

H Gesch 400 9797
ZB 7361

Kultur & Technik

Zeitschrift des Deutschen Museums

Verlag C.H. Beck, München

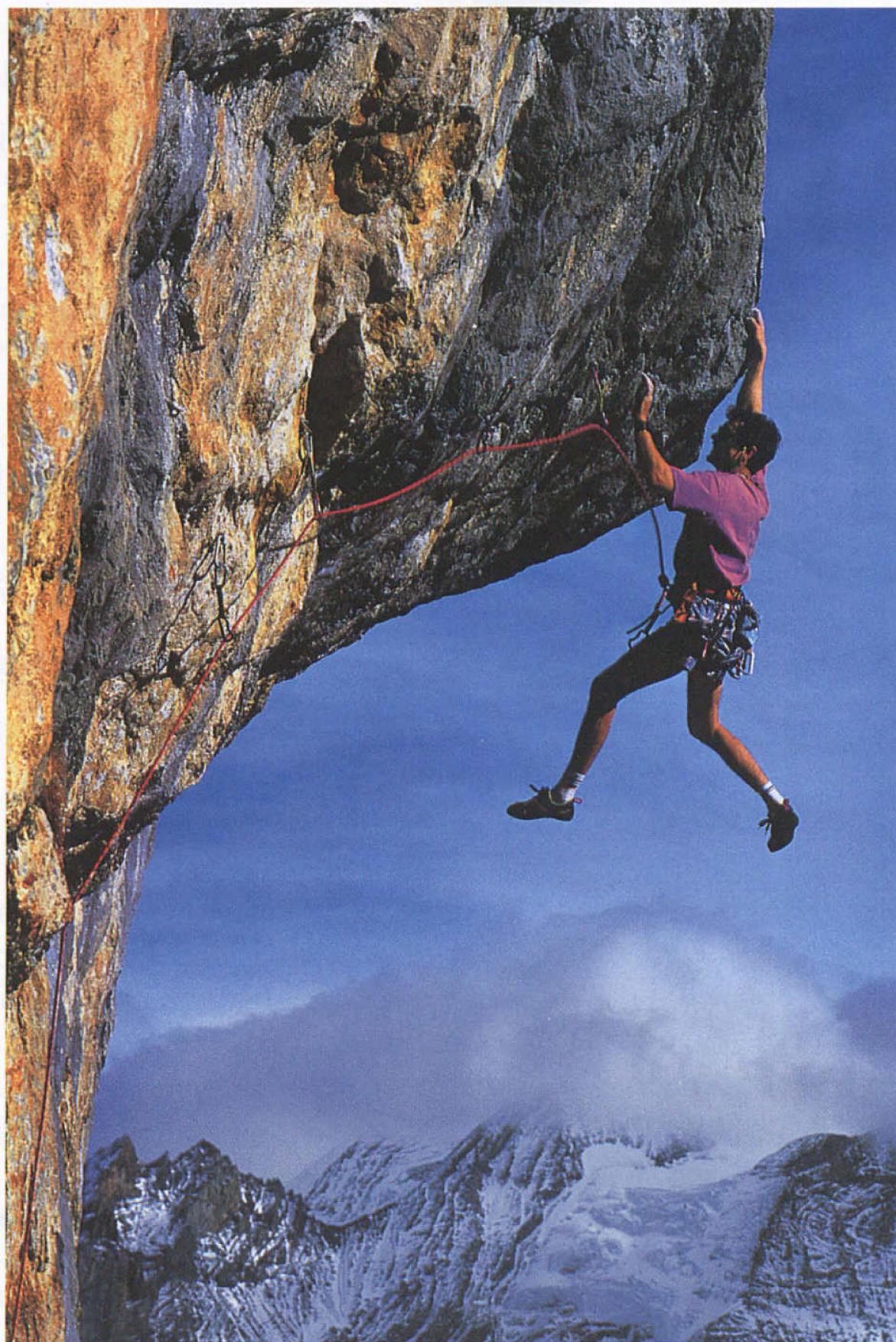
4/1999

RISIKO
Gesellschaft:
Leben mit
dem Risiko

Seefahrt:
Schiffs-
katastrophen

Versicherungen:
Was kostet
die Welt?

Atomkraft:
Technik gegen
den GAU



**DEUTSCHES
MUSEUM**

Medizin:
„unter die Haut“

Ausstellung:
Goethe und
die Natur-
wissenschaften

INTERVIEW

Julian Nida-
Rümelin
über Ethik



Was bringt ein Professor

Gewinn. Und Leistung. Nur zwei Gründe, warum sich der Stifterverband für den Bildungsstandort Deutschland engagiert. Für die Ideen, Visionen und Ziele der Menschen, die an deutschen Hochschulen in Forschung und Ausbildung tätig sind. Wir möchten das innovative Potential dieser Menschen fördern und international wettbewerbsfähige Voraussetzungen für ihre Arbeit schaffen. Etwa 4.000 führende Unternehmen und engagierte Privatpersonen unterstützen uns dabei bereits mit Spenden. Schließen Sie sich an.

Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, Barkhovenallee 1, 45239 Essen

Telefon (0201) 84 01 - 182, Telefax (0201) 84 01 - 304

e-mail: Thomas.Reiniger@stifterverband.de, Internet: <http://www.stifterverband.de>

Bankverbindung: Deutsche Bank, BLZ 360 700 50, Konto 247 1902

Stifterverband
für die Deutsche Wissenschaft

INHALT

ZUM TITELBILD: EXTREMBERGSTEIGER JÜRG VON KÄNEL. FOTO: HEINZ ZAK, SCHARNITZ, ÖSTERREICH.

EDITORIAL 4

Risiko *Helmuth Trischler*
Der Umgang mit den Gefahren moderner Technik

KULTUR & TECHNIK RUNDSCHAU 6

Nachrichten zu technischer Kultur *Christiane und Hans-Liudger Dienel*
und Technikgeschichte

LESERBRIEFE 9

Lob, Kritik und Widerrede

MEDIZIN 10

„unter die Haut“ *Cornelia Kemp*
Blicke in das Innere des menschlichen Körpers

BILDER AUS DER WISSENSCHAFTSGESCHICHTE 16

Mathematik unter der Liturgie *Ivo Schneider*
Ein Archimedes-Palimpsest aus dem 10. Jahrhundert

RISIKO • GESELLSCHAFT 18

Heulen und Zähneklappern *Wolfgang Bonß*
Risiken und andere Unsicherheiten

RISIKO • SEEFAHRT 26

Wahrscheinlich sicher *Jobst Broelmann*
Risiko und Kalkül der Katastrophen auf See

MERKWÜRDIG 34

Schiff auf Stelzen *Ernst H. Berninger*
Nachrichten aus der Welt der Patente

RISIKO • VERSICHERUNGEN 36

Was kostet die Welt? *Ludger Arnoldussen*
Wie lassen sich Schadenswahrscheinlichkeiten berechnen?

UNTER DIE HAUT. Das Deutsche Museum zeigt eine Ausstellung zu den bildgebenden Verfahren in der Medizintechnik. Sie gibt Überblick über den aktuellen Stand der Bilddiagnostik und lenkt das Augenmerk auf die *life sciences*, wobei vor allem der diagnostische Nutzen für Arzt und Patient im Vordergrund steht. **SEITE 10**



GOETHE war nicht nur der Dichter der Klassik, sondern auch ein begabter Aquarellist. Zeit seines Lebens war er an Naturwissenschaft interessiert. **SEITE 50**

RISIKO • KERNKRAFTWERKE 38

Die Angst vor dem GAU *Bernhard Kuczera*
Sicherheitsvorsorge in Kernkraftwerken

WISSENSCHAFT 46

Wissen ist Gemeinbesitz *Julian Nida-Rümelin*
Die Ethik von Wissenschaft und Forschung

AUSSTELLUNG 50

„Was ist der Mensch, daß ihr sein gedenket?“ *Otto Krätz*
Goethe und die Naturwissenschaften

DR. PROFS TECHNODROM 54

Was Menschen so alles riskieren
Alltägliche Risiken – Abenteuer – Ahnungslosigkeit

DEUTSCHES MUSEUM BONN 56

Gespräche zwischen Zeitzeugen *Andreas Fickers*
Die TechnikDialoge des Deutschen Museums Bonn

GEDENKTAGE TECHNISCHER KULTUR 58

Daten zur Technikgeschichte *Sigfrid von Weiher*

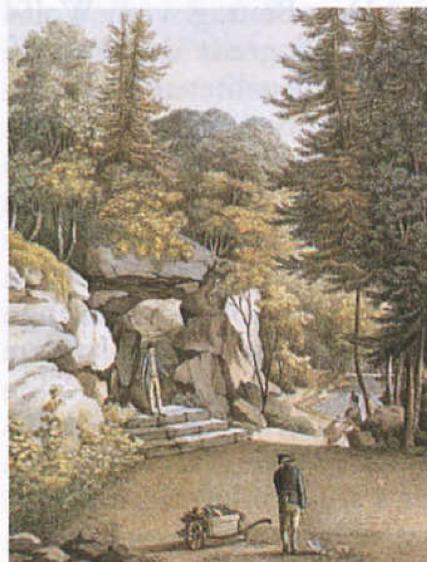
DEUTSCHES MUSEUM 62

Nachrichten und Veranstaltungen *Andrea Lucas*

KULTUR & TECHNIK RÄTSEL 65

Was wir schon immer wissen wollten
Fragen zu den wichtigsten Dingen des Lebens

VORSCHAU / IMPRESSUM 66



RISIKEN AUF SEE. Der Untergang der *Titanic* – der Film wurde auf dem Münchner Königsplatz gezeigt – steht bis heute für die Gefahren der Seefahrt, die auch durch modernste Technik nicht völlig gebannt werden können. Und: Zuviel Sicherheit schmälert die Transporterlöse. **SEITE 26**

RISIKO

Wie gehen Gesellschaften mit dem Gefahrenmoment moderner Technik um?

Der Risikofaktor moderner Technik wird von der Öffentlichkeit meist dann als real und bedrohlich wahrgenommen, wenn etwas passiert ist, wenn es zu Großunfällen oder gar Katastrophen kommt. An das alltägliche, das ubiquitäre Gefahrenmoment mancher Technologien haben wir uns gewöhnt.

Wie sehr wir uns an Risiken gewöhnt haben, zeigt ein Blick in die Unfallstatistik des Verkehrs. Trotz leicht rückläufiger Tendenz sterben auf Deutschlands Straßen täglich immer noch rund zwei Dutzend Menschen, ganz zu schweigen von den Hunderttausenden an Verletzten, die das Automobil jährlich verursacht. Dennoch wagen wir uns täglich aufs neue wie selbstverständlich auf die Straße, ohne den damit verbundenen Gefahrencharakter im Alltag als unmittelbare Bedrohung zu empfinden.

Wie sehr uns spektakuläre Unfälle aus diesem Gefühl relativer Sicherheit herausreißen können, hat das Zugunglück von Eschede gezeigt. Am 3. Juni 1998 kamen in den entgleisten Waggons des als besonders sicher geltenden ICE auf einen Schlag 101 Menschen zu Tode. Nicht wenige Reisende mieden für einige Zeit die Hochgeschwindigkeitszüge. Andere, die sich nicht abschrecken ließen, konnten ein mulmiges Gefühl nicht verhehlen.

Heute, ein gutes Jahr später, ist die Gesellschaft zur Tagesordnung übergegangen. Die Deutsche Bahn hat der Öffentlichkeit versichert, die in der Technik und ihrer Handhabung liegenden Ursachen des Unglücks beseitigt zu haben. Das Vertrauen in die Funktionsfähigkeit der Technik ist weitgehend wiederhergestellt.

In die verunsicherte Gesellschaft ist Sicherheit zurückgekehrt.

Ohne dieses Vertrauen wäre die moderne Gesellschaft schlechterdings nicht lebensfähig. Im Verlauf des 19. und 20. Jahrhunderts hat sich ein dichtgewobenes Netzwerk von Techniken und technischen Systemen herausgebildet, das den einzelnen Menschen in seiner Lebenswelt auf vielfältige Weise umfaßt. Ob im Haushalt, auf dem Weg zur Arbeitsstätte, im Büro oder in der Freizeit: allenthalben ist er von – teils sichtbarer, teils unsichtbarer – Technik umgeben.

Die komplexen technischen Systeme, die Energieversorgung oder das Verkehrswesen, bestehen aus technischen und sozialen Komponenten. Auf beiden Ebenen, der technischen und der sozialen, sind Momente der Unsicherheit und des Risikos in das Netzwerk eingewoben.

Der Mensch hat sich in seinem Verhalten an diese veränderte Umwelt angepaßt. Er hat das Vertrauen entwickelt, daß die ihn umgebenden technischen Systeme in hinreichendem Maße funktionieren oder zumindest hier und heute nicht versagen werden. Der Münchner Soziologe Ulrich Beck hat das Wechselspiel von technischem Gefahrencharakter und sozialem Vertrauen mit dem seitdem vielzitierten Begriff der „Risikogesellschaft“ beschrieben. Der Beitrag von Wolfgang Bonß greift den Begriff auf und beleuchtet anhand von plakativen Beispielen den Umgang mit Unsicherheit.

In der Kernenergie haben Katastrophen das Vertrauen der Menschen in die Funktionsfähigkeit von Großtechnik nachhaltig erschüttert. In den USA führte der Unfall des Kernkraftwerks „Three Mile Island 2“ bei Harrisburg im Jahr 1979 den einstigen Hoffnungsträger Kernkraft in eine

tiefe Krise. Störfälle hatte es bereits zuvor gegeben, und als Reaktion darauf war die Reaktorforschung intensiviert worden. Mehr noch als Harrisburg sensibilisierte der Super-GAU von Tschernobyl, der als weltweites Medienereignis in das Wohnzimmer jeden Fernsehzuschauers Eingang fand, die Öffentlichkeit für den Gefahrencharakter der Kerntechnik.

Im ukrainischen Tschernobyl ist das latente Risiko komplexer Großtechniken plötzlich manifest geworden. Das Vertrauen in die Urteilskraft der Experten, die die Eintrittswahrscheinlichkeit eines solchen Unfalles mit nahezu Null beziffert hatten, hat darunter erheblich gelitten und die Debatte um die Zukunftsfähigkeit der Kerntechnik als Energieträger verschärft.

Bernhard Kuczera zeigt in seinem Beitrag auf, welche Konzepte die Reaktorsicherheitsforschung entwickelt hat, um gravierende Störfälle in Zukunft zu verhindern, und er verweist auf einen in der aktuellen Debatte um einen Ausstieg Deutschlands aus der Atomenergie häufig vernachlässigten Umstand: Eine künftige Abschaltung der Kernkraftwerke wird das Problem der nuklearen Entsorgung verschärfen und daher um so mehr wissenschaftliche Kompetenz im Umgang mit Kerntechnik erfordern.

Wenn die Reaktorsicherheitsforschung in hochkomplexen Sicherheitsstudien mit mathematischer Schärfe die Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines kerntechnischen Unfalls errechnet, so fußt sie auf der „probabilistischen Revolution“, die an der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert das Weltbild der Naturwissenschaften verändert hat. Seither dominiert die – vermeintliche – Exaktheit von Ziffer und Statistik, und das „Vertrauen in die Zahlen“ – so der amerikanische Histo-

riker Ted Porter – beherrscht mehr und mehr die wissenschaftliche Praxis.

Schrittmacher des Vormarsches der Wahrscheinlichkeitstheorie war das Versicherungswesen. Versicherungen benötigen eine möglichst exakte Risikoabschätzung, um die Höhe der Prämien so festlegen zu können, daß sie einerseits für die Versicherten attraktiv, andererseits für das Unternehmen wirtschaftlich zu rechnen sind. Wie Versicherungen mit dem Faktor Risiko umgehen, thematisiert das Interview mit dem Vorstandsmitglied der Bayerischen Rückversicherung Ludger Arnoldussen.

Für Sicherheit gibt es kein objektivierbares Maß. Sicherheit ist vielmehr ein relativer Wert, der auf gesellschaftlichen Übereinkünften beruht. Daß in diese wirtschaftliche Interessen einfließen, zeigt Jobst Broelmann am Beispiel der Schifffahrt. Auf dem Schiff war der Seemann dem Risiko der Naturgewalten ausgesetzt. Die Einführung neuer Techniken reduzierte auf der einen Seite das Risiko, der wachsende ökonomische Druck erhöhte auf der anderen Seite durch Billigbauweisen den Gefahrencharakter der Seefahrt.

Der Untergang der als unsinkbar apostrophierten *Titanic* im Jahr 1912 gilt bis heute als Sinnbild der Katastrophenlatenz moderner Technik, und diese Erfahrung des Scheiterns fortschrittlicher Technik wird in immer neuen Bildern wachgehalten. Das Kinogroßereignis des Untergangs der *Titanic* legt davon Zeugnis ab.

Wir können also resümieren: Nicht nur das Risiko selbst ist in der modernen Risikogesellschaft sozial konstruiert; auch unsere Wahrnehmung des Risikocharakters von Technik hängt davon ab, mit welchen – technisch produzierten – Bildern uns dieser vermittelt wird.

Helmuth Trischler

SONNENFINSTERNIS

Schwerpunktthema von *Kultur & Technik* 3/1999 waren aus aktuellem Anlaß Sonne und Sonnenfinsternis.

Wie schwer es ist, die dreidimensionale Realität in Wort und Bild zu fassen, zeigt schon der Ausdruck „Kontakt“ für den Augenblick, in dem der Mond die Sonne zu berühren scheint. Dieser Kontakt findet selbstverständlich im dreidimensionalen Raum nicht statt. Man kann ihn akzeptieren, weil auf Fotos und anderen zweidimensionalen Darstellungen solch ein Kontakt tatsächlich vorhanden ist.

Ganz anders ist es mit dem Wort „Halbschatten“. Dieser Begriff hat mit der Realität überhaupt nichts zu tun. In der Realität gehen diese imaginären Zonen ohne scharfe Grenzen stufenlos ineinander über. Alle Formulierungen, die die reale Existenz eines Halbschattens annehmen, sind ebenso falsch, wie der Ausdruck selbst. Zum Beispiel: „Der Eintritt in den Halbschatten ist mit bloßem Auge nicht erkennbar.“ Natürlich nicht! Denn es gibt keinen Halbschatten!

Rolf Lindhorst,
26123 Oldenburg

Anm. d. Red.: Halbschatten ist ein terminus technicus und bezeichnet den Raumwinkelbereich verminderten Lichteinfalls. Dabei gibt es zwischen dem Kernschatten und dem Halbschatten einen scharf begrenzten Übergang. Der Kernschatten ist sowohl von Satelliten als dunkler Fleck deutlich zu erkennen als auch auf der Erde als Schattenwand wahrzunehmen. Der Bereich des verminderten Lichteinfalls (partielle Bedeckung der Sonne) ist selbstverständlich geprägt von einem kontinuierlichen Übergang. Halbschatten bedeutet also nicht eine feste Beleuchtungssituation, sondern eine zeitlich und örtlich abhängige.

Wenn die Bewegung des Kernschattens auf der Erdrotation um die eigene

Achse beruhen würde (Seite 20 oben), bewegte sich der Kernschatten von Osten nach Westen (weil sich die Erde nach Osten dreht, wo bekanntlich die Sonne aufgeht) und auch etwas langsamer (15 Grad pro Stunde). Aber es gibt ja noch zwei weitere Bewegungen, die des Erde-Mond-Systems um die Sonne und die von Erde und Mond um den gemeinsamen Schwerpunkt, die wohl die Schattenwanderung zum wesentlichen Teil bewirkt.

Dr. Hannes Hutzelmeyer
82152 Planegg

Die schnelle Bewegung des Mondschattens über der Erdoberfläche [wird im Beitrag „Wenn uns der Mond die Sonne nimmt“] folgendermaßen erklärt: „Eigentlich dreht sich die Erdoberfläche aufgrund der Erdrotation durch den Schatten.“ Eine einfache Abschätzung zeigt, daß dies falsch sein muß: Die maximale Rotationsgeschwindigkeit auf der Erdoberfläche beträgt am Äquator 40.000 km/24 Stunden = 1.667 km pro Stunde! In den Breiten, in denen der Schatten eine Geschwindigkeit von über 2.000 km/h erreicht, beträgt die Komponente der Erdrotation sogar nur etwa 1.100 km/h!

Die Erde rotiert in dieselbe Richtung – nach Osten –, in die der Schatten des Mondes auf der Erdoberfläche läuft!

Korrekt ist: Die Hauptkomponente der Mondschattengeschwindigkeit ist die Umlaufgeschwindigkeit des Mondes um die Erde – $2 \times \pi \times 400.000$ km (30 Tage pro Umlauf \times 24 Stunden pro Tag) = 3.490 km/h –, Abstand des Mondes von der Erde mit 400.000 km angesetzt, und der Mondumlauf um die Erde wird sehr grob mit 30 Tagen angenommen. Davon ist nun die Rotationsgeschwindigkeit der Erde in der Breite der zentralen Finsterniszone von etwa 1.100 km/h zu subtrahieren – somit erhält man die Schattengeschwindigkeit von über 2.000 km/h auf der Erdoberfläche. Diese wird durch den Projektionseffekt kurz nach dem Berühren und vor dem Verlassen

der Erde auf über 3.000 km/h erhöht.

Die auf Seite 21 (oben in der Mitte) angekündigten Reaktionen der Natur auf die totale Sonnenfinsternis werden – wenn überhaupt – nur teilweise zu beobachten sein: In der Regel sind andere Finsternisbeobachter in der Nähe, die das Aufleuchten der Korona der Sonne mit Begeisterung begrüßen – da fliegen Vögel weg, so daß ihr „Verstummen“ nicht beobachtet werden kann. Kühe, die ich am 26.2.1998 in einer mehr als drei Minuten dauernden totalen Sonnenfinsternis auf Guadeloupe beobachtete, grasten friedlich weiter und dachten nicht daran, „sich zur Ruhe zu legen“ ... Auch habe ich keinerlei tropische Blüten gesehen, die sich geschlossen hätten.

Recht umstritten ist der Finsterniswind: Es mag ihn sicher geben, aber ich habe keinerlei merkliche Veränderungen vor, während oder nach der obigen Finsternis bemerkt – es hielt sich, wie üblich, der tagsüber recht starke Wind vom Meer auf die Insel (der Beobachtungsort lag im Nordosten nahe an der Küste).

Dr. Hubertus Wöhl
Kiepenheuer-Institut für
Sonnenphysik, Freiburg i.Br.
auf seiner Homepage
<http://www.kis.uni-freiburg.de/~hw/>

Autor Gerhard Hartl antwortete: Leider habe ich die von Ihnen und einigen anderen aufmerksamen Lesern reklamierte Stelle über die Bewegung des Mondschattens relativ zur Erdoberfläche mißverständlich formuliert. Ausdrücken wollte ich, daß wir auf der rotierenden Erdoberfläche nicht statisch diesem Schattenspiel des Mondes gegenüberstehen und das Ganze ein komplizierter und dynamischer schattengeometrischer Vorgang im Raum ist. Im nachhinein weiß ich, daß man meine Formulierung in einem nicht von mir beabsichtigten Sinne auffassen kann, und dies ist sehr ärgerlich. So bin ich Ihnen besonders dankbar für Ihre klare Darstellung des Sachverhalts.

Ihren zweiten Kritikpunkt, die Reaktionen in der Natur betreffend, möchte ich nicht akzeptieren. Sie stellen in Abrede, daß die Tierwelt auf den verminderten Lichteinfall während der partiellen Verfinsternung und auch auf die weitgehende Dunkelheit während der Totalität reagiert.

Ich muß erwähnen, daß ich bisher noch keine Totale Sonnenfinsternis erlebt habe und bei diesem Punkt auf Berichte anderer angewiesen bin. Trotzdem glaube ich, daß die vielen Berichte, vor allem aus dem 19. Jahrhundert, über Reaktionen der Natur nicht alle an den Haaren herbeigezogen sind.

Ich denke, die Situation bei einer Sonnenfinsternis wird von der Tier- und Pflanzenwelt aufgefaßt wie eine normale Abendsituation, bei der das Licht langsam schwindet. Daß Vögel bei lärmenden Sonnenfinsternis-Freaks nicht normal reagieren, ist doch leicht vorstellbar.

Auch ihr Beispiel mit den Kühen überzeugt mich nicht. Daß Kühe in der beginnenden Abendkühle aktiver sind als während der Tageshitze, kann jeder bestätigen, der schon einmal auf einer Gebirgssalm Urlaub gemacht hat. Wenn sie ihren Tagesablauf selbst bestimmen können, kommen die Kühe abends aus ihren Unterständen und beginnen zu grasen. Wieso sollten sie das dann bei einer Sonnenfinsternis nicht auch tun?

Welche Pflanzenarten ihre Blütenkelche schließen, kann ich allerdings auch nicht sagen. Es wird nach dem 11. August 1999 hoffentlich viele Berichte geben, die diese früheren Beobachtungen bestätigen oder widerlegen. □

Auf Seite 32 wird berichtet, daß Nebensonnen eine „ziemlich seltene Ausbildung des Halos“ seien. Das stimmt nicht. Sie sind für einen achtsamen Beobachter häufig zu sehen. Sie sind aber selten so lichtstark, daß sie dem normalen Bürger auffallen.

Dr. Rudolf Paulus
56841 Traben-Trarbach

VON CHRISTIANE UND HANS-LIUDGER DIENEL

ERSTE TANKSTELLE FÜR FLÜSSIGWASSERSTOFF IN MÜNCHEN

Wasserstoff als Energieträger für Fahrzeuge ist ebenso reizvoll wie risikoreich. Dem Vorzug einer vollkommenen Umweltverträglichkeit und universalen Verfügbarkeit des Mediums stehen die gravierenden Nachteile des nur bei tiefsten Temperaturen handhabbaren, bei Umgebungstemperatur aber leicht flüchtigen und hochexplosiven Gases gegenüber.

Anfang Mai hat ein Konsortium aus 13 Firmen, darunter BMW sowie die Stromversorger *Hamburgische Electricitätswerke* (HEW) und *Isar-Amperwerke* am Münchener Flughafen die weltweit erste öffentliche Tankstelle für flüssigen Wasserstoff in Betrieb genommen. Ebenfalls mit HEW-Beteiligung war im Januar dieses Jahres in Hamburg Europas erste öffentliche Tankstelle für gasförmigen Wasserstoff eröffnet worden.

In München werden umweltfreundlich mit Wasserstoff betriebene Flughafenbusse und entsprechend umgerüstete Pkw, unter anderem 7er BMWs, getestet. Dabei wird flüssiger Wasserstoff eingesetzt, der diesen Zustand zum einen über hohen Druck, zum anderen durch Herunterkühlen auf minus 250 Grad Celsius erreicht hat. Um beim Betanken Verluste des flüchtigen Gases zu vermeiden, wird ein vollautomatischer Tankroboter eingesetzt. Das insgesamt 34 Millionen Mark teure Projekt wird zur Hälfte vom bayerischen Wirtschaftsministerium getragen.



Die weltweit erste öffentliche Tankstelle für Flüssigwasserstoff am Münchener Flughafen.

WELTMEISTERSCHAFT FÜR SCHACH-COMPUTER

Eine schon klassisch zu nennende Schreckensvision der Science-fiction ist der Supercomputer, der dem menschlichen Hirn überlegen ist und sich schließlich die Menschheit unterwerfen will. Im Schach sind die Computer schon dabei, den menschlichen Gegnern den Rang abzulaufen.

Für großes Aufsehen sorgte das legendäre Duell zwischen dem IBM-Computer „Deep Blue“ und Weltmeister Garij

Kasparov, der schließlich unterlag. Der IBM-Computer enthielt Prozessoren und Schaltungen, die speziell für das Schachspiel entwickelt wurden. Ohne sie wäre der Einsatz des dazugehörigen Programms nicht möglich gewesen.

Auf einem „gewöhnlichen“ Hochleistungsrechner, auf dem CRAY T3E in Jülich, läuft dagegen das Programm „Zugzwang“, das von den drei Wissenschaftlern Dr. Rainer Feldmann, Dr. Peter Mysliwicz, Professor Burkhard Monien und dem Schachexperten Heiner Matthias an der Universität-Gesamthochschule Paderborn entwickelte wurde.

„Zugzwang“ trat zusammen mit 29 weiteren Computerprogrammen vom 14. bis 20. Juni 1999 in Paderborn zur 9. Computer-Weltmeisterschaft (World Computer Chess Championship, WCCC) an, die vom Heinz Nixdorf MuseumsForum zusammen mit der Hochschule ausgerichtet wurde. „Zugzwang“ errang dort Platz 16. Weltmeister wurde das auf

einem gewöhnlichen PC unter Windows 95 oder Windows 98 laufende und im Handel erhältliche Programm „Shredder“, das von dem studentischen Autor Stefan Meyer-Kahlen im Rahmen eines Projekts ohne viel Forschungsförderung geschrieben wurde. Insgesamt haben die besten Programme Großmeisterniveau erreicht, aber nicht übertroffen.

Während der derzeit weltbeste Schachspieler Garij Kasparov die sogenannte Elo-Liste mit 2.828 Punkten anführt und Großmeister mindestens 2.500 Elo vorweisen müssen, erreichten die fünf besten Computer des Turniers in fünf Spielen gegen Großmeister je rund 2.600 Elo – und damit einen Sieg.

BEWERTUNG VON MENSCH-MASCHINE-SYSTEMEN

Die enger werdende Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine bildet einen der größten Risikofaktoren der Technikanwendung. Das Zentrum Mensch-



Schachweltmeister Garij Kasparov verlor 1997 gegen „Deep Blue“.

Maschine-Systeme an der Technischen Universität Berlin beschäftigt sich in seiner 3. Berliner Werkstatt vom 6. bis 8. Oktober 1999 in Berlin mit der Frage der Bewertung von Mensch-Maschine-Systemen.

Hierbei geht es um weit mehr als die klassischen Fragen nach Akzeptanz und Benutzbarkeit im Anschluß an eine Systementwicklung. Vielmehr führen kurze Produktzyklen und hohe Entwicklungskosten dazu, daß Fragen der Verlässlichkeit, der Organisation oder des Qualitätsmanagements bereits in der Planungsphase eine Rolle spielen.

Die Tagung schlägt eine Brücke zwischen industrieller Praxis sowie inner- und außeruniversitärer Forschung.

Weitere Informationen und Anmeldung beim Veranstalter: Zentrum Mensch-Maschine-Systeme (ZMMS), Technische Universität Berlin, Gustav-Meyer-Allee 25, TIB 4/5-3 Telefon (030) 31472593, Fax (030) 31472581. Email: werkstatt@zmms.tu-berlin.de

WELTRELIGIONEN AUF DER EXPO 2000

Das Forschungsinstitut für Philosophie in Hannover wird mit Unterstützung der Stiftung Niedersachsen in den Jahren 1999 und 2000 in Emden und auf der Weltausstellung EXPO 2000 in Hannover ein Projekt „Mensch, Natur, Technik in der Sicht der Religionen – Diskurs der Weltreligionen“ verwirklichen.

In fünf öffentlichen internationalen EXPO-Diskussionen sollen die Aussagen des Buddhismus, des Christentums, des Hinduismus, des Islam und des Judentums zum Thema der Weltausstellung „Mensch, Natur, Technik“ eruiert werden.

Jeder der fünf Diskurse stellt in jeweils fünf Vorträgen die Sichtweise der fünf Weltreligionen vor und will damit eine Basis für den interreligiösen Dialog schaffen. Zwei Vorträge am Ende der Diskurse versuchen jeweils eine Synthese aus den Aussagen der Religionen. Die Auswahl der Vortra-

genden ist international und umfaßt Religionsgelehrte aus allen Kontinenten.

Der erste Diskurs widmet sich am 3. und 4. September 1999 dem Thema „Gottesbegriff, Weltursprung und Menschenbild“, der zweite Diskurs am 17. und 18. März 2000 dem Thema Leiden, der dritte am 22. und 23. Juni 2000 dem Verhältnis des Menschen zu Natur und Technik, der vierte am 24. und 25. Juni 2000 handelt von Fortschritt und Auferstehung, der letzte am 20. und 21. Oktober 2000 will den philosophischen Dialog im Prozeß der Globalisierung führen.

Alle Veranstaltungen sind öffentlich. Information und Anmeldung: Forschungsinstitut für Philosophie Hannover: „Diskurs der Weltreligionen“, Gerberstr. 26, 30169 Hannover, Fax (0511) 1640940.

1893 vom Gollenberg aus seine erfolgreichen Flugversuche durch. Bei einem dieser Flüge stürzte er am 9. August 1896 aus 15 Metern Höhe ab und starb an den Folgen dieses Unfalls.

Damit befindet sich der älteste Flughafen der Welt in Stölln und wird auch heute noch als Segelfluggelände genutzt. Der Flugsportverein Otto Lilienthal Stölln e.V. bietet dort bei gutem Wetter Kurse und Schnupperflüge für jedermann an. Außerdem markiert ein Denkmal den Ort des Absturzes.

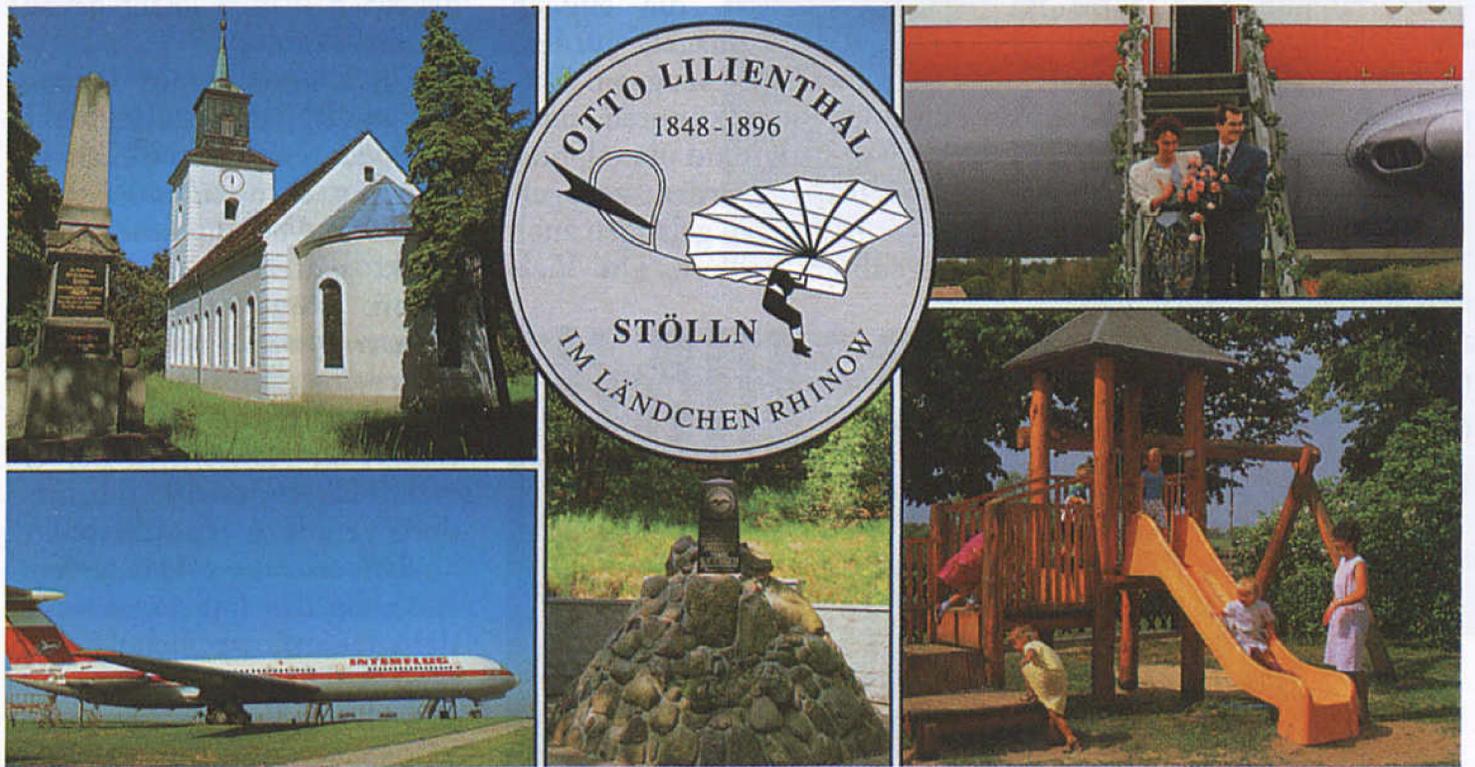
Die Stöllner erdachten jedoch noch weitere phantasievolle Verwertungsmöglichkeiten für Lilienthals tödlichen Unfall. Am 23. Oktober 1989 landete ein Langstreckenpassagierflugzeug der Interflug vom Typ *Iljushin IL 62* auf dem nur

heiratete Freunde der Technikgeschichte ist Stölln einen Ausflug wert.

Öffnungszeiten des Otto-Lilienthal-Museums und des Standesamts in der *IL 62 Lady Agnes*: April bis Oktober täglich 10 bis 17 Uhr, November bis März Samstag und Sonntag 11 bis 16 Uhr und nach Vereinbarung. Telefon (033875) 32020 oder 30446. Standesamt: (033875) 36632.

BEHÖRDEN IM KAMPF GEGEN DEN MILLENIUM-BUG

Die Angst vor dem generellen Weltuntergang hat sich kurz vor der Jahrtausendwende nicht weit ausbreiten können, wohl aber die vor dem Zusammenbruch aller Computer-Systeme aufgrund des sogenannten Jahr-2000-Effekts (Umschalten von 99 auf 00 bei zweistel-



Lilienthal-Ort Stölln mit Standesamt in der *Iljuschin IL 62 Lady Agnes* (links unten und rechts oben).

HEIRATEN FÜR FLUGFREUNDE

Die Risiken der Fliegerei haben in der Rückschau eine erstaunliche Anziehungskraft. Dies beweist das Dörfchen Stölln im Havelland westlich von Berlin.

Stölln, 1441 erstmals urkundlich erwähnt, liegt inmitten des Rhinluchs am Fuße des 110 Meter hohen Gollenberges. Der Ingenieur Otto Lilienthal, der im Sommer 1891 als erster Mensch geflogen ist, führte ab

900 Meter langen Segelfluggelände am Gollenberg, um dem Flügelpionier damit eine letzte Ehre zu erweisen. Anschließend wurde in der Maschine, die auf dem Platz stehen blieb, nicht nur ein Otto-Lilienthal-Museum eingerichtet, sondern auch ein Standesamt, in dem Flugfreunde in angemessener Umgebung heiraten können.

Die anschließende Feier kann im Gasthof und Hotel „Zum 1. Flieger“ am Orte stattfinden. Aber auch für bereits ver-

lässiger Darstellung der Jahreszahl). Warnende Artikel darüber sind Legion und haben den ohnehin übermäßig schnellen Produktzyklus in der Personal-Computer-Welt weiter angeheizt. Während mittlerweile die meisten Firmen und Privatleute Jahr-2000-fähige Rechner besitzen, gilt das nicht ohne weiteres für die öffentliche Verwaltung, die mit oft veralteter Hardware arbeiten muß.

Am 21. April 1999 hat sich das Bundeskabinett mit einer

VON CHRISTIAN FUND UND HANS-LUDWIG DIENEL

vom Bundeswirtschaftsministerium und vom Bundesinnenministerium gemeinsam erarbeiteten Vorlage über den sogenannten Millennium-Effekt unterrichten lassen. Hierbei wurde aufgrund von flächendeckenden Umfragen bei den Bundesbehörden, in allen Bundesländern und den kommunalen Spitzenverbänden im wesentlichen Entwarnung gegeben.

Damit auch kleinere Kommunen ihre Defizite bis zum Jahresende beheben können, haben alle kommunalen Gebietskörperschaften eine CD-ROM vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) mit wichtigen Hinweisen erhalten.

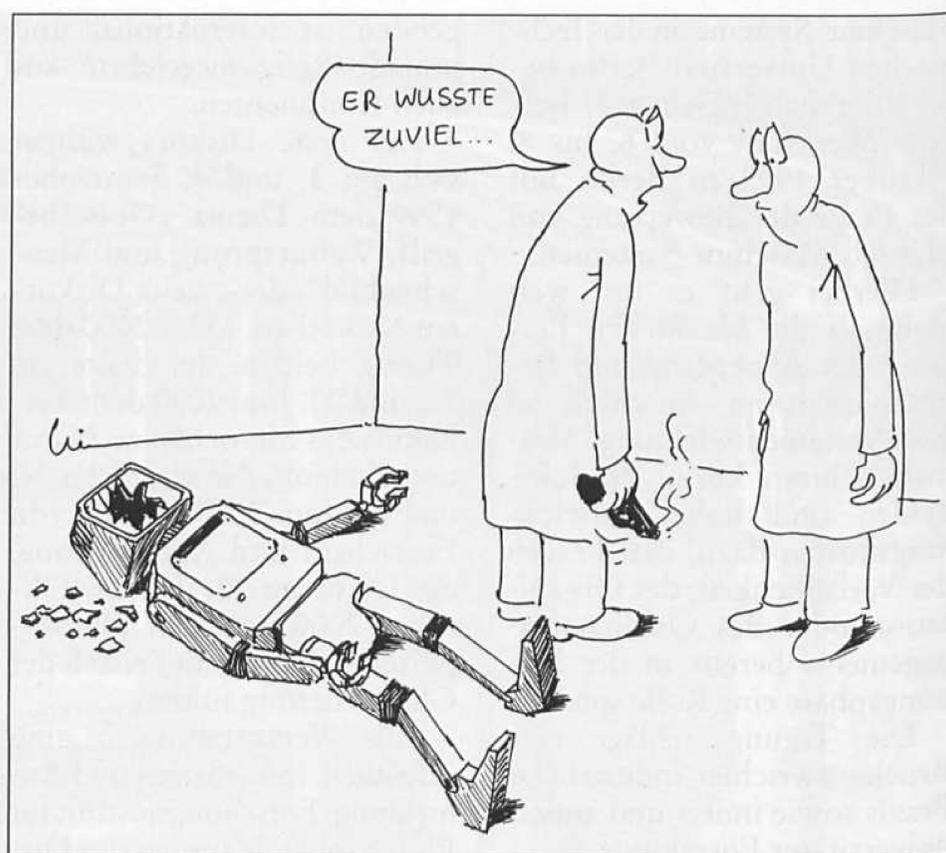
Jedes Bundesministerium hat einen eigenen Jahr-2000-Bauftrag zumeist auf Staatssekretärs-Ebene benannt, darüber hinaus wurde eine ressortübergreifende *Task Force* im Wirtschaftsministerium eingerichtet.

Den vollständigen Bericht der Bundesregierung und weitere Informationen zum Jahr-2000-Problem gibt es bei www.info-jahr-2000.de.

HÄUSER WIE LUFTBALLONS

Ein Haus zu bauen, bedeutet in Europa noch immer, sich niederzulassen und etwas für künftige Generationen zu schaffen. In den USA war das von Anfang an anders: Die nach Westen drängenden Siedler mußten selbst ihre Behausungen bauen und dafür vorhandene Rohstoffe nutzen. Die Bauweise mußte so simpel sein, daß jeder Laie verlässlich damit fertigwerden konnte. Bis Anfang des 19. Jahrhunderts entstanden auch in den USA traditionelle Fachwerkhäuser aus schweren Balken mit gefügten Verbindungen, die viel Material, vor Ort gefällte Baumstämme und eine erfahrene Hand benötigten.

Doch seit etwa 1830 begann eine Revolution im Hausbau: Der *Balloon Frame*, ein tragendes Balkenwerk aus vielen leichten Latten, die einfach miteinander vernagelt wurden, trat seinen Siegeszug an. Latzen und Nägel konnten industriell gefertigt und überall hintransportiert werden; genagelte Verbindungen gelangen auch ungeübten Siedlern. Die Viel-



zahl der Verbindungen führte zu einer stabilen, simplen Konstruktion, die nach gedruckten Plänen leicht gebaut werden konnte.

Ein Zimmerer aus Illinois, William E. Bell, veröffentlichte 1858 das erste Handbuch für den Bau von *Balloon-Frame*-Häusern. Aber zu diesem Zeitpunkt hatten er und andere schon jahrzehntelang solche Häuser gebaut, vor allem im amerikanischen Mittelwesten, dessen Wirtschaft und dessen Bedarf an Häusern in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts geradezu explodierten.

Balloon-Frame-Häuser entsprachen der Lebensweise auf dem amerikanischen Kontinent vollkommen; sie waren schnell zu errichten, in Grenzen sogar transportabel, überall reproduzierbar, billig und partiell industriell zu fertigen.

Bis heute leben viele Amerikaner in *Balloon-Frame*-Häusern, aber kaum ein europäisches Land hat sich die Technik für private Wohnhäuser zu eigen gemacht. Kulturelle Unterschiede haben bei der Verbreitung dieser Technologie wesentlich stärker gewirkt als ökonomische Faktoren.

Im Zuge der Rückbesinnung auf Holz als gesunden Baustoff wird die Bauweise inzwischen auch in Deutschland vereinzelt angewendet.

VERFLUCHTER SEGEN: WUT AUF DEN COMPUTER

Im Auftrag des Computerherstellers *Compaq* hat ein Marktforschungsinstitut 1.250 Angestellte in Großbritannien befragt, ob die Informationstechnologie ein Fluch oder ein Segen für sie sei. 80 Prozent der Befragten haben Kollegen beobachtet, die ihre Frustration verbal oder mit Faustschlägen an ihren Computern abregierten, und die Hälfte gab an, sie seien manchmal so gestreßt von der Technik, daß sie am liebsten zurückschlagen würden.

Professor Robert Edelman, zuständig für Arbeitskonflikte und Kommentator der Studie, hat eine neue Diagnose geprägt: technikbedingte Angst oder TRA (*technology-related anxiety*). Es handele sich um eine ernstzunehmende Erkrankung, schließlich entstehe Wut auf Computer nicht nur im Arbeitsleben, sondern auch in der Freizeit.

Die Hälfte der Befragten fühlt sich frustriert, weil es so lange dauert, bis die Schwierigkeiten mit dem Computer wieder behoben sind. Ein Drittel derjenigen, die täglich Computerabstürze erleben, sagt, daß mindestens eine Stunde nötig sei, um die Maschine wieder in Gang zu bringen. Fast ein



Aufstellen einer zweistöckigen *Balloon-Frame*-Hauswand, 1941.

Viertel der Befragten gab an, daß ihre Arbeit täglich wegen eines Computerabsturzes oder anderer Probleme mit der Technik unterbrochen werde.

Die Angestellten im öffentlichen Dienst neigen angeblich dazu, sich nicht um die auftretenden technischen Probleme zu kümmern, sondern einfach wegzugehen, wenn sie nicht mehr arbeiten können oder wollen. Ein Drittel derjenigen, die täglich Probleme erleben, sagt, daß sie deswegen länger arbeiten oder Arbeit mit nach Hause nehmen müssen.

WISSENSCHAFTLER FÜR PUBLIC UNDERSTANDING OF SCIENCE

Es gibt zu denken, wenn in wissenschaftlichen Fragen Verbraucherverbände mehr Vertrauen in der Öffentlichkeit genießen als Wissenschaftler. Bisher wird in der Öffentlichkeit zwar weitgehend ein ideeller Wert der Wissenschaften anerkannt, deren direkter und materieller Bezug zum Leben jedoch kaum gesehen. Wie kommt das, und wie kann man dem entgegenwirken?

