

## INTERESSE AN NEUEN TECHNIKEN

In diesem Zusammenhang ist noch ein weiterer Beleg für sein Interesse an technischen Großprojekten zu nennen: Am 26. April 1827 besichtigte er, vom Erbauer Marc Brunel geführt, den im Bau befindlichen Themse-Tunnel.

Daß Humboldt selbst noch Eisenbahn und Dampfschiff benutzt hat, versteht sich. Ganz besonders interessierte ihn die elektrische Telegraphie; mit mehreren ihrer Pioniere ist er in Berührung gekommen. Gauß gegenüber bekundete er seine Anteilnahme an der Schaffung „der elektrischen Sprache, die über Meer und Land geht" und der „Sicherheit, Maß und Flügel verliehen" wurden. Werner von Siemens kündigte er wiederholt einen Besuch in dessen Werkstatt an. Auch mit Alfred Krupp und August Borsig hat er korrespondiert. Zu Beuth, dem langjährigen Leiter des preußischen Gewerbewesens, unterhielt er freundschaftliche Beziehungen, die er zur Förderung der einheimischen, besonders optischen und feinmechanischen Industrie und zu Gunsten einer grenzüberschreitenden Maß- und Gewichtsregulierung zu nutzen wußte.

## FORTSCHRITT UND WOHLSTAND

In Humboldts verbreitetstem Alterswerk, seiner physischen Weltbeschreibung *Kosmos,* sucht man den Begriff Technik in dem Sinne, wie wir ihn heute gebrauchen, vergeblich. Für ihn waren Technik und Kunst, Industrie und Wohlstand Synonyma. Ein ungebrochener Fortschrittsoptimismus ließ ihn nicht an Grenzen des Wachstums denken: „Das Erschaffen neuer Organe (Werkzeuge der Beobachtung) vermehrt die geistige, oft auch die physische Macht des Menschen." Indessen waren ihm, wie an einem Beispiel gezeigt wurde, ökologische Überlegungen durchaus nicht fremd. Seinem Glauben an den ideellen *und* materiellen Nutzen des Studiums der Natur, an den Zusammenhang zwischen Grundlagenforschung, deren Anwendung in der industriellen Technik und dem Wohlstand der Völker hat er, wie aus dem wiedergegebenen Auszug aus dem *Kosmos* ersichtlich ist, überzeugenden Ausdruck verliehen. ❑

### HINWEISE ZUM WEITERLESEN


Die Jugendbriefe Alexander von Humboldts 1787–1799. Herausgegeben von Ilse Jahn und Fritz G. Lange. Akademie-Verlag, Berlin 1973.

Kurt-R. Biermann (Hrsg.): Alexander von Humboldt. BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig [4]1990.

Alexander von Humboldt: Aus meinem Leben. Herausgegeben von Kurt-R. Biermann. Verlag C. H. Beck, München [2]1989.

Georg Forster: Werke in vier Bänden. Herausgegeben von Gerhard Steiner. Band 2. Insel-Verlag, Leipzig 1971.


### DER AUTOR


*Kurt-R. Biermann,* Dr. rer. nat. und Professor emeritus, Vizepräsident der *Académie internationale d'histoire des sciences,* zählt zu den anerkanntesten Wissenschaftshistorikern der ehemaligen DDR. Seit rund 30 Jahren ist er in der Alexander von Humboldt-Forschung tätig.

Die Eisenbahn, ein vertrautes Symbol aus der Frühzeit der Technik, entwickelte sich zum Publikumsmagneten (Tenderlokomotive „Eschenau", Baujahr 1896 mit Personenwagen der Kgl. Württ. Staatseisenbahn, Baujahr 1913).

# TECHNIK IN RAUM UND ZEIT

## Das neue Landesmuseum für Technik und Arbeit in Mannheim

FRAGEN VON GERHARD ULLMANN AN LOTHAR SUHLING

**Ein eigenwilliger Museumsbau mit einem eigenwilligen Museumskonzept: Das *Landesmuseum für Technik und Arbeit* in Mannheim versucht, Technikgeschichte schon im architektonischen Konzept sinnlich erfahrbar zu machen. In Deutschland ist dies das wohl ambitionierteste Unterfangen des letzten Jahrzehnts, dem Bedürfnis nach Technikgeschichte Rechnung zu tragen. Ob das Konzept trägt: Darauf will ein Gespräch mit Professor Dr. Lothar Suhling Antwort geben, dem Direktor des baden-württembergischen Landesmuseums.**

*Museen sind mehr als nur Archive für die Vergangenheit. Zu den Aufgaben des Museums gehört es, den lebendigen Zugang zur Geschichte offen zu halten, nicht nur Wissen, sondern auch Erkenntnisprozesse zu vertiefen. Sie, Herr Suhling, haben eine Raum-Zeit-Spirale gewählt. Ein didaktisches Konzept, das der Architektur folgt – und doch auch eine symbolische Bedeutung hat?*

Die „Verortung" der Ausstellungseinheiten nach den Kategorien historischer Raum und Zeitpunkt oder Zeitphase der geschilderten Ereignisse stellt das grundlegende Element der didaktischen Grobstruktur des Museums dar. Die hierdurch mögliche Wanderung durch Raum und Zeit läßt sich konfigural im Bild einer Raum-Zeit-Spirale fassen, deren Achse die Zeitspanne vom späten 18. Jahrhundert bis heute bildet. Die zur Gegenwart hin immer größer werdenden Radien dieser kegelförmigen Spirale symbolisieren gleichsam das immer stärkere Ausgreifen der Industriellen Revolution unserer Tage in alle Lebensbereiche hinein und die wachsende Dynamik dieses Prozesses.

Nicht von ungefähr verändert sich der Ausstellungscharakter von der obersten Ausstellungsebene zur untersten, auf der zeitgeschichtliche und gegenwartsbezogene Themen präsentiert werden: Schon der erste Blick offenbart hier eine starke Verdichtung der Themen und Exponate und signalisiert so die zunehmende „Betroffenheit" durch die Ergebnisse des andauernden Industrialisierungsprozesses und seiner wachsenden Komplexität.

Das Ausstellungskonzept hat sich der Möglichkeiten des Ausstellungshauses mit seinen sechs Ebenen bedient, entlang eines Hauptbesucherwegs von oben nach unten eine „Reise" durch die Geschichte bis in die Gegenwart hinein im Zeitrafferstil nachvollziehen und dabei im Museumsgebäude einen annähernd spiralförmigen Weg zurücklegen zu können.

*Wer eine 200jährige Reise durch die Geschichte der Technik unternimmt, sucht nach einem philosophischen Konzept oder nach einem durchgehenden gesellschaftspolitischen Bezugssystem. Sie haben auf Schlaglichter gesetzt. Der Besucher muß gewisse Zusammenhänge selbst „aufarbeiten", sich mit ästhetischen Konzepten auseinandersetzen und darf dabei den Generalfahrplan – die Reise durch sechs Ausstellungsebenen – nicht aus den Augen verlieren. Eine interessante, aber auch anstrengende Reise, die durch eine bis in die Details dominierende Architektur gewiß nicht erleichtert wird.*

Foto: Landesmuseum für Technik und Arbeit

Was Sie mit „philosophischem Konzept" bezeichnen, ist in meinen Augen schlichtweg der Auftrag des Museums: den technisch-sozialen Wandel der letzten zwei Jahrhunderte hierzulande, ausgelöst durch die von England ausgehende Industrielle Revolution und den gesellschaftlichen Modernisierungsdruck als Folge der Französischen Revolution, in exemplarischer Weise darzustellen. Der sich in Raum und Zeit schubweise ausbreitende Industrialisierungsprozeß und seine Folgen bilden die Grundthematik des Museums. Die „Philosophie" des Museums besteht darin, ihn nicht historisch längsschnittartig im traditionellen Rahmen von Fachabteilungen zu linearisieren, sondern ihn in einer Folge von eher querschnittartig strukturierten Ausstellungseinheiten mit jeweils übergreifenden Fragestellungen exemplarisch zu erhellen.

Die dargestellten Stationen dieses Prozesses besitzen angesichts ihrer Verortung in einer mehr oder minder kurzen Zeitspanne vielfach den Charakter von Momentaufnahmen oder – wie Sie sagen – von Schlaglichtern. Das erschließt sich dem Besucher nicht immer gleich beim ersten Hinsehen. Seine „Mitarbeit" ist zweifellos erforderlich, wobei ihn das Potential an architektonischen Erlebnissen im Museumsgebäude zusätzlich herausfordert.

*Sie wünschen sich ein dynamisches Museum, das den Wandel in unserer Gesellschaft beobachtet, ihn kritisch kommentiert. Kann dieser Wunsch nach einem flexiblen Museum bei einer so dominierenden Architektur überhaupt eingelöst werden?*

Präsentationsformen und Gestaltungsmittel sind, wie wir wissen, sehr zeitabhängig. Ein Museum, das nicht versteinern soll, muß sich wandeln können. Das gilt auch für die Ausstellungsinhalte, werden doch immer wieder neue Fragen an Geschichte und Gegenwart gestellt, bringt die Forschung doch – nicht zuletzt die im Hause selbst betriebene – fortlaufend neue interessante Ergebnisse, die zur Darstellung auffordern.

Unser Konzept kommt dem Erfordernis nach Veränderung dadurch entgegen, daß die modulartigen Einheiten ohne Einbuße für das Gesamtkonzept ganz oder teilweise ersetzbar sind. Der baulich vorgehaltene Raster und eine hohe Bodenbelastbarkeit lassen es zu, auf einem Flächensegment heute dieses Thema umzusetzen, morgen jenes, wobei nur der Wechsel von hohen Ausstellungsräumen (9,50 Meter) zu niedrigeren (4,50 Meter) Schranken setzt.

*Der Besucher wünscht sich im Technik-Museum zwei Dinge: Arbeitsabläufe aus ihren funktionalen Bedingungen heraus zu verstehen und diese zugleich in ihren sozialen Kontext einzubinden, und im Umgang mit Maschinen spielerisch vorzugehen, dabei zugleich das Gefühl von Arbeitsatmosphäre mitzuerleben. Wie bündeln Sie so unterschiedliche Wünsche zu einem Konzept?*

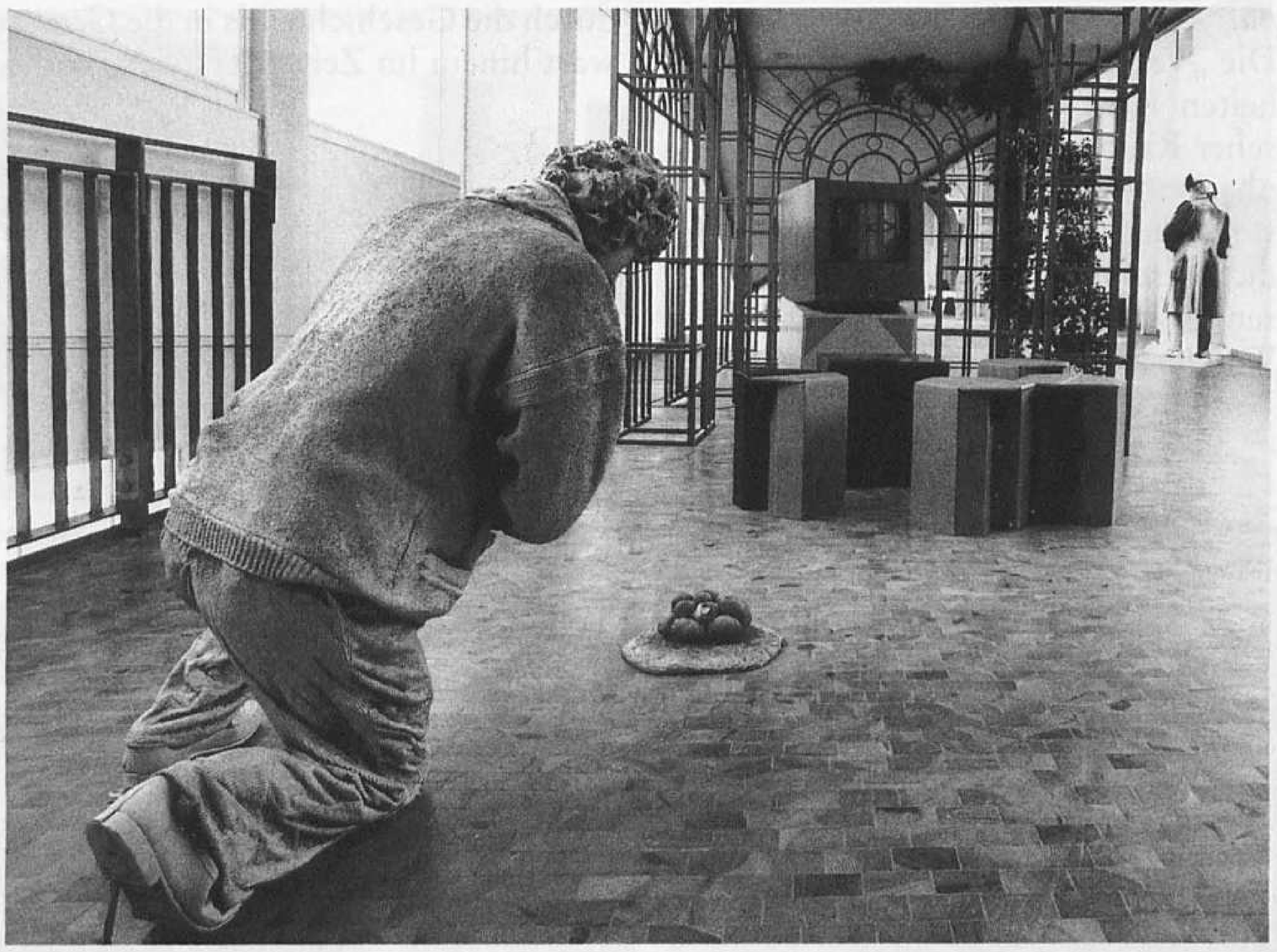
Diese Besuchererwartungen versuchen wir mit der zweiten „Säule" der Museumskonzeption einzulösen, mit dem Programm des „arbeitenden Museums". Ein nach Stundenplänen ablaufendes Vorführprogramm im Museum vermittelt dem Besucher in erster Dimension die Funktionsweisen zahlreicher ausgestellter Maschinen und Maschinenaggregate, von Werkzeugen und Arbeitsgeräten, Fahrzeugen, Apparaten und Instrumenten. Es vermittelt erlebnishaft Arbeitsvollzüge und Produktionsabläufe, äußere Bedingungen und Belastungen der Arbeit und ihre Produkte.

