B 9797

Kultur & Technik

Zeitschrift des Deutschen Museums Verlag C. H. Beck, München 1/1997

Gest. 400
ZB 7361 9/3

LEBENSFRAGE ENERGIE
Die Zweite Solare Zivilisation der Zukunft

ATOMPHYSIK
Haber, Kallmann und das „Tandem-Prinzip“

CYBERSPACE
Der Traum von der zweiten Schöpfung

METALLE
Vom Erz zum Metall und die Erfindung der Archäo-Metallurgie

FORSCHUNG
Erika Cremer und ihre Gaschromatographie

PIONIERE
Kapitza und Landau: Wegbereiter der Theoretischen Physik in der UdSSR

C.F.GAUSS
Codemaker aus Spieltrieb

Ziel Zukunft

BMW Museum
Petuelring 130
80788 München
am Olympiapark
Tel. 089/382-2 33 07
täglich 9 -17 Uhr geöffnet,
Einlaß bis 16 Uhr

Nehmen Sie Platz im Cockpit von morgen und erleben Sie die ganze Vielfalt der neuen Mobilität. Das Individualfahrzeug Auto wird dabei in ein vernetztes Verkehrssystem eingebunden.

Die Ausstellung "ZEITHORIZONT" im BMW Museum dokumentiert die Entwicklung von einst miteinander konkurrierenden Verkehrsmitteln bis hin zum kooperativen Verkehrsmanagement der Zukunft.

BMW Museum

INHALT

Zum Titelbild: Das kalifornische Solarkraftwerk SEGS. Foto: Pilkington Solar Int., Köln.

BLICKPUNKT 4
Zu Gast im Deutschen Museum — *Jürgen Teichmann*
20 Jahre Kerschensteiner Kolleg

KULTUR & TECHNIK RUNDSCHAU 6
Nachrichten zu technischer Kultur und Technikgeschichte — *Christiane und Hans-Liudger Dienel*

BILDER AUS DER TECHNIKGESCHICHTE 12
Dampfkraft im Bergbau — *Elmar Hebestedt*
Erste deutsche Dampfmaschine Wattscher Bauart

ENERGIE 14
Die Zweite Solare Zivilisation — *Carl-Jochen Winter*
Energieversorgung in nachfossiler Zeit

METALLURGIE 22
Feuer und Fortschritt — *Hans-Gerd Bachmann*
Vom Erz zum Metall – Archäometallurgie

GRUNDLAGENFORSCHUNG 28
„Wir müssen leider eine Frau nehmen..." — *Peter Wöllauer*
Erika Cremer und ihre Gaschromatographie

CYBERSPACE 34
Der Traum von der zweiten Schöpfung — *Bernd Flessner*
Vom Homunculus zur Posthumanität

KRYPTOGRAPHIE 39
Spiel mit Zahlen — *Kurt-R. Biermann*
Carl Friedrich Gauß als Codemaker

ELEMENTARTEILCHENPHYSIK 42
Höchste Spannung — *Burghard Weiss*
Haber, Kallmann und das „Tandem-Prinzip"

DIE „RUSSISCHE PHYSIK" 50
Zwischen Ruhm und Verfolgung — *Alexej Kojevnikov*
Pjotr L. Kapitza und Lev D. Landau

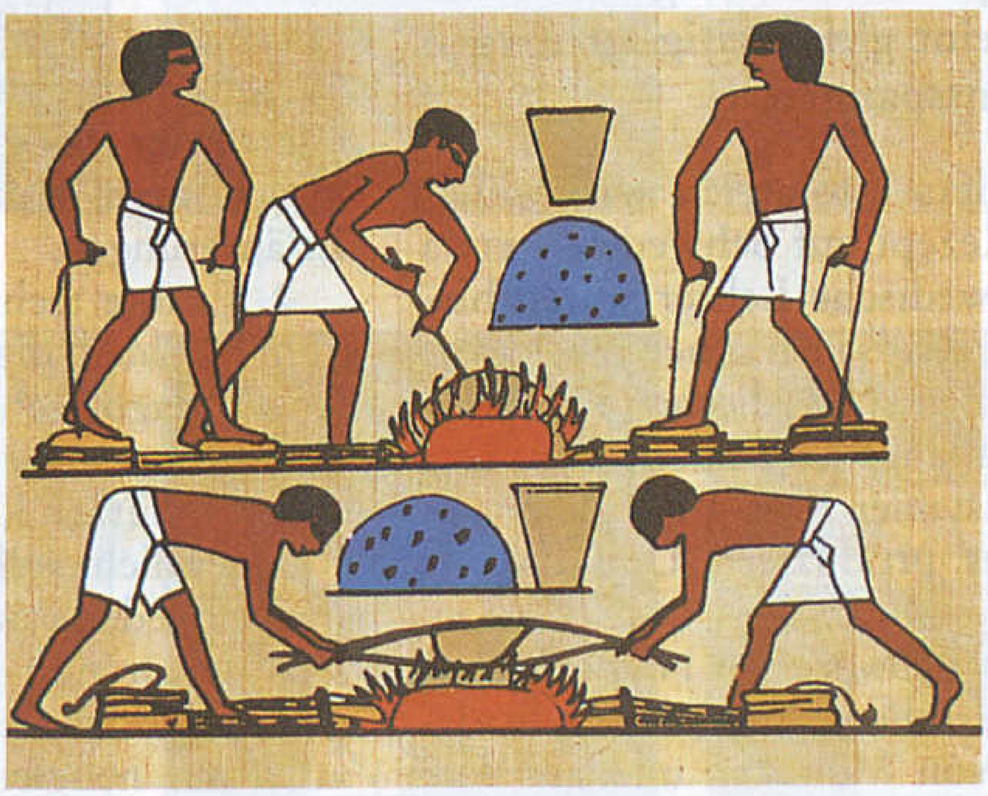
GEDENKTAGE TECHNISCHER KULTUR 58
Daten zur Technikgeschichte — *Sigfrid von Weiher*

DEUTSCHES MUSEUM 62
Nachrichten und Veranstaltungen — *Rolf Gutmann*

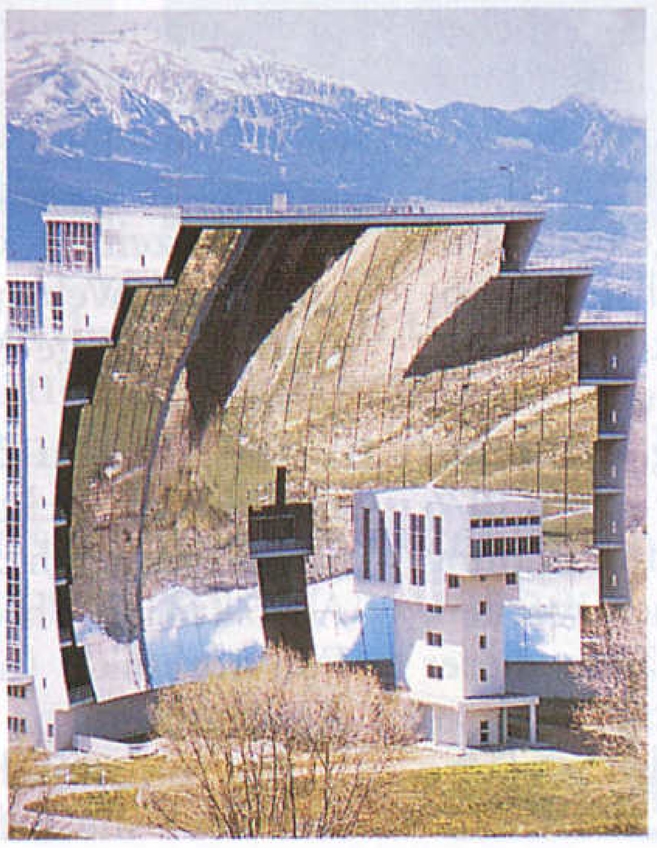
SCHLUSSPUNKT 65
Von Glücks- und Pechsträhnen — *Kurt-R. Biermann*
Als das „Gesetz der Serie" erlassen wurde

VORSCHAU/IMPRESSUM 66

„RUSSISCHE PHYSIK". Der Quantenphysiker Pjotr L. Kapitza (links) und der theoretische Physiker Lev D. Landau begründeten die moderne Physik in der UdSSR. **SEITE 50**



METALLURGIE. Erzabbau und Metallbearbeitung begannen sehr früh. Dies ist das Feld der Archäometallurgie. **SEITE 22**



ENERGIE. Mit Mitteln der Technik kann Sonnenenergie künftig wieder zur Hauptenergiequelle werden. Hier das Sonnenkraftwerk Odeillo in den Pyrenäen. **SEITE 14**

Abbildungen: Ullstein-Camera Press Ltd. (Kapitza); aus: Physics Today, Mai 1989 (Landau); aus: H. Wübbenhorst/G.Engels: 5000 Jahre Gießen von Metall, Düsseldorf 1989 (r.o.); Erhard Hehl, Tiefenbronn (r.u.)

ZU GAST IM DEUTSCHEN MUSEUM

20 Jahre Kerschensteiner Kolleg
Und: neue Bücher, neue Programme, neue Angebote

Von Jürgen Teichmann

Am 28. 10. 1996 wurden Reden geschwungen, Experimente gezeigt, Musik dargeboten und adrett renovierte Zimmer besichtigt. Seit 20 Jahren schlafen, wohnen und arbeiten Lehrer, betriebliche Ausbilder, Museumsmanager, Studenten im Museum. Fühlen sie sich wohl trotz fehlendem Luxus? Zumindest ist das Kolleg ein ganzes Jahr im voraus ausgebucht. So nahe an Lokomotiven, Flugzeugen, Atomphysik und Orgelmusik untergebracht zu sein, scheint gleichzeitig anzuregen und zu entspannen.

Innenhof des Kerschensteiner Kollegs.

Besonders erfolgreich wirkte dieses Rezept auf Schweden – etwa 1500 schwedische Lehrer waren bislang hier; das ist ein erheblicher Prozentsatz aller schwedischen Lehrer!

Wer zu lange feiert, der rostet. Das Kerschensteiner Kolleg hat gleichzeitig Neues produziert. Und das sei nun vorgestellt.

Getreu dem großen Namensgeber Georg Kerschensteiner, der als Stadtschulrat von München und als Vorstandsmitglied des Deutschen Museums besonders das – im wörtlichen Sinn – „Begreifen" von Technik (durch Konstruktion handwerklich-technischer Geräte im Unterricht) und deren Einbettung in die allgemeine Bildung lehrte, wurde zunächst ein Projekt „Modelle und Rekonstruktionen" im Jubiläumsjahr zu Ende geführt. Dessen Förderung – für betriebliche Ausbilder – war schon 1976 vom Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft begonnen worden. 1995/96 wurden neun Bände dieser Reihe veröffentlicht. Jetzt sind es stolze zwölf und damit das geplante runde Dutzend.

Was bieten die Bände für das „Begreifen" von Technik?

1. Eine runde Geschichte auf circa 50 Seiten zu einem wichtigen Gerät oder einer bedeutenden Erfindung, mit Bildern, Daten, biographischen Erläuterungen.

2. Exakte technische Zeichnungen zum Nachbau dieser Apparate.

3. Pädagogische Tips für Ausbilder und Lehrer – die vielleicht aber auch anderen nützen können.

Eigentlich sollte bei diesen Themen für jeden etwas dabei sein – seien sie oder er nun Pädagoge, Sammler, Technik- oder Geschichtsfreak – oder auch nur neugierig: Von der uralten Bohrmaschine „Rennspindel" geht es über einen mittelalterlichen „Tretradkran" und über Leonardo da Vincis „Feilenhaumaschine" zur „Meßschraube" von James Watt und zur Gründerzeit moderner Technik mit „Jacquard-Webstuhl", „Lichtbogen-Lampe", „Page-Motor" und „Tesla-Motor".

Der „Edison-Zähler" schließlich – eine heute recht unglaubliche Art, Stromverbrauch zu messen – ist der Auftakt zum Thema „Entstehung der Funktechnik" (mit den berühmten Apparaturen von Heinrich Hertz).

Am romantischsten erscheinen immer noch die Erfindungen von Leonardo und Page. Welch ein genialer Ingenieur war doch Leonardo – selbst bei der Erfindung einer Maschine, die „nur" Feilen automatisch herstellen sollte, auch wenn die Apparatur laut Skizze so nicht funktionieren konnte. Um so stolzer sind die Nachbauer heute, wenn sie bei der Verwirklichung nachhelfen können: Die „Hemmung" eines Uhrwerkmechanismus ist eine – durchaus zeitgenössische – Lösung. Schon schlägt der Feilenhammer, wie eine Räderuhr von einem Gewicht angetrieben, Riefen in exakt gleichen Abständen in den Metallrohling ein, wobei dieser durch eine Zahnstange automatisch Stück für Stück vorgeschoben wird. Und wie eine Räderuhr muß man diese Feilenhaumaschine immer wieder durch Hochheben des Gewichts „aufziehen".

Der kleine Page-Motor von 1834 existierte nicht nur als Skizze. Er funktionierte wirklich – allerdings mehr als Spielzeug, das übrigens wie eine Dampfmaschine aussieht. Die „Dampfkessel" sind Elektrospulen mit Eisenkernen. Der elektrische Strom wurde durch wechselnde Kontakte auf der Schwungradachse (ein sogenannter Kommutator) einmal auf das eine Spulenpaar, nach einer halben Drehung auf das andere Spulenpaar gegeben und so die Wippe mit Eisenstücken unterschiedlich magnetisch angezogen. Das trieb über den Balancier – wie bei einer Dampfmaschine – das Schwungrad an. Schon 20 Jahre später hatten Elektromotoren erheblich bessere Wirkungsgrade als Dampfmaschinen – auch die ersten Autos sahen altertümlich aus, waren recht langsam und ineffektiv.

Alle Modelle wurden im Deutschen Museum wirklich nachgebaut

Foto: Deutsches Museum

und funktionieren gut. Die Nachahmung ist also empfohlen!

Vielleicht paßt zu dieser Reihe „Modelle und Rekonstruktionen" der letzte Band des Schwesterunternehmens „Technikgeschichte" besonders gut. Auch er ist gerade erschienen und heißt *Von Ellen und Füßen zu Atomuhren – Geschichte der Meßtechnik*.

Was wären alle Maschinenerfindungen, ohne die Entwicklung der Meßtechnik! Und hier ist Kulturgeschichte sehr weit eingebunden. Die Ellen jedes Staates wechselten früher als Maß mit den regierenden Fürsten, die metrischen Maße der Französischen Revolution wurden Europa politisch aufoktroyiert (England machte nicht mit). Meßtechnik, Maße, Normung, Präzision sind heute selbstverständlich geworden. Ohne sie wäre Serienfertigung und Austauschbarkeit, aber auch Vorstoß in ganz neue Gebiete wie Mikroelektronik überhaupt nicht möglich gewesen.

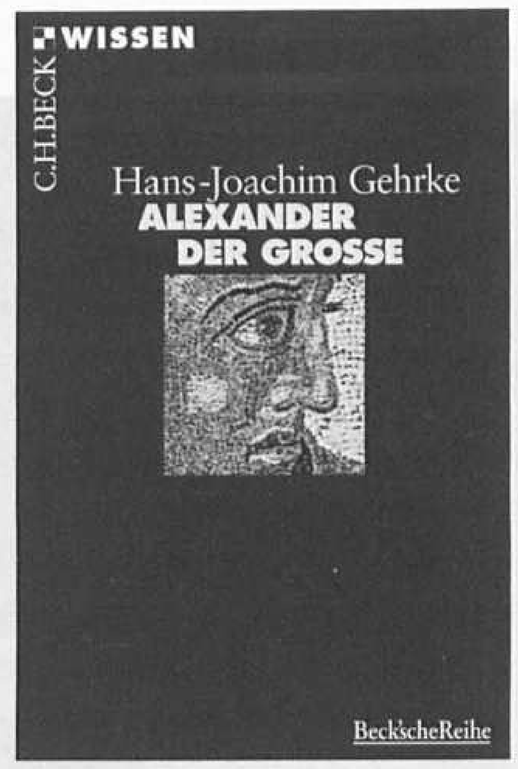
Aber Bücher sind nicht alles, was pädagogisch neu vom Kerschensteiner Kolleg angeboten wird. Die Abteilung Museumspädagogik hat eine neue Art von Lern- und Spaßaktionen entwickelt: Spielbögen, die es Kindern erlauben, „im Fluge" das Museum zu erobern, zum Beispiel: „Der Technik auf der Spur"; „Vom Bilderbrief zum Funktelefon"; Ausflug ins All – Neun Planeten und eine Sonne".

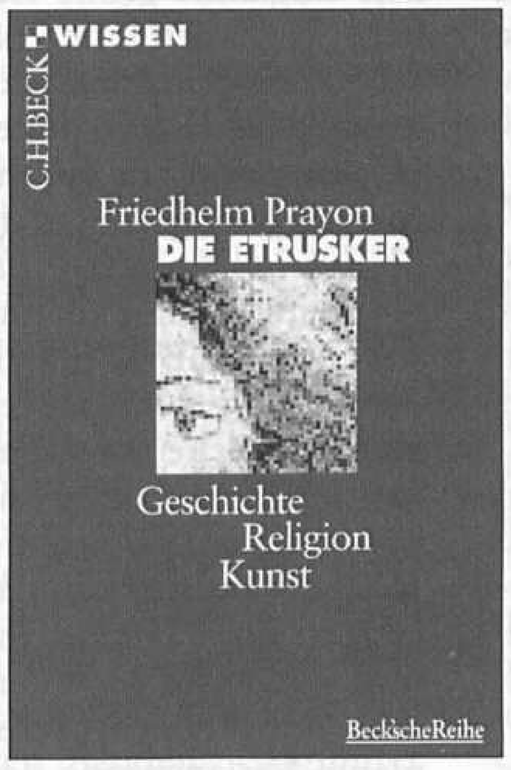
Für Mitglieder (vorerst) wurden „Bildungswochenenden" im Kerschensteiner Kolleg gestartet – von Freitag bis Sonntag. Sie können sich – im Gegensatz zu den üblichen Wochenkursen des Kollegs, die nur über Fortbildungsinstitutionen laufen, – auch einzeln anmelden. Die ersten zwei Testwochenenden rund um das Oktoberfest 1996 waren sofort ausgebucht. Ab nächstem Jahr werden neue Wochenenden angeboten, *die* Gelegenheit, um bildungsdurstig durch Museum und München zu streifen (aber auch andere Dürste bleiben erlaubt). □

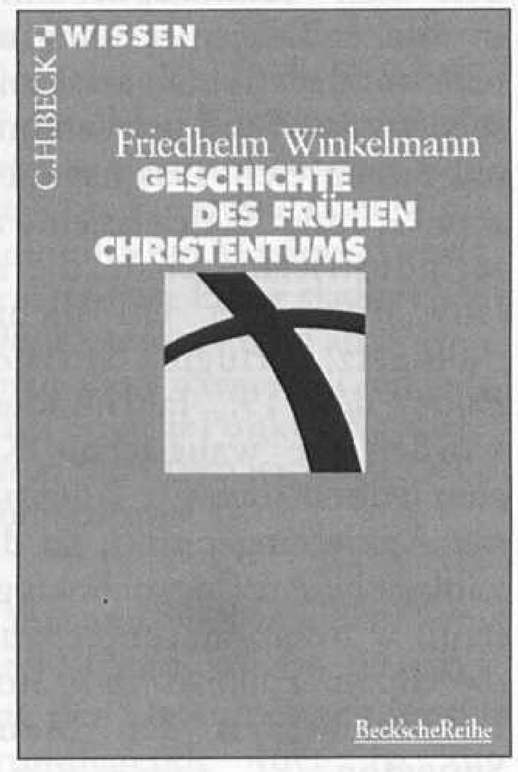
Näheres zu den erwähnten Bildungswochenenden, zu den Modellen, Rekonstruktionen, Spielbögen und zur Technikgeschichte siehe Seite 64.

C.H.BECK WISSEN

DAS WICHTIGSTE WISSEN





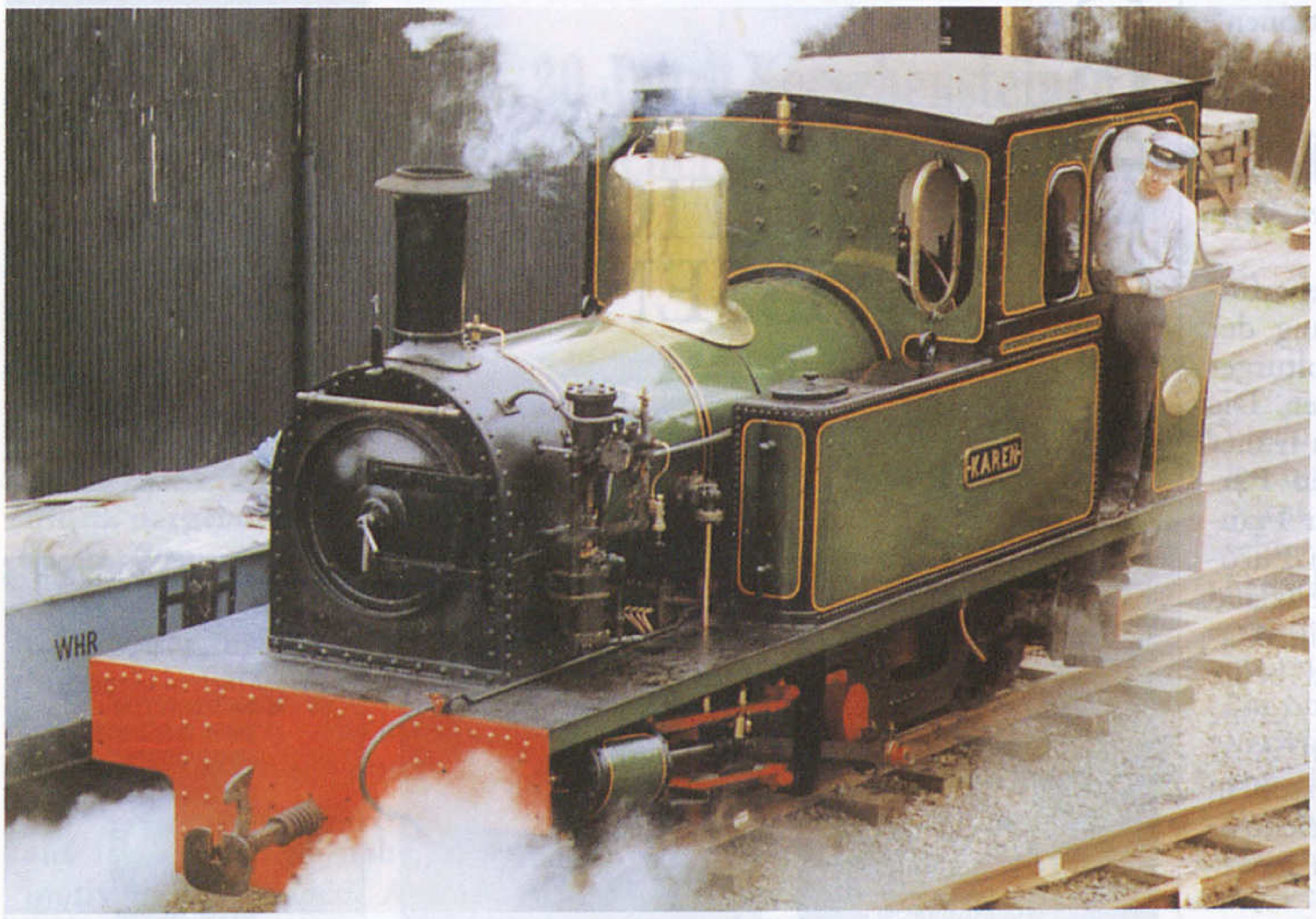


- Von führenden Wissenschaftlern
- Leicht verständlich geschrieben
- Jeder Band ca. 120 Seiten nur DM 14,80

Fordern Sie unser Gesamtverzeichnis an:
Verlag C.H.Beck • 80791 München

Beck'sche Reihe

VON CHRISTIANE UND HANS-LIUDGER DIENEL



WHR C7 *Karen*, eine der Lokomotiven der *Welsh Highland Railway Ltd.*

SCHMALSPURBAHNEN IN WALES VERLÄNGERN IHRE TRASSEN

Nirgendwo auf der Welt haben sich Schmalspurbahnen in solcher Dichte erhalten wie jene in der hügeligen Landschaft von Wales im Vereinigten Königreich. Das hat mehrere Gründe: Wales ist eine alte Industrielandschaft, die relativ früh über ein dichtes Bahnnetz verfügte. Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts wurden die walisischen Küsten jedoch auch für Touristen ein Anziehungspunkt, so daß zahlreiche Ausflugsbahnen gebaut wurden, darunter auch die einzige Zahnradbahn Großbritanniens auf den Mount Snowdon.

Viele Strecken beginnen in Küstenorten und steigen dann steil in das fast alpine Inland hinauf, mit den entsprechenden Panoramablicken zurück. Viele Bahnen verwenden nach wie vor Dampflokomotiven. Die Strecken werden zwar von professionellen Privatbahnen betrieben, die sich aber auf ein Heer von freiwilligen Helfern und Mitgliedern stützen können. Das senkt die Lohnkosten und macht aufwendige Renovierungen und Instandsetzungen möglich. Das Engagement ist verständlich, war doch die Dampflokomotivenzeit Englands große Zeit und begeistert noch heute patriotische Freizeitingenieure.

Jüngstes Kind unter den „Great Little Trains" in Wales ist die Verlängerung der *Welsh Highland Railway Ltd.* 1964 gründeten einige Bahnenthusiasten diese Bahngesellschaft, die in den 70er Jahren eine kleine Strecke von acht Meilen von Porthmadoc ins Landesinnere eröffnete. In diesem Jahr soll aus der kleinen Bahn endlich ein richtiges Freizeittransportmittel werden: Die seit Gründung des Vereins geplante Verlängerung der Trasse in Richtung auf das 22 Meilen entfernt gelegene Bergdorf Beddgelert wird in Angriff genommen. Die Bahn mietet vom Landkreis die alte Trasse und betreibt die Linie als privatwirtschaftliches Unternehmen.

Die Lokomotiven werden aus der ganzen Welt zusammengekauft. Die Dampflokomotive *Karen* arbeitete zuvor für die *Rhodesia Chrome Nies Ltd.*, die *Pedomoure* für die *Minas de Pejao* in Portugal, die *Bagnalls* für die *Rustenberg Platinum Mines* in Südafrika. Die Renommierlokomotive des Vereins, die *Russell* von 1906, feierte unlängst ihren 90. Geburtstag und ist in der Sommersaison regelmäßig im Einsatz.

Auch an anderer Stelle erleben Schmalspurbahnen in Wales ein Revival. Die „Wales-Quer-Bahn" (in Nord-Süd-Richtung), ein touristisches Großprojekt, das sich Anfang dieses Jahrhunderts nach einigen Jahren als Flop erwies und stillgelegt werden mußte, soll nun wieder in Betrieb genommen werden. Ein Problem gibt es noch: Inzwischen wurden Teile der Trasse im nördlichen Bereich, einer anderen touristischen Mode folgend, zu einem Radwanderweg umfunktioniert.

WINDENERGIE BLÄST DEN EVU KRÄFTIG INS GESICHT

Das Stromeinspeisungsgesetz vom Dezember 1990 zwingt die Stromversorger, für eingespeisten Strom aus erneuerbaren Energien die Gestehungskosten zu erstatten. Quantitativ ist das Gesetz der bisher erfolgreichste Förderer der erneuerbaren Energien, vor allem in den letzten zwei Jahren. Die Absatzförderung war in diesem Fall für die erneuerbaren Energien effektiver als Förderung der Forschung und Entwicklung.

Doch für die Energieversorgungsunternehmen ist der Preis hoch: Seit Inkrafttreten des Gesetzes seien bereits 400 Millionen Mark an Mehrkosten für die Windstromeinspeisung entstanden – Tendenz stark steigend. Die deutschen Energieversorgungsunternehmen fordern daher, das Einspeisegesetz abzuschaffen und an seine Stelle eine Subventionierung aus dem Bundeshaushalt treten zu lassen.

Eine andere Möglichkeit ist die Schaffung eines überregionalen Ausgleichsfonds, der von allen Stromversorgern getragen wird und den Energieversorgungsunternehmen im windreichen Norden zumindest einen Teil der Zusatzkosten abnimmt.

Windkraftanlagen prägen das Landschaftsbild in Küstennähe.

Fotos: Judges of Hastings Postcards/D.W.Allan (o.); aus: Stromthemen 5/1996 (u.)

GOBELINWEBEREI WIEDER IM AUFWIND

Aus dem systembedingten Mangel an neuen Maschinen versucht die Gobelin-Weberei *Cammann & Co.* eine Tugend zu machen. Vor 100 Jahren wurde der Betrieb in Furth bei Chemnitz gegründet und florierte aufgrund der damals äußerst fortschrittlichen Technik mit Musterkarten aus Wachskarton. 1923 wurde von dem Chemnitzer Architekten Willy Schönefeld ein großes Fertigungsgebäude mit Verwaltung als Hochhausbau errichtet.

Wichtigstes Vermögen der Firma sind die Musterkarten mit Entwürfen von 1890 bis 1950. Die Webstühle wurden in den 50er Jahren den Originalmaschinen genau nachgebaut. Hauptabnehmer der Stoffe ist heute der Denkmalschutz, die Restaurierung und Konservierung der Innendekoration von Schlössern und Herrensitzen. Zu DDR-Zeiten wurde die Innendekoration von Sanssouci mit Cammann-Stoffen originalgetreu wiederhergestellt. Die aktuelle Nachfrage hingegen könnte lebhafter sein, auch wenn über der kürzlich eingeweihten Chemnitzer Markthalle eine bei Cammann gewebte Flagge weht. Zu ihrer Blütezeit hatte die Firma über 100 Beschäftigte, heute aber nur noch sieben.

Musterkarten sind das Kapital der Gobelin-Weberei *Cammann*.

Abbildungen: Barbara Zoch Michel, Überlingen (l.); Daniel A. Keim/Hans-Peter Kriegel (r.o.)

KOMMENDE TAGUNGEN ZUR TECHNIK- UND WISSENSCHAFTSGESCHICHTE

Unter dem Titel „Individualverkehr contra Massenverkehr" findet die technikgeschichtliche Jahrestagung des *Vereins Deutscher Ingenieure* (VDI) vom 13.-14. Februar 1997 in Düsseldorf statt. Auskünfte: Dr. H. Hilmer, VDI, Graf-Recke-Str. 84, 40239 Düsseldorf, Tel.: (0211) 6214420.

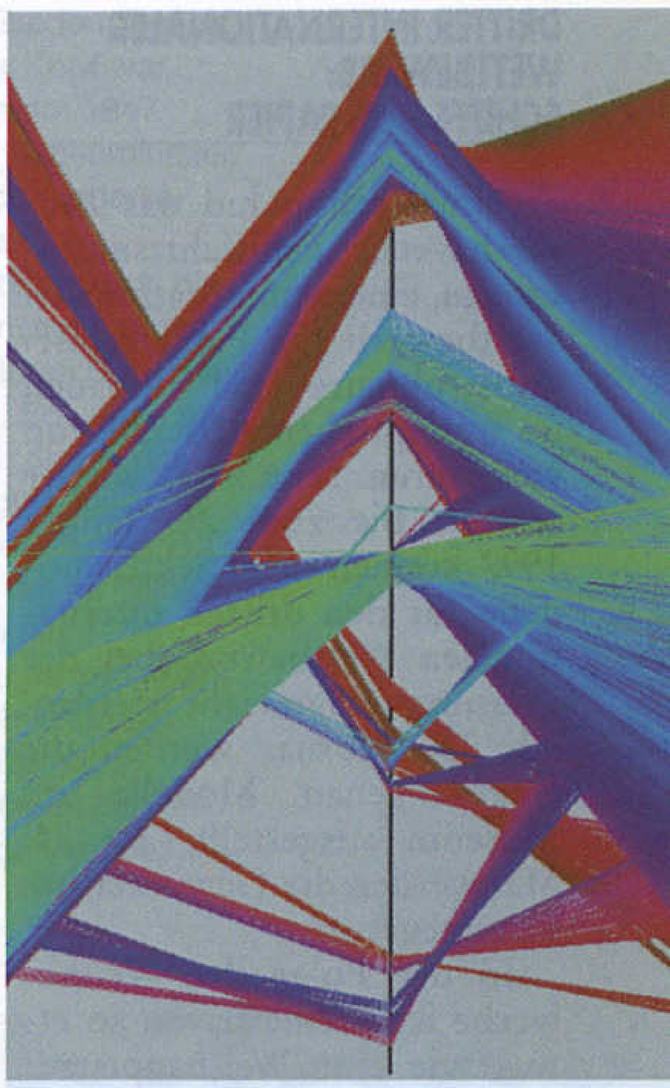
„Gigantomanie in der Technikgeschichte" ist das Leitthema der Jahrestagung der *Gesellschaft für Technikgeschichte* vom 27.-29. Mai in Braunschweig. Auskunft erteilt: Prof. Dr. Helmuth Albrecht, Bergakademie Freiberg, Institut für Wissenschafts- und Technikgeschichte, Nonnengasse 22, 09596 Freiberg, Tel.: (03731) 39-3406, Fax: 93-2832.

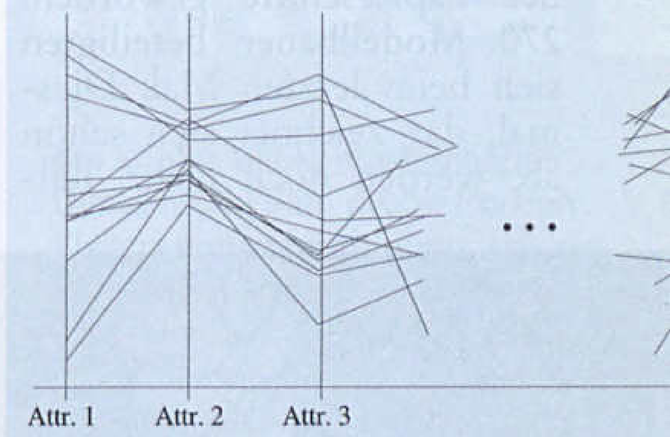
Zum Thema „Wissenschaft, Technologie und Industrie" findet vom 20.-26. Juli 1997 in Lüttich/Belgien der 20. Internationale Kongreß für Wissenschaftsgeschichte statt. Die *Internationale Gesellschaft für Wissenschaftsgeschichte*, deren Präsident derzeit der Oxforder Historiker Robert Fox ist, tagt alle vier Jahre, zuletzt 1993 im spanischen Saragossa. Neben den Sektionen zum Rahmenthema, den Wechselwirkungen von Wissenschaft und Technik mit Industrie und Gesellschaft, gibt es viele weitere Veranstaltungen zu allen Bereichen der Wissenschaftsgeschichte. Die Anmeldegebühr beträgt 7500 belgische Franken. Anmeldungen für Vorträge werden bis zum 30. April entgegengenommen. Informationen bei Professor Dr. Robert Halleux, Universität Lüttich, Centre d'Histoire des Sciences et des Techniques, 15, av. des Tilleuls, B-4000 Liège. Tel.: (0032) 41/669479, Fax: -669547, e-mail: chstulg@vm1.ulg.ac.

VISUALISIERUNG VON DATENBANKEN – DATENBANKEN IM VISIER

Angeblich verdoppelt sich die Menge an weltweit vorhandener Information alle 20 Monate. Ein großer Teil davon sind automatisch entstehende Daten, etwa durch computererfaßte Vorgänge im Bankgeschäft, bei Meßreihen oder bei der Telekommunikation. Diese Datenfluten sind für den Menschen schlechthin nicht mehr nutzbar, wenn sie nicht aufbereitet werden. Auch die computergestützte Aufbereitung von Daten versagt, wenn es sich um Hunderttausende oder gar Millionen von Datensätzen handelt. Computer können nur mit großem Aufwand Trends oder komplexe Zusammenhänge aus solchen Datenmengen herausfiltern.

Eine Forschergruppe an der Universität München (unter anderen Hans-Peter Kriegel und Daniel A. Keim) hat es sich deshalb zum Ziel gesetzt, menschliche Intuition, Flexibilität, Kreativität und Allgemeinwissen zur Datenexploration und -analyse nutzbar zu machen, während der Computer lediglich die Darstellung der Datenmengen leistet. Grundlegende Idee ist die gleichzeitige Darstellung möglichst vieler Datenobjekte am Bildschirm, wobei jeder Datenwert durch ein Pixel des Bildschirms repräsentiert wird. Auch die Farbe des Pixels entspricht jeweils einem Datenwert. Sehr unterschiedliche Visualisierungstechniken dienen demselben Zweck, das Material für das menschliche Wahrnehmungssystem zugänglich zu machen.