In den anglo-amerikanischen Ländern stehen drei Buchstaben für einen fruchtbaren Dialog von Wissenschaft und Öffentlichkeit: PUS – *Public Understanding of Science*. Die Ziele von PUS sind vielfältig. So geht es beispielsweise darum, die Finanzierung von Wissenschaft durch Steuergelder zu rechtfertigen. Zudem sollen möglichst viele Menschen an der kommenden Wissensgesellschaft teilhaben, und das Interesse der Jugend an naturwissenschaftlich-technischen Berufen soll geweckt werden. Daher ist PUS auch für Wissenschaftler selbst interessant, geht es doch um vermehrten und besseren Forscher-Nachwuchs. Auch hat man als Wissenschaftler bei Förderanträgen vielleicht bessere Chancen, wenn man ab und zu in den Medien präsent ist.

Die Laien sollen nun nicht gleich in eine schwärmerische Liebe zur Wissenschaft verfallen, aber deren wichtige Rolle im Leben anerkennen. Aus an-

deren Ländern weiß man übrigens, daß eine besser informierte Öffentlichkeit in Sachen Wissenschaft eher *mehr* Skepsis als Enthusiasmus an den Tag legt.

Die Verständigungsprobleme zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit sind so alt wie die Wissenschaft selbst. Sie werden verschärft durch die zunehmende Spezialisierung. Längst hapert es mit dem „*understanding*“ auch zwischen den Disziplinen. Populärwissenschaftliche Printmedien und Vorträge, Science Centers und Technikmuseen gibt es gerade deswegen, damit die Öffentlichkeit Wissenschaft und Technik besser versteht.

Zweifelsfrei sind die USA, Großbritannien und Australien in Sachen PUS den Deutschen um einiges voraus. Dort gibt es die Science Days und Science-Festivals, in denen auch Bevölkerungsgruppen erreicht werden, die normalerweise nichts mit Wissenschaft und Technik am Hut haben. Für solche Aktivitäten scheint ein nationales Gesamtkonzept von PUS wichtig zu sein, in das bereits bestehende Aktivitäten eingebunden werden. Außerdem ist die Zusammenarbeit vieler Partner, etwa der Wissenschaftsorganisationen und der Wirtschaft, eine Voraussetzung für eine nennenswerte Wirkung.

Auf einem Symposium, das vor einiger Zeit in Bonn stattfand, haben die großen deutschen Wissenschaftsorganisationen mit dem Memorandum „Dialog Wissenschaft und Gesellschaft“ ein Bekenntnis zur Bedeutung von PUS abgelegt (http://www.stifterverband.de/push_memorandum.html).

Der Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft sei Voraussetzung für die Wissensgesellschaft und damit ein Weg zu sicheren, zukunftsorientierten Arbeitsplätzen. Es gehe dagegen nicht um Akzeptanz-Werbung für eine Lobby-Gruppe. Ziel sei die naturwissenschaftliche Bildung der Laien, vergleichbar vielleicht mit musikalisch-literarischer Bildung. *Marc-Denis Weitze*

Als Franziskanermönch wurde er in die Zahlenmystik eingeführt; als praktisch denkender Lehrer wollte er mit Zahlen nicht nur Gott, sondern auch den Menschen dienen. 1494 erschien sein „Handbuch der angewandten Mathematik“, gegen den lateinischen Stil der Zeit italienisch geschrieben, in der Sprache des Volkes: Denn die abstrakte Wissenschaft wollte er für den Bürger nutzbar machen. So handelte der dritte Teil des Handbuchs von der Doppelten Buchführung. Bei den Kaufleuten von Venedig, wo Pacioli sie kennenlernte, war sie schon seit zwei Jahrhunderten üblich – aber erst Pacioli erhob sie zum System und zur Forderung und gab ihr überdies das Layout der aufgeschlagenen Doppelseite: links das Soll und rechts das Haben. Leonardo da Vinci war von Paciolis Lehre tief beeindruckt, befreundete sich mit ihm und illustrierte Paciolis Buch vom Goldenen Schnitt.

Vorbilder



Luca Pacioli (1445-1514)

Goethe nannte die Doppelte Buchführung „eine der schönsten Erfindungen des menschlichen Geistes“, der Nationalökonom Werner Sombart verglich sie mit Galileis System. Sie verbindet das mathematisch Zwingende mit dem Alltags-tauglichen und der perfekten Kontrolle, ja mit einer schlüssigen Optik, die den Goldenen Schnitt ins Rechnungswesen holt. Mehr können auch wir nicht wollen – und uns insofern Pacioli nach einem halben Jahrtausend immer noch zum Vorbild nehmen.

Software für individuelle Informationssysteme

ÜBER JEDEM STANDARD

s | d & m
software | design & management

München
Stuttgart
Frankfurt
Bonn
Düsseldorf
Hamburg

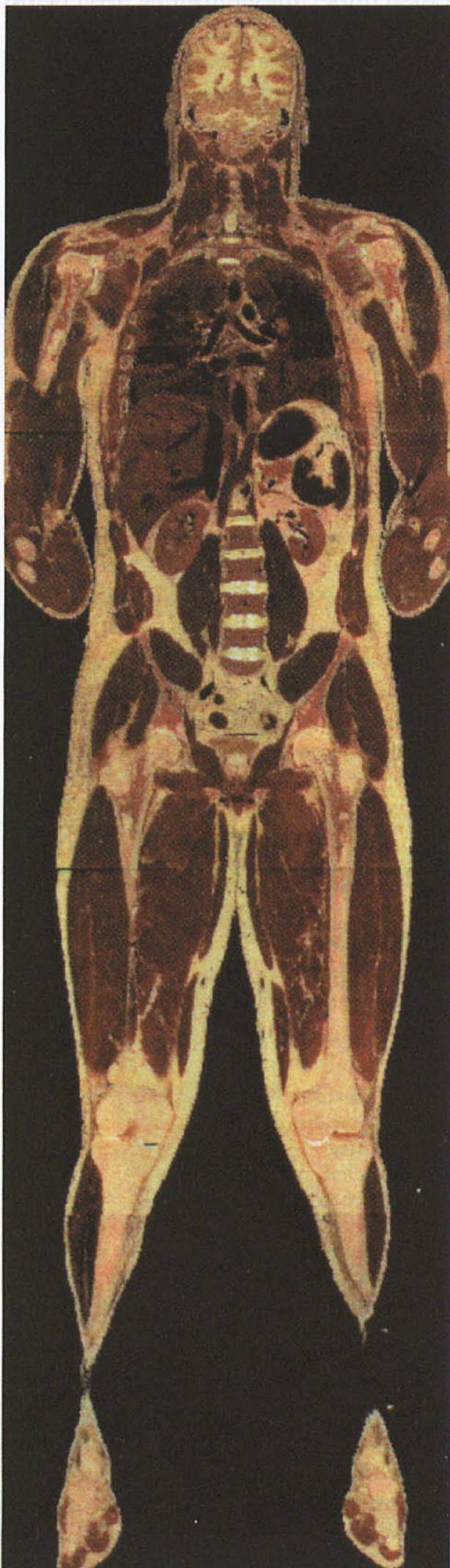


Der Fötus im Weltraum.
Lennart Nilssons Fotografien des
ungeborenen Kindes erregten
1965 internationales Aufsehen.

„unter die Haut“

Wie das Innere des menschlichen Körpers sichtbar wird

VON CORNELIA KEMP



Ab dem 13. Oktober 1999 zeigt das Deutsche Museum eine Sonderausstellung zu den bildgebenden Verfahren in der Medizintechnik. Mit diesem Überblick über den aktuellen Stand der Bilddiagnostik lenkt das Museum das Augenmerk auf die *life sciences*, wobei vor allem der diagnostische Nutzen dieser Technologie für Arzt und Patient im Vordergrund steht. Mit Hilfe der Röntgentechnik, Computer- und Magnetresonanztomographie, von Ultraschall, Nuklearmedizin und Endoskopie hat die medizinische Diagnostik heute Möglichkeiten entwickelt, die noch bis vor kurzem unvorstellbar waren.

Das Innere des Körpers steht im Blickpunkt des öffentlichen Interesses. Längst beschränkt sich die Beschäftigung mit den verborgenen Strukturen und Funktionen des Organismus nicht mehr allein auf das medizinische Fachpersonal und die Patienten, die zur Klärung ihrer Symptome eine Röntgenaufnahme oder Computertomographie benötigen.

Das reiche Angebot an unterschiedlichen Medien und die vielfältigen Vermittlungsangebote, die heute zur Beschäftigung mit dieser Materie einladen, zeugen von dem nachhaltigen Bedürfnis einer breiten Öffentlichkeit, sich mit diesem Thema auseinanderzusetzen. Deshalb soll hier auch nicht von den technischen Aspekten der bildgebenden Verfahren und nur am Rande von ihrem unzweifelhaften diagnostischen Nutzen die Rede sein, als vielmehr von einigen

Überlegungen, die auf das Bestreben nach einer möglichst hohen Realität der Wiedergabe und im weiteren auf den davon nicht zu trennenden Umgang mit dem Tod gerichtet sind.

DER LEBENDIGE KÖRPER ALS ILLUSION

Einen ersten Markstein in der Entwicklung, das Unsichtbare im Körper sichtbar zu machen und einer breiteren Öffentlichkeit populärwissenschaftlich zu vermitteln, setzte der schwedische Fotograf und Arzt Lennart Nilsson 1965 im *Life Magazine* mit seinen Aufnahmen des ungeborenen Kindes. Erstmals war es möglich geworden, dem Geheimnis des werdenden Lebens mit hoher realistischer Treue in allen Stadien der Entwicklung auf die Spur zu kommen. Der mit diesen Aufnahmen illustrierte Klassiker *Ein Kind entsteht* kam im gleichen Jahr auf den Markt und gehörte über viele Jahre zum Rüstzeug jeder werdenden Mutter. 25 Jahre später wurde die Bilderserie erneut im *Life Magazine* publiziert, wobei der ehemals auf eine symbiotische Verbindung zwischen Mutter und Kind ausgerichtete Begleittext nun den Embryo als isoliertes Schauobjekt inmitten einer feindlichen Umgebung vermittelte.

An die Stelle der bis dahin einzig möglichen, nachahmenden Darstellung tritt bei Lennart Nilsson das Abbild des Fötus, das mit den techni-

Der Tote im Datennetz. Die 1994 in millimeterdünne Schichten zerschnittene Leiche eines Mörders ermöglicht im Internet einen virtuellen Flug durch den Körper.



Die 1998 in der Ausstellung „Körperwelten“ in Mannheim gezeigten plastinierten Leichen lösten einen unbeschreiblichen Besucheransturm aus.

schen Mitteln der Fotografie, der lichtleitenden Glasfasertechnik und der flexiblen Endoskopie dem Körper entrissen wird. Das Titelbild, ein „fotografisches Meisterwerk – in Farbe“, stellt einen 18 Wochen alten Fötus dar, umhüllt von der hell beleuchteten Placenta vor einem mit Lichtpunkten übersäten, dunklen Hintergrund.

Welche Interpretation dieses Arrangement auszulösen vermag, wird in einem kurzen Essay deutlich, den der Dichter Durs Grünbein 1999 im *ZEIT magazin* als Beitrag zu der Folge „Mein Foto des Jahrhunderts“ beisteuerte. Diese Aufnahme erscheint ihm als „ein kosmisches Idyll“, das in logischer Konsequenz auch Assoziationen zur Raumfahrt und zu den mittlerweile durch Film und Fernsehen vertrauten Erscheinungen von Außerirdischen erweckt. Die Frage,

wie „der Meister des Fötusbildes“ die Aufnahme bewerkstelligte und „mit Hilfe spezieller Linsen am Muttermund auf sein Motiv lauerte“, will der Autor angesichts der Faszination dieses Bildes denn auch nicht weiter verfolgen.

Was bei näherem Hinsehen jedoch überrascht, ist die Tatsache, daß gerade die Frage nach der tatsächlichen Entstehung dieser Bilder bis heute weitgehend verdrängt wird. Denn selbst mit Hilfe von Endoskop und Weitwinkelobjektiv ist es unmöglich, den lebenden Fötus im Inneren des Leibes in voller Größe aufzunehmen und ihn in ein derart helles Licht zu rücken. Der bereits 1965 eher beiläufig vermerkte Hinweis, daß diese Aufnahmen keineswegs lebende, sondern mehrheitlich obduzierte, also tote Föten wiedergeben, wurde erst nach der erneuten Publikation der Bilderserie 1990 in der Gender-Forschung kritisch aufgegriffen. Das Plädoyer für

das werdende Leben ist mit einer „Hochglanzleichenchau“ illustriert, die den Betrachter über die wahren Zusammenhänge weitgehend im unklaren läßt; die unterlassene, ausdrückliche Unterscheidung zwischen „untrüglich Sichtbarem und vorgegaukelter Konkretheit“ nimmt damit eine Täuschung der Rezipienten vorsätzlich in Kauf.

DIE AUFERSTEHUNG IM CYBERSPACE

„Mit der Photographie betreten wir die Ebene des gewöhnlichen Todes.“ In seinen Bemerkungen über das Wesen der Fotografie hat sich der französische Strukturalist Roland Barthes immer wieder mit diesem Aspekt beschäftigt. Den Moment der Aufnahme, in dem das Subjekt zum Bild „gefriert“ und damit sein Leben einbüßt, vergleicht er mit dem Todesakt. Damit verbunden ist auch die Vorstellung, daß in diesem Moment jegliche Verfügung über sich selbst aufgegeben wird: „... die anderen ... entäußern mich meines Selbst, machen mich blindwütig zum Objekt, halten mich in ihrer Gewalt, verfügbar, eingereicht in eine Kartei ...“ Erschien ihm die Vergänglichkeit der Fotografie noch als ein tröstliches Korrelat zur eigenen Sterblichkeit, so ist diese Verbindung durch die Digitalisierung der Bilder und ihre Verfügbarkeit in den weltweiten Netzen endgültig obsolet geworden.

Das 1988 eingerichtete „Visible Human Project“ der National Library of Medicine in Bethesda, Maryland, gründet auf diesen neuen Möglichkeiten, den Körper für wissenschaftliche Zwecke im virtuellen Raum verfügbar zu machen. Auf der Suche nach einem geeigneten Modell für den anatomischen Unterricht stieß man auf den 38 Jahre alten Mörder Joseph Paul Jernigan, der nach zwölf Jahren in der Todeszelle eines texanischen Gefängnisses am 5. April 1993 mit der Giftspritze hingerichtet wurde.

Nachdem er seinen Körper ohne genaueres Wissen über das Vorha-

In der Ausstellung „unter die Haut“ kann der Besucher an Bildschirmen Funktionsdarstellungen, wie das schlagende Herz, in verschiedenen diagnostischen Verfahren aufrufen.



Abb.: Cornelia Kemp, München (l.o.); Deutsches Museum (u.)

ben der Wissenschaftler der Medizin überantwortet hatte, wurden wenige Stunden nach seinem Tod Magnetresonanz- und Computertomographieaufnahmen von dem Leichnam angefertigt und dieser anschließend eingefroren. Ein knappes Jahr später war es dann soweit: Der Körper wurde in 1871 millimeterdicke Schichten zersägt, die einzelnen Scheiben wurden fotografiert und mit einer Datengröße von 7,5 Megabyte pro Schicht digitalisiert. Über das Internet (www.nlm.nih.gov) und durch die Lizenzvergabe an über 700 Interessenten, die die Daten weiter verarbeitet und in eigene Programme integriert haben, ist der „digitale Jedermann“ seither weltweit präsent. „It's no longer blood and guts, it's bits and bytes.“

Dabei ist es ebenso möglich, einen bestimmten Körperbereich in möglichst realistischer Wiedergabe anatomisch zu erkunden wie auch beliebige tomographische Schnittbildsequenzen aufzurufen. Für die medizinische Forschung bietet dieser Datensatz zweifellos ein immenses Potential an Simulationen, die es beispielsweise erlauben, Eingriffe virtuell zu erproben.

Ging es Lennart Nilsson noch darum, in seinen Aufnahmen den Anschein zu erwecken, daß er in nachgeordneter Funktion dem werdenden Leben auf der Spur sei, so hat sich dieser Anspruch mit dem „Visible Human“ in sein Gegenteil verkehrt. Die Tatsache, daß es sich hier um einen Leichnam handelt, der im Cyberspace zu neuem Leben aufersteht, wird nunmehr ohne Vorbehalte, ja sogar mit einem gewissen Stolz, kundgetan. Im virtuellen Raum ist der Tod überwunden, wird der „Visible Human“ auf eine neue Weise sichtbar. Abgelöst von der Realität gewinnt der Bildkörper als Phantom eine höchst eigene Wirklichkeit, an die Stelle des lebendigen Körpers tritt der Tote als Funktion.

PLASTINATE FÜR DIE EWIGKEIT

In der virtuellen Realität bleibt der Körper trotz aller möglichen Simulationen auf eine eigentümliche Weise unkonkret. Die Ausstellung „Körperwelten. Einblicke in den menschlichen Körper“, die 1998 in einem halben Jahr mehr als 750.000 Besucher in

das Mannheimer Landesmuseum für Technik und Arbeit lockte und damit dreimal soviel wie sonst über das Jahr gezählt werden, setzte diesem Verschwinden des Körpers in den Datenetzen die geballte Realität im öffentlichen Raum entgegen.

Gezeigt wurden über 200 menschliche Präparate, darunter auch eine größere Zahl von ganzen Körpern. Durch ein spezielles, von dem Heidelberger Anatom Gunther von Hagens entwickeltes Verfahren werden die Körperflüssigkeiten durch Kunststoff ersetzt und die Leichen damit dauerhaft konserviert. Nach den verschiedenen Bereichen des Körpers geordnet, führten diese „plastinierten“ Präparate, darunter auch zahllose Körperscheiben, jeweils einen anderen Aspekt der Anatomie vor die Augen des staunenden Publikums, vom schieren Skelett über das Nervensystem und den Blutkreislauf bis hin zu den verschiedenen Organbereichen.

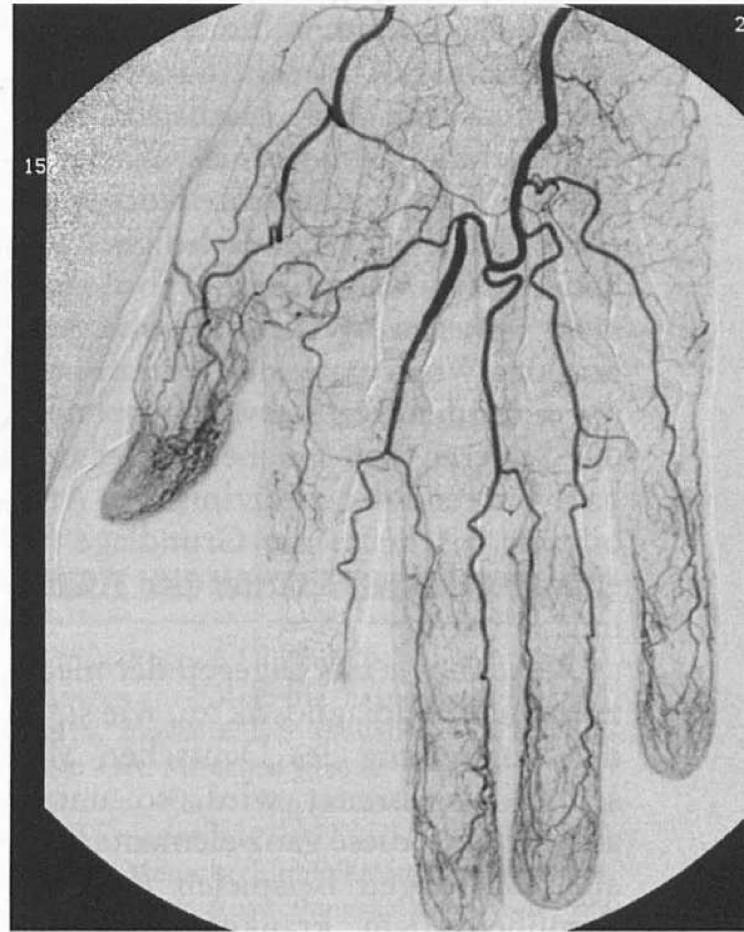
Den möglichen Fehlbildungen und Krankheiten wurde in den Einzelpräparaten ein weites Feld eingeräumt. Doch damit nicht genug – um einen Eindruck von den verschiedenen übereinanderliegenden Körperregionen zu geben, wurden einige der Ganzkörperplastinate als in den Raum expandierende Präparate dargeboten, in denen die verschiedenen Körperstrukturen von der Haut bis zum Skelett partiell erhalten und durch eine geeignete Anordnung in ihrer Überlagerung sichtbar gemacht wurden.

Auch der historischen Dimension wurde Rechnung getragen, etwa durch ein Ganzkörperplastinat, das seine abgezogene Haut auf dem ausgestreckten Arm dem Publikum darbot, wie dies bereits Andreas Vesalius, der Begründer der wissenschaftlichen Anatomie, 1543 in einer Graphik seines Werkes *De humani corporis fabrica* vorgestellt hatte.

Ansätze, über die zweidimensionale graphische Darstellung hinaus zu einer plastischen, möglichst wirklichkeitsgetreuen Wiedergabe zu gelangen, lassen sich bis in das 18. Jahrhundert zurückverfolgen. Im Anschluß an die anatomischen Wachfiguren, wie sie etwa im Wiener Josephinum bis heute lebensgroß und mit frappierender Realitätstreue zu bewundern sind, wurden verschiedene Methoden ent-

wickelt, um den Leichnam selbst als Präparat zu konservieren. Der Plastinator von Hagens sieht sich als Vollender dieser Tradition: „Meine Vision ist ein richtiges Menschenmuseum, in dem die vielen Gesichter des menschlichen Körpers so eindringlich enthüllt werden, daß wir sie niemals wieder vergessen.“

Zweifellos beruht die Faszination dieser Körperschau für das Publikum aber vor allem auf dem Wissen, daß es sich hierbei eben nicht um Nachbildungen, sondern um echte Körper



Durch ein digitales Subtraktionsverfahren können die Blutgefäße ohne das umliegende Gewebe dargestellt werden.

verstorbenen Menschen handelt. Die natürliche Wißbegierde ist daher untrennbar an eine auf das Makabre gerichtete Sensationsgier, ja sogar einen gewissen Gruseffekt gekoppelt. Der mit der Leichenschau verbundene Anspruch auf Authentizität berührt auf das engste das Verhältnis zum Tod, und es ist daher auch nicht verwunderlich, daß sich die Diskussion im Zusammenhang mit dieser Ausstellung immer wieder mit diesem, in der Gesellschaft weitgehend ausgegrenzten Tabuthema beschäftigt.

Doch sind gerade die Hinfälligkeit, ja Vergänglichkeit des Lebens und damit auch der natürliche Kreislauf, in den der Mensch mit dem Tod zurückkehrt, durch die „postmortale Existenz“ dieser künstlich konservierten

Körper auf eine eigentümliche Weise konterkariert. Die Behauptung, daß dem Tod durch diese Konfrontation der Schrecken genommen werde, dürfte wohl eher zu Zwecken der Legitimation des Unternehmens ins Feld geführt worden sein.

DER KÖRPER DES PATIENTEN

Fotos, Datensätze, Plastinate – die bisher aufgeführten Beispiele, einen Einblick in die verborgenen Dimensionen des Körpers zu geben, verbindet bei aller Verschiedenheit des Zugriffs ein gemeinsames Merkmal: Immer bilden tote Menschen die Grundlage für die Aufbereitung des Materials. Was diese Menschen beseelt und ihre Körper geprägt hat, bleibt dabei lediglich als Spur zurück, die für sie selbst nicht mehr von Belang ist. Die hohe Realität der Wiedergabe des Körperinneren setzt den Tod notwendig voraus; das Sezieren von Leichen bildet deshalb während der medizinischen Ausbildung bis heute die Grundlage für eine gründliche Kenntnis der Anatomie.

Wenden wir uns dagegen der medizinischen Bilddiagnostik zu, wie sie in der Ausstellung des Deutschen Museums ausgebreitet wird, so unterscheidet sich diese ganz elementar von allen bisherigen Beispielen in ihrem Bemühen, dem kranken Menschen zu Hilfe zu kommen und sein Leben auf eine längere Sicht zu optimieren. Es ist deshalb auch vor allem der Aspekt des unmittelbaren Nutzens dieser Verfahren für den Arzt wie den Patienten, der im Mittelpunkt der Ausstellung steht, während die Frage der technischen Bedingungen nur insoweit thematisiert wird, als sie für das Verständnis unabdingbar notwendig ist.

Vom Schattenbild der Röntgenaufnahme über die Schnittbildtechniken der Computer-, Magnetresonanz- und Ultraschalltomographie bis hin zur nuklearmedizinischen Bildgebung und dem endoskopischen Einblick in den Körper stehen heute Verfahren zur Verfügung, die es erlauben, jedes anatomische Detail und darüber hinaus auch Funktionen des Kreislaufes und des Stoffwechsels bis in den Millimeterbereich in einer hohen Auflösung sichtbar zu machen.

Über Jahrzehnte war die Erforschung des lebendigen Körperinneren ohne chirurgischen Eingriff auf das Überlagerungsbild der Röntgenaufnahme und den begrenzten endoskopischen Einblick angewiesen. Die Entwicklung der Computertechnik ab den 70er Jahren eröffnete der medizinischen Diagnostik bis dahin ungeahnte neue Perspektiven, da die Bildgebung nun nicht mehr auf das Medium des Films oder die direkte Betrachtung beschränkt ist, sondern durch eine rechnergestützte Bilderzeugung und -wiedergabe beträchtlich erweitert wird. Transversale überlagerungsfreie Schnittbilder, wie sie die Computertomographie erzeugt, lassen sich als Aufsichtsbilder in andere Ebenen transferieren und werden durch beliebig wählbare Schnittebenen in der Magnetresonanztomographie und der Ultraschalltechnik ergänzt.

Subtraktionsverfahren, wie sie vor allem in der Gefäßdarstellung zum Einsatz kommen, ermöglichen es, den Untersuchungsbereich ohne störende Überlagerungen vom umliegenden Gewebe zu isolieren; Summationsverfahren in der Angiographie und der Ultraschalltechnik geben darüber hinaus größere Körperabschnitte im Überblick wieder.

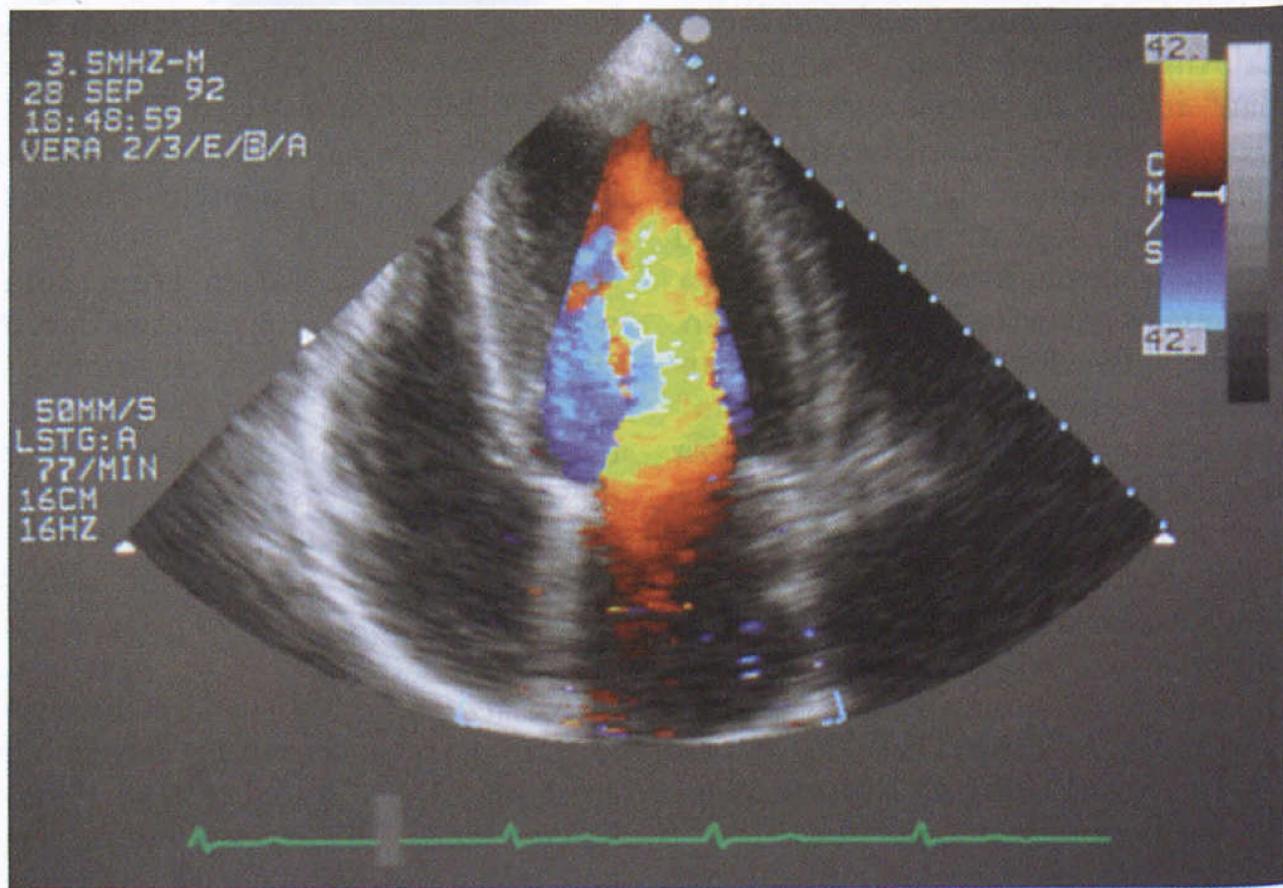
was eine Betrachtung der plastischen Dimensionen aus verschiedenen Blickwinkeln erlaubt. In der filmischen Wiedergabe dieser Schnittbildsequenzen, wie sie im Ultraschall bereits seit längerem vertraut ist und in letzter Zeit auch durch die schnelle, millimeterdünne Bildakquisition der Computer- und Magnetresonanztomographie möglich geworden ist, können darüber hinaus Funktionsabläufe verfolgt werden, die beispielsweise in der Herzdiagnostik zunehmend an Bedeutung gewinnen.

DIE „WIRKLICHKEIT“ DER BILDER

Die Verbindung verschiedener Verfahren, wie etwa der Magnetresonanztomographie und der Nuklearmedizin, bietet die Chance, die anatomischen Informationen mit den Darstellungen der Stoffwechselfunktionen deckungsgleich zu verknüpfen.

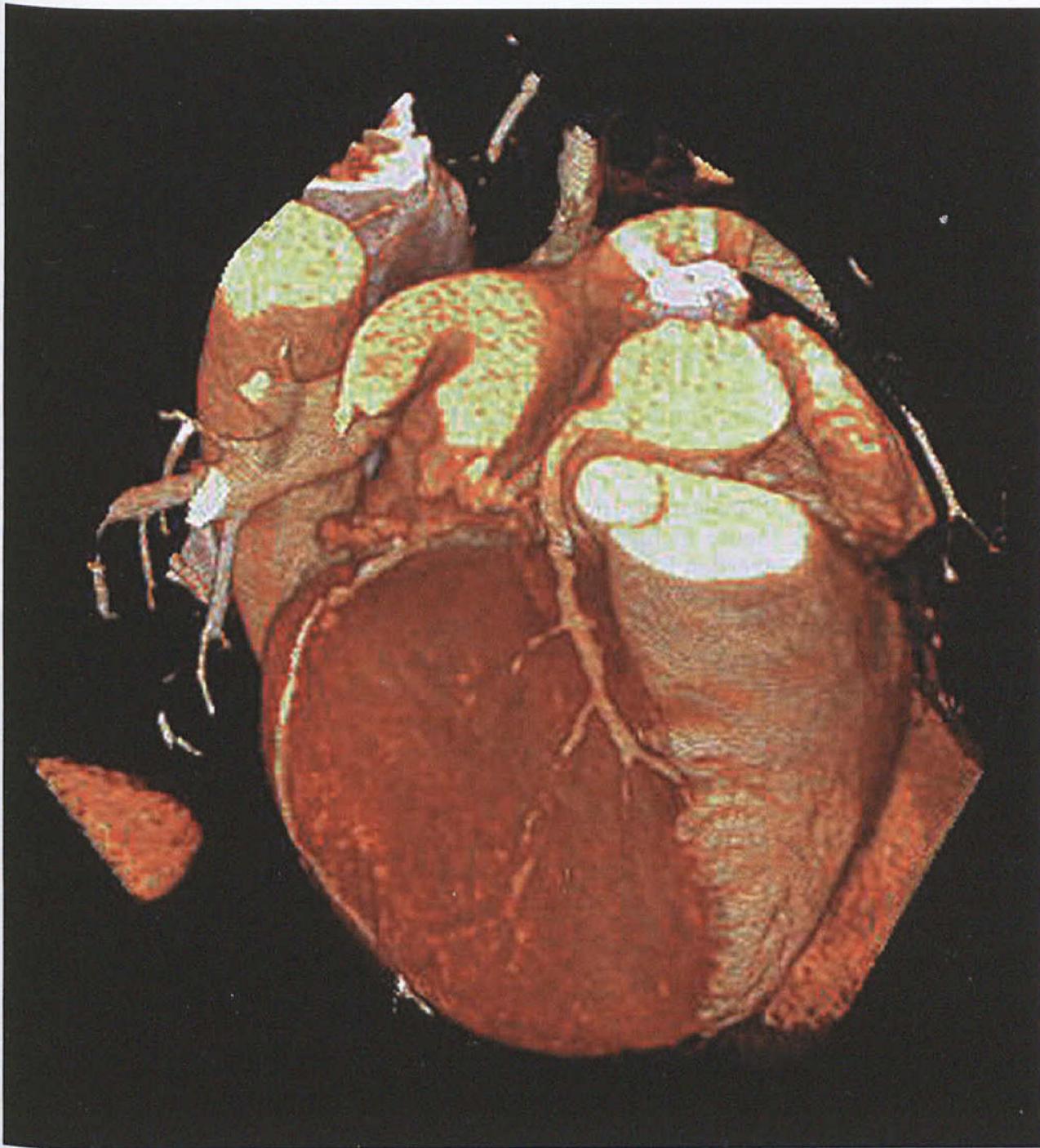
Jedes der genannten Verfahren besitzt andere Vorteile, etwa wenn es um die Übersichtsdarstellung durch die Röntgenaufnahme, die Darstellung von Gefäßverkalkungen durch die Com-

Ultraschallaufnahme des Herzens mit farbig kodiertem Blutfluß (Vierkammerblick).



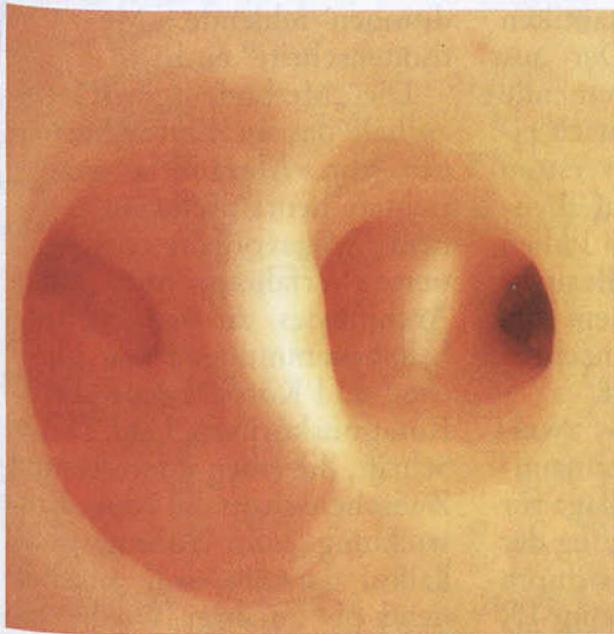
Durch die hohe Bilderrate, die in Sekundenbereichen eine Vielzahl von Schnittbildern erfasst, lassen sich ausgewählte Körperbereiche zunehmend auch dreidimensional wiedergeben,

putertomographie, den unerreichten Weichteilkontrast der Magnetresonanztomographie, den Stoffwechsellnachweis in der Nuklearmedizin oder die Funktionsdarstellung im Ultra-



Oben: Dreidimensionale Rekonstruktion des Herzens aus Schnittbildern der Computertomographie.

Links: Die endoskopische Untersuchung der Bronchien ermöglicht eine direkte optische Betrachtung.



auf dem Vormarsch ist, wäre dieser Fortschritt in der medizinischen Diagnostik undenkbar. Unabhängig davon, ob Magnetfelder, Röntgen-, Gammastrahlen oder Schallwellen zum Einsatz kommen, wird die empfangene Information immer in einer Zahlenfolge aufgezeichnet und anschließend in einem weiteren Schritt wieder in eine Bildmatrix übersetzt.

Dieser Übertragungsprozeß von der konkreten körperlichen Vorgabe in eine künstlich erzeugte, bildliche Rekonstruktion setzt ein hohes Maß an Abstraktion voraus. In der Entschlüsselung und Auswertung dieser technisch erzeugten Bilder verliert aber der Bezug zum Subjekt, zum Patienten in seiner Ganzheitlichkeit, zunehmend an Bedeutung. Für die Kritiker

der Medizintechnik steht der Zuwachs an Wissen durch diese „mediale Nähe“ deshalb in einem direkten Zusammenhang mit der viel beschworenen wachsenden Distanzierung zwischen Arzt und Patient.

Für ein Ausstellungsunternehmen, das die bildgebende Diagnostik in den Blickpunkt rückt, muß es deshalb auch darum gehen, die Wirkung dieser Technologie zu thematisieren. Der Besucher wird sich nur dann angesprochen fühlen, wenn er als potentieller Patient über die Prozesse der Visualisierung seines Körperinneren, denen er im Krankheitsfall unterworfen ist, Aufschluß erhält. Angesichts der Hermetik der technischen Apparate, die als *black boxes* ihre Funktion verbergen, und der künstlichen Wirklichkeit der Bilder sind die technischen Museen in ihrem didaktischen Konzept, das auf dem verstehenden Lernen durch Schauen und Anfassen gründet, vor neue Herausforderungen gestellt. □

ZITIERT UND WEITERFÜHRENDE LITERATUR

- Barthes, Roland: Die dunkle Kammer. Bemerkungen zur Fotografie. Frankfurt a. M. 1985.
- Duden, Barbara: Der Frauenleib als öffentlicher Ort. München 1991.
- Grünbein, Durs: Ein kosmisches Idyll. In: ZEIT magazin 12/1999.
- Mythos Mensch. Einblicke in den menschlichen Körper. Ausstellungskatalog, Wien 1999.
- A Fantastic Voyage Through the Human Body. Life Magazine, Februar 1997.
- Landesmuseum für Technik und Arbeit in Mannheim, Institut für Plastination in Heidelberg (Hg.): Körperwelten. Einblicke in den menschlichen Körper. Mannheim, Heidelberg 1997.
- Schuller, Marianne, Claudia Reiche und Gunnar Schmidt (Hg.): BildKörper. Verwandlungen des Menschen zwischen Medium und Medizin. Hamburg 1998.
- Stabile, Carol A.: Täuschungsmanöver „Fötus“. In: Christian Kravagna (Hg.): Privileg Blick. Kritik der visuellen Kultur. Berlin 1997.
- Virilio, Paul: Die Eroberung des Körpers. München 1994.

DIE AUTORIN

Cornelia Kemp, geboren 1952, Dr. phil., studierte Kunstgeschichte, Geschichte und Volkskunde in Tübingen und München. Seit 1990 leitet sie die Abteilung „Foto + Film“ im Deutschen Museum.

schall geht. In ihren unterschiedlichen diagnostischen Möglichkeiten ergänzen sie einander und erhöhen damit die Chancen, einen krankhaften Befund systematisch zu diagnostizieren.

Ohne die computergestützte Bildfassung und -verarbeitung, die auch im Röntgenbereich zunehmend den Film durch die digitale Radiographie verdrängt und selbst in der Endoskopie mit dem Einsatz von Chipkameras

MATHEMATIK UNTER DER LITURGIE

Die Versteigerung eines Archimedes-Palimpsests aus dem 10. Jahrhundert

VON IVO SCHNEIDER

Bei Christie's in der Park Avenue in New York wurde vor einem Jahr eines der aufsehenerregendsten Manuskripte der wissenschaftlichen Literatur versteigert. Es handelt sich um einen Kodex von 174 Pergamentblättern eines verhältnismäßig kleinen Formats, der etwa zwischen 1150 und 1250 mit einem griechischen liturgischen Text beschrieben wurde.

Die Versteigerung des Kodex würde, wenn es allein um diesen liturgischen Text ginge, kaum größeres Interesse beansprucht haben. Tatsächlich handelt es sich um einen sogenannten Palimpsest. Ein Palimpsest ist ein Manuskript, das nach der Entfernung eines früher darauf geschriebenen Textes erneut beschrieben wurde. Der ältere Text, der üblicherweise durch Abwaschen oder Abschaben entfernt wurde, ist in vielen Fällen aufgrund einer tiefergehenden Pigmentierung auf Pergament noch erkennbar und kann mit verschiedenen Methoden wieder lesbar gemacht werden. Bei dem hier buchstäblich zugrunde liegenden älteren Text handelt es sich um einen Teil der Werke von Archimedes.

Daß Christie's in dem dafür herausgebrachten Katalog den Palimpsest als den nachweislich wichtigsten wissenschaftlichen Kodex bezeichnet, der je auf einer Auktion angeboten wurde, hat zunächst einmal mit der Bedeutung von Archimedes († 212 v. Chr.) zu tun, dessen Wirksamkeit weit über die Antike hinausweist. Archimedes wurde für die Antike zu einem Symbol eines menschlichen Grenzen spre-

ngenden Erfindungs- und Einsehungsvermögens, wie es in der Neuzeit nur mit den Namen von Newton und Einstein in Verbindung gebracht wurde.

Anders als bei Newton und Einstein, bei denen solche Zuweisungen im wesentlichen auf ihr publiziertes Werk zurückzuführen sind, können die überlieferten, ausschließlich mathematischen Werke des Archimedes seinen Aufstieg zu einem Wesen, dem schließlich übermenschliche Leistungen zugetraut wurden, nur teilweise rechtfertigen. Eine solche Heroisierung hat vielmehr mit praktischen Leistungen zu tun, die zum Beispiel für die Verteidigung von Syrakus gegen die Belagerungsarmee eines der fähigsten römischen Feldherrn, Marcellus, glaubwürdig bezeugt sind.

In der Spätantike entarteten die früheren Berichte entsprechend der inzwischen einsetzenden Heroisierung von Archimedes zu Legenden über den Einsatz von Geheimwaffen, wie einem auf große Entfernung hin wirksamen Brennspiegel. Archimedes erscheint aber auch bei nüchterner Betrachtung der erhaltenen Werke aus der zeitlichen Distanz von mehr als zwei Jahrtausenden als die unbestritten größte Mathematikerpersönlichkeit der Antike und gleichzeitig als einer ihrer größten Ingenieure und Naturwissenschaftler.

Von den heute bekannten archimedischen Schriften enthält der Palimpsest zumindest Teile des griechischen Textes der folgenden: „Über das Gleichgewicht ebener Flächen“, „Über schwimmende Körper“, die „Methodenschrift“, „Über Spiralen“, „Über Kugel und Zylinder“, die „Kreismessung“ und das „Stomachion“, eine Art

Puzzlespiel, dessen Sinn bis heute nicht vollständig geklärt werden konnte.

Diese Werke des Archimedes sind mutmaßlich im Konstantinopel des 10. Jahrhunderts, etwa zwischen 950 und 975, von einer Vorlage auf die später mit einem liturgischen Text überschriebenen Blätter übertragen worden. Die Vorlage für diese Sammlung archimedischer Werke war offenbar verschieden von den im Westen seit dem Mittelalter kursierenden Sammlungen der Werke des Archimedes, die im wesentlichen auf zwei Stammmanuskripten beruhen.

Das erste geht zurück auf eine Zusammenstellung der Werke des Archimedes durch Leo von Byzanz im 9. Jahrhundert, die auf spätantiken Vorarbeiten beruht. Der aus der Zeit von Leo stammende Kodex Valla, benannt nach einem 1500 in Venedig verstorbenen Sammler, war auf abenteuerlichen Wegen nach Italien gekommen, wo seine Besitzer bis zum Jahr 1564, in dem sich seine Spuren verlieren, nachgewiesen werden konnten.

Die Existenz eines zweiten griechischen Stammmanuskripts, das eine Grundlage für die lateinische Übersetzung der Werke des Archimedes durch Wilhelm von Moerbeke im 13. Jahrhundert bot, kann nur bis zum 14. Jahrhundert nachgewiesen werden. Es enthielt, anders als der Codex Valla, auch die Schrift „Über schwimmende Körper“, deren griechischer Text seit dem 14. Jahrhundert nicht mehr zugänglich war.

Auf der Grundlage dieser beiden Handschriften waren alle seit dem 16. Jahrhundert erschienenen lateinischen und griechischen Druckausga-

ben der Werke von Archimedes zusammengestellt worden.

Die hier vorliegende Sammlung von Werken des Archimedes, in der allerdings einige wichtige, in den beiden anderen Stammhandschriften enthaltene archimedische Schriften, wie die „Über die Parabelquadratur“, fehlen, entstammt vermutlich einer anderen Tradition archimedischer Schriften, weil sie neben dem hier allein erhaltenen griechischen Text von „Über schwimmende Körper“ noch die in den beiden anderen Manuskripttraditionen fehlende „Methodenschrift“ enthält.

Die „Methodenschrift“ enthält das an Eratosthenes von Alexandria gerichtete heuristische, an einem Wägevorgang orientierte Verfahren, mit dem Archimedes zu seinen Inhaltsbestimmungen von Flächen und Körpern, vor allem Rotationskörpern, kam. Diese Schrift, die einen interessanten Zwischenschritt in der Entwicklung zum Infinitesimalkalkül darstellt, war anscheinend bis zu ihrer Wiederentdeckung im Jahr 1906 verschollen.

Ein Grund für die Übersetzung der in dem Kodex enthaltenen archimedischen Schriften war sicherlich das nach Leo in Byzanz rasch nachlassende Interesse an Mathematik, das offenbar im 12. und 13. Jahrhundert fast vollständig verschwunden war. Bei der Übersetzung mit einem liturgischen Text halbierte man das ursprüngliche Format und

legte die Zeilen des späteren Textes senkrecht zu denen des ursprünglichen an. Das hatte zur Folge, daß es bei der Neubeschriftung und Bindung der Blätter zu Abweichungen in der Anordnung gegenüber der ursprünglichen Fassung und zu Textverlusten bei den aufgezeichneten archimedischen Werken kam. Wahrscheinlich kam der überschriebene Kodex in das südöstlich von Jerusalem gelegene Kloster Mar Saba, von wo er Mitte des 19. Jahrhunderts zum Griechischen Patriarchat in Jerusalem

wechselte. Auf nicht geklärte Weise kam er dann in das Kloster Metochion vom Heiligen Grab in Konstantinopel.

Beschreibungen des Palimpsests, insbesondere ein 1899 veröffentlichter Katalog der Manuskripte im Kloster Metochion, der auch auf seinen mathematischen Inhalt verwies, wurden einige Jahre später dem Dänen J. L. Heiberg, dem Herausgeber der klassischen Teubner-Ausgabe von Archimedes, Werken, bekannt.

Heiberg kam 1906 nach Konstantinopel, wo er den größten Teil der in dem Palimpsest enthaltenen Werke des Archimedes entzifferte und mit Hilfe seines Landsmannes H. G. Zeuthen edieren konnte.

Der Fund der, von Bruchstücken abgesehen, ältesten bekannten Handschrift von Werken des Archimedes erregte damals weltweites Aufsehen, weil er einmal den vollständigen griechischen Text der Schrift „Über schwimmende Körper“ und zum anderen die über Jahrhunderte für verloren gehaltene „Methodenschrift“ enthielt. Heiberg begann 1907, die Ergebnisse seiner Untersuchungen über den Kodex zu veröffentlichen, die er dann in die zweite, zwischen 1910 und 1915 publizierte Werksausgabe von Archimedes übernahm.