In zweiter Dimension wird über die verbale Vermittlung durch entsprechend geschulte Vorführtechnikerinnen und -techniker das berufliche wie das wirtschafts- und sozialgeschichtliche Umfeld der vorgeführten Arbeitsplätze skizziert.

Darüber hinaus können Besucher an einigen Stellen im Museum auch selbst Hand anlegen und sich betätigen, um eine Vorstellung von der Handhabung historischer Geräte zu gewinnen, von Materialien und Werkzeug- oder Produktformen, ganz abgesehen von dem Erlebnis einer Dampfeisenbahnfahrt durch das Museum.

Ein wirklich authentisches „Gefühl" von der Atmosphäre einer historischen Arbeitsstätte ist dem Besucher angesichts der zwangsläufigen musealen Reduktion indessen kaum zu vermitteln. Ein Museum ist nun mal keine Fabrik, wenn es auch manche Betriebssituation punktuell recht realistisch widerspiegelt.

*Bei der weltweit ansteigenden Umweltverschmutzung kommt gerade beim Thema Industrie-Produktion auf ein Museum für Technik und Arbeit ein neuer Aufgabenbereich zu: die Wirkungsweise der Technik zu erläutern, zugleich alternative Konzepte vorzustellen. Ist da nicht eine ausgewogene Symbiose, wie sie Rainer Wirtz im Katalog* Stationen des Industriezeitalters im deutschen Südwesten *empfiehlt, für*



Fotos: Gerhard Ullmann

*ein progressives Ausstellungskonzept zu wenig?*

Die Umweltproblematik könnte ein Thema in nahezu allen Ausstellungseinheiten sein. Die dauernde Wiederholung dieses Themas würde indessen keinen inhaltlichen Zugewinn bedeuten. So haben wir Umweltfragen exemplarisch im Zusammenhang mit der Papierherstellung, der Großchemie, dem Autoverkehr und der Kernenergie angeschnitten, wobei in den beiden letzteren Bereichen auch auf alternative Möglichkeiten eingegangen wird.

In der Tat kommt es bei Fragen der Technikbewertung in Vergangenheit und Gegenwart, etwa nach den Kriterien der ökologischen und sozialen Verträglichkeit, nicht in erster Linie auf die zitierte „ausgewogene Symbiose", sondern auf die Beachtung des gesellschaftlichen Problembewußtseins an, das seinerseits dem historischen Wandel unterliegt und heute mehr denn je pluraler Natur ist.

*Die Verflechtung von Technikforschung, Umweltaspekten, Wirtschaftlichkeit und sozialer Verträglichkeit kann man gewiß unter verschiedenen Blickwinkeln betrachten. Doch wären neben wissenschaftlicher Kompetenz nicht auch Stellungnahmen gefordert, um aus der Unverbindlichkeit des musealen Freiraumes den gesellschaftlichen Bezugspunkt zurückzugewinnen? Karl Marx, Autor des* Kapital, *erscheint hier im Museum als nachdenklicher Außenseiter der Geschichte. Die historische Dimension wird durch die politischen Ereignisse der letzten Jahre in den Hintergrund gedrängt – ein Zugeständnis an den Zeitgeist?*

Als eine kulturelle Veranstaltung für eine pluralistische Gesellschaft kann ein Museum wohl Lern- und Orientierungshilfen bieten, kann den Kontext für mögliche Antworten auf aktuelle Fragen ausbreiten, kann aber letztlich keine fertigen Antworten präsentieren. *Den* gesellschaftlichen Bezugspunkt im Museum zurückzugewinnen, ist meines Ermessens unmöglich, weil es ihn heute nirgendwo mehr gibt. Und wahrscheinlich ist dies auch gut so, denn Information ohne Tabu besitzt eher jenes emanzipatorische Gewicht, das – wie die jüngsten Ereignisse im Osten zeigen – einseitige gesellschaftliche Fixierungen zu überwinden vermag.

Insofern hat der „Bezugspunkt" Karl Marx im Museum zu Recht kaum mehr als eine historische Funktion. Die Nachdenklichkeit im Ausdruck der Marx-Figur sollte zum Nachdenken über die Brüchigkeit und Zeitbedingtheit von Ideologien anregen. Diese Art des Nachdenkens hängt natürlich mit den Zeitumständen zusammen – ohne gleich ein die historische Einschätzung minderndes „Zugeständnis" an den Zeitgeist sein zu müssen.

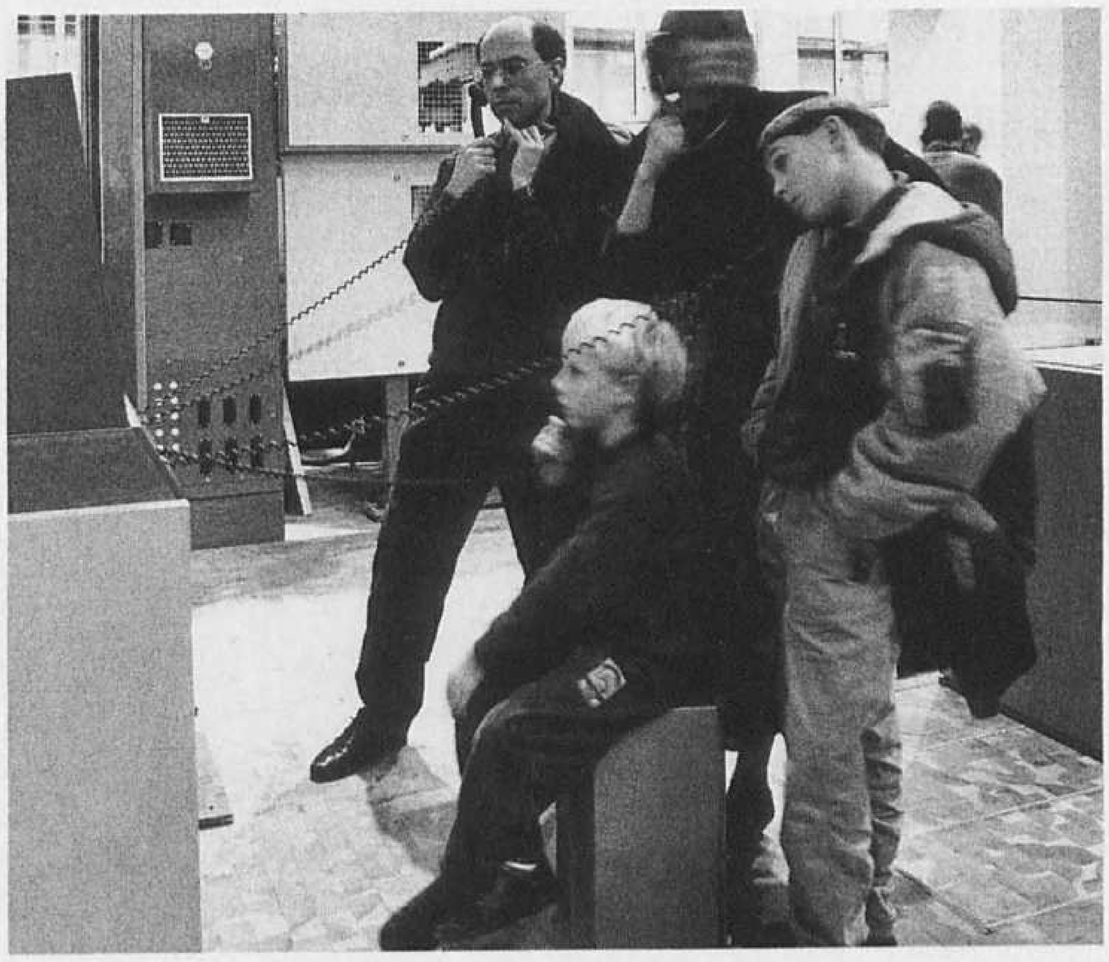
*Die Maschinen des 19. Jahrhunderts, des Zeitalters der Industriellen Revolution, besitzen eine skulpturale, sinnliche Kraft. Sie sind höchst anschauliche Objekte, die etwas von der manuellen Tätigkeit des Menschen vermitteln. Die gegenwärtige Arbeitswelt mit ihren anonymen Apparaten und der zunehmenden Kopfarbeit ist über die Sinne, ohne technisches Wissen, kaum noch darstellbar. Haben die Arbeitswelt der Großindustrie und der Alltag in der Verwaltung im* Museum für Technik und Arbeit *nicht etwas wenig Platz gefunden?*

Die Arbeitswelt der Großindustrie ist im Museum in den Einheiten und Stationen „Energie für Stadt und Land" mit Maschinenhalle und Schaltwarte, „Automobilherstellung" mit Porsche-Montageband und „Chipherstellung" (Cleanst Room) exemplarisch dargestellt; die Bürotätigkeit in Stationen der Ausstellungseinheit „Vom Kontorbuch zum Mikrochip – eine Arbeitswelt im Umbruch". Vertiefungen dieser generellen Thematik sind für mich nicht nur wünschenswert, sie werden bereits in einer ersten Sonderausstellung zum Thema Kontischicht in der Industrie praktiziert, auch wenn mich diese Ausstellung nicht in allen Teilen befriedigen kann.

*Ein weiteres Thema: Mobilität und Flexibilität sind für hochindustrialisierte Länder lebenswichtig. Unabhängig von der Station „Kraftfahrzeugbau" wäre heute die Frage nach neuen Verkehrskonzepten mehr denn je aktuell. Haben Sie die Absicht, dieses Thema auszuweiten?*

Das Automobil und die Folgen für Mensch und Umwelt sind das allgemeine Thema der genannten Ausstellungseinheit. Es fordert zur Reflexion über neue Verkehrskonzepte geradezu heraus. Die Konzentration auf den Automobilbau und das Kfz-Gewerbe ließ hier zunächst kaum mehr Raum, über einige Ansätze in dieser Frage hinauszugelangen. Eine breitere Darstellung bleibt indessen aktuell, namentlich in Hinblick auf eine große Sonderausstellung im Jahre 1992, in der Entwicklungen der letzten 40 Jahre in Baden-Württemberg thematisiert werden.

*Gesellschaftliche Entwicklung und wirtschaftliche Dynamik verlaufen*



**Zeitbilder (links ein Kartoffelleser), Fernsehgeräte und Videotext sind Wegweiser bei der Reise durch die Technikgeschichte. Als Zeitbilder haben sie in der Ausstellung eine didaktische Funktion. Sie informieren und illustrieren, und sie versuchen auf die Nahtstelle zwischen Technik und Sozialgeschichte hinzuweisen.**

*nicht immer synchron; ja bisweilen sind sie kontraproduktiv. Wäre es nicht einmal nützlich, durch Monofunktionalität verursachte Fehlentwicklungen in einzelnen Regionen darzustellen?*

Möglicherweise wird die großangelegte Entwicklung der Kernkraftnutzung bei gleichzeitig stiefmütterlicher Förderung alternativer Energienutzungen eines Tages als Fehlentwicklung eingeschätzt werden. Die Darstellung gesellschaftlich relevanter Entwicklungen, die in eine Sackgasse führten, ist gewiß eine spannende Sache. Sie erfordert allerdings besonders intensive Vorbereitungen, da einschlägige Untersuchungsergebnisse der wissenschaftlichen Forschung, soweit überhaupt vorhanden, noch der musealen Aufarbeitung harren – ganz zu schweigen von der Verfügbarkeit geeigneter Exponate.

So kann ich mir beispielsweise eine Ausstellung über den Fehlschlag des Konzepts „autogerechte Stadt" gegenwärtig kaum anders als eine „Flachwaren-Präsentation" vorstellen, sicherlich am besten bezogen auf eine bestimmte Stadt, für die man vielleicht auch einige Modelle beschaffen könnte. Museumsausstellungen erfordern meist den Kompromiß zwischen dem theoretischen Konzept und der museumspraktischen Umsetzbarkeit mit Hilfe aussagekräftiger Ausstellungsgüter.

*Sie wollen zwischen Gegenwart und Geschichte vermitteln. Der Konflikt zwischen opulenter Ausstattung und didaktischem Anliegen ist bei Museumsneubauten alt. Die zunehmende Ästhetisierung und Inszenierung größerer Ensembles hat aus einem inhaltlichen Anliegen ein Diorama des vergnügten Schauens gemacht. Was muten Sie dem Besucher an Kopfarbeit zu?*

Neben der rationalen, aufklärerischen Position darf der emotionale Aspekt im Museum nicht zu kurz kommen. Erlebnishafte, narrative oder gestalterische Elemente – „arbeitendes Museum", „Zeitreisen", Inszenierungen und so weiter – sollen zur Imagination anregen und damit eine Brücke schlagen zwischen Kopf und Herz, zwischen rationaler Erkenntnis und emotionaler Einbindung. Das „vergnügte Schauen" ist in meinen Augen ein solch emotionaler Zugang, ein Tor zur Aufnahme und Verarbeitung von Sachinformationen. Gleichwohl verlangt das vollständige „Begreifen" der Museumsthemen vom Besucher des Landesmuseums erhebliche Kopfarbeit, lassen sich hier wie anderswo doch viele Informationen nur über die aktive Aneignung auf rationalem Wege erfassen.

Tote Sachverhalte lassen sich nur schwer vermitteln, es sei denn, man verwandelt sie zurück in lebendige Handlungen, in emotional besetzbare Bilder, in Sorgen, Nöte, Schaffenslust. ❑

**Der Park stimmt den Besucher auf das Museum ein: Weich verlaufende Höhenlinien stehen in Kontrast zur strengen formalen Ordnung der Treppen und Terrassen, die eine Übergangszone zum Museum bilden.**

# Reisen durch die Technikgeschichte

## Ein Architekt über das Landesmuseum für Technik und Arbeit

Von Gerhard Ullmann

**Ein Technikmuseum hat die Aufgabe, Wissen zu vermitteln, ohne zu langweilen, und über dem „Entertainment" die Wissensvermittlung nicht zu vergessen. Bei Museumsneubauten stellt sich die weitere Frage, ob die Architektur offen ist für die Ausstellungsthemen – oder ob sich das inhaltliche Konzept dem architektonischen anpassen muß.**

Das im Herbst 1990 fertiggestellte *Landesmuseum für Technik und Arbeit* im Osten Mannheims gleicht in seiner reichen Untergliederung mehr einer Großskulptur denn einem Technikgebäude – und ist doch von seiner funktionalen und räumlichen Erschließung von den elementaren Formen der Mechanik geprägt. Die nachhaltige Wirkung dieses imponierenden Gebäudes mit einem Bauvolumen von 146 000 Kubikmetern liegt im hohen Abstraktionsgrad der Form; seine dynamische Ausstrahlung beruht auf geordneter Bewegung. Die große Form: bisweilen überreich detailliert, dann wieder komponiert, weite Flächen überspannend: Das Haus als Figur.