Visualisierung multidimensionaler Daten durch die Technik der parallelen Koordinaten – die vertikalen Achsen entsprechen Attributen und sind vom Minimum- bis zum Maximumwert der Attribute linear skaliert. Jeder Datensatz wird als polygonale Linie dargestellt, die jede Achse an dem Punkt schneidet, dessen Wert dem jeweiligen Attribut entspricht.

DRITTER INTERNATIONALER WETTBEWERB: SCHIFFE AUS PAPIER

Zweimal schon lud das Bremerhavener Schiffahrtsmuseum zu einem internationalen Wettbewerb für Papierschiffkonstrukteure und -erbauer, im olympischen Abstand von vier Jahren. Nun ist es wieder soweit. Bis zum 26. Januar 1997 können neue Schiffsmodelle für den dritten internationalen Wettbewerb bei der Preisjury eingereicht werden. Ab 23. Februar werden die eingegangenen Modelle im Museum ausgestellt, am 25. Mai werden die Gewinner bekanntgegeben.

In der Folge der Wettbewerbe ist Bremerhaven so etwas wie eine Welthauptstadt der Papierschiffe geworden. 270 Modellbauer beteiligten sich beim letzten Mal. Diesmal, das zeichnet sich schon ab, werden noch mehr Teilnehmer ihre Modelle ins Rennen schicken. Das Museum selbst nutzt die Erfahrungen der Kartonmodellbauer für seine beliebten Bastelbögen.

Vor vier Jahren erhielt ein Modell der *Titanic* (unten) den ersten Preis. Der Untergang der *Titanic* im Jahr 1912 war mit 1517 Ertrunkenen das bisher schwerste Schiffsunglück in Friedenszeiten. Kein anderes Schiff der Erde ist allerdings so häufig wiederauferstanden: Die Titanic ist weltweit nach wie vor das meistgebaute Schiffsmodell.

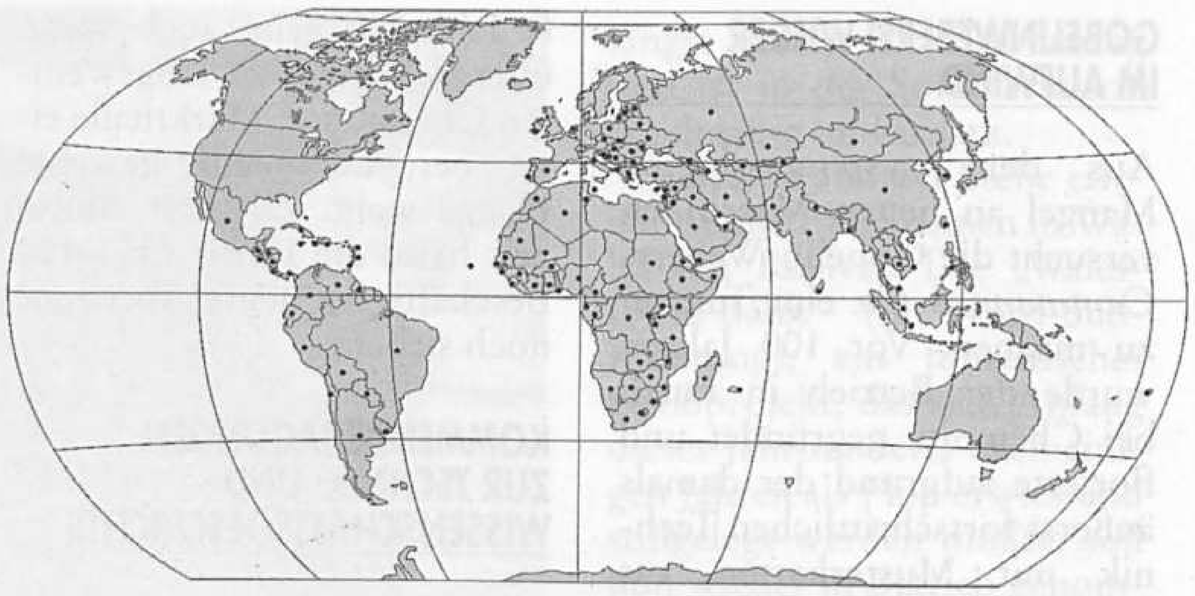
Papierschiffe, präsentiert im Deutschen Schiffahrtsmuseum von Siegfried Stölting und Christina Deepen.

SENIOR-EXPERTEN ALS ENTWICKLUNGSHELFER

Dank Sparpaket ist es absehbar, daß Männer und Frauen im nächsten Jahrtausend wieder bis zum Alter von 65 Jahren berufstätig sein werden. Für die Volkswirtschaft kann das ein entscheidender Gewinn sein, wie Organisationen zeigen, die schon jetzt versuchen, das Know-how und die jahrzehntelange Erfahrung älterer oder ehemaliger Berufstätiger zu nutzen.

Am bekanntesten ist in Deutschland der *Senior Experten Service* (SES), ein gemeinnütziger Verein, dessen Gesellschafter der *Bundesverband der Deutschen Industrie*, der *Carl Duisberg Förderkreis*, der *Deutsche Industrie- und Handelstag* und der *Zentralverband des Deutschen Handwerks* sind.

Der SES, der ehrenamtliche Dienst der deutschen Wirtschaft für internationale Zusammenarbeit, wurde 1983 gegründet und setzt sich zum Ziel, im In- und Ausland Hilfseinsätze, insbesondere zur Qualifizierung oder zur Lösung aktueller Probleme im Bereich Technik und Wirtschaft, durchzuführen. Die Einsätze werden von rund 4000 registrierten Experten geleistet, die zwar aus dem aktiven Berufsleben ausgeschieden sind, aber ihre Kenntnisse ehrenamtlich weitergeben wollen. Sie erhalten kein Gehalt, sondern lediglich eine Unkostenerstattung. 43 Prozent der derzeit registrierten Experten sind Techniker, ein gutes Drittel stammt aus kaufmännischen Berufen. Das Durchschnittsalter beträgt 65 Jahre, aber 50 Prozent der Senior Experten sind älter als 65, 15 Prozent älter als 70 Jahre.



Seit Gründung des Senior Experten Service im Jahr 1983 wurden fast 5000 Einsätze in 127 Ländern durchgeführt.

Seit der Gründung des SES wurden schon fast 5000 Einsätze in 127 Ländern durchgeführt. Die Einsätze werden zu einem Viertel im Inland (bisher schon über 1000 in den östlichen Bundesländern), zu einem weiteren Viertel in Europa und zu etwa 50 Prozent in Entwicklungsländern durchgeführt. Ein einzelner Einsatz dauert in der Regel ein bis zwei Monate. Vorwiegend kleine und mittlere Unternehmen, aber auch Ausbildungseinrichtungen, Kommunen, öffentliche Verwaltungen oder internationale Organisationen können bei der SES einen Antrag auf Unterstützung stellen. Der Auftraggeber muß die Kosten für Reise, Unterkunft, Verpflegung und ein Taschengeld für den Experten tragen. Fast zwei Drittel der Einsätze werden in Industriebetrieben geleistet.

Beispielsweise wurden 1996 von Senior Experten Mitarbeiter in einer Behindertenwerkstatt in Windhoek, Namibia, für die Montage von Solarlampen geschult. Eine ungarische Gießerei in Pásztó wurde reorganisiert. Ein Senior Experte trug zur Qualitätsverbesserung einer philippinischen Firma bei, die Zink-Anoden herstellt. Ein Spielwarenspezialist ermöglichte Produzenten aus Sri Lanka die Präsentation auf der Nürnberger Spielwarenmesse.

In Deutschland verfügt der SES über 14 Kontaktbüros. Pensionäre, die es reizt, ihr Wissen ehrenamtlich weiterzugeben, dabei aktive Entwicklungshilfe zu leisten und faszinierende Einblicke in andere Länder zu gewinnen, sind als Senior Experten willkommen, sofern ihre Berufskenntnisse der Nachfrage entsprechen.

Die Senior Experten Services haben Zukunft: Kürzlich

ERRATUM

In *Kultur&Technik* 4/96, Seite 6, wurde irrtümlich das *Deutsche Historische Museum*, Berlin, als Urheber der Ausstellung „Endlich Urlaub!“ bezeichnet. Richtig ist vielmehr, daß das *Haus der Geschichte der Bundesrepublik Deutschland* in Bonn die Ausstellung vorbereitet und verantwortlich durchgeführt hat.

Abbildungen: Deutsches Schiffahrtsmuseum/Egbert Laska (l.); aus SES-Jahresbericht 1995 (r.o.)

hat die Weltbank ein Abkommen mit einem Zusammenschluß von neun internationalen Seniorendiensten, dem *Senior Volunteer Advisory Service*, geschlossen, um bei der Umsetzung ihrer Projekte Unterstützung zu finden.

Senior Experten Service (SES). Buschstraße 2, 53113 Bonn, Telefon (0228) 26090-0 Fax (0228) 26090-77. Internet: http://www.ihk.de

DEUTSCHE ERDBEBEN-MESSSTATIONEN MESSEN DIE ROTATION DES ERDKERNS

Deutschland ist eine besonders erdbebensichere Region der Welt und zugleich eine, die am reichsten mit Erdbebenmeßstationen ausgestattet ist. Grund dafür ist nicht ein übertriebenes Sicherheitsbedürfnis, sondern die Forschungsförderung: Nach dem Zweiten Weltkrieg trafen die *Deutsche Forschungsgemeinschaft* (DFG) und die *Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe* die Entscheidung, eine inzwischen 100 Jahre alte Tradition seismologischer Grundlagenforschung in Deutschland mit modernsten technischen Hilfsmitteln fortzusetzen. Daraufhin wurde das *Seismologische Zentralobservatorium Gräfenberg* in Erlangen gegründet, das zur weltweit ersten vollständig digital aufzeichnenden Erdbebenwarte mit Breitband-Seismometern wurde. Die Station wird ergänzt durch ein Netz von Meßstationen, die sich auf das Bundesgebiet verteilen.

Die Erlanger Meßstation trug mit ihren über Jahrzehnte erhobenen und wegen der digitalen Erfassung genau auszuwertenden Meßreihen nun zu einem erstaunlichen Ergebnis bei: Der innere Erdkern, ein stabiler Ball aus festem Eisen von 2440 Kilometern Durchmesser, scheint unabhängig vom Rest des Planeten um eine Achse zu rotieren, die gegenüber der Erdachse um 10,8 Grad geneigt ist. Zu diesem Schluß kamen New Yorker Geologen, als sie sich mit der Frage befaßten, warum seismische Wellen das Zentrum der Erde nicht in alle Richtungen gleich schnell passieren.

Nach dem bisher wahrscheinlichsten Modell beruht dies auf der sechseckigen Kristallgitterstruktur des festen Eisens im Erdkern. Sie führt dazu, daß Erdbebenwellen in Nord-Süd-Richtung, also etwa parallel zur Erdachse, stets erkennbar schneller übertragen werden als solche in Ost-West-Richtung.

Änderungen in diesen unterschiedlichen Übertragungszeiten lassen, so die Forschergruppe an der New Yorker Columbia University, auf eine Rotation des Erdkerns schließen. Nach ihren Berechnungen, die im wesentlichen auf den Aufzeichnungen der Erlanger Erdbebenwarte und der amerikanischen Erdbebenstation in College, Alaska, beruhen, dreht sich der Erdkern in circa 350 Jahren einmal um sich selbst.

Falls sich diese Hypothese in weitergehenden Feldstudien der nächsten Jahre bestätigt, würde dies ein stark verändertes Bild vom Aufbau der Erde und ihrer Entstehung bedeuten, das ohne die gutausgerüsteten deutschen Erdbebenwarten nicht möglich gewesen wäre.

EMTEL: EUROPEAN MEDIA, TECHNOLOGY AND EVERYDAY LIFE NETWORK

Informations- und Kommunikationstechnologie gilt in Brüssel als Schlüssel zur Zukunft und soll deshalb verstärkt gefördert werden. Ein wichtiger Schritt dafür war die Gründung von EMTEL, einem EU-finanzierten Forschungsnetzwerk mit halbjährlichen thematischen Arbeitstreffen. Europäische Forscher tauschen hier ihre Erkenntnisse über den Einfluß der Informations- und Kommunikationstechnologien auf das Alltagsleben der EU-Europäer aus.

Thema der beiden Treffen im Jahr 1997 sind die Auswirkungen der Kommunikationstechnologie auf den Staatsbür-

Vorbilder

Für einen Kommißkopp hätte man ihn halten können: Soldat seit 1901, Leutnant auf den Philippinen, im Ersten Weltkrieg Stabschef eines Armeekorps, im Zweiten Stabschef der Armee - ein Organisator von hohen Graden. Daß er im Grunde ein politischer Kopf war, entdeckte Präsident Truman: 1947 machte er Marshall zum Außenminister, und der schlug vor, die darniederliegende Wirtschaft Europas mit Dollarmilliarden anzukurbeln. Auch die Sowjetunion sollte begünstigt werden, doch sie lehnte ab, und ihren Satelliten verbot sie die Teilnahme. So waren es 14 Staaten Westeuropas, denen die Anschubfinanzierung zugute kam, darunter das besiegte Westdeutschland. Die 1,7 Milliarden Dollar, die es bekam, leiteten die große Wende ein. "Marshalls Entschluß zeugte von höchster Staatskunst", schrieb Churchill über ihn. "Ohne diese Hilfe hätte Europa leicht im Elend versinken können." 1953 bekam George Marshall den Friedensnobelpreis.

George C. Marshall (1880-1959)

Ein kühler Blick, strategisches Denken und eine große Portion Zivilcourage waren nötig, um ein Programm durchzusetzen, das auch dem unter gräßlichen Opfern besiegten Feind eine Chance gab - gegen den Zorn unter den Siegern und gegen den bis dahin halb und halb verwirklichten Plan des Henry Morgenthau, Deutschland in ein Agrarland zu verwandeln. Vorbilder sind uns die Köpfe, die auf den Zeitgeist pfeifen, sobald sie erkannt haben, wonach die Zukunft ruft.

Innovative Informationssysteme

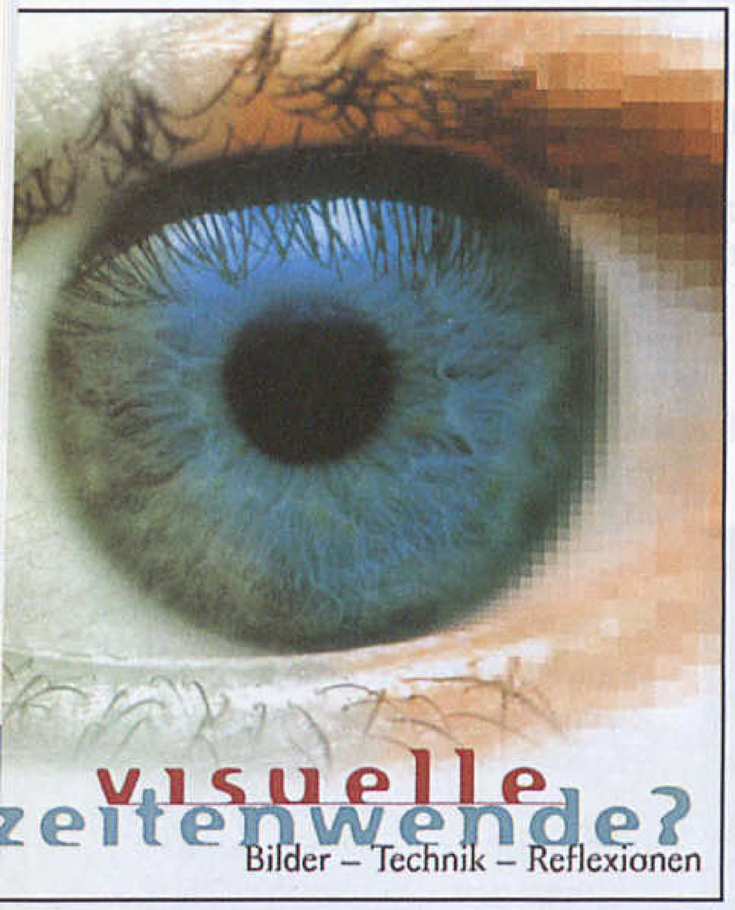
s | d & m
software | design & | management

Hamburg
Düsseldorf
Frankfurt
München

sd&m GmbH & Co. KG, Thomas-Dehler-Str. 27, 81737 München

ger und seine kulturelle Identität sowie Methoden für vergleichende Studien.

Informationen, Anmeldungen und Nachfragen: Professor Roger Silverstone, University of Sussex, Graduate Research Centre in Culture and Communication, Arts Building Falmer, Brighton BN1 9QN UK, Tel.: (0044-1273) 678261, Fax: 678835, E-mail: r.s.silverstone@sussex.ac.uk



VISUELLE ZEITENWENDE? BILDER, TECHNIK, REFLEXIONEN

Die Hamburger *Körber-Stiftung* hat erstmalig einen Deutschen Studienpreis als fächerübergreifenden Forschungswettbewerb für Studierende ausgeschrieben. Damit will sie „einen Beitrag zur Kommunikation zwischen Hochschule und Gesellschaft leisten und Impulse zur interdisziplinären Arbeit geben". Das erste Thema des zweijährlich ausgeschriebenen Preises greift die Bilderflut des „visuellen Zeitalters" auf und bittet um Einsendungen zu „Bilder – Technik – Reflexionen" aus allen Fachbereichen.

Was wissen wir über Bilder und ihre Wirkungsweisen, etwa den Zusammenhang von Bildern und Leitbildern? „Wir dachten bisher, nur der Geist macht erfinderisch. Wir haben das Sehen übersehen", schreibt der Philosoph Jürgen Mittelstrass über das Thema des Deutschen Studienpreises. „Das nächste Jahrzehnt wird das Jahrzehnt der Bilder sein" ergänzt der Mathematiker Heinz-Otto Peitgen, beide Juroren des Preises.

Die Preisfrage „Visuelle Zeitenwende? Bilder – Technik – Reflexionen" berührt den Zusammenhang von Kultur, Technik, Kunst und Gesellschaft und bietet für alle Wissenschaftsbereiche einen fachspezifischen Zugang. Neben wissenschaftlicher Sorgfalt sind unkonventionelle Blickwinkel gefordert, um das Wechselverhältnis gesellschaftlich-kultureller und wissenschaftlich-technischer Entwicklungen zu begreifen, sowie eine für Fachfremde verständliche Darstellung. Teilnahmeberechtigt sind Studierende aller deutschen Hochschulen, auch in Gruppen.

Es winken fünf erste Preise zu 10.000 Mark, 10 zweite Preise zu 7.500, 20 dritte Preise zu 5.000 und 40 dritte Preise zu 2.500 Mark; alles zusammen über 500.000 Mark Einsendeschluß ist der 30. April 1997.

Antragsunterlagen: Körber-Stiftung, Deutscher Studienpreis, Kampchaussee 10, 21033 Hamburg, Tel.: (040) 72503057, Fax: (040) 72503922 e-mail: dsp@stiftung.koerber.de

BLAUER HIMMEL ÜBER DER LAUSITZ

Ende Juni 1996 sind die letzten zwei von insgesamt vier Rauchgasentschwefelungsanlagen für die acht Blöcke des Großkraftwerks Jänschwalde in Betrieb gegangen. Seit dem 1. Juli 1996 gelten nämlich auch auf dem Gebiet der ehemaligen DDR die Vorschriften des Bundesimmissionsschutzgesetzes.

Das Jänschwalder Kraftwerk ist mit seiner Leistung von 3000 Megawatt – die Jahresstromerzeugung beträgt 18 Milliarden Kilowattstunden – das zweitgrößte Braunkohlekraftwerk der *Vereinigten Energiewerke AG* (VEAG). Das Unternehmen mußte für die Rauchgasreinigungsanlagen in

Das Braunkohlekraftwerk Jänschwalde bei Cottbus.

Jänschwalde 3,5 Milliarden Mark bezahlen. Jede der vier Anlagen ist eine große chemische Fabrik.

Die Ergebnisse können sich sehen lassen: 60 Prozent weniger Stickoxid-Emissionen, 90 Prozent weniger Staub und jetzt auch 95 Prozent weniger Schwefeldioxid. In den Entschwefelungsanlagen verbindet sich Kalk mit dem Schwefeldioxid zu Gips, der in gewaltigen Mengen anfällt und vom Kraftwerk an die Bauindustrie abgegeben wird. Mehrere Gipsverarbeitungswerke haben sich deshalb in unmittelbarer Nähe des Kraftwerks angesiedelt.

Die Rauchgase verlassen das Kraftwerk über die Kühltürme. Die drei rund 300 Meter hohen Schlote im Bild sind deshalb nicht mehr notwendig und werden deshalb außer Betrieb genommen.

WEBSITES FÜR K&T-LESER

In einer der letzten Nummern haben wir in dieser Rubrik auf eine Internet-Page mit der aktuellen Tagesansicht des Potsdamer Platzes hingewiesen (http://cityscope.icf.de). Von nun an soll an dieser Stelle regelmäßig auf interessante Websites im Themenbereich von Kultur und Technik aufmerksam gemacht werden. Diesmal empfehlen wir einen virtuellen Rundgang durch Münchens derzeit prestigeträchtigstes Museumsprojekt, die Pinakothek der Moderne: www.stmukwk.bayern.de/kunst/museen/pin3.html.

CALL FOR PAPERS

Aus Anlaß des 150. Geburtstages von Carl Julius von Bach (1847-1931) veranstaltet die TU Chemnitz-Zwickau am 8. März 1997 in Bachs Geburtsstadt Stollberg/Erzgebirge eine wissenschaftliche Konferenz. Bach, der mit einer Schlosserlehre in Chemnitz begonnen hatte, war zuletzt Professor für Maschineningenieurwesen an der TH Stuttgart. Neben wichtigen Lehrbüchern ist ihm die Errichtung einer Materialprüfanstalt und eines Ingenieurlaboratoriums zu verdanken.

Schwerpunkte der Konferenz sind:

- Der Ingenieur und Gelehrte Carl Julius von Bach;
- die Analyse seiner drei Hauptwerke;
- Maschinenbau und Maschinenbauer in Deutschland um die Jahrhundertwende;
- Technik und Wissenschaft – Momente der Wissenschaftsgenese;
- die deutsche Industrie im internationalen Vergleich.

Informationen über und Vortragsangebote für die Veranstaltung: Professor Dr. Friedrich Naumann, TU Chemnitz-Zwickau, Lehrstuhl für Wirtschafts-, Technik- und Hochschulgeschichte, 09107 Chemnitz, Tel.: (0371) 531-4387, Fax: 531-4304.

Ein Geschenk:

Steht nicht herum, staubt nicht ein und macht nicht dick.

Schenken ist (oft) schwer: Unser Vorschlag: Schenken Sie die Mitgliedschaft beim Deutschen Museum. Ein Jahr freier Eintritt für den Beschenkten, seine/n Begleiter/(in) und zwei Kinder (unter 18). Dazu viermal unser Museumsmagazin *Kultur & Technik* mit Berichten und Bildern aus Wissenschaft, Technik, Kultur und Zeitgeschehen. Zur Begrüßung gibt's ein paar nette kleine Überraschungen und fürs Revers eine (fast) goldene Ansteck-Eule… weil Ehre, dem Ehre gebührt.

Deutsches Museum

Geschenk-Coupon

Mit dem »Deutschen Museum« beschenke ich:

Name, Vorname

Straße, Hausnummer

PLZ, Wohnort

Meine Anschrift lautet:

Name, Vorname

Straße, Hausnummer

PLZ, Wohnort

Für dieses besondere Geschenk bezahle ich gegen Zahlungsaufforderung den Mitgliedsbeitrag von (bitte ankreuzen)

☐ 68,– DM pro Kalenderjahr

☐ 40,– DM pro Kalenderjahr
für Schüler und Studenten
(bitte Schüler-/Studentenausweis beifügen)
Bei diesem ermäßigten Beitrag gilt der freie Eintritt nur für das Mitglied.

Bitte einsenden an: Deutsches Museum
80306 München

DAMPFKRAFT IM BERGBAU

Die erste deutsche Dampfmaschine Wattscher Bauart (1785)

VON ELMAR HEBESTEDT

Mitten in der historischen Haldenlandschaft des Mansfelder Kupferschieferbergbaus bei Hettstedt erinnert auf der Halde des König-Friedrich-Schachtes ein Denkmal daran, daß dort 1783/85 die erste deutsche Dampfmaschine Wattscher Bauart aufgestellt und am 23. August 1785 in Betrieb genommen wurde.

Die erste für den Alltagsbetrieb taugliche Dampfmaschine schuf Thomas Newcomen im Jahr 1712. Obwohl der Wirkungsgrad dieser „atmosphärischen Feuermaschine" sehr gering und die Betriebskosten sehr hoch waren, brachten sie eine gewisse Erleichterung für die problematisch gewordene Wasserhaltung in den Bergwerken.

Der entscheidende Schritt im Dampfmaschinenbau war die Erfindung des Kondensators durch James Watt im Jahr 1769. Danach ging die Entwicklung leistungsfähigerer Maschinen rasch voran; vom Bergbau ausgehend, erlangte die Wattsche Kolbendampfmaschine ihre größte historische Bedeutung als universell, das heißt an jedem Ort mit beliebiger Leistung einsetzbare Kraftmaschine in den Fabriken des 19. Jahrhunderts.

Erst Dampfmaschinen ermöglichten im Zuge der Industriellen Revolution die Anlage und den Betrieb von Zehntausenden von Spinnmaschinen, mechanischen Webstühlen, Werkzeugmaschinen, Schnellpressen und so weiter. Die Dampfmaschine förderte damit die Entwicklung der Industriestädte und der industriellen Ballungsgebiete sowie die Herausbildung der im 19. Jahrhundert geschichtsbestimmenden Klassen der Bourgeoisie und des Proletariats.

Die Hettstedter Dampfmaschine war ein Signal für den Beginn dieser Entwicklung auch in Deutschland. Ihrem Bau gingen heftige Diskussionen über den Weg voraus, der in Preußen zur Einführung der Dampfmaschine einzuschlagen sei. Die Ansichten gingen darüber auseinander, ob die Maschine bei *Boulton & Watt* in London zu kaufen oder ein Eigenbau vorzuziehen sei.

Schließlich wurde der Bergassessor Carl Friedrich Bückling, der sich zuvor die notwendigen Kenntnisse auf wohl nicht ganz legale Weise in England angeeignet hatte, mit dem Bau der Maschine beauftragt. Der Bau wurde von der preußischen Bergbauverwaltung, deren Chef Minister Friedrich Anton von Heinitz war, unter Einsatz aller zur Verfügung stehenden Kräfte geplant und verwirklicht.

Für den Bau der Dampfmaschine war zunächst die kleine Bergschmiede des Preußisch Hoheiter Reviers zu einem Werkstättenkomplex erweitert worden, der es gestattete, alle wichtigen mechanischen Arbeiten auszuführen und die von weit her angelieferten größeren Bauteile fertigzustellen, so den in der Königlichen Geschützgießerei in Berlin aus Rotguß gefertigten Dampfzylinder oder die aus Vietz in der Neumark bezogenen gußeisernen Pumpenteile.

Unter Bücklings Leitung entstanden hier bis 1806 insgesamt zwölf Dampfmaschinen unterschiedlicher Größe und fast alle des gleichen Bautyps. Darunter waren so berühmt gewordene wie die beiden großen Maschinen für die Saline Schönebeck-Salzelmen oder die 1799 auf der Saline Königsborn bei Unna eingesetzte. Die erste Schönebecker Maschine, im Dezember 1792 in Betrieb genommen, funktionierte vom ersten Tag an problemlos, was nicht nur Bückling und seinen Mitarbeitern zu Anerkennung verhalf, sondern die Akzeptanz der neuen Antriebstechnik wesentlich erhöhte.

Nach Bücklings frühem Tod – er starb im Februar 1812 nach längerer Krankheit – entstand 1814, zum Teil in der Hettstedter Werkstatt, als letzte eine Dampfmaschine für das Schafbreiter Revier bei Eisleben. Diese Maschine befindet sich heute im Deutschen Museum in München.

Die Dampfmaschine des König-Friedrich-Schachtes von 1785 erhielt zuerst einen Zylinder von 732 Millimeter Weite. 1788 wurde sie wegen der steigenden Wassermengen mit einem 889 Millimeter weiten, aus England bezogenen, gußeisernen Zylinder und mit neuen Kesseln verstärkt. Mit bis zu 16 Hüben von 2,5 Meter je Minute leistete sie maximal 50 PS und bewältigte damit eine Wassermenge von 1,85 Kubikmetern pro Minute auf 57,5 Meter Förderhöhe. Gefeuert wurde sie mit Holz, Torf, Braunkohle und über lange Zeit mit sächsischer Steinkohle.

Der Gesamtwirkungsgrad der Anlage war mit 0,9 bis 1,7 Prozent sehr gering. 1794 wurde die Maschine durch eine größere ersetzt, versah ihren Dienst aber noch bis 1848 ohne Probleme auf einer Steinkohlengrube bei Löbejün.

In Hettstedt trug der aus England übersiedelte Maschinenmeister William Richards zum Erfolg bei, indem er die Einstellung der Steuerung perfektionierte. Die Maschinen wurden zum Anziehungspunkt für aufstrebende Maschinenbauer. Namen wie etwa Franz Dinnendahl, August Holtzhausen oder Christian Friedrich Brendel sind hier zu nennen.

Die Hettstedter Dampfmaschine hatte so durchaus eine Initialwirkung für den weiteren Einsatz von Dampfmaschinen, wenn auch zunächst vor allem im Montanwesen. Manchenorts zeigte sich allerdings, daß ein zuverlässiger Betrieb eine qualifizierte Bedienung und Wartung voraussetzte und daß es mit dem Erwerb einer gut konstruierten Maschine allein nicht getan war.

Nach 1814 zogen sich die Mansfelder Gewerkschaften auf den Bergbau- und Hüttenbetrieb zurück und überließen den Dampfmaschinenbau den

Foto: Mansfeld-Museum Hettstedt/Elmar Hebestedt

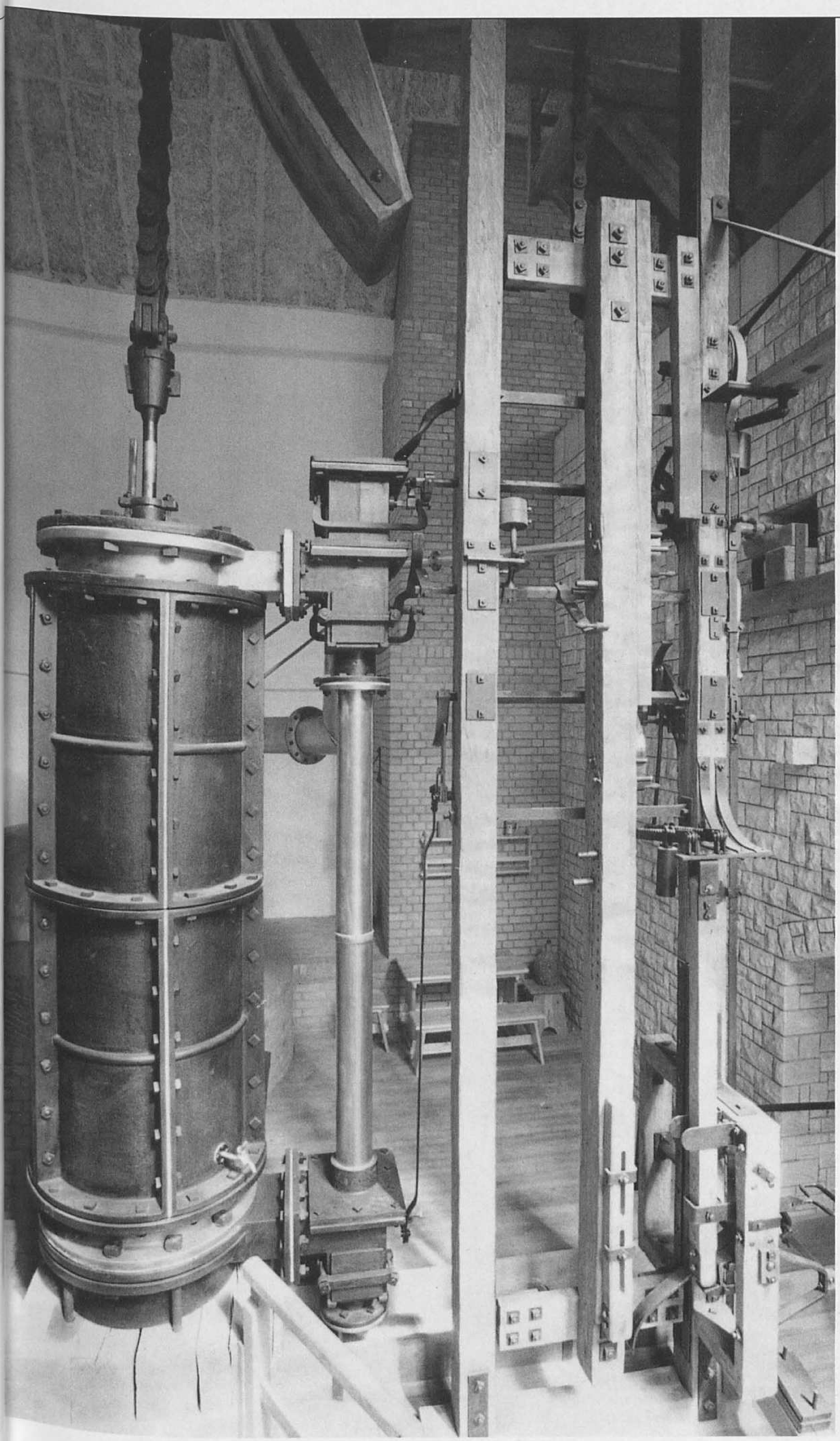


Foto: Mansfeld-Museum Hettstedt/Ehrhart Hebestedt

neu gegründeten Maschinenfabriken, die mit der Betriebsdampfmaschine auch kleineren Leistungsbedarf befriedigen konnten.

Zum 200jährigen Jubiläum, im Jahr 1985, konnte das Mansfeld-Kombinat einen mit großem Aufwand verwirklichten, originalgetreuen Nachbau der Maschine nach dem Stand von 1787 vorstellen. Eine Voraussetzung dafür war, daß es in jahrelanger Archivarbeit gelungen war, die Details der Konstruktion und des Baues der Maschine zu klären. Es ist sicher nicht unbedeutend, daß sich der Maschinen- und Anlagenbaubetrieb des Mansfeld-Kombinats, der den Nachbau vornahm, historisch auf die erste Hettstedter Werkstätte von 1785 zurückführen läßt. Heute ist die *Maschinen- und Anlagenbau GmbH* Mitglied des *Fördervereins Mansfeld-Museum e.V.*

1885 hatte der *Verein Deutscher Ingenieure* die Errichtung der ersten Dampfmaschine gebührend gewürdigt und 1890 das Denkmal gestiftet, das heute noch auf der Halde des ehemaligen Kunstschachtes an diese Ingenieurleistung erinnert. □

Blick auf die Steuerungsseite der Hettstedter Dampfmaschine von 1785, der ersten Wattscher Bauart in Deutschland. Hettstedt wurde daraufhin zum Mekka der Ingenieure.

DIE ZWEITE SOLARE ZIVILISATION

Energie in nachfossiler Zeit

Von Carl-Jochen Winter

In der bis weit in das 18. Jahrhundert reichenden Ersten Solaren Zivilisation nutzten die Menschen fast ausschließlich erneuerbare Energien; Energierohstoffe aus der Erdkruste gab es kaum. Technik für die Nutzung erneuerbarer Energien war ein und alles. Die folgende, bis ins 21. Jahrhundert dauernde fossile Ära ist – bei aller Technik – von riesigen Energierohstoffströmen geprägt. Was geschieht, wenn sie versiegen?

Für eine sich an die fossile Ära anschließende Zweite Solare Zivilisation spricht vieles: Erneuerbare Energien ohne betriebliche Energierohstoffe machen sie umwelt- und klimaökologisch verantwortbar, ihr Potential hat keine Grenze, auch sie sind – wieder – technikdominiert: Technik, welche die Menschen ohnedies nie mehr loslassen wird.

Sonnenstrahlung wärmte die Menschen und ließ das Korn auf den Feldern reifen. Wind trieb die Segelschiffe über die Weltmeere, Windmühlen mahlten Getreide, entwässerten Polder oder füllten Viehtränken nach. Fließendes Wasser in Strömen und Bächen diente der Flößerei und den Wassermühlen. Holzfeuer heizten, Kienspäne spendeten Licht, Holz von den Haubergen lieferte den Brennstoff für Öfen und Pfannen der Manufakturen.