Wie der Palimpsest in den 20er Jahren in die Hände eines französischen Sammlers gelangte, aus dessen Besitz er jetzt zur Versteigerung bei Christie's kam, ist nicht bekannt oder wird zumindest nicht bekanntgegeben. Der Umstand, daß sich heute zwei der im Katalog der Handschriften des Klosters Metochion von 1899 aufgelisteten Manuskripte in zwei amerikanischen Bibliotheken und eine in der Bibliothèque Nationale in Paris befinden, kann bedeuten, daß zumindest einige Manuskripte des Metochion von ihrem damaligen Besitzer über den Handel an neue Besitzer vermittelt wurden. Es kann allerdings auch bedeuten, daß diese Manuskripte auf zumindest nach heutigen Rechtsmaßstäben völlig illegalen Wegen von Konstantinopel in den Westen kamen.

Der Fall des 1972 vom Metropolitan Museum in New York erworbenen Weinmischkruges aus der Werkstatt des attischen Vasenmalers Euphronios ist ein Beispiel für ein aus einer etruskischen Nekropole ent-

wendetes Objekt, das über verschiedene Zwischenstationen den Weg ins Scheinwerferlicht der Millionenstadt New York fand und dort als eine von der Presse als sensationell eingestufte Neuerwerbung so viele zusätzliche Besuchermassen anlockte, daß die Mehreinnahmen des Metropolitan Museums binnen kurzem den angegebenen Kaufpreis von zwei Millionen US Dollar bei weitem übertrafen.

Damals war die Aufmerksamkeit zumindest von einigen Fachleuten soweit geschärft, daß sie auf eine Aufklärung der einzelnen Stationen des Weges vom Fundort bis in die Sammlung des Metropolitan Museums drängten und schließlich die Unrechtmäßigkeit des Erwerbs nachweisen konnten.

So kann man ohne großes Risiko von einer hohen Dunkelziffer unaufgeklärter illegaler Erwerbspraktiken bei vielen der wertvolleren Objekte in den Sammlungen und Bibliotheken der griechischen Antike ausgehen.

Den Zuschlag für den von Christie's im Vorfeld mit 800.000 bis 1.200.000 US Dollar bewerteten Palimpsest erhielt nach einer Pressemitteilung von Christie's der Londoner Buchhändler Simon Finch bei einem Gebot von 2.202.500 US Dollar, das Finch für einen ungenannten amerikanischen Sammler abgab. Bei der Versteigerung war die griechische Regierung beteiligt, die über eine Gruppe von Sponsoren über einen Betrag von maximal zwei Millionen US Dollar verfügte, um den Kodex für Griechenland zu sichern. Der Betrag hat aufgrund des höheren Limits eines anderen Bieters nicht ausgereicht.

Ob sich hinter dem neuen Besitzer der in diesem Zusammenhang in der Presse verschiedentlich erwähnte Bill Gates oder ein anderer Sammler verbirgt, wird vorläufig offen bleiben. Das Versprechen des neuen Besitzers, den Palimpsest für die weitere Archimedesforschung zur Verfügung zu stellen, läßt hoffen, daß einige der seit Heiberg ungeklärten Fragen im Zusammenhang mit diesem Palimpsest in den nächsten Jahren beantwortet werden können. □

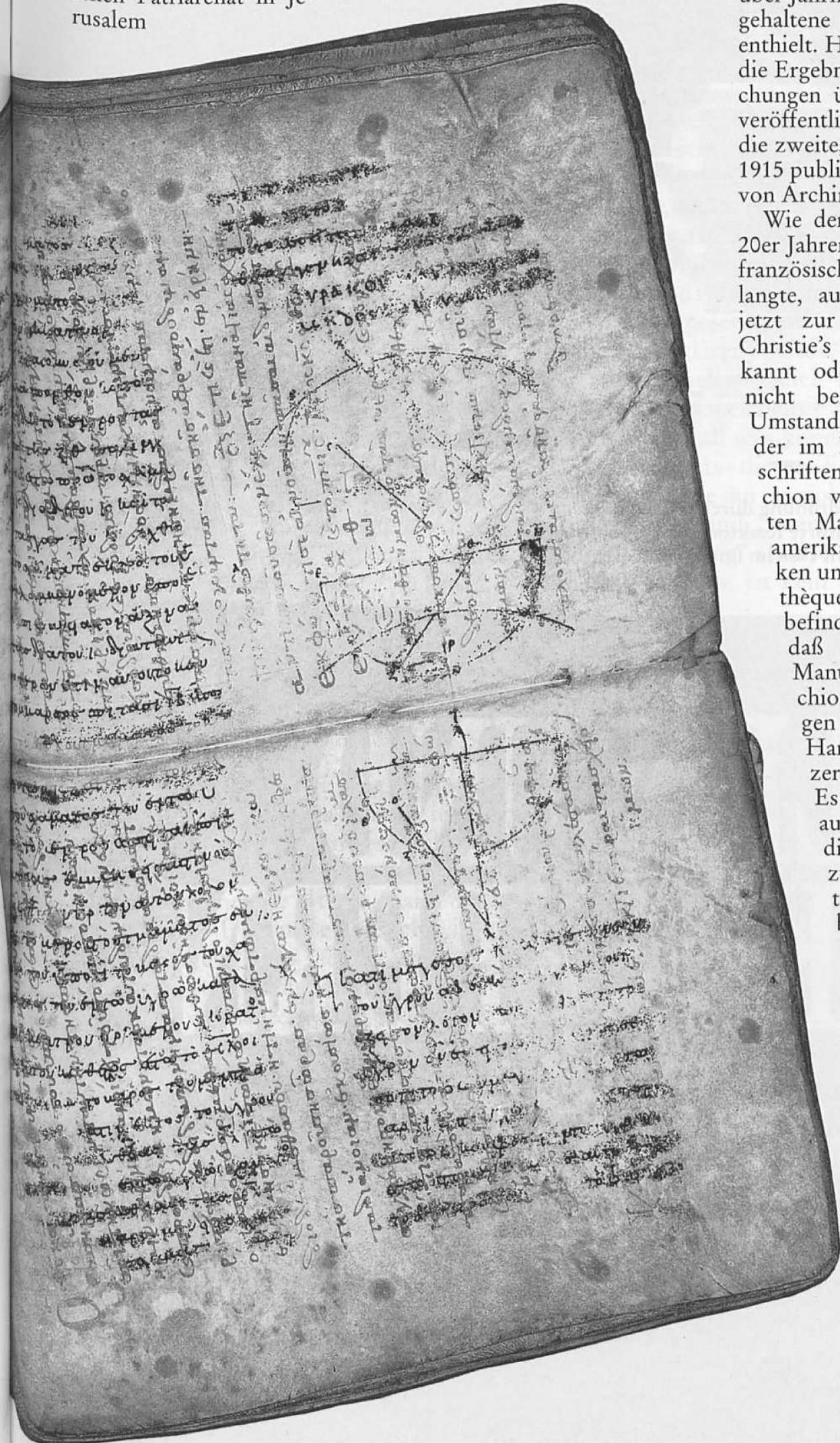
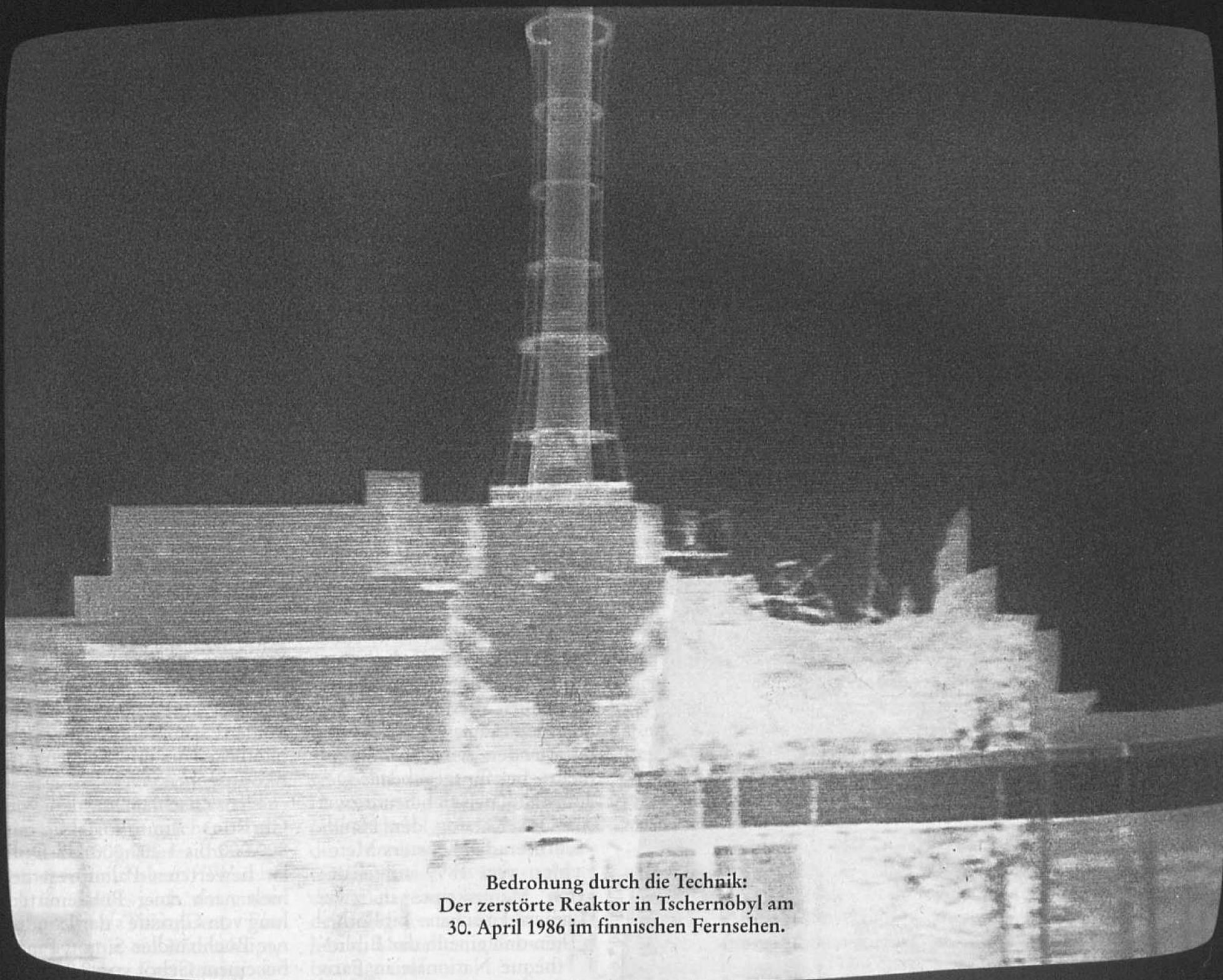


Foto: Mit freundlicher Genehmigung: Christie's Images, Ltd., 1999



Bedrohung durch die Technik:
Der zerstörte Reaktor in Tschernöbyl am
30. April 1986 im finnischen Fernsehen.

„HEULEN UND ZÄHNEKLAPPERN

Risiken und andere Unsicherheiten

VON WOLFGANG BONSS

Als sich im Mai 1986 der Reaktorunfall von Tschernobyl ereignete, reagierte die bundesdeutsche Öffentlichkeit geschockt und hilflos. Ein wichtiges Schlagwort und Deutungsmuster zu diesem Unfall lieferte wenige Monate später der Soziologe Ulrich Beck. Zwar hatte er sein Buch *Risikogesellschaft* schon vor Tschernobyl weitgehend abgeschlossen, aber durch diesen Unfall bekam es eine ungeahnte Aktualität und avancierte zur meistverkauften Gesellschaftsdiagnose seit langem.

Für Beck war Tschernobyl ein paradigmatisches Beispiel für eine zentrale Verschiebung der gesellschaftlichen Konfliktlinien und Entwicklungsmöglichkeiten. Die Gesellschaften des 19. und frühen 20. Jahrhunderts, so seine These, seien „Reichtumsgesellschaften“ gewesen, in denen sich alle entscheidenden Konflikte um die Reichtumsverteilung drehten. Im späten 20. Jahrhundert spiele dieser Aspekt hingegen nur noch eine nachgeordnete Rolle. Zwar sind die materiellen Reichtümer keineswegs gleich verteilt – im Gegenteil. Aber weit wichtiger als Klassenkampf und Reichtumsfragen seien die jenseits dessen ansetzenden Probleme der Risikoverteilung – eine Feststellung, die angesichts sich häufender Störfälle und ökologischer Katastrophen sehr schnell auf Zustimmung stieß.

Mit seinen pointiert formulierten Thesen lenkte Beck den Blick darauf, daß Risiken keineswegs nur ein technisches, sondern auch ein gesellschaftliches Problem sind. Dies war insofern weiterführend, als die Risikodebatte zuvor fast ausschließlich eine Angelegenheit von Technikern war, die Risiken zu identifizieren und zu bewerten versuchten. Ihre Konzepte von Risikowahrscheinlichkeiten und Grenzwerten waren lange kaum ernsthaft umstritten. Aber durch die Unfälle von Harrisburg (1981) und erst recht durch Tschernobyl erlitt diese Form des Risikodiskurses einen nachhaltigen Glaubwürdigkeitsverlust.

So erschienen auf einmal die geringen Wahrscheinlichkeiten in einem neuen Licht. Denn daß die unterstellten Wahrscheinlichkeiten für den vielzitierten GAU minimal sind, darf nicht als Indikator dafür genommen werden, daß dieses Ereignis, wenn überhaupt, erst in vielen Jahren eintreten wird. Ein Unfall kann sich vielmehr jederzeit ereignen, und dies ist um so problematischer, als die Auswirkungen unter Umständen weltweit zu spüren sind.

Aber auch die Grenzwerte sind offensichtlich kein rein technisches Problem. Als nämlich die radioaktive Wolke von Tschernobyl die Bundesrepublik erreichte und die „normalen“ Grenzwerte zeitweise bis um das 100fache überschritten wurden, war nicht mehr von Grenzwertverletzungen die Rede, sondern davon, daß es keine Grenzwerte mehr gebe. Denn die zuvor geltenden Normalitäts- und Sicherheitsstandards waren schlagartig außer Kraft gesetzt, und es dauerte Monate, bis klarer wurde, welche Grenzwerte gesellschaftlich akzeptabel seien und ab welchem Punkt dies nicht mehr der Fall sein könne.

Daß angesichts dieser Erfahrungen das Interesse an soziologischer, psychologischer und „interdisziplinärer Risikoforschung“ (Banse & Bechmann 1998) wuchs, ist kein Wunder.

Die seither entstandenen Untersuchungen haben nicht nur zu einigen Differenzierungen der Beckschen Thesen geführt, sondern beschäftigen sich auch längst nicht mehr nur mit den Herausforderungen der Hochrisikotechnologien. Stattdessen geht es um die weiterführende Frage, welche Rolle Unsicherheit für die gesellschaftliche Entwicklung spielt, welche Strategien im Umgang mit Unsicherheit zu beobachten sind und ob wirklich erst die Gesellschaften des späten 20. Jahrhunderts als „Risikogesellschaften“ im engeren Sinne zu bezeichnen sind.

DIE WAHRNEHMUNG VON UNSICHERHEIT

Wie insbesondere (kultur)anthropologische Beiträge gezeigt haben, ist die Erfahrung von Unsicherheit eine spezifisch menschliche Eigenschaft, die in allen Gesellschaften eine Rolle spielt. Allerdings fällt der Umgang mit Unsicherheit höchst unterschiedlich aus. So weisen vormoderne Gesellschaften völlig andere Unsicherheitskonzepte auf als neuzeitliche, und dies gilt sowohl für das, was als Unsicherheit wahrgenommen wird, als auch für die Art und Weise, wie auf Unsicherheiten reagiert wird.

In ihrem Buch über *risk and culture* (1982) illustrieren Mary Douglas und



Bedrohliche Natur: Vulkanausbruch auf der Antilleninsel Montserrat, 1996.

Aaron Wildavsky diesen Sachverhalt am Beispiel des Umgangs mit Unsicherheit bei den Lele, einem Stamm in Zaïre. Wie die relativ geringe Lebenserwartung zeigt, sind die Lele durch zahlreiche Unwägbarkeiten gefährdet, und zwar insbesondere durch Krankheiten. Von ihnen selbst werden aber nur drei Bedrohungen als sozial erklärbar und handhabbar perzipiert: die Möglichkeit, vom Blitz erschlagen zu werden, Unfruchtbarkeit und Bronchitis.

Die Versuche, diese Bedrohungen zu erklären und zu bewältigen, entsprechen kaum den Maßstäben, wie sie für Mitglieder moderner Gesellschaften „normal“ sind. So wird auf Bronchitis nicht durch eine Veränderung der Umweltbedingungen reagiert, sondern es kommen magische Praktiken, wie etwa Amulette, zum Einsatz, und ähnliches gilt auch für die anderen realisierten Gefahren.

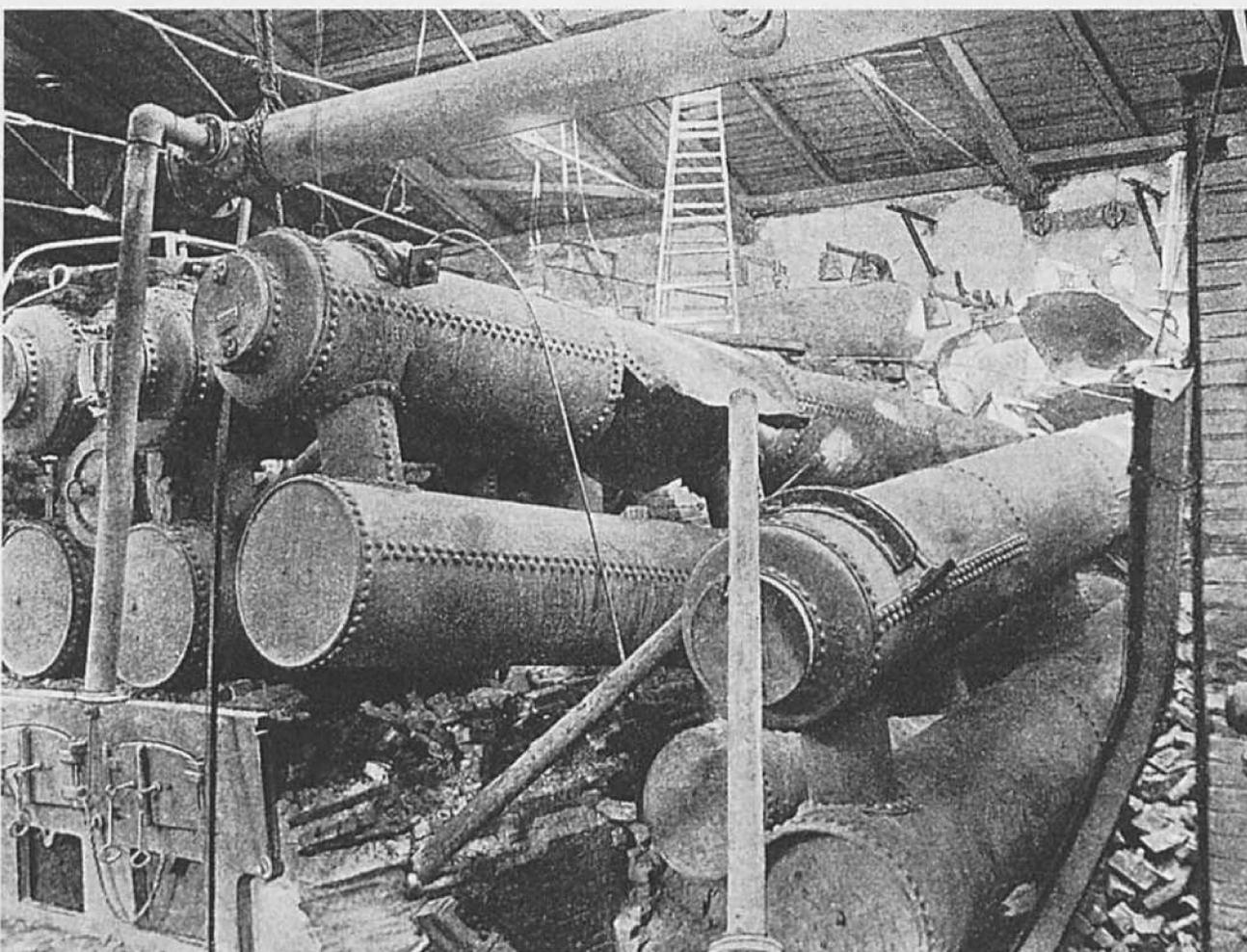
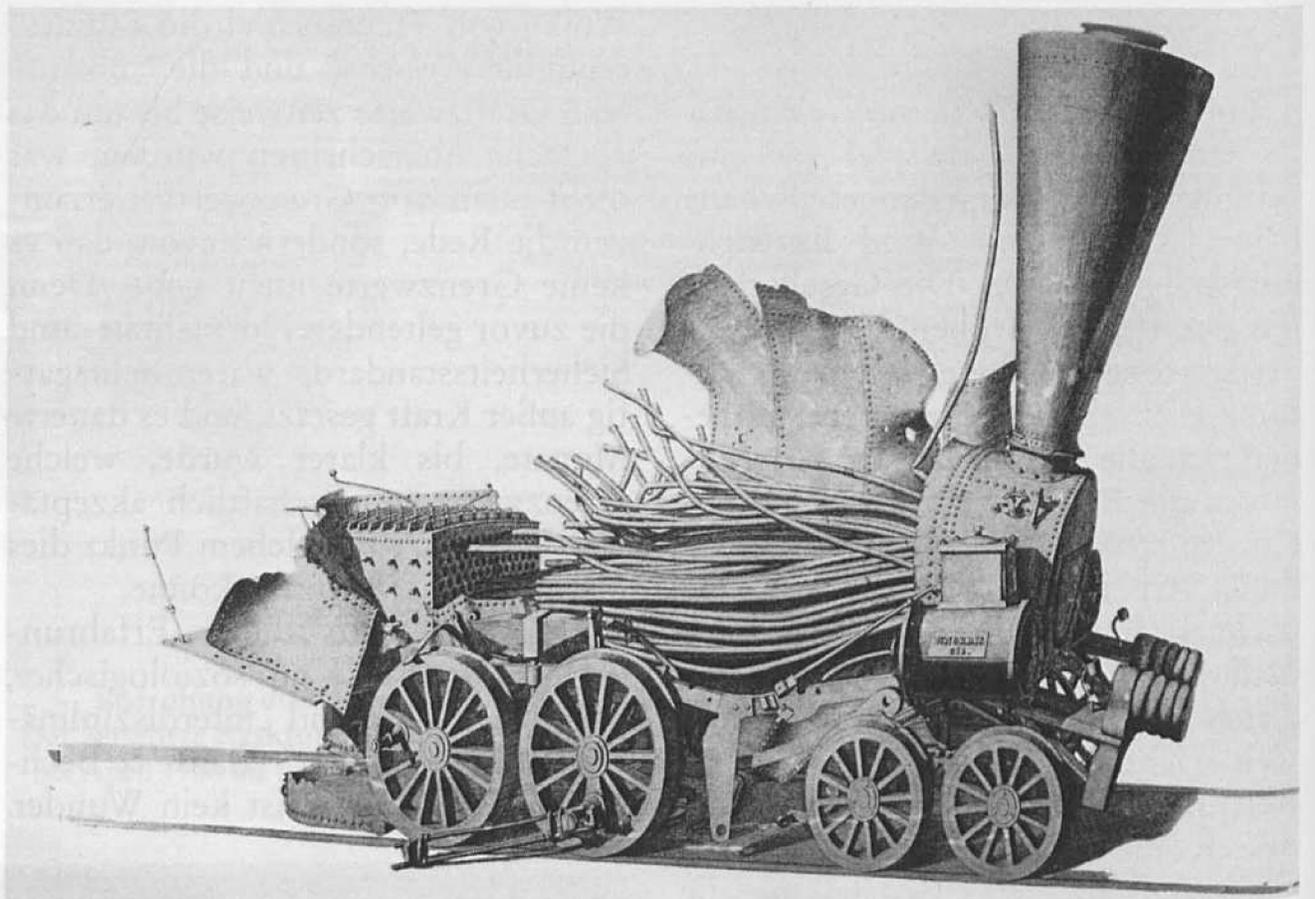
Daß es im vormodernen Europa ähnliche Muster gegeben hat, läßt sich an der weiten Verbreitung abergläubischer Sicherungsstrategien ebenso studieren wie an der traditionellen Naturfurcht. Für die unter Unsicherheitsgesichtspunkten höchst aufschlußreiche Naturfurcht, die bis in das 18. Jahrhundert hinein vorherrschte, war dabei ein spezifischer „Subjektzentrismus“ charakteristisch. Denn eingebunden in eine kosmologische Ordnung sah sich der traditionelle

Mensch stets „im Zentrum aller Vorgänge, die er auf verschiedenen Abstraktionsniveaus auf sich bezieht: auf die eigene Person, auf die eigene Ortschaft ..., auf die Menschheit als ganze“ (Begemann 1987).

Aber nicht er beherrschte die Welt, sondern höhere Mächte, weshalb die gesamte Umwelt bedeutungs- und geheimnisvoll erschien. Dies galt nicht nur für die unmittelbare Umgebung, sondern auch für das räumlich Entfernte und das, was von anderen Menschen wahrgenommen wird – letztlich konnte alles von höheren Mächten

vielleicht nur als Zeichen für die eigene Person gesetzt worden sein.

Wer die Welt in dieser Form auf sich bezieht und jedes Ereignis als ein potentielles Zeichen begreift, für den erscheint alles unsicher und bedrohlich (Delumeau 1985). Denn nichts läßt sich als irrelevant abtun, sondern ist potentiell Auslöser einer Furcht, die als universelle leicht zu einer totalen werden kann. Diese Furcht war schwer beherrschbar, und wenn sie manifest wurde, äußerte sie sich oft in „Heulen und Zähneklappern“, also in einer Form, die das ganze Subjekt er-



Kesselexplosionen waren in der Frühzeit der Dampfmaschinen eine latente Gefahr. Beispiele sind die Explosion im Ignaz-Schacht in Marienburg, 1906 (links), und die Explosion der Lokomotive „Mürz“, 1849.

griff und erschütterte. Soziologisch gesehen ist eine solche Furcht für Gesellschaften typisch, die den vielzitierten „Prozeß der Zivilisation“ erst vor sich haben und noch voll im Banne einer kosmologischen Weltordnung stehen. Die in diesem Zusammenhang denkbaren Strategien des Umgangs mit Furcht und Unsicherheit sind vorrangig kollektiv und symbolisch orientiert.

So konnte man versuchen, die himmlischen Heerscharen durch Gebete zu Verbündeten zu machen oder gute Geister durch Opfergaben gnädig zu stimmen. Daneben gab es die „schwarze“ und die „weiße“ Magie, alle Arten von Beschwörungen so-

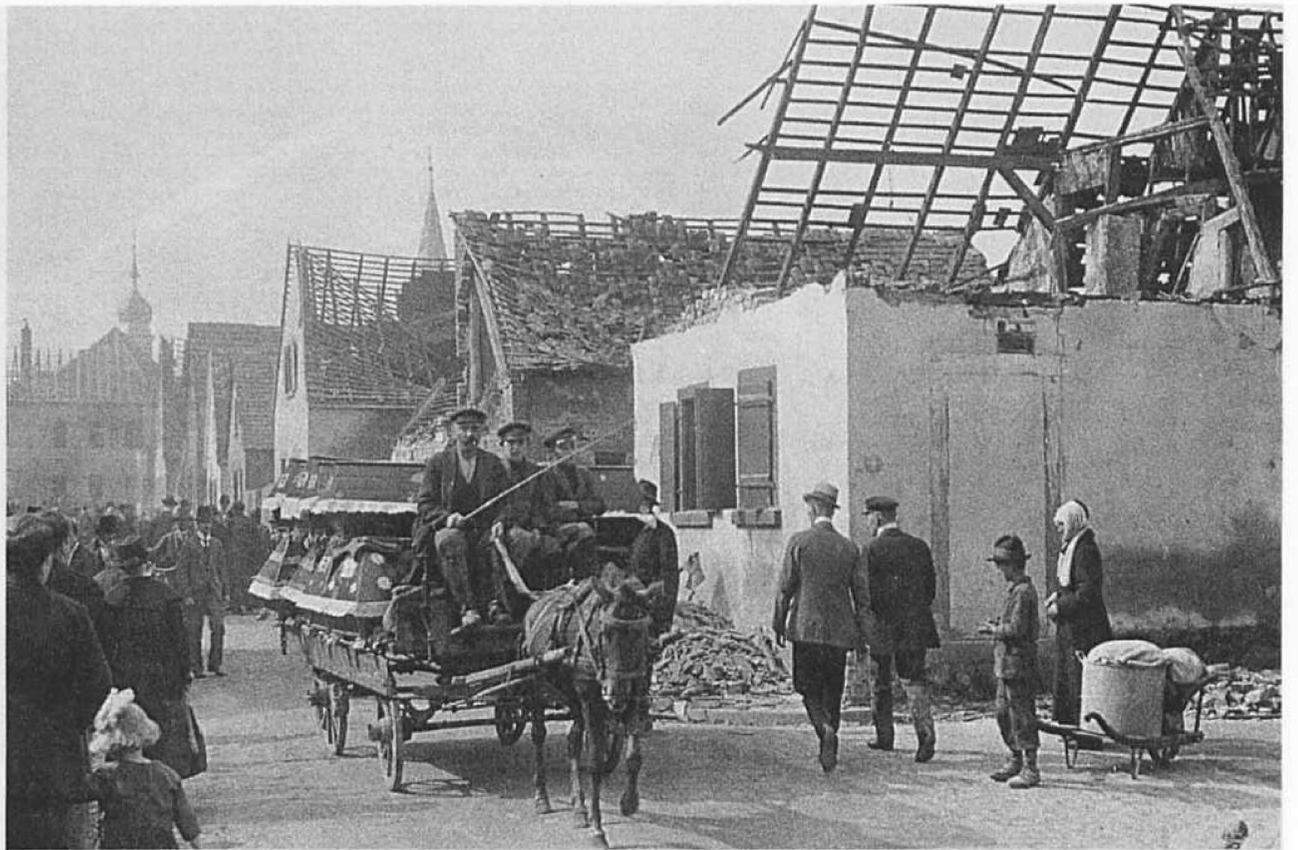
wie nicht zuletzt periodische Versuche einer Austreibung von Unsicherheit, wie sie sich in Hexenverfolgung und Inquisition niederschlugen.

Das Beispiel der Lele, traditionelle Naturfurcht, aber auch ganz andere Beispiele, wie etwa der hinduistische Umgang mit Ungewißheit, machen deutlich, daß jede Gesellschaft über eigene Unsicherheitsprofile und -muster verfügt, die sich kaum vollständig ineinander übersetzen lassen. Daß dies oft übersehen wird, liegt daran, daß in der gängigen Literatur höchst unterschiedliche Muster oft unterschiedslos als „Risiken“ bezeichnet werden.

Demgegenüber ist festzuhalten, daß durchaus nicht alle Unsicherheiten nach dem Muster von Risiken strukturiert sind. Risiken verweisen vielmehr auf einen evolutionär späten Sonderfall im Umgang mit Unsicherheit. Dieser taucht zwar nicht erst, wie das Schlagwort von der „Risikogesellschaft“ suggerieren mag, im späten 20. Jahrhundert auf. Aber im Unterschied zu Unsicherheiten hat es Risiken keineswegs zu allen Zeiten gegeben.

Daß Risiken eine typisch moderne Form des Umgangs mit Unsicherheit sind, zeigt bereits ein Blick auf die Entstehungsgeschichte des Risikokonzepts. Urkundlich nachgewiesen ist die Rede vom „Risiko“ zunächst in den oberitalienischen Städten im 12./13. Jahrhundert, und zwar im Kontext des See- und Fernhandels. Der Fernhandel war eine ebenso planvolle wie unsichere Angelegenheit, die erhebliche, aber nicht notwendig von Erfolg gekrönte Vorbereitungen erforderte. So konnten Schiffe jederzeit untergehen, Transporte überfallen werden, Wege unpassierbar sein und Waren verderben.

Diese Unsicherheiten wurden freilich nicht als „Gefahren“ bezeichnet, also als Bedrohungen, gegen die man nichts machen konnte, sondern als Risiken. Der Kaufmann, der sie einging, war jemand, der etwas „riskierte“, das heißt „wagte“ (italienisch *rischiare* = wagen); er unterwarf sich nicht den Unsicherheiten, sondern forderte sie kalkulierend heraus und spekulierte gleichzeitig auf ein Quentchen Glück. Ob zu recht, ließ sich vorab nicht sagen. Aber im Erfolgsfall konnte er sich mit Reichtümern schmücken; bei



Zuviel riskiert: Explosionskatastrophe im Werk Oppau der BASF, 1921.

einem Mißerfolg hingegen drohte die Pleite.

Zwar konnte der Kaufmann der frühen Neuzeit ebenso wenig wie seine Vorfahren dem Sturm Einhalt gebieten, und er besaß auch nicht unbedingt die Macht, Überfälle zu verhindern. Aber die Unsicherheiten, die er einging, begriff er nicht länger als schicksalhafte Bedrohung, sondern als zu- und berechenbare Wagnisse, das heißt als Probleme, die sich nur dann negativ bemerkbar machten, wenn man falsch kalkulierte und keine Vorsichtsmaßnahmen traf.

BEWUSSTES WAGNIS STATT SCHICKSALSGLAUBE

Der Gegensatz von „schicksalhafter Bedrohung“ und „zurechenbarem Wagnis“ läßt bereits die entscheidenden systematischen Unterschiede zwischen vormodernen und modernen Ungewißheitskonzepten ahnen. Wenn jemand, wie für Deutschland erstmals im 16. Jahrhundert bezeugt, etwas „uf unser Rysign“ nimmt, so gibt er damit zu erkennen, daß er die in Frage stehende Ungewißheit nicht als ein unbeeinflussbares, äußerliches Ereignis begreift, sondern als eine durch ihn selbst hervorgerufene und ihm daher auch zurechenbare Schwierigkeit.

Eine solche, für die damalige Zeit zweifellos emanzipatorische Perzeption ist höchst voraussetzungsvoll und nur denkbar, wenn die Handelnden die Welt in einem anderen Sinne als

zuvor subjektzentriert begreifen. Denn die Zukunft darf nicht als blinde Reproduktion einer kosmologischen Ordnung gesehen werden, sondern muß vor allem als Ergebnis des eigenen Handelns erscheinen.

Mit ihren Untersuchungen zur „okzidentalen Rationalisierung“ haben Autoren wie Werner Sombart oder Max Weber bereits Anfang des Jahrhunderts gezeigt, daß eine solche Einstellung gegenüber Unsicherheiten erst zu einer bestimmten Zeit und unter angebbaren gesellschaftlichen Voraussetzungen entstehen konnte, wobei ein „risiko-orientiertes Verhalten“ sowohl ein neuartiges Natur- als auch ein verändertes Selbstverständnis voraussetzte. So waren die rahmensetzenden religiösen Deutungssysteme so umzubauen, daß ein aktives, selbstbestimmtes Eingehen von (ökonomischen) Unsicherheiten überhaupt möglich wurde – ein Prozeß, der im 13. Jahrhundert begann und durch die Ausdifferenzierungen der Reformation zu unterschiedlichen Resultaten führte. Notwendig war zugleich eine veränderte Zentrierung des Subjekts; dieses mußte so konzipiert werden, daß es nicht völlig von „höheren Mächten“ abhängig war, sondern seine die Welt verändernden Handlungen ihm selbst zurechenbar wurden.

Und schließlich mußten neue Zeitstrukturen eingeübt werden; denn ein Risiko zu kalkulieren, heißt immer auch, die Zeit zu beherrschen und die Zukunft zu disziplinieren.



Faßt man die skizzierte Abgrenzung von modernen und vormodernen Unsicherheitskonzeptionen systematischer, so ist zum Stichwort Risiko dreierlei festzuhalten:

1. Zunächst einmal sind Risiken handlungs- und entscheidungsbezogene Unsicherheiten, die in der Regel freiwillig eingegangen werden, und die es nur gibt, weil eingeschlifene Handlungsgrenzen durchbrochen und neue Wirklichkeiten gesucht werden.
2. Das Ausprobieren des Neuen geschieht dabei nicht „irgendwie“ und erscheint auch keineswegs tollkühn. Unsicherheiten vom Typus Risiko – und dies ist ihr zweites Charakteristikum – gelten vielmehr als kalkulierbar. Wie schon an den oberitalienischen Kaufleuten zu studieren ist, erfordern solche Kalkulationen zwar viel Erfahrung und Fingerspitzengefühl, und es bleibt ein „Restrisiko“ des Scheiterns. Gleichwohl kommt der Idee nach stets das Rechenbrett (lateinisch *calculus*) zum Einsatz, wobei es seit dem 17. Jahrhundert die Mittel der Wahrscheinlichkeitsrechnung waren, mit denen versucht wurde, Ri-

siken beherrschbar und „sicher“ zu machen.

3. Neben Handlungsbezogenheit und Kalkulierbarkeit ist schließlich als drittes Merkmal die Zurechenbarkeit und Verantwortbarkeit von Risiken zu nennen. Zurechenbar sind Risiken, weil sie auf Entscheidungen zurückgehen, und aus genau diesem Grund sind sie auch zu verantworten. Denn die entscheidenden Personen können falsch kalkulieren, und für diese Fehler müssen sie, zumindest dem Modell nach, auch geradestehen.

Die Bedeutung der drei Merkmale Handlungsbezogenheit, Kalkulierbarkeit und Verantwortbarkeit läßt sich auch anhand der Abgrenzung verschiedener Unsicherheitstypen wie Risiko und Gefahr verdeutlichen. Diese Unterscheidung ist nicht nur in der Soziologie wichtig (Luhmann 1991), sondern auch im Alltag. Wird eine Unsicherheit als Gefahr etikettiert, wird sie weder auf (eigenes) Handeln zurückgeführt, noch gilt sie als zurechen- und verantwortbar. Denn Gefahren geht man nicht freiwillig ein, sondern Gefahren ist man ausgesetzt; sie sind eine unfreiwillige Bedrohung.

Trügerische Sicherheit: Trotz vermeintlich sicherer Technik kam es am 3. Juni 1998 bei Eschede zum ICE-Unglück mit 101 Toten.

Bei Risiken hingegen sieht dies anders aus. Diese Unsicherheiten werden um eines vermuteten Vorteils und Gewinns willen aktiv hergestellt, und dies bedeutet auch: Geht ein riskantes Unternehmen schief, dann kann (und muß) man einen Schuldigen finden, der Fehler gemacht, falsch kalkuliert hat und im Prinzip auch haftbar gemacht werden kann. Gelingt dies nicht, erscheint die in Frage stehende Unsicherheit nicht mehr handhabbar und kontrollierbar, oder anders ausgedrückt: Das verantwortbare Risiko verwandelt sich in eine unverantwortbare Gefahr, die nicht kalkuliert und keinem zugemutet werden kann.

Die skizzierte Abgrenzung von Risiken und Gefahren ist historisch wie systematisch interessant. Unter historischen Gesichtspunkten ist festzuhalten, daß vormoderne Gesellschaften kaum Risiken kennen, sondern hauptsächlich Unsicherheitsmuster vom Typus „Gefahr“. Aber auch in der Moderne gibt es neben Risiken nach wie vor Gefahren, und darüber hinaus sind



Leben zwischen Risiko und Gefahr: Absturz einer Boeing 747 in Wohnhäuser des Amsterdamer Vororts Bijlmermeer, 1992 (links), und Montserrats Hauptstadt Plymouth nach dem Vulkanausbruch 1996.

beide Konzeptionen hier in einer spezifischen Weise systematisch verknüpft. Dies hat vor allem Niklas Luhmann (1991) betont, der darauf hinweist, daß Risiken stets zugleich Gefahren sind, wobei zwischen beiden Momenten eine Art „Symmetriebeziehung“ besteht. Denn was sich für den einen als ein freiwillig eingegangenes Wagnis darstellt, das er persönlich zu verantworten hat, kann für den anderen eine unfreiwillige Bedrohung sein.

Dieser für die Austragung von Risikokonflikten nicht unerhebliche Zusammenhang läßt sich an zahlreichen Beispielen illustrieren. So fährt ein Geisterfahrer riskant und ist zugleich für alle anderen Autofahrer eine Gefahr. Die Entscheidungen des oberitalienischen Kaufmanns waren für ihn riskant, für die Matrosen auf seinen Schiffen hingegen eine Gefahr. Desgleichen sind heute die meisten Investitionsentscheidungen (ebenso wie ihre Unterlassung) ein Risiko für den

Unternehmer und eine Gefahr für die Arbeitsplätze.

Ähnliches gilt für die Zulassung von neuen Medikamenten, für die Standortentscheidung für eine Mülldeponie oder die Gewährung der Betriebserlaubnis für eine gentechnologische Produktionsanlage – in allen Fällen handelt es sich um Risikoentscheidungen, die für die davon Betroffenen eine zum Entscheidungszeitpunkt unter Umständen gar nicht bekannte Gefahr bedeuten; bei denen also die Unsicherheit vom Typus Risiko zugleich eine Unsicherheit vom Typus Gefahr darstellt.

DIE GEBURT DER GEFAHR AUS DEM RISIKO

Diese „Symmetrie“ von Risiko und Gefahr wird unter den Bedingungen fortgeschrittener Risikogesellschaften nicht selten systematisch unterlaufen. Denn angesichts der wachsenden Komplexität haben wir es offensichtlich immer weniger mit relativ einfachen und klar geschnittenen Risikosituationen zu tun, die mit den Merkmalen der Handlungsbezogenheit, Kalkulierbarkeit und Verantwortbarkeit zureichend beschrieben werden können. Statt dessen sind zunehmend komplexe Risikosysteme der Normalfall, die weder eine klare Trennung von Entscheidern und Betroffenen aufweisen noch durch die klassischen Basismerkmale von Risiken zureichend charakterisiert werden können.

Schlagartig deutlich geworden ist dieser Übergang von „alten“ zu „neuen“ Risiken an der Katastrophe von Tschernobyl, die zahlreiche Normalitätsunterstellungen der „einfachen“ Risikogesellschaft außer Kraft gesetzt hat. Die Versuche, den Unfall *ex post* „klassisch“ zu interpretieren, also auf ein Fehlverhalten einzelner im Kontext klar definierter Risikosysteme zurückzuführen und so den Momenten der Zurechenbarkeit, Kalkulierbarkeit und Verantwortbarkeit zu ihrem Recht zu verhelfen, blieben letztlich hilflos. Denn Tschernobyl steht für eine zeitliche, soziale und sachliche Entgrenzung von Schäden, die das zugrunde gelegte Risikokalkül außer Kraft setzt und das dazugehörige Kompensationsinstrument der Versicherung kaum noch anwendbar erscheinen läßt.

So waren die negativen Handlungsfolgen nicht mehr kompensierbar und trafen letztlich alle, weshalb Tschernobyl auch ein Paradebeispiel dafür ist, wie sich handlungsbezogene Risiken autonomisieren und für die Handelnden wie für die Betroffenen selbst wieder zu Gefahren werden beziehungsweise genauer: zu „Gefahren zweiter Ordnung“.

Was ist unter „Gefahren zweiter Ordnung“ zu verstehen? Dieser Terminus scheint dann angebracht, wenn bestimmte Risikosysteme zeitlich, sozial und/oder sachlich versetzte Nebenfolgen haben, die den Rahmen der im System zugelassenen (Negativ-) Ereignisse so weit transzendieren, daß das zugrundeliegende Risikokalkül gesprengt und gleichsam die Geschäftsgrundlage verändert wird. Oder anders ausgedrückt: Gefahren zweiter Ordnung sind transformierte Risiken, die in dem Maße zu Gefahren werden, wie die Ergebnisse eines Risikosystems nicht nur die Grenzen dieses Systems außer Kraft setzen, sondern zu einer neuen Ausgangslage führen, die nicht mehr einfach als Risikolage beschreibbar ist.

Auf Tschernobyl trifft eine solche Charakterisierung auf jeden Fall zu. Zwar wurde auch hier im nachhinein sofort auf die sicherheitstechnisch bedenkliche Konstruktion des Unglücksreaktors oder auf angebliche Schlapereien der Bedienungsmannschaft hingewiesen. Aber am Problem der „veränderten Geschäftsgrundlagen“ gingen diese Argumentationen vorbei.

Daß weite Landstriche in Rußland, Belorußland und der Ukraine verstrahlt sind, läßt sich mit dem Verweis auf mögliche Sicherheitsverbesserungen nämlich kaum rückgängig machen. Vielmehr haben sich die Handlungsbedingungen selbst gravierend verändert. Denn mit den Problemen des Unglücksreaktors wie der Region kann offensichtlich nicht mehr aktivrisikoorientiert, sondern allenfalls reaktiv-gefahrenfixiert umgegangen werden, und die qua Risikohandeln produzierten Probleme treten selbst als neue Naturgewalt auf, die (zumindest vor Ort) irreversibel ist, also hingenommen werden muß, ohne verändert werden zu können.

Das Stichwort von den „Gefahren zweiter Ordnung“ läßt sich auf ei-

ne recht breite Palette von Unsicherheitsphänomenen anwenden, und es spricht einiges dafür, daß es vor allem auf die „neuen“ Risiken jenseits der „einfachen“ Risikogesellschaft paßt. So ist die gestiegene radioaktive (Hintergrund-)Strahlung ebenso als Gefahr zweiter Ordnung beschreibbar wie die ökologischen Folgen des Autoverkehrs, die Gefahren von Asbest oder die Auswirkungen der FCKW-Produktion in Gestalt des hierdurch mitverursachten Ozonlochs.

Für alle diese Fälle gilt: Niemand hat die später sichtbar gewordenen Negativeffekte berücksichtigt, geschweige denn bewußt in Kauf genommen; sie haben sich vielmehr hinter dem Rücken der realisierten Risikokalküle durchgesetzt, langsam und schleichend, wengleich ab bestimmten Punkten oft exponentiell wachsend. Und ihre Realisierung als Unsicherheitspotentiale setzt meist erst ein, wenn sie sich von den verursachenden Risikosystemen längst gelöst haben und eben zu Gefahren geworden sind, die arm wie reich bedrohen und aus „Risikogesellschaften“ in mancher Hinsicht „Gefahrenengesellschaften“ werden lassen.

Wie mit den Unsicherheiten derartig neuer Gefahrenengesellschaften umzugehen ist, ist eine weitgehend offene Frage, auf die derzeit noch keineswegs eine stimmige Antwort gegeben werden kann. Aber eins läßt sich schon jetzt sagen: Eine solche Antwort wird sich nur in dem Maße finden lassen, wie es gelingt, von den seit der Aufklärung entwickelten Sicherheits-, Eindeutigkeits- und Fortschrittsversprechen Abschied zu nehmen.

PERSPEKTIVENWECHSEL BEI DER RISIKOWAHRNEHMUNG

Problematisch erscheint vor allem die tief eingeschliffene Basisüberzeugung „einfacher“ Risikogesellschaften, daß der für die Risikobewältigung als entscheidend erachtete wissenschaftliche Fortschritt zwangsläufig zu einem besseren Wissen und einer immer präziseren Beherrschung der inneren und äußeren Natur führen werde.

War vor diesem Hintergrund beim Umgang mit Risiken bis vor wenigen Jahren ein systematischer Fortschritts-optimismus angesagt, so ist dieser vor allem bei den „neuen“ Risiken nach-

haltig zu relativieren. Denn galt früher die These, daß die Idee einer sukzessive zunehmenden und graduell verbesserbaren Sicherheit nur aus zeitlichen, finanziellen oder sonstigen Gründen noch nicht realisiert worden ist, so muß heute eher mit der Maxime gearbeitet werden, daß die anvisierte vollständige Sicherheit grundsätzlich nicht realisierbar ist.