Die Bildhaftigkeit und Plastizität werden durch die Untergliederung in Kopf- und Rumpfteil erzielt, die räumliche Spannung zwischen den Blöcken auf der Nordseite des Gebäudes wird durch das Einfügen einer Brücke erzeugt. Es ist die Summe vieler, aufeinander bezogener Einzelheiten, es ist das leuchtende Weiß, aber auch die spannungsreiche Beziehung der Baukörper zueinander, die das Technikmuseum wie eine optimistische Botschaft aus der frühen Moderne außerordentlich leicht und elegant erscheinen lassen.

Die städtebauliche Struktur Mannheims, der geometrisch angelegte barocke Stadtgrundriß, wird durch eine geringfügige Achsenverschiebung innerhalb des Museumsgebäudes aufgenommen und durch tiefe Raumeinschnitte neu interpretiert. So entdeckt man nach unten schmalzulaufende Treppen, sucht vergeblich in auseinanderstrebenden Räumen den gemeinsamen Fluchtpunkt, den Abschluß einer spitz auslaufenden Terrasse. Die schiefe Ebene als Rampe bringt Bewegung in die Geschichte, ist Vor- und Rückschau auf Zukunft und Vergangenheit, schafft somit Distanz für den Dialog mit dem Objekt.

Gleichen die großen Museumsbauten der letzten Jahre Dauervernissagen, die mit aufwendiger Inszenierung ihre

**Auch technische Monster sind zeitbedingt. Zwischen Vision und Alptraum pendelnd, wirken sie auf nachfolgende Generationen in zunehmendem Maße grotesk.**

Fotos: Gerhard Ullmann

Foto: Gerhard Ullmann

**Alte gußeiserne Säulen bilden in der hohen Ausstellungshalle einen Kontrast zu den weiß ummantelten Betonpfeilern – ein Raum von hohem ästhetischen Reiz.**

Besucher anlocken, sie mit ausgefallenem Design umschmeicheln und das strapazierte Auge vom Verstand entwöhnen, so ist das Technikmuseum der Berliner Architektin Ingeborg Kuhler unmißverständlich herb, spröde in Material und Farbe und bisweilen schneidend in seinen kantigen Details. Die Sinnlichkeit in Material und Farbe wird eng begrenzt, das verzögerte ästhetische Erlebnis durch Verzichtskultur aufgereizt.

Die Museumsstraße ist Teil der Raum-Zeit-Spirale. Der Rundgang beginnt im vierten Stock auf der Ebene A mit dem Zeitalter der Aufklärung, schwenkt auf der Ebene B mit einem furiosen Start in das Napoleonische Zeitalter, weitet eine Etage tiefer den Blick für die Arbeitsbedingungen in Haushalten und Textilfabriken des 19. Jahrhunderts, zeigt schließlich auf Ebene D mit der Industrialisierung der Landwirtschaft zugleich die Entfremdung von der Natur: Stationen der Geschichte, die mit dem technischen Fortschritt auch die soziale Frage verknüpfen und den Einzug in das Industriezeitalter vorbereiten.

Parallel zur Komplexität der Thematik weitet sich im unteren Bereich der Ebene E die Ausstellungsfläche, die zeitbezogenen Themen gewidmet ist. Fragen der Energiegewinnung, chemische Großtechnik, Mensch und Automat bilden Schwerpunkte in einem mit Exponaten dicht gefüllten Raum, dessen thematisch geordnete Informationsschau im Kontrast zu einer neuen visuellen Unübersichtlichkeit steht.

Die hohe soziale Akzeptanz dieses arbeitenden Museums beweist, daß der unmittelbare Kontakt mit Computern und Maschinen das Interesse des Publikums getroffen hat. Der *homo ludens* und der *homo faber:* Sie sind beide gefragt. Technik in den Alltag eingebunden; das Museum ein Experimentierfeld für Eltern und Kinder.

Begleitet von Zeitbildern und ergänzt durch Montagen, wird von den Museumsfachleuten bewußt der Kontakt zum Besucher und zur Architektur gesucht, das didaktische Anliegen einer Zeit-Bilder-Reise mit dem ästhetischen Experiment von Collagen, Montagen, Videogeräten und Bilderschauen verknüpft. Ein inhaltlich logisches, zum Raum abgestimmtes Konzept, das Schauvergnügen verspricht, ohne die notwendige Kopfarbeit zu vernachlässigen.

Das künstlerische Wagnis, mit Montagen und Collagen nicht nur geschichtliche Ereignisse zu dokumentieren, sondern auch zu interpretieren, wird vermittelnd für ein breites Publikum eingesetzt, das notwendige Augenmaß zwischen kritischer Reflexion und künstlerischer Gestaltung bei der reichhaltigen Thematik nicht immer gefunden. Und was für die innere Konzeption großer Museen wohl noch wichtiger ist: Sie brauchen neben Sachkompetenz auch eine gleichwertige Ausstellungsdramaturgie: nicht nur, um sich gegenüber einem immer stärker werdenden Eigenanspruch der Architekten zu behaupten, sondern um offensiver ihr eigenes Ausstellungskonzept zu vertreten.

Räumliches Erleben ist immer stark an Bewegungsabläufe gebunden. Durch die räumlichen Überschneidungen innerhalb der sechs Ebenen entstehen immer auch überraschende szenische Schnitte, die das lineare Schema der Wissensvermittlung verlassen und vom Besucher ein intensives Eingehen auf disparate Objekte verlangen. Die kommentierende Figur des Herrn Eisele, der als Possenreißer oder Videotexter durch das Museum geistert, ist hier ein erster Ansprechpartner.

Intelligent gebaute Museen können im doppelten Sinne Geschichte vermitteln.

Ungleichzeitiges durch räumliche Verschränkung und szenische Vielfalt als gleichzeitig zu erleben: Diese Erfahrung ist beim Mannheimer Museum stark genug, um über Nivellierungstendenzen so unterschiedlicher Räume wie Foyer, Bibliothek oder Cafeteria hinwegzusehen, um andererseits der Detaillierungslust der Architektin gelassen zu begegnen. Wer in das Museum hineinhört, empfindet diesen großen Raum als Klangkörper und weiß, daß auch für die Geschichte, die das Museum erzählen wird, genügend Platz vorhanden ist. ❑

**DER AUTOR**

*Gerhard Ullmann,* Jahrgang 1935, ist Architekt und Fotograf. Bekannt ist er als Architekturkritiker und durch Foto-Ausstellungen, die den Zusammenhang zwischen Architektur und Sozialgeschichte ins Bild setzen.

# Siemens Museum

# Technik erleben begreifen verstehen

Elektrotechnik, Elektronik,
Mikroelektronik

Siemens-Museum,
Prannerstraße 10, 8000 München 2
(10 Minuten vom Marienplatz)

Öffnungszeiten:
Montag bis Freitag 9 Uhr bis 16 Uhr
Samstag, Sonntag 10 Uhr bis 14 Uhr
Feiertags geschlossen
Eintritt frei

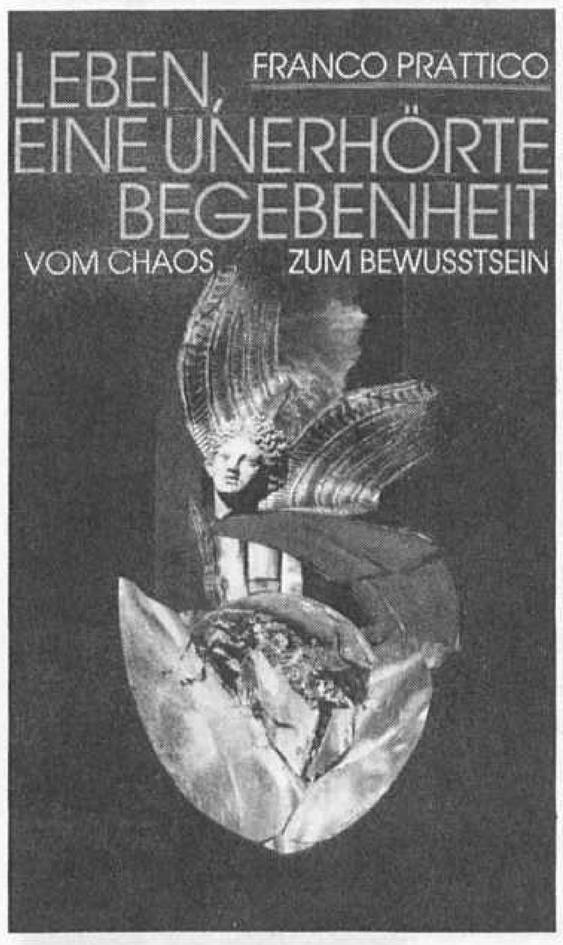


VERLAG
J.B. METZLER

Fernrohr, Mikroskop, Thermometer, Barometer, Luftpumpe, Pendeluhr und Blitzableiter sind Instrumente, die aus der technologischen Entwicklung der Neuzeit nicht wegzudenken sind. Doch die neuen Instrumente begründen nicht nur neue Wissenschaftszweige. Ihre Möglichkeiten geben den Wissenschaften auch eine andere Richtung. Mit ihnen verbinden sich utopische Erwartungen oder Befürchtungen und Zweifel an der Legitimität der Technik. Engelhard Weigl fragt in seinem Buch nach den sozial- und geistesgeschichtlichenFolgen technischer Innovationen im Bereich der frühen Naturwissenschaft.

1990. 250 Seiten, 42 Abb.,
geb., DM 38,–
ISBN 3-476-00711-1

Die Entwicklungsgeschichte von der „Geburt" der Materie bis hin zur Entstehung des menschlichen Bewußtseins gibt es keine Auskunft darüber, warum wir existieren; sie erklärt nicht, ob das Auftauchen einer denkenden Materie Ergebnis einer Reihe von glücklichen Zufällen oder aber eine in den Gesetzen des Kosmos verankerte Notwendigkeit dargestellt. Franco Prattico stellt die Frage, ob die heutige Naturwissenschaft damit nicht in die Rolle einer modernen Mythologie gerät.




Aus dem Italienischen
von Ulrich Prill
1991. 139 Seiten, geb., DM 38,–
ISBN 3-476-00735-9

In Ihrer Buchhandlung

**J.B. Metzler Verlag**
**Postfach 10 32 41**
**7000 Stuttgart 1**

# GEDENKTAGE TECHNISCHER KULTUR

Von Sigfrid von Weiher

## 1.4.1891

In Gleiwitz/Oberschlesien stirbt 68jährig **Wilhelm Hegenscheidt.** Aus Westfalen zugewandert, hat er in Schlesien den Grund zur dortigen **Eisendraht-Industrie** gelegt. Auf der 1865 von ihm erworbenen Baildon-Hütte, einem Eisenwalzwerk, hat er in der Folgezeit maßgebliche technische Neuerungen in der wirtschaftlichen Drahterzeugung durchgebildet.

## 4.4.1866

Als Sohn eines deutschen Ingenieurs in St. Petersburg wird **Otto Krell** geboren. Nach technischen Studien in München trat er 1891 bei der Firma Schuckert in Nürnberg ein und übernahm dort bald die Leitung der Scheinwerfer-Entwicklung. Der Riesen-Scheinwerfer mit 2 m Spiegeldurchmesser auf der Pariser Weltausstellung 1900 war ebenso sein Werk wie das dreiflügelige **Leuchtfeuer auf Helgoland,** das 1902 eingerichtet wurde. Ein Jahr danach trat Krell zu den neu gebildeten Siemens-Schuckertwerken über, für die er auf den Gebieten Schiffselektrotechnik und Luftfahrt kreativ tätig wurde. 1910 baute er das damals größte und zu seiner Zeit auch schnellste Luftschiff und in Biesdorf die erste drehbare Luftschiffhalle, die für vergleichbare Anlagen Modellcharakter hatte.

**Elektrisches Drehfeuer des Leuchtturms auf Helgoland, 1902.**

## 9.4.1866

Zur Energieversorgung der Schaffhausener Handwerksbetriebe wird die von **Heinrich Moser** mittels einer großen Drahtseil-Transmission errichtete mechanische **Rheinfall-Kraftübertragung** in Betrieb genommen.

## 10.4.1891

In Berlin stirbt in seinem 68. Lebensjahr der Maurermeister **Carl Rabitz.** Aus Halle/Saale war der Maurerlehrling nach Berlin gekommen und hatte sich dort 1854 selbständig gemacht. Auf das von ihm praktizierte und nach ihm benannte Verfahren der Leichtbauweise mit Drahtgeflecht, die sog. **„Rabitzwand"**, hatte er 1878 das DRP 3789 erhalten.

## 12.4.1841

In Mengede/Westfalen wird **Richard Henning** geboren. Als Schüler Professor Redtenbachers studierte er in Karlsruhe. 1868 baute er für die Kölner Maschinenbauanstalt nach britischen Lizenzen das **erste mechanische Eisenbahn-Stellwerk Deutschlands** für den Bahnhof Börssum. Schon im folgenden Jahr gründete er mit einem Fachkollegen die Firma Schnabel und Henning in Bruchsal, die sich mit eigenen Konstruktionen auf dem Signalbaugebiet schnell einen bedeutenden Marktanteil beim Ausbau des deutschen Schienennetzes sicherte. 1870 gab Henning die hydraulische Stellwerkanlage an, 1878 führte er den Doppeldrahtzug für Weichen ein und nahm durch viele konstruktive Verbesserungen entscheidenden Anteil an der Durchbildung der Zentralisierung des Signalbetriebes.