Das 10 MW_e-Kraftwerk „Solar Two“ in der kalifornischen Mojave-Wüste ist das größte seiner Art. Heliostaten werden in Azimut und Elevation der Sonne nachgeführt und fokussieren die Sonneneinstrahlung auf den Absorber in der Turmspitze. Die dort entstehende Hitze reicht aus, um mit Dampfkraft Strom zu erzeugen.

Foto: Departement of Energy, USA

Das alles war in der Ersten Solaren Zivilisation. Sie dauerte vom Beginn der Menschheitsgeschichte bis weit in das 18. Jahrhundert. Zuletzt waren es eine Milliarde Menschen, die ihren Energiebedarf fast ausschließlich durch die Nutzung der erneuerbaren Energien deckten: durch Sonnenstrahlung, Wind- und Wasserkraft, Biomasse und – manchmal übersehen – die Arbeitskräfte von Mensch und Nutztier.

Das Genutzte wurde auf natürliche Weise wieder ersetzt. Jedem Sonnenuntergang folgte der Sonnenaufgang, jeder Flaute die Brise, jeder Niederschlag füllte die Flüsse wieder auf, Biomasse wuchs nach. Die Menschen lebten von der Unerschöpflichkeit erneuerbarer Energien und hatten gelernt, mit der zeitlichen und örtlichen Veränderlichkeit ihres Angebots umzugehen. Sie segelten und ließen ihre Windräder sich drehen, wenn der Wind wehte. Sie flößten die Stämme der Bergwälder zu Tal und betrieben Wassermühlen, wenn der Wasserstand es zuließ.

Nur nachwachsende Biomasse ließ sich speichern. Holz konnte im Winter verbrannt werden, dann, wenn es nicht nachwuchs. Oder es konnte dahin verkauft werden, wo es dringend gebraucht wurde, aber nicht wuchs – ein frühes Beispiel für den Energierohstoffhandel, hier den Handel mit dem Sekundärenergieträger Holz.

Grundsätzlich haben alle erneuerbaren Energien keinen betrieblichen Primärenergierohstoff. Nur technisches Wissen und technische Fertigkeiten boten – und bieten bis heute – den Menschen die Chance, das natürliche Energieangebot einzusetzen und seine hinderliche Eigenschaft zu entkräften, nicht immer und überall verfügbar zu sein. Zur Erinnerung: Die mittlere Dauerleistung des Menschen ist nicht viel größer als 0,1 kW. Welcher Zugewinn also für den Windmüller, dessen Mühle mit einer Leistung von auch nur 10 kW ihm die Verhundertfachung seiner eigenen Leistung brachte!

Schlüsseltechniken waren – und sind es in weiterentwickelter Form bis heute:

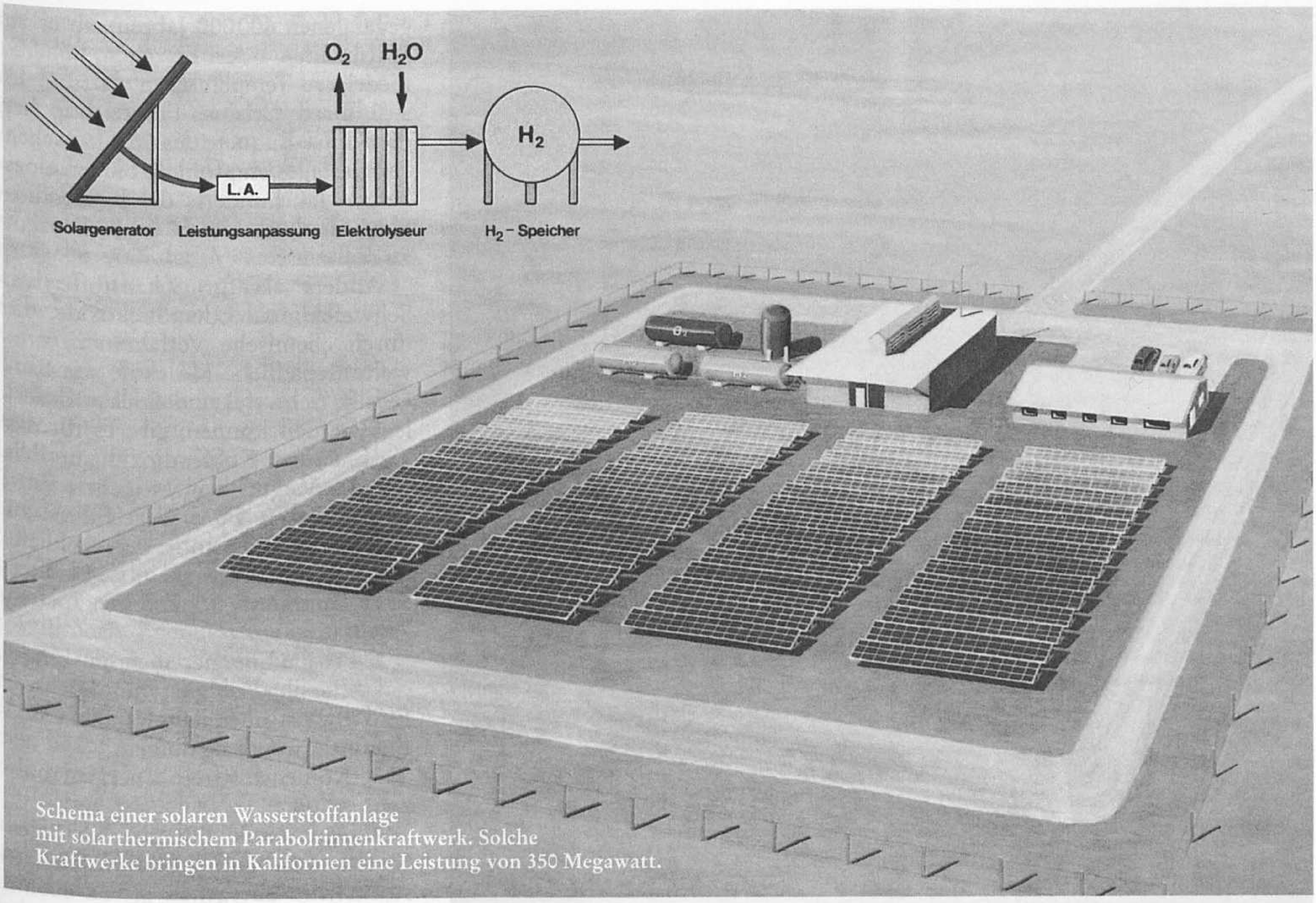
- Wehr- und Dammbauten, um die Energienachfrage der Wassermühlen vom Energieangebot zu entkoppeln, um Wasser im Überfluß zu speichern und auch in wasserarmer Zeit Korn mahlen oder Holz sägen zu können.
- Die Eigenschaft der Bockwindmühle, in den Wind gedreht werden zu können, so daß die Hauptwindrichtung senkrecht auf der Rotorkreisfläche steht.
- Häuser so zu orientieren und zu bauen, daß Sonnenstrahlung ungehindert eindringen, aber Wärme nicht entweichen kann. Auch der Wärmehaushalt im Hausinneren ist früh optimiert worden: Die Ställe der Haustiere im Erdgeschoß von Schwarzwaldhöfen wärmten die darüber befindlichen Räume der Menschen.

Im 17. und 18. Jahrhundert begann etwas gänzlich Neues: In England wurde vermehrt Kohle aus dem Boden gegraben. James Watt schuf mit der Dampfmaschine die Technik, sie in Wärme und die Wärme in mechanische Energie umzuwandeln. Die fossile Energieära begann, sie hält bis heute an und drängte die Nutzung erneuerbarer Energien in nur zweieinhalb Jahrhunderten so radikal zurück, daß sie weltweit auf passive Sonnenenergienutzung im Hochbau, Wasserkraft und – vor allem in den Entwicklungsländern – Biomasse geschrumpft sind. 87 Prozent des derzeitigen Primärenergiebedarfs der Welt werden durch die fossilen Energien Kohle, Öl und Erdgas gedeckt.

Zwar schien die fossile Ära zur rechten Zeit zu beginnen, denn ständige Zunahme der Weltbevölkerung und steigender Energiebedarf von Gewerbe und Manufakturen hatten längst zu Engpässen, steigenden Preisen für Holz, nicht schnell oder gar nicht mehr regenerierbaren Kahlschlägen und bis dahin ungekannten Umweltschäden geführt; die unumkehrbare Verkarstung von Teilen des Mittelmeerraums ist ein frühes Muster für nicht nachhaltigen Umgang mit erneuerbaren Rohstoffen, hier Holz für Schiffbau und Energiewirtschaft. Auch ist im nachhinein nicht recht vorstellbar, wie mehr Menschen auf der Welt hätten ausreichend mit Nahrungsmitteln, Gütern und Leistungen versehen werden können, ohne daß es zur Kohle-, später Öl-, noch später Erdgasnutzung gekommen wäre. Die Energiezentren der Ruhr, Mittelenglands oder Lothringens florierten: Sie und andere bildeten den Grundstock für die Industrialisierung der Welt, die Mechanisierung der Produktion, den Aufbau der Stahlindustrien und im Gefolge der Eisenbahnen und Schiffahrtslinien der Welt.

Nofretete und Echnaton genießen die Huld des Sonnengottes Aton. Die Sonne wurde in fast allen Kulturen verehrt.

Foto: Bildarchiv Preußischer Kulturbesitz



Schema einer solaren Wasserstoffanlage mit solarthermischem Parabolrinnenkraftwerk. Solche Kraftwerke bringen in Kalifornien eine Leistung von 350 Megawatt.

Selbstverständlich haben erst Kohle und Stahl auch die großen Seeschlachten der neueren Weltgeschichte möglich gemacht und die Materialschlachten der beiden Weltkriege. Selbstverständlich auch gäbe es nicht die inzwischen verödeten Landstriche früher Industriegeschichte, ohne daß Öl und Erdgas vieles von dem weiterführten, was Kohle begonnen hatte: Die verkehrliche Entwicklung zum Massenautomobilismus und die automatische Beheizung von Häusern und Wohnungen.

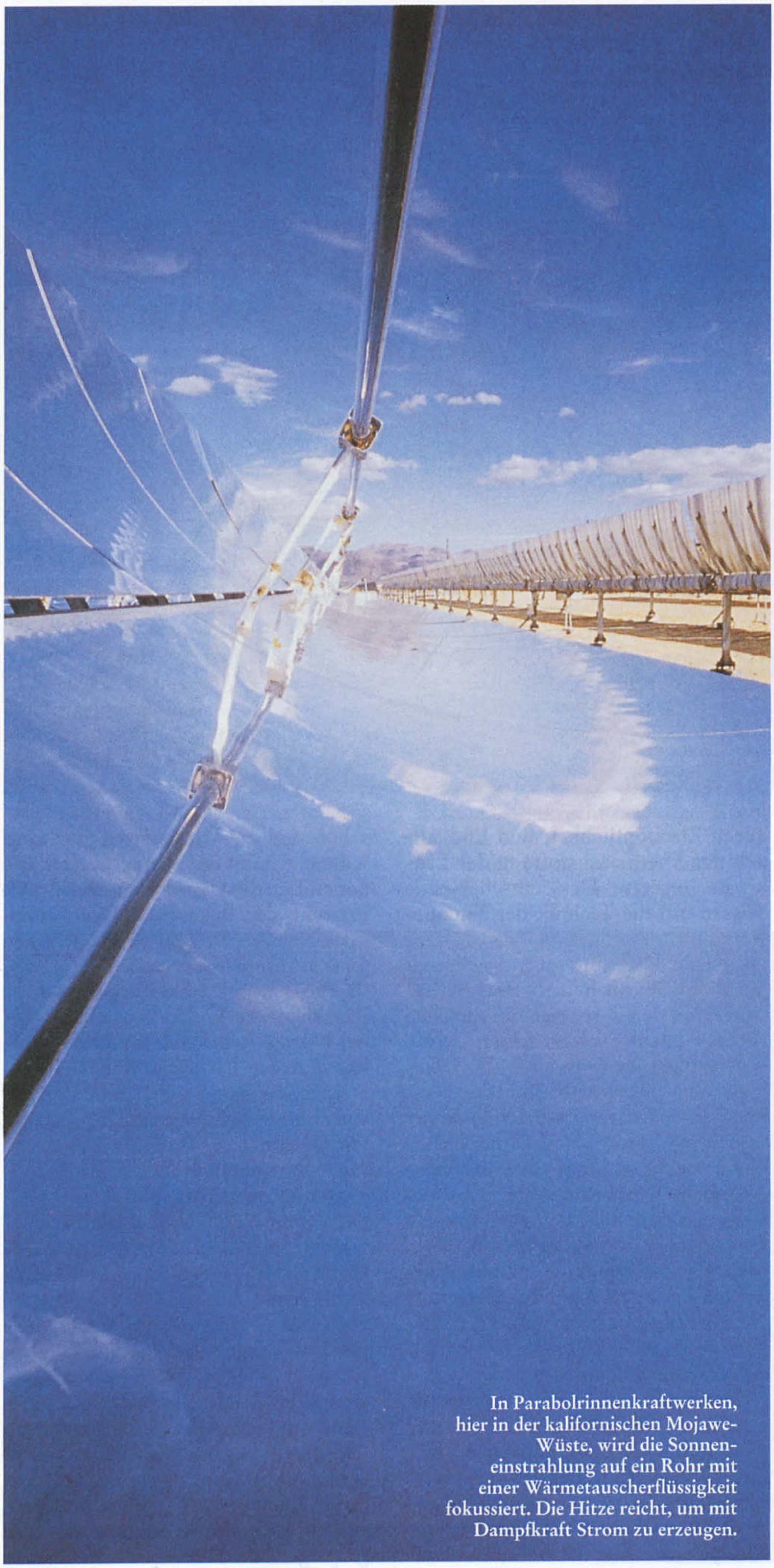
Ungeachtet aber aller dieser Entwicklungen, seien sie friedlich oder kriegerisch, die hier nicht weiter erörtert werden sollen, sind mit dem Übergang von der Ersten Solaren Zivilisation in die fossile Energieära Dinge geschehen, die in ihrer energie- und ökologiegeschichtlichen Auswirkung auf das Wohl und Wehe der Menschen viel wichtiger sind als das bislang Beschriebene: Erneuerbarkeit und Unerschöpflichkeit der erneuerbaren Energien wurden verlassen und durch Erschöpflichkeit und Endlichkeit der Energierohstoffe in der Erdkruste ersetzt. Das entscheidende Wissen um die Technik der Energiewandlung und Energieanwendung wurde in den Hintergrund gedrängt durch billige (bis heute!) Energierohstoffe, mit denen sparsam umzugehen keines Gedankens wert schien.

Und: Die umwelt- und klimaökologische Verantwortbarkeit der Nutzung erneuerbarer Energien verkehrte sich in Umwelt- und Klimaschädigung, zunächst durch ihre exzessive Nutzung, dann durch die Ausbeutung und den ineffizienten Gebrauch der fossilen Energierohstoffe. Des Menschen nachhaltige Anwesenheit auf der Erde geriet ihm ins Gegenteil. Die lebende Generation tut so, als habe nur sie, nicht mehr die Generationen nach ihr Lebensrecht.

Das Ende der fossilen Ära deutet sich an. Die Reichweiten von Öl und Gas liegen zwischen 40 und 60 Jahren, also in der Lebenserwartung einer bis anderthalb Menschheitsgenerationen, die der Kohle bei wenigen 100 Jahren. Mit zunehmender Erschöpfung der Lagerstätten geht eine Konzentration auf wenige Lieferländer einher, die Ungutes ahnen läßt. 65 Prozent der bekannten Ölvorkommen liegen in Nahost, 40 Prozent der Gasvorkommen in Staaten der GUS, 90 Prozent der Kohle liegen in fünf Regionen der Welt: Australien, China, Nordamerika, GUS und Südafrika; Europa hat eine Randstellung. Kernspaltungsenergie kann fossile Energien nicht ersetzen: Ihr Beitrag zur Deckung der Primärenergienachfrage liegt heute weltweit bei 6 Prozent, und sie ist netzgebunden.

In den 250 Jahren Industriegeschichte hat allein die Kohlendioxidkonzentration anthropogener Herkunft in der Atmosphäre um 30 Prozent zugenommen – mit weiter steigender Tendenz. Derzeit wird die atmosphärische Mitteltemperatur aufgrund des Treibhauseffekts alle zehn Jahre um 0,1 Grad Celsius erhöht, sie hat inzwischen 15,4 Grad Celsius erreicht. Diese Angaben erhalten ihre beängstigende Aussagekraft, wenn sie an Daten der Atmosphärengeschichte gespiegelt werden: Nie in den voran-

Abbildung: Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Stuttgart



In Parabolrinnenkraftwerken, hier in der kalifornischen Mojawe-Wüste, wird die Sonneneinstrahlung auf ein Rohr mit einer Wärmetauscherflüssigkeit fokussiert. Die Hitze reicht, um mit Dampfkraft Strom zu erzeugen.

Foto: Flachglas Solartechnik, Köln

gegangenen 600 000 Jahren gab es zu Warmzeiten oder Eiszeiten höhere/niedrigere Temperaturen als rund 13 ± 2 Grad Celsius. Folgerichtig hat die Klima-Enquête des 12. Deutschen Bundestages empfohlen, binnen eines halben Jahrhunderts die Kohlendioxid-Emissionen um 60 bis 80 Prozent zu reduzieren.

Anders als für Schadstoffe wie Schwefeldioxid oder Stickoxide, die durch chemische Verfahren in umweltunschädliche Moleküle wie Sauerstoff, Schwefel und Stickstoff zerlegt werden können, gibt es für das Treibhausgas Kohlendioxid zur Zeit nur die Möglichkeit, es nicht entstehen zu lassen. Fünf Wege führen zu größerer Kohlenstoffarmut, schließlich Kohlenstofflosigkeit; sie bereiten die Heraufkunft der Zweiten Solaren Zivilisation vor:

1. Fossile Energien nicht nutzen.
2. Fossile Energien mit höchster Effizienz der Energieumwandlung und Energieanwendung nutzen.
3. Kohlenstofffreie Energien nutzen.
4. Auf fossile Energien kleineren Kohlenstoff- und größeren Wasserstoffanteils übergehen – von Kohle über Öl zu Erdgas.
5. Kohlenstoff während der Nutzung fossiler Energien abtrennen und endlagern.

Weg 1 ist ein Appell an mehr Bescheidenheit. Weg 2 fordert die Mobilisierung vorhandenen technischen Wissens, mehr Energiedienstleistungen aus der Einheit Primärenergierohstoff zu machen; das Potential rationeller Energiewandlung ist riesig, erkennbar daran, daß die Energieeffizienz Deutschlands nur etwa 30 Prozent beträgt, die der Welt gar nur 10 Prozent. Um eine Kilowattstunde für Energiedienstleistungen am Ende der Energiewandlungskette bereitzustellen, führt Deutschland drei Kilowattstunden an Energierohstoffen am Anfang der Kette in das Energiesystem ein, die Welt sogar zehn. Weg 3 verlangt, mehr erneuerbare Energien zu nutzen, die ohne betrieblichen fossilen Energierohstoff auskommen. Weg 4 fordert, ausgerechnet den Energierohstoff zu verlassen, von dem es noch am meisten gibt: Kohle. Schließlich müßte für Weg 5 parallel zum etablierten Welt-Versorgungssystem mit Kohlenstoff

ein Entsorgungssystem für Kohlendioxid aufgebaut werden, das die Milliarden Oxidationsstellen – Feuerungen, Kraftwerke, Automobile, Flugzeuge und so weiter – mit der Tiefsee verbindet, in die das Kohlendioxid versenkt werden würde. Hier bliebe es gleichwohl auch nur temporär und entwiche von der Meeresoberfläche wieder in die Atmosphäre, würde es nicht in beständiges Hydrogenkarbonat umgewandelt.

Energie braucht Zeit. Jahrzehnte bis halbe Jahrhunderte sind typische Zeiten für Energie-Innovationen. Die Lebensdauern großer Energiewandler (Kraftwerke) reichen an halbe Jahrhunderte heran, manche überschreiten sie – so Wasserkraftwerke, Häuser, Bergwerke. Ja, ganze Volkswirtschaften sind Energiewandler, die ihre spezifischen Energiestrukturen nicht über Nacht ändern. Beispielhaft wird der deutsche Steinkohlenbergbau mehrere 100 Jahre hinter sich gebracht haben, bevor er im frühen 21. Jahrhundert seinem Ende zugeht.

Energie braucht Zeit – hohe Zeit also, mit der Zweiten Solaren Zivilisation zu beginnen. Drei Entwicklungen sind nötig, die je für sich Bestand haben und sich gegenseitig bedingen; alle drei sind nur durch Technik aufzuschließen:

1. Die Einrichtung der Niedrigenergiebedarfswirtschaft, deren einziges Ziel es ist, Energiedienstleistungen orts-, zeit- und umweltgerecht in nachgefragten Mengen unter Marktbedingungen bereitzustellen. Sie bedient sich hierzu aller Mittel der rationellen Energiewandlung in jedem Energiewandlungsschritt entlang der gesamten Energiewandlungskette und der rationellen Energieanwendung an ihrem Ende. Wieder als Beispiel: Deutschlands Wirtschaft wuchs seit der ersten Ölkrise in den frühen 70er Jahren um 60 Prozent, der Primärenergiebedarf jedoch fiel leicht: Es ist nicht illusionär zu erwarten, daß eines Tages die Hälfte des Bedarfs ausreichen könnte. Denn Niedrigenergiehäuser haben nur mehr ein Zehntel des spezifischen Energiebedarfs des derzeitigen Hausbestands, Personentransport könnte mit 0,1 bis 0,3 Kilowattstunden pro Personenkilometer (kWh/P·km) geschehen und nicht mit 1 kWh/P·km, wie heute, und Industrie und Gewerbe werden im Zuge des Strukturwandels hin zu energieextensiven Dienstleistungen, weg von den energieintensiven Grundstoff- und verarbeitenden Industrien, ohnedies jährlich um ein bis zwei Prozent energieärmer.

2. Die Nutzung der acht erneuerbaren Energien Sonnenstrahlung, Wind, Wasserkraft, Umgebungswärme, Biomasse, Geothermie, Gezeiten und Meeresenergie, davon sechs in Deutschland (nicht Gezeiten, nicht Meereswärme), fällt um so leichter, je niedriger das Energiebedarfsniveau geworden ist. Denn das mit den fossilen Energien gewachsene System ist nicht sonnenenergiefreundlich, die Energiedichten von Kohle und Sonnenenergie sind zu unterschiedlich. Das Potential der erneuerbaren Energien ist riesig, es wirkt nicht begrenzend. Unter den Einstrahlungs-, Topographie- und Klimabedingungen selbst Deutschlands beträgt ihr technisches Potential mehr als die Hälfte des derzeitigen Endenergiebedarfs des Landes. Weltweit ist es um Faktoren größer als der derzeitige Bedarf, so daß vorstellbar ist, den überkommenen Energiehandel mit den fossilen Primärenergierohstoffen Kohle, Öl, Gas nach ihrem Auslaufen fortzusetzen, jetzt mit Sekundärenergieträgern wie Strom, Methanol, Wasserstoff aus Sonnenenergie, deren Energiedichte in den Regionen höchster Einstrahlung zwei- bis dreimal höher ist als hierzulande. Das führt zur dritten Entwicklung auf dem Weg in die Zweite Solare Zivilisation.

3. Solarer Wasserstoff – er steht hier als Synonym für einen chemischen Sekundärenergieträger, der aus erneuerbarer Primärenergie gewonnen wurde – mit Hilfe von Strom aus Sonnenkraftwerken durch Wasserspaltung in Elektrolyseuren hergestellt, gespeichert, gegebenenfalls verflüssigt, durch Pipelines oder auf Kryotankern in die Verbrauchszentren transportiert, hier durch katalytische Rekombination mit Luftsauerstoff im Wärmemarkt genutzt, wiederverstromt in Brennstoffzellen im Strommarkt, schließlich an Bord von Automobilen oder Flugzeugen im Verkehr. So die Vorstellung. Was davon ist Realität, was Vision?

Kraftwerke erneuerbarer Energien sind entweder Routine (Wasserkraft-

Im Europäischen Sonnenenergie-Forschungszentrum Almeria, Spanien, wird Sonnenstrahlung in einem Parabolspiegel gebündelt und zum Antrieb eines Stirling-Motors verwendet.

Foto: Schlaich, Bergermann + Partner, Stuttgart

werke, Gezeiten-, Geothermiekraftwerke) oder im frühen Marktstadium Windkraftwerke, Sonnenkraftwerke. Elektrolyseure sind Stand der Technik, sie bedürfen der Anpassung.

BMW setzt bei der Nutzung von Wasserstoff als „Benzin" für Automobile auf die Verflüssigung des Wasserstoffs. Der Umgang mit flüssigem Wasserstoff ist unproblematisch.

Ähnliches gilt für Pipelines, Speicher, Kryotanker. Magnetokalorische Verflüssiger und Brennstoffzellen stekken tief im Experiment, wasserstoffbetriebene Hubkolbenmotoren und Gasturbinen für den Verkehr warten auf die Markteinführung.

Wo liegt der Unterschied, im ausgehenden 20. Jahrhundert Bohrgerät, Pipelines und Kompressoren sowie Finanzmittel nach Sibirien geliefert zu haben, sukzessive abgezahlt durch Erdgaslieferungen in den folgenden Jahrzehnten, und gegen Anfang des 21. Jahrhunderts Sonnenkraftwerke, Elektrolyseure, wieder Pipelines und Kompressoren sowie Finanzmittel in die Erdregionen höchster Einstrahlung zu liefern, in den Folgejahrzehnten abgezahlt durch Lieferungen solaren Wasserstoffs? Doch wohl nur der, daß es sich im ersten Fall um einen erschöpflichen, klimaökologisch schädlichen Energieträger aus der zu Ende gehenden fossilen Ära handelt, im zweiten um einen ständig erneuerten, sauberen Energieträger – als Teil der Zweiten Solaren Zivilisation aus unerschöpflicher Sonnenenergie entstanden. Wasserstoff wurde aus Wasser und wird wieder zu Wasser, Wasser aus dem Wasserhaushalt der Erde, Wasser nach Rekombination von Wasserstoff und Sauerstoff in ihn zurück.

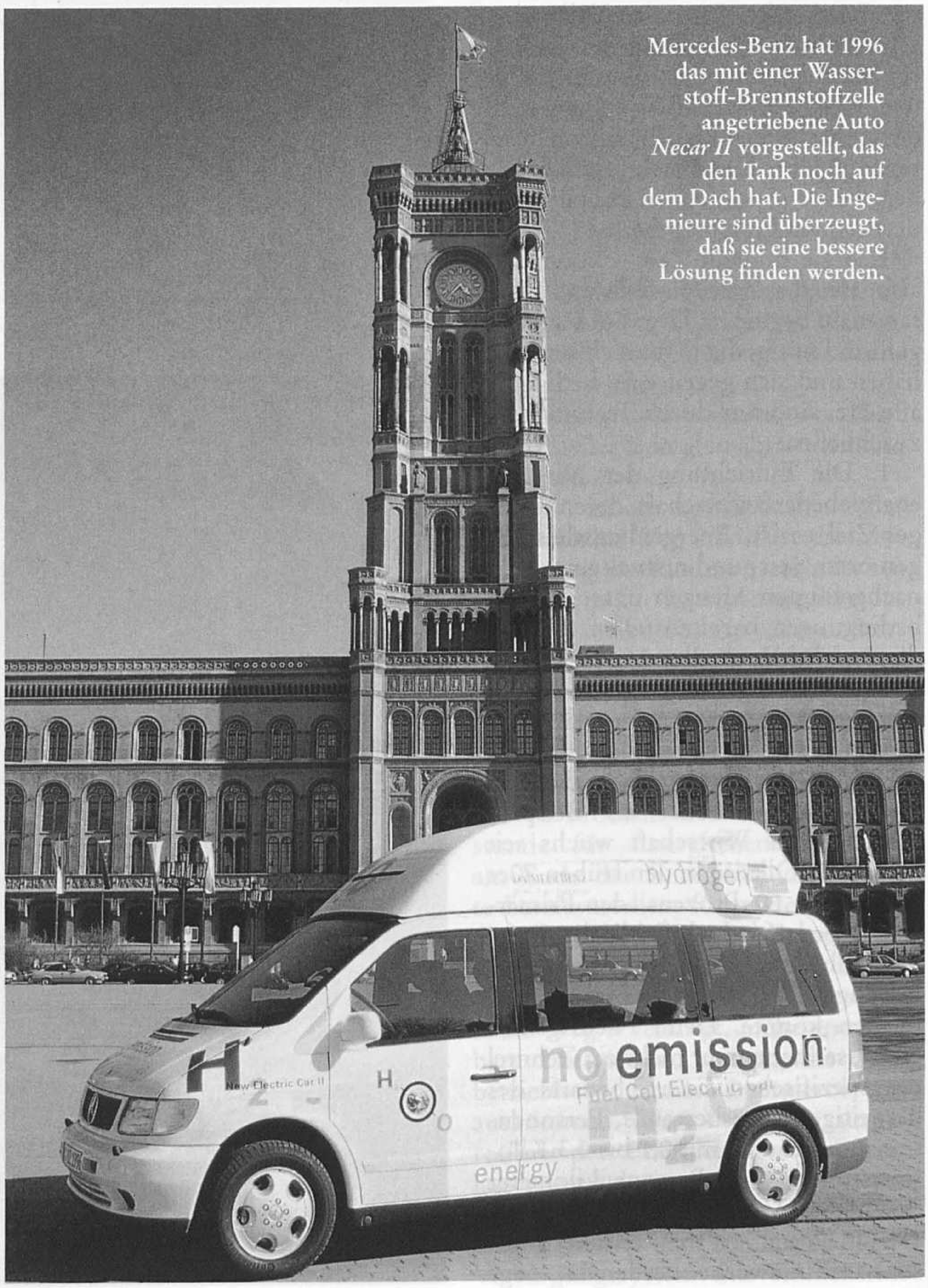
Gemessen an den 30 000 bis 40 000 Jahren der Anwesenheit des neuzeitlichen Menschen auf der Erde, wird, im nachhinein betrachtet, die fossile Energieära mit wenigen Jahrhunderten gleichsam nur ein „Wimpernschlag" in der Energiegeschichte des Menschen gewesen sein, ein Interim zwischen Erster und Zweiter Solarer Zivilisation.

Wo liegen die Vorteile, Nachteile? Welche Hürden sind zu nehmen?

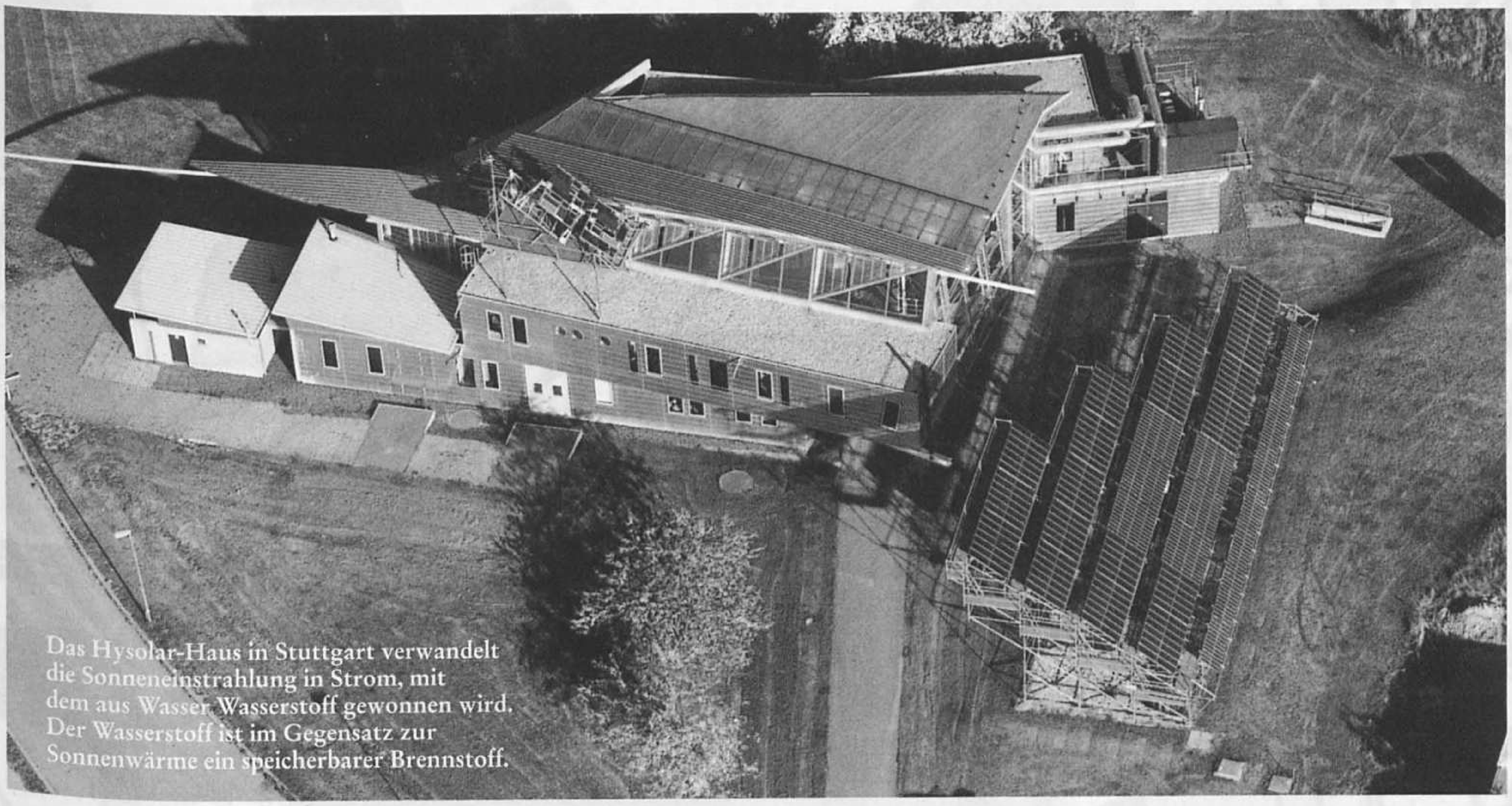
• Energie braucht Zeit, wir sagten es. Die Zweite Solare Zivilisation wird es nicht morgen geben. Überdies, das Gute (Gewohnte, Bewährte) ist der Feind des Besseren. Auch die angestammten Energietechniken werden nicht stehenbleiben. Und dürfen es auch nicht, denn die Niedrigenergiebedarfswirtschaft werden sie mithelfen müssen zu schaffen.

• Ob die Zeit reicht, zur Jahrtausendwende den Energiebedarf von 6 Milliarden Menschen, später den von 8 oder 10 oder gar 12 Milliarden zu decken, mit – aus klimaökologischen Gründen – immer kleiner werdenden Anteilen fossiler Energie und immer größer werdenden Anteilen aus der beginnenden Zweiten Solaren Zivilisation, ist offen; Anzeichen deuten eher auf einen beschleunigten Übergang hin.

• Die Zweite Solare Zivilisation schließt – nach dem fossilen Interim – an die Erste an und geht gleichwohl weit über sie hinaus. Erste und Zwei-



Mercedes-Benz hat 1996 das mit einer Wasserstoff-Brennstoffzelle angetriebene Auto *Necar II* vorgestellt, das den Tank noch auf dem Dach hat. Die Ingenieure sind überzeugt, daß sie eine bessere Lösung finden werden.



Das Hysolar-Haus in Stuttgart verwandelt die Sonneneinstrahlung in Strom, mit dem aus Wasser Wasserstoff gewonnen wird. Der Wasserstoff ist im Gegensatz zur Sonnenwärme ein speicherbarer Brennstoff.

te Solare Zivilisation haben die Nutzung von Unerschöpflichkeit und Erneuerbarkeit der regenerativen Energien gemeinsam. Physiker sprechen – an Sonnenenergie erläutert – von dem unaufhörlichen solaren Negentropiestrom, der jede Energieentwertung (Entropievermehrung) sogleich wieder kompensiert; das kennt fossile Energie nicht. Weit über die Erste hinaus geht die Zweite Solare Zivilisation mit ihrem technischen Wissen über die solarthermische, solarelektrische und solarchemische Energiewandlung. Photovoltaik und Wärmepumpe kennt die Natur nicht, sie sind des Menschen Werk. Solarchemische Energiewandlung in der Photosynthese hat die Natur dem Menschen voraus, hier muß er noch lernen. Die Anpassung der Energienachfrage des Menschen an das Energieangebot der Sonne, etwa durch Speicherung, ist noch nicht letztlich verstanden.