Für einen solchen Perspektivenwechsel spricht vor allem die unerwartete und für die etablierten Strategien der Risikobewältigung höchst problematische Erfahrung, daß durch Verwissenschaftlichungsprozesse nicht unbedingt mehr Präzision und Treffsicherheit im Umgang mit Unsicher-

heit erzielt wird. So haben organisationssoziologische Untersuchungen gezeigt, daß es entgegen früheren Erwartungen einen sinkenden Grenznutzen an Sicherheitszuwachs gibt. Denn insbesondere in hochkomplexen Systemen kann es durchaus vorkommen, daß diese durch den Einbau eines zusätzlichen Sicherungssystems nicht sicherer, sondern unsicherer werden (Perrow 1987).

Genau deshalb sind neue Risikoanalysen und -debatten notwendig, die mit der seit Max Weber etablierten Lesart der okzidentalen Rationalisierung als „unendliche Entzauberung“ brechen und angesichts der Verwissenschaftlichungs-Erfahrung des 20.

Jahrhunderts auf die Kosten des damit verknüpften Wissenschafts- und Sicherheitsoptimismus hinweisen. So darf sich das Aufmerksamkeitsspektrum nicht länger allein auf die Optimierung von Sicherheit, Eindeutigkeit und Komplexität richten. Statt dessen ist eher auf deren Gegenteil zu achten, also auf Unsicherheit, Uneindeutigkeit und Kontingenz. Denn diese Momente sind vielleicht nicht für die „alten“, wohl aber für die „neuen“ Risiken von entscheidender Bedeutung.

Es gilt, sich hiermit rechtzeitig vertraut zu machen. □

ZITIERTE UND WEITERFÜHRENDE LITERATUR

Banse, Gerhard und Gotthard Bechmann: Interdisziplinäre Risikoforschung. Eine Bibliographie. Wiesbaden, Westdeutscher Verlag 1998.

Bechmann, Gotthard (Hg.): Risiko und Gesellschaft. Grundlagen und Ergebnisse interdisziplinärer Risikoforschung. Opladen, Westdeutscher Verlag 1993.

Beck, Ulrich: Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne. Frankfurt/Main, Suhrkamp 1986.

Begemann, Christian: Furcht und Angst im Prozeß der Aufklärung. Zu Literatur und Bewußtseinsgeschichte des 18. Jahrhunderts. Frankfurt/Main, Athenäum 1987.

Bonß, Wolfgang: Vom Risiko. Unsicherheit und Ungewißheit in der Moderne. Hamburg, Hamburger Edition 1995.

Delumeau, Jean: Angst im Abendland. Reinbek, Rowohlt 1985.

Evers, Adalbert und Helga Nowotny: Über den Umgang mit Unsicherheit. Die Entdeckung der Gestaltbarkeit der Gesellschaft. Frankfurt/Main, Suhrkamp 1987.

Japp, Klaus: Soziologische Risikotheorie. Funktionale Differenzierung, Politisierung und Reflexion. Weinheim/München, Juventa 1996.

Krohn, Wolfgang und Georg Krücken (Hg.): Riskante Technologien: Reflexion und Regulation. Eine Einführung in die sozialwissenschaftliche Risikoforschung. Frankfurt/Main, Suhrkamp 1993.

Luhmann, Niklas: Soziologie des Risikos. Berlin, New York, de Gruyter 1991.

Perrow, Charles: Normale Katastrophen. Die unvermeidbaren Risiken der Großtechnik. Campus, Frankfurt/Main 1987.



Foto: AP/Süddeutscher Verlag Bilderdienst

Bedrohliche Rauchzeichen: Der stadtnahe Vulkan Usu auf Japans Nordinsel Hokkaido, 1977.

DER AUTOR

Wolfgang Bonß, geboren 1952, Dr. phil., ist Professor für Allgemeine Soziologie an der Universität der Bundeswehr München-Neubiberg. Seine Arbeitsgebiete sind: Risiko- und Unsicherheitsforschung, Soziologie der Arbeit und Arbeitslosigkeit, sozialer Wandel und Modernisierungsforschung.



Das Floß der Medusa, Gemälde von Théodore Géricault, Öl auf Leinwand, 491 x 716 cm, 1818. Die Überlebenden der Fregatte Meduse erblicken nach zwölftägiger Irrfahrt das rettende Schiff Argus, 1816.

WAHRSCHEINLICH SICHER

Risiko und Kalkül der Katastrophen auf See

VON JOBST BROELMANN

Die unüberschaubare Weite des Meeres und seine elementare Naturgewalt prägten in der Geschichte nachhaltig zwei Phänomene, die heute für die Einschätzung der Sicherheit auf See von Bedeutung sind: die Wahrnehmung in den Medien und im Bewußtsein der Öffentlichkeit und die Akzeptanz gegenüber Unfällen und Risiko.

Well, Mr. Forbes, das ist der dritte Schiffbruch, den ich erlebe.“ Ohne auch nur einen Moment zu zögern, antwortete ich: „Well, Mr. Good, ich hoffe, es war nicht der letzte.“

Dieser Dialog aus einer Seegeschichte läßt ahnen, welche Hoffnungen und Belehrungen in der Vergangenheit aus Schiffskatastrophen zu schöpfen waren. Von jeher waren Schiff und Mannschaft den Naturgewalten ausgesetzt und verkörperten als sprichwörtlicher Spielball der Wellen und der Unberechenbarkeit des Meeres das Risiko der Seefahrt und gleichzeitig die menschliche, schicksalhafte Abhängigkeit.

Die Metapher der Seefahrt als Bild des menschlichen Lebens und der „Lebensreise“ wird seit der Antike in vielfältiger Weise weitergegeben und variiert. Das kaum faßbare Geschehen auf See war in vielen Bildern im Bewußtsein des täglichen Lebens präsent, vielleicht stärker als heute, wo ein „gescheitertes“ Projekt kaum noch an die Metapher des zersplitterten Schiffes erinnert.

Andererseits förderte schicksalhafte Einfügung die Akzeptanz von Un-

fällen. Die „gesellschaftliche Verarbeitung“ der Katastrophen auf See erfolgte also als kulturelle Assimilation und Konditionierung, in der oft auch aus politischen Gründen die Seefahrt über das menschliche Leben gestellt wurde – *navigare necesse est* (Seefahrt tut not).

Die christliche Metaphorik übernahm das Motiv der Errettung, beginnend mit der Sintflut, zu deren Überwindung Noah von Gott sogar technische Bauvorschriften erhielt. Eine „glückliche Reise“ war Ausdruck göttlicher Gnade, Schiffbrüche wurden wie Naturkatastrophen als Sanktionen eines „unentrinnbar strafenden Schicksalsgottes“ aufgefaßt. Noch Ende des 18. Jahrhunderts geschah eine Schiffsreise *with permission of god*, mit Gottes Segen, so schrieb es das Muster des Schiffstagebuches vor. Volkstümliche Darstellungen auf Votivtafeln belegen die enge Verbindung der „Veröffentlichung“ des überlebten Schiffunglücks mit dem Dank an die göttliche Gnade. Gott wurde sogar gebeten, mit der Ladung gestrandeter Schiffe „den Strand zu segnen“, auch wenn dies den Tod des „Nächsten“ auf See bedeutete.

Als Antithese zum „Schiff des Heils“ der Kirche folgte in der Renaissance das säkularisierte „Staatschiff“ und weiter das „Narrenschaft“, mit dem die Sünden und Eitelkeiten der Menschen angeprangert wurden. Solche traditionellen Bilder wurden wachgerufen, wenn zur Jahrhundertwende das Scheitern des Schiffes als Werk der Technik zu verarbeiten war und sich mit dem Wahrheitsanspruch einer rationalen Wissenschaft und Technik die Schiffbruchmetapher in

die Darstellung der Grundsituation einer Welt ohne göttliche Führung wandelte.

Physikalisch-technische Parameter zur Kennzeichnung der Seetüchtigkeit eines Schiffes existierten nicht, sie unterlag der empirisch-intuitiven Kunst des Schiffbauers und des Kapitäns als *master next god*, des höchsten Herrn außer Gott, und schließlich der Gnade Gottes.

SCHIFFE IN SEENOT: „GELD ODER LEBEN“

Nur eine direkte und offensichtliche Relation bestand: Viel Ladung und damit der Profit verringerten den „Freibord“, die verbleibende Höhe der Bordwand, verminderten die Sicherheit des Decks als Arbeitsplattform und vergrößerten das Risiko im Sturm. Im „Seewurf“ konnte die Mannschaft Ladung über Bord werfen, um sich und das Schiff zu retten. Über „Geld oder Leben“ wurde also noch von den Beteiligten vor Ort entschieden.

Technische Innovationen konnten die empirische Sicherheit der Bauformen sogar in Frage stellen, wenn zum Beispiel die Einführung von Geschützen in die Bordwand geschnittene Pforten erforderte, die spektakuläre Kenterunfälle hervorriefen, wie 1628 bei dem schwedischen Paradeschiff *Wasa*.

Die Ergebenheit in göttliche Fügung wirkte sich auch in den Rettungsmitteln aus. Boote dienten in erster Linie als Zubehör zum Schiffsbetrieb, etwa auf Reede, weniger zur Rettung. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Überlebenschance in der Zeit der Segelschiffahrt wesentlich schlechter war als später, als Dampfer auf Schiffsstraßen verkehrten und mit Funkverbindung Hilfe für das bisher weitgehend isolierte Schiff herbeigerufen werden konnte.

Die Schiffsreise als Inbegriff der Gefährdung des menschlichen Daseins wurde beispielhaft im berühmten Gemälde Théodore Géricaults (1791-1824) „Das Floß der Medusa“ (1818) dargestellt und ohne weitere

Der spanische Supertanker *Castillo de Bellver* geriet 1983 vor der südafrikanischen Küste mit einer Ladung von 200.000 Tonnen Rohöl in Brand. Feuer ist eine der häufigsten Unfallursachen im nassen Element.

Anklage akzeptiert (siehe Abbildung-Seite 26/27).

Es entsprach der Norm, daß für die 400 Passagiere, mit denen die *Medusa* 1816 nach Senegal fuhr, nur wenige Boote vorhanden waren, weniger, daß der Kapitän und reiche Freunde das aufgelaufene Schiff über Nacht mit den Booten verließen. Zurück blieben verzweifelte, auf einem selbstgezimmernten Floß ihrem Schicksal Überlassene.

Solche Konditionierungen und soziale Einstufungen der Passagiere wiederholten sich bei den Auswanderern des 19. Jahrhunderts, die, kaum anders als bei Sklaventransporten, praktisch rechtlos im Zwischendeck eingeschlossen waren und bei denen ein „natürlicher Schwund“ durch Seuchen von etwa zehn Prozent einkalkuliert wurde. „Zur See zu fahren, ist wie ein Gang ins Gefängnis mit der Aussicht, ertränkt zu werden“, bemerkte Samuel Johnson. Die Akzeptanz des Todes auf See war, ähnlich wie heute im Straßenverkehr, offenbar größer als etwa bei einstürzenden Neubauten. Um 1812 schätzte man die Zahl der jährlichen Opfer auf See in Großbritannien auf 6.000, allein 1856 gingen hier etwa 1.100 Schiffe verloren.

In den ersten Richtlinien über Rettungsboote wurde in England deren Zahl dann traditionsgemäß auf das Schiff und seine Größe und nicht auf

die Menschen an Bord bezogen; sie waren daher durchschnittlich nur für 50 Prozent, bei überfüllten Auswandererschiffen nur für 20 Prozent der Insassen vorhanden.

Die Entwicklung der maschinellen Technik ließ einen euphorischen Fortschrittsglauben entstehen. Mit der Eigenmächtigkeit der Dampfmaschine war vor allem zunächst die Unabhängigkeit vom Wind errungen. Der mittelalterliche Mythos von der Pilgerschaft der Menschheit hieß nun Evolution und Fortschritt. Diese Technik diente jedoch nicht zur Erhöhung der Sicherheit, sondern als Hebel der Ökonomie. Es scheint, als habe sich der kaufmännische Geist der Schiffeigner trotz der Möglichkeiten der Technik schnell die jahrhundertelange Konditionierung zunutze gemacht, um Unfälle auf See der „Natur der Sache“ zuzuschreiben.

„NATURGEWALTEN“ – ODER TECHNISCHE MÄNGEL?

Die „Verarbeitung“ der Schiffsunglücke als neuerdings technische Katastrophen orientierte sich an der eingeübten Akzeptanz, die den Naturgewalten entgegengebracht wurde. Allzu oft wurde unter „Naturgewalt“ verbucht, was offensichtlichen Mängeln anzulasten war. Fehlende Präsenz der Öffentlichkeit ließ meist keine Rückschlüsse auf Ursachen zu, das Resü-

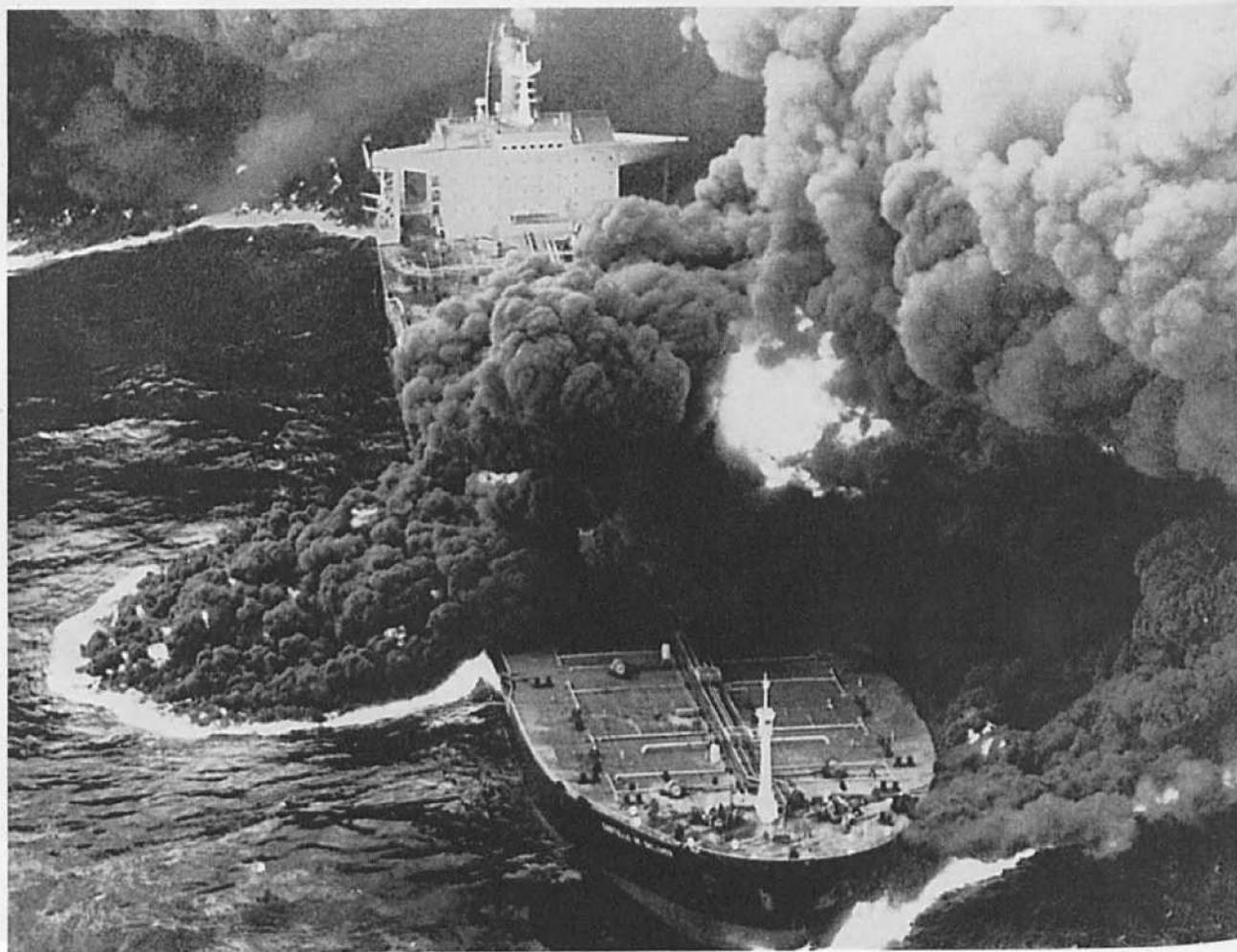


Foto: AP/Süddeutscher Verlag, Bilderdienst

mee „verschollen auf See“ mündete in das tradierte Bild der Unendlichkeit und der Allmacht der Meere.

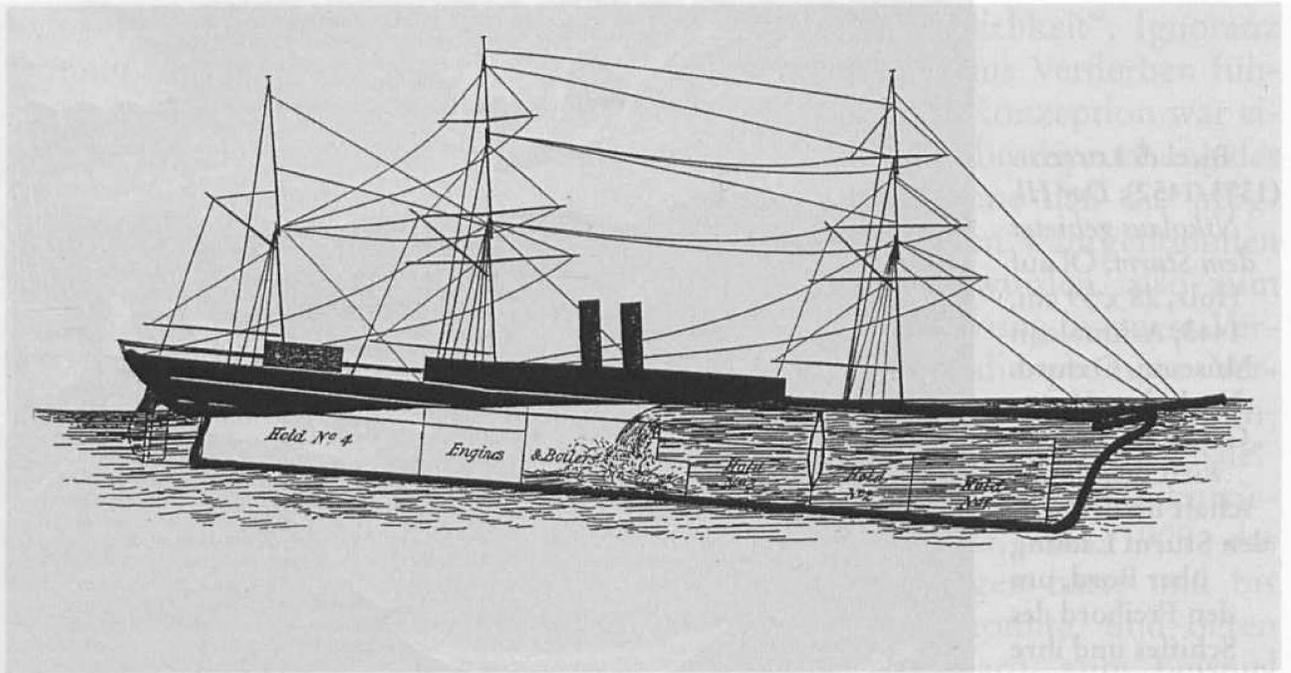
Die absolute Autorität des Kapitäns und sein Ethos des Verbleibens an Bord schlossen meist den Fall ab und entzogen ihn einer weiteren Beurteilung. Zu fürchten waren für den Reeder also weniger der ferne Sturm auf den Meeren, gegen dessen finanzielle Folgen er sich versichern konnte, sondern eher die Wogen der Entrüstung in der Öffentlichkeit und der Presse.

Die Nachbesserung unvollkommener Technik im Hinblick auf höhere Sicherheit geschah also im *trial and error*-Verfahren, wobei *error* meist Verluste von Hunderten Menschenleben bedeutete, *trial* einen mäßigen, unter gesellschaftlichem Druck, aber mit Blick auf Kosten und die Wettbewerbsfähigkeit vollzogenen, verhaltenen Versuch der Verbesserung.

Diese Beharrung war zudem begründet in breit abgesicherter Empirie, der schwierigen wissenschaftlich-theoretischen Modellierung der Vorgänge und der technischen Definition von Sicherheit, dann auch in der Gesetzgebung, die auf internationaler Ebene abgestimmt werden mußte und meist noch den technischen Stand aller vorhandenen Schiffe zu tolerieren hatte. So kam es erst um 1930 zu ersten internationalen Übereinkommen für die wichtigsten Sicherheitskriterien in der Seefahrt.

Allen hier beispielhaft aufgeführten Unglücken, die sich auf das Problem der Schwimmfähigkeit beschränken und zum Beispiel Feuer als häufige Unfallursache ausklammern, gingen ähnliche Fälle voraus, die – aus heutiger Sicht – als Lehrbeispiel hätten dienen können.

Wirklich technik-euphorische Entwürfe, die die Möglichkeiten der neuen Technik bei prognostizierbaren Unfallursachen ausloteten, wie Brunels *Great Eastern*, 1854, deren doppelter Boden den ganzen Rumpf bis zum Deck schützte, sanken zwar nicht, scheiterten aber wirtschaftlich, eine Katastrophe, die nachhaltiger war als jedes andere Unglück. Auch die Bestrebungen, die isolierte Position eines Schiffes in einem Verkehrsnetz zu überwinden, Sturmwarndienste und transatlantische Schiffswege setzten sich nur allmählich durch.



Ein anschauliches Beispiel für das Aushandeln von Profit und Sicherheit war der „Freibord“. Bei Segelschiffen hatte wenig kommerzieller Anreiz bestanden, zu tief abzuladen, da im Notfall entweder Ladung abgeworfen oder früher Segel gerefft werden mußten und die längere Dauer der Reise den Gewinn schmälerte. Das Problem verschärfte sich mit der neuen Technik der eisernen Frachtdampfer, bei denen dieses Argument wegfiel, deren schnelles Größenwachstum die empirische Regel-Proportion verließ und deren Kapitäne nicht mehr generell in Personalunion auch Eigner der Schiffe waren.

Die Eigner waren interessiert, ohne persönliche Gefahr den Gewinn zu steigern und das Risiko der Versicherung zu überlassen. Die Praxis, überladene Schiffe hoch zu versichern und das Leben der Mannschaft zu riskieren, *coffin ships*, schwimmende Särge zu betreiben, war heftig umstritten.

Bild ganz oben: Fallstudien für die Unterteilung der Schiffe zur Erhöhung der Sinkesicherheit waren ausreichend vorhanden. Bereits 1883 war bekannt, daß für eine „große Zahl von Erster-Klasse-Schiffen im Falle einer Kollision keine Chance bestand, die Reise zu beenden“. Wieweit waren aber Sicherheitsvorkehrungen mit der Wirtschaftlichkeit der Schiffe zu vereinen?

Bild oben: Der Tanker *Amoco Cadiz*, der 1978 auseinandergebrochen war und die britischen Kanalinseln mit ausgelaufenem Öl zu verseuchen drohte, wird durch Bombenabwürfe versenkt. Während die Bilder von Schiffsunglücken in der Presse nur einige Tage präsent sind, kann die Klärung der Schuldfrage und die Verarbeitung der Folgen einen jahrelangen Verhandlungsprozeß vieler Parteien erfordern.

Die Reeder waren gegen eine Regelung des Freibords durch Behörden, bis das englische Parlamentsmitglied Samuel Plimsoll als sozialpolitischer Reformator 1873 die Praktiken der Reeder anprangerte. Auf Bestrebungen des *Board of Trade*, der Gewerbeaufsichtsbehörde, und nach einer Un-

Bicci di Lorenzo (1383-1452): *Der Hl. Nikolaus gebietet dem Sturm*, Öl auf Holz, 28 x 59 cm, 1443; Ashmolean Museum, Oxford. Nach dem Motto „Geld oder Leben“ wirft die Mannschaft im drohenden Sturm Ladung über Bord, um den Freibord des Schiffes und ihre Überlebenschancen zu erhöhen – bis der Hl. Nikolaus rettend eingreift.



glücksserie von 548 Schiffsuntergängen im Jahr 1882 kam schließlich 1890 eine Verfügung zustande. Die zulässige Beladung des Schiffes wurde als „Plimsoll-Linie“ nun sichtbar an der Bordwand markiert.

Es war allerdings schwierig, bei den vorhandenen Kenntnissen über den Seegang für alle Schiffstypen eine technisch befriedigende und physikalisch begründbare Regelung des Freibordes zu finden. Bis zur Konvention von 1930 war die emotional geführte Diskussion über die notwendige Sicherheit allmählich sachlicher geworden, deren Sinn mehr darin lag, in einem internationalen Standard Wettbewerbsgleichheit zu erreichen.

Erst seit etwa den 50er Jahren lassen sich durch Fortschritte in der Schiffstheorie und der Seegangsstatistik bestimmte Ereignisse, wie zum Beispiel die Häufigkeit der Überflutungen des Vorschiffes, vorhersagen. Man versucht, mit Hilfe wissenschaftlicher Ansätze einen „ausreichenden“ Freibord zu definieren, ohne die Wirtschaftlichkeit des Schiffes zu sehr einzuschränken.

„SO GUT WIE“ UNSINKBAR: ZU WENIG SICHERHEIT

Der Begriff der Redundanz, wonach Systeme, die redundante, „überflüssige“, Elemente enthalten, die bei Versagen einer Komponente einspringen, sicherer sind, setzte sich nur sehr zögernd durch; Reeder sahen vor allem das Attribut des „Überflüssigen“. Eher waren Redundanzen noch als Absi-

cherung des Neuen durch bewährte herkömmliche Technik zu finden – also Besegelung zum Dampfantrieb –, als gleichzeitig bei jeweils neuen Einrichtungen durchzusetzen, so etwa bei Schotten und Rettungsmitteln.

Die Unterteilung des Schiffskörpers in unabhängige Abteilungen setzte sich erst beim Eisenschiffbau durch. Im Vergleich zum Holzschiff war die dünnwandige Außenhaut des eisernen Schiffes leichter zu durchstoßen. Aus diesem Grund bemühte man sich bei Kriegsschiffen, die nach Beschuss eintretenden Wassermassen in einzelnen Zellen zu begrenzen.

Bei Handelsschiffen waren interne Quer- oder Längsschotte immer auch eine wirtschaftliche Frage, da sich außer den Baukosten die Behinderung der Ladevorgänge und internen Verkehrswege als nachteilig erwies. Im einfachsten Fall sollte ein Schiff dann „unsinkbar“ sein, wenn durch ein Leck eine Abteilung vollief. Da aber weiter die Möglichkeit bestand, daß eine Kollision auch ein Schott beschädigte, galt die „Unsinkbarkeit“ des Schiffes auch mit zwei gefüllten Abteilungen als das „Ideal, das angestrebt werden mußte“.

Diese Einschränkungen wurden in der Werbung und der Presse gerne weggelassen, wenn es um den Begriff der Unsinkbarkeit ging. Ausdrücke wie „praktisch“ oder „so gut wie“ unsinkbar bemäntelten eine Definitionsunsicherheit, was alle Möglichkeiten und ihre Wertigkeiten betraf, die erst um 1960 von Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen erfaßt wurden.

Der englische *Board of Trade* lehnte eine einseitige nationale Regelung der Unterteilung als Benachteiligung ab und versuchte, den Bau von Fahrgastschiffen mit Zweiabteilungsstatus dadurch zu fördern, daß er für sie eine Verringerung der vorgeschriebenen – nach unseren heutigen Maßstäben ohnehin unzureichenden – Rettungsmittel zuließ. Neben der Abschottung war ein weiteres, redundantes System von Rettungsmitteln nicht durchzusetzen. Es lag zwar nahe und geschah auch, für die *Titanic* 62 Rettungsboote vorzuschlagen, aber es war billiger, es bei den 16 vorschriftsmäßigen als dem allgemeinen Standard zu belassen.

Die Interaktion dieser beiden Sicherheitsvorkehrungen konnte bei dem deutschen Dampfer *Elbe* studiert werden, der 1895 bei einer Kollision sank. Unzureichende Abschottung und Mängel bei den Rettungsbooten führten dazu, daß 332 Menschen ertranken und nur 20 in einem Boot gerettet wurden. Bootsmanöver waren allgemein nicht üblich, mit dem Argument, daß solche Übungen die Passagiere in Panik versetzen könnten – zu Recht, denn sie hätten das Verteilungsproblem im Ernstfall deutlich offenbart.

Eben dies Muster wiederholte sich dann 1912 bei der *Titanic*, diesmal mit 2.201 Menschen an Bord. Eine Reihe von Umständen und Fehleinschätzungen führte zur Kollision und zur Desorganisation bei der Verteilung des unzureichenden Bootsraumes, der noch nicht einmal voll ausgeschöpft wurde.

Dies Geschehen, durch kürzlich aus dem Wrack geborgene „Reliquien“ und einen mit großem Aufwand gedrehten Film neu belebt, kann inzwischen als die „Lieblingskatastrophe“ des Jahrhunderts gelten. Ähnlich wie über Pompeji geurteilt worden war, bot sie eine Momentaufnahme und Reflexion einer Epoche mit allen Details; die Zeitspanne bis zum Sinken garantierte ein abendfüllendes Programm der Schicksale und „Lebensreisen“ einfacher wie reicher, berühmter Persönlichkeiten und ein klassisches Szenario, in dem der vorgebliche Glanz der Technik verblaßte und eine menschliche Tragödie zurückließ.

Die Legenden bestanden darauf, daß die Bordkapelle zuletzt „*Nearer my god to thee*“ gespielt habe; Karl Kraus spottete jedoch über „furchtbare Versäumnisse: Gott hat nicht Schiffbau studiert“.

In der *Titanic* präsentierte sich das „Narrenschiff“ des 20. Jahrhunderts, der Fall eitler Technik, bei der alles fehlging, was fehlgehen konnte, vor allem auch aus der Sicht konkurrierender Seefahrtsnationen, die höhere Standards vorschrieben und diese

unspeakable folly (unaussprechliche Dummheit) geißelten.

Als bevorzugte Zielscheibe der Kritik am Geschwindigkeitsrausch und an der Technikeuphorie, den „industriekulturellen Hoffnungen“ des Jahrhunderts, für die seither die *Titanic* vorzugsweise diente, war sie tatsächlich wenig geeignet. Die *Titanic* war zu ihrer Zeit nicht modern, verkörperte altes Denken, das sich auf konservative Regeltabellen berief und mit deren Skalierung in grotesk überproportionale Dimensionen sich auf die Überzeugung einer „Sicherheit durch pure Größe allein“ stützte. Vor allem dies war wohl die schockierendste Ent-Täuschung, die dazu führte, daß die programmatische Namengebung *Gigantic* für das Nachfolgeschiff kleinlaut geändert wurde.

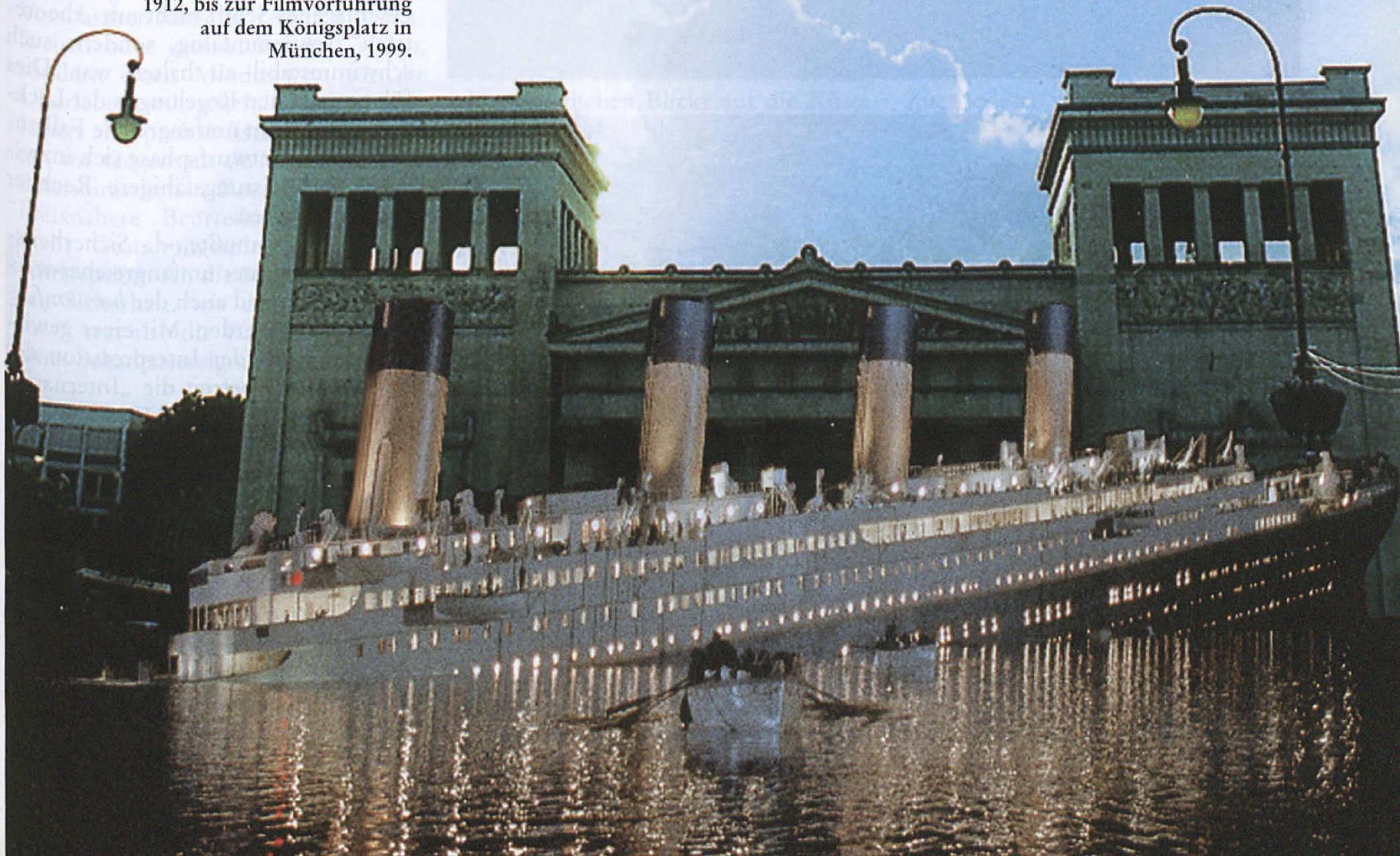
Im verschärften Wettbewerb des Atlantikverkehrs setzte man mit den Schiffen der *Titanic*-Serie auf mittelmäßige Technik in pompöser Aufmachung, als Rückzug auf Prunk und Luxus und deutliche Absage an den „Temporaus“; sie waren keineswegs die Schnellsten oder besonders gut konstruiert, sondern technisch „zulässig schlecht“, ein Beispiel dafür,

daß auch „Gemütlichkeit“, Ignoranz und Sorglosigkeit ins Verderben führen konnten. Ihre Konzeption war eine bornierte „Überbeanspruchung des alten Systems“, ohne daß die Möglichkeiten des neuen wahrgenommen und voll genutzt wurden, also zum Beispiel die Vernetzung in einem Verkehrssystem und die prompte Verwertung der eingehenden Eiswarnungen oder andererseits der Notsignale.

Ein Vergleich mit der konkurrierenden *Mauretania*, die 1909 das Blaue Band errungen hatte und bis 1929 verteidigen konnte, und deren technischem Standard, zum Beispiel zusätzliche Längsschotten, effektivere Ruder und bessere Manövrierfähigkeit, würde vor allem zunächst zeigen, daß für die Beurteilung und den qualitativen Vergleich technischer Systeme, wie der Wirksamkeit der Schottunterteilungen, keine quantitativen Kriterien existierten, also auch keine Hilfsmittel für eine Risikoabschätzung im Entwurfsprozeß.

Wie sehr aber das ökonomische Risiko pauschal zu kalkulieren war, zeigt der Kommentar der britischen Institution der Schiffbauer nach dem Untergang, der nicht etwa Bestürzung

Der Untergang der *Titanic* hat Medien-geschichte gemacht – von der Gartenlaube, 1912, bis zur Filmvorführung auf dem Königsplatz in München, 1999.



erkennen ließ, sondern nüchtern bemerkte: „*Human life at sea is on the average exceedingly safe* (Das Leben des Menschen auf See ist überdurchschnittlich sicher)“ und im übrigen kein Wort über das katastrophale Unglück verlor.

Daß bereits ein Jahr danach eine internationale Konferenz an einem „Vertrag zum Schutze des menschlichen Lebens auf See“ arbeitete, lag nicht zuletzt auch daran, daß der deutsche Kaiser interessiert war, den künftigen deutschen Paradeschiffen wie dem *Imperator*, der noch einmal fast 10.000 Tonnen größer als die *Titanic* war, mit einem Gütesiegel auszustatten. Durch den Weltkrieg wurde

die Ratifizierung jedoch bis 1929 verhindert.

Offen blieb die Frage, ob allein mit der formalen Erfüllung der populistischen Forderung „Bootsraum für alle“ die inzwischen hastig aufeinandergestapelten Boote im Notfall auch wirklich alle hätten zu Wasser gebracht werden können. Die Antwort wurde bald gegeben. Bereits im Mai 1914 wiederholte sich das Szenario bei einer Kollision der *Empress of Ireland*. Diesmal kamen 1.078 Menschen um, die nicht schnell genug in die Boote gelangten, darunter 840 Passagiere, mehr als bei der *Titanic*, die allerdings viel „populärer“ blieb. Der heraufziehende Krieg überschattete

dieses Unglück und bewies, daß Schiffskatastrophen in der Öffentlichkeit keineswegs gleich aufgenommen werden und besonderer Wahrnehmung und Bilder bedürfen.

Dies zeigte zuletzt das Beispiel der *München*, das nach 60 Jahren des „Fortschritts“ nach der *Titanic* wesentlich beunruhigender sein mußte. Die *München*, ein moderner, 1972 gebauter Frachter, mit einer Länge von 261 Metern ebenso groß wie die *Titanic*, verschwand 1978 spurlos in einem Orkan im Nordatlantik. Auch nach intensiven Suchaktionen blieben das Schiff und alle Besatzungsmitglieder verschollen, der Hergang ohne Klärung; der Fall ist fast vergessen.

Nicht zuletzt ist es neben der Un-ergründlichkeit der See dann auch eine bewußte Geheimhaltung, die zum Beispiel mögliche Vorfälle an den über 600 Atomreaktoren auf See der Öffentlichkeit vorenthält.

Wie wenig selbst die Erfüllung des „Zweiabteilung-Status“ garantieren konnte, der auch für Reaktorschiffe galt, wurde 1956 am Beispiel der *Andrea Doria* (Bild links) deutlich: Zunächst wieder ein Kollisionsszenario, in dem sich die Autoritäten zweier Kapitäne aufheben. Obwohl dabei nur eine ihrer Abteilungen geflutet wurde, sank die *Andrea Doria*. Diese nächste Lektion lehrte, daß ein leckgeschlagenes Schiff nicht nur „theoretisch“ schwimmfähig, sondern auch schwimmstabil zu halten war. Dies führte zu neuen Regelungen der Leckstabilität, deren umfangreiche Fallstudien in der Entwurfsphase sich inzwischen auf leistungsfähigere Rechner stützen konnten.

Allerdings mußte, da Sicherheitsunterlagen immer umfangreicher werden, zunehmend auch der *human factor* beachtet werden. Mit einer gewissen Ironie bei der Interpretation des *human factor* befreit die „Internationale Konvention von 1960“ Schiffe mit „Gottgläubigen“ wieder von den Sicherheitsvorschriften, nämlich dann, wenn diese bei überfüllten Pilgerschiffen nicht durchzusetzen sind.

Sicherheit wird also mit der technischen Entwicklung nicht automatisch und adäquat akkumuliert. Neuerungen, aus verkehrstechnischen Gründen der Schnelligkeit vorteilhaft, widersprachen der Sicherheit, wie zum Beispiel große Bugklappen und Auto-



Der italienische Luxusliner *Andrea Doria* sank 1956 nach einem Zusammenstoß vor der südostenglischen Küste. Die Fähre *Herald of Free Enterprise* kenterte 1987 vor dem belgischen Seehafen Zeebrugge. Mangelhafte Technik oder menschliches Versagen – oder beides?

decks, auf denen frei flutende Wassermengen die Stabilität drastisch verringern können. Stärker als Fahrgastschiffe waren daher Autofähren von Kenterunfällen betroffen. Kaum anders als nach der Einführung der Stückpforten, demonstrierte 1987 die *Herald of Free Enterprise* (*nomen est omen*), gerade den Hafen von Zeebrugge verlassend, mit einer offenen Bugklappe eine Wiederholung des Unglücks der *Wasa* (Bild links unten).

Spätestens nach dem größeren Kenterunfall der Fähre *Estonia*, der 852 Menschenleben kostete, wurde deutlich, daß es bei solchen Schiffen nicht ausreichte, formal nur einen Wassereinbruch unterhalb des tiefliegenden Schotten- und Wagendecks einzukalkulieren, sondern auch, wenn sich Wasser auf dem Wagendeck befand.

Längst war die Einsicht gereift, daß vollkommene Sicherheit eine Utopie war und vielmehr die Frage zu beantworten war, wieviel Sicherheit vorgesehen werden sollte, und wie die maßgebenden Parameter physikalisch zu fassen und zu quantifizieren waren.

Danach wurden die Grenzwerte so festgelegt, daß ein Unglücksfall „selten genug“ auftrat, wobei sich das Anspruchsniveau an der Unfallhäufigkeit orientierte, für die noch Akzeptanz galt. So schreiben die neueren Vorschriften keine einzelnen physikalischen oder geometrischen Größen, sondern einen Mindestwert für die Überlebenswahrscheinlichkeit vor, sie haben also probabilistischen Charakter, im Gegensatz zu den bisherigen deterministischen Regeln. Diese realitätsnähere Beurteilung läßt dabei mehr Gestaltungsspielraum bei der Konzeption. An die Stelle der absoluten Sicherheit, wie der „Unsinkbarkeit“, trat also die Wahrscheinlichkeit eines Schadensereignisses.

UMKEHR: DIE BEDROHTE NATUR

Das Bild der Bedrohung des Schiffes durch Naturgewalten begann sich umzukehren, als im Ölboom der 60er Jahre große Tanker leckschlugen und ihre Ladung die Natur gefährdete. Bei sensibilisierter Wahrnehmung der Umwelt rückten die neuerdings zweifelhaften „Segnungen“ an den Küsten und ölverklebte Seevögel in das Blick-



Tankerunfälle an der Küste ereigneten sich, bei sensibilisierter Wahrnehmung der Öffentlichkeit, im unmittelbaren Blickfeld der Medien. Die traditionelle „Segnung“ des Strandes verkehrte sich ins Gegenteil der „schwarzen Ölpest“.

feld der Massenmedien und riefen apokalyptische Vorstellungen einer schwarzen Öl-„Pest“ wach. Zum erstenmal versagte das Verfahren, im sprichwörtlichen Sinne „Öl auf die Wogen der Erregung“ zu gießen, es kam zu öffentlichen Boykotts.

Kaum berechenbar war der Schaden an der Natur, beim Unfall des Tankers *Sea Empress* wurde daher die Höhe der Strafe nach „der öffentlichen Besorgnis nach dem Unfall“ bemessen, der tatsächliche Schaden wurde etwa 25mal höher eingeschätzt. Tatsächlich lenkt diese Fokussierung des öffentlichen Blicks auf die Küste und auf spektakuläre Einzelfälle davon ab, daß die unkontrollierten betrieblichen Öleinleitungen in die „unermesslich weite See“ viel höher sind.

Da in der Auffassung bisheriger Schwimmfähigkeitskriterien physikalisch kaum ein Dichte-Unterschied zwischen Schweröl und Seewasser bestand, waren Großtanker zu riesigen, schwerfälligen Behältern mit vergleichsweise membran-dünnen Häuten degeneriert, deren Zellengröße aber kontinuierlich gewachsen war. Nun waren jedoch, umgekehrt, die Mengen austretender Flüssigkeit zu begrenzen. Erst mit dem Doppelhüllentanker, der seit 1990 zunächst von den USA für ihre Gewässer gefordert wurde und allmählich die herkömmlichen ersetzt, nähert man sich einem technischen Standard, der bereits vor mehr als 100 Jahren vorgeschlagen

und bei der *Great Eastern* ausgeführt worden war.

Es existiert aber immer noch kein weltweit anerkanntes Berechnungsverfahren, das gestattet, Kollisionen und Grundberührungen in die Lecksicherheitsvorschriften einzubeziehen. Da Crashversuche wie bei Automobilen aus Kostengründen bei Schiffen kaum möglich sind, besteht das Ziel der Technikwissenschaft darin, rechnerische Analysen von Kollisionen durchzuführen, um das Verhalten von Schiffsstrukturen vorhersagen zu können.

Zuguterletzt schleicht sich als neuer Aspekt eines unberechenbaren Risikos der Schifffahrt das „Y2K-Problem“ ein, der Jahrtausendwechsel im Sammelsurium der Computer und Chips in den Anlagen an Bord. Ob der „Milleniumbug“, als ein moderner Klabautermann, es hier beim Schabernack beläßt, bleibt abzuwarten. □

DER AUTOR

Jobst Broelmann, geboren 1943, studierte Schiffstechnik in Hannover und Hamburg. Nach Forschungstätigkeit an der Universität Hamburg war er Konstruktionsingenieur bei MAN, Neue Technologien. Seit 1984 ist er Konservator der Abteilung Schifffahrt im Deutschen Museum.

WAS KOSTET DIE WELT?

Wie Versicherungen Schadenswahrscheinlichkeiten berechnen

EIN GESPRÄCH MIT LUDGER ARNOLDUSSEN
VON DER BAYERISCHEN RÜCK

Die *Bayerische Rück* hat sich als Rückversicherungsgesellschaft schon früh damit beschäftigt, wie technische und gesellschaftlich akzeptierte Risiken eingeschätzt werden können. Sie war hellhörig, als der Münchner Soziologe Ulrich Beck den Begriff der „Risikogesellschaft“ prägte. Dieter Beisel hat mit Ludger Arnoldussen, 37, promovierter Betriebswirt und Vorstandsmitglied der Rückversicherung, über Fragen der Berechenbarkeit von Risiken gesprochen.

Beisel: Wir leben selbstverständlich damit, daß jährlich in der Bundesrepublik Deutschland an die 10.000 Menschen im Straßenverkehr sterben. Das ist kaum eine Meldung wert. Denn wir alle fahren Auto und verdrängen das Problem. Wenn jedoch ein einmotoriges Sportflugzeug abstürzt, steht das in allen Zeitungen. Wie also geht unsere Gesellschaft mit Risiken um? Wie berechnet Ihre Gesellschaft Risiken, die sie versichern muß?

Arnoldussen: Wir beschäftigen uns mit der Berechnung von Risiken von zwei Seiten her. Wenn wir die Prämien für unsere Rückversicherungsdeckungen berechnen, fragen wir, bei welchen Fällen mit welcher Häufigkeit zu rechnen ist. Auf der anderen Seite berechnen wir die maximale Höhe von Schäden, um zu ermitteln, einen wie hohen Schutz unsere Kunden, die Erstversicherer, brauchen. Und da stützen wir uns im wesentlichen auf die Schadenserfahrung aus der Vergangenheit.