## 14.4.1866

In Zürich stirbt im 57. Lebensjahr **Johann Wolfgang von Deschwanden.** Aus der Züricher Industrieschule hatte er 1855 die Umgestaltung zur heutigen **Eidgenössischen Technischen Hochschule,** der berühmt gewordenen „ETH", begonnen. Das geistige Rüstzeug zu dieser Leistung hatte er sich vor allem bei seinem Lehrer Professor Redtenbacher in Karlsruhe erworben.

## 16.4.1766

In Largo/Schottland wird **Sir John Leslie** geboren. Nach naturwissenschaftlich-mathematischem Studium ließ er sich in London nieder, bereiste dann Amerika und Europa und wurde 1804 in Edinburgh Professor der Mathematik, später auch der Physik. Eine Reihe bemerkenswerter Erfindungen kennzeichnen seinen Weg als **praktischer Physiker:** Er schuf einen Differentialthermometer, einen Hygrometer, einen Photometer, zusammen mit Wollaston das Äthrioskop, einen Apparat zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes gepulverter Körper und ein Verfahren, Wasser mit Hilfe der Luftpumpe gefrieren zu lassen.

## 22.4.1716

In Paris stirbt 59jährig **Jacques Savary des Brulons.** Als Generalinspektor der königlichen Domänen und Handwerke hatte er unter Ludwig XIV. eine geachtete Position. Wenige Jahre nach seinem Tode, 1723, erschien das von ihm gemeinsam mit seinem Bruder Louis-Philémon (1645 bis 1727) bearbeitete *Dictionnaire universel de commerce, d'histoire naturelle, d'art et de métier,* ein Werk, das heute noch als Kompendium des Gewerbe- und Handwerksstandes der Barockzeit nützlich ist.

## 27.4.1791

In Charlestown/Massachussets, USA, wird **Samuel Finley Breese Morse** als Sohn eines Geistlichen geboren. Er widmete sich, mit begrenzten Erfolgen, der Malerei. Durch Zufall wurde er um 1832 auf elektrische Experimente aufmerksam, die ihn veranlaßten, in dieser Richtung aktiv zu werden. So konstruierte er um 1837 seinen **Schreib-Telegraphen.** 1844 wurde zwischen Washington und Baltimore nach seinem System eine Telegraphenlinie in Betrieb genommen. Das **„Morsesystem"** war bald weltweit verbreitet. 1856 zählte Morse auch zu den Gründern der *Transatlantischen Kabeltelegraphie-Gesellschaft,* die allerdings erst zehn Jahre später dauerhafte Tiefseekabel zu legen vermochte.

**Selbstbildnis von Samuel F. B. Morse (1791–1872).**

## 5.5.1891

Der Physiker **David Edward Hughes** (1831 bis 1900) verwendet zum ersten Mal einen **Detektor zum Nachweis elektrischer Wellen.** Seine Vorrichtung bestand aus einem Kohlestab, der mit Federdruck aufliegt und der mit oder ohne Hilfsbatterie wirksam wird.

## 8.5.1741

In Lübeck kommt **Johnnes Lorenz Boeckmann** zur Welt. Er wurde Physiker und lehrte als Professor in Jena und in Karlsruhe. 1778 richtete er in der Markgrafschaft Baden meteorologische Beobachtungsstationen ein. Mit der von Claude Chappe (1763 bis 1805) neu belebten **optischen Telegraphie** und ihren Entwicklungsmöglichkeiten setzte er sich 1794 in einer Schrift *Versuche über Telegraphic und Telegraphen* auseinander. Im gleichen Jahr übertrug er über eine Distanz von „eineinhalb Wegstunden" das erste Glück-

Fotos: Archiv Sigfrid von Weiher (o.); Siemens-Museum

Titelblatt des ersten deutschen Buchs über Telegraphie, 1794.

J. L. BOECKMANN'S
PROFESSORS ZU CARLSRUHE
VERSUCH
UEBER
TELEGRAPHIE
UND
TELEGRAPHEN
NEBST DER
BESCHREIBUNG UND VEREINFACHUNG
DES FRANZOESISCHEN TELEGRAPHEN
UND
DER ANZEIGE EINIGER
VON IHM VORGESCHLAGENEN NEUEN METHODEN.

MIT KUPFERN.

CARLSRUHE
GEDRUCKT IN MACKLOTS HOFBUCHDRUCKEREI
1794.

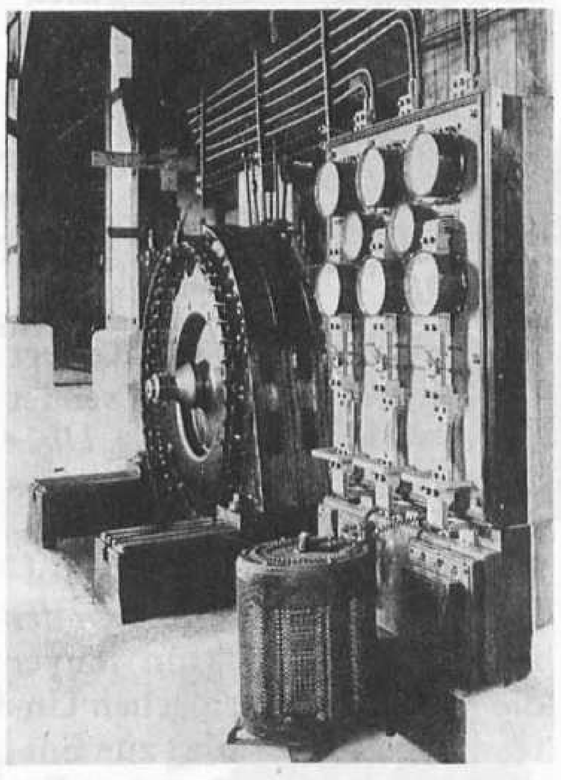
wunsch-Telegramm optisch nach Karlsruhe: an seinen Landesvater Markgraf Karl Friedrich zu dessen 66. Geburtstag.

## 12.5.1941

Diplomingenieur **Konrad Zuse** präsentiert in seiner Wohnung in Berlin einigen Herren der *Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt* (DVL) seinen ersten voll funktionsfähigen programmgesteuerten elektromechanischen Rechner, der wenig später von der DVL übernommen wird. Der Rechner arbeitet nach dem Binär-Prinzip mit 600 Relais sowie einem Speicherwerk von 1400 Relais. Der **Rechner „Z3"** fiel später den Kriegsereignissen zum Opfer; im *Deutschen Museum* in München ist eine Rekonstruktion dieses Zuse-Rechners zu sehen, mit dem das **Computer-Zeitalter** vor einem halben Jahrhundert begann.

## 15.5.1891

In Frankfurt am Main wird die **Internationale Elektrotechnische Ausstellung** eröffnet. Ihre eminente historische Bedeutung für die gesamte Elektrotechnik gewann diese Schau durch die Demonstration **wirtschaftlicher elektrischer Energieübertragung** auf große Entfernungen, insbesondere durch die Drehstrom-Lieferung von Lauffen am Neckar nach Frankfurt, eine Strecke von 175 Kilometern Länge.



**Drehstromgenerator und Schalttafel, Frankfurter Ausstellung 1891.**

## 16.5.1916

**John J. Carty** (1861 bis 1932), Chefingenieur der *AT & T-Company* und Präsident der *American Institution of Electrical Engineers,* übernimmt in New York den Vorsitz einer **Ferntagung mit telefonischer Konferenzschaltung.** 11 000 Teilnehmer in New York sind mit 1000 in Chicago, 900 in Boston, 850 in Philadelphia, 500 in Atlanta und 750 in San Francisco über Fernsprecher miteinander verbunden.

## 19.5.1966

Der 177,5 Meter hohe **„Post-Tower" Londons,** zur besseren Fernseh-Versorgung der britischen Hauptstadt, wird in Betrieb genommen. Es war damals das höchste Bauwerk Londons.

## 22.5.1666

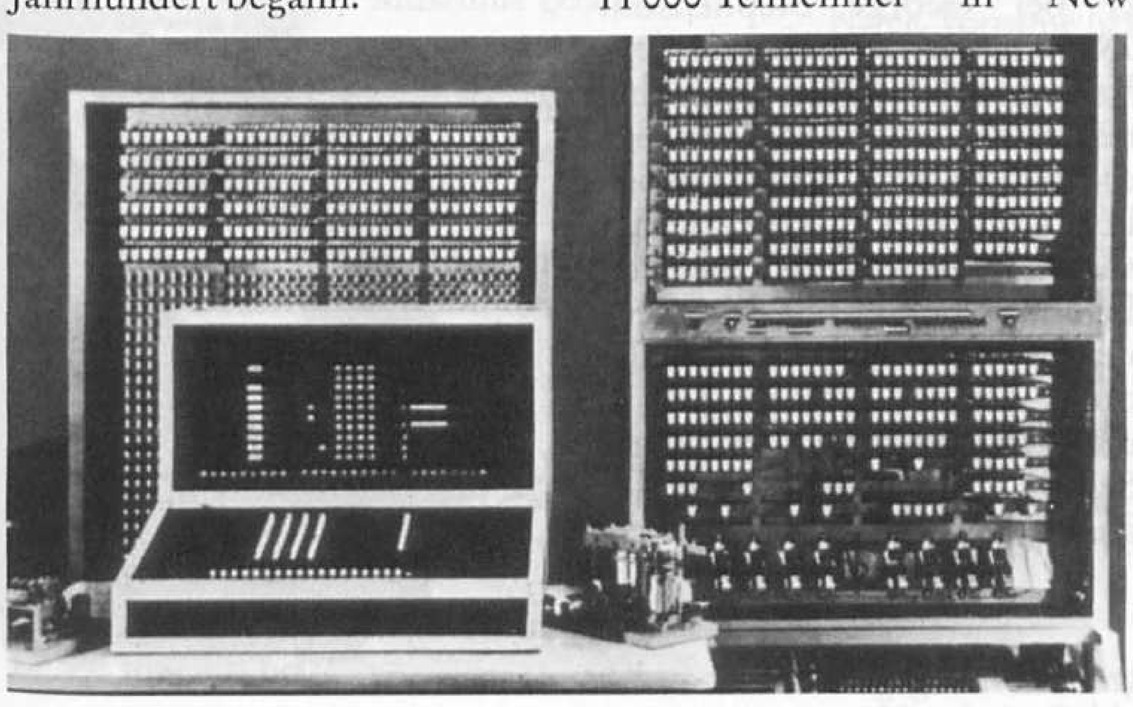
In Würzburg stirbt 58jährig **Caspar Schott.** Er war Jesuitenpater und beschäftigte sich begeistert mit **naturwissenschaftlichen Problemen.** In seinen letzten zehn Lebensjahren gab er mehrere für die Naturforschung seiner Zeit bemerkenswerte Werke heraus, in denen er eigene Forschungsergebnisse, aber auch fremde Arbeiten bekanntmachte. So berichtete er 1657 als erster von den Luftpumpen-Versuchen des Bürgermeisters von Magdeburg, Otto von Guericke.

## 23.5.1891

Zwischen Paris und Bordeaux wird – über eine Distanz von 572 Kilometern – das **erste Internationale Radrennen** gefahren.

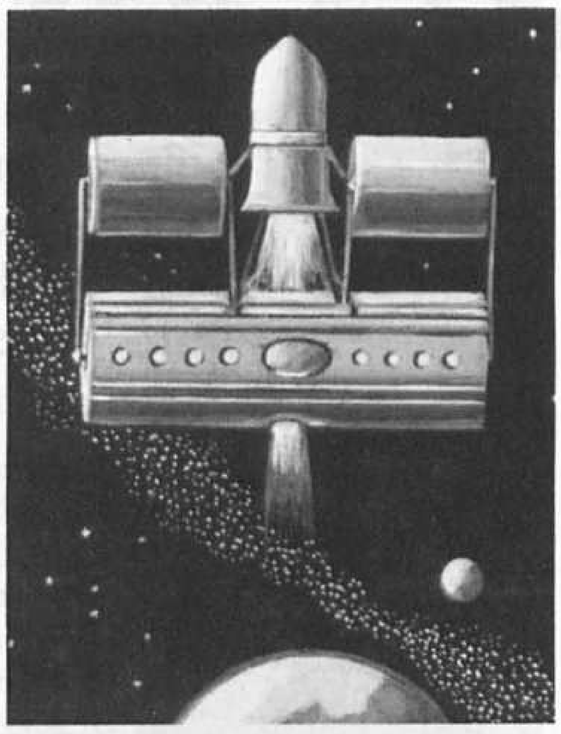
## 27.5.1766

In Barnaul bei Tomsk/Sibirien stirbt im 37. Lebensjahr **Iwan Iwanowitsch Polsunow,** ein befähigter und erfinderisch-begabter Mechaniker. Als Schichtmeister eines Bergwerks hatte er sich mit dem Bau einer **Dampfmaschine** – der ersten in Rußland – beschäftigt. Wenige Tage nach seinem Tode wurde die von ihm entwickelte transportable atmosphärische Zweizylinder-Dampfmaschine im **Hüttenwerk Barnaul** zur Winderzeugung bei metallurgischen Arbeiten erfolgreich in Betrieb genommen.



**Z 3 – der erste Computer von Konrad Zuse, 1941.**

Weltraumfahrzeug von Hermann Ganswindt, 1891.



## 27.5.1891

In der Berliner Philharmonie hält der Ingenieur **Hermann Ganswindt** einen Vortrag über künftige **Weltraumfahrt.** Das von ihm auch als Bild gezeigte Raumfahrzeug sollte nach seiner Vorstellung durch Dynamitexplosionen fortbewegt werden.