• Zum kardinalen Prüfstein wird die Finanzierung werden. Es läßt sich leicht überschlagen, daß auch nur die Beibehaltung der derzeitigen Zwei-Kilowatt-Gesellschaft in der Welt (zwei Kilowattjahre pro Kopf und Jahr = 2 kWa/cap·a = 2 kW/cap) bei dem genannten Bevölkerungswachstum und bekannten spezifischen Investitionen für die der Zweiten Solaren Zivilisation eigenen Energiewandler jeder Erdenbürger jährliche Investitionen von 200 bis 400 US-Dollar aufbringen müßte, Jahr für Jahr. Das könnte allenfalls der Bürger eines Industrielandes, für den eines Entwicklungslandes ist das schiere Illusion.

Im Ergebnis wird sich die Zweite Solare Zivilisation von der ihr vorangegangenen fossilen Energieära in Wesensmerkmalen unterscheiden. Die gigantischen Stoffströme der fossilen Energierohstoffe von weltweit derzeit 13 Milliarden Tonnen Kohlenäquivalent und des aus ihnen hervorgehenden Kohlendioxids von 23 Milliarden Tonnen werden abnehmen. Energiedienstleistungen – warme und kühle Räume, helle Arbeitsplätze und nächtliche Straßen, Kraftunterstützung in Produktion und Transport, Telekommunikation – zu erbringen, ist das alleinige Ziel aller Energiewirtschaft. Das technische Wissen um Energiewandlung wird entscheidend werden. Eine technische Entwicklung sondergleichen steht bevor.

Energie nicht nachfragen zu müssen, tritt vor die Aufgabe, nachgefragte Energie bereitzustellen. Die Restnachfrage wird durch erneuerbare Energien gedeckt. Sie kommen in der einen oder anderen Form überall (ubiquitär) auf der Erde vor. Energienachfrage gleich vor Ort zu decken, wird dann auch dort möglich, wo es keine Energierohstoffvorkommen gibt; der risikovolle Transport von Tonnagen schrumpft.

Das Ende der Energiewandlungskette wird wichtiger werden als ihr Anfang: Ende gut, alles gut. □

HINWEISE ZUM WEITERLESEN

Enquête-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages: Mehr Zukunft für die Erde. Nachhaltige Energiepolitik für dauerhaften Klimaschutz. Bonn 1995.

J. Nitsch, J. Luther: Energieversorgung der Zukunft. Berlin 1990.

C.-J. Winter, J. Nitsch (Hrsg.): Wasserstoff als Energieträger. Berlin ²1988.

C.-J. Winter: Die Energie der Zukunft heißt Sonnenenergie. München 1993.

DER AUTOR

Carl-Jochen Winter, geboren 1934, Dr.-Ing., Maschinenbaustudium und Promotion in Darmstadt, 1975-91 Vorstandsmitglied der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt in Stuttgart, 1988-92 des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung; seit 1983 Professor an der Universität Stuttgart, in den Jahren 1991-94 Fachbeirat in der Klima-Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages; zahlreiche populärwissenschaftliche und Fachveröffentlichungen.

Foto: Deutsche Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt

FEUER UND FORTSCHRITT

Vom Erz zum Metall – vom Metall zum Artefakt oder: Das neue Forschungsgebiet Archäometallurgie

Von Hans-Gerd Bachmann

Für die Griechen der Antike war Prometheus der Titan, welcher ihnen das Feuer auf die Erde brachte. Zeus war damit nicht einverstanden; er wollte es ihnen vorenthalten. Ohne Feuer jedoch keine Entwicklung von Verfahren und Prozessen, für die wir zusammenfassend heute den Begriff „Pyrotechnologie" einsetzen. Was die Menschen der Vor- und Frühzeit mit dem Feuer – über die reine Lebens- und Überlebensstrategie hinaus – alles anzufangen wußten, belegen archäologische Funde.

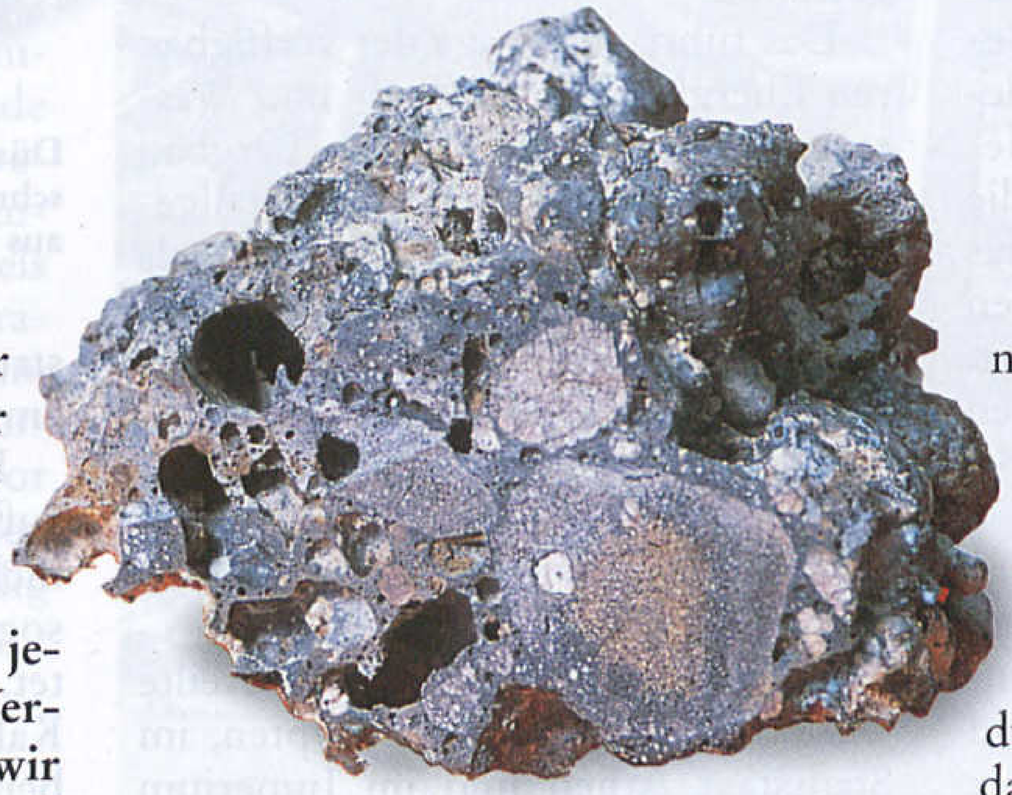
Noch vor dem Schmelzen von Metallen wurden Tone zu Keramik gebrannt. Aber schon das akeramische Neolithikum (etwa 12 000 Jahre vor Christus) wußte das Feuer für das Kalkbrennen zu nutzen. Mit gebranntem Kalk und Sand wurden Mörtel gemischt. Als kunstfertig bemalter Estrich in Häusern und Burgen beweisen sie mehr als nur die Seßhaftigkeit jener Menschen der Frühkulturen. Für die auf die Steinzeit folgenden Metallzeitalter war Feuer die *conditio sine qua non*.

Jedoch nicht nur Feuer schlechthin, sondern das Erzielen hinreichend großer Hitze und die Kontrolle von Luftüber- und -unterschuß in geeigneten Herden und Öfen waren zwingende Voraussetzungen für das Durchführen metallurgischer Prozesse.

Aber selbst bei perfekter Feuerbeherrschung ist der Weg zum Metall lang und mühsam. Natürlich vorkommende oder, wie der Mineraloge sagt: „gediegene" Metalle – zum Beispiel Gold, Kupfer und (sehr selten) Meteoreisen – konnten zwar kalt bearbeitet werden, aber Schmelzen, Schmieden, Tempern, Gießen erschlossen erst die Eigenschaften der neuen, den Steinen so überlegenen Wert- und Werkstoffe. Solche natürlich vorkommenden Metalle können nach vorherrschender Meinung der Archäologen sehr wohl am Anfang der Metallnutzung gestanden haben. Zunächst nur solche als „schwere Steine" angesehenen Metallbrocken, haben vermutlich erst durch ihr Verhalten im Feuer ihre spezifischen Eigenschaften als besondere „Steine" preisgegeben.

Wir Nachgeborenen der Jetztzeit sind den Denkweisen und Vorstellungen jener Menschen der Vorzeit entfremdet. Unser Bemühen, auf einer Art Zeitmaschine die Jahrtausende zu überspringen, um dabei sein zu können und an den Heureka-Erlebnissen unserer fernen Vorfahren teilzuhaben, ist uns leider verwehrt. Alle Vorstellungen und Annahmen über die Anfänge der Metallverwendung und -bearbeitung bleiben somit Hypothesen, bis sie durch eindeutige Funde belegt und datiert werden können.

Metalle sind auf der Erdoberfläche in der Regel jedoch in ihren vielfältigen chemischen Verbindungen „verborgen". Sind diese Elementkombinationen so beschaffen, daß die Metalle durch pyrotechnische Verfahren daraus gewonnen werden können, so handelt es sich um Erze. Landläufig verbindet man mit dem Wort Erz solche Minerale und Mineralgemenge, die untertage in Bergwerken gefunden und abgebaut werden. Ihr unterschiedliches, oft metallähnliches Aussehen hat zu der auf bergmännischer Erfahrung beruhenden Einteilung in Glanze, Kiese und Blenden geführt (zum Beispiel Bleiglanz, Kupferkies und Zinkblende).



Verschlackte Schmelzofenfüllung aus Timna, Südisrael, etwa 1. Jahrtausend v. Chr.

ALS METALLE NUR „SCHWERE STEINE" WAREN

Erze treten aber auch an der Erdoberfläche auf, wo sie – oft aufgrund auffallender Färbung – aufgesammelt wurden. Kupfer, das Buntmetall, welches am Anfang der Metallzeitalter stand, gibt sich in den oberflächennahen Zonen seiner Lagerstätten („Ausbisse" in der Bergmannssprache) durch leuchtend blau und grün gefärbte Minerale zu erkennen. Diese sauerstoffhaltigen Kupfererze haben

Fotos: aus: H. Wübbenhorst/G. Engels: 5000 Jahre Gießen von Metall, Gießerei-Verlag, Düsseldorf 1989 (linke Seite); Sammlung Bachmann (r.)

Ägyptische Gießereiwerkstatt mit Topfgebläse und Tiegelschmelzen. Wandmalerei aus der Grabkammer des Rechmire in Theben, 18. Dynastie, 1471-1449 v. Chr.

gewiß schon eine Rolle als Pigmente gespielt, ehe ihr Erzcharakter erkannt wurde. Bei einem der ältesten datierbaren Bergwerke (Rudna Glava in Slowenien aus dem 5. Jahrtausend v. Chr.) ist derzeit noch umstritten, ob ein Abbau von Verhüttungserzen oder nur von „Farberden" erfolgte.

Wo sich Erze von der Erdoberfläche in die Tiefe hinein fortsetzen, beginnt der eigentliche bergmännische Abbau. Weil Metalle zur Werkzeugherstellung zunächst fehlten, benutzten die frühen Bergleute Geweihspitzen, Steinhämmer und anderes mehr. Durch Feuersetzen als Methode zum Brüchigmachen des die Erze bergenden Gesteins wurde das Vordringen in Schächten und Stollen sowie der Abbau der Erze erleichtert. Den Erzadern folgend, erschlossen sich schon den Bergmännern der Vor- und Frühzeit beträchtliche Tiefen.

Jede Lagerstätte hat ihre Eigenheiten. Manche abbauwürdigen Vorkommen erlaubten nur eine geringe Teufe, ehe Wassereinbrüche und mangelnde Belüftung Halt geboten. Diese beiden Hauptbegrenzungsfaktoren für den frühen Bergbau galten bis in die Römerzeit. Damals wurden erstmals in spanischen und englischen Gruben von Menschen angetriebene Wasserräder und Hebeschnecken (nach dem Prinzip der Archimedischen Schraube) und vielleicht auch erste Pumpen zur Grubenwässer-Beseitigung angewandt.

Düsenfragment aus einem Kupferschmelzofen aus Bir Nasb, Zentral-Sinai, aus dem 1. Jahrtausend v. Chr.

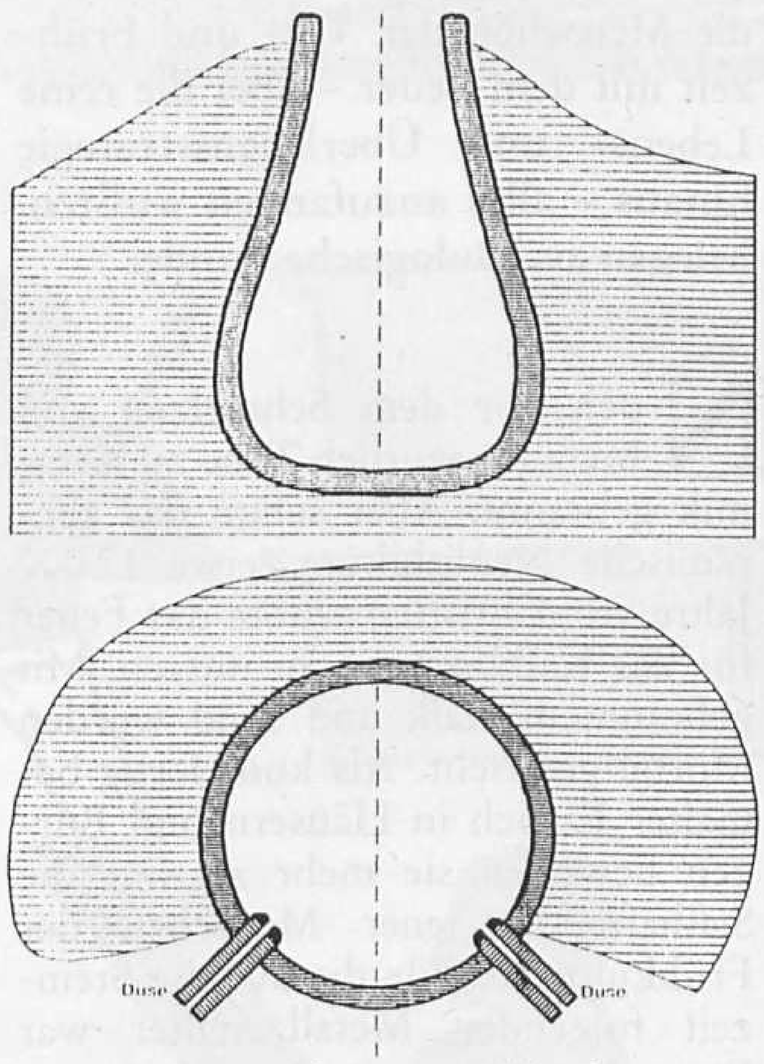
Das führt zur Frage der verfügbaren Energiequellen. Wind- und Wasserkraft spielen im frühen Bergbau und bei den Anfängen der Metallgewinnung kaum eine Rolle. Damals wirkten ausschließlich die Muskelkräfte von Menschen und Tieren. Der Mensch als „Betriebsmittel" und organischer Motor: ein inhumanes Kapitel früher Technikgeschichte – und einer uns nur zu bewußten, nicht lange zurückliegenden Parallele!

Sklaven, Gefangene, Verurteilte waren im dynastischen Ägypten, im Stadtstaat Athen und im Imperium Romanum Energieressourcen, die rigoros ausgebeutet wurden, da sie nach Bedarf erneuert werden konnten. Zugegeben, der Einsatz der Zwangsarbeitermassen mußte organisiert und gesteuert werden, um die enorme Wertschöpfung an Erzen und Metallen in jenen Zeiten überhaupt zu erzielen. Will man antiken Schriftstellern Glauben schenken, so haben allein in Spanien während der römischen Kaiserzeit 60 000 Sklaven jährlich bis zu 1,5 Tonnen Gold gewonnen. Neben den un- und angelernten Minenarbeitern gab es erfahrene Aufseher und Vorarbeiter, die oft aus dem Sklavenstand stammten. Ein sozialer Aufstieg war durchaus möglich.

Dokumente aus dem 4. Jahrhundert nach Christus belegen, daß neben den Münzprägern und Waffenschmieden auch die Bergleute zu den sogenannten Erbberufen gehörten. Ein solcher durfte nie gewechselt werden; selbst die Kinder dieser Ausgewählten mußten ihn erlernen und ausüben. Wir kennen aus den großen Bergbaurevieren Spaniens und vom Balkan hierarchische Verwaltungsstrukturen, die heutigen Oberbergämtern in nichts nachstehen.

Naßaufbereitungsanlage für silberhaltige Bleierze bei Laurion, Griechenland, etwa 5. Jahrhundert v. Chr.

Erze sind in ihren Vorkommen außer von Gesteinen auch häufig von nichtmetallischen Verbindungen, den sogenannten Gangmineralen, begleitet. Dazu zählen zum Beispiel Quarz, Kalkspat und Schwerspat. Schon beim Abbau der Erze unter- und übertage war man bemüht, möglichst



Rekonstruktionsvorschlag für einen Schmelzofentyp in Timna, Südisrael, etwa 1. Jahrtausend v. Chr.

wenig „taubes" Gangmittel zusammen mit den Erzen zu fördern. Um unerwünschte, die Verhüttung störende Begleiter zu entfernen, bedurfte es der Anreicherung durch verschiedene Aufbereitungsverfahren. Vom Handscheiden bis zum Pochen

Abbildungen: G. Weisgerber (1.); Sammlung Bachmann (r.o., r.u.)

und Mahlen mit anschließender Trennung spezifisch leichter Begleiter durch Schlämmen und Waschen bis zur Windsichtung (Worfeln wie beim Getreide) reichten die Verfahren, die vorwiegend die Schwerkraft zur Trennung ausnutzten. Alle diese Schritte dienten letztlich dazu, auf dem Weg vom Erz zum Metall die Wertstoffe um eine weitere Stufe anzureichern.

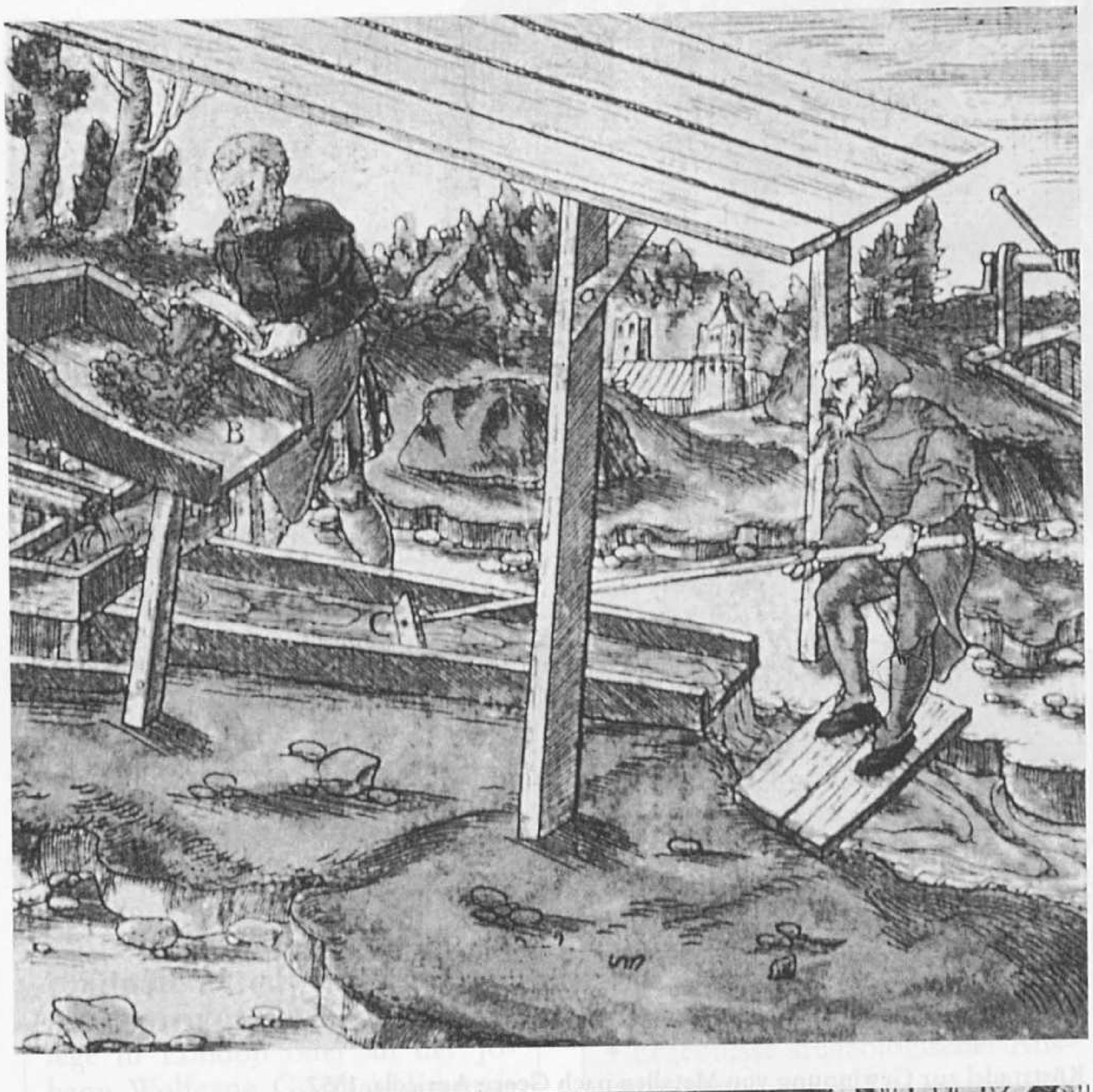
Neben diesen mechanischen Konzentrationschritten konnte die Vorbereitung zur eigentlichen Verhüttung auch eine die chemische Zusammensetzung der Erze verändernde Röstung sein. Besonders bei schwefelhaltigen Erzen ist das „Abbrennen" eines Teils des Sulfidschwefels mehr als eine weitere Aufkonzentration des Metallgehalts, denn der beim Schmelzen – namentlich von Kupfererzen – störende Schwefel mußte vor der Chargierung der Erze in den Schmelzofen teilweise oder völlig entfernt werden.

DURCH SCHMELZEN ZUM METALL

Alle bisher genannten Vorbereitungen dienten dem entscheidenden Verfahrensschritt des reduzierenden Schmelzens in Herd, Schmelzgrube, Schachtofen oder Tiegel. Dieser Schritt führte entweder direkt zum Metall oder aber – wie bei manchen Kupfererzen – zu einem, heute von den Hüttenleuten als „Stein" bezeichneten, metallreichen, aber noch schwefelhaltigen Zwischenprodukt.

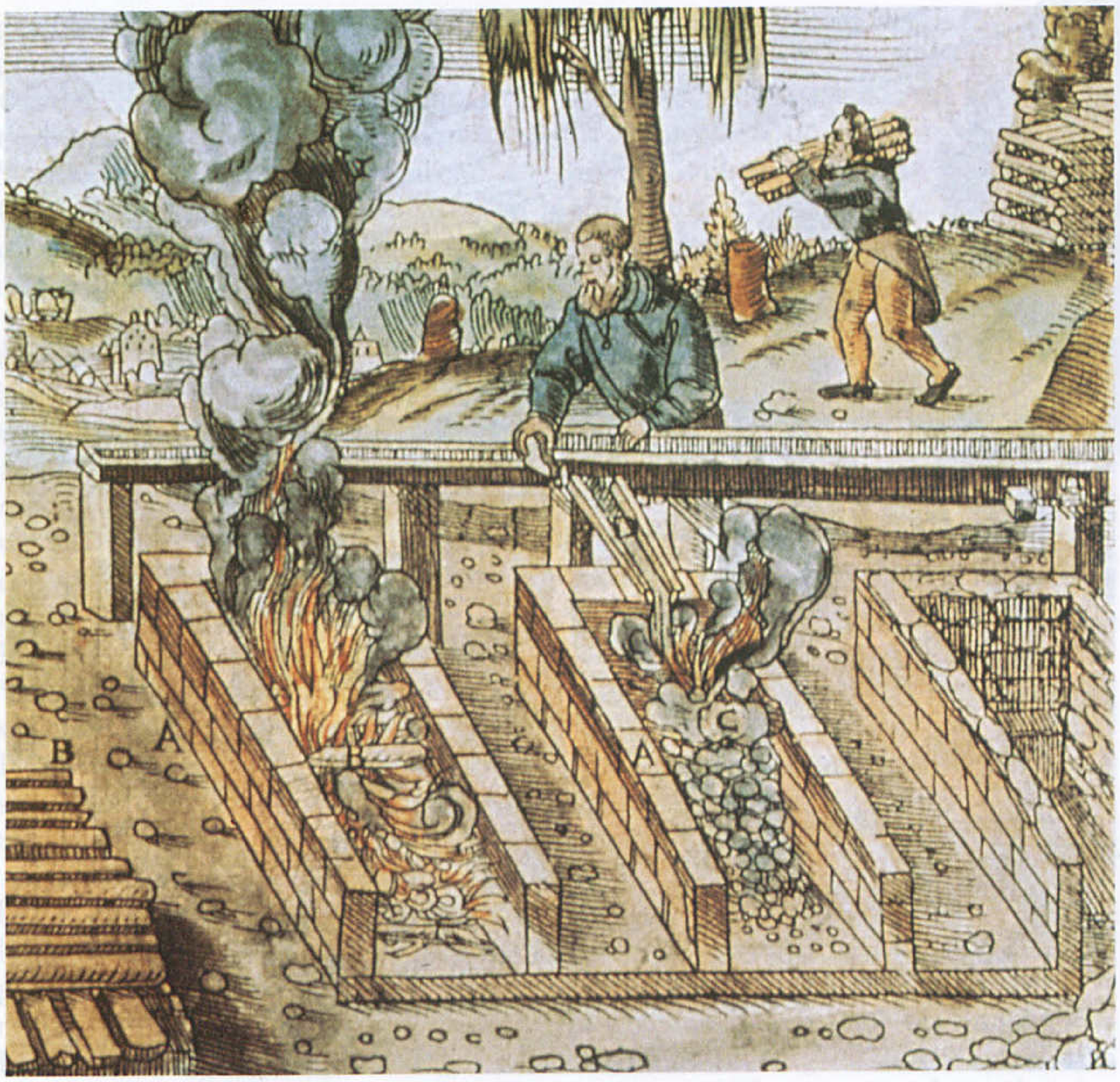
Die Bildung und Zersetzung chemischer Verbindungen – wozu auch die Erze gehören – werden von den Gesetzen der Kinetik und Thermodynamik regiert. Sie haben in der Vor- und Frühzeit die metallurgischen Prozesse in exakt der gleichen Weise wie heute bestimmt. Für das Verständnis der frühen Metallurgie sind jedoch Axiome zu berücksichtigen, welche in dieser Konsequenz heutzutage nicht gelten.

1. Als Brennstoff und Reduktionsmittel kannten unsere Vorfahren ausschließlich die Holzkohle. Andere



Gerinne oder Setzrinne zur Gewinnung von Schwermineralen (etwa Zinnstein) oder Gold aus Schottern und Sanden, sogenannten Seifen (oben); Erzmühle nach Georg Agricolas grundlegendem Werk *De re metallica*, 1557.

Abbildungen aus: Georg Agricola: De re metallica. 8. Buch, 1557/Bergakademie Freiberg



Röststadel zur Gewinnung von Metallen nach Georg Agricola, 1557.

Brennstoffe (Holz, Stroh, Reisig, Torf) hatten – wegen des geringen Heizwertes – nur beschränkte Bedeutung.

2. Für die metallurgischen Herde und Öfen standen nur lokal vorkommende Materialien (Steine, Lehm, Ton) zur Verfügung, die keine besonders hohe Brennstabilität besaßen. Durch geschickte Auswahl von Zusätzen, sogenannten Magerungsmitteln) ließen sich immerhin Ofenauskleidungen und Düsenrohre zum Lufteinblasen herstellen, die Temperaturen bis rund 1200 Grad Celsius aushalten konnten. Damit war ein weiterer wichtiger Grenzwert für frühe Metallgewinnungstechniken gesetzt.

3. Die Beschränkung auf die vergleichsweise geringe Energieleistung menschlicher Blasebalgtreter oder Düsenrohrbläser ließ – unter Einbezug der vorab genannten Begrenzungsfaktoren – nur die Reduktion solcher Metalle aus Erzen zu, die nicht mit zu hoher Bindungsenergie an ihre Begleitelemente (Sauerstoff, Schwefel und andere) gekoppelt sind.

Welche Metalle ließen sich von den Berg- und Hüttenleuten in der Vor- und Frühzeit und in der Antike nach einer von ihnen zwar oft perfekt beherrschten, aber hinsichtlich der Weiterentwicklung durch die genannten Axiome gehemmten Techniken gewinnen? Außer den Edelmetallen Gold und Silber zählen dazu Kupfer, Blei, Zinn, Schmiedeeisen (selten Gußeisen) und (seit der Römerzeit) Quecksilber. Andere Metalle und Halbmetalle, wie Arsen, Antimon, Zink und Nickel spielten eine wichtige Rolle als Legierungselemente, aber sie konnten oder wurden nicht als Metalle aus ihren Erzen isoliert wie die vorab genannten Elemente (einzelne Ausnahmen bestätigen die Regel).

Viele Erze sind, wie der Geologe sagt, „polymetallisch", das heißt, sie enthalten mehr als ein Metall als Hauptbestandteil: Viele Kupfererze zeichnen sich zum Beispiel durch Arsen- und Antimongehalte aus. Die meisten Bleierze sind zugleich Silbererze. Das Meteoreisen enthält durchweg Nickel als Begleiter.

Beim Verhütten solcher polymetallischen Erze konnte es deshalb nicht ausbleiben, daß als Enderzeugnis häufig nicht reine Metalle, sondern natürliche Legierungen entstanden. Die ersten Arsen- und vermutlich auch Zinnbronzen werden Zufallsprodukte gewesen sein, die sich beim Schmelzen solcher „Mischerze" bilden.

Wann und wo erkannt wurde, daß bestimmte „Zusätze", dem schmelzflüssigen Metall hinzugefügt, dessen Eigenschaften nach dem Erstarren veränderten, es härter machten, seine Schmiedbarkeit erhöhten oder sein Gießverhalten günstig beeinflußten, wird noch lange (oder immer?) Vermutung bleiben. Wir können ohne feststellbare Entwicklungs-Vorstufen registrieren, daß zur Römerzeit die Herstellung einer neuen Legierung, die wir heute Messing nennen, vielerorts beherrscht wurde. Diese neue, goldähnliche Legierung wurde aus Kupfer und einem während des Schmelzens eingebrachten Mineral Galmei (= natürlich vorkommendes Zinkkarbonat) hergestellt.

Nirgends ist dokumentiert, welche einfallsreichen Handwerker zuerst die wegweisenden Beobachtungen und die daraus zu ziehenden Folgerungen machten. Die patentwürdige Erfindung blieb nicht geheim. Sie wurde weitergegeben, aber wie? Die frühe Metallurgie basiert auf zahllosen vergleichbaren Erfindungen, Beobachtungen und Entdeckungen, die nachzuvollziehen von uns mehr als kriminalistischen Spürsinn erfordert.

ARCHÄOMETALLURGIE ALS NEUES FORSCHUNGSGEBIET

Wenn heute die Anfänge der Metallgewinnung in das 6. vorchristliche Jahrtausend gelegt werden, so beruht diese Annahme auf datierbaren Artefakten und Grabungsbefunden. Seit sich die Archäologie mit den modernen Methoden der relativen und absoluten Datierung zunehmend auch solcher Vergangenheitsrelikte annimmt, gewinnen Aussagen und Annahmen zu materiellen – speziell metallischen – Ressourcen der Hochkulturen in der Alten und Neuen Welt mehr und mehr an Aussagekraft. Manche Hypothesen können aber nur deshalb formuliert werden, weil sich die archäologischen Aktivitäten bisher auf bestimmte Regionen konzentriert haben, wie zum Beispiel das

Zweistromland, Kleinasien und so weiter. Wenn mit gleicher Intensität andere Gebiete, wie zum Beispiel Afghanistan, Iran, die Kaukasus-Länder, zum Gegenstand intensiver Bearbeitung gemacht werden könnten, wäre es nicht ausgeschlossen, daß sich unser Bild über die Anfänge der Metallurgie erweitern oder vielleicht sogar deutlich ändern würde, denn die genannten Gebiete sind allesamt interessante Lagerstättenprovinzen und zugleich alte Kulturlandschaften.

Auch der Informationsgehalt schriftlicher Vergangenheitszeugnisse wird neu zu erschließen sein. Aus dem 3. Jahrtausend v. Chr. kennen wir inzwischen Tausende von Keilschrifttexten aus den mediterranen Stadtstaaten Ebla, Mari und anderen, in denen Metalle erwähnt werden. Von Handelsbilanzen über Legierungsrezepturen bis zu Depotverzeichnissen spannt sich der inhaltliche Bogen dieser Texte. Unsere bisherigen Vorstellungen müssen vermutlich völlig revidiert werden, wenn erst alle Texte übersetzt und interpretiert sein werden.

Weil die Erforschung der frühen Metallgewinnung und -verarbeitung in nahezu idealer Weise nach einer Symbiose zwischen Geistes- und Naturwissenschaftlern verlangt, hat die *Volkswagen-Stiftung* die Archäometallurgie zu einem ihrer Förderungsschwerpunkte gemacht. Sie fügt sich harmonisch in das Gerüst der ganz unterschiedliche Sparten umfassenden, interdisziplinären Altertumskunde-Forschung ein. □

Homogene Fließschlacke der Kupfererz-Verhüttung in Timna, Südisrael, im ersten Jahrtausend v. Chr. Die geringen Kupferrestgehalte in diesem Schlackentyp entsprechen modernen Verhüttungsschlacken. Die Archäometallurgie versucht, das damalige Know-how zu erforschen.

DER AUTOR

Hans-Gerd Bachmann, geboren 1928, studierte Mineralogie, Geologie und Chemie. In den Jahren 1963-88 war er in der Industrie-Forschung tätig, seit 1982 lehrte er als Professor an verschiedenen Universitäten des In- und Auslandes, so etwa am University College in London oder an der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt. – Dem hier für *Kultur & Technik* überarbeiteten Beitrag liegt ein Vortrag zugrunde, den der Autor auf der Jahresversammlung der *Georg-Agricola-Gesellschaft* 1996 gehalten hat.

Kupferverhüttungszentrum von Hirbet en Nahas in Südjordanien, etwa 7. Jahrhundert vor Christus.

Abbildungen: Sammlung Bachmann

ARCHÄOMETALLURGIE

Das interdisziplinäres Forschungsgebiet Archäometallurgie hat verschiedene Komponenten.

Archäologische und kulturhistorische Komponenten

- Funde und Beobachtungen aus Geländebegehungen (*Surveys*)
- Ergebnisse archäologischer Ausgrabungen
- Artefakt-Beschreibungen und genaue Artefakt-Klassifikationen
- Stratigraphische Chronologie von Bergwerken, Hüttenplätzen und Metallverarbeitungs-Werkstätten
- Interpretation schriftlicher Überlieferungen: von Inschriften über Keilschrifttexte bis zu Plinius' *Naturalis Historia*

Naturwissenschaftliche und technikgeschichtliche Komponenten

- Lagerstättenkunde, hier vor allem Geologie, Geochemie, Mineralogie
- Bergbautechnik, Aufbereitung
- Analytik von Erzen, Schlacken, Metallen, Artefakten und so weiter
- physikalische Datierung archäometallurgischer Fundplätze (14-C-Datierung, Thermolumineszenz und so weiter)
- Untersuchungen zur Herkunft von Erzen und Metallen sowie der daraus hergestellten Artefakte (Blei-Isotopen-Analytik)
- metallurgische Verfahrenstechnik (Rekonstruktion und experimenteller Nachvollzug)

Erika Cremer um das
Jahr 1944 an ihrem Arbeitsplatz
am Chemischen Institut der
Universität Innsbruck.

„Wir müssen leider eine Frau nehmen, denn sie ist von allen Kandidaten die beste“

Erika Cremer und die Entwicklung der Gaschromatographie

Von Peter Wöllauer

Obwohl vor etwa 50 Jahren entwickelt, ist die Gaschromatographie als Analysenmethode außerhalb von Fachkreisen weitgehend unbekannt geblieben. Gleichwohl spielt sie in der Praxis eine wichtige Rolle, und sie hat manchen Bereichen der Chemie, die sehr tief ins alltägliche Leben eingreifen – so etwa die Aromachemie oder die Luftschadstoffanalyse – wesentliche Impulse gegeben.

Die Erfinderin und Vordenkerin der Adsorptionsgaschromatographie, Erika Cremer, ist ein Beispiel dafür, wie sich Frauen in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts und darüber hinaus ihre Stellung im männlich dominierten Wissenschaftsbetrieb erkämpfen mußten: Aufgrund des vorhandenen Vermögens zeigten sich sogar viele Verwandte gegenüber Erikas Selbständigkeitsbestrebungen recht verständnislos.