Beisel: Ich stelle mir vor: Je größer das statistische Material, desto leichter die Berechenbarkeit von Risiken. Beim Autoverkehr haben wir ein fast unerschöpfliches statistisches Material, das sogar Automarken, Geschlechterverhalten, Wohnbezirke, Rauch- und Trinkgewohnheiten und neuerdings auch den Gebrauch des Handys am Steuer umfaßt. Wie gehen Sie mit Fäl-

len um, bei denen sehr viel weniger statistisches Material vorhanden ist?

Arnoldussen: Wir können uns nur auf Schadenshäufigkeiten, das heißt auf statistische Wahrscheinlichkeiten verlassen. Sie haben es am Beispiel der Kraftfahrtrisiken gesagt: Wir schauen uns an, welche Schäden es in der Vergangenheit gab und errechnen daraus einen Schadenerwartungswert für die Zukunft. Diesen Wert bereinigen wir um die Informationen, die neue Trends anzeigen. Das wäre in der Kraftfahrtversicherung die abnehmende Schadenshäufigkeit. Auf der anderen Seite haben wir bei den Großschäden, die uns besonders interessieren, eine Zunahme sowohl bei der Anzahl als auch bei der Schadenshöhe zu verzeichnen.

Beisel: Was meinen Sie mit Großschäden?

Arnoldussen: Im wesentlichen sind das Personenschäden. Diese führen bei uns zu Großschäden. Vergleichsweise seltener sind Großschäden, die von Sachschäden verursacht werden. Nehmen Sie beispielsweise die Explosion eines Tankwagens, durch die eine Industrieanlage beschädigt wird: Das kommt sehr selten vor. Viel häufiger haben wir es mit Schäden zu tun, bei denen Personen schwer verletzt werden und Dauerschäden davontragen, zu Pflegefällen werden. Hier haben wir das meiste Geld zu investieren. Sachschäden sind berechenbarer als Personenschäden.

Beisel: Indirekt sprechen Sie hier von der Unberechenbarkeit von Risiken und den damit möglicherweise verbundenen Schäden. Wie können Sie dann noch rechnen?

Arnoldussen: Unsere Aufgabe ist es, zu überlegen, was – im Hinblick auf eine zukünftige Schadenshöhe – noch passieren kann, was in der Vergangenheit vielleicht noch nicht erkennbar war, und da müssen wir dann mit Szenarien arbeiten. Ein Beispiel: Wir hatten in der letzten Zeit eine Häu-

fung von Tunnelschäden – Tauerntunnel oder Mont-Blanc-Tunnel. Wir haben uns in der Vergangenheit Gedanken drüber gemacht, wie wir die Risiken von Gefahrguttransporten einschätzen müssen, und wir haben uns auch überlegt, was könnte denn zusätzlich zu den Schäden, die wir gesehen haben, sonst noch passieren?

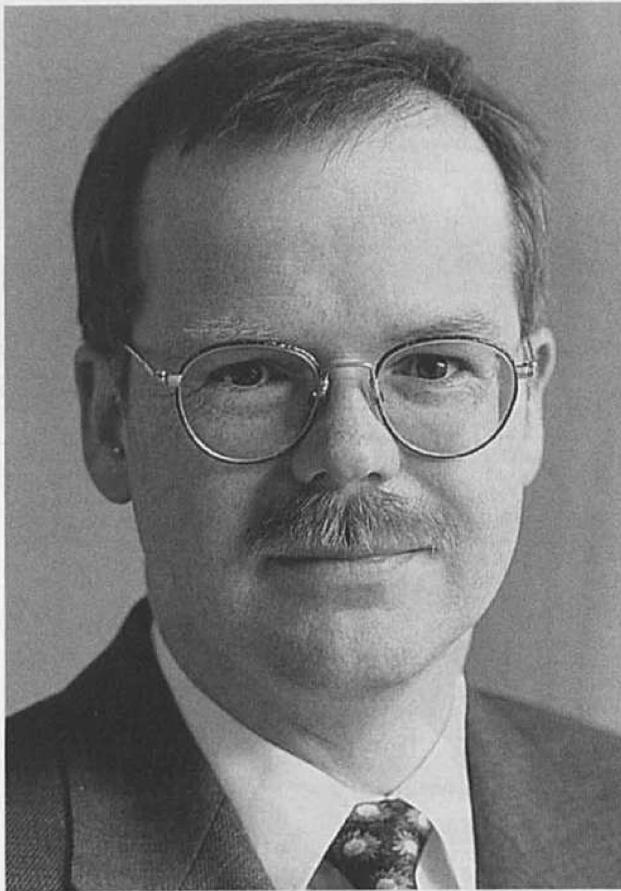
Beisel: Sie hatten das Problem schon vor den realen Tunnelunglücken gesehen?

Arnoldussen: Wir beschäftigten uns in der Vergangenheit mit den Schadenspotentialen von Schadstofftransporten. Wir hatten zwar richtige Tunnelschäden noch nicht gehabt, aber es waren erhebliche Schadenspotentiale denkbar; wir haben mit einem Universitätsinstitut zusammengearbeitet und versucht, realistische Szenarien zu entwickeln. Mit den Tunnelunglücken ist uns die Wirklichkeit zugekommen. Plötzlich hatten wir es mit einer Realität zu tun, mit der wir zwar gerechnet hatten, die wir versucht hatten zu quantifizieren – deren Eintreten jedoch für uns unerwartet war.

Beisel: Wie gehen Sie mit unerwarteten Schadensereignissen um?

Arnoldussen: Wir hatten ein Projekt im Hause, bei dem wir uns über die Tarifierung von Gefahrgutgeschäften Gedanken gemacht haben. Die Schäden sind in diesem Bereich sehr selten. Man muß dann auf eine europäische Basis gehen, und auch da gibt es nur relativ wenige extrem große Schäden – und Tunnelschäden waren nicht dabei. Auch hier geht es in erster Linie um Personenschäden. Erinnern Sie sich an den Tanklastzug, der vor Jahren in einen spanischen Campingplatz gerast war? Der Wert des Tanklastzugs war gering, verglichen mit dem Schaden, den der von ihm verursachte Brand den Menschen auf dem Campingplatz zugefügt hat.

Beisel: Was haben Sie als Versicherung daraus gelernt?



Dr. Ludger Arnoldussen, stellvertretendes Vorstandsmitglied der Bayerischen Rück.

Arnoldussen: Wir haben gelernt, daß es Schäden gibt, die man nicht national, sondern nur europaweit regulieren kann. Weil die Erfahrungswerte auf nationaler Ebene zu gering und daher nicht aussagekräftig sind. Die Tunnelunglücke sind ein Beispiel. Wir haben gelernt, daß quantitative Methoden zur Abschätzung des vermutlichen Schadens ab einer bestimmten Höhe nicht mehr ausreichen. Hier können wir uns nur noch auf Wahrscheinlichkeitsberechnungen verlassen.

Beisel: Wie sieht das in der Praxis einer Versicherung wie der Ihren aus?

Arnoldussen: Wir rechnen mit Wahrscheinlichkeitsfunktionen. Eine der bewährtesten hat den Namen *Pareto*. Das ist eine Funktion, die nach unserer Einschätzung seltene, sehr große Schäden abbilden kann. Natürlich weiß man nie genau, ob man die richtige Funktion hat, und es kommt auch stets darauf an, an welchen Basisbereich man diese Funktion kettet. Hier gibt es keine bewiesene Erfahrung. Aber mit solchen Annahmen müssen wir rechnen. Wir müssen davon ausgehen, daß die Schäden der Vergangenheit nur ein Indikator für diese sehr seltenen Großereignisse sind und man trotz ihrer Seltenheit damit rechnen muß, daß größere Schäden eintreten können.

Beisel: Können Sie das an einem konkreten Beispiel erläutern?

Arnoldussen: Wir haben ganz verschiedene Versicherungen – etwa die Autoversicherung oder die Versicherung für Feuerschäden und andere Versicherungen –, die alle ganz unterschiedliche Voraussetzungen haben. Wir schauen uns die Schadensinformation für jede einzelne Versicherungssparte an. Ein gutes Beispiel ist die Sturmversicherung: Hier können wir aus Schadenereignissen der Vergangenheit – sagen wir Sturmereignisse in den letzten 20 Jahren – Ereignisse einer bestimmten Größenordnung

und ihre typischen Häufigkeiten ermitteln. Dann fragen wir: Gibt es noch größere Schadenereignisse, als wir sie in der Vergangenheit gesehen haben? Lassen sich über den Bereich der bekannten Schäden hinaus Wahrscheinlichkeiten für größere Schäden ermitteln? Aus Schadensdaten verschiedener Länder haben wir inzwischen Erfahrungen für realistische Werte. Die legen wir unseren Überlegungen, naturgemäß auch bei der Prämienberechnung, zugrunde.

Beisel: Sie gehen von statistisch ausreichendem oder mathematisch berechenbarem Material aus. Nun gibt es aber auch Fälle, bei denen es überhaupt keine Erfahrungswerte gibt. Ich nenne das Beispiel Tschernobyl. Niemand war in der Lage, diesen Super-GAU vorauszusehen, geschweige denn seine Konsequenzen für eine Versicherungsgesellschaft vorauszurechnen. Wie gehen Sie mit einem solchen Fall um?

Arnoldussen: Die Verfahren werden immer weniger mathematisch, je singulärer ein Ereignis ist. Sie müssen sich dann mit Experten unterhalten, mit Fachleuten aus der Wissenschaft, und dann bilden wir uns eine Einschätzung, mit welcher Wahrscheinlichkeit hier ein solches Ereignis in einer bestimmten Größenordnung zu erwarten ist. Mit den Wissenschaftlern entwickeln wir dann Szenarien, um diese Dinge, die man von der Schadenser-

fahrung nicht einschätzen kann, in den Griff zu bekommen.

Beisel: Aber Sie müssen nun Ihrerseits das finanzielle Risiko Ihrer Firma berechnen ...

Arnoldussen: Richtig! Es gibt Bereiche, wo die Überlegung aufhören muß, sich an einer Mindestschadenswahrscheinlichkeit zu orientieren. Für ein kaufmännisch arbeitendes Unternehmen gibt es Wiederkehrperioden von Schäden, die zu niedrig sind, um Kapital zu exponieren. Das heißt: Wir werden auch dann immer mit einer bestimmten Mindestwahrscheinlichkeit arbeiten, wenn wir davon ausgehen, daß das versicherte Ereignis nur ganz selten eintreten wird. Sonst wäre die Relation zwischen Risiko und dem Kapital, das wir einsetzen, zu ungünstig. Insofern gibt es einen Unterschied zu wissenschaftlichen Szenarien: Wir müssen auch kaufmännischen Gesetzen genügen.

Beisel: Wo bestehen für Sie die größten Schadenspotentiale?

Arnoldussen: Bei den Einzelrisiken sind es etwa Großbrände wie seinerzeit im Düsseldorfer Flughafen oder Explosionen in chemischen Werken. Hier kann es zu beträchtlichen Personen- und Sachschäden kommen. Hinzu kommen die oft enormen Kosten der Betriebsunterbrechung und – bei der Freisetzung giftiger Substanzen – die Kosten von Umweltschäden. Naturkatastrophen können durch die Kumulierung von vielen kleinen Einzelschäden zu sehr großen Schadenshöhen führen, die in der Summe unseren Bestand deutlich höher treffen als die erwähnten großen Einzelschäden. Auch bei der Haftpflichtversicherung haben wir es mit sehr großen Schäden zu tun, nicht zuletzt bei der Produkthaftpflicht, zum Beispiel im Arzneimittelbereich, oder bei der Umwelthaftpflicht. Schließlich treten Großschäden immer einmal wieder bei der Luft- und Raumfahrt ein. □



Das Kernkraftwerk
Phillippsburg mit
einer Siedewasser-
reaktoranlage (links)
und einer Druck-
wasserreaktoranlage
(rechts); im Hinter-
grund die zu den
Anlagen gehörenden
Kühltürme.

TECHNIK GEGEN DEN GAU

Sicherheitsvorsorge in Kernkraftwerken

VON BERNHARD KUCZERA

Die Debatte um die Kernkraft kreist um das Problem der Sicherheit. Läßt sich das Risiko eines kerntechnischen Unfalls mit wissenschaftlich-technischen Mitteln soweit begrenzen, daß wir es verantworten können, auch nach den bösen Erfahrungen mit dem Reaktorunglück in Tschernobyl 1986 Atomkraftwerke zu bauen und zu betreiben? Wie groß ist das Gefahrenrisiko, und wie sehen die Sicherheitstechniken im einzelnen aus? Welchen Beitrag kann die einschlägige Forschung leisten, um den Betrieb und künftig vermehrt auch die Entsorgung von kerntechnischen Anlagen möglichst sicher zu gestalten? Vor dem Hintergrund der aktuellen politischen Diskussionen um die Zukunft der Kernkraft in Deutschland ist es wichtiger denn je, diese Fragen zu stellen und zu beantworten.

Ende 1938 entdeckten Otto Hahn und seine Mitarbeiter/innen am Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin die Kernspaltung von Uran. In den Versuchen wurde natürliches Uran (in der Zusammensetzung 0,7% U-235 und 99,3% U-238) mit langsamen Neutronen bestrahlt. Dabei zeigte sich, daß die Kernspaltung überwiegend in dem Isotop U-235 ausgelöst wurde.

Bei einem Spaltvorgang entstehen im allgemeinen zwei sogenannte Spaltprodukte, zum Beispiel Krypton und Barium, zwei bis drei freie Neutronen und zusätzlich eine Energie von 210 Millionen Elektronenvolt (MeV) oder rund 3×10^{-11} Joule (J). Den größeren

Anteil dieser Energie übernehmen die Reaktionsprodukte in Form von kinetischer Energie, die dann durch Stoßwechselwirkungen mit der Umgebung in Wärme umgewandelt wird; der geringe Energieanteil wird entweder direkt bei der Kernspaltung oder verzögert bei dem weiteren radioaktiven Zerfall der Spaltprodukte in Form von Strahlung freigesetzt.

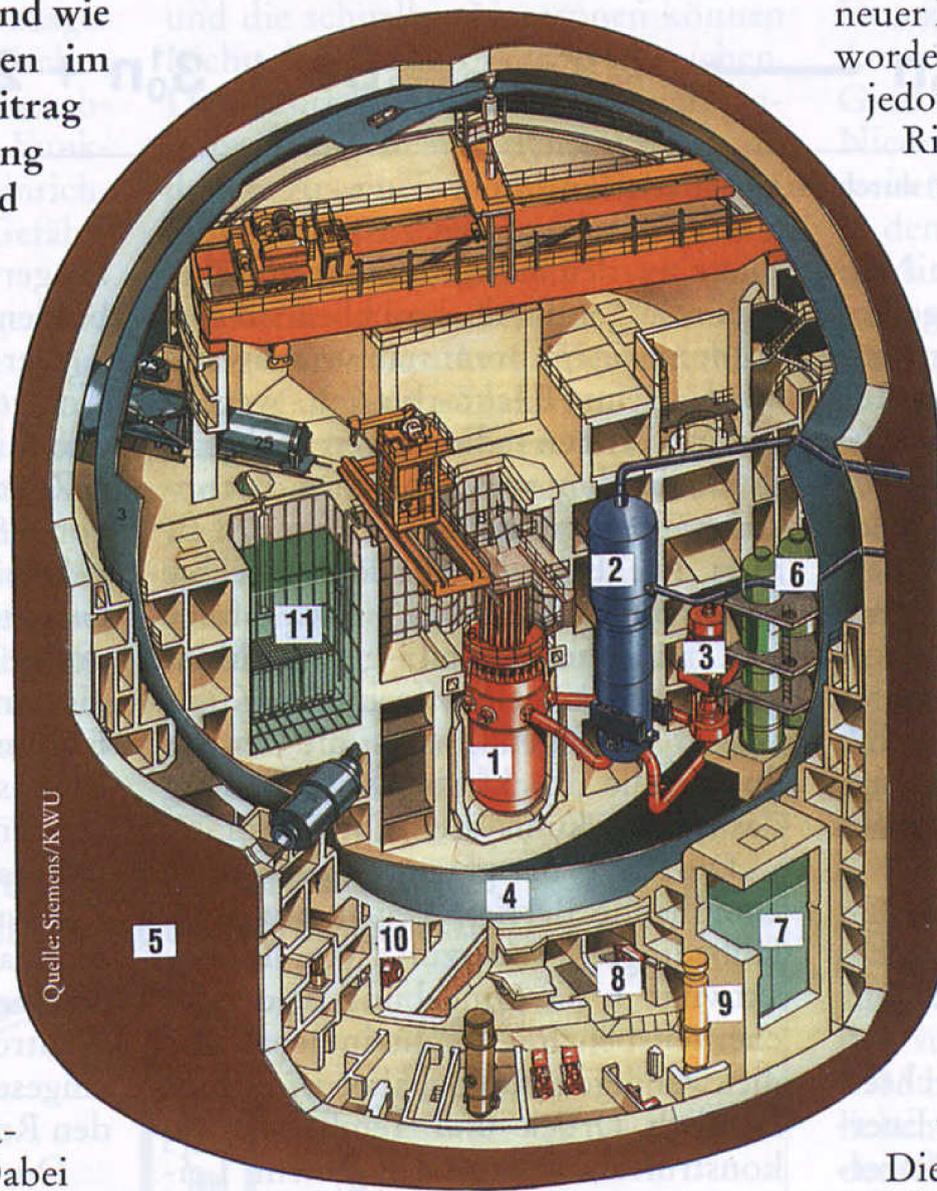
Auf den ersten Blick mag die Energieausbeute von 3×10^{-11} J pro Kernspaltung gering erscheinen. Extrapoliert man aber das Spaltszenario auf 1 Gramm reines U 235, dann erhöht sich die Ausbeute um 21 Größenordnungen auf circa 8×10^{10} J. Das entspricht in etwa der Wärmemenge, die bei der Verbrennung von 3 Tonnen Steinkohle freigesetzt wird. Mit der Kernspaltung von Uran ist also ein neuer Primärenergieträger erschlossen worden, dessen technische Nutzung jedoch auch mit einem neuartigen Risiko verbunden ist: dem Risiko einer Strahlenexposition.

Bei den ersten Überlegungen zu einer „Uranmaschine“ zur Nutzung der Kernenergie spielten die zwei bis drei schnellen Neutronen, die pro Spaltung freigesetzt werden, eine besondere Rolle. Diese können ihrerseits – nach entsprechender Abbremsung von rund 10.000 Kilometern pro Sekunde (km/s) unmittelbar nach der Spaltung auf etwa 2 km/s – weitere Spaltprozesse und damit eine Kettenreaktion auslösen.

Im Reaktor eines Kernkraftwerks wird die Kettenreaktion technisch so geregelt, daß nur eines der freigesetzten Neutronen zu einer weiteren Kernspaltung führt.

Die überschüssigen Neutronen werden entweder von anderen Elementen in der Umgebung, zum Beispiel Bor oder Cadmium, absorbiert, oder sie entweichen der Reaktionszone, dem sogenannten Reaktorkern. Über die geregelte Kettenreaktion wird das Uran quasi zu einem „Brennstoff“ zur Wärmeerzeugung.

Heute, nur 50 Jahre später, werden in Deutschland etwa 30 Prozent der



Quelle: Siemens/KWU

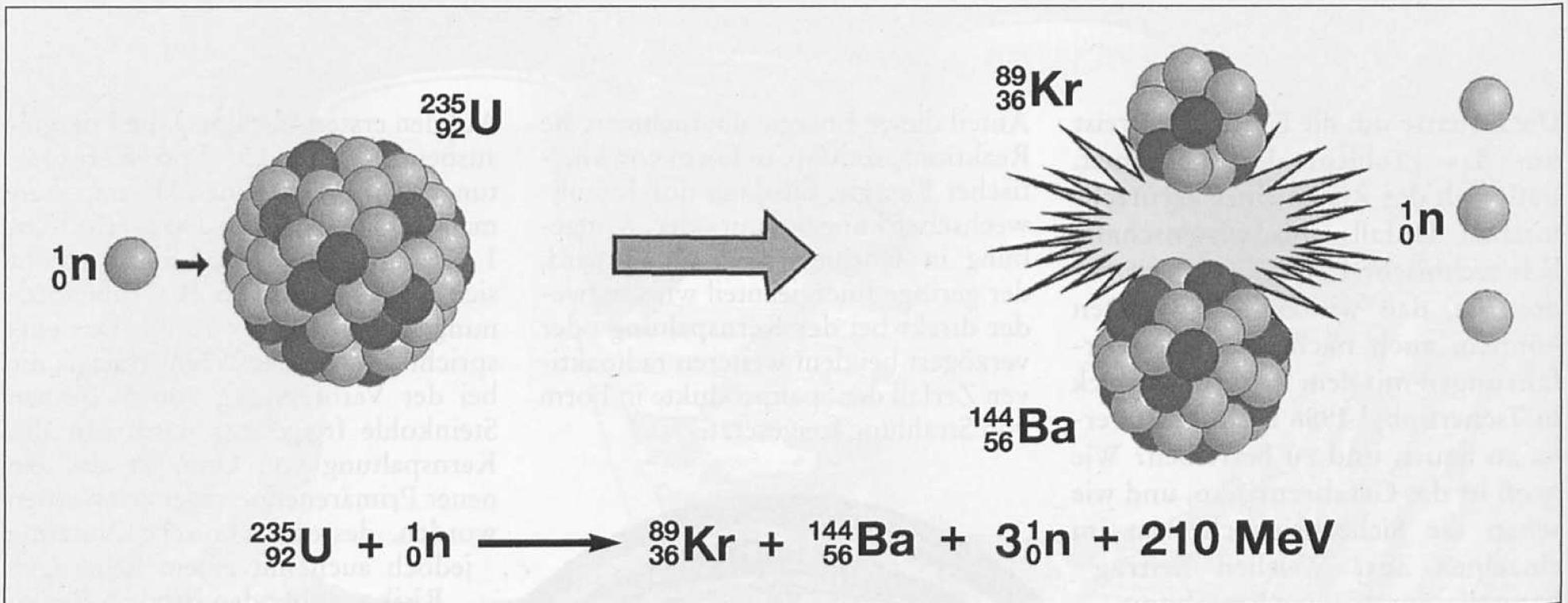
Gesamtansicht einer Druckwasserreaktor-Anlage vom Typ KONVOI mit verschiedenen Sicherheitseinrichtungen zur Notkühlung des Reaktorkerns.

1 = Reaktordruckbehälter • 2 = Dampferzeuger (4) • 3 = Hauptkühlmittelpumpe (4)
4 = Sicherheitsbehälter • 5 = Stahlbetonhülle
6 = Druckspeicher (4 x 2) • 7 = Flutbecken (4)
8 = Sicherheitseinspeisepumpen (4)
9 = Nachwärmekühler (4) • 10 = Nachkühlpumpe (4) • 11 = Brennelement-Lagerbecken

elektrischen Energie zur öffentlichen Stromversorgung in insgesamt 19 Kernkraftwerken erzeugt. Mit einer Gesamtleistung von 23 Gigawatt an elektrischer Energie (GW_e) bilden sie das Rückgrat für den Grundlastbetrieb der Stromerzeuger. In technischer Hinsicht können sie als eine bemerkens-

tes Multi-Barrierensystem entwickelt worden. Wenn eine Barriere versagt, wird der Einschluß von der nächsten Barriere übernommen. Dies sei am Beispiel eines modernen Druckwasserreaktors näher erläutert. Hier wird der Brennstoff (Urandioxid) zunächst zu keramischen Tabletten geformt.

einer 1.300-Megawatt_e-DWR-Anlage vom Typ KONVOI illustriert. Das Bild auf Seite 39 zeigt das Reaktorgebäude mit den wesentlichen Komponenten eines Kühlstranges. Dazu zählen der Reaktordruckbehälter, in dem sich der Reaktorkern befindet, eine Hauptkühlmittelpumpe, ein Dampfer-



Die Spaltung eines Urankerns (U-235) durch ein langsames Neutron (n).

werte Erfolgsgeschichte bei der Nutzung innovativer Potentiale gelten, was sich 1998 erneut bestätigt hat: Unter den internationalen Top Ten rangieren sechs deutsche Kernkraftwerke mit einer Jahresproduktion von jeweils mehr als 11 Milliarden Kilowattstunden, das entspricht etwa dem Stromverbrauch der Millionenstadt Hamburg. Die Basis für diese Erfolgsgeschichte ist die ausgereifte Leichtwasserreaktor-(LWR)-Technologie mit ihren Varianten der Druckwasserreaktor-(DWR)- und Siedewasserreaktor-(SWR)-Linien.

SICHERHEIT IN EINEM DRUCKWASSERREAKTOR

Eine Voraussetzung für die Durchsetzung der Kerntechnik auf dem Energiemarkt sind die den Kernkraftwerken westlicher Bauart immanenten Sicherheitsvorkehrungen. Sie leiten sich aus dem übergeordneten Ziel der zivilen Nukleartechnik ab, die Bevölkerung und die Umgebung vor einer gefährdenden Freisetzung von radioaktiven Stoffen zu schützen.

Um den sicheren Einschluß der radioaktiven Stoffe in einer Reaktoranlage zu gewährleisten, ist ein gestaffel-

Diese werden dann in ein metallisches Hüllrohr gefüllt, das anschließend gasdicht zu einem Brennstab verschweißt wird. Beim Reaktorbetrieb werden die anfallenden radioaktiven Spaltprodukte in den verschlossenen Brennstabhüllrohren als erster Barriere fixiert (siehe auch Abbildung rechte Seite). Sollten dennoch – etwa infolge von Hüllrohrdefekten – geringe Mengen radioaktiver Stoffe in das Kühlwasser gelangen, wird die zweite Sperre, die druckfeste Umschließung des Reaktorkühlsystems, wirksam.

Die letzte, das gesamte Kühlsystem einhüllende Barriere gegen eine störfallbedingte Freisetzung von Radioaktivität in die Umgebung ist der Sicherheitsbehälter (Containment). Als dickwandiger Stahlbehälter ist er hinsichtlich Druck und Temperatur so konstruiert, daß er bei einem Leitungsbruch im Kühlsystem die gesamte im Kühlkreislauf gespeicherte Energie aufnehmen kann. Er ist zusätzlich von einer massiven Stahlbetonstruktur umgeben, die ihn vor Einwirkungen von außen, zum Beispiel durch einen Flugzeugabsturz, schützt.

Die technische Umsetzung des Multi-Barrierensystems sei am Beispiel

zeuger und die die Komponenten verbindenden Rohrleitungen.

Der Reaktorkern, das „Herz“ der Anlage, ist aus rund 45.000 Brennstäben mit einem Durchmesser von etwa 1 Zentimeter und einer Gesamtlänge von 4,8 Metern in zylindrischer Form aufgebaut. Die Querschnittsanordnung der Stäbe erfolgt nach einem quadratischen Muster mit Stababständen, die eine ausreichende Fläche für die Kühlmittelströmung bereitstellen. Als Brennstoff wird Urandioxid (UO₂) verwendet, das mit 4 Prozent leicht spaltbarem U-235 angereichert ist. Zur Leistungsregelung beziehungsweise Reaktorabschaltung werden Steuerstäbe mit einem hohen Anteil an Neutronen absorbierendem Material eingesetzt, die weniger oder mehr in den Reaktorkern eintauchen.

Durch die stetige Umwälzung des Kühlwassers – eine Menge von 280 Tonnen – wird die im Reaktorkern erzeugte Wärme zum Dampferzeuger transportiert. Um Dampfbildung zu vermeiden, arbeitet das System auf einem entsprechend hohen Betriebsdruck von etwa 160 bar – daher die Bezeichnung „Druckwasserreaktor“. Vom Dampferzeuger wird der Dampf wie in einem fossil befeuerten Kraft-

werk zur Stromerzeugung auf einen Satz von Turbogeneratoren weitergeleitet. Das gesamte Reaktorkühlsystem besteht aus vier parallelen Kühlsträngen, die innerhalb des hier kugelförmigen Sicherheitsbehälters angeordnet sind.

Die thermische Reaktorleistung ist etwa dreimal so groß wie die elektrische Leistung, das heißt bei einer 1.300 MW_e-Anlage etwa 3.760 MW_{th}.

WAS GESCHIEHT BEIM KÜHLMITTELVERLUST?

Aus dem übergeordneten Ziel, den sicheren Einschluß der Radioaktivität zu gewährleisten, leitet sich die Sicherheitsanforderung ab, eine stets ausreichende Kühlung des Reaktorkerns zu gewährleisten. Bei der technischen Konzeption einer Reaktoranlage wird daher von einer Maximalbetrachtung möglicher Betriebsstörungen ausgegangen. Selbst unter pessimistischen Annahmen soll der größte anzunehmende Unfall (GAU) über die Funktionsfähigkeit der Sicherheitseinrichtungen noch nicht zu einer Gefährdung der Umgebung führen.

Die Sicherheitssysteme hiesiger Anlagen umfassen umfangreiche schadensvorkehrende (präventive) und schadensmindernde (mitigative) Komponenten. Die wichtigste mitigative Einrichtung ist das Containmentsystem. Zu den präventiven Einrichtungen gehört das automatisch arbeitende Reaktorschutzsystem, das beispielsweise im Anforderungsfall eine Abschaltung des Reaktors durch schnel-

les Eintauchen der Steuerstäbe in den Reaktorkern und einen hermetischen Abschluß des Sicherheitsbehälters auslöst. Falls erforderlich werden gleichzeitig verschiedene (diversitäre) und mehrfach (redundant) vorhandene Systeme zur Noteinspeisung von Kühlwasser angeregt.

Ähnlich wie in anderen sicherheitskritischen Techniksystemen – Luftfahrt, Raumfahrt und so weiter – dienen redundante Elemente dazu, die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems auch im Falle des Versagens von Teilen des Systems aufrechtzuerhalten.

Bei Leichtwasserreaktoren dient das Kühlwasser im Reaktorkern gleichzeitig als Bremsmedium (Moderator) für die bei der Kernspaltung freigesetzten schnellen Neutronen. Bei einem Ausfall der Kühlung, das heißt in einem „trockenen“ Reaktorkern, entfällt die Abbremsung weitgehend, und die schnellen Neutronen können leicht dem Reaktorkern entweichen. Dies führt automatisch zu einer Unterbrechung der Kettenreaktion und damit zu einer neutronenphysikalischen Selbstabschaltung des Reaktors.

Es bedeutete aber nicht ein vollkommenes Abschalten der Wärmeleistung im Reaktorkern. Der anhaltende Zerfall der radioaktiven Spaltprodukte erzeugt in den Brennstäben weiterhin die sogenannte Nachwärmeleistung. Diese beträgt unmittelbar nach der Reaktorabschaltung etwa fünf Prozent der normalen Betriebsleistung und klingt nach einem Tag auf ein Prozent und nach 100 Tagen auf ein Promille ab. Die langfristige

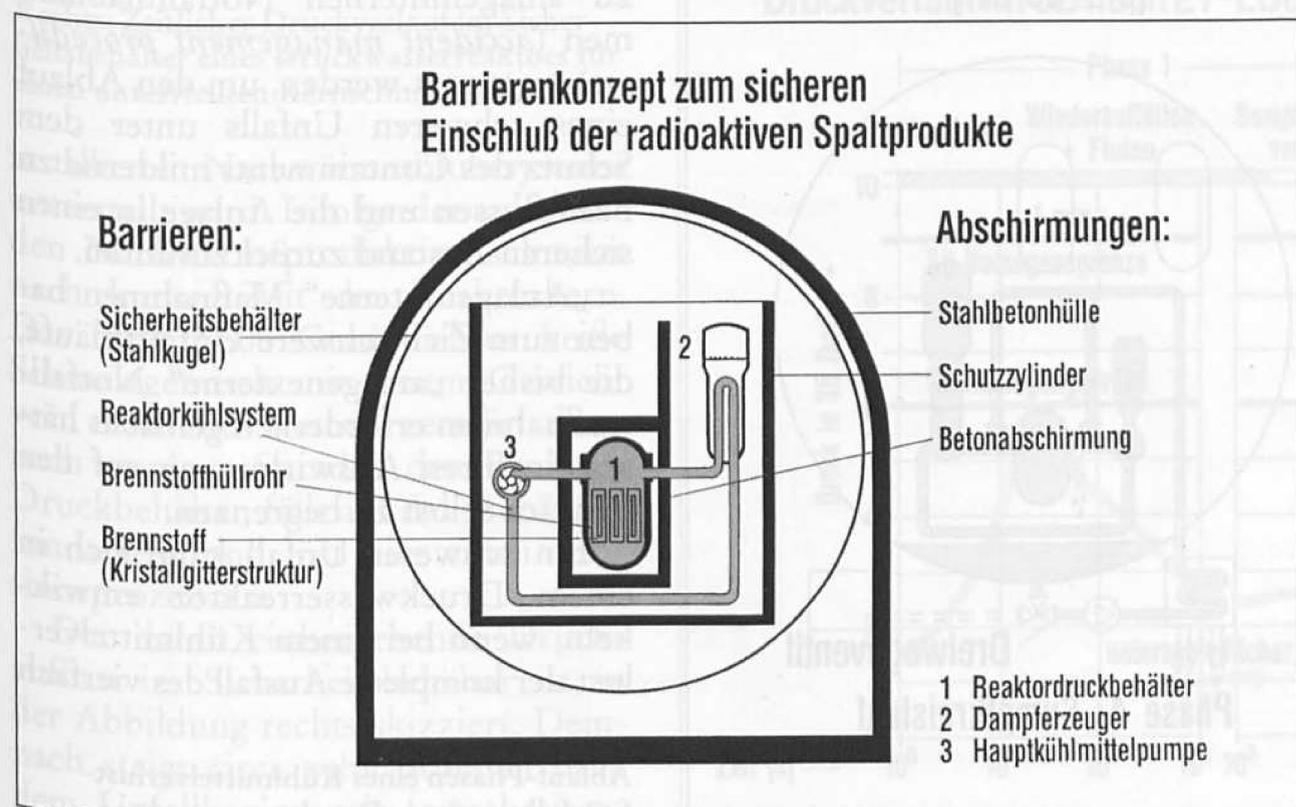
Gewährleistung einer sicheren Abfuhr dieser Nachwärme aus dem Reaktor stellt ein zentrales Problem der Reaktorsicherheit dar.

Das Beispiel eines Kühlmittelverlust-Störfallablaufs in einem Druckwasserreaktor illustriert, wie die verschiedenen Sicherheitseinrichtungen aufeinander abgestimmt sind. Als einleitendes Ereignis wird der vollständige, der „Guillotine“-Bruch einer Kühlmittelleitung unterstellt, der ein massives Ausströmen des Kühlmittels als Dampf-Wasser-Gemisch und gleichzeitig eine Reaktor-Schnellabschaltung auslöst. Während der „Blowdown“-Phase erfolgt eine rasche Druckabsenkung im Kühlkreislauf.

Fällt der Druck von 160 bar auf unter 25 bar, sprechen acht installierte Druckspeicher an und drücken boriertes Wasser in den Kühlkreislauf. Nach etwa 20 Sekunden wird ein Druckausgleich mit der Containment-Atmosphäre erreicht (5 bar bei 130 Grad Celsius). Dann springen vier Niederdruckpumpen an und fördern weiteres Wasser aus den Flutbehältern in den Reaktor. Nach etwa 20 Minuten sind die Flutbehälter entleert und insgesamt rund 1.800 Tonnen Wasser im Druck- beziehungsweise Sicherheitsbehälter, die im sogenannten Sumpfbereich zusammenfließen. Die langfristige Abfuhr der Nachzerfallswärme aus dem Reaktorkern erfolgt durch Umwälzung des Sumpfwassers, das über vier separate Notkühlstränge in den Hauptkühlkreislauf zurückgeführt wird (siehe auch Phase 4 in der Abbildung auf Seite 42). Damit ist die Anlage in einen sicherheitstechnisch beherrschbaren Zustand überführt.

In Deutschland lief die experimentelle Sicherheitsforschung zu Leichtwasserreaktoren mit einiger Verzögerung an. Nach der Wiedererlangung der staatlichen Souveränität im Jahr 1955 begannen die Arbeiten zur friedlichen Nutzung der Kernenergie mit dem Ziel, die technische Lücke zu den damaligen Nuklearstaaten zu überwinden. Mit der Inbetriebnahme der ersten kommerziellen Kernkraftwerke in Gundremmingen und Obrigheim rückte die LWR-Technologie stärker in das Blickfeld der Sicher-

Das Multi-Barrierenkonzept eines Druckwasserreaktors zum sicheren Einschluß der radioaktiven Stoffe.



heitsexperten. Dies intensivierte sich in den 70er und 80er Jahren, nachdem die Bundesregierung 1971 ein einschlägiges Forschungsprogramm aufgelegt und damit den Startschuß für eine breit angelegte Sicherheitsforschung gegeben hatte.

Die Wirksamkeit der Sicherheitseinrichtungen ist seither in umfangreichen Forschungsvorhaben eingehend untersucht worden. Die dabei erzielten Ergebnisse bilden eine solide Grundlage für die sicherheitstechnischen Nachweise in Genehmigungsverfahren und weisen für die untersuchten Komponenten und Systeme ein hohes Maß an Sicherheitsreserven aus. Dieser an ingenieurtechnischen Maßstäben orientierte Sicherheitsnachweis wird als „deterministischer“ Nachweis bezeichnet.

Eine grundsätzliche Erweiterung dieser vorausschauenden, deterministischen Betrachtungsweise ist Mitte der 70er Jahre mit den Risikountersuchungen eingeleitet worden. Bei diesen Analysen werden mit den Methoden der Wahrscheinlichkeitstheorie (Probabilistik) Aussagen über die Zuverlässigkeit der Betriebssysteme und der Sicherheitseinrichtungen eines Kernkraftwerkes ermittelt.

Zu diesem Zweck werden komplexe Ereignisablaufdiagramme erstellt, in denen Störfallentwicklungen anhand von Ja/Nein-Kriterien (= Funktion/Ausfall einer angeforderten Sicherheitskomponente) und entsprechend zugeordneten Eintrittshäufigkeiten verfolgt werden. So entstehen Unfallszenarien, die bis hin zu dem äußersten Fall des Schmelzens des Re-

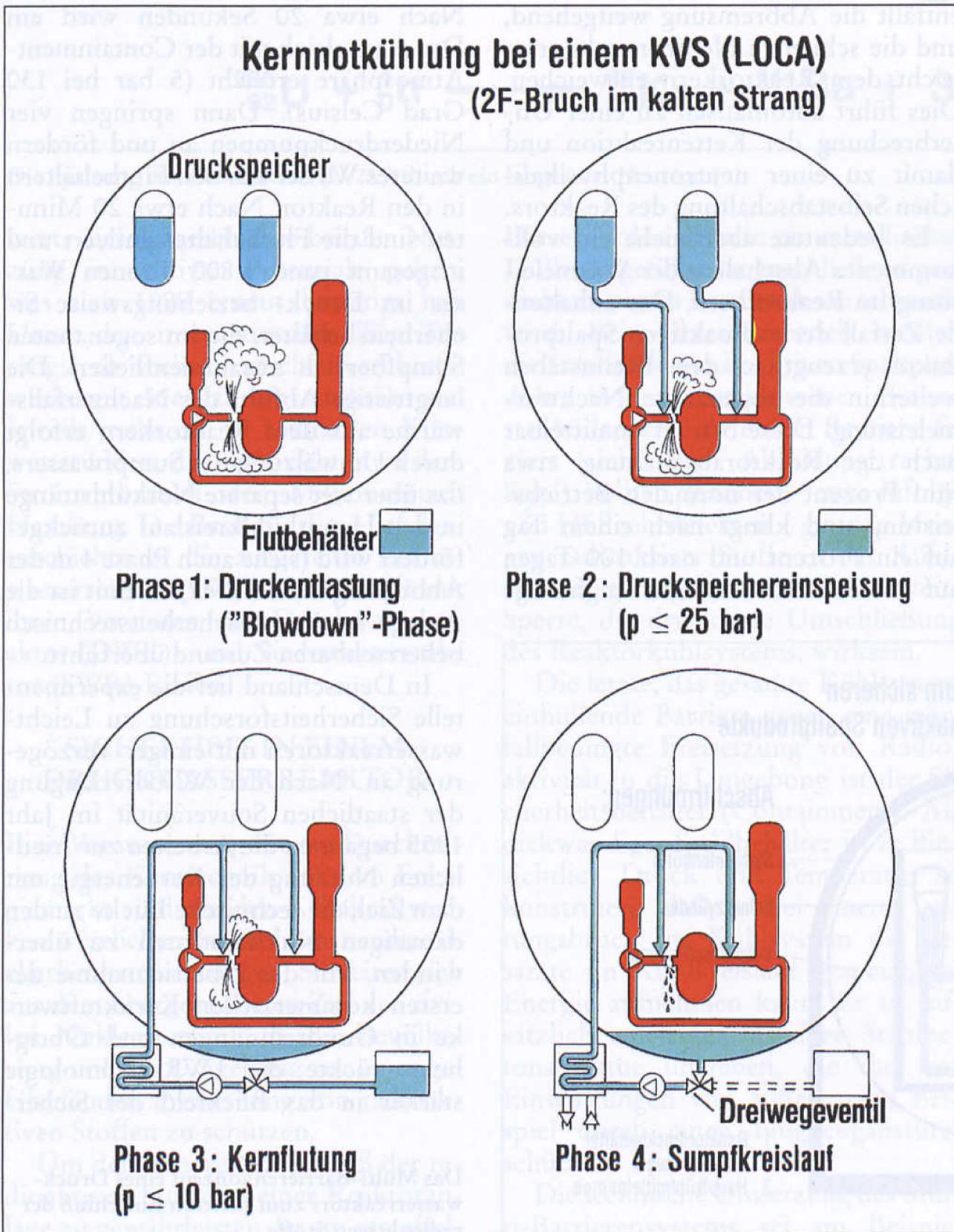
aktorkerns und den daraus zu erwartenden Unfallfolgen führen.

Die erste umfassende Risikostudie WASH-1400 erschien 1974 in den USA. In Fachkreisen wird sie oft auch nach dem Leiter der Arbeitsgruppe als „Rasmussen-Report“ zitiert. Darin wird das mit Unfällen in Kernkraftwerken verbundene Risiko abgeschätzt und mit anderen zivilisatorischen und naturbedingten Risiken verglichen. In der Abbildung rechts sind einige Ergebnisse graphisch dargestellt. In diesem Diagramm bezieht die Ordinate die Eintrittshäufigkeit (Ereignisse pro Jahr) und die Abszisse den Schadensumfang (Todesfälle pro Ereignis). Demnach wird für einen Kernkraftwerkspark von 100 Anlagen die mittlere Eintrittshäufigkeit für einen Reaktorunfall, bei dem zehn frühe Todesfälle zu beklagen sind, mit 0,00005 pro Reaktor-Betriebsjahr ($5 \times 10^{-5}/a$) abgeschätzt. Dieses Risiko ist vor dem Hintergrund anderer zivilisationsbedingter Risiken, zum Beispiel im Flugverkehr oder im Umgang mit explosiven Stoffen, zu bewerten.

In der deutschen Risikostudie Kernkraftwerke-Phase B (1989) konzentrieren sich die Analysen auf die Eintrittshäufigkeit und den Ablauf von Kernschmelzunfällen. Dabei zeigt sich, daß bei den hiesigen Leichtwasserreaktoren aufgrund des Multi-Barrierenprinzips und des Mehrstufenkonzepts zur Sicherheitsvorsorge (*defense-in-depth concept*) relativ viel Zeit verstreicht, bis ein Störfall zu einem schweren Unfall eskalieren kann. Diese Zeit kann zu Gegenmaßnahmen – zu anlageninternen Notfallmaßnahmen (*accident management procedures*) – genutzt werden, um den Ablauf eines schweren Unfalls unter dem Schutz des Containments mildernd zu beeinflussen und die Anlage in einen sicheren Zustand zurückzuführen.

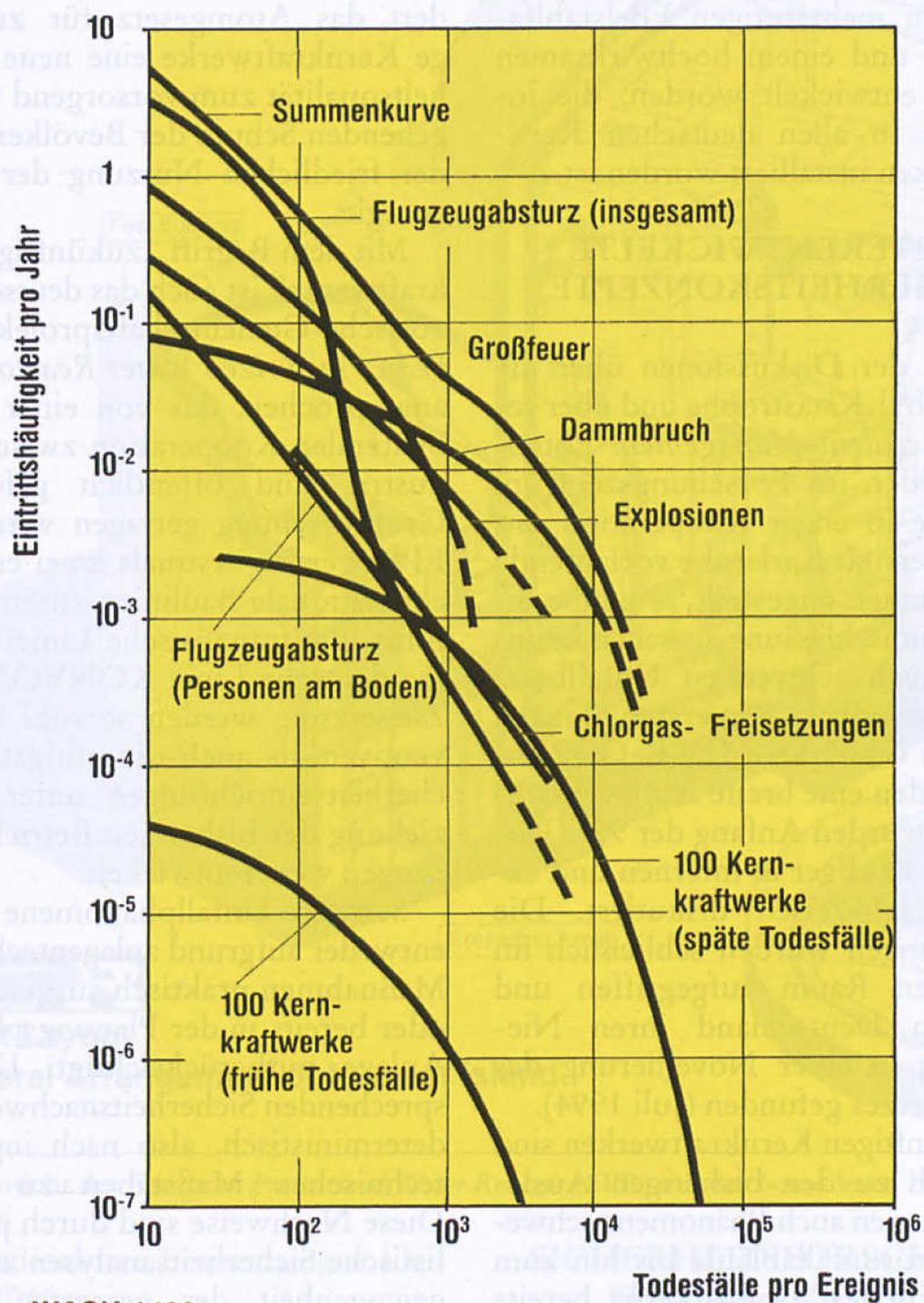
„Anlageninterne“ Maßnahmen haben zum Ziel, schwere Unfallabläufe, die bisher „anlagenexterne“ Notfallmaßnahmen erforderlich gemacht hätten, in ihren Auswirkungen auf den Reaktor selbst zu begrenzen.