## 27.5.1916

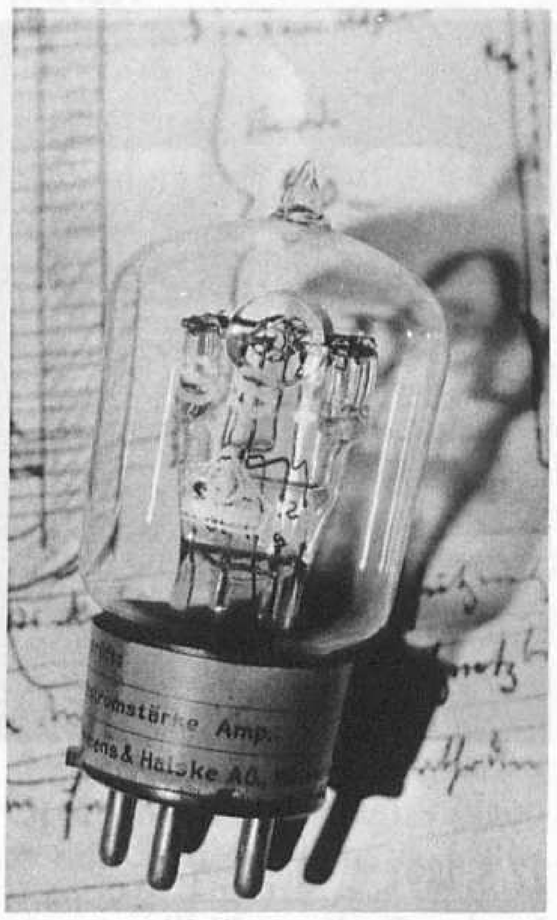
Sechs der bedeutendsten deutschen **technisch-wissenschaftlichen Vereinigungen** schließen sich in einem Dachverband zusammen. In den Satzungen werden – mitten im Kriege – auch schon die künftigen Friedensaufgaben angesprochen. Den Vorsitz des neuen **Deutschen Verbandes technisch-wissenschaftlicher Vereine** mit Sitz in Berlin übernimmt Professor Dr. Ing. C. Busley.

## 29.5.1766

Auf Gut Dornhoff auf Rügen wird **Baltzar Bogislaus Graf von Platen** geboren. Wegen seiner außerordentlichen Tüchtigkeit avancierte er als schwedischer Seeoffizier sehr schnell und wurde 1809 Konteradmiral, 1810 Vorsitzender der Gesellschaft, die Planung und **Bau des bekannten Götakanals** im südlichen **Schweden** zur Verbindung von Nord- und Ostsee (Westgotland-Linie) vorantrieb. Die Vollendung seines Lebenswerkes 1832 erlebte Platen nicht mehr; er starb 1829 in Christiania (heute Oslo).

*Fotos: Archiv Sigfrid von Weiher (l. o., r. o.); Deutsches Museum (2)*

Schirmgitter-Verstärkerröhre von Walter Schottky, 1916.



## 31.5.1916

**Walter Schottky,** Physiker bei Siemens & Halske in Berlin, nimmt das DRP 300610 auf seine Erfindung der **Gitter-Verstärkerröhre** nach dem Raumlade- und Schutznetz-Prinzip. Diese Neuerung war für den Fernsprechweitverkehr von großem Nutzen.

## 6.6.1866

In Heilbronn wird **Gustav Braunbeck** geboren. Als junger Mann war er begeisterter Rad-, später auch Autosportler, und ab 1900 war er an der Entwicklung einer **Fachpresse für Auto- und Flugsport** maßgeblich beteiligt. Schon 1893 hatte er das erste, in München von Hildebrand und Wolfmüller konstruierte Motorrad gefahren. Er war auch der erste Präsident des **„Schnauferl-Clubs“,** in dem die ältesten Autofahrer Deutschlands vereinigt sind.

## 6.6.1941

In Detroit/USA stirbt im 63. Lebensjahr der aus der Schweiz um 1900 eingewanderte Automobilkonstrukteur und Industrielle **Louis Chevrolet.** 1911 hatte er in Detroit sein Unternehmen gegründet, das 1918 in den Besitz der General Motors Co. überging. Sein Name ist in der **Autoindustrie** bis heute ein Begriff geblieben.

## 7.6.1916

In seinem selbstentwickelten **Panzertauchgerät** erreicht **Friedrich Gottlieb Gall** im Bodensee eine Tiefe von 114 Metern. Acht Jahre später gelingt es Gall, mit einem verbesserten Gerät 160 Meter Tiefe zu erreichen.

## 10.6.1941

Nach mehrjährigen Entwicklungsarbeiten, die unter Leitung von Dipl.-Ing. **Eduard Schüller** (1904 bis 1976) bei der AEG in Berlin durchgeführt wurden, wird im UFA-Palast am Zoo in einer öffentlichen Veranstaltung das neue, mit Hochfrequenz-Vormagnetisierung verbesserte **„Magnetophon“,** also das **Tonbandgerät,** der Fachwelt vorgeführt. Die weltweite Verbreitung erfuhr das Tonbandgerät jedoch erst nach 1945.

Eduard Schüller (1904–1976)

## 11.6.1816

Die Bürger von Köln sehen auf dem Rhein ein erstes, von London nach Frankfurt am Main reisendes **Dampfschiff.** Sechs Tage später trifft ein anderes britisches Dampfschiff, die *Lady of the Lake,* im Hamburger Hafen ein. Und am 21. Juni 1816 beginnt **John Humphrey** in Pichelsdorf die Kiellegung des ersten preußischen Dampfschiffs, das unter dem Namen *Prinzessin Charlotte* im Herbst den Verkehr auf Spree und Havel zwischen Berlin und Potsdam aufnimmt.

## 12.6.1916

In Hampstead/England stirbt, kurz vor Vollendung seines 65. Lebensjahres, der Physiker **Silvanus Phillips Thompson.** Sohn eines Lehrers in York, widmete er sich naturwissenschaftlichen Studien in London und Heidelberg. 1878 wurde er Professor für Physik in Bristol, 1885 in Finsbury, und 1891 wurde er Mitglied der *Royal Society.* In Thompson verband sich eine starke Einfühlung in die **theoretische Seite der Naturwissenschaften** mit einem ausgeprägten Sinn für die **Elektrotechnik.** Als Schriftsteller wurde er bekannt durch seine Biographien über Philipp Reis, Michael Faraday und Lord Kelvin.

## 16.6.1841

Der Schiffsarzt **Julius Robert Mayer** (1814 bis 1878) sendet seine Untersuchung *Über quantitative und qualitative Bestimmung der Kräfte* an Professor Poggendorff zur Veröffentlichung in den *Annalen der Physik.* Damit begann Mayer die Reihe seiner kritischen Untersuchungen, die ihn zur Entdeckung des **Gesetzes zur Erhaltung der Energie** und die daraus abgeleitete Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents führte.

## 18.6.1791

In Dumbarton am Clyde/England wird **Robert Napier** als Sohn eines Schmiedemeisters geboren. Nach guter Allgemeinbildung, die er sich in früher Jugend erwarb, absolvierte er bei seinem Vater die Lehrzeit. Danach arbeitete er bei George Stephenson. 1815 machte er sich mit dem Bau von Schiffs-Dampfmaschinen selbständig. 1834 verfaßte er einen Bericht über die Möglichkeit eines **transatlantischen Dampfschiff-Verkehrs.** Dadurch kam er mit dem Reeder **Samuel Cunard** in Verbindung, der das Projekt 1840 in die Tat umsetzte und seine Schiffe weitgehend von Napier ausrüsten ließ.

## 23.6.1341

**Bolognino Barghesano** erhält vom Rat der Stadt Bologna die Erlaubnis, eine **Seidenzwirnerei** mit der von ihm erfundenen Seidenhaspel in Betrieb zu nehmen. Damit beginnt der wirtschaftliche Reichtum **Bolognas als Textilstadt.**

## 23.6.1891

In Göttingen stirbt im 87. Lebensjahr Professor **Wilhelm Eduard Weber.** Früh hatte er sich naturwissenschaftlichen Studien zugewandt, und 1825 veröffentlichte er seine *Wellenlehre auf Experimente gegründet.* 1828 erhielt er in Halle eine Professur. 1831 von Carl Friedrich Gauß (1777 bis 1855) nach Göttingen gerufen, übernahm er dort den physikalischen Lehrstuhl und wirkte an den Gauß'schen erdmagnetischen Untersuchungen mit. Im Frühjahr 1833 konstruierten sie den ersten **elektromagnetischen Telegraphen.** Mehrere Meßinstrumente, besonders das **Elektrodynamometer** (1840/46), wurden von Weber entwickelt und in die Praxis eingeführt. Zu den „Göttinger Sieben“ gehörend, wurde auch er 1837 seines Postens enthoben, 1849 jedoch wieder in seine Professur eingesetzt. Seine 1846 veröffentlichten elektrodynamischen Meßbestimmungen wurden 1881/84 zur Grundlage der in Paris international festgelegten elektrischen Maßeinheiten.

Wilhelm E. Weber (1804–1891)

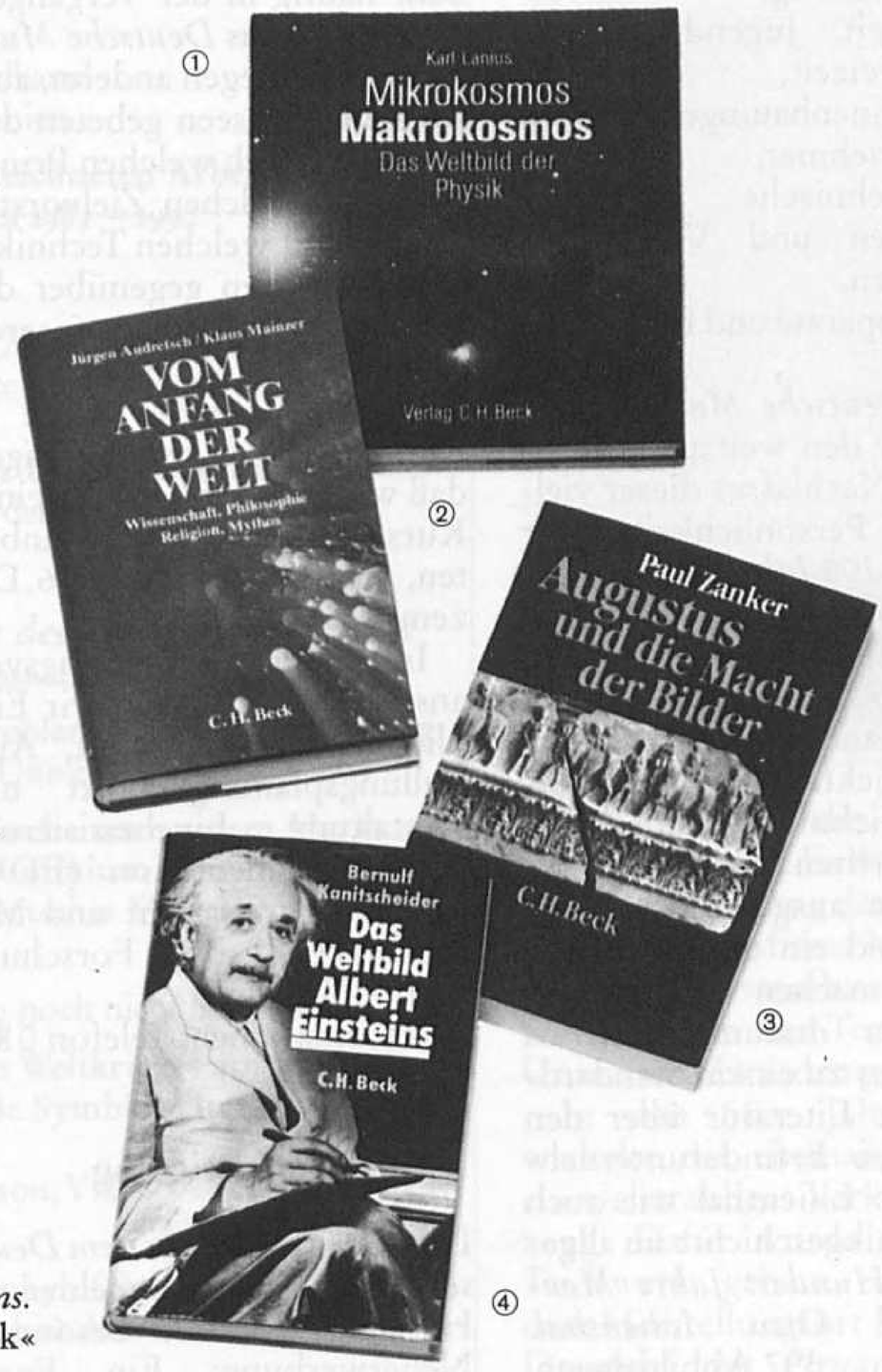
Abbildungen: AEG-Telefunken Archiv (Mitte); Siemens-Museum (2)

# Das Deutsche Museum ist voll von guten Ideen.

Es ist eine gute Idee, das naturwissenschaftliche und technische Erbe zu bewahren und die kulturelle Leistung deutlich zu machen, die untrennbar mit diesem Erbe verbunden ist. Und es ist eine gute Idee, zum Kreis der Mitglieder des Deutschen Museums zu gehören, die sich seiner Arbeit verbunden fühlen.

## Die Mitglieder des Deutschen Museums haben mehr von ihm:

- *Freien Eintritt (einschl. Planetarium) mit dem Ehegatten oder einer sonstigen Begleitperson und bis zu zwei Kindern (bis 18 Jahre).*
  *Beim ermäßigten Beitragssatz für Schüler und Studenten gilt der freie Eintritt nur für das Mitglied.*
- *Kostenlosen Bezug der Zeitschrift* »Kultur & Technik« *mit jährlich vier Ausgaben.*
- *Kostenlose Teilnahme an allen Vorträgen im Deutschen Museum (mit Ausnahme von Fremdveranstaltungen).*
- *Vergünstigungen beim Direktbezug von Publikationen des Deutschen Museums. Darauf wird jeweils in* »Kultur & Technik« *hingewiesen.*
- *Der Jahresbeitrag wird steuerlich als Spende anerkannt.*




## Haben Sie selbst am Deutschen Museum so viel Freude, daß Sie ein neues Mitglied gewinnen möchten?

Vielleicht finden sich unter Ihren Verwandten, Bekannten oder Geschäftskollegen Menschen, die gerne Mitglied des Deutschen Museums werden?
Als Dank für ein neues Mitglied, das Sie geworben haben, werden wir Ihnen eines der abgebildeten Bücher schenken.

Dabei gelten folgende »Spielregeln«:

- Die Mitgliedschaft muß mindestens für die Dauer eines Jahres eingegangen und der Mitgliedsantrag vom künftigen Mitglied eigenhändig unterschrieben werden. (Am einfachsten verwenden Sie die Beitrittserklärung unten auf dieser Seite.)
- Selbst werben dürfen Sie sich nicht – das ist durch das Wettbewerbsrecht ausgeschlossen.
- Die Mitgliedschaft, die durch Sie zustande kommt, muß neu sein. Sie darf also nicht aufgrund einer vorangegangenen Mitgliedschaft bestehen.
- Die Buchprämie senden wir Ihnen unmittelbar nach Eingang der Beitrittserklärung.
- Senden Sie Beitrittserklärung und Prämienanforderung in jedem Falle zusammen in einem ausreichend frankierten Umschlag an: Deutsches Museum, Postfach 260102, 8000 München 26

Besser erst kopieren und dann ausschneiden, wenn Sie das Heft nicht beschädigen wollen.