Der Münchner Physiologieprofessor Max Cremer hatte seine Tochter Erika schon vor ihrer Geburt als Beweis für die intellektuelle Ebenbürtigkeit der Frauen vorgesehen. Genau in ihrem Geburtsjahr 1900 war das provokante Buch *Über den natürlichen Schwachsinn des Weibes* des Neurologen Paul J. Möbius erschienen, welches Max Cremer durch eine erfolgreiche wissenschaftliche Karriere seiner Tochter wirkungsvoll ad absurdum führen wollte. Schon in der Grundschule beschloß Erika, eine Studentin zu werden, weiter wagte sie noch nicht zu denken. Als sie, mittlerweile in Berlin wohnhaft, das Alter für das Gymnasium erreicht hatte, war es ihr aufgrund ihres Geschlechtes versperrt. Es gab allerdings eigene Studienanstalten für Mädchen, die die Ebenbürtigkeit des weiblichen Geschlechtes auf naturwissenschaftlich-technischem Gebiet unter Beweis stellen wollten.

Nach dem Abitur 1920 reihte sich Erika Cremer unter die Studenten der Chemie und Physik ein und erfuhr die gleiche Behandlung wie ihre männlichen Kollegen – unter den älteren Professoren allerdings gab es einige, besonders Korpsbrüder, die aus Angst und Unsicherheit völlig gegen das Frauenstudium waren. Erst als sie nach ihrer Promotion 1927 Geld verdienen wollte, wurde ihr Geschlecht wieder zu einer jahrelang nicht überwindbaren Barriere. Mit dem Argument: „Sie haben ja Ihren Vater“, wurden ihr immer wieder männliche Kollegen vorgezogen, und nur gelegentlich hatte sie kurzfristig mehr oder weniger wissenschaftliche Jobs. Nur weil sie bereit war, auch ohne Bezahlung zu arbeiten, konnte sie überhaupt wissenschaftlich tätig sein und sich durch viele Veröffentlichungen einen gewissen Ruf erwerben.

Johannes Stark, ein Vertreter der judenfeindlichen „Deutschen Physik“ und seit 1933 Leiter des Kaiser-Wilhelm-Institutes für Physik, durfte nicht wissen, daß unter den Assistenten seines Institutes auch eine Frau war. Er hätte sie sofort hinausgeworfen. Bei den von oben verordneten und politisch motivierten Versammlungen des gesamten Institutspersonals mußte sie sich zur Tarnung zu den Sekretärinnen gesellen. Noch bei ihrer Habilitierung 1938 bemerkte der Dekan: „Den Dr. habil. geben wir Ihnen, aber Professor werden Sie nie.“ Es sollte anders kommen, doch spielten dabei die Kriegsereignisse mit dem Anschluß Österreichs und dem immer drückender werdenden Mangel an Männern eine bedeutende Rolle.

1940 sollte die physikalische Chemie auch in Österreich, das dem Deutschen Reich angegliedert worden war, installiert werden. Erika Cremer war bereit, als Dozentin an die relativ unbedeutende Universität Innsbruck zu gehen. Nach der herablassenden Art vieler Kollegen in Berlin, die sie aufgrund ihres weiblichen Geschlechtes trotz aller gegenteiligen Beweise für wissenschaftlich nicht ebenbürtig betrachteten, veranlaßte sie der herzliche und kollegiale Empfang in Innsbruck zu dem Ausspruch: „Ich merke, daß ich im Land Maria Theresias bin, denn hier werden die Frauen viel besser behandelt als in Berlin.“

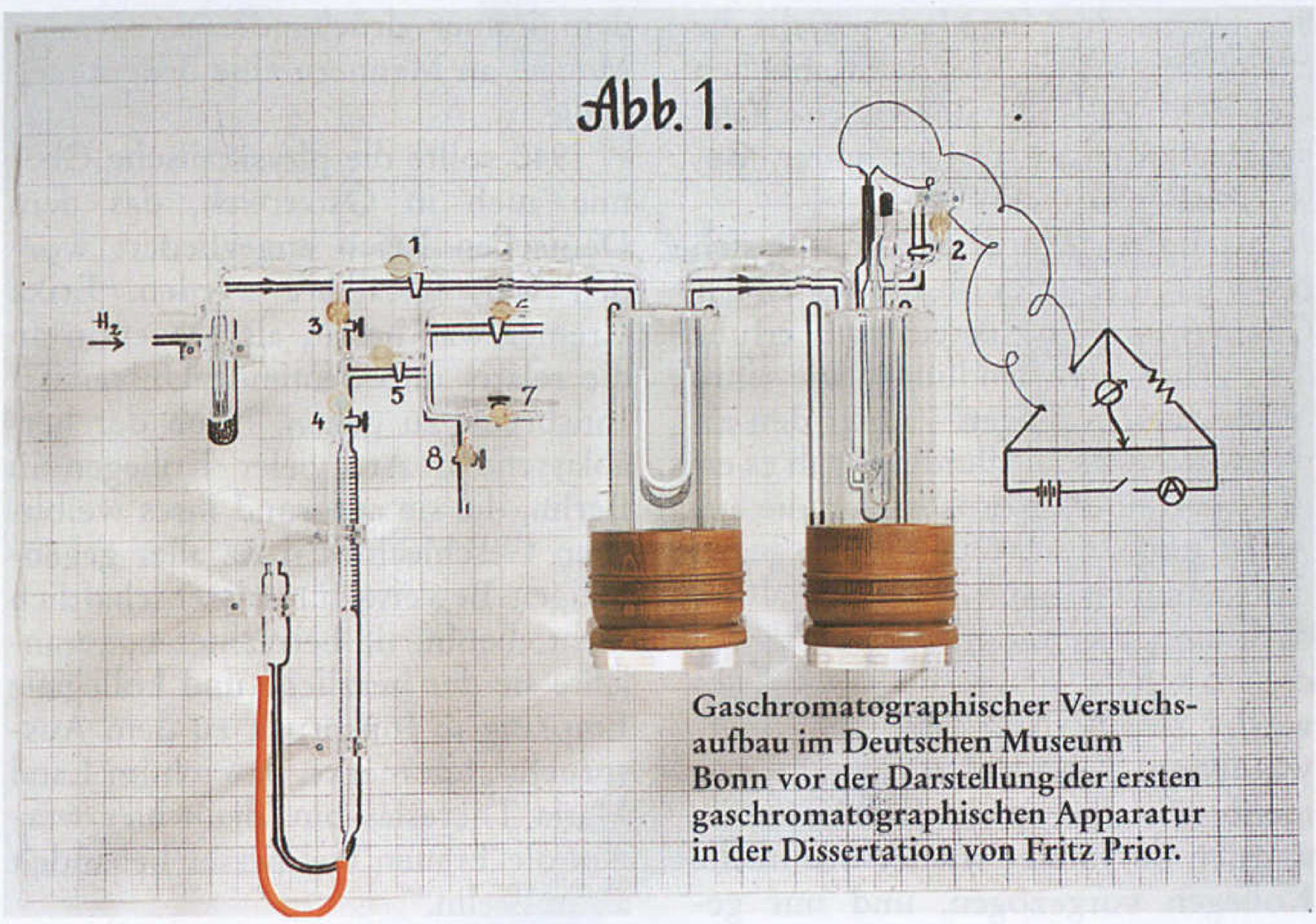
Doch auch in Innsbruck hatte die fähige Wissenschaftlerin gegen Vorurteile zu kämpfen. Ihre nicht leicht nachzuvollziehenden Gedanken veranlaßten einen Kollegen zu dem Spruch: „Frauen übertreiben immer. Sie beschönigen.“ Zu ihrer Berufung als Extraordinarius im Jahr 1949 hieß es: „Wir müssen nun leider eine Frau nehmen, denn sie ist von allen Kandidaten die beste.“ 1959 wurde sie schließlich Ordinarius für physikalische Chemie, was bei einem Mann an ihrer Stelle vermutlich schon zehn Jahre früher geschehen wäre.

Noch jahrelang konnte sich das Professorenkollegium nicht durchringen, eine Frau zum Dekan zu wählen. Erst 1970 trug man Erika Cremer dieses ehrenvolle, aber auch mühsame Amt an, das sie in so hohem Alter jedoch nicht mehr ausüben wollte, um so mehr, als nahezu die Hälfte des Professorenkollegiums dagegen gestimmt hatte.

Foto: Deutsches Museum

Durch ihren Kampf im Wissenschaftsbetrieb war sie so sehr in all ihrer Energie gebunden, daß sie keine Familie gründete. Mag sein, daß auch an einem Ausspruch ihres Vaters während des Ersten Weltkrieges im Jahr 1916 etwas Wahres war: „Du mußt studieren, denn heiraten kannst du nicht. Alle Männer, die in Frage kämen, werden jetzt nämlich totgeschossen."

Erika Cremers wissenschaftliche Leistung ist die Erfindung und Entwicklung der Gaschromatographie.



Gaschromatographischer Versuchsaufbau im Deutschen Museum Bonn vor der Darstellung der ersten gaschromatographischen Apparatur in der Dissertation von Fritz Prior.

In ihr wird eine kleine Menge eines Gas- oder Dampfgemisches mit Hilfe eines Trägergases, meist Wasserstoff durch ein langes Glasrohr getrieben. Dieses aus Gründen der Raumersparnis gewundene Glasrohr wird als Chromatographiesäule bezeichnet. Prinzipiell gibt es zwei gaschromatographische Verfahren: Die Verteilungsgaschromatographie, die sich die unterschiedliche Löslichkeit von Gasen und Dämpfen in einer schwerflüchtigen Flüssigkeit zu ihrer Trennung zunutze macht, und die Adsorptionsgaschromatographie, bei der die Trennung von Gasen und Dämpfen aufgrund ihrer unterschiedlichen Adsorption an einer festen Oberfläche erfolgt.

Die Entwicklung der Adsorptionsgaschromatographie ging von Fragestellungen der Heterogenkatalyse aus, also von der Untersuchung katalytischer Eigenschaften von Oberflächen. Dabei entstand sowohl der Wunsch, Gemische von Acetylen und Ethylen quantitativ zu trennen und zu bestimmen, wie der, die Adsorptionswärme von Gasen an Oberflächen zu messen.

Die Entwicklung der Gaschromatographie spielte sich zu einer Zeit ab, in der die materielle und politische Situation wissenschaftliche Arbeit sehr erschwerten, nämlich von 1944 bis 1947 an der Universität Innsbruck. Hinzu kam, daß in wissenschaftlichen Kreisen zuweilen Vorbehalte gegen revolutionäre Neuerungen in so starkem Maß zu finden sind, daß sie eine Entwicklung jahrelang blockieren können.

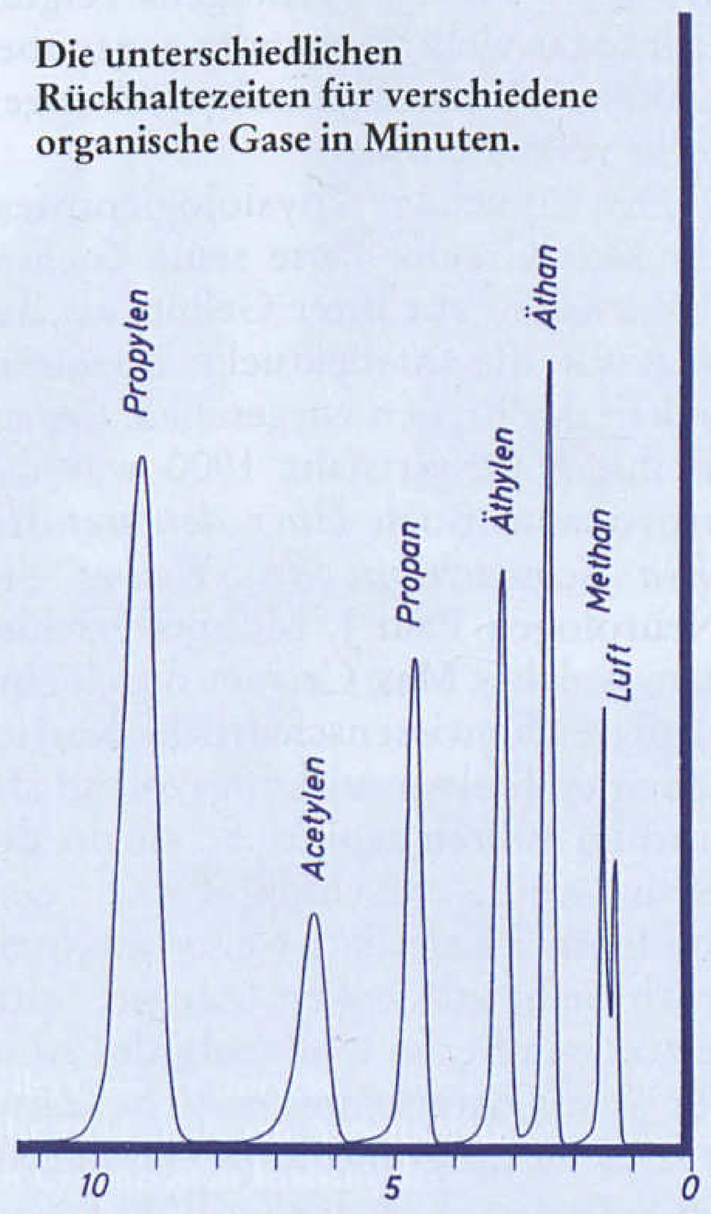
Erika Cremer, Dozentin für physikalische Chemie in Innsbruck, untermauerte in einem Artikel für die Zeitschrift *Naturwissenschaften* im Winter 1944 die theoretische Ansicht, daß eine Messung der Wanderungszeit eines Gases durch ein mit einem Adsorbens gefülltes Glasrohr zur genauen Bestimmung der Adsorptionswärme brauchbar sein mußte. Die Wanderung durch eine solche Säule müßte aufgrund der unterschiedlichen Adsorptionswärme auch zur Trennung von Gasen verwendet werden können. Als Detektor für die Gase dachte Erika Cremer an eine Wärmeleitfähigkeitszelle, die ihr von Arbeiten über Ortho-para-Wasserstoff im Kältelabor des Kaiser-Wilhelm-Institutes in Berlin wohl vertraut war. Den Artikel konnte die Fachwelt nicht mehr zur Kenntnis nehmen, da die betreffende Nummer der *Naturwissenschaften* knapp vor ihrem Erscheinen aufgrund der Kriegsereignisse nicht fertiggestellt und ausgeliefert werden konnte.

Frühere Versuche zur Auftrennung von Gasgemischen an pulverigen Oberflächen waren nicht von Erfolg gekrönt. Mittels Adsorption größere Gasmengen zu trennen, gelang nicht, und so wurde der Gedanke von vielen wieder fallengelassen. Alte Hasen der organischen Chemie, die vor allem mit Farb- und Fällungsreaktionen arbeiteten, hatten zu jener Zeit ein gewisses Vorurteil gegenüber physikalischen Nachweis- und Analysenmethoden, die für sie nicht recht greifbar waren. So behauptete ein Kollege aus der organischen Chemie in Innsbruck: „Nie wird ein Organiker die Wärmeleitfähigkeit als Stoffeigenschaft anerkennen und darauf eine Analysenmethode aufbauen!"

Bis in die 50er Jahre gab es nur sehr zaghafte Anfänge, spektroskopische Methoden in der organischen Chemie einzusetzen, ganz zu schweigen von anderen Verfahren, die mittlerweile jeder chemisch-technischen Assistentin geläufig sind.

Die chemische Analyse wird um so genauer, je mehr Material zur Verfügung steht. Dieser Lehrsatz war

Die unterschiedlichen Rückhaltezeiten für verschiedene organische Gase in Minuten.



Ein moderner Gaschromatograph der Firma Perkin Elmer, die schon früh mit der Produktion der Geräte begann.

Generationen von Chemikern im Studium und in der Praxis eingehämmert worden. Für die Gaschromatographie gilt genau das Gegenteil, und das war für manch einen ebenso schwer zu begreifen wie etwa die Idee von Ionen, die Michael Faraday 100 Jahre früher formulierte und die seinen Fachkollegen zunächst absurd erschien. Zudem stammten solch extravagante Gedanken von einer Frau – der Aberglaube von der intellektuellen Minderwertigkeit der Frau war noch in vielen Köpfen verbreitet.

Erika Cremer war klar, daß eine Miniaturisierung der Apparatur und die Verwendung von kleinen Substanzmengen zu befriedigenden Ergebnissen führen würden. Dies aber konnte nur experimentell geklärt werden, und für experimentelle Arbeiten war die Zeit ungünstig, da das Chemiegebäude der Universität Innsbruck durch Bombentreffer schwer geschädigt war und Geräte und Chemikalien damals kaum zu beschaffen waren. Mit den politischen Veränderungen nach dem Kriegsende 1945 wurden die Bedingungen zunächst noch ungünstiger: Die Entnazifizierung ließ einen großen Teil der Lehrstühle verwaist zurück, so daß die meist ohnedies schon relativ alten Studenten, die von der Front zurückkamen, nur wenige Möglichkeiten hatten, zu studieren und bei ihren Doktorarbeiten betreut zu werden.

Erika Cremer war all die Jahre politisch unauffällig gewesen und konnte daher an der Universität bleiben. Im Dezember 1945 kam Fritz Prior zu ihr, der nach dem langen Krieg endlich sein Chemiestudium mit dem Doktorgrad abschließen wollte. Cremer gab ihm das Thema, eine Methode zur Bestimmung der Adsorptionswärme von Gasen zu erarbeiten.

Der Mangel an Geräten und Chemikalien erschwerte die Arbeit. So war es schon eine schwierige Aufgabe, einen Dreiwegehahn aufzutreiben, und das ganze Institutsgebäude mußte durchstöbert werden, um eine passende, ausschlachtbare Apparatur zu finden. Für die als Detektor benötigte Wärmeleitzelle war Wollastondraht nötig, der nur mehr in geringer Menge vorrätig war und nicht nachgeliefert werden konnte. Die Auswahl der untersuchten Gase war weitgehend durch das bestimmt, was greifbar war, so daß sich die Arbeiten auf Acetylen, Ethylen, Vinylchlorid und Kohlendioxid beschränken mußten. Neben seiner Dissertation mußte Fritz Prior an einem Gymnasium in Schwaz, etwa 30 Kilometer von der Universität entfernt, als Lehrer seinen Lebensunterhalt verdienen.

Unter diesen Umständen gingen die Arbeiten nur sehr schleppend voran. Doch im Mai 1947 lag das Ergebnis der Arbeiten schließlich vor: Die Methode eignete sich sehr gut zur Bestimmung der Adsorptionswärme, und die Trennung von Gasen gelang mit nicht erwarteter Genauigkeit. Bei dem Verfahren wurde das zu bestimmende Gas mittels einer Gasbürette in einen Wasserstoffstrom gedrückt, der ein mit Kieselgel gefülltes Rohr durchströmte, bevor er die Wärmeleitfähigkeitszelle passierte. Es war bei dieser Anordnung nicht zu vermeiden, daß etwas Luft mit eingebracht wurde, die sich bei den Meßergebnissen ganz deutlich als kleiner Peak abzeichnete. Nun waren Erika Cremers Überlegungen endgültig bestätigt, wonach die Adsorption von

Abbildungen: Deutsches Museum (ganz l.); Perkin Elmer (l.u./r.)

Erika Cremer und der nordrhein-westfälische Ministerpräsident Johannes Rau (2. v. r.) bei der Eröffnung des Deutschen Museums Bonn im November 1995.

Gasen an Oberflächen eine revolutionäre Methode darstellt, mit welcher der Nachweis von Spuren in Gasen auf noch nie dagewesene, einfache Art und mit bislang unerreichter Empfindlichkeit und Genauigkeit möglich wurde.

Aufgrund ihrer akademischen Erziehung hatte Erika Cremer das Gefühl, daß die Patentierung wissenschaftlicher Erkenntnisse etwas anrüchig sei. Das Deutsche Reichspatentamt in Berlin existierte nicht mehr, das Deutsche Patentamt in München noch nicht, und die Furcht vor den hohen Kosten des Patentverfahrens kam hinzu. So wurde das in späteren Jahren kommerziell sehr erfolgreiche Verfahren nicht patentiert, was für die Beteiligten im nachhinein schmerzlich war.

Das Verfahren wurde im Jahre 1951 in der *Zeitschrift für Elektrochemie* in deutscher Sprache veröffentlicht, und es dauerte einige Jahre, bis die Arbeit die gebührende internationale Aufmerksamkeit erfuhr – schon damals war Englisch die *Lingua franca* des internationalen Wissenschaftsbetriebes.

Schließlich aber entwickelte sich ein regelrechter Boom der Gaschromatographie. Nicht nur Gase und Dämpfe wurden analysiert, sondern es wurden auch teilweise recht komplizierte Verfahren entwickelt, um eine ganze Reihe von Substanzen verdampfbar zu machen. Auf der Seite der Detektoren entwickelte sich ebenfalls eine rege Forschertätigkeit, an der sich Erika Cremer und ihr Team beteiligten, um bestimmte Substanzgruppen am Ausgang des Gaschromatographen spezifisch nachweisen zu können. Der kurioseste Detektor war wohl ein Käfig voll Schmetterlingsmännchen, die den Lockstoff der Weibchen durch aufgeregtes Flattern anzeigten.

Ohne Gaschromatographie hätte sich eine systematische Aromachemie wohl nicht entwickeln können. Aromen, etwa von Früchten, sind aus einer großen Zahl von Komponenten zusammengesetzt, die teilweise nur in sehr geringer Konzentration vorliegen. Als Aroma wahrnehmbar wird ein solches Gemisch nur deshalb, weil es in verdampfter Form in die Nase steigt. Mit Hilfe der Gaschromatographie lassen sich die Einzelkomponenten trennen, und am Ausgang des Gerätes läßt sich mit der Nase das Aroma der Einzelsubstanz erschnüffeln. Dies ist die Grundlage für die Zusammenstellung von künstlichen Aromamischungen, besonders bei der Aromatisierung von Waschmitteln oder Körperpflegemitteln und für die Entwicklung von Parfums.

Im Zusammenhang mit Aromen wurde die sogenannte Head Space Chromatographie entwickelt. Dabei wird die zu untersuchende Probe in einem geschlossenen Gefäß gelagert, nach einiger Zeit aus dem Luftraum über ihr eine Aromaprobe entnommen und mit dem Gaschromatographen getrennt. Wohl die erste derartige Untersuchung geht auf einen sehr mißtrauischen alten Südtiroler Bauern mit feiner Nase zurück. Der Mann hatte zu seinem 80. Geburtstag von der Verwandschaft selbst gekelterten Wein erhalten. Er öffnete die Flasche, roch daran und ging zur Polizei mit dem Vorwurf, seine Verwandten wollten ihn vergiften.

Das *Corpus delicti* landete in den Händen von Professor Cremer, die

mit Hilfe der Gaschromatographie nachweisen sollte, ob sich im Wein etwas Unrechtes finden ließe. Als sie den Wein in den Gaschromatographen einspritzte, erhielt sie eine verwirrende Vielfalt von Signalen, die sich nicht auswerten ließen. Erst als sie Luft aus dem Flaschenhals verwendete, erhielt sie ein klares Signal, das sie als Terpentinersatz in geringster Spur identifizieren konnte. Des Rätsels Lösung: Der Wein war in eine Flasche gefüllt worden, die vorher Terpentinersatz enthalten hatte. Von Mordabsicht konnte keine Rede sein.

Der Aufschwung der Aromachemie, der mit der Gaschromatographie möglich wurde, hält heute noch an. So werden routinemäßig Aromen von Früchten aber auch von zubereiteten Speisen mit dem Gaschromatographen getrennt, und ein professioneller Schnupperer ordnet den verschiedenen Substanzen, die einzeln dem Gaschromatographen entströmen, eine Geruchsempfindung zu. In weiterer Folge werden die getrennten Substanzen identifiziert, so daß sie als Komponenten für künstliche Aromamischungen verwendet werden können. Die heute unüberschaubare Vielfalt an künstlich geschaffenen Geschmacksrichtungen und Düften wäre ohne diese vor 50 Jahren entwickelte Trennmethode nicht möglich gewesen.

Der Fall des Weines in der Terpentinersatzflasche illustriert, wie bei passender Probenaufbereitung auch geringste Spuren in einer Gas- oder Dampfmischung identifiziert und gemessen werden können. So ist begreiflich, daß sich die Gaschromatographie ganz besonders zur Luftschadstoffanalyse eignet, bei der sich allerdings für Routinemessungen eine andere Schnellmethode durchgesetzt hat: das Prüfröhrchen, durch das eine bestimmte Luftmenge gesaugt wird. Eine chemische Reaktion im Inneren führt zu einer verfärbten Zone, deren Größe Aufschluß über die Konzentration des jeweiligen Stoffes in der Luft gibt. Für Gesamtanalysen aber, mit denen ein Profil von Schadstoffen ermittelt werden soll, ist die Gaschromatographie nach wir vor die Methode der Wahl. Im Zigarettenrauch beispielsweise konnten etwa 2500 verschiedene Verbindungen gaschromatographisch aufgetrennt werden.

Die neuen Dimensionen an Genauigkeit und Geschwindigkeit der Trennung führte zu Bemühungen, die Gaschromatographie auch dort einzusetzen, wo sie eigentlich nicht geeignet ist. So wurden schwer verdampfbare Stoffe gaschromatographisch getrennt, indem die chromatographische Säule stark beheizt wurde. Unter solchen Bedingungen neigen allerdings viele Stoffe dazu, sich zu zersetzen. Also wurde nach Vorbehandlungsweisen gesucht, mit denen sich die zu analysierenden Substanzen leichter verdampfen und hitzestabiler machen ließen.

Auf diese Weise gelang es unter anderem, Steroidhormone, zu welchen auch die Sexualhormone gehören, im Gaschromatographen zu trennen. Die unkomplizierte Anwendung aber war damit nicht mehr gegeben. Aus diesem Grund konnte sich die Gaschromatographie in diesem Bereich nicht auf Dauer behaupten und wurde durch besser geeignete Methoden abgelöst.

Natürlich lassen sich die getrennten Stoffe am Ausgang des Gaschromatographen weiteren Analyseverfahren zuführen. So gibt es die Kombination der Gaschromatographie mit der Infrarotspektroskopie oder – besonders erfolgreich und daher besonders häufig – die Kombination mit der Massenspektrometrie.

Zahlreiche apparative Verbesserungen an den Gaschromatographen wurden erst durch Fortschritte im Bereich der Elektronik möglich, die eine weitere Vereinfachung und Beschleunigung der Arbeitsvorgänge erlaubte und die Genauigkeit der Methode erhöhte. Mit leistungsfähigen Thermostaten konnte die Chromatographiesäule sehr exakt auf einer bestimmten Temperatur gehalten und damit Schwankungen in der Durchgangszeit aufgrund von Temperaturdifferenzen vermieden werden. Automatische Probenaufgabegeräte sowie computergesteuerte Registrierung und Auswertung der Detektorsignale lassen den vollautomatischen Betrieb zu und sparen Personal.

Die automatische Probenaufgabe vermeidet auch Ungenauigkeiten, die von Unterschieden der Probenaufgabe auf die Säule herrühren. In der Anfangszeit wurde die Probe mittels Gasbürette über einen Dreiwegehahn in relativ großer Menge zugeführt. Dann ging man dazu über, die flüssige Probe, die im Lauf der Jahre auf Kubikmillimeter schrumpfte, mit einer Injektionsspritze in einen beheizten Block einzuspritzen, wo die Probe verdampfte und in die Säule weitergetrieben wurde. Schließlich wurde das Einspritzen automatisiert, so daß es von Probe zu Probe zu keinen Unterschieden mehr in Einspritzwinkel und vor allem Einspritzdauer mehr kommen konnte.

Die Signale des Detektors wurden bei den ersten Chromatogrammen noch in regelmäßigen Zeitabständen von den Zeigerausschlägen eines Galvanometers abgelesen und aufgeschrieben und das Chromatogramm punktweise von Hand gezeichnet. Als nächstes folgten automatische Schreiber, die die Signalkurve auf Papier schrieben. Heute sind Mikroprozessoren in Gebrauch, welche die Signale sofort in die Zusammensetzung der Probe umrechnen. Die Entwicklung in der Prozeßsteuerung und in der Datenverarbeitung hat auch die Gaschromatographie wesentlich genauer und schneller gemacht.

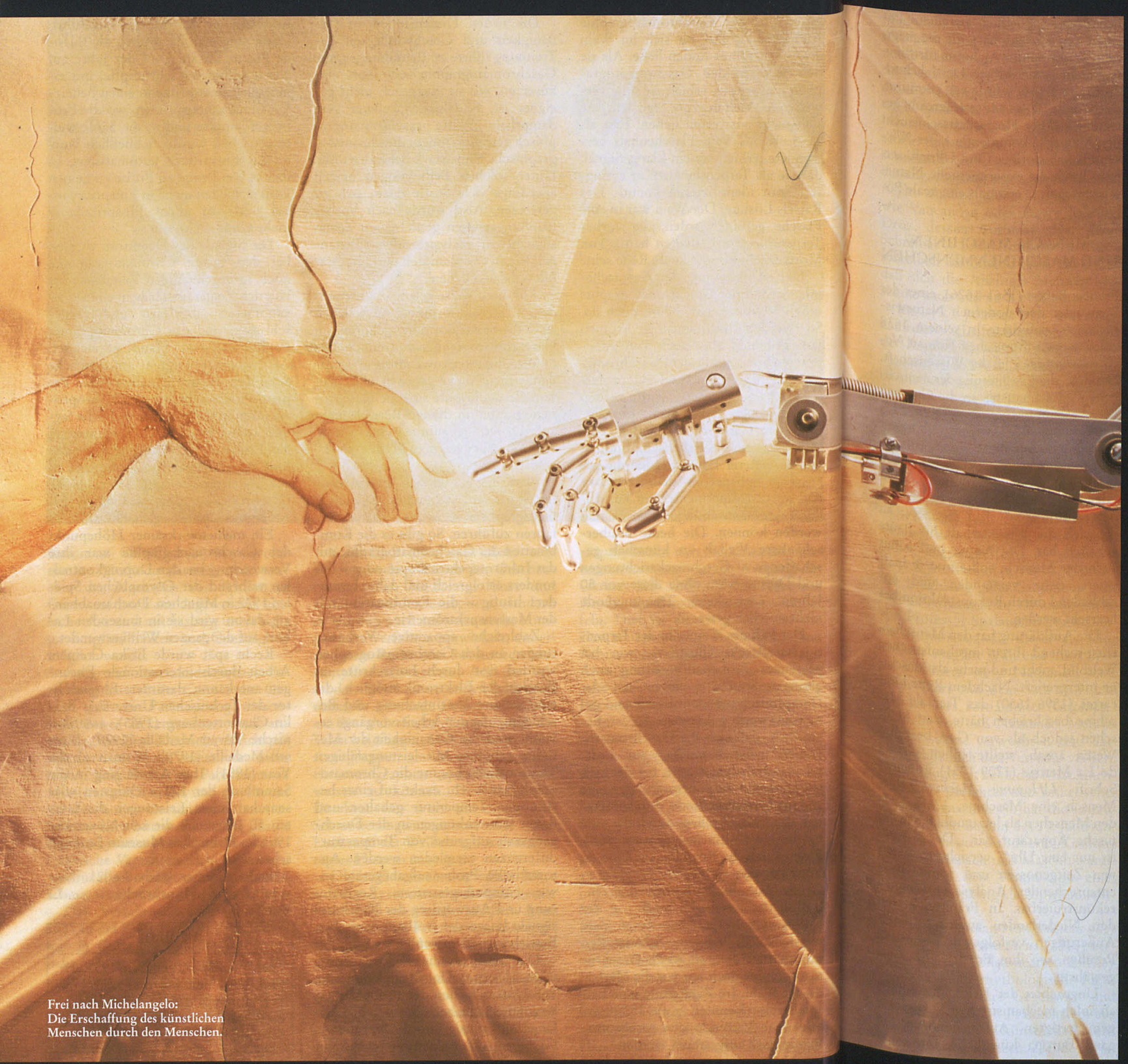
Ein medienwirksamer Höhepunkt der Gaschromatographie war ihre Verwendung bei den Dopingkontrollen während der Olympischen Spielen 1972 in München. Doch unabhängig davon wird sie in tausenden Labors auf der ganzen Welt verwendet.

Recht spät wurde Erika Cremers Arbeit durch internationale Ehrungen anerkannt, darunter: Ehrendoktor der Technischen Universität Berlin-Charlottenburg (1965), amerikanische Tswett-Medaille (1979), Bunsen-Medaille (1979), Woman of the Year (1991). Ihre Arbeit ging in die Sammlung der 100 wichtigsten wissenschaftlichen Leistungen der letzten 50 Jahre ein, die seit November 1995 im Deutschen Museum Bonn zu sehen ist.

Erika Cremer starb am 21. November 1996 in Innsbruck. □

DER AUTOR

Peter Wöllauer, geboren 1952, Dr. phil., ist Chemiker und nach einigen Jahren in der Industrie als freier Wissenschaftsjournalist und Autor tätig.



Frei nach Michelangelo: Die Erschaffung des künstlichen Menschen durch den Menschen.

DER TRAUM VON DER ZWEITEN SCHÖPFUNG

Vom Homunculus zur Posthumanität

VON BERND FLESSNER

Der Mythos einer zweiten Schöpfung, einer zweiten Erschaffung des Menschen, läßt sich über Jahrhunderte zurückverfolgen. Wollten die Kabbalisten einen Golem aus Lehm erschaffen, so dachten die Alchimisten an die Erzeugung eines Homunculus im Reagenzglas. Längst haben Gentechniker, Kybernetiker und Medientheoretiker den alten Mythos aktualisiert und träumen von einer androiden Kultur, die schon bald das Erbe der Menschheit antreten soll. Anlaß genug für einen Blick auf die Geschichte und Zukunft des Traums von der zweiten Schöpfung.

Folgt man Professor Luc Steels, Direktor des Instituts für Künstliche Intelligenz (KI) der Universität Brüssel, so hat der *Homo sapiens sapiens* keine Zukunft mehr, jedenfalls nicht in seiner jetzigen Form. Steels' Ansicht nach antiquiert der Mensch zusehends und gerät in Gefahr, von seinen eigenen technischen Prothesen an Intelligenz und Leistungsvermögen überrundet zu werden.

Als einzigen Ausweg sieht der Informatiker einen Eingriff in die Biologie des Menschen, die auf eine informationstechnologische Nachrüstung oder letztendlich eine Neuschöpfung hinausläuft. Kompatibel kann seiner Meinung nach nur ein neuer, künstlicher Mensch sein. Der Mensch soll derart manipuliert werden, daß eine direkte Vernetzung von Gehirn und elektronischen Datennetzen und -trägern möglich ist. Mensch und Maschine sollen zu einer neuen und zukunftsfähigen Spezies verschmelzen. Auf dem Kongreß „Schnittstelle Gehirn-Computer" im Februar 1995 in München hat sich der KI-Experte auch bereits Gedanken über den Namen der neuen Art gemacht: „Entweder es entsteht der *Homo cyber sapiens* oder der *Robot hominidus intelligens*."

DER MENSCH ALS SCHÖPFER

Der Mythos von der Erschaffung eines künstlichen Menschen reicht Jahrtausende zurück. Er basiert einerseits auf dem Unsterblichkeitskult des alten Ägyptens und andererseits auf dem Herrschaftsanspruch des Menschen über die Natur.

Schon die frühen Hochkulturen deuteten den Tod, der unausweichlich am Ende jedes Lebens steht, als Unvollkommenheit des Menschen. Die Götter hingegen waren unsterblich. Wollte der Mensch ebenfalls Vollkommenheit erreichen, so blieb ihm nur eins: Er mußte sich an die Seite der Götter stellen und ebenfalls unsterblich werden.

Nach den Vorstellungen der dem Gott Re verpflichteten Priester des alten Ägyptens sollte diese Ehre zumindest den Pharaonen widerfahren. Einbalsamiert und mit Grabbeilagen für ein Leben nach dem Tod ausgestattet, sollten sie zu den Göttern auf-

Foto: Image Bank/Hans Neleman

steigen und bis in alle Ewigkeit an ihrer Seite leben.

Nicht nur in dieser Hinsicht wollte der Mensch seinen Göttern gleichen. Die sich immer deutlicher abzeichnende Herrschaft des Menschen über die Natur änderte nichts an der Vorstellung, daß der Mensch ein Geschöpf der Götter war und blieb. Wollte er sich auf eine Stufe mit ihnen stellen, so mußte auch er zum Schöpfer werden. Der Traum von der Unsterblichkeit und der Möglichkeit, selbst Schöpfer zu sein, ließ den Menschen fortan nicht mehr los.