Ein schwerer Unfall kann sich in einem Druckwasserreaktor entwickeln, wenn bei einem Kühlmittelverlust der komplette Ausfall des vierfach



Ablauf-Phasen eines Kühlmittelverlust-Störfalls in einem Druckwasserreaktor.

Zivilisationsbedingte Risiken im Vergleich



Source: WASH-1400

Oben: Zivilisationsbedingte Risiken im Vergleich.

Rechts: Zeitlicher Druckverlauf im Sicherheitsbehälter eines Druckwasserreaktors für einen unterstellten Kernschmelzunfall.

installierten Nachwärmeabfuhrsystems unterstellt wird. Infolge der anhaltenden Nachwärmeproduktion schmilzt nach kurzer Zeit der Reaktorkern. Das rund 2.500 Grad Celsius heiße Schmelzgemisch mit einem Gewicht von etwa 200 Tonnen zerstört dann nach wenigen Stunden den Reaktor-Druckbehälter, fällt auf das Gebäudefundament und löst hier einen Erosionsprozeß aus.

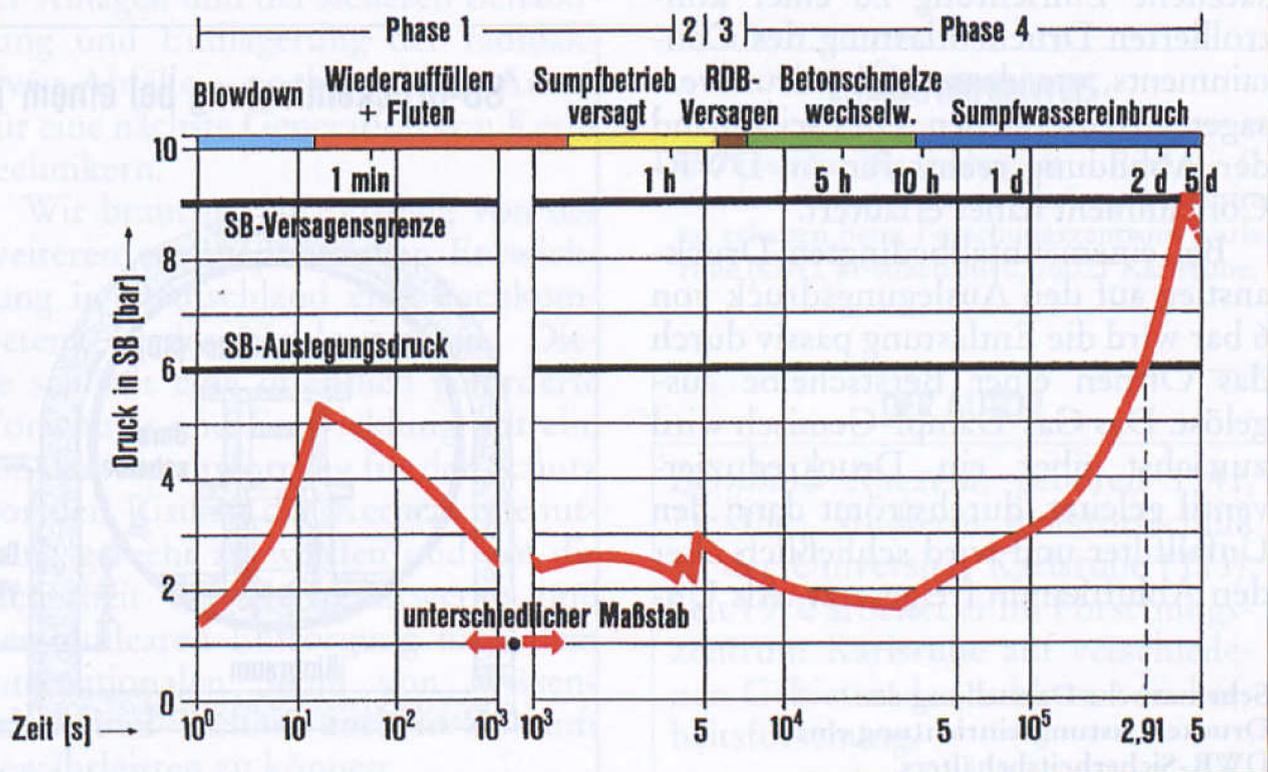
Der damit einhergehende Druckaufbau im Sicherheitsbehälter ist in der Abbildung rechts skizziert. Demnach steigt circa zehn Stunden nach dem Unfallbeginn mit fortschreiten-

der Schmelze-Beton-Wechselwirkung der Druck kontinuierlich an, erreicht nach etwa zwei Tagen den Auslegungsdruck des Containments und nach etwa fünf Tagen dessen Versagensdruck. Damit ist ein Zeitrahmen abgesteckt, der für anlageninterne Notfallmaßnahmen genutzt werden kann. Diese umfassen den Einsatz aller noch in der Anlage verfügbaren Komponenten und Einrichtungen, auch solcher, die für diese Funktion ursprünglich nicht vorgesehen worden sind.

Wie das Risiko durch Maßnahmen des Unfallmanagements reduziert werden kann, ist in der Deutschen Risikostudie belegt. Hier wird zunächst für nicht beherrschbare Ereignisabläufe, die zu einem Kernschmelzunfall führen, eine Eintrittshäufigkeit von $3 \times 10^{-5}/a$ (Jahr) ermittelt. Bezieht man die Notfallmaßnahmen in das Kalkül mit ein, dann reduziert sich die Eintrittshäufigkeit um eine Größenordnung auf drei Ereigniseintritte in einer Million Reaktorbetriebsjahren.

Zur Zeit haben die 430 weltweit betriebenen Kernkraftwerke insgesamt 9.000 Betriebsjahre kumuliert (Ende 1998). Die dabei gemachten Erfahrungen schließen auch die beiden Reaktorunfälle in Harrisburg (USA) und Tschernobyl (heute: Ukraine) mit ein: in Harrisburg (Three Mile Island, 900-MW-DWR-Anlage TMI-2, 28. März 1979) die positive Erfahrung, daß das Containment seine umschließende Barrierenfunktion bestimmungsgemäß erfüllte, und in Tschernobyl

Druckverlauf im SB nach 2 F-LOCA und Versagen des Sumpfbetriebes



(RBMK 1000, Reaktorblock 4, 26. April 1986) die negative Erfahrung einer unkontrollierten Leistungsexkursion mit katastrophalen Folgen für die Menschen und die Umwelt.

Im Gefolge von Tschernobyl sind weitere kerntechnische Unfälle aus früheren Jahren an das Licht der Öffentlichkeit getreten, der Störfall im britischen Windscale am 10. Oktober 1957 etwa, bei dem eine radioaktive Wolke aufgestiegen war. Die Schlussfolgerung, daß Unfälle wie diese nicht singulär bleiben, hat das Vertrauen der Öffentlichkeit in die Risikoabschätzung der Experten nachhaltig erschüttert. Dies hat der Wissenschaft die Notwendigkeit gezeigt, Annahmen und Methoden immer wieder kritisch zu überprüfen und Untersuchungsergebnisse transparent zu vermitteln.

Eine empirische Auswertung der Ereignisse in Harrisburg und Tschernobyl ergibt rückblickend einen Risikofaktor von $2,2 \times 10^{-4}/a$. Dieser vergleichsweise hohe Wert ist zwar aufgrund der schmalen Datenbasis nicht repräsentativ im Sinne der Probabilistik. Er bewirkt aber eine nachhaltige Motivation zur innovativen Weiterentwicklung der Sicherheitsvorkehrungen in kerntechnischen Anlagen.

In der Diskussion über Ergebnisse der Risikostudien zeigt sich, daß der größte Nutzen probabilistischer Analysen im Aufspüren von Schwachstellen bei der Sicherheitsauslegung von Kernkraftwerken und in der Identifizierung von Verbesserungsmöglichkeiten liegt. Unter diesem Blickwinkel sind auch Nachrüstungen zu betrachten, wie beispielsweise die zusätzliche Einrichtung zu einer kontrollierten Druckentlastung des Containments, um dessen Überdruckversagen auszuschließen. Dies sei anhand der Abbildung rechts für ein DWR-Containment näher erläutert.

Bei einem unfallbedingten Druckanstieg auf den Auslegungsdruck von 6 bar wird die Entlastung passiv durch das Öffnen einer Berstscheibe ausgelöst. Das Gas-Dampf-Gemisch wird zunächst über ein Druckreduzierventil geleitet, durchströmt dann den Unfallfilter und wird schließlich über den Abluftkamin freigesetzt. Als Un-

fallfilter ist im Forschungszentrum Karlsruhe – einem der Zentren bundesdeutscher Reaktorsicherheitsforschung – eine robuste Kombination aus einem mehrstufigen Edelstahlfaser-Filter und einem hochwirksamen Jodfilter entwickelt worden, die inzwischen in allen deutschen Kernkraftwerken installiert worden ist.

WEITERENTWICKELTE SICHERHEITSKONZEPTE

Im Zuge der Diskussionen über die Tschernobyl-Katastrophe und über relevante *Accident-Management*-Potentiale wurden im Forschungszentrum Karlsruhe in enger Kooperation mit der Universität Karlsruhe vorlaufende Überlegungen angestellt, wie eine Sicherheitsumschließung aussehen könnte, die auch schwersten Unfallbelastungen standhält. Die ersten Skizzen zu einem verstärkten DWR-Containment fanden eine breite Aufmerksamkeit und wurden Anfang der 90er Jahre immer häufiger in internen und externen Fachkreisen diskutiert. Die Überlegungen wurden schließlich im politischen Raum aufgegriffen und haben in Deutschland ihren Niederschlag in einer Novellierung des Atomgesetzes gefunden (Juli 1994).

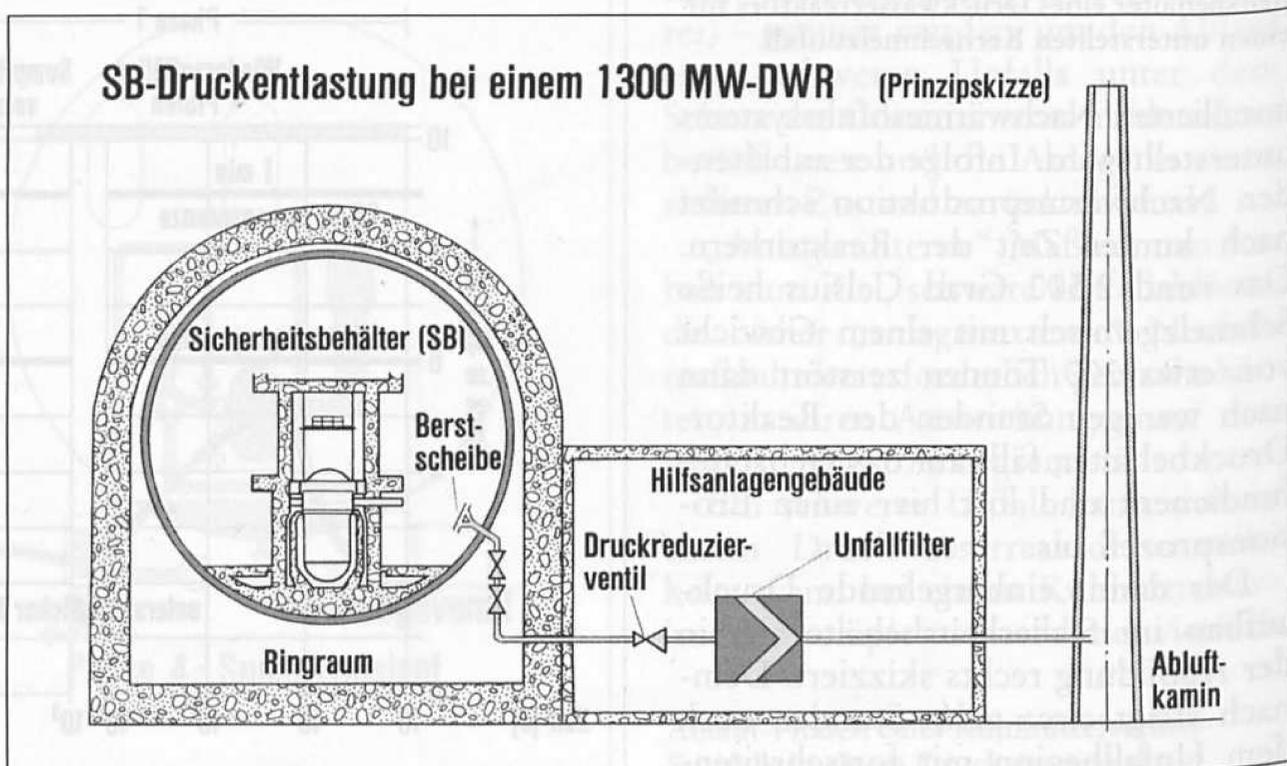
Bei künftigen Kernkraftwerken sind zusätzlich zu den bisherigen Auslegungskriterien auch Phänomene schwerer Reaktorunfallabläufe bis hin zum Schmelzen des Reaktorkerns bereits in der Planungsphase zu berücksichtigen. Der Leitgedanke ist hierbei, selbst bei einem schweren Reaktorunfall eine Evakuierung der Bevölke-

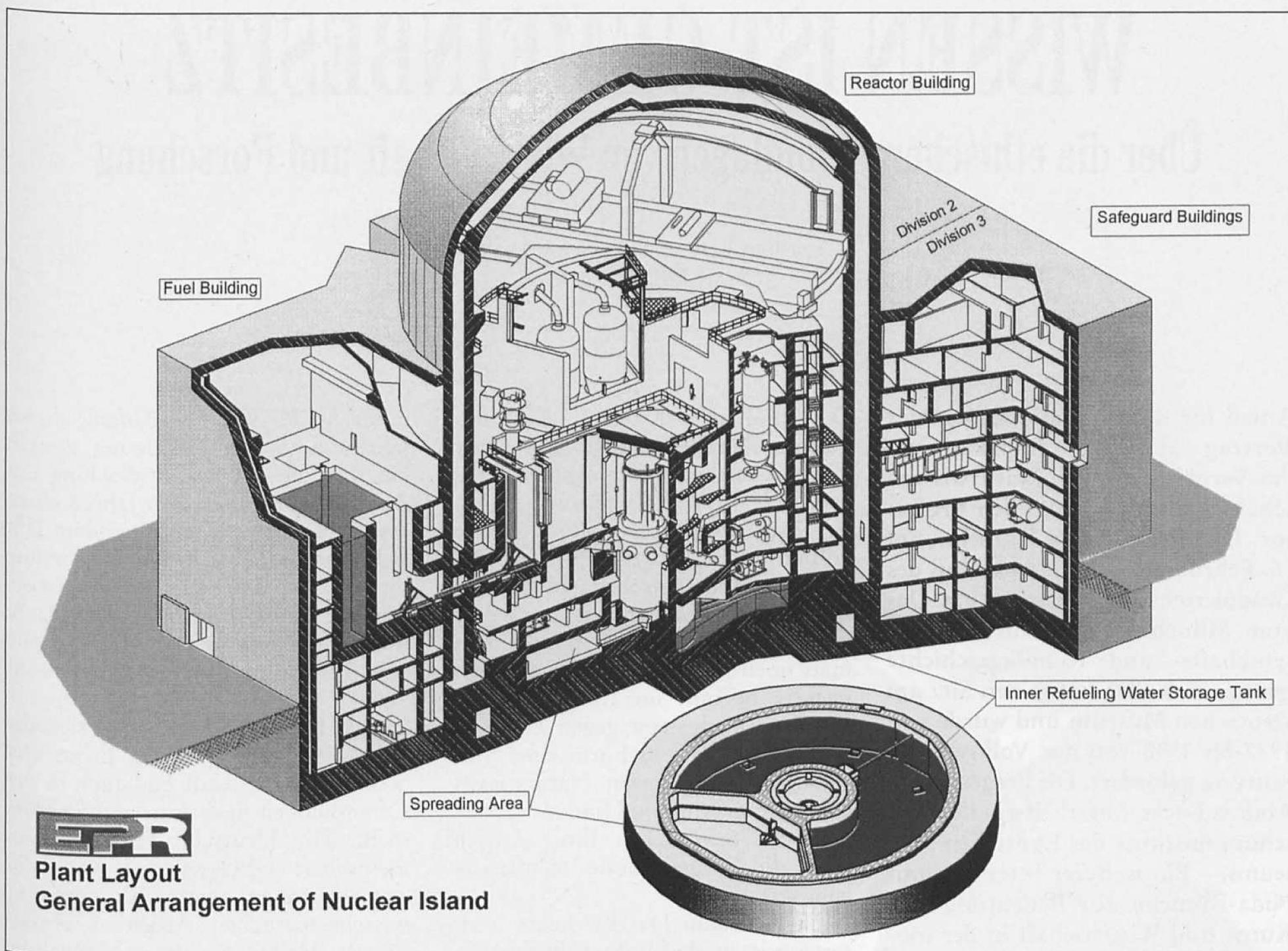
rung aus der Anlagenumgebung zu vermeiden und eine langzeitige, großflächige Landkontamination zu verhindern. Mit dieser Ergänzung fordert das Atomgesetz für zukünftige Kernkraftwerke eine neue Sicherheitsqualität zum vorsorgend weitestgehenden Schutz der Bevölkerung bei der friedlichen Nutzung der Atomenergie.

Mit dem Begriff „zukünftige Kernkraftwerke“ ist auch das deutsch-französische Gemeinschaftsprojekt *European Pressurized Water Reactor* (ERP) angesprochen, das von einer breiten bilateralen Kooperation zwischen Industrie und öffentlich geförderter Großforschung getragen wird. Beim EPR werden erstmals zwei erfolgreiche nationale Baulinien zusammengeführt, die französische Linie N4 und die deutsche Linie KONVOI. In der Zielsetzung werden sowohl die präventiven als auch die mitigativen Sicherheitseinrichtungen unter Einbeziehung der bisherigen Betriebserfahrungen weiterentwickelt.

Schwere Unfallphänomene werden entweder aufgrund anlagentechnischer Maßnahmen praktisch ausgeschlossen oder bereits in der Planungsphase der Anlage mitberücksichtigt. Die entsprechenden Sicherheitsnachweise sind deterministisch, also nach ingenieurtechnischen Maßstäben zu führen. Diese Nachweise sind durch probabilistische Sicherheitsanalysen zur Ausgewogenheit des gesamten Sicherheitskonzepts zu ergänzen. Die Zielvorgabe lautet: Die Eintrittswahrscheinlichkeit für einen Kernschmelzunfall soll kleiner als $10^{-5}/a$ und die für

Schematische Darstellung der Druckentlastungseinrichtung eines DWR-Sicherheitsbehälters.





EPR
Plant Layout
General Arrangement of Nuclear Island

Gesamtansicht des *European Pressurized Water Reactor* (EPR) mit der besonderen Einrichtung zur Kühlung einer Kernschmelze.

große radioaktive Freisetzungen kleiner als 10^{-6} /a sein.

Die Abbildung oben zeigt den generellen Aufbau des EPR. Er ist als 1.750-MW_e-Anlage konzipiert mit einem robusten Doppelschalen-Containment und mit einer besonderen konstruktiven Maßnahme zur Stabilisierung einer Kernschmelze innerhalb der Sicherheitsumschließung. Dazu ist unterhalb des Reaktordruckbehälters eine Auffangfläche zur Ausbreitung einer Kernschmelze vorgesehen, die anschließend durch Wasser aus dem nebenliegenden Flutbecken gekühlt wird. Das Gemeinschaftsprojekt ist inzwischen so weit fortgeschritten, daß eine Bauentscheidung für den EPR in Frankreich im Laufe des nächsten Jahres erwartet wird.

In Deutschland haben sich mit dem Wechsel der Bundesregierung im Herbst 1998 die Zukunftsperspektiven der Kernenergie grundlegend verändert.

SICHERHEITSFORSCHUNG FÜR DIE ZUKUNFT

Selbst wenn der Ausstiegsgedanke dauerhaft Leitlinie der Politik bleibt, gibt es – wegen der Restlaufzeiten vieler Anlagen und der sicheren Behandlung und Endlagerung der radioaktiven Abfälle – noch reichlich Arbeit für eine nächste Generation von Kerntechnikern.

Wir brauchen unabhängig von der weiteren energiepolitischen Entwicklung in Deutschland eine Fachkompetenz in der Nukleartechnik. Diese schließt eine öffentlich geförderte Forschung und Entwicklung mit ein, um der Verantwortung für den Schutz vor den Risiken der Kernenergienutzung gerecht zu werden und um die Sicherheit der Kernkraftwerke und der nuklearen Entsorgung nach dem internationalen Stand von Wissenschaft und Technik auch in Zukunft gewährleisten zu können.

In diesem Sinn ist nukleare Sicherheitsforschung mehr denn je ein notwendiger Bestandteil des verantwortlichen Umgangs mit dem Risiko, das mit der zivilen Nutzung der Kernenergie verbunden ist. □

LITERATURHINWEIS

Die Broschüre *Radioaktivität – Risiko – Sicherheit* (80 Seiten) ist auf Anfrage kostenfrei zu erhalten beim Forschungszentrum Karlsruhe (ÖA), Postfach 3640, 76021 Karlsruhe.

DER AUTOR

Bernhard Kuczera, geboren 1941, Dr.-Ing., studierte Reaktortechnik an der Universität Karlsruhe (TH). Seit 1970 arbeitet er im Forschungszentrum Karlsruhe auf verschiedenen Gebieten der nuklearen Sicherheitsforschung.

WISSEN IST GEMEINBESITZ

Über die ethischen Grundlagen von Wissenschaft und Forschung

ANDREA LUCAS IM GESPRÄCH MIT
JULIAN NIDA-RÜMELIN

Anlaß für dieses Interview war der Vortrag „Ethische Implikationen des Verhältnisses von Naturwissenschaften und Technik“, den Professor Dr. Julian Nida-Rümelin am 26. Februar 1999 zum Abschluß des Graduiertenkollegs gehalten hat. Das vom Münchner Zentrum für Wissenschafts- und Technikgeschichte getragene Kolleg hat seinen Sitz am Deutschen Museum und wurde von 1987 bis 1998 von der Volkswagen-Stiftung gefördert. Die Fragen stellte Andrea Lucas, Mitarbeiterin des Forschungsinstituts des Deutschen Museums. – Ein weiteres Interview mit Nida-Rümelin zur Bedeutung von Kunst und Wissenschaft in der modernen Welt folgt in einer der nächsten Ausgaben von *Kultur & Technik*.

Lucas: Herr Nida-Rümelin, die Naturwissenschaft hat sich in einem Jahrhundert dauernden Prozeß von der Vormundschaft traditioneller Autoritäten befreit ...

Nida-Rümelin: Naturwissenschaften, wie wir sie heute verstehen, haben sich erst im Verlaufe des 19. Jahrhunderts etabliert. Zuvor war die Befassung mit den Grundprinzipien und Grundelementen der Natur ein konstitutiver Bestandteil der Philosophie. Auch Isaac Newton, dessen *Philosophia naturalis principia mathematica* 1687 erschien, verstand sein Werk selbstverständlich als Beitrag zur Naturphilosophie. In der Antike werden dabei schon kühne spekulative Theoriegebäude entwickelt – etwa bei den Atomisten Demokrit und Leukipp oder auch bei Epikur –, die jedoch ohne jede Methode der empirischen Überprüfung spekulativ bleiben.

Die empirische Kontrolle naturphilosophischer beziehungsweise naturwissenschaftlicher Hypothesen erhält erst in der *nova scientia* ihren zentralen Stellenwert. Die *nova scientia* revoltiert in der Tat gegen die vom Klerus mit theologischen Intentionen kontrollierte und damit zugleich marginalisierte Wissenschaft, das heißt damals noch Philosophie. Mit der *nova scientia* beginnt im 16. Jahrhundert ein Prozeß, der erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts in Form einer vollständig säkularisierten Naturwissenschaft ihren Abschluß findet.

Lucas: Worin liegen Ihrer Ansicht nach die Folgen dieses Säkularisierungsprozesses?

Nida-Rümelin: Das bis heute wirksame wissenschaftliche Ethos ist aus diesem langjährigen Kampf um Autarkie hervorgegangen. Es handelt sich um ein Ethos epistemischer (= erkenntnisorientierter) Rationalität, das damit auch die engen Verbindungen zwischen physikalischen und ethischen Auffassungen kappte, wie sie noch in den philosophischen Lehrtraditionen der Antike, zum Beispiel im Epikurismus und der Stoa oder im Thomismus ab dem 13. Jahrhundert, bestanden haben.

Lucas: Und dieses Ethos hat eine rein innerwissenschaftliche Funktion ...

Nida-Rümelin: Dieses auf epistemische Rationalität allein konzentrierte Ethos hat in der Tat ein Defizit darin, daß die externe Verantwortlichkeit der Wissenschaft zunächst aus dem Blick gerät, um dann, konfrontiert mit den Folgen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts, von außen wieder an die Wissenschaft herangetragen zu werden. Dies geschieht – man kann sagen geradezu schockartig – angesichts der Konfrontation mit den technischen Möglichkeiten, die die

moderne Physik seit Anfang dieses Jahrhunderts zur Verfügung gestellt hat und die in der Entwicklung der Atombombe in den 40er Jahren einen ersten Höhepunkt fand. Seitdem läßt sich wissenschaftliche Verantwortung nicht mehr auf die interne Verantwortung für die Zuverlässigkeit der Daten und Argumente und die Transparenz des Forschungsprozesses beschränken.

Lucas: In letzter Zeit haben sich die Regelverstöße gegen das Ethos der Wissenschaft gehäuft und auch in der Öffentlichkeit helle Aufregung verursacht. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) sah sich veranlaßt, gewissermaßen einen „Ehrenkodex“ wissenschaftlichen Arbeitens einzuführen. Halten Sie diese Maßnahme für überzogen oder mit Blick auf die Probleme für angemessen?

Nida-Rümelin: Das wissenschaftliche Ethos äußert sich in einer Vielzahl von Regeln, die von den Mitgliedern der *Scientific Community* ganz überwiegend so verinnerlicht sind, daß sie weder kodifiziert noch sanktioniert werden müssen. Ein Gutteil dieser Regeln kann man auf das Konzept des Gemeinbesitzes wissenschaftlichen Wissens zurückführen. Nur so ist – in der Sprache Karl Poppers – die Entwicklung kühner Entwürfe und ihre kritische Prüfung möglich. Naturwissenschaftliche Theorien beanspruchen universelle Geltung und Begründbarkeit gegenüber jeder Person, unabhängig von ihrer kulturellen, gesellschaftlichen oder politischen Prägung.

Durch die immer engere Verbindung wissenschaftlicher Grundlagenforschung und technischer sowie wirtschaftlicher Anwendung entsteht eine spezifische Gefährdung dieses Ethos, die Kodifizierungen und Sanktionierungen auf den Plan ruft. Aus einer



Julian Nida-Rümelin,
Professor für Philosophie und
Münchener Kulturdezernent.

ethischen Perspektive ist es immer wünschenswert, daß Regeln zu einem selbstverständlichen Bestandteil des Selbstverständnisses und der konkreten Handlungsweisen der Akteure werden und damit weder der Kodifizierung noch der Sanktionierung bedürfen.

Lucas: Nicht jeder Wissenschaftler aber hat ein solches Selbstverständnis.

Nida-Rümelin: Um einen Prozeß, in dem diejenigen für sich Vorteile gewinnen, die einen laxen Umgang mit den konstitutiven Regeln des wissenschaftlichen Ethos pflegen, erst gar nicht in Gang kommen zu lassen, halte ich in dieser Situation der zeitgenössischen Naturwissenschaft ein gewisses Maß an Reglementierung – zumindest in sensiblen Bereichen wie der medizinischen Grundlagenforschung, der Gentechnik und der Ökonomie – in der Tat für sinnvoll.

Lucas: Noch einmal zurück zur externen Verantwortung der Wissenschaft: Wie beurteilen Sie diese im Vergleich zur innerwissenschaftlichen Verantwortung?

Nida-Rümelin: Die innerwissenschaftliche Verantwortung im Sinne des genannten „Ethos epistemischer Rationalität“ war bislang selten Gegenstand von Kontroversen und führt auch nur im Fall eklatanter Verletzungen zu öffentlichen Debatten. Umstritten blieb jedoch von Anbeginn die Ausweitung dieses Ethos auf ein Ethos wissenschaftlicher Verantwortung generell.

Mir persönlich ist dabei der Aspekt wesentlich, daß es sich hier – unabhängig davon, wie man die Reichweite einschätzt – um eine Ausweitung und nicht um eine Ersetzung handelt. Es kann nicht darum gehen, das Ethos epistemischer Rationalität, oder auch nur Teile daraus, zugunsten eines Ethos der externen wissenschaftlichen Verantwortlichkeit aufzugeben. Selbst im Falle von Konflikten zwischen diesen beiden ethischen Dimensionen gilt in der Wissenschaft grundsätzlich der Vorrang des Ethos epistemischer Rationalität.

Lucas: Das heißt konkret ...

Nida-Rümelin: ... daß es nicht angehen kann, wenn einzelne Wissenschaftler meinen, ihre Forschungsergebnisse nicht publizieren zu dürfen, weil man nicht weiß, welche technische oder wirtschaftliche Nutzenanwendung daraus erwachsen könnte.

Die externe Verantwortlichkeit äußert sich unter anderem darin, auf welche Gegenstände sich die Forschung richtet. Da dies in hohem Maße von der Verteilung finanzieller Ressourcen abhängig ist und nicht nur dem Belieben einzelner Forscher überlassen bleibt, sind hier Institutionen, wie zum Beispiel auch die DFG, in der Verantwortung. Diese externe Verantwortlichkeit sollte sich auch in der Bereitschaft führender Wissenschaftler niederschlagen, den Umgang mit Forschungsergebnissen verantwortlich zu begleiten. Es geht um Kommunikation nach außen und um Kooperation in gesellschaftlicher Verantwortung mit der Wirtschaft und der Politik. Der vielzitierte „Elfenbeinturm“ ist nicht nur oft genug schädlich für den wissenschaftlichen Prozeß selbst, sondern blockiert die angemessene Wahrnehmung und den angemessenen Stellenwert der Wissenschaft in der Gesellschaft.

Die externe wissenschaftliche Verantwortung läßt sich nicht auf außerwissenschaftliche Instanzen abschieben, schon deshalb nicht, weil die Kompetenz dort nicht in ausreichendem Maße vorhanden ist. Verantwortbare politische und wirtschaftliche Entscheidungen kommen nur zustande, wenn die wissenschaftliche Kompetenz in den Entscheidungsprozeß einfließt. Ohne beständige Kooperationsbereitschaft von beiden Seiten ist das nicht zu haben.

Lucas: In einer Zeit, in der über gentechnisch veränderte Lebensmittel und über geklonte Lebewesen geredet wird, wirkt der Rückzug der Wissenschaft auf die interne ethische Dimension auch wenig überzeugend. Öffnet nicht gerade die Flucht vor der Verantwortung politisch-gesellschaftlichen Eingriffen in die Autonomie der Wissenschaft Tür und Tor?

Nida-Rümelin: So sehe ich das in der Tat. Wer es ernst meint mit der Autonomie der Wissenschaft, muß diese dadurch schützen, daß die Wissenschaft sich als Kooperationspartner gegenüber der Gesellschaft insgesamt anbietet. Die über viele Jahre hinweg unterstellte Wissenschaftsfeindlichkeit einer kritischen Öffentlichkeit auf der einen und Wissenschaftsgläubigkeit innerhalb der *Scientific Community* auf der anderen Seite waren ein Indiz, daß dieses Kooperationsgefüge

gestört ist. Auch die Reduktion von Technikfolgenabschätzung auf Akzeptanzforschung wäre ein Irrweg.

Die Gesellschaft ist zu stark von wissenschaftlich-technischen Prozessen geprägt, als daß die Mitglieder der *Scientific Community* sich isolieren könnten. Eine solche Isolation hat in der Vergangenheit und wird auch in Zukunft gerade die Folge haben, daß von außen stärker eingegriffen wird. Die ethische Gesamtverantwortung muß von den Protagonisten der Wissenschaft selbst angenommen und – bei allen Ungewißheiten im Konkreten – integraler Bestandteil ihres Selbstverständnisses sein.

Lucas: Inwieweit kann die Verantwortlichkeit des Wissenschaftlers für sein Tun in einer arbeitsteilig organisierten Wissenschaft noch auf der individuellen Ebene geregelt werden?

Nida-Rümelin: Ich bin der Meinung, daß dies nur zu einem kleineren Teil möglich ist. Man würde die einzelne Person mit dieser ethischen Gesamtverantwortung überlasten. Ethische Fragen haben zudem immer etwas zu tun mit dem gemeinsamen Selbstverständnis, mit gemeinsam akzeptierten Regeln und Werthaltungen. Auch die ethische Gesamtverantwortung der Wissenschaft bedarf einer institutionellen Stützung. Ein bewährtes Instrument sind zum Beispiel Ethik-Kommissionen, die in Deutschland – im Vergleich etwa zu den USA – bislang nur eine Schattenexistenz führen. Ethik-Kommissionen sollten sich dabei nicht als Kontroll-Gremium verstehen, sondern als ein Angebot, den ethischen Klärungsprozess innerhalb der Wissenschaft zu gestalten und voranzutreiben. Ganz wesentlich ist dabei der interdisziplinäre Aspekt.

Die Wissenschaftsethik hat eine Integrationsfunktion auch innerhalb der Wissenschaft in ihrer Gesamtheit, und sie verlangt nach Kooperation von Ethikern, Juristen, Sozialwissenschaftlern mit Naturwissenschaft und Technik.

Lucas: Wie kann der Staat seiner Verantwortung im Bereich der Wissenschaft gerecht werden?

Nida-Rümelin: Die weitere Spezialisierung – nicht nur in der Forschung selbst, sondern schon in den Studiengängen – erschwert die integrative Sicht, die für den Forschungsprozeß selbst wichtig und für die ethische Di-

mension unverzichtbar ist. Diese Spezialisierung läßt sich nicht rückgängig machen oder auch nur bremsen. Um so wichtiger ist aber, daß in den Ausbildungsgängen die ethische und gesellschaftliche Dimension der Naturwissenschaft berücksichtigt wird und die späteren Forscherinnen und Forscher sich immer wieder mit den ethischen Implikationen und gesellschaftlichen Kontexten ihres Tuns auseinandersetzen.

Die an vielen Orten inzwischen etablierte Kooperation über die Disziplinen hinweg hat sich dabei bewährt. Ich denke da etwa an das Graduiertenkolleg „Ethik in den Wissenschaften“ der Universität Tübingen, an dem ich in den Jahren 1991 bis 1993 mit dem Schwerpunkt „Ethik und Naturwissenschaft“ beteiligt war.

Lucas: Eingriffe in die Freiheit der Forschung stehen heute unter dem Verdikt, Arbeitsplätze zu vernichten. Wer auf nationaler Ebene Restriktionen auferlegt, der zwingt die Forschung (insbesondere die Industrieforschung) – so die vielfach gehörte Argumentation – gleichsam „auszuwandern“ und beschleunigt damit den Verfall des Standorts Deutschland. Dies ist eine starke, wirkungsvolle Argumentationslinie. Wo, so ließe sich also fragen, endet die Eingriffstiefe des Nationalstaates in einer von Globalisierung der Wirtschaft und Wissenschaft geprägten Welt?

Nida-Rümelin: Die Wissenschaft hat noch nie vor nationalen und kulturellen Grenzen haltgemacht. Die Globalisierung und Internationalisierung sind nach meinem Eindruck heute noch bei weitem nicht so weit gediehen, wie das zum Beispiel in der Spätantike und in der frühen Neuzeit der Fall war. Aber wie immer man dieses einschätzt, das wissenschaftliche Ethos sowohl der internen wie der externen Verantwortung steuert das Verhalten einer internationalen Gemeinschaft.

Tatsächlich hat die größere Vorsicht, die in Deutschland im Bereich der Gentechnik waltete, dazu geführt, daß diese Forschungsrichtung sich in Deutschland schwerer tat als in manchen anderen Ländern. Dies lag nach meiner Einschätzung weniger an den inhaltlichen Regelungen des deutschen Gentechnikgesetzes, als in der bürokratischen und aufwendigen Um-

setzung. Die Frage der ethischen Zulässigkeit des Eingriffes in die menschliche Keimbahn ist nicht nur in Deutschland, sondern international umstritten und dort, wo keine entsprechenden gesetzlichen Regelungen bestehen, gibt es doch einen begleitenden ethischen Diskurs, der gelegentlich zu restriktiveren Maßnahmen – zum Beispiel in den USA – führt, als sie im Gentechnikgesetz vorgesehen sind.

Lucas: Die Gesetzgebung in den USA und Europa unterscheidet sich doch ganz wesentlich ...

Nida-Rümelin: Europa ist insofern in einer Sondersituation, als hier die einzige übernational-staatliche Struktur existiert, die über eine Gesetzgebungskompetenz verfügt. Die mangelnde Eingriffstiefe des Nationalstaates ist hier insofern schon weitgehend kompensiert.

In jüngster Zeit ist die Biotechnologie in Deutschland wieder auf einem sehr guten Weg, ohne daß an den inhaltlichen Kriterien etwas geändert worden wäre. Das Argument: „Wenn wir nicht, dann machen es andere“ ist das ethische Korruptionsargument *par excellence*, und es würde, zu Ende gedacht, alle Fundamente verantwortlicher Kooperation unterhöheln.

Lucas: Heute wird vielfach, vor allem aber in Deutschland, von einem Akzeptanzdefizit der Öffentlichkeit gegenüber Naturwissenschaft und Technik geredet ...

Nida-Rümelin: Nach meinem Eindruck ist die Kommunikationsstörung zwischen Naturwissenschaft und Technik einerseits und der Öffentlichkeit andererseits weitgehend behoben. Naturwissenschaft und Technik hatten selbst einen großen Anteil an dieser Kommunikationsstörung, wenn ich nur an die unverantwortlich naiven Prognosen zum Energieverbrauch und der zwingenden Notwendigkeit eines drastischen Ausbaus der Kernenergie denke – es ist durchaus Anlaß zur Selbstkritik, sich im Rückblick mit dieser Art der Public-Relations-Politik wissenschaftlicher und technischer Institutionen auseinanderzusetzen.

Die Stellungnahmen aus Naturwissenschaft und Technik sind rationaler geworden und die Fundamentalkritik einer Öffentlichkeit, die mit dem gesamten Prozeß der wissenschaftlich-

technischen Zivilisation nicht einverstanden ist, beschränkt sich heute auf sehr kleine Kreise. Unterdessen ist die Akzeptanz schon so weit gediehen, daß die Bürgerschaft die Politik dafür kritisiert, daß sie für Wissenschaft und Forschung zu wenige Mittel zur Verfügung stellt.

Lucas: Neben den Ausstellungen ist die Forschung eines der Haupttätigkeitsfelder des Deutschen Museums mit der Wissenschafts- und Technikgeschichte im Mittelpunkt. Es liegt im selbstgewählten Anspruch dieser Forschungsrichtung, auch der Gegenwart Orientierung zu vermitteln. Was kann wissenschafts- und technikhistorische Forschung in diesem Sinne leisten, was sollte sie leisten?

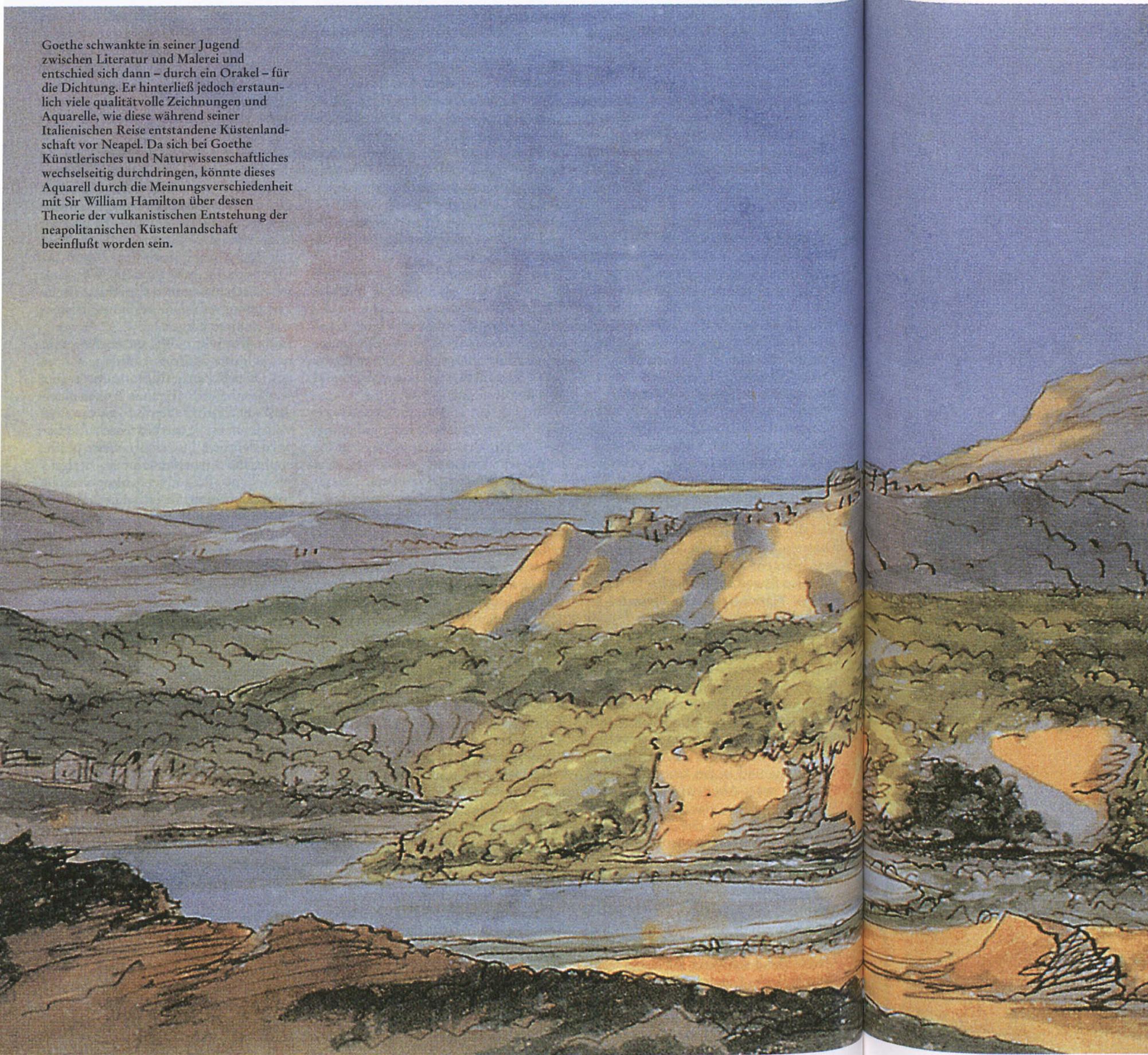
Nida-Rümelin: Wissenschafts- und technikhistorische Forschung, wie sie am Deutschen Museum betrieben werden, haben in meinen Augen einen ganz zentralen Stellenwert für die ethische Dimension der Wissenschaft. Hier wird deutlich, in welcher Weise philosophische Grundannahmen, weltanschauliche Prägungen, ökonomische Interessen, interne wissenschaftliche Prozesse und technische Entwicklungen miteinander verknüpft sind. Die Komplexität der wissenschaftlich-technischen Zivilisation kommt in den Blick. Dies schafft Distanz, auch der eigenen Zeit und ihren prägenden Ideologien gegenüber.

Der ethische Standpunkt verlangt nach einer Distanz von den jeweiligen Situierungen, seien sie nun durch Interessen oder Weltanschauungen geprägt. □

DER GESPRÄCHSPARTNER

Julian Nida-Rümelin, geboren 1954 in München, Dr. phil, hatte von 1991 bis 1993 eine Professur am interdisziplinären Zentrum für Ethik in den Wissenschaften der Universität Tübingen inne und ist seit 1993 Professor für Philosophie an der Universität Göttingen. Seine Forschungsschwerpunkte sind Ethik, politische Philosophie und Rationalitätstheorie. Seit Juli 1998 ist er Kulturreferent der Landeshauptstadt München und in dieser Zeit von der Universität in Göttingen beurlaubt.

Goethe schwankte in seiner Jugend zwischen Literatur und Malerei und entschied sich dann – durch ein Orakel – für die Dichtung. Er hinterließ jedoch erstaunlich viele qualitätvolle Zeichnungen und Aquarelle, wie diese während seiner Italienischen Reise entstandene Küstenlandschaft vor Neapel. Da sich bei Goethe Künstlerisches und Naturwissenschaftliches wechselseitig durchdringen, könnte dieses Aquarell durch die Meinungsverschiedenheit mit Sir William Hamilton über dessen Theorie der vulkanistischen Entstehung der neapolitanischen Küstenlandschaft beeinflusst worden sein.



„Was ist der Mensch, daß ihr sein gedenket?“*

Goethe und die Naturwissenschaften – und die Schwierigkeiten, sich einem vergangenen Genie zu nähern

VON OTTO KRÄTZ

Wenn man eine Ausstellung über Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832) vorbereitet, so stellt sich eine gravierende Frage: Warum gerade Goethe? Worin besteht denn die Faszination dieses Menschen, der gerne zitiert, aber offenbar dann doch gar nicht so oft gelesen wird, wenn man das Gejammere, vor allem der Jüngeren unter uns, über seine doch schon etwas antiquierte Sprache hört? Warum also „gedenken wir sein“? Ist es die Vielseitigkeit der Ausbildung, die uns fasziniert?

Für uns, die wir im allgemeinen nur wenige Fremdsprachen und ein bißchen Computerslang beherrschen, ist vielleicht die Tatsache beunruhigend, daß man dem jungen Goethe die erste Fremdsprache – Italienisch – mit sechs Jahren beibrachte. Dann folgten Latein, Französisch, Griechisch, Jiddisch, Englisch und Hebräisch.

Die jetzige Generation hält viel auf ihre Sportlichkeit, doch Goethe war auch ein guter Reiter – noch der 60jährige wurde in tadelloser Haltung in einem Scherenschnitt festgehalten –, und er war ein geübter Fechter. Er ging gerne auf Jagd, und das in einer Zeit, in der man anlaufenden Wildschweinen noch mit der Saufeder – sozusagen Aug' in Aug' – entgegentrat. Die Saufeder brach zuweilen, wie es Goethe passierte. Er war ein treffsicherer Schütze, guter Schwimmer, ein begeisterter und vor allem von jungen Damen höchst bewunderter Schlittschuhläufer und ein auch von diesen

gesuchter Tänzer. In jüngeren Jahren übte er sich so perfekt im Stelzgehen, daß er, als Gespenst verkleidet, die Teilnehmer einer Geburtstagsfeier erschreckte, wohl gemerkt im ersten Stock und von außen.

Stubenhocker war der große Dichter offenbar nicht. Auch sonst führte er sich als junger Mann so auf, wie sich junge Männer eben aufzuführen, ungebärdig und unvernünftig. In einer Sylvesternacht jagte er seinen Pferdeschlitten so durch den mondbeschienenen Wald, daß auf der anderen Seite nur Goethe herauskam – ohne Schlitten.

Es könnte auch sein, daß wir Goethe die gediegenen künstlerischen Fähigkeiten neiden. Wer von uns hat eine schon fast professionelle Ausbildung als Zeichner, Kupferstecher und Maler? In Gesellschaften, wo Goethe erwartet wurde, pflegte man Papier, Stifte und Farbe bereitzuhalten, damit dieser während des Gespräches seinen permanenten Zeichenübungen nachgehen konnte. So kann es einen schon nicht mehr überraschen, daß er in der Jugend auch Cello erlernte und noch

Goethes 1809 aquarellierter Farbenkreis symbolisiert in seiner *Farbenlehre* das „Menschliche Geistes- und Seelenleben“. Er ordnete jeder Farbe eine menschliche Eigenschaft zu – edel, gut, nützlich et cetera –, die er mit Begriffen wie Vernunft, Verstand, Sinnlichkeit und Phantasie korrelierte.