## Beitrittserklärung

**Ja,** ich möchte zum Kreis der Mitglieder des Deutschen Museums gehören.

☐ Als Privatperson werde ich das Deutsche Museum mit einem Jahresbeitrag von mindestens DM 58,– fördern.

☐ Als Firma oder Institution werde ich das Deutsche Museum mit einem Jahresbeitrag von DM 200,– unterstützen.

☐ Als Schüler oder Student werde ich das Deutsche Museum mit einem Jahresbeitrag von mindestens DM 34,– fördern.
Den Schüler- oder Studentenausweis füge ich bei.

Datum Unterschrift

### Meine Anschrift:

Name, Vorname bzw. Firma

Straße, Hausnummer

PLZ, Wohnort

Gewünschte Zahlungsweise:

☐ bar an der Hauptkasse des Deutschen Museums im Bibliotheksbau

oder

☐ gegen Rechnung.
Bitte kein Geld einsenden, sondern Rechnung abwarten.

### Prämienanforderung:

Ich habe nebenstehendes Mitglied für das Deutsche Museum geworben.

Senden Sie bitte das angekreuzte Buch an meine untenstehende Adresse.

① *K. Lanius: Mikrokosmos – Makrokosmos*
② *J. Audretsch/K. Mainzer: Vom Anfang der Welt*
③ *P. Zanker: Augustus und die Macht der Bilder*
④ *B. Kanitscheider: Das Weltbild Albert Einsteins*

Name, Vorname

Straße, Hausnummer

PLZ, Wohnort

ROLF GUTMANN

## Otto Lilienthal Dokumente und Objekte

Im Sommer 1981 gelangen Otto Lilienthal die ersten Gleitflüge. In den fünf Jahren bis zu seinem tödlichen Absturz im August 1896 wurden seine Gleiter technisch ausgereifter: Die zurückgelegten Entfernungen wuchsen bis auf 750 Meter. Die wichtigste Voraussetzung für diesen wegweisenden Erfolg der Flugtechnik „schwerer als Luft" waren seine systematischen aerodynamischen Untersuchungen, die er 1889 in dem einflußreichen Buch *Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst* zusammenfaßte.

Otto Lilienthal war jedoch nicht nur ein herausragender Flugpionier. Dem Maschinenbauingenieur und erfolgreichen Unternehmer gelang eine Vielzahl von wichtigen Erfindungen und technischen Neuerungen. Als engagierter Sozialreformer wirkte er in der bürgerlichen Reformbewegung des Kaiserreichs mit.

Vom 8. 5. 1991 bis 10. 1. 1992 zeigt eine Sonderausstellung in der Luftfahrtabteilung des *Deutschen Museums* eine repräsentative Auswahl der Dokumente und Objekte. Originale und Reproduktionen beleuchten in vier Abschnitten das Leben und Wirken der vielseitigen Persönlichkeit Otto Lilienthals. Die Schwerpunkte der Ausstellung:

- Kindheit, Jugend, Familie und Freizeit,
- Maschinenbauingenieur und Unternehmer,
- Flugtechnische Untersuchungen und Veröffentlichungen,
- Flugapparate und Flugversuche.

Das *Deutsche Museum* verfügt über den weitaus größten Teil des Nachlasses dieser vielseitigen Persönlichkeit. Der Katalog *100 Jahre Menschenflug Otto Lilienthal* dokumentiert anläßlich des Jubiläumsjahres 1991 erstmals umfassend den Bestand an Dokumenten und Objekten: Flugapparate, Pläne, Zeichnungen, Fotos und Handschriften. Neun Fachaufsätze von ausgewiesenen Experten und ein umfangreicher Anhang machen den Katalog über den dokumentarischen Teil hinaus zu einem Standardwerk der Literatur über den vielseitigen Erfinderunternehmer Otto Lilienthal wie auch der Technikgeschichte im allgemeinen. *Hundert Jahre Menschenflug Otto Lilienthal.* 320 Seiten, 397 Abbildungen, ca. 32,– DM. Erhältlich über den Museumsladen im *Deutschen Museum.*

## Führungsseminar „Museumsmanagement"

Sehr häufig in der Vergangenheit wurde das *Deutsche Museum* von Kollegen anderer, auch kleinerer Museen gebeten darzustellen, nach welchen Prinzipien, mit welchen Zielvorstellungen, mit welchen Techniken und Strategien gegenüber den Besuchern wir in unserem Haus arbeiten.

Dieser Wunsch wurde so häufig an uns herangetragen, daß wir auch 1991 wieder einen Kurs über Museologie anbieten, und zwar vom 2.–6. Dezember 1991.

In dieser Fortbildungsveranstaltung vermitteln wir Einblicke in Management, Ausstellungsplanung, Text und Gestaltung, Inventarisierung und Dokumentation (EDV), Öffentlichkeitsarbeit und Medienberatung sowie Forschung und Publikation.

Informationen: Telefon 089/ 2179-294.

## Berichtigung

Die *Nachrichten aus dem Deutschen Museum* vermelden in Heft 1/1991 eine besondere Neuerwerbung: Ein Ford-Lastwagen mit Holzgasgenerator von 1942. Die Funktion wird so erklärt:

„Im Kessel hinter dem Führerhaus wird Holz verbrannt, die Verbrennungsgase treiben den Motor an . . ."

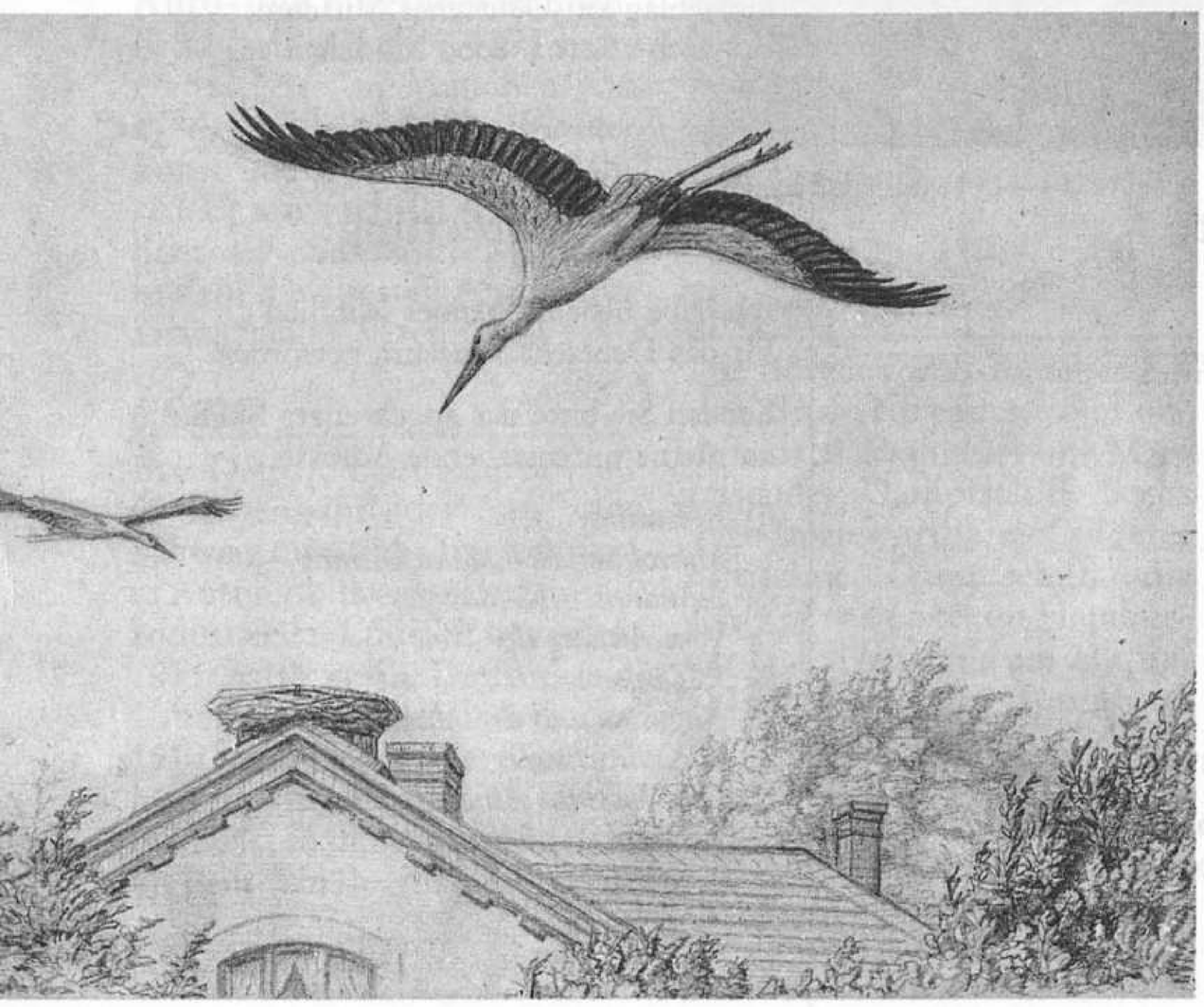
Nein, das täten sie nie! Holz verbrennt zu Kohlendioxid, und das hat bekanntlich Null Heizwert. Im Holzgasgenerator werden die Holzstücke keineswegs verbrannt, sondern mit wenig Luft zu Holzkohle verschwelt. Sie liefert das brennbare Gemisch aus Kohlenmonoxid, Wasserstoff und Methan im Holzgas. In einer gereimten Betriebsanleitung hieß es einst:

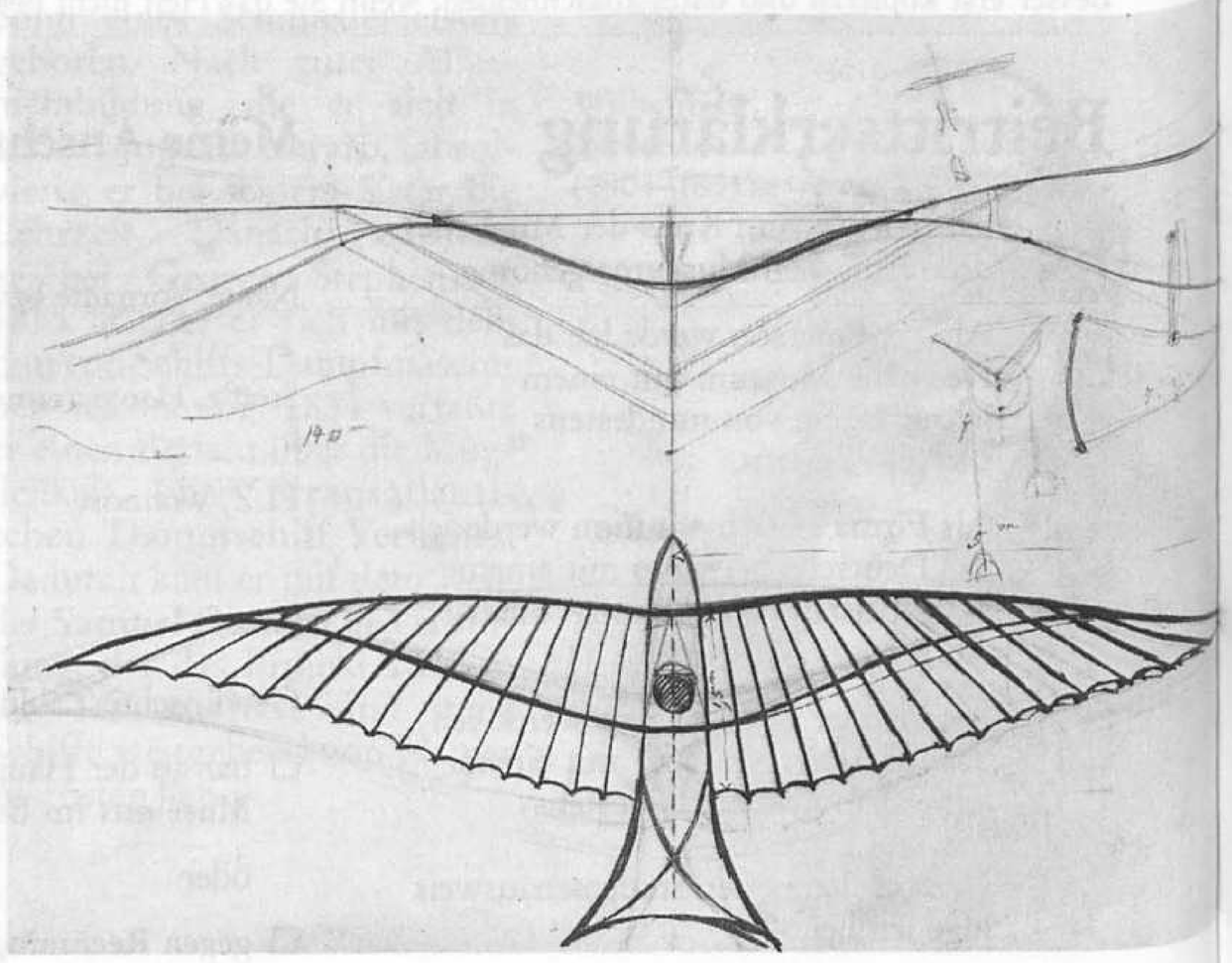
„Dann mach auch alle Luken dicht,
Sonst kriegst Du Gas ganz sicher nicht,
Weil's gleich verbrennt im Generator
Und keine Kraft mehr gibt dem Motor.
Die Luft stell' immer richtig ein,
Das merke gut, das muß stets sein.
Hast Du an all' das gut gedacht,
Das Fahren Dir auch Freude macht."