Die Mythologie ist reich an selbsternannten Schöpfern, die sich in das Handwerk der Götter eingemischt und selbst Menschen erschaffen haben. Am bekanntesten ist wahrscheinlich Prometheus, der Sohn des Japetos, der die von den Göttern geschaffene Welt für unvollständig hielt und aus Lehm die ersten Menschen schuf. Als Prometheus seinen Geschöpfen immer mehr Macht und zuletzt sogar das Feuer gab, wurde er von Zeus grausam bestraft; den Menschen aber schickte der oberste Gott Pandora, ebenfalls aus Lehm geformt, deren irdenes Gefäß alle nur erdenklichen Übel enthielt.

Auch Pygmalion, König von Tyros, schuf in Gestalt einer idealisierten Frauenstatue aus Elfenbein einen künstlichen Menschen, „weiß wie Schnee, wie Natur es nie zu erzeugen vermag". Doch ganz gelang ihm der Schöpfungsakt nicht, er bedurfte der Hilfe der Göttin Aphrodite, die der Statue Leben einhauchen mußte.

In der ausgehenden Antike entstand schließlich die Idee eines Homunculus, eines künstlichen Menschen aus Luft, Sperma oder anderen Zutaten. So berichtet Clemens Romanus (um 250 nach Christus) über den Gelehrten Simon Magus, der einen Menschen aus Luft, die erst zu Wasser, dann zu Blut und schließlich zu Fleisch wurde, erschaffen haben soll. Auch der Alchimist Zosimos hat sich im 4. Jahrhundert intensiv mit der Erschaffung eines Homunculus befaßt und seine Erzeugung detailliert beschrieben.

Das Weltbild der Alchimie (vom arabischen al-kimiya = Kunst der Metallveredlung) entstand, das die Unvollkommenheit aller Dinge zugrunde legt, die erst durch einen Prozeß der Läuterung in einen vollkommenen Zustand versetzt werden sollen. In den Laboratorien wurden so nicht nur Phosphor, Porzellan und Schwarzpulver geschaffen, der Alchimist wurde auch zum potentiellen Schöpfer des Lebens, das durch ein magisches Ritual der Vervollkommnung aus elementaren Grundsubstanzen, der *prima materia*, erschaffen werden sollte.

Ausführlich hat sich Theophrastus Bombastus von Hohenheim (1493-1541), der sich Paracelsus nannte, mit der Erzeugung eines Homunculus befaßt. In seiner Schrift *De generationibus rerum naturalium* (Über die Entstehung der natürlichen Dinge) beschreibt er, wie „Menschen ohne natürliche Väter und Mütter geboren werden können". Seiner Meinung nach ist nur eine bestimmte Behandlung von Sperma erforderlich, um nach 40 Tagen der Reife einen Homunculus zu erhalten, und dieser Vorgang sei, wie er versichert, „der Natur keineswegs zuwider, sondern gar wohl möglich".

Johann Wolfgang von Goethe (1748-1832) hat diesen Stoff aufgegriffen und im Faust verwendet. Die Schöpfung, postuliert Wagner, der im Laboratorium den Homunculus erzeugt, soll in Zukunft vom Menschen fortgesetzt werden, der Gott und Natur abgelöst hat. „Wie sonst das Zeugen Mode war, erklären wir für eitel Possen", erläutert er Mephistopheles das Konzept einer Schöpfung des Menschen durch den Menschen und fügt hinzu: „So muß der Mensch mit seinen großen Gaben doch künftig höhern, höhern Ursprung haben."

Planten die Alchimisten die Schöpfung eines Homunculus, so beschäftigten sich die Kabbalisten spätestens seit dem 12. Jahrhundert mit der Erschaffung eines Golems. Dabei waren sich die Mystiker voll und ganz ihres Vorhabens bewußt, das darauf abzielte, Gott zu imitieren und Adam ein zweites Mal aus Lehm zu erschaffen. Sie suchten, wie es im Kommentar zum Buch Jezirah heißt, „die Kraft des Schöpfers, ein Geschöpf zu machen". Wie der Homunculus wurde der Golem zum Sinnbild und Inbegriff eines künstlich geschaffenen Menschen.

Mit dem Beginn der Aufklärung gerann der Traum von der zweiten Schöpfung schließlich zu einem Postulat der Wissenschaft, die die magische Tradition der Alchimie fortführte, indem sie sie ablöste. Der Jahrhunderte alte Traum wurde neu geträumt, doch diesmal wurde erfolgreich geträumt. „Die Herrschaftssehnsucht der Magier", kommentiert der Wissenschaftshistoriker Otto Ullrich, „erhält durch die experimentelle Naturwissenschaft ... erstmals eine reale Potenz."

MENSCH-MASCHINEN UND MASCHINENMENSCHEN

Francis Bacon (1561-1626), einer der Begründer der modernen Naturwissenschaft, definierte in seinem 1638 erschienenen utopischen Roman *Nova Atlantis* das Ziel der Wissenschaft, nämlich „die Erweiterung der menschlichen Herrschaft bis an die Grenzen des überhaupt Möglichen". Zum Programm der Wissenschaft zählte er auch die Erschaffung von „künstlichen Menschen, Vierfüßlern, Vögeln, Fischen und Schlangen" und „durch Gleichmaß und Feinheit ausgezeichnete Automaten". Ein Konzept, an das sich die Wissenschaft bis heute gehalten hat. Die Natur, und somit auch der Mensch, sollte zuerst analysiert, dann verstanden und anschließend durch Rekonstruktion beherrscht werden.

Die Aufklärung hat den Menschen, entsprechend ihrem mechanistischen Weltbild, mehr und mehr als Maschine interpretiert. Nachdem René Descartes (1596-1650) das Tier als Maschine beschrieben hatte, den Menschen jedoch als von Gott beseeltes Wesen ansah, stellte Julien Offray de La Mettrie (1709-1751) in seiner Schrift *L'Homme Machine* (Der Mensch eine Maschine, 1748) auch den Menschen als letztendlich mechanische Apparatur dar. „Der Körper ist nur eine Uhr", versicherte er seinen Zeitgenossen und somit, nach entsprechender Analyse, prinzipiell rekonstruierbar. In Frankreich und den Niederlanden aufgrund dieser Äußerungen verfolgt, floh er nach Preußen, wo ihm Friedrich II. Asyl gewährte.

Ungeachtet der Kritik der Kirche an solch mechanistischen Vorstellungen fertigten Automatenbauer in ganz Europa künstliche Tiere und

Menschen an. Zu den Koryphäen auf diesem Gebiet zählte der aus Grenoble stammende Mediziner Jacques de Vaucanson (1709-1782), der mechanische Trommler und Flötenspieler konstruierte. Weltbekannt wurde jedoch seine Ente, die nicht nur watscheln und mit den Flügeln schlagen, sondern auch fressen und den Verdauungsvorgang nachahmen konnte. Nicht zuletzt die Automatenbauer wie Vaucanson oder Pierre Jacquet-Droz, dessen Automat „Der junge Schreiber" programmierbare Sätze schreiben konnte, trugen dazu bei, daß sich die Analogie Mensch=Maschine nach und nach etablierte.

Im 19. Jahrhundert reagierten zahlreiche Schriftsteller, vor allem die der Romantik, verstärkt auf die sich abzeichnende Durchsetzung des mechanistisch-materialistischen Weltbildes. Eine ganze Reihe von Romanen und Erzählungen reflektierte die Gefahren des heraufziehenden technischen Zeitalters, das am Beispiel der Dampfmaschine bereits demonstrierte, wie Mensch und Tier durch eine Maschine ersetzt werden konnten.

Beschrieb Jean Paul (1763-1825) ironisch den „Maschinenmann nebst seinen Eigenschaften", so schilderte E. T. A. Hoffmann (1776-1822) in seiner Erzählung „Der Sandmann" die Liebe Nathanaels zu Olimpia, einem von Professor Spalanzani konstruierten Automaten, die dieser als seine Tochter ausgibt. Während ihn Olimpia fasziniert, weist Nathanael seine Braut Clara mit dem Satz von sich: „Du lebloses, verdammtes Automat!"

Nicht nur, daß Nathanael Mensch und Maschine verwechselt und darüber schließlich den Verstand verliert: Er hält zugleich auch das Maschinenwesen für perfekter und ästhetischer als den Menschen. So hat die Literatur bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts die heute diskutierte Konkurrenz von Mensch und Maschine antizipiert und den Traum von einer zweiten Schöpfung als Alptraum entlarvt.

In ihrem Roman *Frankenstein oder der moderne Prometheus* (1818) versetzt Mary Wollstonecraft Shelley (1797-1851) die mythologische Figur Prometheus in ihre Gegenwart und läßt den jungen Dr. Frankenstein aus Leichenteilen einen künstlichen Menschen zusammensetzen. Ziel des Wissenschaftlers ist es, getreu dem längst antiken Schöpfungsmythos, „dem toten Stoffe Leben einzuhauchen". Zwar gelingt die Schöpfung, doch wird Dr. Frankenstein am Ende von seinem Geschöpf getötet. Auch Mary W. Shelley deutet den Schöpfungstraum als Alptraum und warnt vor den Folgen einer Wissenschaft, die sich ausschließlich an der Machbarkeit der Dinge orientiert.

Der tschechische Autor Karel Capek (1890-1938) schrieb 1920 das Theaterstück *R.U.R. – Rossums Universal Robots*, in dem künstliche Menschen ihre Schöpfer ausrotten, und verdrängte den bis dahin häufig verwendeten Begriff „Maschinenmann". Seit der Uraufführung des Dramas im Jahr 1921 hat sich die Bezeichnung „Roboter" (Zwangsarbeiter) weltweit durchgesetzt. Als Roboter wurde der künstliche Mensch fortan zum gattungsspezifischen Motiv der Science Fiction, die sich bis heute umfassend mit dem Mythos einer zweiten Schöpfung auseinandersetzt, ihn tradiert und popularisiert.

Dabei wird die Evolution in vielen Romanen und Erzählungen, wie der französische Paläontologe André Leroi-Gourhan darlegt, immer wieder auf folgende Entwicklungsschritte reduziert: „Bison, Gorilla, Cowboy, Wissenschaftler, Astronaut, Roboter", mit anderen Worten „wildes Tier, denkendes Tier, Muskelmensch, Gehirnmensch, Mensch-Maschine, Maschinenmensch". Der Mensch, erfährt man bei Science-Fiction-Autoren wie John Wyndham, Isaac Asimov oder Harry Bates, ist nicht Krone und Abschluß der Schöpfung, sondern lediglich das Missing link einer Entwicklung, die auf die Schaffung einer posthumanen androiden Kultur hinausläuft.

MODERNE POSTHUMANITÄT

Die Moderne führte zu einer fortschreitenden Expansion der Technik in nahezu sämtliche Lebensbereiche und einer zunehmenden Verdinglichung des Menschen. Konnte man bislang nur den menschlichen Körper durch zahllose technische Prothesen funktional verlängern und verstärken, so wurde dank der Erfindung des Computers auch die „Mechanisierung des Denkens" in Angriff genommen. Insbesondere die Künstliche Intelligenz, Subdisziplin der Informatik, interpretierte nun auch das menschliche Denken als prinzipiell simulier- und reproduzierbar. Wieder kamen die von Bacon und Descartes aufgestellten Ziele zum Tragen, das Denken solle erst analysiert, dann verstanden, reproduziert und schließlich sogar perfektioniert werden.

Seither treten vor allem Anhänger der Gentechnik und der künstlichen Intelligenz als Gralshüter des regelmäßig aktualisierten Traums von der zweiten Schöpfung auf, eines Traums, der alle Paradigmenwechsel, Sinnkrisen und Utopieverluste schadlos überstanden zu haben scheint.

Nach der Entwicklung des Mikrochips und ersten Forschungsresultaten etwa des Massachusetts Institute for Technology (MIT) definierten Igor Aleksander und Piers Burnett die Neuerfindung des Menschen (Reinventing Man) als wichtiges Ziel der modernen Wissenschaft. Vor dem Hintergrund immer perfekterer Maschinen und immer schneller arbeitender Computer dient jetzt vor allem die Antiquiertheit des Menschen gegenüber seinen technischen Prothesen als Begründung für die Schaffung eines künstlichen Menschen. Doch auch die tradierten Motive – so das Streben nach Unsterblichkeit, Vervollkommnung und gottgleicher Schöpferkraft – tauchen immer wieder auf.

So schrieb der KI-Pionier Norman Stuart Sutherland schon 1968: „Tatsächlich kann der Zeitpunkt kommen, wo wir in der Lage sind, eine mit höherer Intelligenz begabte Spezies zu schaffen, die uns als Herrn der Erde verdrängt." Marvin Minsky, einer der bekanntesten KI-Forscher, bestätigt diese Ansicht: „An irgendeinem Punkt können die Menschen es vielleicht sogar vorziehen, sich in Maschinen zu verwandeln, denn wenn sie ihre Intelligenz in eine andere Verkörperung zu übertragen vermögen, könnten sie in der Lage sein, ewig zu leben und sich fortzuentwickeln."

Als Begründung für seine Forschungen am MIT gibt Minsky die Unvollkommenheit des Menschen an: „Wir sind aber eigentlich als menschliche Wesen erfolglos. Unser Gedächtnis ist zu klein, wir denken zu langsam, und wir leben nicht lange

genug." Mit ähnlichen Vorstellungen wartet auch der KI-Experte Hans Moravec auf, der in seinem Buch *Mind Children – Der Wettlauf zwischen menschlicher und künstlicher Intelligenz* für die Konstruktion eines posthumanen, evolutionären Nachfolgers des Menschen plädiert, der das Erbe einer in vielerlei Hinsicht gescheiterten menschlichen Zivilisation antreten soll. Wie schon für den eingangs erwähnten Luc Steels liegt auch für Hans Moravec die Lösung zahlreicher globaler Probleme nicht primär in der Befriedung der Menschheit, der Bewahrung der Natur oder der Schaffung einer gerechteren Weltwirtschaftsordnung, sondern in der Erzeugung einer neuen, künstlichen Spezies ohne die Beschränktheiten und Eigenschaften des biologischen Menschen.

UNSTERBLICHKEIT IM VIRTUELLEN RAUM

Auf diese Weise entzieht sich die Wissenschaft ihrer Verantwortung für den Menschen, die sie zu Beginn der Aufklärung übernommen hatte. Einst war sie mit dem Ziel angetreten, das Leben der Menschen zu erleichtern, sie vor Leid und Krankheit zu bewahren, doch hat sie im Laufe ihrer Geschichte auch eine unüberschaubare Anzahl an pathogenen und toxischen Stoffen erzeugt, als Waffenschmied Giftgas und Atombombe geschaffen und der Industriegesellschaft einen Technik vermittelt, deren Emissionen das Klima verändern. Als Ausweg aus diesem mitverschuldeten Dilemma präsentieren einige Vordenker jetzt das biologische Ende der Menschheit zugunsten einer neuen, von der Wissenschaft erzeugten Art.

Statt die Technik dahingehend zu gestalten, daß sie für den Menschen unschädlich und kontrollierbar bleibt, prognostizieren Medientheoretiker wie Florian Rötzer oder Vilém Flusser für die Zukunft eine „Verschmelzung von Mensch und Maschine". Datenautobahn, Computer und Gehirn sollen mit Hilfe von Neurochips vernetzt werden und eine neuartige neuronal-mentale Einheit bilden. Während so Computer und Gehirne eine neue, „telematische Gesellschaft" bilden, sind die Körper laut Vilém Flusser zur „Schrumpfung" verurteilt. Er bezeichnet sie als „Spielverderber", die den Menschen an seiner neuen Existenz in den Datennetzen hindern. Als Ziel der Entwicklung sieht er eine Gesellschaft, deren körperlose Mitglieder im „Universum der technischen Bilder" ein ewiges Software-Dasein führen.

Eine Außerkraftsetzung des Körpers ist indes nur mit Hilfe der Gentechnik denkbar, die ihrerseits an eigenen Konzepten zur Neuschöpfung des Menschen arbeitet. Eingriffe in den genetischen Code von Mensch und Tier sollen eine Vervollkommnung und Rekonstruktion des Menschen bis hin zur Unsterblichkeit ermöglichen. „Es wird eine Revolution geben", prophezeit der renommierte US-Mediziner Michael Fossel, „wir müssen uns auf eine alterslose Gesellschaft vorbereiten."

Im Kino hat sich der Traum einer zweiten Schöpfung inzwischen längst erfüllt. Der Terminator, der zur totalen technischen Prothese vervollkommnete Mensch, avanciert zum populären Leitbild des Fin de siècle des 20. Jahrhunderts. Der Mensch, das behaupten nicht nur Wissenschaftler wie Luc Steels oder Marvin Minsky, sondern auch zahlreiche Leinwand- und Software-Mythen, kann sich nur mehr weiterentwickeln und vervollkommnen, indem er sich neu erschafft.

Angesichts der von ihm untersuchten Faszination, die von Technikwesen wie RoboCop oder dem Terminator ausgehen, spricht der Medienkritiker Dierk Spreen von einer „Verehrung des Technikkörpers" durch den modernen Menschen, der die Maschine endgültig zum Ideal erhebt und seinen natürlichen Körper zunehmend verachtet.

Der Traum von der zweiten Schöpfung wird nach wie vor geträumt, im Kino wie in den Labors der KI-Forscher und Gentechniker, doch angesichts der technischen Prothesen, die den Menschen in nahezu allen Lebensbereichen umgeben, hat sich, mit Blick auf das 21. Jahrhundert, die Zielvorstellung gewandelt. Nicht mehr Gottgleichheit ist der Wunsch, der sich mehr oder minder hinter dem Traum verbirgt, sondern Maschinengleichheit. Wollten die Kabbalisten und Alchimisten sein wie Gott, so will der gegenüber seinen Produkten antiquierte Mensch der ausgehenden Moderne sein wie seine Schöpfungen, wie seine Maschinen.

Doch wer sich für maschinenwürdig hält, so der polnische Philosoph und Science-Fiction-Autor Stanislaw Lem, „erklärt sein Einverständnis mit der Liquidation der eigenen Art und der Übernahme des zivilisatorischen Erbes durch Geschöpfe, die uns, die wir hinfällig, sterblich, in Geist und Zeit beschränkt sind, in keiner Hinsicht auch nur im geringsten ähneln".

Das 21. Jahrhundert wird zeigen, ob der *Homo cyber sapiens* oder der *Robot hominidus intelligens* den *Homo sapiens sapiens* ablöst und sich der Traum von der zweiten Schöpfung, und sei es als Alptraum, tatsächlich erfüllt. □

HINWEISE ZUM WEITERLESEN

Igor Aleksander, Piers Burnett: Die Roboter kommen. Wird der Mensch neu erfunden? Basel 1984.

Wolfgang Coy: Industrieroboter. Zur Archäologie der zweiten Schöpfung. Berlin 1985.

Bernhard Dotzler u. a.: MaschinenMenschen. Eine Bibliographie. Frankfurt a. M. 1992.

Bernd Flessner (Hrsg.): Die Welt im Bild. Wirklichkeit im Zeitalter der Virtualität. Freiburg 1996.

Vilém Flusser: Ins Universum der technischen Bilder. Göttingen 1992.

Robert Jungk, Hans Josef Mundt (Hrsg.): Maschinen wie Menschen. München 1969.

Raymond Kurzweil: Das Zeitalter der Künstlichen Intelligenz. München 1993.

Hans Moravec: Mind Children – der Wettlauf zwischen menschlicher und künstlicher Intelligenz. Hamburg 1990.

Klaus Völker (Hrsg.): Künstliche Menschen. Dichtungen & Dokumente über Golems, Homunculi, Androiden und lebende Statuen. 2 Bde., München 1971.

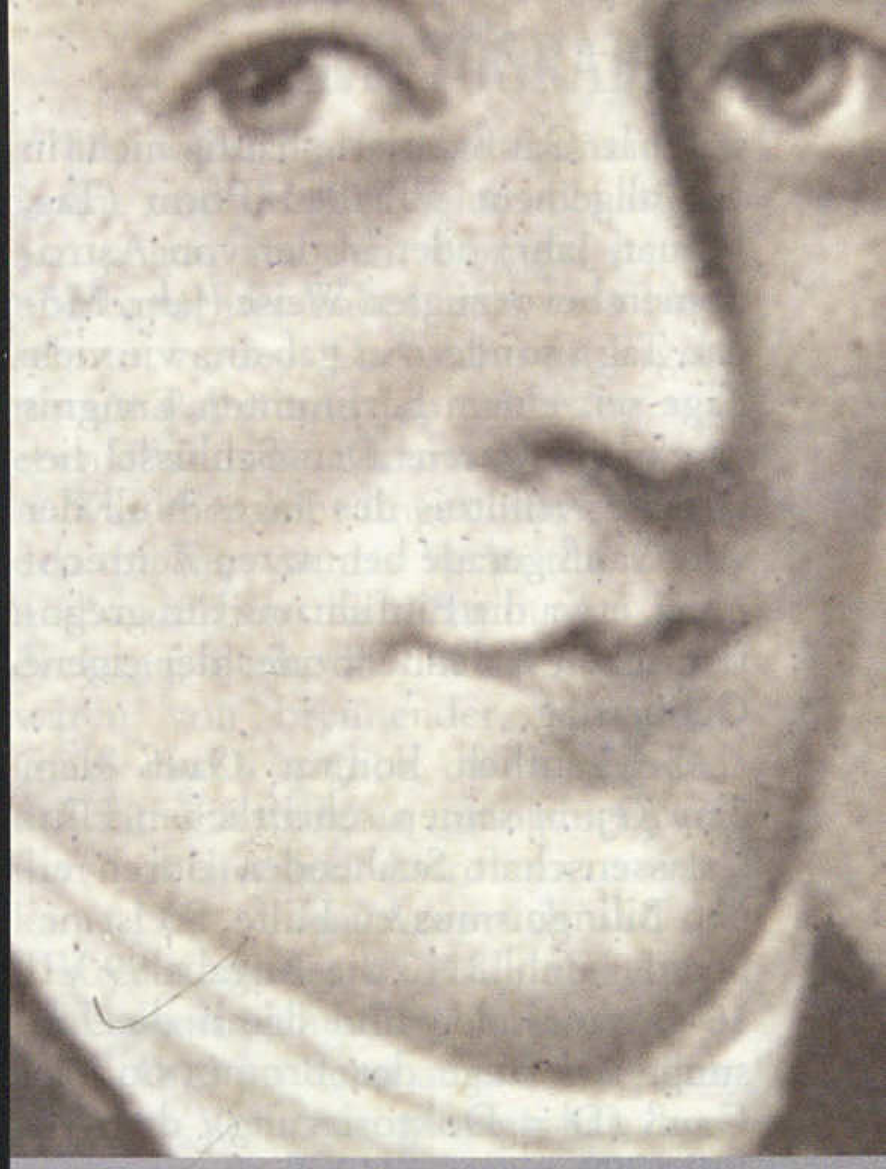
DER AUTOR

Bernd Flessner, geboren 1957, Dr. phil., ist Literaturwissenschaftler und Zukunftsforscher, Lehrbeauftragter am Institut für Deutsche Sprach- und Literaturwissenschaft der Universität Erlangen-Nürnberg. Forschungsschwerpunkt: Wechselwirkung zwischen Literatur und Technik; Literatur als Technikgeschichte. Veröffentlichungen u. a. über Arno Schmidt und Stanislaw Lem (1991), Archäologie im Cyberspace (1993) und Wirklichkeit im Zeitalter der Virtualität (1996).

SPIEL MIT ZAHLEN

Carl Friedrich Gauß als Codemaker

VON KURT-R. BIERMANN



Als nach Öffnung der Archive Einzelheiten über den Wettlauf alliierter und deutscher Kryptanalytiker während des Zweiten Weltkriegs bekannt wurden, stießen die Nachrichten über die Arbeit der Codebreaker auf großes Interesse. Es wurde aber dadurch auch die Aufmerksamkeit auf archivierte historische Kryptogramme gelenkt, deren Schlüssel verlorengegangen war.

Der US-amerikanische Kryptanalytiker Albert C. Leighton konnte allein 1977 fünf hochinteressante Geheimschriften aus der Zeit von 1573 bis 1863 entschlüsseln, darunter eine aus dem Bayerischen Geheimen Staatsarchiv, und so eine bis dahin noch kaum genutzte Geschichtsquelle zum Sprechen bringen.

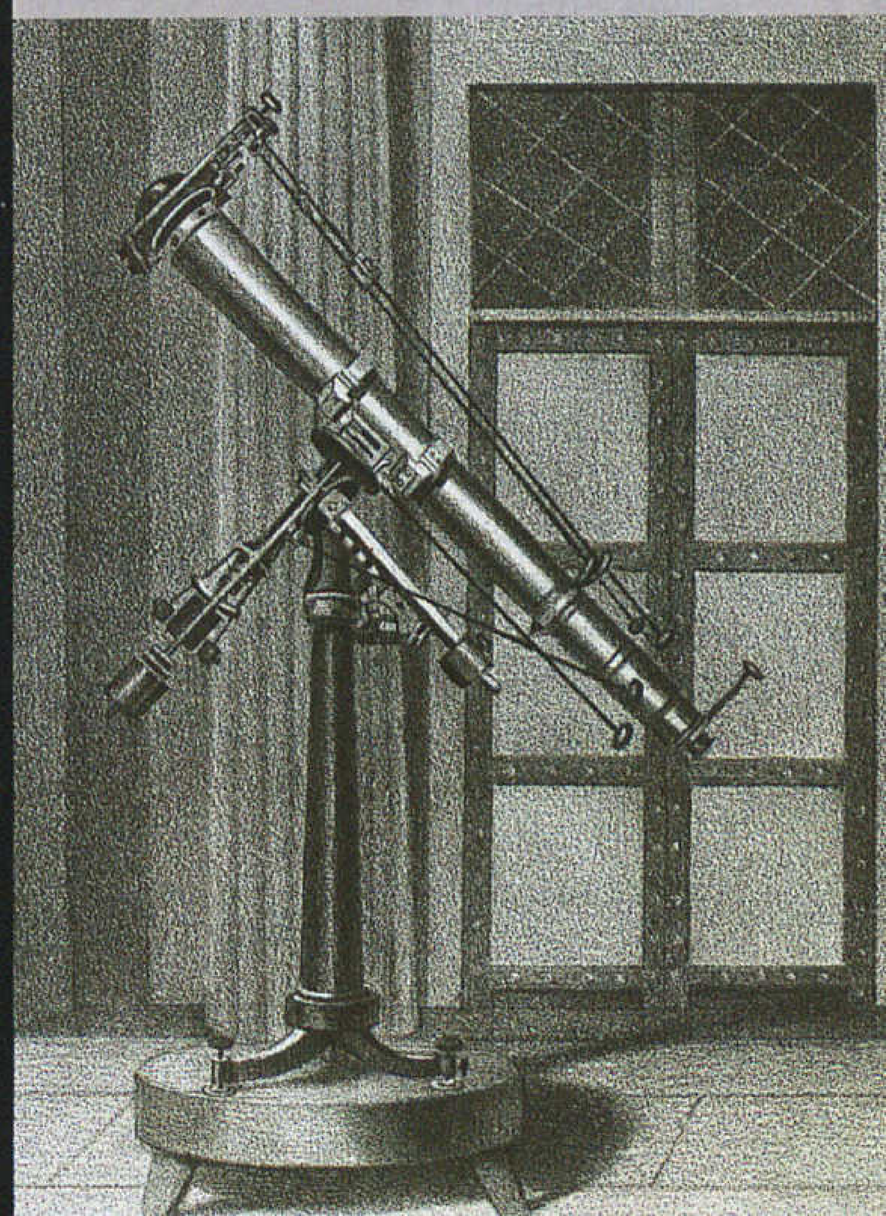
Kürzlich fand in den Medien der 1995 veröffentlichte Roman *Enigma* von Robert Harris (deutsche Ausgabe bei *Heyne*, München) Beachtung, der die Decodierung authentischer deutscher Marinefunksprüche während des Zweiten Weltkriegs in England zum Gegenstand hat.

Schon im Altertum wurden Geheimschriften verwendet – und enträtselt. Seit dem 16. Jahrhundert verstärkte sich das Interesse von Mathematikern am Ver- und Entschlüsseln von Informationen, die, aus welchen Gründen auch immer, geheimgehalten werden sollten.

Im 19. Jahrhundert machte der englische Mathematiker Charles Babbage, *Grandfather of the Computer*, aus der Kunst der Kryptanalyse eine Wissenschaft. Nach dem Einsatz mechanischer und elektromechanischer Maschinen erreichten mit dem Übergang zur elektronischen Datenverarbeitung Theorie und Praxis der Kryptographie ab Mitte des 20. Jahrhunderts eine neue Qualität.

Wenn in diesem Zusammenhang der Name Gauß fällt, muß einem möglichen Mißverständnis vorgebeugt werden: Gauß war kein Kryptanalytiker, der von anderen Autoren codierte Texte „geknackt" hätte. Er hat sich als *Codemaker*, nicht als *Codebreaker* betätigt. Zur Chiffrierung motivierte ihn – mit einer Ausnahme, von der noch zu reden sein wird – nicht die Notwendigkeit der Geheimhaltung, sondern Freude am Spiel, das „So tun als ob" es erforderlich sei, seine Aufzeichnungen über erzielte Fortschritte im Erkenntnisprozeß oder über die Stufen des weiteren Vorgehens vor unbefugten Augen zu schützen.

Wer im handschriftlichen Nachlaß von Gauß in der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen auf vier- oder fünfstellige Zahlen stößt, die in keinem Zusammenhang mit anderen auf dem gleichen Blatt notierten Ziffern zu stehen scheinen, muß immer an die Möglichkeit denken, daß er ein Datum vor



Der junge Gauß im Jahr 1802 (oben), eine Darstellung der Dyadik von Leibniz (Mitte) und das Fernrohr von Gauß in der Göttinger Sternwarte (unten).

Abbildungen: Deutsches Museum

sich hat. Gauß datierte häufig nicht in der allgemein üblichen Form (Tag, Monat, Jahr) oder in der von Astronomen bevorzugten Weise (Jahr, Monat, Tag), sondern er gab an, wie viele Tage seit einem bestimmten Ereignis vergangen waren. Den Schlüssel liefert die Kenntnis des Tages Null der von Gauß gerade benutzten Zeitrechnung, etwa die Einführung des gregorianischen Kalenders oder der eigene Geburtstag.

Gelegentlich kommt Gauß dem den *Key* in seinen schriftlichen Hinterlassenschaft Suchenden durch einen Bilinguismus zu Hilfe. So ist neben der Zahl 8113 die Angabe 99 VII 16 D zu finden und damit die Lösung: Am Tage der Promotion von Gauß (D = Doktorierung), dem 16. Juli 1799, waren 8113 Tage seit seiner Geburt vergangen.

Nun kann man freilich die Frage stellen, was denn hieran oder beispielsweise an seiner Buchhaltung über Fortschritte in der Primzahlzählung, die er ebenfalls durch Angabe der seit seiner Geburt verstrichenen Tage datiert hat, geheimgehalten zu werden verdiente. Wen außer Gauß mag es wohl interessiert haben, an welchem – von Gauß ermittelten und codierten – Tag Alexander von Humboldt das Alter Newtons überschritt? Nun, die Erklärung liegt darin, daß, wie erwähnt, Gaußsche Verschlüsselungen nicht selten einen Hang zum Spielerischen, zum *Lusus ingenii*, offenbaren, zu dem er sich gelegentlich ausdrücklich bekannt hat. Außerdem hat er, wie Leopold Kronecker urteilte, „geradezu mit Fleiß jede Spur der Gedankengänge verwischt, die ihn zu seinen Resultaten geführt hatten".

Eine weitere von Gauß angewandte Codierung bestand in der Verwendung von Kunstwörtern wie GEGAN, WAEGEGAN, GALEN oder von Buchstabengruppen wie WAE Az ACLN L. Wie der Verfasser plausibel zu machen versucht hat, dürften sie sich auf seine große Entdeckung des Zusammenhangs zwischen lemniskatischen Funktionen, dem arithmetisch-geometrischen Mittel und Potenzreihen sowie auf die daraus resultierenden Anfänge einer allgemeinen Theorie der elliptischen und Modulfunktionen bezogen haben. Die Chiffre besteht aus den Anfangsbuchstaben lateinischer Worte, die von unten nach oben in rückläufiger Folge zu lesen sind. So steht etwa das Kunstwort WAEGEGAN für NAGEGEAW:

N[exus medii]
A[rithmetico-]
G[eometrici cum transcendentium]
E[llipticarum theoria]
G[eneralissima]
E[gregii medii]
A[rithmetico-geometrici]
W[arantus est.]

Frei übersetzt ergibt sich als Klartext: Der Zusammenhang des arithmetisch-geometrischen Mittels (agM) mit der allgemeinen Theorie der elliptischen Funktionen bürgt für die hervorragende Bedeutung des agM.

Ein anderes Beispiel: Die Chiffre WAE Az ACLN L ist rückwärts als L NLCA zA EAW zu lesen und so zu ergänzen:

L[emniscata]
N[exus] L[emniscatae] C[urvae cum medio] A[rithmetico-geometrico]
[Introductio quantitatis] z [in medium] A[rithmetico-geometricum]
[Transcendentium] E[llipticarum theoriae medium] A[rithmetico-geometricum] W[arantus est].

Der mathematisch-historische Sachverhalt, den diese Chiffre fixierte, läßt sich so wiedergeben: Von der Lemniskate aus gelangte Gauß zum Zusammenhang zwischen den seit 1797 studierten lemniskatischen Funktio-

CARL FRIEDRICH GAUSS

WERKE

SECHSTER BAND.

PALLAS.

Göttingische gelehrte Anzeigen. Stück 67. Seite 657 . . 660. 1812 April 25.

Die Werkausgabe von Gauß, die von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen herausgegeben wurde, enthält in Band 6 (1874) den Pallas-Beitrag von Gauß, in dem er Datum und Inhalt seiner Entdeckung in verschlüsselter Form mitgeteilt hat, um sein Erstrecht an der Entdeckung zu sichern.

Auch die *erste vorläufige* Berechnung der *allgemeinen* Theorie der Pallasstörungen hat Prof. Gauss seit kurzem vollendet. Die Anzahl aller periodischen Gleichungen von der Einwirkung Jupiters, die noch merklich sind, steigt an *Vier hundert*. Unter den sehr merkwürdigen, schon hieraus fliessenden, Resultaten ist besonders eins von höchstem Interesse. Aus Gründen legen wir es hier in folgender Chiffre nieder, wozu wir zu seiner Zeit den Schlüssel geben werden:

IIIIOOOIOOIOIOOI

nen und dem schon seit 1791 untersuchten agM. Etwa gleichzeitig stellte er die Beziehungen des agM zu den Reihen, deren Exponenten die Quadratzahlen sind, fest und führte dadurch bedingt die Größe z ein. Die Erkenntnis des Zusammenhangs zwischen agM und dem vollständigen elliptischen Integral erster Gattung eröffnete 1799/1800 den Zugang zu der allgemeinen Theorie der elliptischen Funktionen.

Mit der Chiffre WAEGEGAN wurde von Gauß eine Entdeckung verschlüsselt, während WAE Az ACLN L einen Rückblick auf den zurückgelegten Weg repräsentiert. Auf analoge Weise sind vom Verfasser die übrigen oben genannten aus Abbreviaturen gebildeten Kunstwörter entschlüsselt worden.

Am 25. April 1812 legte Gauß in den *Göttingischen gelehrten Anzeigen* in einer Selbstanzeige dem sachverständigen Publikum eine Entdeckung vor, deren er sich noch nicht ganz sicher fühlte, und benutzte hierzu die Chiffre:

1111000100101001

Aus dem Gaußschen Briefwechsel mit den Astronomen Olbers und Bessel wissen wir, daß er sich mit diesem Kryptogramm die Priorität seiner Erkenntnis sichern wollte, wonach „die mittleren Bewegungen von Jupiter und Pallas in dem rationalen Verhältnis 7 : 18 stehen". Seine erklärte Absicht, den Schlüssel nachzuliefern, hat er nicht verwirklicht.

Schon das Motiv öffentlicher Prioritätssicherung weist der Chiffre die oben erwähnte Sonderstellung unter den Verschlüsselungen von Gauß zu. Er war sich der von ihm gemachten Entdeckung, die er für „eine der merkwürdigsten in unserem Sonnensystem" hielt, noch nicht mit letzter Sicherheit gewiß. Während es sonst sein Prinzip war, nur völlig Ausgereiftes zu publizieren, ging er in diesem Fall den Weg, vor der Veröffentlichung im Klartext durch das Kryptogramm das geistige Erstrecht an jenem Fund zu beanspruchen. Der Erkenntniszuwachs erschien ihm so wichtig, daß er nicht erst das Resultat erneuter, schärferer Bestimmung der mittleren Bewegung des 1802 entdeckten „kleinen Planeten" Pallas abwartete. An eine baldige Decodierung des Kryptogramms von anderer Seite glaubte er nicht, und er war mit dieser Einschätzung im Recht, wie wir heute wissen. Zusätzlich hielt ihm die Chiffrierung eine Hintertür für den Fall offen, daß er sich wider Erwarten geirrt haben sollte.