* *Tagebuch*, 10. Dezember 1777; *Altes Testament*, Psalm 8, 5.



im fortgeschrittenen Alter passabel Klavier beherrschte.

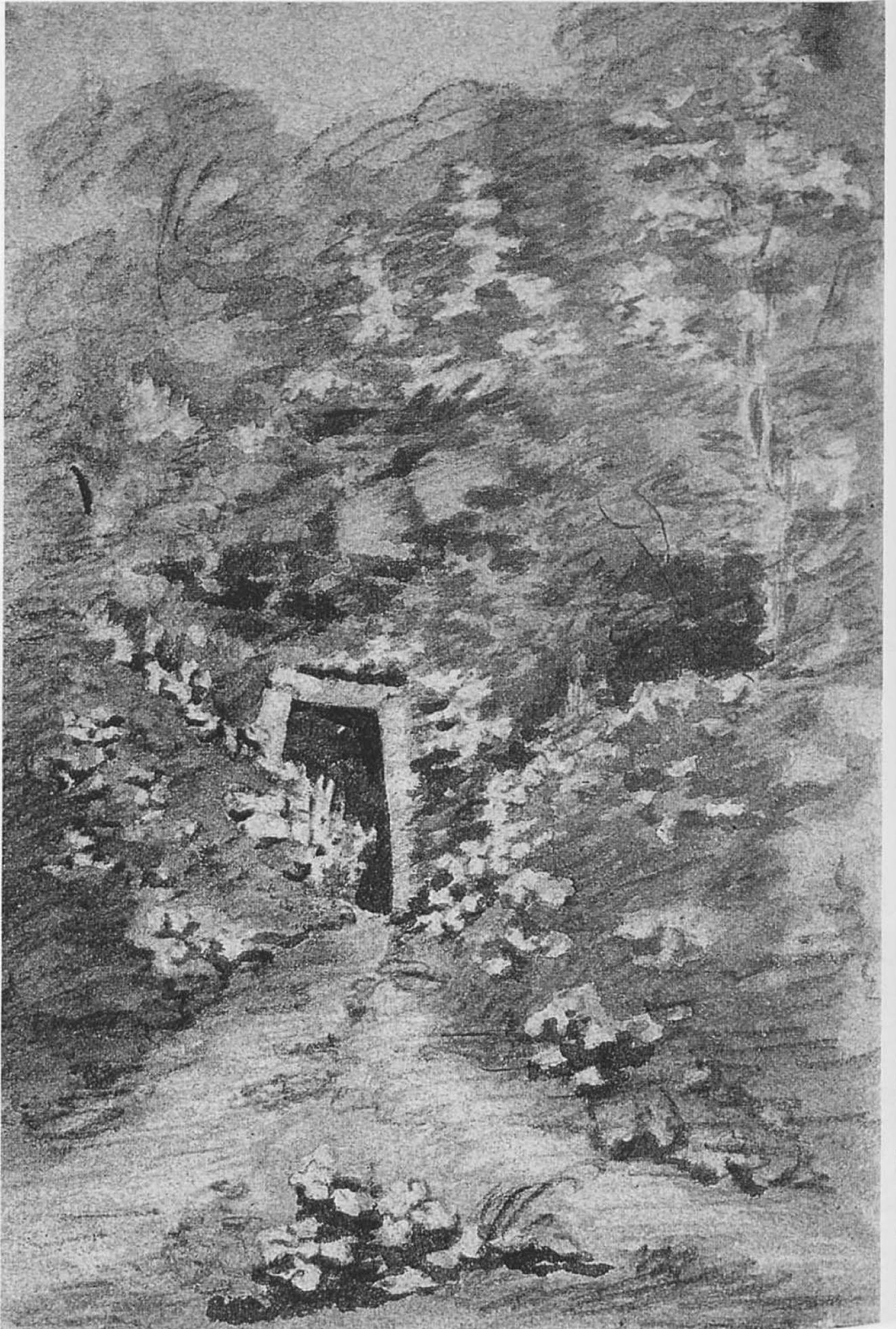
Daß ein so strukturierter junger Mann sein Jurastudium eher locker sah, darf uns auch nicht wundern. Im jüngst erschienenen Goethe-Lexikon wird diese Eigenheit in einem Satz vorgestellt, den man auf der Zunge zergehen lassen muß, um ihn voll zu genießen: „Als Student der Rechte immatrikuliert, besuchte G. Vorlesungen zur Geschichte, Philologie, Physik, Medizin und Naturwissenschaft.“ Im Klartext: In Jura-Vorlesungen wurde er nie gesehen, und dies war später, 1770, in Straßburg auch nicht anders, wo er dann die Fakultät mit einer Doktorarbeit erschreckte, die diese als religionsgefährdend ablehnte, und wo man ihn – vielleicht um das ungebärdige Junggenie loszuwerden –, durch Thesenverteidigung promovieren ließ. Goethe wäre nun Doktor der Rechte gewesen, aber der ungebärdige junge Herr hatte keine Lust, seinen Professoren den Doktorschmaus zu bezahlen, und ging als Lizentiat ab, eine Art Mini-Doktorwürde dieser Zeit, der übliche Grad für arme Geistliche.

Damit kämen wir zu der Frage: Was blieb vom Dichter? Die Zeiten, wo jedermann – und meist etwas unpassend – aus dem *Faust* zitieren konnte, sind vorbei. *Die Leiden des jungen Werther* könnten heute auch keinen Skandal mehr auslösen. Der literarische Pulverdampf, der die Gefechte der *Xenien* einst begleitete, ist völlig verflogen, die dort versteckten Bosheiten für die jetzige Generation kaum mehr erkennbar. Die Ausdauer, die *Wilhelm Meister* dem Leser abverlangt, ist heute schwer aufzubringen, und Goethes erotische Dichtungen wirken im Zeitalter des Schmuddelfernsehens eher komisch. Seine Bühnendichtungen werden eher selten aufgeführt, seine Lieder sind der stampfenden Rhythmik moderner Jugendlicher nicht sonderlich vermittelbar.

Schon vor der Wiederinbetriebnahme des Kupferbergwerkes in Ilmenau – Goethe war von Herzog Carl August 1776 zum Leiter sämtlicher Bergwerksangelegenheiten des Herzogtums bestellt worden – studierte Goethe die Topographie des Ortes und zeichnete die verfallenen Reste des alten Bergwerks, wie dieses noch offene Stollenmundloch. Das Bergwerk scheiterte letztlich, regte Goethe aber an, sich mit Geologie und Mineralogie auseinanderzusetzen.

Was also ist es? Ist es der Naturwissenschaftler Goethe: der ewige Sammler von Gesteinen und Mineralien, bis 18.000 (in Worten: achtzehntausend) in seinen Schränken lagen? Ist es der auf Newtons Grab herumtrampelnde Farbforscher? Ist es die Suche nach der Urpflanze, sind es die Gedanken zur Metamorphose der Tiere? Auch hier muß man sagen: Die Zeit der Lehrgedichte ist vorbei, und wer denkt heute noch über die Symbolik von Versmaßen in Gedichten über die Natur nach?

Hand aufs Herz, wer von uns Alltagsmenschen kennt überhaupt noch die Namen alter Strophenformen, wie „Alexandrin“ oder dergleichen, die Goethe so wichtig waren? Zwar gibt es viele, die sich das von Goethe benutzte Wasserbarometer ins Zimmer hängen, aber wer denkt denn noch über seine Wetterbeobachtungen nach? So spielen Goethes Forschungen zwar eine wichtige Rolle in der Geschichte der Naturwissenschaften, aber letztlich ist die Zeit doch darüber hinweggelaufen.



Alle Fotos: Deutsches Museum München



Goethe beteiligte sich intensiv an der Gestaltung der Weimarer Parkanlagen und arbeitete in jüngeren Jahren zuweilen mit Hacke, Schaufel und Spaten selbst mit – wie bei der Anlage dieser noch heute erhaltenen „Felsentreppe bei der Sternbrücke im Herzoglichen Park bei Weimar“, die Goethe 1778 zum Andenken an die Selbstmörderin Christel von Laßberg anlegte. Sie hatte sich, einen Band seines *Werther* bei sich tragend, in der Ilm ertränkt.

Es wäre noch viel über Goethe als Beamten zu sagen, den treuen Diener und Freund seines Herzogs Carl August, den gewissenhaften Verwalter und Förderer der wissenschaftlichen und künstlerischen Anstalten des Herzogtums Sachsen-Weimar-Eisenach, den etwas steifen Minister Goethe, die „Exzellenz“. Oder fasziniert uns der Theaterleiter Goethe, mit dem zuweilen quälenden Hang zu einem etwas reichlich deklamatorischen Sprechstil und konservativem Geschmack seines Musiktheaters?

Die Antwort ist einfach: Die Faszination liegt in der einzigartigen Summe seiner Tätigkeiten und Fähigkeiten. Aber da ist noch etwas, was einem entgegenspringt, wenn man sich mit ihm beschäftigt, nämlich die häufig fast schon naive Freude am Leben, Schreiben (stimmt übrigens nicht: er diktierte immer; mit jenen Schwierigkeiten, die ein Frankfurter hat, wenn er sächsischen Schreibern diktiert) und Forschen. So muß man sich daran gewöhnen, daß Goethe ein Zehntel seines Einkommens für Wein und Champagner ausgab. Im Goethe-Lexikon wird zwar dargelegt, er habe sich vor übermäßigem Weingenuß gehütet, doch: „Indessen trank er regelmäßig Wein, in heute eher unüblichen Mengen, abends, zum Frühstück (gegen 11 Uhr ein Wasserglas), mittags pflegte er gewöhnlich ‚eine Boulette allein zu leeren‘.“

Aber auch naturwissenschaftliche Forschung kann Spaß machen: Eine Ahnung, daß diese Forschungen wesentlicher Teil eines lustvoll zelebrierten, höchst persönlichen Lebensgefühls und eines freudvoll bewußt gelebten Stils waren, vermittelt der Bericht des Polizeirates J. S. Gründer über eine späte geologische Exkursion Goethes im August 1823, er war somit 74 Jahre alt: „Nach eingenommenem Gabelfrühstück und mitgenommenem Proviant fuhren wir früh 9 Uhr nach Boden, um den Rehberg zu untersuchen. Goethe blieb auf der Höhe sitzen und schlürfte aus einer vergoldeten Pilgrimschale von Silber den hineingegossenen Rheinwein. Ich ging um den Rehberg herum.“

Auf allen Seiten des Berges fand Grüner nur Tonschiefer und berichtete Goethe, der Berg bestünde nur aus diesem Gestein, doch der offenbar vom Rheinwein schon ein wenig belebte alte Herr erwiderte: „Es kann nicht der Schluß gezogen werden, daß, weil am Fuße des Berges ... jenes Gestein vorkommt, die ganze Unterlage des Berges daraus besteht; denn es mag etwas dazwischen liegen. Ebenfalls ist nicht richtig, daß, weil mich das Mädchen den ersten und dritten Tag geküßt hat, sie den zweiten Tag nicht einen andern geküßt haben kann.“

Der solcherart belehrte Polizeirat fand nun bei genauerem Nachfor-

schon denn auch Olivin in Basalt-schlacken: „Woher, Freund, haben Sie diese schönen Schlacken?“ fragte Goethe, erhob sich in diesem Moment rasch wie ein Jüngling und sagte: „Das müssen wir an Ort und Stelle untersuchen.“ So führte die Kutsche den alten Goethe, seinen stets mit Schaufel und Hacke ausgerüsteten Diener und den schon legendären, erhaltenen Bastkorb noch zu manchem freudig aufgenommenen Fund.

Sollte die kleine Ausstellung des Deutschen Museums „Goethe und die Naturwissenschaften“ ein wenig von seinem fröhlich aufgeschlossenen Geist vermitteln, dann hätte sich die Mühe gelohnt. □

Zuweilen zeichnete Goethe Dokumente und Briefe nicht mit seinem Namen, sondern nur mit einem „schlichten“ G, das sich allerdings im Laufe der Jahre zu einem kalligraphischen Meisterwerk entwickelte.



DIE AUSSTELLUNG

Die Ausstellung „Goethe und die Naturwissenschaften“ ist bis zum 19. März 2000 im Bibliotheksbau des Deutschen Museums zu sehen. Dazu erschien ein Begleitband von Otto Krätz: *Goethe und die Naturwissenschaften*, Callwey-Verlag, München 1998, 24,- DM. Der Band ist nur in der Ausstellung und im Museumsladen erhältlich.

DER AUTOR

Otto Krätz, geboren 1937, Dr. Dipl. Chem., ist Hauptabteilungsleiter am Deutschen Museum, Professor und Lehrbeauftragter für Geschichte der Chemie an der Universität Stuttgart. Er ist Autor zahlreicher Sachbücher, unter anderem über Casanova, Alexander von Humboldt und Goethe. Die Ausstellung „Goethe und die Naturwissenschaften“ wurde von ihm initiiert und betreut.



Die wollen's wissen: Bergsteiger im Himalaja

R I S I K O

Schnell noch bei Rot über die Ampel, ohne Helm auf dem Kopf mit dem Radl dahinrasen, Bungee-Springen, im Gebirge einen unbekanntem Weg erkunden, eine notwendige Operation - immer ist ein gewisses Risiko dabei. Mal ist es größer, mal ist es kleiner. Mal geht man es bewußt ein, mal kennt man es nicht, mal ist es unvermeidlich.



Puh, das sieht gefährlich aus: Manches, was du da siehst, solltest du lieber bleiben lassen, weil's wirklich gefährlich ist für Leib und Leben, oder weil's eins auf die Mütze gibt. Und die Erwachsenen sind auch nicht viel schlauer. Zähl mal nach, wo überall Gefahr droht und mach den Risiko-

Erkennungstest auch mit wichtigen Personen deiner Umgebung: Tina, Onkel Albert und Charlie; und schreibe wichtige Gefahren, die du kennst und hier oben fehlen, vor denen aber dringend gewarnt werden muß, an Doktor Prof, Deutsches Museum in 80306 München.

Redaktion Doktor Prof.: Annette Noschka-Roos, Traudel Weber und Christof Gießler. Himalaja-Bilder mit freundlicher Unterstützung von ALPINES MUSEUM, München, Praterinsel

Abenteuer

8848 m hoch ist der höchste Berg der Welt: der Mount Everest im asiatischen Himalaja.

Am 29. Mai 1953 erreichten der Neuseeländer Edmund Hillary und der Sherpa-Führer Tenzing Norgay als erste Menschen den Gipfel. Zuvor hatten sieben Expeditionen nach einem Weg auf den Gipfel gesucht – vergeblich. Manche Bergsteiger mußten die Expedition abbrechen, manche verloren sogar ihr Leben. Bis heute ist die Besteigung des Mount Everest ein Abenteuer mit hohem Risiko geblieben.



Gratwanderung: Der Weg zu den höchsten Gipfeln der Welt – hier im Himalaja – ist alles andere als ein Sonntagsspaziergang. Über viele Tage arbeiten sich die Bergsteiger in größere

Höhen vor, gewöhnen ihren Körper an die extremen Bedingungen. Wetterumstürze und Lawinen gefährden sie, und die dünne Luft in der extremen Höhe reicht kaum zum Atmen.

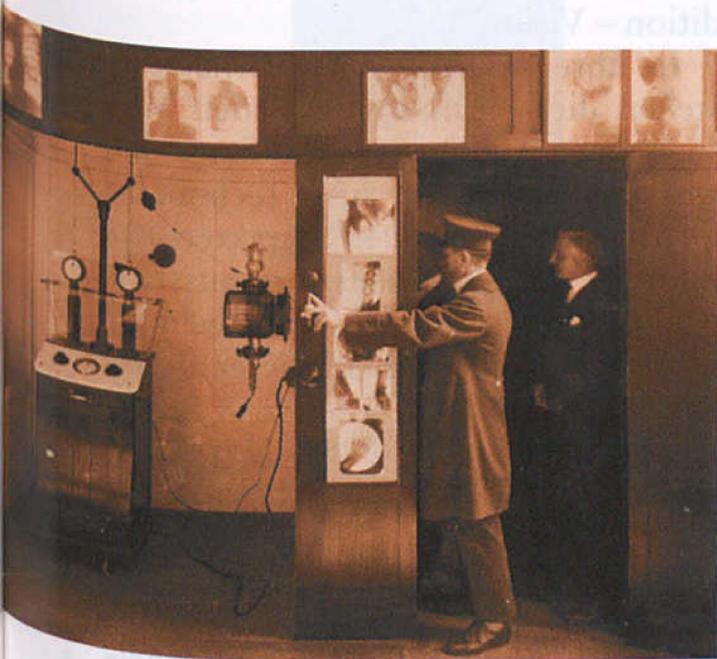
Ahnungslos

Als W. Conrad Röntgen in Würzburg 1895 die nach ihm benannten Strahlen entdeckte, war das eine Revolution. Zum ersten Mal gelang der Blick in den Menschen! Knochenbrüche oder andere Krankheiten können seitdem ganz genau erkannt werden!

Heute weiß jedes Kind, daß eine zu hohe Dosis der Strahlen die Gesundheit gefährdet. Ärzte achten deshalb streng auf die richtige Dosis. Früher, als das Risiko noch unbekannt war, trieb man damit seinen Spaß.

- Im Deutschen Museum stand früher ein Röntgenkabinett, das die Besucher selbst bedienen konnten, um sich zu durchleuchten!
- In Schuhgeschäften probierten Kinder Schuhe auf einem Durchleuchtungsgerät aus! So konnten Eltern gleich erkennen, ob der Schuh drückt: Auf diese Weise wurden mehrere Schuhe ausprobiert.

Solche Einsätze sind heute nicht mehr erlaubt!

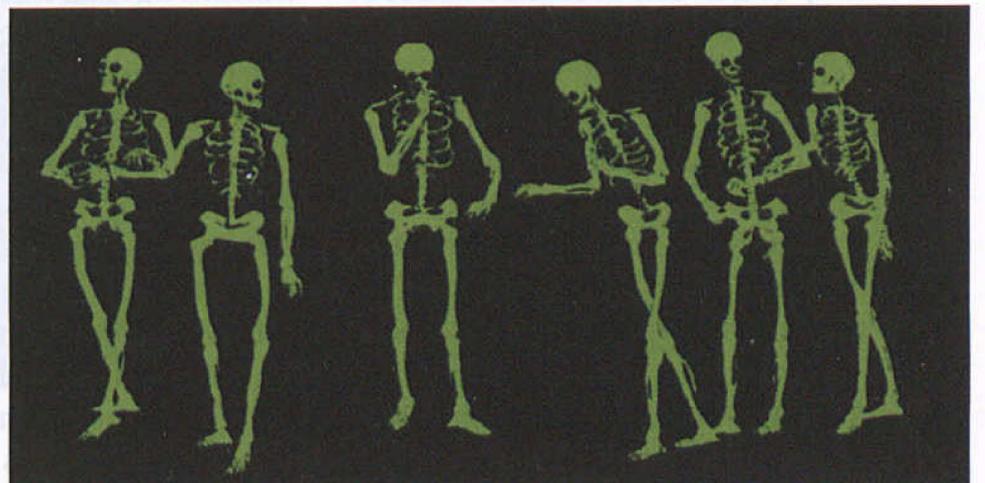


Beliebte Experimentierstation mit unbekanntem Risiko: Das ehemalige Röntgenkabinett im Deutschen Museum.



Feine Gesellschaft – bei Röntgenlicht betrachtet:

Kaum waren die Wirkungen der Röntgenstrahlen bekannt, machte man sich in einer Illustrierten von 1896 einen (ahnungslosen) Scherz daraus.



WISSENSCHAFT IM DIALOG

Die TechnikDialoge des Deutschen Museums Bonn

VON ANDREAS FICKERS

„Geschichte ist ein unendlicher Dialog zwischen Gegenwart und Vergangenheit“, so der große englische Historiker E. H. Carr. Museen sind als Sammlungsstätten *per definitionem* Foren dieses Dialoges zwischen Vergangenheit und Gegenwart, sie sind geschichtsträchtige Orte und menschliche Bildungs- und Begegnungsstätten. Das Deutsche Museum Bonn versucht darüber hinaus, dem Dialog eine zentrale didaktische Funktion bei der Wissensvermittlung von technisch-wissenschaftlichen Artefakten zuzuweisen.

Mit dem Dialog wird eine der ältesten Wissensvermittlungsformen – man denke an Platons Sokrates-Dialoge, Galileis *Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme* oder Goethes *Faust* – wieder aufgegriffen, die sich besonders dazu eignet, kontroverse Positionen gleichberechtigt zu Wort kommen zu lassen. Der Dialog fordert den Leser oder Museumsbesucher auf, sich eine eigene Meinung zu bilden, in die Diskussion mit einzusteigen. Das Deutsche Museum Bonn versteht sich in diesem Sinne als Agora des öffentlichen Disputes, will Faust und Mephisto an einen Tisch bringen.

Die Exponate im Museum für Technik und Naturwissenschaft sind normalerweise Maschinen und Geräte. Diese Exponate stehen im Museum, weil sie eine neue technische Errungenschaft darstellen oder einem Forscher bei seiner Arbeit als Werkzeug gedient haben. Die Maschine wird so zum stummen Zeugnis der Geschichte. Der Betrachter der Maschine erfährt so gut wie nichts über ihre Funktion. Texte und Bilder sind deshalb bewährte Hilfsmittel; sie erklären die Exponate und informieren über historische Zusammenhänge.

Ein Museum für zeitgenössische Technik und Naturwissenschaft hat aber mehr zu bieten, weil die Erfinder und Benutzer der Technik noch leben: Das aufgezeichnete Gespräch von Zeitzeugen vermittelt dem Museumsbesucher Originalstimmen und Meinungen zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Eine solche Form des institutionalisierten Dialoges im Deutschen Museum Bonn ist der TechnikDialog, das aufgezeichnete Gespräch zwischen zwei Persönlichkeiten aus Wissenschaft und Wirtschaft, aus Politik und öffentlichem Leben – Gespräche zwischen Zeitzeugen werden so zum Ausstellungsgegenstand.

Welche Themen werden angesprochen und welche Gesprächspartner ausgesucht?

Der TechnikDialog soll die Diskussion über den Umgang mit der Technik und den Stellenwert der Wissenschaft in unserer Gesellschaft in Gang bringen. Da die Anzahl interessanter Gesprächsthemen im Umfeld von Wissenschaft und Technik schier unendlich ist, erfolgt die Auswahl möglicher Dialogthemen nach zwei Kriterien.

Zum einen sollten die Inhalte exemplarische Fragestellungen nach der Bedeutung von Wissenschaft und Technik in vergangener, gegenwärtiger oder zukünftiger Zeit reflektieren. Die in den Kalten Krieg eingebettete Konkurrenz zwischen ostdeutschen Kosmonauten und westdeutschen Astronauten in der Raumfahrt, die aktuelle Auseinandersetzung zwischen Philosophen und Hirnforschern um die intellektuelle Hegemonie in der Bewußtseinsforschung oder die zukünftigen Weichenstellungen in der Organisation und Struktur des deutschen Hochschulwesens sind Beispiele zeitorientierter TechnikDialoge.

Zum anderen folgt die Themenauswahl der konzeptionellen Gestaltung

des Deutschen Museums Bonn. Fünf Bereiche kennzeichnen die Struktur des Bonner Museums. Inhaltlich stehen diese Bereiche für die Bedeutung und Organisation der Grundlagenforschung („Elementares“), für die Forschung im geteilten Nachkriegsdeutschland („EisBrechen“), für die Ambivalenz von Forschung und Technik („Zwischen Himmel und Hölle“), für den fachübergreifenden und internationalen Charakter der Forschung („Grenzgänger“) sowie für die wirtschaftlichen Interessen von Wissenschaft, Forschung und Technik („Tradition – Vision“).

In ihrer inhaltlichen Vernetzung stellen diese fünf Bereiche den Versuch einer Antwort auf die Frage dar, was die Forschung und Technik in Deutschland nach 1945 charakterisiert und wie diese Wesenszüge ausstell- und vermittelbar sind. Ein TechnikDialog ist jeweils einem dieser Bereiche zugeordnet.

Die Auswahl der Gesprächspartner richtet sich nach der besonderen Kompetenz der Personen für das ausgewählte Dialogthema. Hierbei geht es nicht um eine Art Prominentenfang, sondern eine möglichst originelle Zusammensetzung des Gesprächsduos, die auch kontroverse Diskussion zuläßt. Im TechnikDialog können so die ehemaligen Rivalen *Greenpeace* und *Bosch AG* ihre Strategien bei der Förderung beziehungsweise Verhinderung der Einführung des ozonfreien Kühlschranks erläutern. Oder ein Gerichtsmediziner, der den Mythos des Kaspar Hauser als badischen Erbprinzen durch eine DNS-Analyse zerstörte, kann mit dem Museologen über die phänomenologische Bedeutung dieser Person für die Literatur- und Geistesgeschichte streiten. Die Bewertung des Gesprächs bleibt dem Besucher überlassen – es soll ihn anregen oder aufregen, er kann seine Mei-

nung zu bestimmten Themen festigen oder korrigieren.

Das aufgezeichnete Gespräch wird zum Zeitdokument und neben Akten und veröffentlichten Unterlagen zur Quelle für den Historiker. Durch die intensive redaktionelle Bearbeitung werden dem Museumsbesucher kompakte, durch Fußnoten und Bildmaterial angereicherte Informationsbroschüren angeboten, die eine problemlose Lektüre oftmals hochkomplizierter Sachverhalte ermöglichen.

TechnikDialoge sind gestellt: Die beiden Gesprächspartner erhalten vor dem Gespräch einen Brief von den Museumsmachern. Die Gesprächspartner werden einander vorgestellt. Der Brief beschreibt das Museum und den Ort des TechnikDialogs darin: Durch die in dem Brief formulierten Fragen wird das Gespräch eröffnet. Den weiteren Gesprächsverlauf be-

stimmen die beiden Gesprächspartner durch ihr Frage- und Antwortspiel selbst.

Während einer dreiviertel Stunde haben die beiden Gesprächsteilnehmer Zeit, ihre Meinungen, Überzeugungen und ihr Fachwissen auszutauschen. Der Museumsbesucher kann sich auf den Dialoginseln im Museum oder auf der Homepage des Deutschen Museums Bonn direkt in dieses Gespräch einklinken und sich, ob zuhause oder im Museum, selbst ein Bild über spannende und meist aktuelle Fragen aus Wissenschaft und Technik machen.

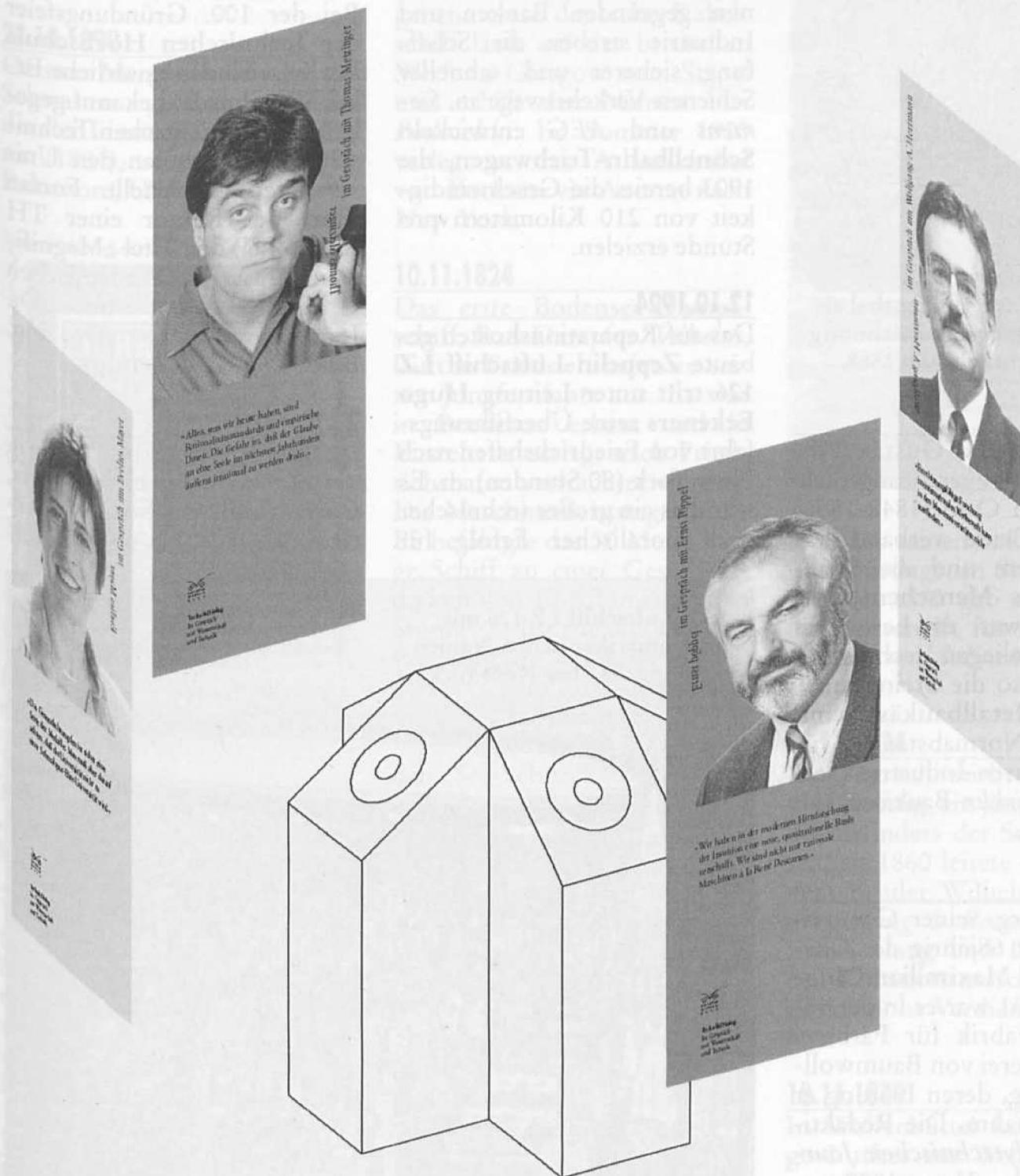
Bislang wurden 20 TechnikDialoge publiziert. Eine Auswahl von Dialogen kann in druckfertigem Layout von der Homepage des Bonner Museums (<http://www.deutsches-museum-bonn.de/technikdialog.html>) heruntergeladen werden. □

DIE TECHNIKDIALOGE

Alle Dialoge sind beim Lemmens Verlag erhältlich, Königswinterer Straße 95, 53227 Bonn, e-mail: Lemmens-Medien@t-online.de, oder im Deutschen Museum Bonn. Preis je 3,50 DM.

- 1 Wolfgang Frühwald und Manfred Eigen: Die Neugier als Antrieb wissenschaftlichen Arbeitens
- 2 Ulf Merbold und Sigmund Jähn: Die Entwicklung der Raumfahrt in beiden Teilen Deutschlands während des Kalten Kriegs und nach der Vereinigung
- 3 Helmut Schmidt und Hartmut Graßl: Die Bringschuld der Wissenschaftler gegenüber der Gesellschaft und die Annahmepflicht der Politiker gegenüber wissenschaftlicher Erkenntnis
- 4 Heinz A. Staab und Michael Sela: Die wissenschaftliche Zusammenarbeit zwischen Israel und Deutschland als Grundlage für die Völkerverständigung
- 5 Norbert Blüm und Konrad Seitz: Der Industriestandort Deutschland und individuelle Arbeitszeiten in der Zukunft
- 6 Wolfgang Eisenmenger und York Langenstein: Die molekularen Zeugen eines Verbrechens
- 7 Wolfgang Granow und Rüdiger Wolfrum: Der Antarktisvertrag und rechtsfreie Räume
- 8 Dieter Bärmann und Wolfgang Lohbeck: Werbung gegen Umweltzerstörung? – Die Einführung des ersten FCKW- und FKW-freien Kühlschranks
- 9 Klaus M. Meyer-Abich und Horst-Eberhard Richter: Die Angst vor der Technik
- 10 Artur Fischer und Hans-Jürgen Warnecke: Erfindungen und Kreativität
- 11 Wolfgang A. Herrmann und Evelies Mayer: Die Hochschulreform und die Zukunft der Universitäten
- 12 Reinhard Höppner und Jochen Schneider: Das Studium in der DDR, in den neuen Bundesländern und die Hochschulreform
- 13 Hans Berger und Adolf Spies von Büllenheim: Die Rolle des Steinkohlebergbaus in der Energiepolitik Deutschlands
- 14 Ernst Pöppel und Thomas Metzinger: Die Herausforderung interdisziplinären Denkens in der Hirnforschung
- 15 Hans Queisser und Karl Ganzhorn: Der 50. Geburtstag des Transistors und die Revolution der Mikroelektronik im 20. Jahrhundert
- 16 Hans Zehetmair und Ingolf Hertel: Die Notwendigkeit von Effizienz- und Transparenzsteigerung im öffentlichen Wissenschaftssystem
- 17 Armin Hermann und Wilfried Lang: „Sternstunden“ und Schattenseiten in der Geschichte des Planetariumbaus der Firma *Karl Zeiss*
- 18 Gerhard Bueß und Udo Voges: Die Schnittstelle Mensch/Maschine und die Perspektiven und Grenzen der Technisierung in der modernen Chirurgie
- 19 Michael Jansen und Paul Yule: Der Reiz des Verborgenen und die Werkzeuge der Erkenntnis in der Archäologie
- 20 Konrad Zuse und Heinz Gumin: Die Geschichte der *Zuse KG* und wirtschaftliche Fragen der frühen Computerindustrie

Illustration: Thema Gestaltung, München



Dialoginsel und je zwei Partner, deren Gespräche an solchen „Inseln“ wiedergegeben werden.

VON SIGFRID VON WEIHER

1.10.1849

Die **elektrische Telegrafennetze** in Preußen, bislang eine militärische und politische Institution, werden durch Erlaß des Königs fortan für **wirtschaftliche und private Nutzung** zugelassen, zweifellos eine Auswirkung der liberalen Revolution.

1.10.1874

Im europäischen Eisenbahnverkehr erscheint erstmals ein durchgehender **Nord-Süd-Express** zwischen Berlin und Rom. Die Strecke führt über den Brennerpaß und man gelangt in 52 Stunden von der Spree zum Tiber.

1.10.1899

In **Nürnberg** wird das erste **Deutsche Verkehrsmuseum** eröffnet. Es dient zunächst besonders der Präsentation der Eisenbahngeschichte, die dort im Jahr 1835 (Nürnberg-Fürth) begann, sodann auch den Themen Straßen- und Brückenbau und der Entwicklung der Nachrichtentechnik und der Postdienste.

2.10.1799

Johann Gottfried Tulla (1770-1828), junger Ingenieur-Eleve, trägt seinem Landesvater, dem Markgraf von Baden, den Plan eines **Dampfdruckschiffes** vor, mit dem man gegen den Strom und Wind fahren könne. Damit fand er noch keine Anerkennung. Aber mit seinem späteren Bericht (März 1802) von einer Studienreise nach Frankreich lieferte er den Plan zur **Kanalisation des Oberrheins**, der nun sein Lebenswerk wurde. Heute wissen wir um die Problematik dieses Projekts, und nun müssen die Auswüchse jener Fortschrittseuphorie gründlich reguliert werden.

2.10.1899

In Schweinfurt/Main verstirbt 50jährig **Friedrich Fischer**. Mit der 1883 gegründeten Firma „Kugel-Fischer“, die sich der Entwicklung und Fabrikation qualifizierter Kugellager verschrieb und damit internationale Anerkennung erwarb,

wurde die Fahrrad- und Autoindustrie maßgeblich gefördert und die Stadt Schweinfurt zum einschlägigen Industriestandort.

7.10.1849

In Baltimore, USA, stirbt, erst 40jährig, Amerikas großer Novellist **Edgar Allan Poe**. In vielen seiner utopisch-orientierten Werke befaßte er sich mit technischen Problemen, die erst in späteren Zeiten realisiert wurden. Damit war er in gewisser Hinsicht ein Vorläufer von Verne, Wells und Dominik.



Otto und Gustav Lilienthal als Radfahrer in Berlin. Zeichnung Gustav Lilienthals, um 1868.

9.10.1849

In Anklam wird **Gustav Lilienthal**, der jüngere kongeniale Bruder von Otto (1848-1896) geboren. Beide verband das **Flugproblem** und die Realisierung des **Menschenfluges**. Daneben war es besonders Gustavs Anliegen, technisches Spielzeug, so die **Steinbaukästen und Metallbaukästen** mit gelochten Normabständen für die Spielwaren-Industrie (*Stabil- und Märklin-Baukästen*) zu entwickeln.

9.10.1874

In Augsburg, seiner Geburtsstadt, stirbt 68jährig der Chemiker **Emil Maximilian Dinger**. Seit 1831 war er in der väterlichen Fabrik für Färberei und Druckerei von Baumwollstoffen tätig, deren Leitung er 1845 übernahm. Die Redaktion des **Polytechnischen Journals**, das der Vater 1820 gegründet hatte, wurde von ihm

bereits seit 1840 wahrgenommen. Durch ihre sachliche, ausgewogene Berichterstattung hat diese Zeitschrift in einzigartiger Weise die technisch-wirtschaftliche Entwicklung im In- und Ausland gefördert und Kontakte entstehen lassen, die dem Fortschritt nützlich waren.

9.10.1874

Die Bemühungen des deutschen Generalpostmeisters **Heinrich Stephan** werden erfolgreich abgeschlossen: In Bern findet, nach mehrtägiger Konferenz, die Gründung des **Weltpostvereins** statt.

10.10.1899

In Berlin wird die **Studiengesellschaft für elektrische Bahnen** gegründet. Banken und Industrie streben die Schaffung sicherer und schneller Schienen-Verkehrswege an. **Siemens** und **AEG** entwickeln **Schnellbahn-Triebwagen**, die 1903 bereits die Geschwindigkeit von 210 Kilometern pro Stunde erzielen.

12.10.1924

Das auf Reparationskosten gebaute **Zeppelin-Luftschiff LZ 126** tritt unter Leitung **Hugo Eckeners** seine Überführungsfahrt von Friedrichshafen nach New York (80 Stunden) an. Es war dies ein großer technischer und moralischer Erfolg für

Deutschland, der zu einer Spendenaktion Anlaß gab, durch die das neue Zeppelin-Luftschiff LZ 127 **Graf Zeppelin** entstand, mit dem der **Transatlantik-Luftverkehr** aufgenommen wurde. Konstrukteur beider Luftschiffe war **Ludwig Dürr** (1878-1956).

18.10.1799

Im württembergischen Metzingen wird **Christian Friedrich Schönbein** geboren. Nach Studienreisen im In- und Ausland habilitierte er sich als Chemieprofessor in Basel. Hier entdeckte er 1839 das **Ozon**. 1845 erfand er die **Schießbaumwolle** und im Anschluß daran auch das **Kolloidum**.

19.10.1899

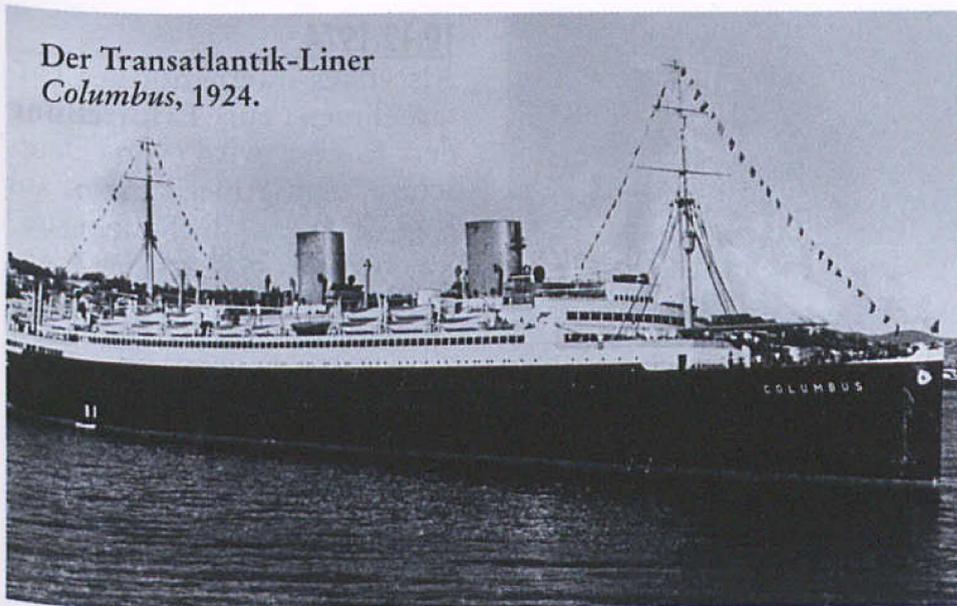
Bei der 100. Gründungsfeier der **Technischen Hochschule Berlin** wird der kaiserliche Erlaß Wilhelms II. bekannt gegeben, der die deutschen Technischen Hochschulen den Universitäten gleichstellt. Fortan führt der Rektor einer TH (heute TU) den Titel „Magnifizenz“, und die akademischen Grade „Dipl.-Ing.“ und „Dr. Ing.“ sowie auch „Dr. Ing. E.h.“ werden eingeführt.

23.10.1924

In Elbing verstirbt 54jährig der Besitzer der Schichauwerft, **Carl Fridolf Carlson**. Gebürtiger Schwede, hat er eine Rei-



Das Luftschiff LZ 126 mit dem amerikanischen Namen **Los Angeles** über New York.



Der Transatlantik-Liner *Columbus*, 1924.

he bedeutsamer Fracht- und Passagierschiffe gebaut, zuletzt den Transatlantik-Liner *Columbus*, der nach dem Ersten Weltkrieg die deutsche Handelsschifffahrt neu belebte.

28.10.1899

Ottmar Mergenthaler, der aus Schwaben gebürtige Erfinder der Linotype-Setzmaschine (1884), stirbt 45jährig in Baltimore, USA.



Der „Schwarze Einser“, die erste deutsche Briefmarke.

1.11.1849

Im Königreich Bayern erscheint die erste deutsche Briefmarke, bekannt als sogenannter „Schwarzer Einser“, also im Wert von einem Kreuzer, gefolgt vom blauen Dreier und braunen Sechser. Preußen führte Briefmarken am 15. November 1850 ein. Der „Schwarze Einser“ wurde 1949 von der Bundespost nachgedruckt.

1.11.1899

Otto Pritzkow in Berlin eröffnet das erste Lichtspielthea-

ter der Reichshauptstadt, einen kleinen „Kintopp!“

9.11.1899

Das von den Land- und Seekabelwerken Köln in Auftrag gegebene erste deutsche Kabelschiff läuft auf der britischen Werft in Glasgow vom Stapel und erhält den Namen *Von Podbielski*. Im Sommer 1900 verlegt es das Atlantikkabel von Borkum via Azoren nach New York.

10.11.1824

Das erste Bodensee-Dampfschiff, Rad-Dampfer *Wilhelm*, läuft in Friedrichshafen zu seiner Jungfernfahrt aus. Es war in Bordeaux erbaut und in Einzelteile zerlegt nach Friedrichshafen verfrachtet worden. Die Maschinenleistung von 21 PS befähigte das 30 Meter lange Schiff zu einer Geschwindigkeit von 10 Kilometern pro Stunde. Selbst für die Welt des Biedermeier erschien dieses Tempo nicht zu atemberaubend und man nannte den *Wilhelm* daher etwas abwertend den „See-Schneck“!

11.11.1824

William Lehay, Mechaniker in Southwar, GB, erhält ein britisches Patent auf eine Ziegelformmaschine. Ihre Besonderheit: ein Laufband, das die geformten Ziegel automatisch in die Trockenstube befördert. Das Fließband entwickelte sich jedoch erst etwa 40 Jahre später.

15.11.1899

Der von Guglielmo Marconi mit einer Funkstation ausgerü-

stete Dampfer *St. Paul* empfängt aus 70 Kilometer Entfernung von der Insel Wight politische Nachrichten, die durch eine Bord-Zeitung den Passagieren übermittelt werden. Es dürfte dies die erste gefunkte Bordzeitung gewesen sein.

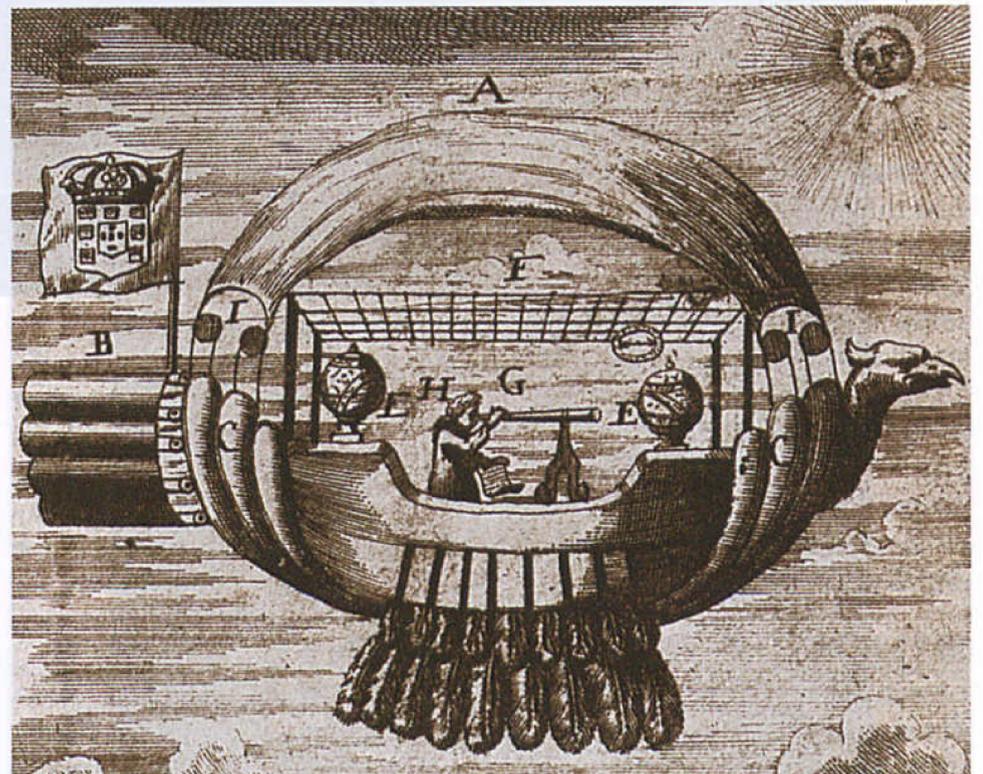
17.11.1874

In Breslau stirbt im 71. Lebensjahr der schlesische Bergmann Rudolf von Carnall. Im Revier in der Praxis, aber auch in Forschung und Schrifttum hatte er sich hohe Verdienste erworben. Die Schmidt-Carnallschen Regeln entwickel-

er die Regulierung der Donau-Katarakte am Eisernen Tor leitete. Ab 1875 wirkte er mit bei der Leitung der Mühlenbauanstalt des Vaters in Wolfenbüttel, die er später allein weiter betrieb. Er verstarb 1901 in Goslar.

19.11.1724

In Toledo, Spanien, verstirbt 39jährig der Jesuit Bartolomeu Lourenzo de Gusmao. Der gebürtige Brasilianer soll sich mit der Konstruktion eines Luftfahrzeugs beschäftigt haben und damit 1709 sogar aufgestiegen sein. Die Prüfung



te er aus seinen Erkenntnissen über Sprünge im Steinkohlengebirge. 1853 gab er erstmals die Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen heraus.