## Neues Strahltriebwerk in der Luftfahrtsammlung

Dieses Triebwerk – es ist das erste in Deutschland nach dem 2. Weltkrieg entwickelte Strahl-

**Zeichnungen von Otto Lilienthal: Störche umkreisen ihr Nest (links) und Gleit- und Flügelschlagflugzeug.**





# VERANSTALTUNGEN

## *April · Mai · Juni 1991*

### *Sonderausstellungen*

**bis 7. April**
Abt. Tunnelbau
EG
**EUROTUNNEL**
Tunnel unter dem Ärmelkanal
Frankreich – Großbritannien

**11. - 28. April**
Vorraum
Bibliothek
**Ausstellung der ausgezeichneten Arbeiten des Prix Ars Electronica 1987 – 1990**

**8. Mai bis 10. Jan. 1992**
Alte Luftfahrt
1. OG
**Otto Lilienthal:**
Flugpionier, Ingenieur, Unternehmer
Dokumente und Objekte im Deutschen Museum

**14. Juni bis 21. Juli**
3. OG
**»Reise ins Zentrum der Uhrmacherkunst«**
in Zusammenarbeit mit der Firma
Jaeger-LeCoultre

### *Kolloquiumsvorträge des Forschungsinstituts*

(16.30 Uhr, Filmsaal, Bibliotheksbau, freier Eintritt)

**8. April**
**Sozialgeschichtliche Probleme der Elektrifizierung**
Prof. Dr. Jürgen Kocka, Universität Bielefeld

**22. April**
**Silber aus Lehm. Die Suche nach einem Markt für das neue Metall Aluminium**
Dr. Elisabeth Vaupel, Deutsches Museum

**6. und 27. Mai**
Thema bei Drucklegung noch nicht bekannt

**10. Juni**
**Der Einfluß des Ersten Weltkrieges auf die akademisch-industrielle Symbiose in der deutschen Chemie**
Prof. Dr. Jeffrey A. Johnson, Villanova University, Villanova/Pa. (USA)

**24. Juni**
**Isaac Barrow's Philosophy of Science**
Dr. Antoni Malet, Universitá Autónoma de Barcelona

### *Professor-Auer-Experimentalvorträge*

(19 Uhr, Leibniz-Saal, Kongreßzentrum)

**10. April**
**Vom Augenblick zur Ewigkeit – Die Zeitskala chemischer Reaktionen**
Prof. Dr. Siegfried Hünig
Institut für Organische Chemie,
Universität Würzburg

### *Vorträge des VDI-Arbeitskreises Technikgeschichte und des Deutschen Museums*

(19 Uhr, Leibniz-Saal, Kongreßzentrum)

**16. April**
**Führung durch das neue Zentrallabor des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft**
(Lazarettstr. 67, 8000 München 19)
Dr. Walter Amman, München

### *Münchner Volkshochschule im Deutschen Museum*

Teilnehmer der vhs-Programme erhalten ermäßigten Eintritt. Für die Programme können Sie sich auch an der Volkshochschule einschreiben, weitere Auskünfte: Tel. (089) 48006-138 oder 162.

**Deutsches Museum**
Museumsinsel 1, 8000 München 22, Tel. (089) 21791

triebwerk – hat die Bezeichnung *Pirna 014*. Es wurde uns mit Unterstützung der Münchner Triebwerksfirma MTU und der Debis-Systemhaus GmbH Stuttgart von der Technischen Universität Dresden gestiftet.

In den 50er Jahren entwickelte die ehemalige DDR ein vielstrahliges Verkehrsflugzeug. Dafür wurde auch ein Triebwerk gebaut, das nach dem Herstellungsort Pirna (bei Dresden) mit *Pirna 014* bezeichnet wurde. Das erste Muster lief erstmals 1956 auf dem Prüfstand; der erste Betrieb im Flug in einem Prototyp des Verkehrsflugzeugs *Baade B-152* fand 1960 statt. Aufgrund eines Beschlusses des Rates für gegenseitige Wirtschaftshilfe (Comecon) wurde 1962 dieses anspruchsvolle Flugzeug-Programm der DDR jedoch eingestellt.

Das *Pirna*-Triebwerk dokumentiert somit die ersten Anstrengungen in Deutschland, nach dem 2. Weltkrieg wieder eine eigenständige Luftfahrtindustrie aufzubauen.

**Im Jahr 1891 gelang Otto Lilienthal der erste Gleitflug. In den Folgejahren wurden seine Fluggeräte immer ausgereifter, so daß er schließlich Strecken bis zu 750 Metern zurücklegen konnte. Schon die Zeichnung eines Gleit- und Flügelschlagflugzeugs aus dem Jahr 1890 (linke Seite, rechts unten) sah eine Spannweite von 10 Metern, eine größte Flügeltiefe von 1,5 Metern und 14 Quadratmetern Tragfläche vor.**

## Arbeitstagung zur Technikgeschichte

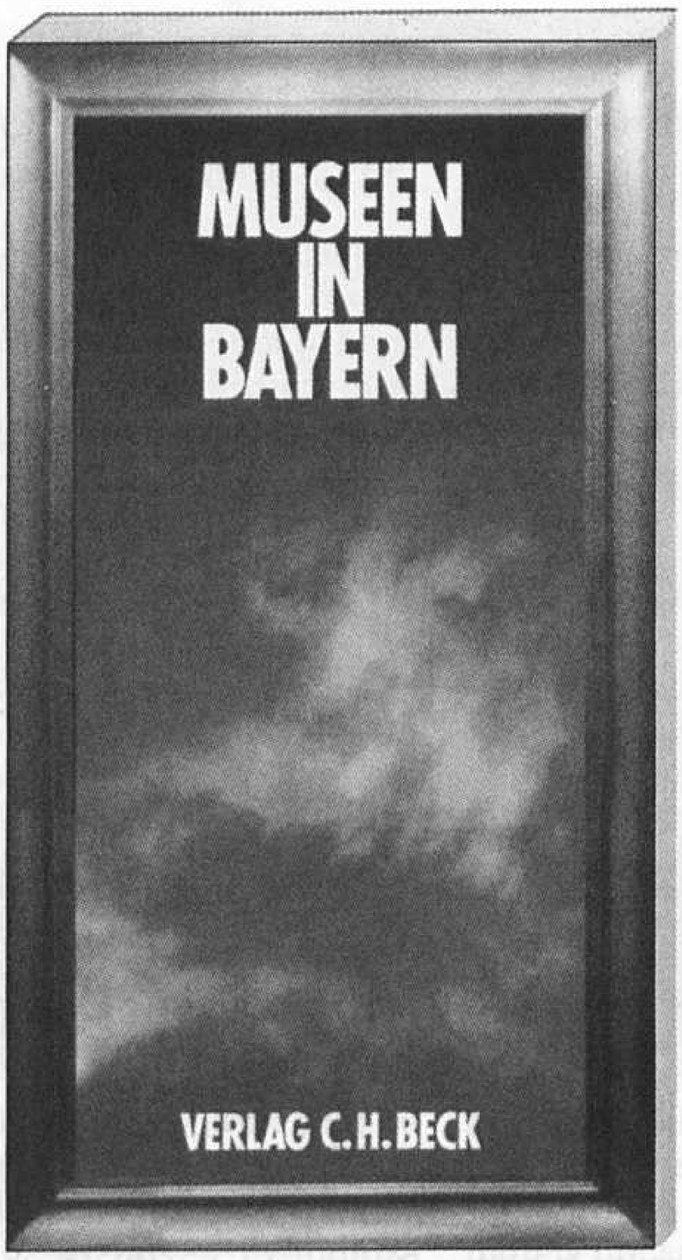
Der Gesprächskreis Technikgeschichte lädt zu seinem 10. Jahrestreffen vom 14. bis 17. Juni 1991 nach Mannheim ein. Rahmenthema der Tagung: *Die kulturelle Verarbeitung von Technik.*

Beiträge und Anmeldungen nimmt Dr. Thomas Kosche, Landesmuseum für Technik und Arbeit in Mannheim, Museumsstraße 1, 6800 Mannheim 1, Tel. 0621/292-0 (App. 4884) entgegen.


**PAL –**
***Das Farbfernsehen von Walter Bruch und Heide Riedel. Herausgegeben vom Deutschen Rundfunk-Museum, Berlin, 1987. 232 Seiten m. 246 Abb.,***

***davon 96 farbig. Broschiert DM 18,–***
***Erhältlich im Deutschen Rundfunk-Museum, Berlin, sowie im Museumsladen im Deutschen Museum, München.***


Fotos: Deutsches Museum



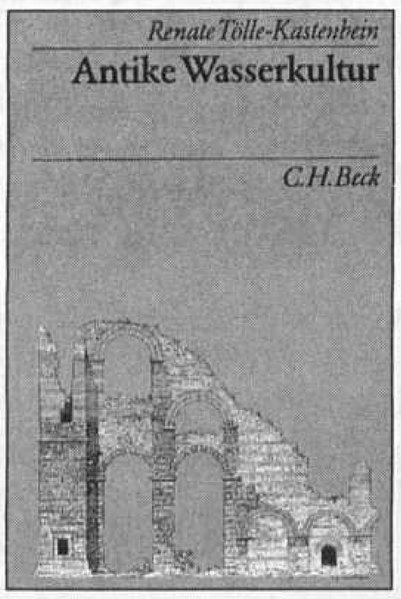

# *Der Reisebegleiter zu sämtlichen bayerischen Museen*

*In einmaliger Vollständigkeit stellt dieser Führer 905 staatliche und nichtstaatliche bayerische Museen und Sammlungen vor. Alphabetisch nach Orten gegliedert, beschreibt er in sachkundigen Texten die Besonderheiten jedes Museums und gibt Auskunft über Adressen sowie Öffnungszeiten. Die präzisen Angaben und mehr als 300 meist farbige Abbildungen machen den Band zu einem unentbehrlichen Reisebegleiter und einem anschaulichen Kompendium der vielfältigen Kulturzeugnisse in Bayern.*

Ein Führer zu 814 kunst- und kulturhistorischen, naturkundlichen und technischen Museen, 29 Freilicht- und Bauernhofmuseen sowie 62 Schlössern und Burgen.
Herausgegeben von der Landesstelle für die nichtstaatlichen Museen in Bayern.
1991. 440 Seiten mit 307 Abbildungen, davon 219 in Farbe und 7 Karten. Klappenbroschur DM 28,–

*Verlag C.H.Beck*

## *Kultur & Technik in der Antike*
## *Verlag C.H. Beck*



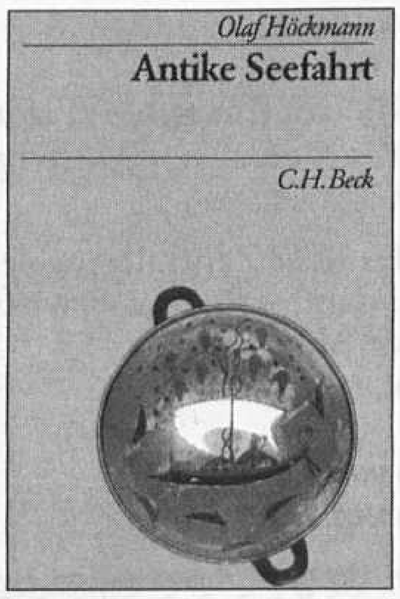

In dem vorliegenden Band werden die kulturellen, technischen und historischen Zusammenhänge der griechisch-römischen Wasserversorgung aufgezeigt. Auf knappem Raum wird dargestellt, wie fortschrittlich Griechen und Römer mit dem Kulturgut Wasser umgingen.

*1990. 231 S., 122 Abb., 6 Tab., Brosch. DM 48,–*

»Der Band öffnet die Augen für ein besseres Verstehen der Bronzewerke.« *Berthold Böhm, FAZ*

*1985. 212 S., 136 Abb., Brosch. DM 38,–*

*1983. 220 S., 166 Abb., Brosch. DM 38,–*




Der Autor hat »...zusammengetragen, was man heute über das antike Seewesen wissen sollte.« *Val. Herzog, Basler Magazin*

*1985. 196 S., 135 Abb., Brosch. DM 38,–*

Der Band gibt einen Abriß des griechischen Bauwesens von seinen Vorstufen in minoisch-mykenischer Zeit bis zum Hellenismus.
»Wolfgang Müller-Wiener faßt das komplexe und umfangreiche Gebiet in größtmöglicher Optimierung von Genauigkeit und Übersichtlichkeit zusammen.« *NZZ*

*1988. 251 S., 113 Abb., Brosch. DM 38,–*

# OSKAR VON MILLER ALIAS VON GRUEBER

VON HANS-LIUDGER DIENEL

**Was ist der einzige Aktivposten Bayerns? Das Münchner Museum der Technik! Das meint Caspar Pröckl alias Bert Brecht in Lion Feuchtwangers Roman *Erfolg*. Ein gewisser Sebastian von Grueber hat das Museum im Roman gegründet. Unermüdlich baut er an ihm. Hinter dieser Figur kann man unschwer die Konturen des Museumsgründers Oskar von Miller erkennen.**

Der *Erfolg* schlug im Sommer 1930 mit einer Startauflage von 40 000 Exemplaren wie eine Bombe in die deutsche Kulturszene ein. Lion Feuchtwangers verschlüsselter Roman brachte die traurige Lage der bayerischen Politik und Kultur von 1921 bis 1924 auf den Punkt. Die politische Intention des Romans ist dabei bis heute umstritten. Thomas Mann hielt den *Erfolg* für ein Beispiel komischer Kunst, für einen satirischen Roman, der damals „ein erheiterndes Labsal für jeden gewesen sei, der unter dem litt, was schauderhaft um sich griff".

Der *Erfolg* zeichnet ein deprimierendes Münchenbild, eine Absage an das „München leuchtete" Thomas Manns aus dem Jahr 1903, als noch „die Kunst ihr Zepter schwang". Nur in den Details wird die Liebe Feuchtwangers zu seiner Vaterstadt sichtbar, wie etwa in der Schilderung des Großindustriellen Sebastian von Grueber. Feuchtwanger zeichnet einen zähen, alten Bayern, einen Wirtschaftsregenten, dem es in schwieriger Zeit um das wirtschaftliche Wohl des Landes geht.

Von Gruebers Gegenüber und Verhandlungspartner im Roman ist Charles W. Potter. Der schwerreiche Amerikaner will mit seinem Geld einen von den Rechten verfolgten Intellektuellen aus der Haft befreien. Es ist nicht klar, welcher Zeitgenosse für Potter Pate gestanden hat. Immerhin, Potter, ein „langer Herr, schlotterig gekleidet" (507) sieht ungefähr so aus wie der berühmteste amerikanische Milliardär jener Zeit, der Autokönig Henry Ford.