Die Chiffrier- und Dechiffriermaschine *Enigma*.

Foto: Deutsches Museum

Die alleinige Verwendung der Binärzeichen 0 und 1 im Gaußschen Kryptogramm legt die Vermutung nahe, daß die Chiffre im dyadischen Stellenwertsystem geschrieben ist. Wenn man sie in vier Gruppen zerlegt, nämlich

111 1000 10010 1001

erhält man im dekadischen System

7 8 18 9

7 und 18 deuten auf das genannte Verhältnis; 8 steht für Pallas, den achten Planeten nach dem Wissensstand von 1812 in Bezug auf die mittlere Entfernung von der Sonne, und 9 für Jupiter, den neunten Planeten in dieser Hinsicht. Dieser Lösungsvorschlag von T. L. MacDonald von 1931 besticht durch Einfachheit und Eleganz, die ihn anderen Erklärungsversuchen – so denen von M. Brendel, 1919; A. Wietzke, 1930; P. Maennchen, 1934; M. F. Subbotin, 1956 und anderen – überlegen erscheinen lassen.

Es stellt sich allerdings die Frage, ob es nicht wünschenswert gewesen sein mag, noch eine weitere Information unterzubringen, um einen Prioritätsanspruch geltend zu machen. Um sie zu beantworten, versetzen wir uns in die Lage von Gauß im Jahre 1812. Was mußte er in jener Selbstanzeige unterbringen, um sein geistiges Eigentum zu reklamieren?

Da wären zunächst einmal sein Name und der Ort seines Schaffens. Sie gingen aus dem Kontext hervor und brauchten daher nicht verschlüsselt zu werden. Daß sich sein Ergebnis auf Pallas und Jupiter bezog, war ebenfalls aus dem Klartext ersichtlich.

Was aber unbedingt chiffriert werden mußte, war das Verhältnis 7 : 18 und natürlich das Datum der Entdeckung, denn die Pallas-Störungen waren von brennender Aktualität. Gauß mußte täglich damit rechnen, daß ihm ein anderer, unabhängig von ihm arbeitender Astronom zuvorkam. Das seinen Anspruch auf das Erstrecht an der in Rede stehenden Erkenntnis sichernde Datum vom 3. April 1812 ist denn auch tatsächlich, wie der Verfasser gezeigt hat, anagrammatisch versetzt, im Kryptogramm

1111000100101001

wie folgt enthalten:

1812 =		111000	10100	
April =			100	
3 =	1			1

Man kann also sagen, daß die MacDonaldsche Lösung durch das Entdeckungsdatum zu ergänzen sein dürfte.

Die vorstehenden Erklärungsversuche können nur hypothetischen Charakter haben, da sich Gauß weder in seinen Publikationen noch in seinem schriftlichen Nachlaß *expressis verbis* über seine Chiffrierungsmethoden geäußert hat. Daß die vorgenommenen Interpretationen jedoch den Vorzug der Plausibilität besitzen, sollte deutlich geworden sein. □

DER AUTOR

Kurt-R. Biermann, geboren 1919, Dr. rer. nat. habil. und Professor emeritus, ehemaliger Vizepräsident der *Académie internationale d'histoire des sciences*, zählt zu den international anerkanntesten deutschen Wissenschaftshistorikern. Er ist seit über 40 Jahren in der Alexander von Humboldt-Forschung tätig. In *Kultur & Technik* sind häufig Beiträge von ihm erschienen.

HÖCHSTE SPANNUNG

Fritz Haber, Hartmut Kallmann und das „Tandem-Prinzip“ Ein frühes Kapitel der Beschleuniger-Geschichte

VON BURGHARD WEISS

Im Gegensatz zu manchen seiner Professoren-Kollegen in der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (KWG) hatte Fritz Haber, Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts (KWI) für physikalische Chemie und Elektrochemie in Berlin-Dahlem, die wissenschaftlich-technische Bedeutung der Teilchenbeschleuniger sehr frühzeitig erkannt.

Fritz Haber wies schon 1926 in einem Vortrag mit dem Titel „Über den Stand der Frage nach der Umwandelbarkeit der chemischen Elemente“ vor der KWG darauf hin, welche Möglichkeiten darin lägen, die schwache Strahlung radioaktiver Präparate durch „technische Stromquellen“ zu ersetzen. In einem Schreiben an den Generalsekretär der KWG, Ernst Telschow, bezeichnete er Anfang 1931 – ein Jahr bevor Lord Rutherford und seine Mitarbeiter John Douglas Cockcroft und Ernest Thomas Sinton Walton in Cambridge, England, erstmals mit Hilfe eines Beschleunigers eine Kernumwandlung durchführten und damit das sogenannte Wunderjahr (*annus mirabilis*) der Kernphysik einläuteten – die Atomzertrümmerung als „eine Aufgabe von unabsehbarer Bedeutung“. Allerdings, so mußte Haber gleich hinzufügen, sei die Finanzlage der KWG derart, daß sich ihre Institute an die Bearbeitung dieser großen Aufgabe „nicht herantrauen“ könnten.

In der Tat waren die Voraussetzungen für die Realisierung kostspieliger Projekte, wie Beschleuniger, an den Instituten der KWG zu Beginn der 30er Jahre alles andere als günstig. Bedingt durch die Folgen der Weltwirtschaftskrise, war die Gesellschaft zu einschneidenden Sparmaßnahmen gezwungen. Die Phase der Finanzknappheit, die durch drastische Kürzungen der öffentlichen und privaten Zuwendungen verursacht worden war, dauerte bis 1936/1937. Im Haushaltsjahr 1932/1933 wurde die Talsohle durchschritten; danach setzte langsam die Erholung ein. Jedoch dauerte es weitere vier Jahre, bis mit öffentlichen Zuwendungen in Höhe von ingesamt 6,7 Millionen Reichsmark (1936/37) das Ende der 20er Jahre (1929/30) gezahlte Volumen von 5,3 Millionen Mark wieder erreicht beziehungsweise überschritten wurde.

In einem Rundschreiben an die Direktoren der Kaiser-Wilhelm-Institute (KWI) hatte Max Planck am 4. Mai 1931 Kürzungen ankündigen müssen, die besonders die Sachetats betreffen sollten. Im Sommer des Jahres spitzte sich die Situation weiter zu, so daß Planck die Direktoren in einem weiteren Schreiben darauf vorbereiten mußte, die Monatsraten der Sachetats würden nur noch ratenweise, ja möglicherweise eine Zeitlang überhaupt nicht gezahlt werden können. Die Ausgaben der Institute sollten sich möglichst nach ihren Einnahmen richten.

Um die Sparmaßnahmen nicht allzu sehr fühlbar werden zu lassen, empfahl Planck gar, die Institute in Verlängerung der Sommerferien bis Ende September zu schließen. Damit könne, wie Haber feststellte, in seinem Institut „lediglich literarisch und nicht experimentell“ gearbeitet werden. Bei Nichtzahlung des Sachetats wollte Haber das Institut „gegen die Aufnahme neuer wissenschaftlicher Mitarbeiter zunächst sperren“ und schlug Planck vor, dies von allen Instituten der Gesellschaft zu verlangen: „Die Stellung der Kaiser-Wilhelm-Institute und ihre Tätigkeit waren am Ende der Inflationszeit in ähnlicher Gefahr des Erliegens. Es ist damals gelungen, ihren Bestand und ihre Tätigkeit mit besonderen Sparmassnahmen zu erhalten, die ich jetzt wieder ergreifen werde. Ich hege die Zuversicht, dass bei allgemeiner Durchführung in den Instituten unter Ihrer Führung dasselbe in dieser schwereren Krise möglich sein wird.“

TEILCHEN MIT HOHER KINETISCHER ENERGIE

Diese in preußischem Geist durchgeführten „Gewaltmassregeln“ erlaubten es Haber dann, sein KWI erfolgreich durch die Krise zu steuern. Der finanziellen Notlage der KWG zum Trotz, gelang es Haber in den Jahren 1931/1932, an seinem Institut als dem ersten der KWG eine Beschleunigeranlage finanzieren und errichten zu lassen.

Bereits in den 20er Jahren war von Physikern der Wunsch artikuliert worden, technische Verfahren zu entwickeln, mit denen für kernphysikalische Untersuchungen Strahlen geladener Teilchen mit hoher kinetischer Energie (und hoher Intensität) bereitstünden, da die natürliche Radioaktivität dazu nicht ausreiche. Die Lö-

Fotos: Archiv zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin

Von dem Nobelpreisträger Fritz Haber (1868-1934) war bislang kaum bekannt, daß er auch zur Teilchenbeschleunigung geforscht hat.

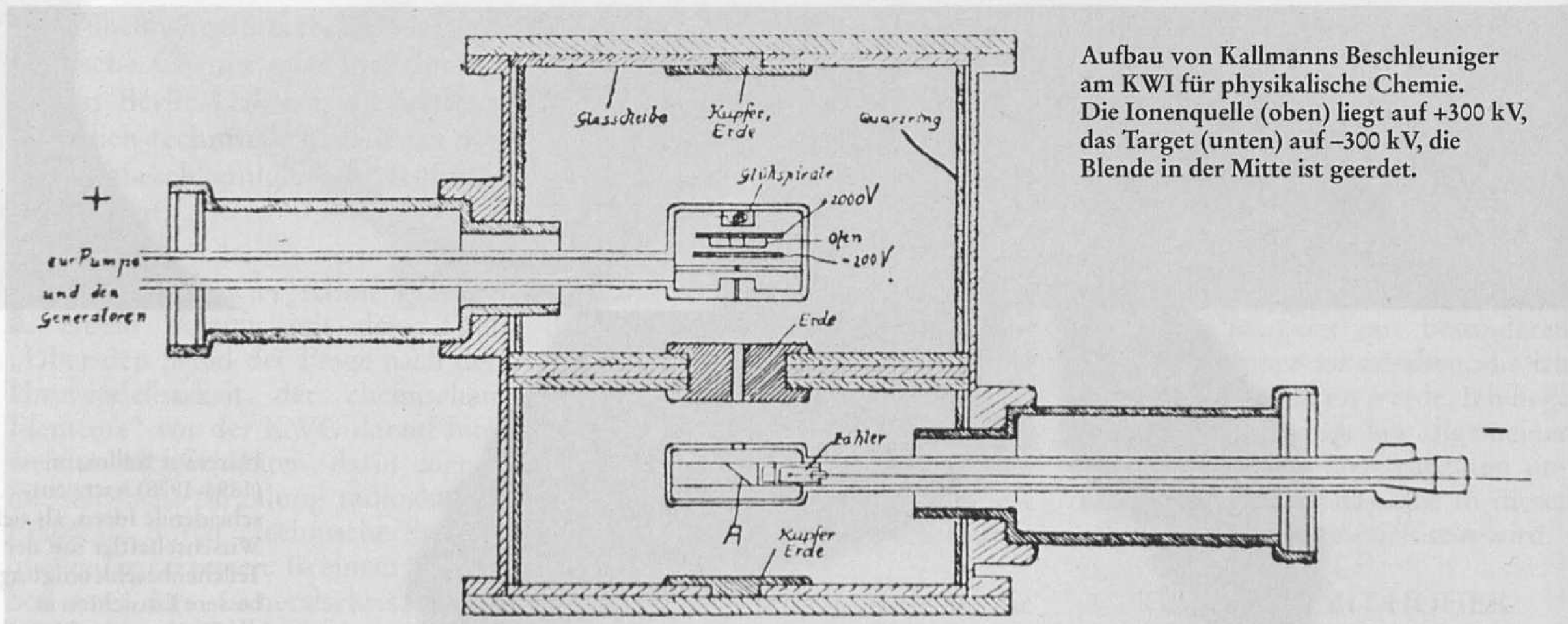
Hartmut Kallmann (1896-1978) hatte entscheidende Ideen, als sich Wissenschaftler mit der Teilchenbeschleunigung bessere Einsichten in die Struktur der Materie erhofften.

sung dieser Aufgabe war um 1930 kaum anders denkbar als nach dem Prinzip der „einfachen Beschleunigung“: Jedes der elektrisch geladenen Teilchen durchläuft ein elektrostatisches Feld, wobei es eine Energie E akkumuliert, die dem Produkt aus der Spannung U und der Teilchenladung e entspricht; die maximal erzielbare Teilchenenergie ist damit der Spannung proportional. Kernphysik evozierte deshalb die Nachfrage nach Vorrichtungen, die geeignet waren, extrem hohe elektrische Spannungen zu liefern.

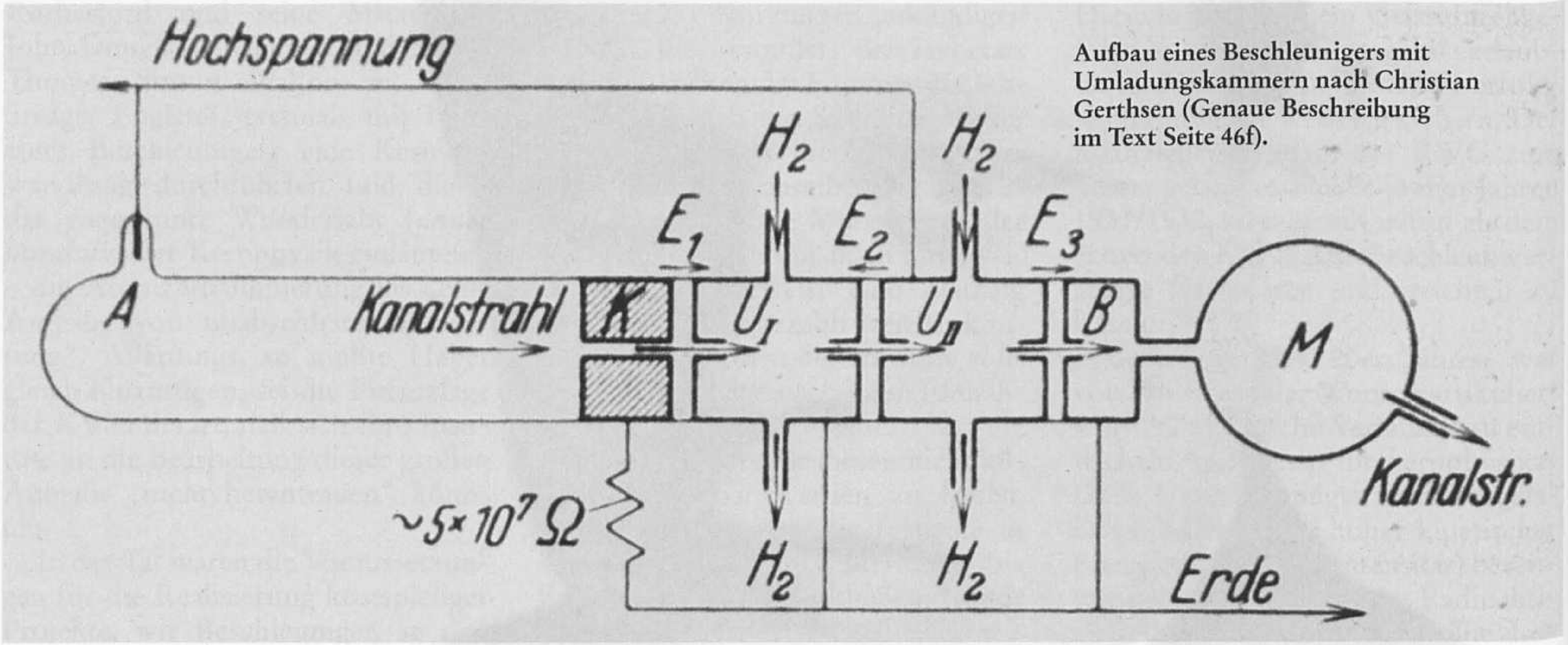
Ausschlaggebend für Habers Erfolg war eine Sachbeihilfe der *Rockefeller-Stiftung*. Im Sommer 1931 hatte sich Haber an die Stiftung mit der Bitte gewandt, für die Beschaffung einer Hochspannungsanlage 20 000 Reichsmark zu bewilligen. Es war dies nicht das erste Mal, daß sich Haber mit einem Antrag an die *Rockefeller-Stiftung* wandte; bereits 1930 hatte er für die von Herbert Freundlich geleitete kolloidchemische Abteilung des Instituts 10 000 US-Dollar aus Mitteln der *Rockefeller-Stiftung* beantragt. Der damalige Antrag war von den Amerikanern L. H. Reyerson und R. A. Gortner unterstützt worden; ersterer hatte anläßlich eines Gastaufenthaltes im Winter 1927/1928 festgestellt, daß das KWI „vielfach mit verhältnismäßig unmodernen und primitiven Apparaten arbeite“.

Habers erneutem Antrag auf Verbesserung der apparativen Ausstattung seines Dahlemer Instituts wurde stattgegeben, nachdem sich der stellvertretende Leiter des Europa-Büros der *Rockefeller-Stiftung*, Lauder W. Jones, anläßlich zweier Besuche in Dahlem im Juni 1931 und im April 1932 vor Ort von der Förderungswürdigkeit der Arbeiten hatte überzeugen können. Das KWI erhielt 1932 aus Mitteln der Stiftung 30 000 Reichsmark. Der größte Teil dieses Geldes, etwa 20 000 RM, wurde zur Beschaffung einer Hochspannungsanlage der Firma *Siemens* verwendet. Die Komponenten der Anlage wurden im April 1932 geliefert, noch bevor die endgültige Förderungszusage der *Rockefeller-Stiftung* vorlag.

Die Hochspannungsquelle sollte – mit einem in der Institutswerkstatt zu fertigenden Entladungsrohr verbunden – zu einem Beschleuniger ausgebaut werden. Mit diesen Arbeiten be-



Aufbau von Kallmanns Beschleuniger am KWI für physikalische Chemie. Die Ionenquelle (oben) liegt auf +300 kV, das Target (unten) auf –300 kV, die Blende in der Mitte ist geerdet.



Aufbau eines Beschleunigers mit Umladungskammern nach Christian Gerthsen (Genaue Beschreibung im Text Seite 46f).

traute Haber seinen Assistenten und Instituts-Verwaltungsleiter Hartmut Kallmann, der bei der Realisierung zu einer originellen Lösung fand.

Kallmann hatte bei Planck in theoretischer Physik promoviert, bevor er sich zu Beginn der 20er Jahre gemeinsam mit Paul Knipping am KWI für physikalische Chemie der Untersuchung von Ionisierungsprozessen in Gasen und Festkörpern zuwandte.

Im Kontext dieser seiner Forschungen lag es nahe, zur Produktion ionisierender Strahlungen neue Verfahren wie die Beschleuniger zu erproben. Die Finanzierung der *Rockefeller-Stiftung* vor Augen, konzipierte Kallmann eine Kombination aus der von *Siemens* gefertigten Hochspannungsquelle und einem „Entladungstopf", der sich durch unkomplizierte Handhabung und rasche Evakuierbarkeit auszeichnete. Die Anlage war – nach Überwindung technischer Schwierigkeiten – Anfang 1933 betriebsbereit.

Um extreme Spannungen zu erzielen, standen um 1930 bereits mehrere technische Verfahren zur Auswahl; die wenigsten Institute waren jedoch in der Lage, aus eigenen Mitteln, nur mit Unterstützung ihrer Institutswerkstatt, ein entsprechend komplexes Gerät selbst zu konstruieren und zu betreiben. Hochspannungsgeneratoren extremer Auslegung waren kostspielig in Anschaffung und Betrieb; nicht zuletzt deshalb, weil ihre Aufstellung nur in großen Hallen möglich war, da eine solche Anlage große Abstände gegen die auf Erdpotential liegenden Wände und Decken des Gebäudes einhalten muß, um den elektrischen Durchschlag der isolierenden Luft zu vermeiden.

Die Physiker der Zeit grübelten darüber, wie es möglich sein könnte, den aus der Verwendung extremer Spannung resultierenden technischen Zwängen zu entgehen. Eine bereits 1927 von Rolf Wideröe erkannte Möglichkeit bestand darin, die geladenen Teilchen dazu zu bringen, ein und dieselbe Spannung mehrfach (vielfach) zu durchlaufen, wobei sich ihre in jedem einzelnen Beschleunigungsschritt gewonnenen Energien aufsummieren.

Diese in den 30er Jahren im Linearbeschleuniger und im Zyklotron realisierte Möglichkeit erforderte den

Der "Tandem"-Beschleuniger nach Kallmann und Kuhn. Die Ionenquelle befindet sich links, das Target rechts, in der Mitte die gasdurchspülte Umladungskammer (sogenannter Gasstripper). Abb. 2 zeigt dasselbe mit Folie statt Gas (Folienstripper).

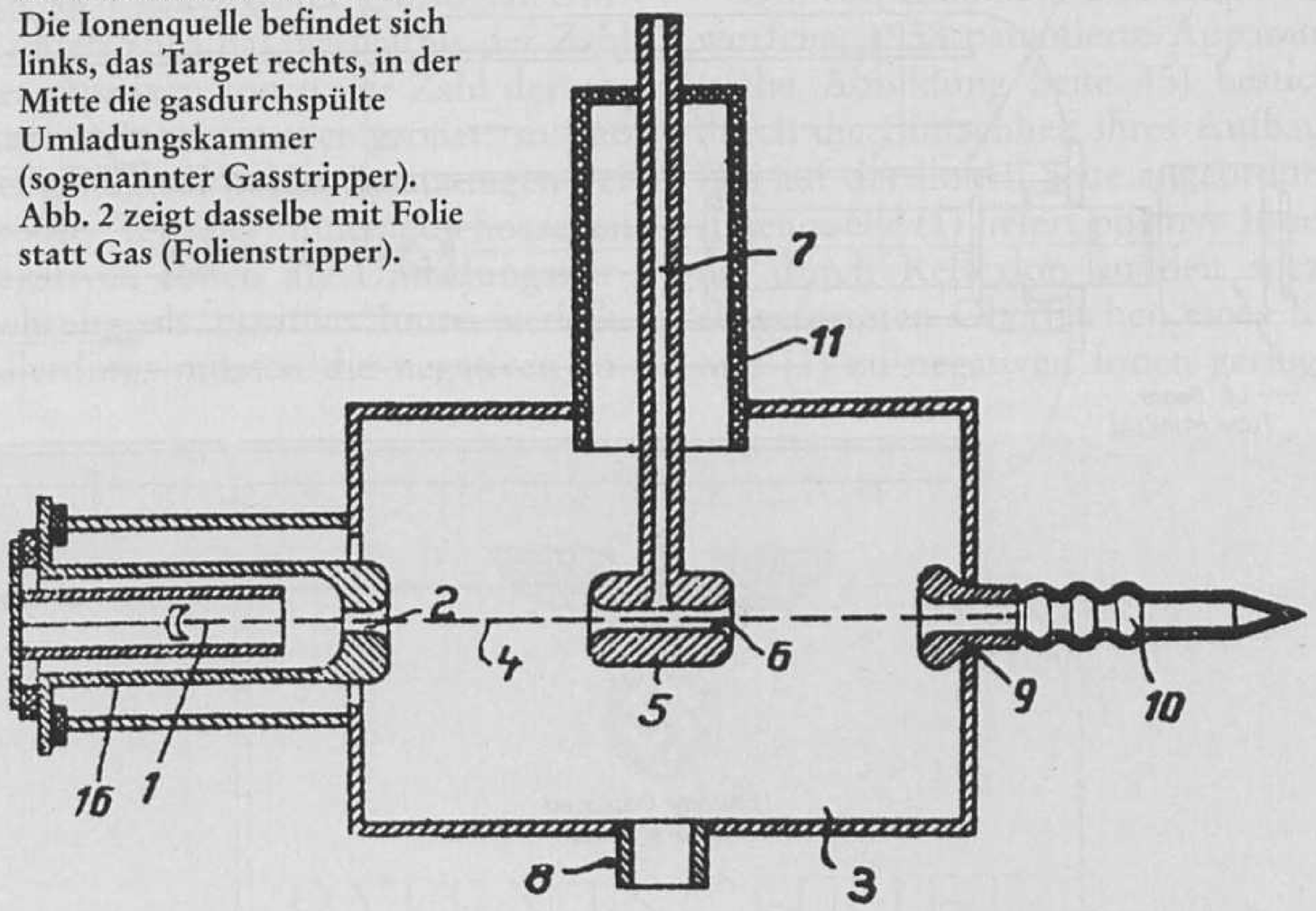
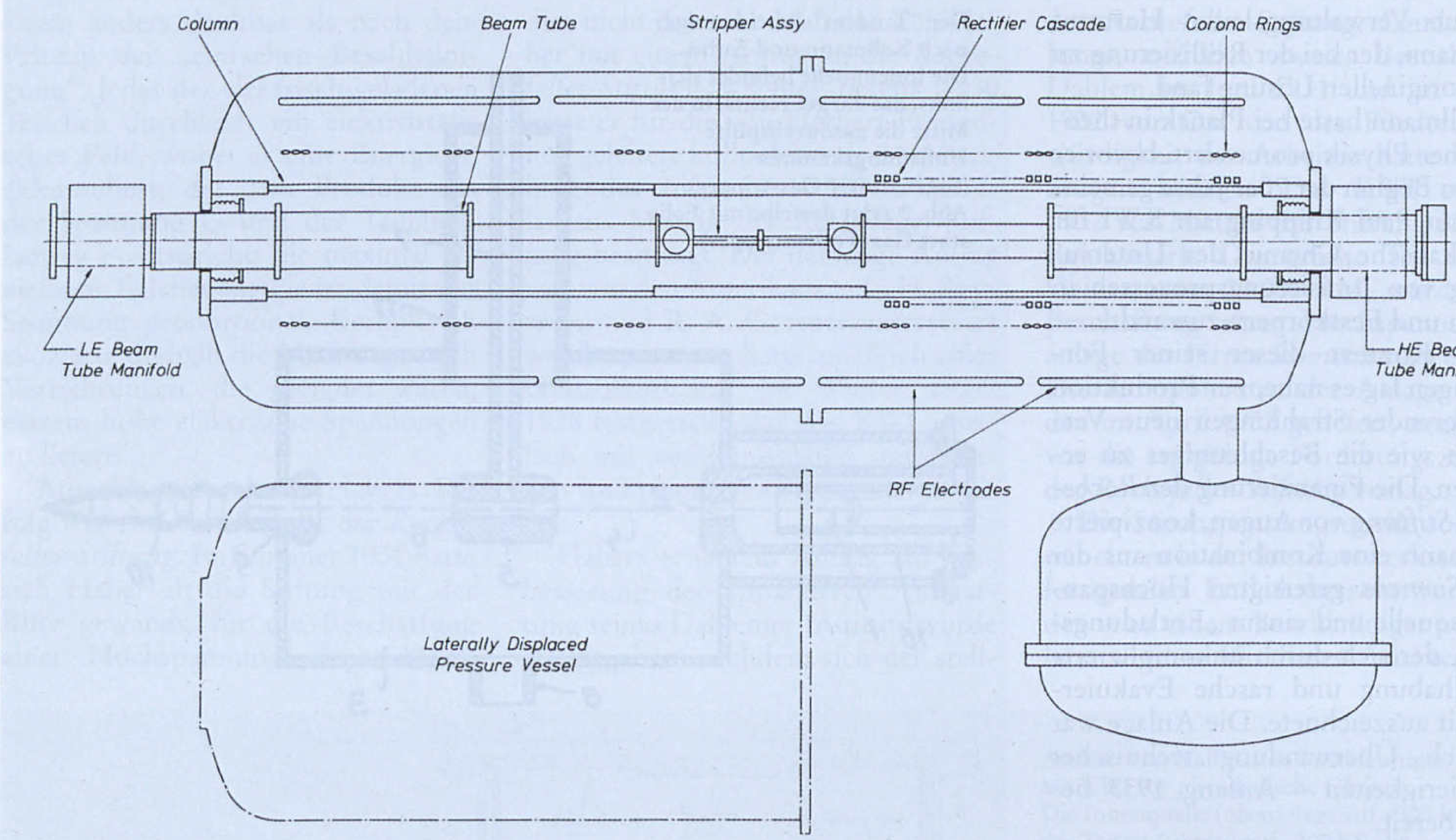


Abb.2 Abb.3 Abb.4

Einsatz hochfrequenter Wechselspannungen im Megahertz-Bereich, wie sie auch für die Mikrowellen- und die Radartechnik benötigt wurden – und damit die Beherrschung einer Technik, die damals erst in ihren Anfangsstadien steckte. Wollte man sich also auf die komplizierte und noch ganz unerforschte Technik der Mehrfachbeschleunigung nicht einlassen, blieb nichts anderes übrig, als im Bereich der Einfachbeschleunigung nach technischen „Tricks" zu suchen, die geeignet waren, die Hochspannungsproblematik zu entschärfen.

Einer dieser Tricks bestand darin, den Hochspannungserzeuger so zu konstruieren, daß er seine Gleichspannung doppelt, aber mit entgegengesetzter Polarität und symmetrisch gegen Erde anbot. Bei symmetrischen Spannungen von zum Beispiel ± 300 Kilovolt (kV) können Teilchen auf 600 keV beschleunigt werden, während jeweils nur 300 kV isoliert werden müssen. Dieser Schaltungstrick wurde an zahlreichen Laboratorien genutzt, da symmetrisch angelegte Hochspannungserzeuger von der Elektro- beziehungsweise Röntgen-Industrie schon serienmäßig angeboten wurden. Auch der Apparat, der von *Siemens* ans KWI für physikalische Chemie geliefert wurde, war ein solcher Spannungsverdoppler. Er lieferte für den von Kallmann konstruierten, symmetrisch zur Erde aufgebauten „Entladungstopf" ± 300 kV.

Abbildung: Deutsches Reichspatent Nr. 696 998 vom 5. September 1940



Schematischer Aufbau eines modernen Tandem-Beschleunigers. Der zum Gasstripper (Mitte) symmetrische Aufbau ist gut zu erkennen. Die Systemzeichnung stammt aus dem Dynamitron-Tandem-Laboratorium der Ruhr-Universität Bochum.

Anschließend ging Kallmann die Frage an, wie aus der zur Verfügung stehenden Spannung von zweimal 300 kV noch mehr an Teilchenenergie herausgeholt werden könne als die schon „serienmäßigen" 600 keV. Er verfiel dabei auf die Idee, bei der Ladung der Teilchen anzusetzen und anstelle der bis dahin üblichen einfach positiven Ionen des Wasserstoffs oder Deuteriums Ionen schwererer Elemente zu beschleunigen, da diese auch höhere Ladungszustände als einfach positiv aufweisen können: Die Energie E, die die Ionen im elektrischen Feld akkumulieren, ist ja nicht nur der Spannung U, sondern auch der Ladungszahl n proportional. Dreifache Ladung zum Beispiel bedeutet – wegen $E = n \cdot e \cdot U$ – auch dreifache Teilchenenergie.

Beschleunigt wurden daher neben Ionen des Wasserstoffs auch die des Lithiums, mit denen im dreiwertigen Zustand 1,65 MeV erreicht werden konnten. Durch das Anbringen geeigneter Targets hätte die Anlage auch zur Produktion von Neutronen verwendet werden können, die kurz zuvor, 1932, von Chadwick entdeckt worden waren.

Kallmanns Arbeit, die Aufbau, Wirkung und erste Meßergebnisse schildert, legte Haber noch am 6. April 1933 der *Preußischen Akademie der Wissenschaften* vor. Sie wurde in den Sitzungsberichten ihrer mathematisch-physikalischen Klasse abgedruckt.

NACH DER AUFLADUNG UMLADUNG DER TEILCHEN

Hatte man erst einmal bei der Teilchenladung angesetzt, so war es nur konsequent, diesen Gedanken zu Ende zu denken und neben der Aufladung auch die Umladung der Teilchen in Betracht zu ziehen: Bringt man ein Teilchen nach Durchlaufen der Beschleunigungsstrecke dazu, das Vorzeichen seiner Ladung, von + auf – oder umgekehrt, zu wechseln, so kann dieselbe Spannung noch ein weiteres Mal zu seiner Akzeleration verwendet, das Teilchen also auf die doppelte Energie beschleunigt werden.

Um eine Umladung – beziehungsweise die Veränderung des Ladungszustands allgemein – zu bewerkstelligen, müssen der Elektronenhülle des Ions Elektronen entnommen oder hinzugefügt werden. Dies geschieht, wenn Ionen nach ihrer ersten Beschleunigung durch eine dünne Materieschicht fliegen, die fest (Folie) oder gasförmig sein kann; sie wird im Neudeutsch der Physiker heute als „Stripper" (Abstreifer) bezeichnet. Beide Arten der Realisierung, sowohl der Gas- als auch der Folien-„Stripper", wurden von Kallmann bereits 1932/33 realisiert und erprobt. Einen Konkurrenten hatte er dabei in Christian Gerthsen, der an der Universität Tübingen mit einem ähnlichen Beschleuniger arbeitete.

Gerthsen verwandte 1932 ein sogenanntes Kanalstrahlrohr, das er für die Zwecke der Umladung modifiziert hatte (siehe Abbildung auf Seite 44). Die im Entladungsrohr links vorhandenen einfach positiven Ionen (Protonen) werden durch die Hochspannung beschleunigt, die zwischen der Anode A und der Kathode K anliegt. Die Kathode ist mittig durchbohrt, so daß die Ionen mitten hindurchfliegen können, wobei jener „Kanalstrahl" entsteht, nach dem die Anordnung benannt wurde. Der Kanalstrahl tritt nun in eine auf Erdpo-

tential liegende Kammer U I. Diese Kammer wird von molekularem Wasserstoff geringen Drucks durchspült. Beim Durchfliegen der Gasstrecke behalten die Protonen ihre Geschwindigkeit im wesentlichen bei, nehmen jedoch Elektronen aus dem Gas auf, wodurch ein Großteil von ihnen elektrisch neutralisiert wird. Dergestalt erstmalig umgeladen, sind sie „immun" gegen die Wirkung elektrischer Felder.

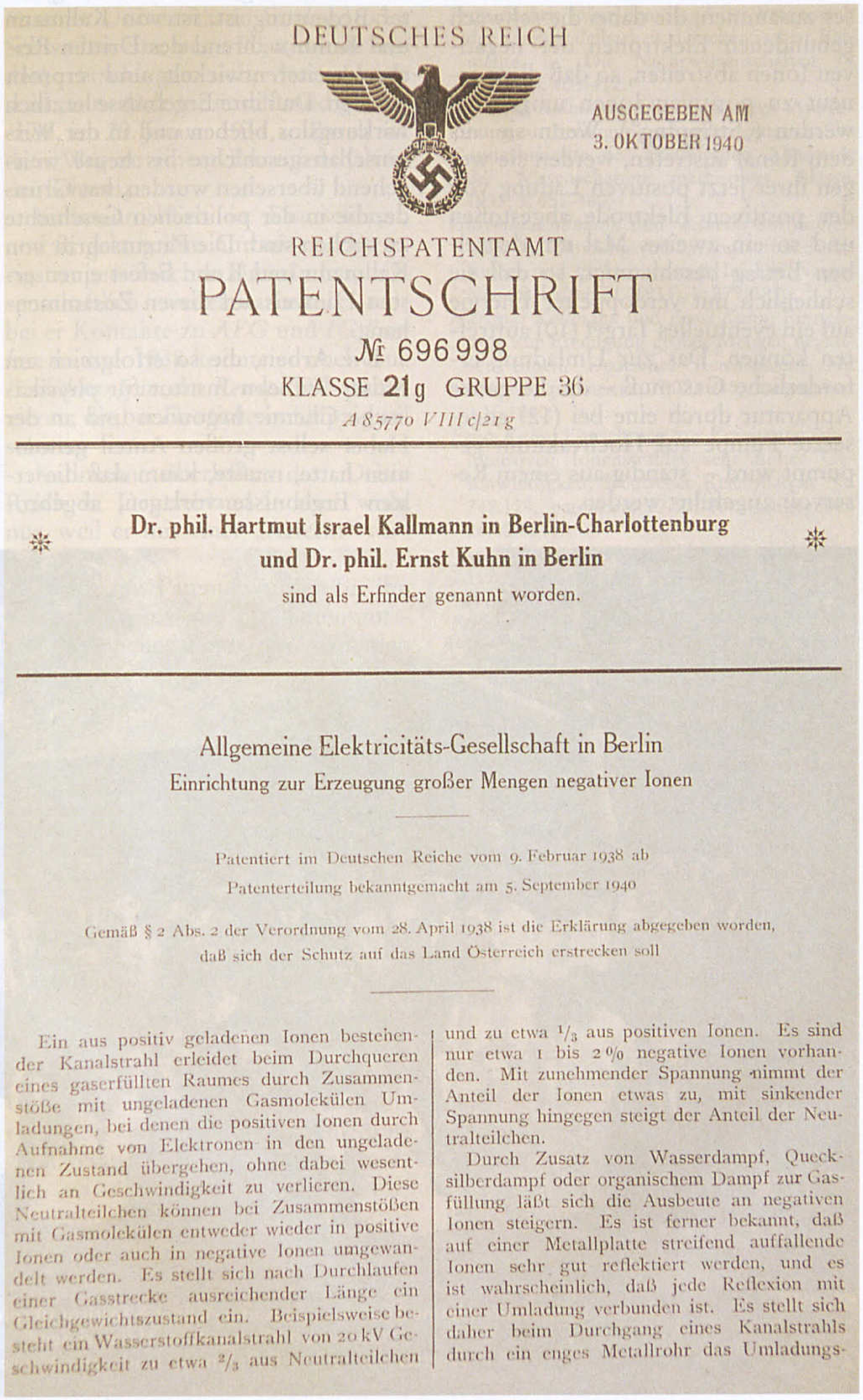
Obwohl die dann folgende Kammer U II wie die Anode auf Hochspannungspotential liegt, kann der aus neutralen Atomen bestehende Strahl ungebremst in U II eintreten. Ein Teil seiner Atome wird dort durch die Wirkung des Wasserstoffs aus dem neutralen in den einfach positiv geladenen Zustand zurückversetzt. Derart ionisiert, sind die Atome wieder empfindlich gegen elektrische Felder, weshalb sie beim Austritt aus U II erneut beschleunigt werden.