18.11.1924

In Oberzell stirbt Friedrich von Koenig, ein jüngerer Sohn des Erfinders der Schnellpresse. Seit 1860 leitete er mit seinem Bruder Wilhelm die Firma Koenig & Bauer. Um die Entwicklung und Einführung der Rotationsmaschine hatte er sich hohe Verdienste erworben.

18.11.1849

In Wolfenbüttel kommt Hugo Luther zur Welt. Als junger Ingenieur kam er nach Wien, später nach Ungarn, wo

Gusmaos Luftschiff-Phantasie aus dem Jahr 1709.

des Sachverhaltes ist in der Technikgeschichte noch nicht abgeschlossen.

20.11.1849

Der Brite William T. Clark (1783-1852) erlebt die feierliche Inbetriebnahme der von ihm geschaffenen Kettenbrücke über die Donau in Budapest.

28.11.1849

Der Publizist Benda Wolff (1811-1879), der in Berlin die *National-Zeitung* mit Nachrichten beliefert, gründet sein *Telegraphen-Büro*, das seinen Namen in der Presse-Welt international sehr rasch bekannt macht.

Abb.: Hapag-Lloyd-Archiv (o.); Sammlung v. Weither (2)

OKTOBER BIS DEZEMBER 1999

29.11.1849

In Lancaster, Großbritannien, wird **John Ambrose Fleming** geboren. 1885 bis 1926 lehrte er als Professor für Elektrotechnik am University College in London. 1904 gelang ihm die Konstruktion einer Zweielektroden-Röhre als **Diode** zur Gleichrichtung von Wechselströmen (Oszillation Valve) für Zwecke der Funktechnik. Sein Name lebt fort im sogenannten **Flemingschen Detektor**.

29.11.1899

In Brieg stirbt **Alfred Brandt**, einer der bedeutendsten deutschen Tunnelbau-Ingenieure. Es gelang ihm 1898, mit seinem Kollegen Brandau den Bau des 20 Kilometer langen **Simplon-Tunnels** auf der Grundlage des von ihm entwickelten **hydraulischen Gesteinsbohrers** in Angriff zu nehmen. Aber er hatte seine Kräfte überfordert und starb nach einem Schlaganfall an der Stelle seines Ingenieurwerks. 1906 wurde der Simplon-Tunnel in Betrieb genommen, jahrzehntelang war er der längste Gebirgstunnel der Welt.

30.11.1874

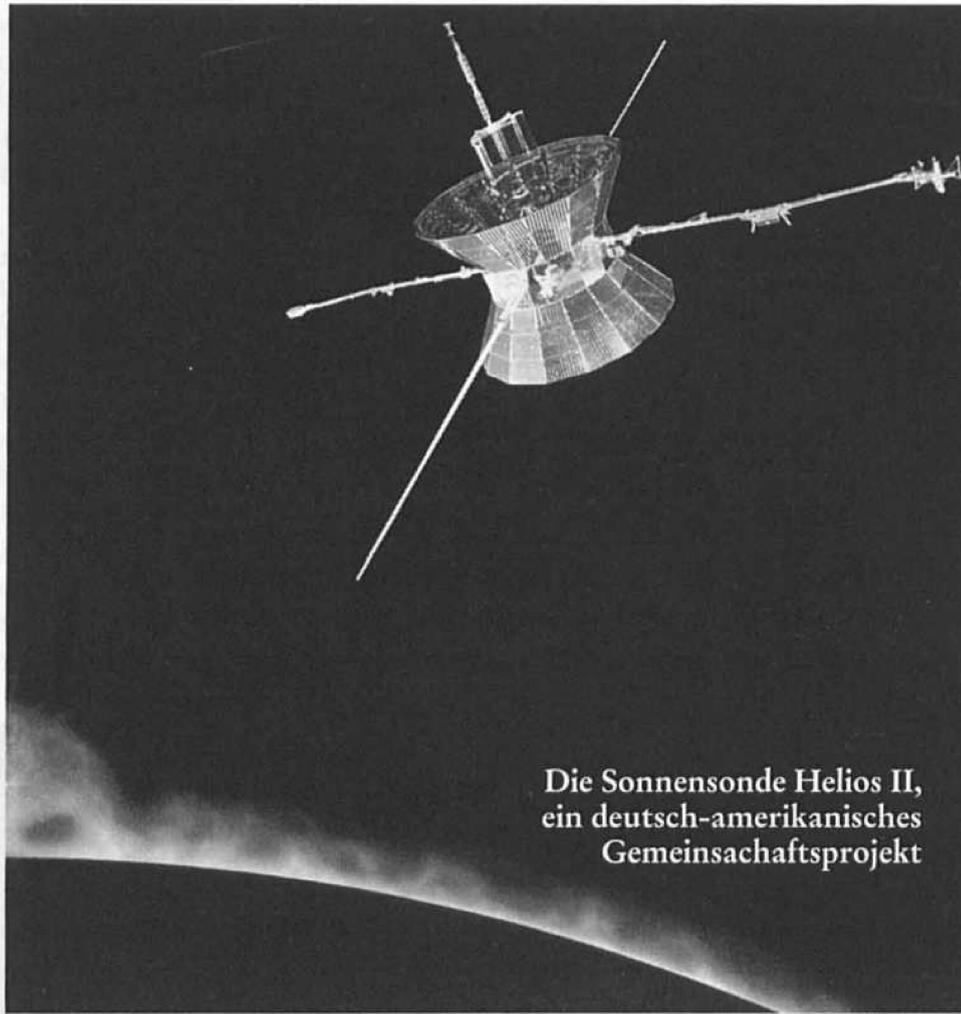
Durch ein Reichsgesetz tritt der erste vollständige **Marken- und Warenzeichenschutz** in Deutschland in Kraft. Die Warenzeichenrolle wird beim Reichspatentamt in Berlin geführt.

1.12.1924

In Braunschweig stirbt 78-jährig **Friedrich von Voigtländer**. Er entwickelte die vom Vater gegründete und 1849 von Wien nach Braunschweig verlegte Optische Fabrik zu glanzvoller Höhe. Unter seiner Geschäftsführung wurde vorzugsweise die Produktion von **Amateur-Fotoapparaten** gefördert.

3.12.1924

Im Süden Berlins beginnt die Errichtung des 280 Meter hohen Funkmastes für die **Großfunkstelle Königs Wusterhausen**. Sein Erbauer war **Hermann Honnef** (1878-1961),



Die Sonnensonde Helios II, ein deutsch-amerikanisches Gemeinschaftsprojekt

der wenig später mit Großwindkraftwerk-Projekten vor die Öffentlichkeit trat, jedoch damit erfolglos blieb. Für viele Jahre jedoch blieb sein Funkmast das höchste Bauwerk Deutschlands.

4.12.1924

In Anwesenheit des Reichspräsidenten **Friedrich Ebert** wird in Berlin die **Erste große deutsche Funkausstellung** eröffnet. In elf Tagen besuchten 114.000 Besucher die Geräte-Ausstellung von 268 Firmen. Bei der zunächst jährlichen, später zweijährlichen Funkausstellung wurden jeweils die neuesten Errungenschaften des stets wachsenden Themenkomplexes der Funktechnik präsentiert, so 1935 der erste Fernsehrundfunk der Welt in Berlin und 1967, anlässlich der 25. Jubiläums-Funkausstellung, das deutsche PAL-Farbfernsehen.

6.12.1799

Im schottischen Edinburgh stirbt 71-jährig der Arzt und Physiker **Joseph Black**. Zur wirtschaftlichen Nutzung der gerade aufkommenden **Dampfmaschine** trugen seine Forschungen über die physikali-

schen Eigenschaften des **Wasserdampfes** wesentlich bei.

7.12.1824

Rudolf Sack kommt in Kleinschkorlopp, Sachsen, zur Welt. Aus eigenen Erkenntnissen, ohne sonderliche Schulausbildung kam er zu ganz wesentlichen Verbesserungen in Entwicklung und Bau von **Landbaugeräten**. 1845 baute er einen eisernen Pflug, der dann eine ganze Reihe anderer Gerätekonstruktionen einleitete und den guten Ruf seiner Werkstatt in Löben bis ins Ausland trug. Seine 1863 nach Plagwitz bei Leipzig verlegte Firma und Fabrik erlangte besonders für den osteuropäischen Markt große Bedeutung. Nach des Gründers Tod setzten seine Söhne das Werk fort.

8.12.1849

Professor **Moritz Hermann von Jacobi** (1801-1874), der als Architekt und Dozent in Dorpat tätig war, sich aber als Elektrotechniker einen Namen machte, präsentiert in St. Petersburg auf dem Admiralgelände am Ende des Newsky-Prospekts die **erste elektrische Straßenbeleuchtung** in Rußland.

10.12.1974

Als erstes internationales Unternehmen zur **Erforschung der Sonne** wird von Deutschen und Amerikanern auf Kap Canaveral die Sonnensonde **Helios I** gestartet. Im Januar 1976 folgt, auf anderen Umlaufbahnen, **Helios II**. 1984 wird von der deutschen Bodenstation Oberpfaffenhofen der **Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt** (DFVLR) durch Herbert Porsche ein umfassender Bericht über die Ergebnisse (unter anderem Sonnenwind und interplanetarer Staub) herausgegeben.

12.12.1849

In London verstirbt 80-jährig der britische Ingenieur **Marc Isambart Brunel**, der 1769 geboren wurde. In jungen Jahren war er Chefingenieur der Stadt New York. Dann kehrte er in seine Heimat zurück, baute Säge- und Furnierholzmaschinen, Flaschenzüge, **Dampfmaschinen, Schiffe und Brücken**,

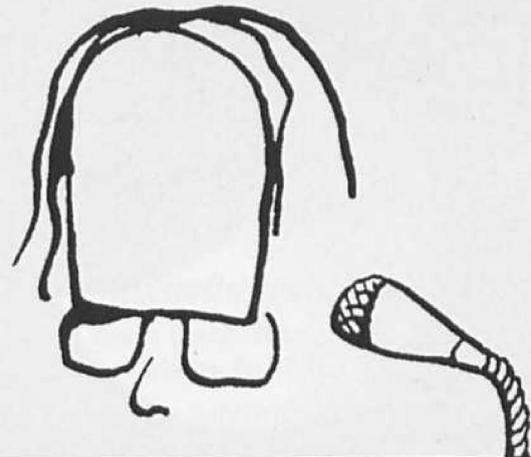


schon 1825 einen Kohlendioxidremotor. Die bedeutsamste Ingenieurleistung Brunels war der **Bau des Themsetunnels** in London, der 1825 begonnen, aber wegen Wassereintritts jahrelang ausgesetzt und erst 1843 vollendet wurde.

13.12.1724

In Rostock wird **Franz Ulrich Theodor Aepinus** geboren. Als Mathematiker und Physiker hat er mit seinen Gedanken über die **Elektrizitätswirkung** 1759 die Vorstellung der bis dahin angenommenen fließenden elektrischen Materie widerlegt und die elektrische Fernwirkung begründet.

Wissenschaft
für
jedermann



Wintervorträge
des Deutschen Museums

13. Oktober, 19.00 Uhr

Reise durch den menschlichen Körper

Prof. Dr. Maximilian Reiser

Klinikum Großhadern

Institut für Radiologische Diagnostik

27. Oktober, 19.00 Uhr

Goethe als experimentierender Chemiker
und die Chemie seiner Zeit

Prof. Dr. Georg Schwedt

Technische Universität Clausthal

Institut für Anorganische und Analytische Chemie

Experimentalvortrag

10. November, 19.00 Uhr

Das Trojanische Pferd
(archäo-zoologisch betrachtet)

Prof. Dr. Hans-Peter Uerpman

Universität Tübingen

Institut für Ur- und Frühgeschichte und Archäologie

24. November, 19.00 Uhr

Ameisen:

Die Entdeckung einer faszinierenden Welt

Prof. Dr. Bert Hölldobler

Biozentrum der Universität Würzburg

Lehrstuhl für Verhaltensphysiologie und Soziobiologie

1. Dezember, 19.00 Uhr

Gentechnik

Prof. Dr. Jens Reich

Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin

15. Dezember, 19.00 Uhr

A Chemist's Comedy - Experimental-Show

Dr. Andreas Korn-Müller

Unterhaltsames Chemiekabarett • Experimentalvortrag

Die Vorträge finden im Ehrensaal
des Deutschen Museums statt.

Einlaß 18.15 Uhr

Eintritt frei



Deutsche Seewarte Hamburg, aufgenommen etwa 1900.

14.12.1874

Die seit 1865 von Georg von Neumayer (1826-1909) propagierte und um 1868 eingerichtete Seewarte Hamburg wird nun als Deutsches hydrographisches Institut eine Reichsbehörde. Sie dient vielseitigen Forschungsaufgaben, der Sicherheit der Seefahrt und dem Wetterdienst. Heute ist es das Bundesamt für Seefahrt und Hydrologie.

20.12.1924

In Oberwiesenthal, Erzgebirge, wird die erste deutsche Personen-Seilschwebebahn in Betrieb genommen. Sie führt auf den Fichtelberg und überwindet bei einer Distanz von 1,3 Kilometern eine Höhe von 300 Metern.

25.12.1849

In Wädenswil in der Nähe von Zürich kommt Walter Zuppinger zur Welt. Er leistete Pionierarbeit auf dem Gebiet schnellaufender Turbinen, die er als Direktor der Mühlenabteilung bei Escher-Wyss in Zürich technisch und wirtschaftlich zu vertreten hatte. Dort entstand auch das zum Begriff gewordene „Zuppinger Rad“.

26.12.1774

Auf der Buhlbacher Glashütte in Württemberg wird Ferdinand Oechsle geboren. Als junger Mann beschäftigte er sich mit Verbesserungen für Musikinstrumente. Dann aber wurde sein Name in Kreisen der Weinerzeugung bekannt: durch seine Entdeckung eines

Verfahrens, um den Zuckergehalt von Mostsorten zu bestimmen, den man seither mit Oechslegrad angibt.

27.12.1874

In Wiesbaden verstirbt 58-jährig der Berliner Buchdrucker Ernst Theodor Amadeus Litfaß. Als erfolgreicher Werbefachmann hatte er 1855 in Berlin runde Plakatsäulen eingeführt, die den Bürgern gut gefallen und sogleich den Namen Litfaß-Säulen erhielten. Allerdings muß festgestellt werden, daß es schon seit 1824 in England und wenig später auch nachweisbar in Paris Plakatsäulen gab.

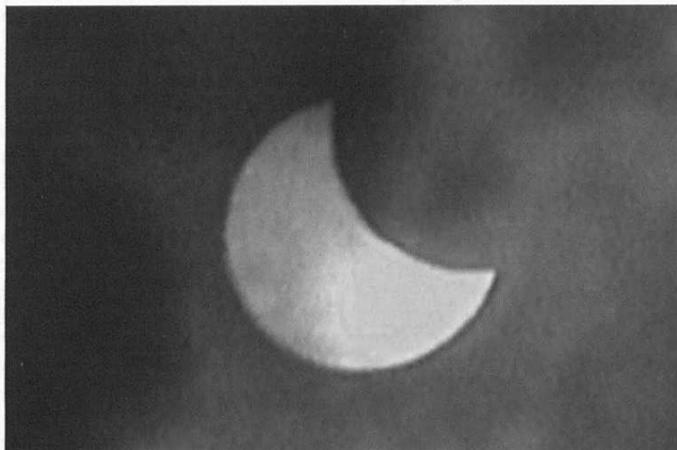


Die erste Litfaß-Säule wurde 1855 in Berlin aufgestellt.

31.12.1849

Severin Heusch (1827-1873) gründet in Aachen eine Spezialfabrik für Schermesser. Es ist dies die erste maschinell arbeitende Fabrik dieser Art in Deutschland und Europa. □

ZUSAMMENGESTELLT VON ANDREA LUCAS



Die Sonnenfinsternis vom Deutschen Museum aus gesehen (links) und Beobachter auf der Südterrasse des Museums.

DIE SONNENFINSTERNIS VOM 11. AUGUST 1999 IM DEUTSCHEN MUSEUM

Über 8000 Besucher kamen zur Sonnenfinsternis ins Deutsche Museum und in die Flugwerft Schleißheim und nutzten die verschiedenen Beobachtungsmöglichkeiten. Die Wetter- und Sichtbarkeitsbedingungen waren – entgegen aller Prognosen – hervorragend, doch die Wolkensituation blieb spannend: Von Westen zog ein dichtes Regengebiet auf. Die Totalitätsphase war dennoch sehr gut im letzten offenen Himmelsgebiet zu sehen (vier Kilometer nördlich, im Englischen Garten, war sie schon von Regenwolken überdeckt) – ein überwältigender Eindruck für die meisten Besucher, die eine totale Sonnenfinsternis noch nie miterlebt hatten. Die gesamte Museumsinsel war um 12.37 Uhr von Begeisterungstürmen erfüllt.

Zusätzlich zu den Beobachtungsmöglichkeiten mit bloßem Auge lieferten Teleskope eindrucksvolle Bilder von der Finsternis: Ein Sonnenteleskop im Treppenhaus des Deutschen Museums projizierte das Sonnenbild mit 90 Zentimetern Durchmesser; der Zeiss-Refraktor in der Weststernwarte lieferte eine Projektion des Sonnenbildes mit 40 Zentimetern Durchmesser. Das 7,5 Meter große Radioteleskop im Freigelände lieferte die Messung der Radio-Strahlung der Sonne – und damit den detail-

lierten Nachweis der jeweiligen Bedeckungssituation durch den Mond. Parallel dazu konnten an kleinen, transportablen Teleskopen die Finsternis optisch beobachtet werden.

In der Flugwerft Schleißheim nutzten vor allem Amateure und Besuchergruppen aus aller Welt – so aus den USA, der Schweiz, Dänemark und China – die Möglichkeit, ihre eigenen Beobachtungsinstrumente aufzubauen und die Finsternis im offenen Gelände zu beobachten. Auch in Schleißheim war die Totalität gut sichtbar, die Stimmung euphorisch.

Die wissenschaftliche Dokumentation des Ereignisses durch die „Beobachtergruppe Sternwarte Deutsches Museum“ hat hervorragende Ergebnisse gebracht; die Auswertungen laufen noch. Die Einspielungen der Live-Kamerabilder ins Internet ließen die Zugriffe auf die Homepage des Deutschen Museums derart in die Höhe schnellen, daß die Netzverbindungen zeitweise sogar zusammenbrachen: Zwischen 10 und 16 Uhr gab es über eine Million Zugriffe.

Sabine Hansky

EIN GEWONNENES HEIMSPIEL

Es begann mit einem Bericht in der *Süddeutschen Zeitung* über die Tristesse von jugendlichen Kosovo-Albanern in Münchner Flüchtlingslagern – drangvolle Enge in den Räumen, kein Geld um irgend et-

was zu unternehmen, aufgrund fehlender Sprachkenntnisse keine Möglichkeit, mit Gleichaltrigen außerhalb des Lagers in Kontakt zu kommen. Wie wäre es, diesen Kindern und Jugendlichen eine kostenlose Führung durch das Deutsche Museum zu ermöglichen?

Das Münchner Flüchtlingsamt griff die im Deutschen Museum geborene Idee sofort auf. Aber wie konnten die 7- bis 14jährigen kostenlos vom Lager ins Museum und zurück gebracht werden? Die Bayerische Bereitschaftspolizei half bereitwillig und stellte einen Bus zur Verfügung.

Das nächste Problem war die Sprache. Wer konnte die Führung ins Albanische übersetzen? Da kam die zündende Idee: Spielte beim Bundesligaaufsteiger SpVgg Unterhaching nicht der albanische Nationalkicker Altin Rraklli? Ein Anruf bei der Pressesprecherin des Vereins fand positive Resonanz, und auch der gestrenge Trainer Köstner war bereit, seinem Spieler einen freien Nachmittag zu gewähren.

Nun war nur noch die Frage der Verpflegung für die jugendlichen Besucher aus dem Lager an der Schnellstraße offen. Sie wurde von Bernhard Orndt vom Käfer-Restaurant generös beantwortet: Er spendierte eine Brotzeit mit (schweinefleischfreien) Würstchen und Getränken.

Am 6. August 1999 war es dann soweit. Die jungen Gä-

ste, von denen die meisten noch nie das Lager verlassen konnten, stürmten freudig ins Museum und zeigten ein Interesse an den Exponaten und eine Begeisterung für das Museum, wie sie kaum je sonst zu erleben sind.

Als Höhepunkt des einstündigen Rundgangs verteilte Altin Rraklli seine Autogrammkarten. Die Kinder rissen sich darum – ein gewonnenes Heimspiel. Fritz-Horst Baumgartner

„DER WALD UND WIR“ - EINE NEUE WANDERAUSSTELLUNG

Vom 1. September 1999 bis zum 2. Januar 2000 wird – nach der Ausstellung „Nordische Entdecker“ vor zwei Jahren – eine neue Ausstellung



Ökotoip mit vielen Funktionen: Wirtschaftswald, Märchenwald ...

des finnischen Science Centers *Heureka* im Deutschen Museum zu sehen sein.

Der Wald hat für uns eine vielschichtige und große Bedeutung: Er ist Teil des globalen und lokalen Ökosystems; er ist als Quelle des Rohstoffes Holz ein wichtiger Wirtschaftsfaktor; er ist Ort der Ruhe, Besinnung und Erholung – und Raum von Mythen und Märchen, Heim von Dämonen und Geistern.

Und der Wald ist bedroht. Schlagzeilen und Berichte in den Medien über Waldschäden oder gar Waldsterben erregten und erregen die Gemüter. Unkenntnis, Halbwissen und Vorurteile behindern oft genug sachliche Diskussionen über die tatsächliche Gefährdung.

Das finnische Science Center *Heureka* hat sich die Aufgabe gestellt, die vielfältigen Aspekte und Fragen zum Thema Wald in einer großen Ausstellung wissenschaftlich fundiert und auf anschauliche und lebendige Weise darzustellen.

Die Finnen haben naturgemäß ein anderes, viel rationaleres Verhältnis zum Wald. Bei uns bedeckt der Wald nur 30 Prozent des Landes, in Finnland sind es 75 Prozent, und der Wald wird industriell im großen Stil genutzt. Das Deutsche Museum und andere potentielle europäische Abnehmer der Wanderausstellung

wurden aber in der Konzeptphase zu Rate gezogen, so daß globale und mitteleuropäische Belange berücksichtigt werden konnten.

Die Ausstellung zeigt zunächst, wo die großen Waldzonen der Erde liegen, wo der Wald gefährdet ist und wo er gedeiht. In den Abschnitten Ökologie und Biologie geht es um die Bedeutung des Waldes für das globale und lokale Klima und darum, wie die Wunderwerke Baum und Wald „funktionieren“.

Die Nutzung des Waldes wird in den Kapiteln Waldwirtschaft, Erntetechnik, Waldindustrie und Holzverarbeitung behandelt. Die vielseitige Verwendbarkeit von Holz, unserem immer noch liebsten Baumaterial, wird anhand einer Sammlung von Kuriositäten, wie Schuhe aus Papier und eine komplette Schreibmaschine aus Holz, oder industriell Bedeutendem, wie Zeitungspapier, Furnier und Dachbalken, illustriert.

Und selbstverständlich gibt es für Kinder und Erwachsene viele Möglichkeiten, mit dem Werkstoff Holz zu experimentieren. Walter Rathjen

HORTEN IV: FLUGZEUG NUR AUS FLUGELN

Das Nurflügel-Segelflugzeug Horten IV wurde 1941/43 in vier Exemplaren gebaut und diente dazu, das Nurflügelkonzept im Vergleich zu konventionellen Segelflugzeugen zu testen. Zwei Exemplare sind erhalten, das eine in stark modifizierter Form in den USA und das zweite in der Flugwerft Schleißheim. Nach sechsjähriger Restaurierung, bei der das Mittelteil rekonstruiert werden mußte, wird die Horten IV voraussichtlich ab November 1999 zu besichtigen sein.

Im Laufe der Luftfahrtgeschichte haben Konstrukteure immer wieder versucht, die Leistungsfähigkeit des Flugzeugs zu verbessern, indem sie ihre Maschinen möglichst weitgehend auf die den Auftrieb erzeugenden Tragflächen reduzierten. So sollte der Luft-

Oktober · November · Dezember 1999

Neue Dauerausstellung

ab 3. Dez. **Papier**
Neubeiten-Ecke: »Weg in die Zukunft«
 bis 15. Okt. **»Unser Vorbild ist die Natur –**
 1. OG. Die Welt der Biologie und Medizin in plastischen Modellen«
 Ausstellung in Zusammenarbeit mit der Firma Somso Modelle

ab 8. Dez. bis **60 Jahre DDT**
 30. April 2000 Kulturgeschichte einer Verbindung
 vorauss. 18. Okt. **Alexander von Humboldt (1769-1859)**
 bis 30. Dez.

Sonderausstellungen

19. Juli bis **»Jugend macht Geschichte«**
 9. Jan. 2000 Preisgekrönte Arbeiten der Körber-Stiftung
 27. August bis **»Goethe und die Naturwissenschaften«**
 18. März 2000 Die Ausstellung bringt Goethes naturwissenschaftliche Bemühungen
 Eingang Bibliothek in den Gesamtzusammenhang seiner Lebensgeschichte
 3. Sept. bis **»Der Wald und Wir«**
 9. Januar 2000 Wanderausstellung des finnischen Science Centres HEUREKA
 ab 13. Oktober **»Unter die Haut«**
 2. OG. Sonderausstellung über bildgebende Verfahren in der Medizin. (Röntgen, Computertomographie, Magnetresonanz, Ultraschall, Nuklearmedizin und Endoskopie werden an Demonstrationen, Simulationen und Multimedia-Anwendungen gezeigt.)

Flugwerft Schleißheim

9. Okt. bis **Luftfahrtkunstbasar – Luftfahrkünstler stellen aus**
 7. Nov. Info: Werftladen, Tel. 089 / 3157 14 56
 13. Nov. bis **Flugplätze im Großraum München seit 1890**
 13. Febr. 2000 Sonderausstellung des Vereins zur Erhaltung der hist. Flugwerft e.V.
 16. / 17. Okt. **Flugmodellbauausstellung »See the planes«**
 Info: Heinz Eder, Tel. 089 / 812 63 52
 6. November **5. PC-Flugtag des Flugsimulatorclubs FSC e.V.**
 Info: Bert Groner, Tel. 089 / 14 08 90 18

Orgelkonzerte und Matineen

in der Abteilung Musikinstrumente · Orgelkonzerte 14.30 Uhr, Matinee 11 Uhr
 16. Oktober **Orgelkonzert** – Solist: Harald Feller
 17. Oktober **Matinee** – Shao-Yin Huang, Klavier
 20. Oktober **Orgelkonzert** – Solist: Josef Miltschitzky
 13. November **Orgelkonzert** – Solist: Edgar Krapp
 14. November **Matinee** – Werke für Föte und Harfe
 Solistinnen: Nicola Wiebe, Querflöte, Anette Hornsteiner, Harfe
 17. November **Orgelkonzert** – Solist: Klaus Geitner
 11. Dezember **Orgelkonzert** – Solist: Roland Muhr
 12. Dezember **Matinee** – Musik für Tasteninstrumente und Blockflöte
 Solisten: F. Raml, Orgel, Cembalo u. Hammerklavier, M. Schlör, Blockflöte
 15. Dezember **Orgelkonzert** – Solisten: Studenten der Orgelklasse Prof. Edgar Krapp

Kolloquiumsvorträge

des Münchner Zentrums für Wissenschafts- und Technikgeschichte
 Montagskolloquien MZWT, 16.30 Uhr, Filmsaal Bibliotheksbau, freier Eintritt
 8. November **Die Agrarwissenschaft in Deutschland 1870-1930**
 6. Dezember **Organische Chemie im Wandel:**
Der Einzug des Liebig'schen Apparates in französische Laboratorien
 Montagsseminar MZWT, 16.30 Uhr, Seminarraum der Institute, freier Eintritt
 15. November **Karl Menger: Logische Toleranz im Wiener Kreis**
 22. November **Umweltgeschichtliche Betrachtung der Modernisierung des Wasserbaus in den Niederlanden 1300-1600**
 29. November **Rüstungsforschung in der Bundesrepublik Deutschland am Beispiel der Fraunhofer-Gesellschaft**
 13. Dezember **Die naturwissenschaftliche Erforschung des Königreiches Bayern Mitte des 19. Jahrhunderts**

Deutsches Museum

Museumsinsel 1, D-80538 München, Telefon (0 89) 21 79-1



widerstand von Rumpf und Leitwerken eingespart werden, wodurch die Flugleistung besser werden sollte.

Problematisch ist bei einem solchen Flugzeug die Tragflächen so gestaltet werden müssen, daß sie auch die Steuerung und Stabilisierung des Fluggerätes bewirken können. Dadurch kann der Flügel nicht so gut auf die Erzeugung von hohem Auftrieb bei geringem Widerstand optimiert werden, wie das bei einem konventionellen Flugzeug möglich ist. Der Vorteil des eingesparten Widerstandes bei der Nurflügelbauart geht dadurch zum großen Teil wieder verloren.

Zeichnung der Horten IV, die in Schleißheim restauriert wurde.

Dennoch zeigten Vergleichsflüge mit zeitgenössischen Leistungsseglern, daß die Horten IV so gut wie allen anderen Segelflugzeugen überlegen war. Von den Piloten wurden der H IV gutmütige und angenehme Flugeigenschaften bescheinigt. Auch die kniend-liegende Pilotenhaltung wurde nach einer Eingewöhnungsphase viel angenehmer empfunden

als damals übliche aufrecht-sitzende.

Auch wenn Nurflügel-Flugzeuge keine Fluggeschichte gemacht haben, so sind sie doch ein interessantes Kapitel experimentellen Flugzeugbaus.

Gerhard Filchner

DAS DEUTSCHE MUSEUM IN LISSABON UND TRIEST

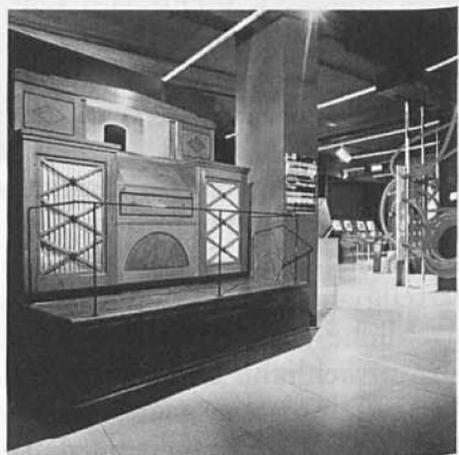
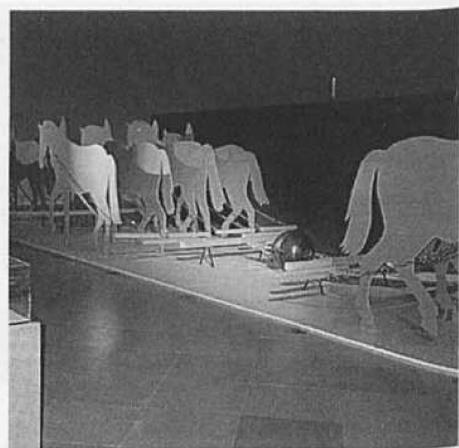
Am 25. Juli wurde das Science Center „Centro Ciência Viva“ in Lissabon eröffnet. Bis zur Fertigstellung der eigenen Aus-

stellungen im Frühjahr 2000 wurden die weltweit bekanntesten Technikmuseen eingeladen, sich mit eigenen Ausstellungen vorzustellen. Herzstück der Ausstellung des Deutschen Museums ist die Inszenierung des Magdeburger Halbkugelversuches Otto von Guericke von 1684.

Schon am 21. Juni wurde in Triest das Science Center des Laboratorio dell'Immaginario Scientifico (LIS) eröffnet. Mit seinem „Museum von Museen“ bietet es Museen und Institutionen aus Europa die Möglichkeit, eigene Ausstellungen zu präsentieren und so einen Einblick in deren Aktivitäten zu geben.

Wichtigstes Exponat im „Schaufenster Deutsches Museum“ ist das Tanagra-Theater aus den 20er Jahren, bei dem die Besucher über Hohlspiegel in Puppengröße auf eine Bühne projiziert und so „zu Spiel und Spektakulum animiert werden“.

Robert Metzner



Das Deutsche Museum stellt sich in Lissabon mit den Magdeburger Halbkugeln vor (oben), in Triest mit dem Tanagra-Theater.

Abb.: Zeichnung von Reinhold Stadler (v.l.); Robert Metzner (2)

Die Untersuchung der gewaltigen Energien, die viele Himmelsobjekte, z.B. Supernova-Reste, Neutronensterne, Schwarze Löcher ausstrahlen, spielt eine immer wichtigere Rolle in der Astronomie. Im Juli dieses Jahres wurde das weltgrößte Röntgenteleskop Chandra vom Space Shuttle im Weltall abgesetzt. Es löst das bisher wichtigste deutsche Teleskop ROSAT ab.

Das Kerschensteiner Kolleg veranstaltet zu diesen und anderen aktuellen Themen ein Fortbildungsseminar.

Hochenergieastronomie, Sternentwicklung und Struktur des Kosmos

Fortbildungsseminar im Kerschensteiner Kolleg (mit Führungen im Deutschen Museum, Vorträgen von Fachleuten, Exkursionen zu den Fachinstituten: Universität, Max-Planck-Institute, ESO)

Programm: Röntgenstronomie, Gammaastronomie und ihr Beitrag zu aktuellen Erkenntnissen über den Aufbau des Kosmos und über exotische Entwicklungsstadien der Sterne, aktuelle kosmologische Probleme (Entstehung der Galaxien, dunkle Materie), aktuelle Beobachtungstechnik, insbesondere im sichtbaren Licht (Very Large Telescope, Hubble-Teleskop, Bildverbesserungs- und bearbeitungsverfahren).

13.-16. März 2000 (Montag - Donnerstag, Anreise Sonntag, Abreise Donnerstag)

Kursgebühren incl. Übernachtung/Frühstück DM 670,00

Information und Anmeldung:

Ute Bewer, Deutsches Museum, Museumsinsel 1, 80336 München, Tel. 0 89-2179-2 43, Fax 0 89-2179-2 73, e-mail: U.Bewer@extern.lrz-muenchen.de

WAS WIR SCHON IMMER WISSEN WOLLTEN

Fragen zu den wichtigsten Dingen des Lebens

Die *Kultur & Technik-Frage* des Heftes 3/1999 lautete: In welcher Relation stehen Neigung einer Wasseroberfläche und Fließgeschwindigkeit? Durchläuft ein Fluß auf seinem Weg ins Meer einen See: Ist dessen Oberfläche nun waagrecht oder geneigt?

Bei der Frage nach der [waagrechten beziehungsweise geneigten] Seeoberfläche kommt es wohl wesentlich auf die Umstände an. Ab einer gewissen Seegröße wird dessen Oberflächengestalt hauptsächlich von den Gravitationsverhältnissen der Umgebung abhängen, von kleineren Inhomogenitäten an den Stellen des Ein- und Ausflusses abgesehen.

Henning Pahnke
HPahnke@t-online.de

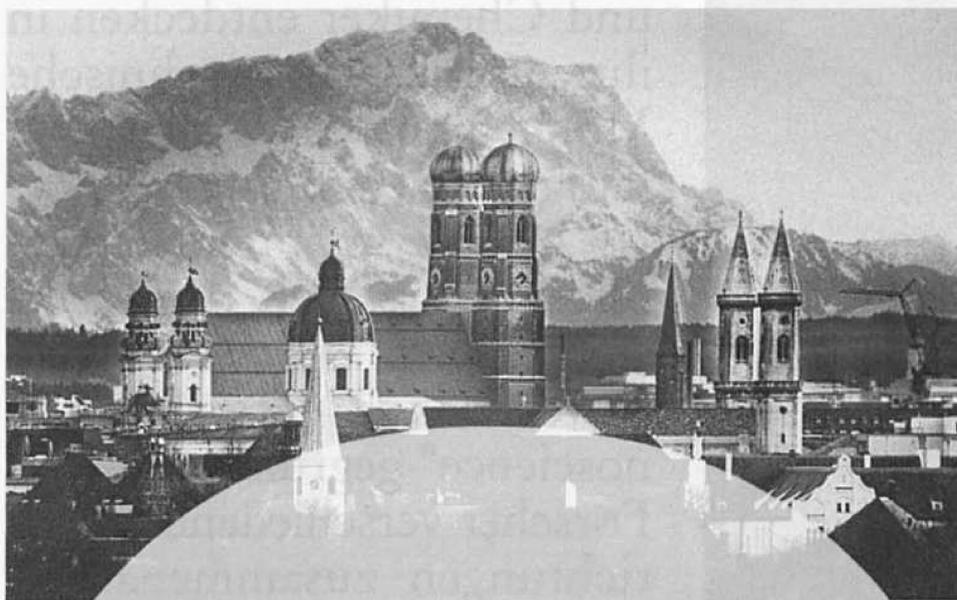
In einem symmetrischen und gleichmäßig in Längsrichtung geneigten Flußbett fließt ein Gewässer mit gleichförmiger Geschwindigkeit abwärts. Die Antriebskraft der Strömung des Wassers ist dessen Schwerkraft. Je größer die Neigung, desto größer ist die Geschwindigkeit.

Den Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit v und Neigungswinkel α der Wasseroberfläche beschreibt die Gleichung:

$$v = k \sin \alpha,$$

wobei k eine Größe ist, die den Strömungswiderstand und das Gewicht des Wassers berücksichtigt.

Die Strömung in unserem idealen Flußbett kann auf folgende Art sehr anschaulich gezeigt werden. Man betrachte das Flußbett von oben und zeichne zwei parallele Linien, die die Ufer darstellen. Man zeichne in Flußrichtung eine Mittellinie und zwischen dieser und beiden Ufern mehrere Parallelen in gleichem Abstand. Diese Parallelen nennt



man Stromlinien. Sie beschreiben die Strömungsgeschwindigkeit hinsichtlich Betrag und Richtung, wobei die Dichte der Stromlinien den Betrag darstellt.

Nun werden wir das Flußbett an einer Stelle symmetrisch zu beiden Seiten so erweitern, daß ein See entsteht. Die mittlere Stromlinie wird ihren Weg geradlinig fortsetzen. Die übrigen Stromlinien werden sich auf dem See ausbreiten. Die der mittleren Stromlinie unmittelbar benachbarten Stromlinien werden nur äußerst schwach der Kontur des Seeufers folgen. Je weiter eine Stromlinie außen liegt, wird sie sich mehr und mehr dem Seeufer annähern.

Quer zur Flußrichtung gesehen sind die Abstände der Stromlinien im See nicht gleichmäßig, sondern sie nehmen in

Richtung Seeufer zu. Die abnehmende Dichte der Stromlinien zeigt, daß die Geschwindigkeit, je weiter man sich vom Zufluß entfernt, abnimmt, ebenso aber wieder zunimmt, je mehr man sich dem Abfluß nähert; ebenso aber auch, daß die Geschwindigkeit abnimmt, je mehr man sich dem Seeufer nähert.

Auch für den See gilt die obenstehende Gleichung. Der Wasserspiegel des Sees ist entsprechend der jeweils herrschenden Strömungsgeschwindigkeit in Richtung der Stromlinien an jeder Stelle abwärts geneigt.

Reinhold Pauli
48159 Münster

Die Relation Neigung – Fließgeschwindigkeit dürfte sich aus dem Energieerhaltungssatz errechnen lassen. Die

Höhenenergie $m \cdot g \cdot h$ wird in kinetische Energie umgewandelt ($0,5 \cdot m \cdot v^2$); es müßte aber noch der Reibungsverlust berücksichtigt werden.

Wenn der Fluß aber einen See durchfließt, hat dieser kein Gefälle, da das zufließende Wasser in gleicher Menge an der tiefsten Stelle der Umgebung wieder abfließt. Das geschieht ähnlich wie beim elastischen Stoß mehrerer Kugeln; in dem Moment, in dem an der einen Seite des Sees Wasser zufließt, fließt am anderen Ende Wasser in gleicher Menge ab.

Michael Merkl
80803 München

Es ist anzunehmen, daß die Wasseroberflächen [von Seen, durch den ein Fluß fließt] waagrecht oder, ganz genau genommen, der Erdkrümmung angepaßt sind. Ich kann mir nicht vorstellen, daß die Oberfläche des Bodensees geneigt ist.

Gerhard Hortig
86343 Königsbrunn

Die Spielidee

Leser fragen – Leser antworten. Dabei würde die Leser von K&T – und natürlich auch uns – interessieren, welche Antwort Sie, etwa Ihrem Arbeitskollegen oder Ihrem Kind, geben würden.

Die interessantesten Antworten wollen wir in *Kultur & Technik* abdrucken. Wir stellen uns vor, daß es zu einer Frage durchaus auch unterschiedliche Antworten geben kann. Nebenstehend die neue *Kultur & Technik-Frage*.

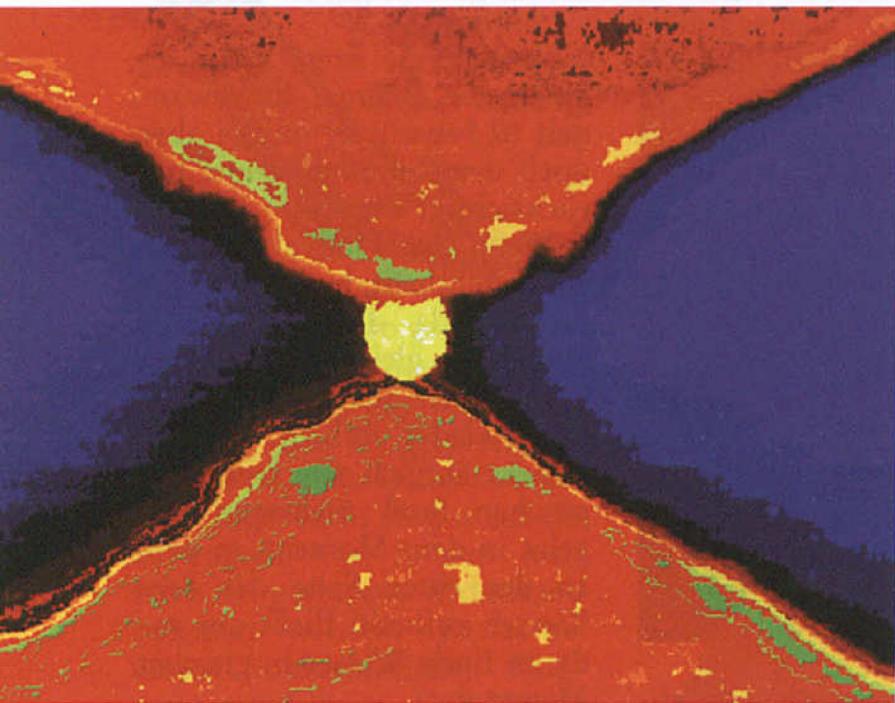
Vor allem aber auch: Nicht die Redaktion soll die ultimativen Fragen stellen. Wir wünschen uns, daß Sie uns Fragen senden, die wir veröffentlichen können, so daß ein Meinungsaustausch zwischen den Leserinnen und Lesern entsteht. □

Die Kultur & Technik-Frage

Wodurch kommt die starke Vergrößerung des Horizontes bei Föhn zustande?
Welche physikalischen Größen sind maßgebend (der Brechungsindex für Gase unterscheidet sich unwesentlich von 1)?

Pierre Schuy, München

Forscher und Wissenschaftler dringen zunehmend tiefer ein in die Geheimnisse der Nanowelt. Dort sind Objekte und Distanzen nur millionstel Millimeter (Nanometer) groß. Physiker und Chemiker entdecken in ihr erstaunliche technische Möglichkeiten, die sich vielfältig nutzen lassen. *Kultur & Technik* gibt einen Einblick in die Welt der kleinsten Dinge. □ In München wurde das „Center for Nanoscience“ gegründet, in dem Forscher verschiedener Fachrichtungen zusammenarbeiten. *Kultur & Technik* hat es besucht und mit den Wissenschaftlern gesprochen. □ Der Holländer Antonie van Leeuwenhoek war einer der ersten, der mit seinen Mikroskopen zuvor unbekannte Mikrowelten sehen konnte – und dabei häufig auf Zweifel stieß. □



NANOTECHNIK.
Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines 17 Nanometer großen Clusters aus Palladiumatomen (gelb) zwischen zwei Platinspitzen (rot).

NANOCENTER.
Im Reinraum des Münchner „Center for Nanoscience“ wäre die Kollision mit einem Staubkorn so fatal wie der Einschlag eines Rieseneisenmeteoriten.



MIKROSKOPIE. Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723) hat nicht nur die Mikroskopie fortentwickelt, sondern mit seinen neuen Mikroskopen auch zuvor unsichtbare Welten entdeckt.

IMPRESSUM

Kultur & Technik
Zeitschrift des Deutschen Museums
23. Jahrgang

Herausgeber: Deutsches Museum, Museumsinsel 1, D-80538 München, Postfach: D-80306 München. Telefon (089) 2179-1.

Redaktion: Dieter Beisel (verantwortlich), Peter Kunze (Deutsches Museum). Redaktionsanschrift: Occamstraße 3, D-80802 München. Telefon: (089) 333750, Telefax: (089) 333750. ISDN Mac (089) 34029704. E-mail: Dieter.Beisel@t-online.de

Verlag: C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung (Oscar Beck), Wilhelmstr. 9, D-80801 München / Postfach 400340; D-80703 München, Telefon: (089) 38189-0, Telex: 5215085 beck d, Telefax: (089) 38189-398, Postgirokonto: München 6229-802.

Redaktionsbeirat: Dr. Ernst H. Berninger, Dipl.-Ing. Jobst Broelmann, Dr. Peter Frieß (Deutsches Museum Bonn), Christof Gießler, Rolf Gutmann, Sabine Hansky, Werner Heizerling, Andrea Lucas, Dr. Matthias Knopp, Dr. Eva Mayring, Dr. Annette Noschka-Roos, Prof. Dr. Jürgen Teichmann, Prof. Dr. Helmuth Trischler, Dr. Marc-Denis Weitze.

Gestaltung: Prof. Uwe Göbel, München.
Layout: Jorge Schmidt, München.
Herstellung: Ingo Bott, Verlag C.H. Beck.

Anzeigen: Fritz Leberherz (verantwortlich), Verlag C. H. Beck, Anzeigen-Abteilung, Wilhelmstraße 9, D-80801 München. Postanschrift: Postfach 400340, D-80703 München; Telefon: (089) 38189-602, Telefax: (089) 38189-599. – Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 15. Anzeigenschluß: 6 Wochen vor Erscheinen.

Satz: Belprint, Occamstraße 3, D-80802 München. Telefon und Telefax: (089) 333750. E-mail: Dieter.Beisel@t-online.de

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

Druck: Appl, Senefelderstraße 3-11, D-86650 Wemding.

Bindung und Versand: C. H. Beck'sche Buchdruckerei, Bergerstr. 3, D-86720 Nördlingen.

Bezugspreis 1999: Jährlich DM 39,80, Einzelheft DM 10,80, jeweils zuzüglich Versandkosten. – Für Mitglieder des Deutschen Museums ist der Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten (Erwachsene DM 76,-, Schüler und Studenten DM 45,-). Erwerb der Mitgliedschaft: Museumsinsel 1, D-80538 München. – Für Mitglieder der Georg Agricola-Gesellschaft zur Förderung der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik e. V. ist der Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten. Weitere Informationen bei der GAG-Geschäftsstelle: Am Bergbaumuseum 28, D-44791 Bochum, Telefon (0234) 5877140.

Bestellungen von Kultur & Technik über jede Buchhandlung und beim Verlag. Abbestellungen mindestens 6 Wochen vor Jahresende beim Verlag.

Abo-Service: Telefon (089) 38189-335.

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

ISSN 0344-5690