Ford war in den schweren Jahren nach dem Ersten Weltkrieg in Deutschland die Personifizierung der amerikanischen „Erfolgsstory". Seine Anschauungen über Fabrikorganisation waren der geheiligte Katechismus unter den deutschen Wirtschaftsbossen. Potter ist interessiert an Literatur, am „Spiel der Kunst und Politik" (506). Charles Potter und auch Henry Ford pilgerten begeistert in das neue Münchner Museum der Technik. Beide sind neugierige Menschen, beide fuhren vor ihrem Münchenbesuch in die Sowjetunion und schlossen dort Wirtschaftsabkommen mit den Kommunisten.

Ganz anders werden die deutschen Wirtschaftsführer im *Erfolg* gezeichnet. Für sie ist der erfolgreiche Charles Potter nur ein „Dollarscheißer", dem sie Kredite für den Aufbau ihres Landes abluchsen wollen. Die Inkarnation dieser borniert-ten Wirtschaftsbosse ist der Mann an den Schalthebeln der Macht, Andreas von Reindl. In dieser unsympathischen Umgebung fällt einzig auf Sebastian von Grueber ein positives Licht: Er ist „Bayer und Weltbürger zugleich" (511). Als Ausnahmeerscheinung paßt er nicht so recht in das Bild des früh nationalsozialistisch infizierten München.

Die Antwort darauf, warum Sebastian von Grueber positiv aus der Clique der Wirtschaftsmagnaten und Politiker herausticht, ist aus der Warte des *Deutschen Museums* einfach: Oskar von Miller hat Feuchtwanger derart beeindruckt, daß er in dem München-Roman nicht fehlen durfte! Natürlich kannte jeder Münchner Oskar von Miller, Feuchtwanger brauchte für die Auswahl seiner Romangestalt keine äußere Anregung. Über seinen Onkel Dr. August Feuchtwanger, seit 1910 bis zu seinem Exil im Dezember 1935 Mitglied des Museums, hatte Feuchtwanger aber auch einen direkten Anknüpfungspunkt.

Im Roman ist Sebastian von Grueber das Bindeglied zwischen dem von außen kommenden Amerikaner Charles Potter und dem realen München der 20er Jahre. Potter löst als *Deus ex machina* mit seinem amerikanischen Geld den Handlungsknoten des Romans, Sebastian von Grueber ist sein Vertragspartner und steht somit mit einem Bein in der Welt der Großfinanz und mit dem anderen Bein fest auf der Isarinsel. Diese Charakterisierung paßt auf Oskar von Miller. Er war ein Grenzgänger zwischen bayerischer „Landhockerei" (511), kosmopolitischer Offenheit und technischer Experimentierfreude; für Charles Potter ein gutes Beispiel dafür, „wie weit man einen Bayern bringen konnte".

Von Grueber taucht nur an wenigen Stellen im Roman auf. Das hat Methode, denn er gehört zu den „ganz Großen" (733), bleibt aber (deshalb) im Hintergrund, „man hörte nichts von ihm" (508). Er hatte die Wasserkraft der bayerischen Berge in elektrischen Strom verwandelt und baute an seinem Münchner Museum der Technik. Von Grueber liebt sein Bayern, das er durch Elektrifizierung industriell auf die Beine bringen möchte; daher „wurmt es ihn" zu sehen, wie die Stadt und das Land in den politischen Wirren verkommen (550).

Oskar von Miller ist der jüngste von zehn Söhnen des etablierten Erzgießers Ferdinand von Miller, seinerseits berühmt durch den Guß der Münchner *Bavaria*. Zu den größten Erfolgen Oskar von Millers gehört die Errichtung des weltberühmten Walchenseekraftwerks im Jahr 1924, dessen Arbeiter im Roman proletarische Hundertschaften zum Schutz vor Hitlers Stoßtrupp bilden.

Ein wichtiger Unterschied besteht jedoch zwischen dem Original und der Romanfigur im *Erfolg*. Der lebensechte Oskar von Miller wirkte mitnichten im Stillen, nein, man hörte ständig von ihm. Mit Sinn für Publizität und Lust an der Gestaltung großer Feste verstand von Miller es, die Öffentlichkeit für die Unterstützung seiner Projekte zu mobilisieren.

Viel fraglicher bleibt dagegen unsere Deutung des Charles Potter als Henry Ford. Denn dann hätte der Jude Lion Feuchtwanger dem Antisemiten Henry Ford ein literarisches Denkmal gesetzt.

*Die Seitenzahlen (in Klammern) verweisen auf Lion Feuchtwanger: Erfolg. Drei Jahre Geschichte einer Provinz. Fischer-Taschenbuch, Frankfurt am Main 1989.*

**Henry Ford (Mitte) und Oskar von Miller (links) im Jahr 1930 bei einem Besuch im Deutschen Museum.**

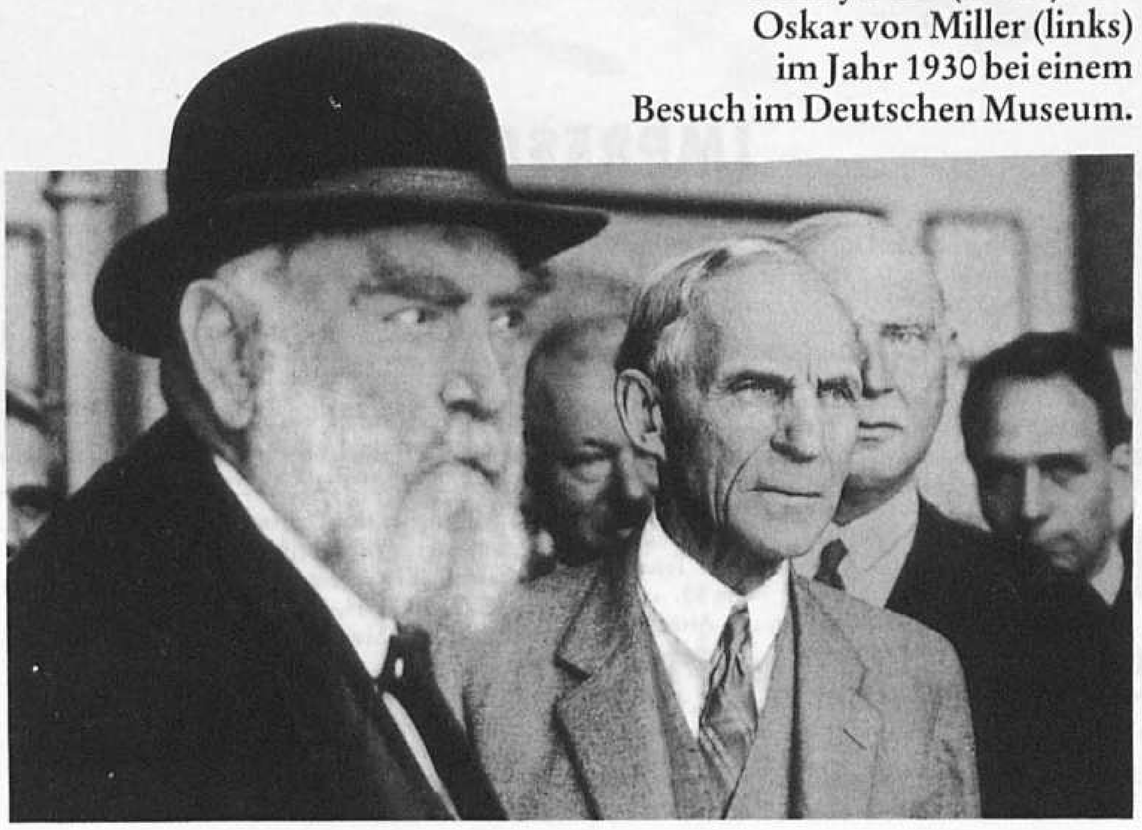
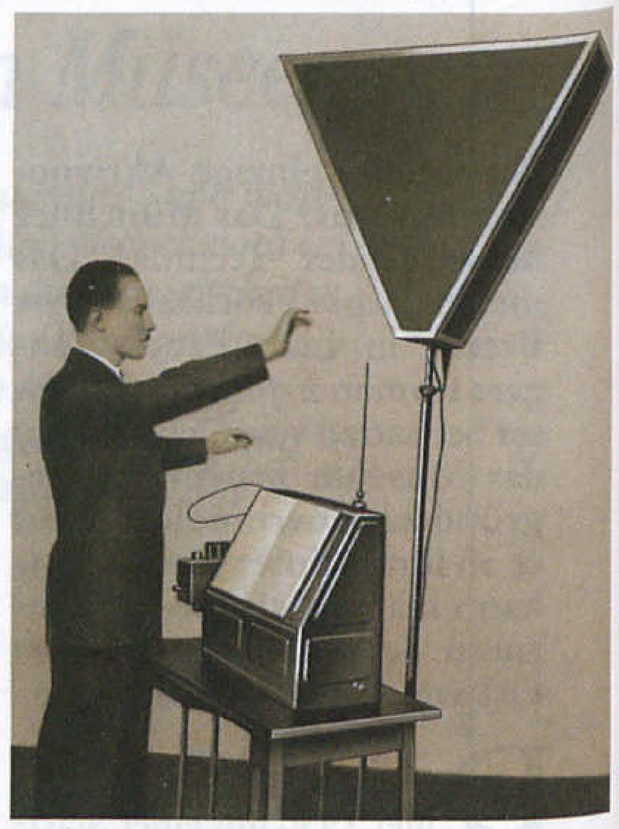


Foto: Deutsches Museum

Der alte Brügger Hafenkran. Abbildung aus dem Fragment eines lateinischen Gebetbuchs mit Miniaturen von Simon Bening (1483–1561).

Heute redet man von CD. Der Plattenspieler hat bald ausgedient. Musik mit den Mitteln der Elektrizität aufzuzeichnen, bedurfte es einiger technischer Intelligenz. *Kultur & Technik* berichtet. ❑ Er hat das Bildtelefon prophezeit, Fast Food, Babys aus dem Reagenzglas, Weltkriege und die Russische Revolution: Der 1848 geborene französische Zeichner Albert Robida, der zeit seines Lebens auf so moderne Errungenschaften wie das Telefon verzichtete, gehört zu den großen Technikfuturisten. ❑ 1368 wurde der Lübecker Hafen von 680 Seeschiffen, teils mehrmals, besucht. Diese Zahl scheint gering im Vergleich zum Schiffsverkehr in modernen Seehäfen – welche erstaunliche technische Leistung gleichwohl dahinter steht, zeigt ein Beitrag über mittelalterliche Hafentechnik. ❑



Ätherophon von Leon Theremin. Eines der elektronischen Musikinstrumente, die in den 20er und 30er Jahren konstruiert wurden.

Liebeserklärung über eine weite Distanz – das Telefon verändert die menschlichen Beziehungen. Zeichnung von Albert Robida.

Abbildungen: Bayerische Staatsbibliothek (l.); Dr. W. Meyer-Eppler (r.); Albert Robida: Le vingtième siècle, Paris 1883 (u.)


# IMPRESSUM

Kultur & Technik

Zeitschrift des Deutschen Museums. 14. Jahrgang

**Herausgeber:** Deutsches Museum, Museumsinsel 1, D-8000 München 22, Telefon (0 89) 21 79-1

**Redaktion:** Dieter Beisel (verantwortlich), Dr. Ernst-Peter Wieckenberg, Peter Kunze (Deutsches Museum). Redaktionsassistentin: Angelika Schneider. Redaktionsanschrift: Wilhelmstr. 9, D-8000 München 40. Telefon: (0 89) 38 18 9-3 31 oder -414 – Telefax: (0 89) 38 18 9-4 02

**Verlag:** C.H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung (Oscar Beck), Wilhelmstr. 9, D-8000 München 40, Telefon: (0 89) 3 81 89-0, Telex: 5 215 085 beck d, Telefax: (0 89) 38 18 9-3 98, Postgirokonto: München 62 29-8 02

**Ständige Mitarbeiter:** Dr. Ernst H. Berninger, Rolf Gutmann, Dr. Rudolf Heinrich, Dr. Otto Paul Krätz, Dr. Jürgen Teichmann

**Gestaltung:** Prof. Uwe Göbel, D-8000 München

**Papier:** Phoenograng holzfrei Bilderdruck der Papierfabrik Scheufelen, D-7318 Lenningen

**Anzeigen:** Fritz Lebherz (verantwortlich), Verlag C.H. Beck, Anzeigen-Abteilung, Bockenheimer Landstr. 92, D-6000 Frankfurt 1, Postanschrift: Postf. 11 02 41, D-6000 Frankfurt 11, Telefon: (0 69) 75 60 91-0, Telefax: (0 69) 74 86 83. – Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 7. Anzeigenschluß: 6 Wochen vor Erscheinen.

**Satz und Druck:** Appl, Gutenbergstr. 3, D-8853 Wemding

**Bindearbeit und Versand:** R. Oldenbourg, D-8011 Kirchheim bei München

Kultur & Technik ist Publikationsorgan für die **Georg-Agricola-Gesellschaft** zur Förderung der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, Tersteegenstr. 28, D-4000 Düsseldorf.

Die Zeitschrift erscheint vierteljährlich.

**Bezugspreis 1991:** Jährlich DM 36,– (incl. DM 2,36 MwSt.), Einzelheft DM 9,50 (incl. DM –,62 MwSt.), jeweils zuzüglich Versandkosten.

Für **Mitglieder des Deutschen Museums** ist der Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten (Erwachsene DM 58,–, Schüler und Studenten DM 34,–). Erwerb der Mitgliedschaft im Deutschen Museum: Museumsinsel 1, D-8000 München 22.

**Bestellungen** über jede Buchhandlung und beim Verlag.

**Abbestellungen:** mindestens 6 Wochen vor Jahresende beim Verlag.

**Adressenänderungen:** Bei Adressenänderungen wird gebeten, neben dem Titel der Zeitschrift die neue und alte Adresse anzugeben.


Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes bedarf der Zustimmung des Verlags.

ISSN 0344-5690

**Beilagenhinweis:** Diese Ausgabe enthält folgende Beilagen: Time Life Books B.V., Amsterdam, „Reisen durch das Universum"; C.H. Beck Verlag, „Das weltberühmte Technikmuseum"/ „Münchens Geschichte" sowie eine Beilage des Deutschen Museums „Otto Lilienthal". Wir bitten um freundliche Beachtung.