Die zweimal umgeladenen Protonen erreichen auf diese Weise eine Energie, die dem doppelten Wert der zwischen Anode und Erde liegenden Hochspannung entspricht. Durch die Nachschaltung weiterer Stufen ließe sich dieser Prozeß noch mehrfach wiederholen, bis die mit wachsender Protonen-Geschwindigkeit abnehmende Wahrscheinlichkeit, ein Elektron aufzunehmen, die Intensität des Strahls zu stark herabsetzt.

Der Nachteil des von Gerthsen angewandten Verfahrens bestand in seiner geringen Ausbeute. Bei der Neutralisierung der positiven Ionen geht der Anteil der Neutralteilchen bei hohen Spannungen auf etwa ein Promille zurück, und nur dieser fast verschwindend geringe Bruchteil steht für eine erneute Beschleunigung zur Verfügung. Kallmann und sein Mitarbeiter Ernst Kuhn suchten daher nach einer Alternative.

Kallmann und Kuhn gründeten ihr Verfahren nicht auf die Neutralisierung positiver Ionen, sondern setzten bei negativen Ionen an, da die Umladung von negativen Ionen zu neutralen Teilchen und die anschließende Umladung zu positiven Ionen mit einer bedeutend größeren Ausbeute vor sich geht. Unter günstigen Umständen wird das Verhältnis der Zahl der positiven Ionen zur Zahl der negativen Ionen immer größer, so daß bei genügend hohen Spannungen der größte Teil der hineingeschossenen negativen Ionen die Umladungsvorrichtung als positive Ionen verläßt. Allerdings müssen die negativen Ionen vor ihrer ersten Beschleunigung erst „hergestellt" werden.

Die von Kallmann und Kuhn entworfene, 1938 patentierte Apparatur (siehe Abbildung Seite 45) besticht durch die Einfachheit ihres Aufbaus. Die auf der linken Seite angeordnete Ionenquelle (1) liefert positive Ionen, die durch Reflexion an den speziell geformten Oberflächen eines Kanals (3) zu negativen Ionen geringer



DEUTSCHES REICH

AUSGEGEBEN AM
3. OKTOBER 1940

REICHSPATENTAMT

PATENTSCHRIFT

№ 696 998

KLASSE 21g GRUPPE 36

A 85770 VIII c/21 g

Dr. phil. Hartmut Israel Kallmann in Berlin-Charlottenburg
und Dr. phil. Ernst Kuhn in Berlin
sind als Erfinder genannt worden.

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin

Einrichtung zur Erzeugung großer Mengen negativer Ionen

Patentiert im Deutschen Reiche vom 9. Februar 1938 ab
Patenterteilung bekanntgemacht am 5. September 1940

Gemäß § 2 Abs. 2 der Verordnung vom 28. April 1938 ist die Erklärung abgegeben worden, daß sich der Schutz auf das Land Österreich erstrecken soll

Ein aus positiv geladenen Ionen bestehender Kanalstrahl erleidet beim Durchqueren eines gaserfüllten Raumes durch Zusammenstöße mit ungeladenen Gasmolekülen Umladungen, bei denen die positiven Ionen durch Aufnahme von Elektronen in den ungeladenen Zustand übergehen, ohne dabei wesentlich an Geschwindigkeit zu verlieren. Diese Neutralteilchen können bei Zusammenstößen mit Gasmolekülen entweder wieder in positive Ionen oder auch in negative Ionen umgewandelt werden. Es stellt sich nach Durchlaufen einer Gasstrecke ausreichender Länge ein Gleichgewichtszustand ein. Beispielsweise besteht ein Wasserstoffkanalstrahl von 20 kV Geschwindigkeit zu etwa $^2/_3$ aus Neutralteilchen und zu etwa $^1/_3$ aus positiven Ionen. Es sind nur etwa 1 bis 2 % negative Ionen vorhanden. Mit zunehmender Spannung nimmt der Anteil der Ionen etwas zu, mit sinkender Spannung hingegen steigt der Anteil der Neutralteilchen.

Durch Zusatz von Wasserdampf, Quecksilberdampf oder organischem Dampf zur Gasfüllung läßt sich die Ausbeute an negativen Ionen steigern. Es ist ferner bekannt, daß auf einer Metallplatte streifend auffallende Ionen sehr gut reflektiert werden, und es ist wahrscheinlich, daß jede Reflexion mit einer Umladung verbunden ist. Es stellt sich daher beim Durchgang eines Kanalstrahls durch ein enges Metallrohr das Umladungs-

Foto: Kultur & Technik

Titelblatt zum Deutschen Reichspatent Nr. 696 998 von Kallmann und Kuhn vom 5. September 1940. Der zur Diskrimierung der Juden erlassene Zwangsvorname „Israel" war von den Nationalsozialisten im August 1938 eingeführt worden.

Geschwindigkeit umgeladen werden. Diese negativen Ionen werden von einer gegen die geerdete Apparatur isolierten und positiv geladenen Hochspannungselektrode (6) angezogen, somit ein erstes Mal beschleunigt.

Die Elektrode selbst ist mittig durchbohrt. Der so entstehende Kanal (7) ist mit Gas gefüllt, das über ein Rohr (8) ständig zugeführt wird. Beim Durchfliegen des Kanals stoßen die Ionen mit den Molekülen des Gases zusammen, die dabei die schwach gebundenen Elektronen der negativen Ionen abstreifen, so daß diese erneut zu positiven Ionen umgeladen werden („Stripping"). Wenn sie aus dem Kanal austreten, werden sie wegen ihrer jetzt positiven Ladung von der positiven Elektrode abgestoßen und so ein zweites Mal um denselben Betrag beschleunigt, so daß sie schließlich mit verdoppelter Energie auf ein eventuelles Target (10) auftreffen können. Das zur Umladung erforderliche Gas muß – da die ganze Apparatur durch eine bei (12) angesetzte Pumpe auf Hochvakuum gepumpt wird – ständig aus einem Reservoir zugeführt werden.

Der Umladungseffekt kann auch erzielt werden, so die Autoren, wenn die Hochspannungselektrode nicht als Gasstufe, sondern als ein durch eine dünne Folie verschlossener Ring ausgebildet wird, womit unter anderem der sogenannte „Folienstripper" beschrieben ist.

Das Umladungs- oder „Tandem-Prinzip", das in der Technik der Beschleuniger, vor allem in der Schwerionenforschung, bis heute von größter Bedeutung ist, ist von Kallmann und Kuhn während des Dritten Reiches weiterentwickelt und erprobt worden. Daß ihre Ergebnisse letztlich wirkungslos blieben und in der Wissenschaftsgeschichte bis heute weitgehend übersehen wurden, hat Gründe, die in der politischen Geschichte zu suchen sind. Die Patentschrift von Kallmann und Kuhn liefert einen ersten Hinweis auf diesen Zusammenhang.

Die Arbeit, die so erfolgreich am Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie begonnen und an der Haber selbst großen Anteil genommen hatte, mußte, kaum daß die ersten Ergebnisse vorlagen, abgebrochen werden. Das NS-Gesetz „zur Wiederherstellung des Berufsbeamtentums" vom 7. April 1933 bildete den Auftakt einer Welle von Verordnungen, die zum Ziel hatten, Juden aus allen Bereichen öffentlichen Lebens „auszuschalten".

POLITISCHES AUS FÜR DIE FORSCHUNG

Durch die Politik der Nationalsozialisten eines Teils seiner Mitarbeiter beraubt und in seiner eigenen Stellung gefährdet, sah Haber keine andere Wahl, als das Direktorat des KWI für physikalische Chemie zum 1. Oktober 1933 niederzulegen. Jüdische Mitarbeiter des Instituts, darunter Kallmann, wurden entlassen.

Als Folge dieser Maßnahme entstand ein unwürdiges Gezerre um die Verwertung der aus Rockefeller-Mitteln beschafften Apparate. Nachdem eine informelle, zwischen Planck und Haber im Juni 1933 getroffenen Vereinbarung, wonach die das Institut etwa zeitgleich mit Haber verlassenden Mitarbeiter Freundlich und Kallmann einen Teil ihrer Apparaturen hätten

Fritz Haber nimmt Abschied von Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und seinen Mitarbeitern. Haber sitzend dritter von rechts, Kallmann sitzend erster von rechts.

mit sich nehmen dürfen, dem Kultusministerium zur Kenntnis gelangt war, wurden dort alle Hebel in Bewegung gesetzt, den Abzug der Geräte zu stoppen.

Auf Weisung des Kultusministeriums wurden die Geräte der Abteilung Freundlich, die bereits für den Versand nach England vorbereitet waren, durch Telschow im KWI sistiert. Durch Vermittlung Otto Hahns, der interimistisch mit der Leitung des KWI beauftragt worden war, gelang es im Oktober 1933 schließlich doch noch, in der Frage der Überlassung der Apparate die Zustimmung der Vertreter des Reichsministeriums des Innern und des Preußischen Kultusministeriums zu erwirken. Haber wurden darüber hinaus noch zehn Prozent des „Haber Fonds" zugebilligt, um der KWG Apparate beziehungsweise Komponenten „abzukaufen", die nicht aus Mitteln der *Rockefeller-Stiftung* bezahlt worden waren, sondern aus Institutsmitteln. Kallmann durfte seinen aus Rockefeller-Mitteln bezahlten Apparat also mitnehmen – doch was nützt die schönste Apparatur, wenn kein Labor mehr vorhanden ist, um sie aufzustellen?

Das Habersche Institut wurde von den Nazis in den Dienst der Kriegsforschung gestellt; zu seinem Direktor wurde Gerhard Jander ernannt. Proteste Plancks gegen den Oktroi des fachlich ungeeigneten Kandidaten fruchteten nichts; später wurde Jander zwar durch Peter Adolf Thießen abgelöst, aber das KWI blieb unter der Verwaltung der Wehrmacht und diente der Rüstungsforschung.

Wäre es den Nationalsozialisten bei der Übernahme des KWI allein um die Sache, also die Effizienz wehrwissenschaftlicher Forschung, und nicht um ihre rassistische Ideologie gegangen, hätten sie die Vertreibung der jüdischen Wissenschaftler nachhaltig bedauern müssen: Die erste und einzige angewandte Forschungsarbeit, die Kallmann unter Einsatz seiner neuen Apparatur auf dem Gebiet der Ionisierung von Festkörpern angefertigt hatte, betraf „die Zündung von Sprengstoffen durch Ionen- und Elektronenstoß". Sie war, auf ausdrücklichen Wunsch Habers und „weil er die Resultate für wissenschaftlich wichtig und interessant hielt", noch im Jahre 1933 publiziert worden.

Haber ging ins britische Exil, wo er alles daran setzte, für seine ehemaligen Mitarbeiter neue Stellungen zu finden. Auch Kallmann dachte an Emigration. Bereits aus der KWG entlassen, war ihm im September 1933 auch noch seine Lehrbefugnis als Privatdozent an der Universität Berlin entzogen worden. Seine Hoffnungen, durch Vermittlung Habers an einer Universität in England oder Schweden eine neue Position zu finden, zerschlugen sich, denn Haber starb, innerlich enttäuscht und gebrochen, am 29. Januar 1934, in Basel, auf dem Weg zu einem Kuraufenthalt in der Schweiz.

Kallmann blieb in Deutschland, und es gelang ihm nur unter schwierigsten persönlichen Umständen, wissenschaftlich weiterzuarbeiten, wobei er Kontakte zu *AEG* und *IG Farben* nutzte. 1938 konnte er noch eine *Einführung in die Kernphysik* publizieren, die bei *Deuticke* in Leipzig erschien.

Kallmann überlebte das Dritte Reich in Deutschland – aber wohl nur, weil er mit einer „Arierin" verheiratet war.

Kallmanns Patente wurden für ihn wertlos, als sie – wie alles Patentgut – als „feindliches Eigentum" von den Alliierten beschlagnahmt wurden.

Nach Kriegsende kehrte Kallmann an seine erste Wirkungsstätte, an das KWI für physikalische Chemie, zurück. Gleichzeitig übernahm er eine Professur für theoretische Physik an der TU Berlin, wo er mit seinen Schülern Immanuel Broser und Liselotte Herforth unter primitiven Bedingungen bedeutende Beiträge zur Entwicklung des Szintillationszählers lieferte. 1948 ging er in die USA.

Nach langen, erfolgreichen Jahren als Professor of Physics an der New York University kam er 1968 nach Deutschland zurück, wo er zehn Jahre später, am 11. Juni 1978, in München verstarb. Unter seinen mehr als 200 wissenschaftlichen Veröffentlichungen haben ihn die zur Neutronen-Radiographie und zum Szintillationszähler bekannt gemacht; daß er zu den Erfindern des Tandem-Prinzips der Beschleuniger-Technologie gehörte, blieb eine bis heute kaum beachtete Episode. □

HINWEISE ZUM WEITERLESEN

Albert Bouwers: Elektrische Höchstspannungen. Berlin 1939.

Peter Brix: Anfänge und Fortschritte der Schwerionenforschung. Festvortrag zum 70. Geburtstag von Christoph Schmelzer. Darmstadt 1979 (GSI-Report 79-1).

Christian Gerthsen: Ein Multiplikationsverfahren von Kanalstrahlenenergien und seine Anwendung auf Atomzertrümmerung, in: Die Naturwissenschaften 20 (1932), S. 743-744.

Fritz Haber: Über den Stand der Frage nach der Umwandelbarkeit der chemischen Elemente, in: Die Naturwissenschaften 14 (1926), S. 405-412.

Hartmut Kallmann: Über eine neue Anordnung zur Erzeugung schneller Ionen, in: Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften, math.-phys. Klasse, 1933, S. 451-460.

Hartmut Kallmann und *Wilhelm Schränkler*: Über die Zündung von Sprengstoffen durch Ionen- und Elektronenstoß. In: Die Naturwissenschaften 21 (1933), S. 379-382.

Hartmut Kallmann und *Ernst Kuhn*: Einrichtung zur Erzeugung großer Mengen negativer Ionen, Deutsches Reichspatent Nr. 696.998, patentiert 09.02.1938, ausgegeben 3.10.1940.

Ernst Kuhn: Einrichtung zur Erzeugung eines intensiven Ionenstrahles sehr hoher Geschwindigkeit, Deutsches Reichspatent Nr. 748.124, patentiert 22.10.1937, ausgegeben 26.10.1944.

Gerald Oster: A Young Physicist at Seventy Hartmut Kallmann, in: Physics Today 1966, Nr. IV, S. 51-54.

Ernest Rutherford: Address of the president, in: Proceedings of the Royal Society (London) 117 A (1928), S. 300-316.

Grace M. Spruch: Obituary Hartmut Kallmann, in: Physics Today 1978, Nr. X, S. 76-78.

Dietrich Stoltzenberg: Fritz Haber. Chemiker, Nobelpreisträger, Deutscher, Jude. Weinheim 1994.

Rudolf Vierhaus und *Bernhard vom Brocke* (Hrsg.): Wissenschaft im Spannungsfeld von Politik und Gesellschaft. Stuttgart 1990.

Peter Christian Witt: Wissenschaftsfinanzierung zwischen Inflation und Deflation, in: *R. Vierhaus* und *B. vom Brocke* (Hrsg.): Wissenschaft im Spannungsfeld von Politik und Gesellschaft, Stuttgart 1990, S. 579-656.

DER AUTOR

Burghard Weiss, geboren 1954, Dr. rer. nat., Privat-Dozent, ist Wissenschaftshistoriker. Er lehrt an der TU Berlin und an der Medizinischen Universität zu Lübeck. Er veröffentlichte unter anderem *Großforschung in Berlin*, Frankfurt 1994. Er arbeitet an einer Studie zur Beschleunigerentwicklung vor 1945.

Im Ukrainischen Physikalisch-technischen Institut in Charkow, 1934. In der ersten Reihe (von links): Schubnikow, Leipunski, Landau, Kapitza. In der zweiten Reihe (von links): Finkelstein, Trapesnikova, Sinelnikov und Rjabinin.

ZWISCHEN RUHM UND VERFOLGUNG

Pjotr Leonidowitsch Kapitza (1894 –1984)
Lev Davidowitsch Landau (1908–1968)

VON ALEXEJ KOJEVNIKOV
AUS DEM ENGLISCHEN VON ANDREAS GOTTWALD

Kapitza und Landau sind die beiden berühmtesten Wissenschaftler, die am Aufstieg der Physik in der Sowjetunion mitgewirkt haben. Beide standen mit den großen europäischen Schulen in Verbindung, beide waren institutionelle Führer der Physikergemeinde in ihrem Land; und nicht zuletzt stießen beide auf öffentliches Interesse. Kapitza und Landau sind das Symbol der sowjetischen Physik: der eine als beispielhafter Experimentator, der andere als Theoretiker. Beide erhielten den Nobelpreis.

Pjotr Kapitza wurde am 9. Juli 1894 in Kronstadt, einer Festungsinsel in der Nähe von St. Petersburg, als Kind einer adeligen Familie geboren. Sein Vater war Militäringenieur und Oberst der russischen Armee.

Die Physik war in Rußland ein unterentwickeltes Fach, auch im Vergleich zu Chemie und Mathematik. Die Akademie der Wissenschaften, die Universitäten und die anderen höheren Bildungseinrichtungen besaßen nur etwa 30 Lehrstühle. Die Sektion Physik der *Russischen Physikalisch-chemischen Gesellschaft* zählte ungefähr 200 Mitglieder. Sie gab die einzige physikalische Zeitschrift des Landes heraus, etwa 50 Aufsätze aus der Forschung pro Jahr. Die erste forschungsorientierte Schule entstand nach 1900 an der Moskauer Universität um Pjotr Lebedev.

Ein moderner Forschungsstil wurde von Abraham Joffe, Dmitri Rošdestwenski und dem Österreicher Paul Ehrenfest in Petersburg eingeführt; sie hatten aber nur untergeordnete akademische Posten inne. Ehrenfest ging 1912 nach Leiden, und Rošdestwenski übernahm 1915 einen Lehrstuhl an der Universität und die Leitung des physikalischen Instituts. Joffe, der nicht auf den zweiten Lehrstuhl gewählt wurde, brach seine Verbindungen mit der Universität und nahm eine Professor am Polytechnischen Institut an.

Als sich die neue kommunistische Regierung 1917 um die politische Kontrolle des höheren Unterrichts bemühte, unterstützte sie bereitwillig die wissenschaftlichen Forschungsinstitute. Joffe konnte jetzt das Physikalisch-technische Institut gründen, in dem Kapitza nach seinem Abschluß Anfang 1919 Mitglied wurde. Über seinen politischen Standpunkt ist nur wenig bekannt. Wahrscheinlich hatte er sozialistische Sympathien und blieb loyal.

Joffe nahm Kapitza als Assistent auf seine Reise nach Großbritannien mit. Kapitza befand sich in einer verzweifelten Stimmungslage: Die Spanische Grippe hatte seine Frau und sein Kind hingerafft. In Cambridge willigte Ernest Rutherford ein, ihn im Cavendish-Labor aufzunehmen. Sein Aufenthalt in England sollte ursprünglich nur einige Monate dauern, es wurden aber 13 Jahre daraus.

Im Cavendish-Labor bestimmte Kapitza den Energieverlust von Alpha-Teilchen. Dazu waren stärkere Magnetfelder erforderlich, um die Teilchenbahnen hinreichend krümmen zu können. Kapitza schlug 1923 vor, anstelle konstanter sehr kurz gepulste Magnetfelder zu benutzen, die wesentlich stärker gemacht werden konnten. Rutherford förderte dieses Projekt, und Kapitza begann jetzt, seine eigenen Ideen zu entwickeln, wobei er schließlich Rutherfords favorisierte Strahlen-Studien aufgab.

Kapitzas Karriere verlief schnell: 1923 erhielt er seinen Doktortitel, 1925 wurde er graduierter Stipendiat am Trinity College, und 1929 wurde er in die *Royal Society* aufgenommen. Obwohl Kapitza die englische Sprache nie korrekt beherrschte, brachte er Leben in die Cambridger Gemeinde. Seit 1922 veranstaltete er ein informelles Seminar junger Physiker, das als Kapitza-Club bekannt wurde. Rutherford verlieh er den Spitznamen „Krokodil". Kapitza näherte sich seinem Chef zwar mit einer Mischung aus Furcht und Bewunderung, aber er verkehrte mit ihm nicht so formell wie die anderen Schüler.

Bei der Erfindung eines Generators für superstarke Magnetfelder zeigte Kapitza, daß er die Fähigkeiten eines Physikers und die Talente eines Ingenieurs besaß. Diese Kombination war für seinen Forschungsstil charakteristisch. Er erzeugte Magnetfelder von 300 000 Gauß und nutzte sie zum Studium der magnetischen Eigenschaften von Festkörpern.

Kapitzas große, industriell hergestellte Maschinen markierten den Übergang des Cavendish-Labors zur „Großen Physik". Sie erforderten viel Platz, und 1930 gelang es Rutherford, von der *Royal Society* das Geld für ein neues Labor zu bekommen. Es wurde 1931 gebaut, und Kapitza wurde zu seinem Direktor ernannt. Dort stellte er im April 1934 sein erstes flüssiges Helium her. Weitere Ex-

Foto aus: Gennady Gorelik: „Meine antisowjetische Tätigkeit..." – Russische Physiker unter Stalin. Wiesbaden 1995

perimente kamen nicht mehr zur Ausführung. Als er 1934 in die Sowjetunion reiste, wurde ihm die Rückkehr nach England verweigert.

LANDAU: LEBEN IN LENINGRAD UND CHARKOW

Lev Landau wurde am 22. Januar 1908 in Baku als Kind einer gutgestellten jüdischen Familie des Chefingenieurs einer Ölgesellschaft geboren. Sehr früh zeigte das Kind außergewöhnliches Interesse und großes Talent für die Mathematik und lernte hauptsächlich alleine. Als Landau 13 war, kannte er bereits die Infinitesi-

Abram F. Joffe (links), Ende der 20er Jahre.

malrechnung und hegte Selbstmordgedanken. Wegen seines Eigensinns und mangelnden Gehorsams hatte er zeitweilig am Gymnasium Schwierigkeiten.

Nachdem die Kommunisten 1920 die Macht in Baku übernommen hatten, wurden die Gymnasien durch neue Schulen ersetzt, und das ganze Erziehungssystem durchlief revolutionäre und chaotische Umwälzungen. Landau studierte zu Hause, dann an einer Berufsschule, zusammen mit seiner älteren Schwester, die mit ihm die gleiche Klasse besuchte.

1922 bestand er ohne formellen Schulabschluß die Aufnahmeprüfungen für die physikalisch-mathematische Abteilung der neuorganisierten Universität von Baku.

Die sowjetische theoretische Physik erhielt Zuwendungen aus der *Rockefeller-Stiftung*. Im Jahr 1925 gingen Frenkel und Krutkov, 1927 Fock und 1929 Gamov mit einem einjährigen Graduiertenstipendium nach Mitteleuropa. Landau reiste zwischen Oktober 1929 und April 1930 zunächst mit einem sowjetischen Stipendium nach Berlin, Göttingen, Leipzig, Zürich und Kopenhagen. Als er von der *Rockefeller-Stiftung* sein Graduiertenstipendium erhielt, teilte er das Jahr zwischen Cambridge, Kopenhagen und Zürich auf. Er bedauerte, daß die interessanten Probleme der Quantenmechanik bereits gelöst waren: Die Physiker arbeiteten jetzt an ihrer Anwendung auf den Festkörper und an Problemen der relativistischen Quantenmechanik.

In Cambridge traf Landau mit Kapitza zusammen, dem er bei seiner Untersuchung des Elektronen-Diamagnetismus von Metallen Anregungen verdankte. Wolfgang Pauli hatte 1927 erklärt, daß der Paramagnetismus vom Elektronenspin herrühre; Landau zeigte, daß diese Erklärung nicht ausreichte, weil die Bewegung der Elektronen in einem Magnetfeld einen zusätzlichen magnetischen Quanteneffekt mit entgegengesetztem Vorzeichen hervorruft.

Paulis Kritik an der relativistischen Quantenphysik hatte zwei von Landau und Rudolf Peierls in Zürich verfaßte Artikel zur Folge. Sie formulierten ein korpuskulares Äquivalent zur Heisenberg-Paulischen Quantenfeldtheorie, weil diese nicht die fundamentalen Schwierigkeiten zu lösen vermochte. Der zweite Artikel enthielt eine radikale Kritik der relativistischen Quantentheorie und behauptete, daß die fundamentalen Grenzen der Meßbarkeit hier viel stärker als in der nichtrelativistischen Quantenmechanik seien und die weitere Revolution der physikalischen Begriffe unausweichlich mache. Bohr und Rosenfeld haben drei Jahre danach eine Erwiderung auf Landau und Peierls geschrieben.

Landau kehrte im März 1931 nach Leningrad zurück, ein reifer Physiker, aber noch nicht ein reifer Mann. Seine Aufgabe – wie er sie verstand – war die Begründung einer sowjetischen theoretischen Physik. Er bekam eine Stelle an Joffes Institut, aber er blieb dort nicht lange. Im Sommer 1932 wurde er nach Charkow versetzt, der damaligen Hauptstadt der Ukraine, um dort an dem 1930 eröffneten Ukrainischen Physikalisch-technischen Institut (UFTI) zu arbeiten.

Das UFTI sollte das erfolgreichste unter den neuen Instituten werden, die mit Joffes Unterstützung im ganzen Land entstanden. Mehrere junge ukrainische und Leningrader Physiker bildeten seinen Kern. Sie waren die ersten im Land, die Nuklearphysik und Tieftemperaturforschung betrieben und die theoretische Physik auch als selbständige Disziplin behandelten.

Lev Kamenev, einst ein wichtiger Bolschewik und damals Leiter der wissenschaftlichen Abteilung des Industrie-Ministeriums, hatte Kapitza 1929 eingeladen, das UFTI zu leiten. Obwohl Kapitza noch in Cambridge bleiben wollte, nahm er die Stellung eines offiziellen Beraters des UFTI an. Er besuchte die Sowjetunion häufig während der Sommerferien und kam manchmal auch nach Charkow. Der 30jährige Lew Schubnikov leitete dort das Tieftemperaturlabor. Er erwarb einen Meissner-Verflüssiger, experimentierte ab 1932 mit flüssigem Helium und leistete bedeutende Beiträge zur Kenntnis der Supraleitung.

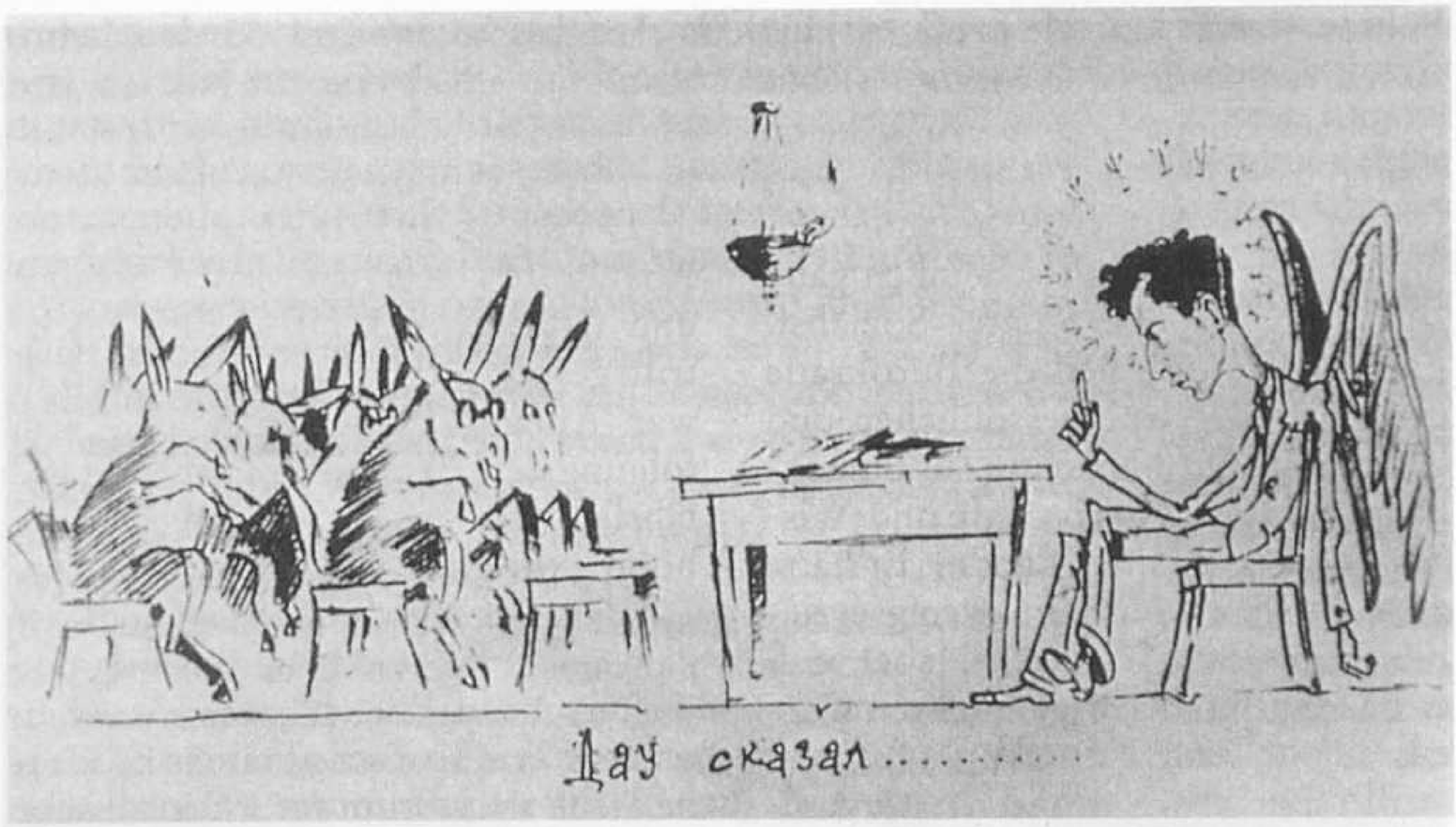
Eine ähnliche Entwicklung vollzog sich in der theoretischen Physik. Während Joffe versuchte, Ehrenfest für Charkow zu gewinnen, wurde die Theorie zunächst von Ivanenko und seit 1932 von Landau vertreten. Als Ivanenko nach Leningrad zurückkehrte, nahm Landau seine Position ein. Nach und nach baute Landau nun seine eigene Schule auf. Dabei verlangte er nicht nur die wissenschaftliche, sondern auch die persönliche Unterordnung seiner Schüler. Die ersten waren Alexander Kompaneetz, Evgeni Lifšitz, Jusik Pomerančuk und Alexander Achieser.

Ehe Landau neue Aspiranten annahm, prüfte er sie gründlich in verschiedenen Zweigen der theoretischen Physik. Dieses System wurde später als Landau-Minimum kodifiziert.

Landau verließ nun das Gebiet der Grundlagenforschung und verlangte

von sich selbst und seinen Schülern konkrete Ergebnisse. Es wurden Berechnungen in der Quantenelektrodynamik, über Paarbildung und über die Streuung von Photonen an Photonen durchgeführt. Die Hauptleistungen der Charkower Zeit aber fallen in das Gebiet der Theorie der Festkörper. 1933 sagte Landau das Phänomen des Antiferromagnetismus voraus und stellte eine entsprechende Theorie auf. Damit wurde die Frage nach der internen Struktur von Magneten eröffnet und die Domänentheorie des Ferromagnetismus (1935) begründet.

Es folgte 1937 die allgemeine Theorie der Phasenübergänge der ersten und der zweiten Art. Durch Diskussionen mit Schubnikov angeregt, versuchte Landau, das Problem der Supraleitung zu lösen. Er stellte 1937 eine Theorie des Zwischenzustandes auf, bei dem sich Schichten von supraleitenden und normalen Phasen abwechseln.



Karikatur Lev D. Landaus von A. Jusefovič mit der Unterschrift: „Dau sagte..."

WISSENSCHAFTLICHE ERFOLGE UND POLITISCHE SCHWIERIGKEITEN

Kapitza geriet 1934 in eine unangenehme Lage. Ihn in der Sowjetunion festzuhalten, entsprach der neuen politischen Richtung des Abbaus aller internationalen Kontakte. Als halben Ausländer erwarteten ihn anstelle von Komfort und Respekt Verdächtigungen und Beschattung. Sogar seine früheren Kollegen, Joffe und Nikolai Semjonov, rechtfertigten, daß er festgehalten wurde. Seine wissenschaftlichen Apparate blieben in Cambridge, und er konnte seine Forschungen nicht fortsetzen. Fast ein halbes Jahr lang kämpfte er vergeblich um seine Freilassung, während seine zweite Frau, Anna Krilowa, die er als russische Emigrantin in Paris kennengelernt hatte, mit Hilfe von Rutherford und Dirac in Cambridge seine Rückreise nach England zu erwirken suchte. Als alle Versuche fehlgeschlagen waren, kam sie mit ihren zwei Kindern nach Moskau.

Die Regierung beschloß, für Kapitza in Moskau ein spezielles, der Akademie der Wissenschaften unterstehendes Institut für Physikalische Probleme aufzubauen, und stellte auch genug Mittel zur Ausstattung mit Geräten aus Cambridge bereit.

Kapitza mußte seine Karriere neu beginnen, und er änderte dabei seine Strategie, indem er sich um die Gönnerschaft hoher Politiker bemühte. Er verfaßte lange Briefe an politische

Jakov Frenkels Seminar am Leningrader Polytechnischen Institut 1929, von links nach rechts: Lev Gurevič, Landau, Lev Porenkevič, Agnes Arsenieva, Frenkel, George Gamov, Maniusnij (Vorname nicht bekannt), Dmitri Ivanenko und Grigori Mandel.

Abbildungen: mit freundlicher Genehmigung aus: Physics Today, Mai 1989 (o.); Juni 1994 (u.)

Führer – von unbedeutenderen bis zum Premierminister Molotow und Genossen Stalin –, in denen er seine Kritik trotz der damit verbundenen Gefahr zum Ausdruck brachte. Kapitza zeigte sich, wahrscheinlich ganz aufrichtig, als überzeugter Sozialist. Er protestierte gegen die Bürokratie und erörterte seine persönlichen und beruflichen Probleme im Zusammenhang mit der Wissenschaft und Wissenschaftspolitik des Landes. Er hatte zwar bei den Politikern wenig erzieherischen Erfolg, erreichte aber, daß er bekannt und ernstgenommen wurde.

Mit dem Aufbau und der Organisation seines Instituts, der Anschaffung der Ausrüstung und anderem war Kapitza fast zwei Jahre beschäftigt. Das Institut war im britischen Stil konzipiert, also viel kleiner als der sowjetische Standard. Als er endlich im Herbst 1936 seine Forschungen wieder aufnehmen konnte, suchte er nach einem Theoretiker. Nachdem Max Born und Viktor Weisskopf abgelehnt hatten, zog er Landau in Betracht, der gerade in Charkow in Schwierigkeiten geraten war.

Landau hatte seit 1935 den Lehrstuhl für allgemeine Physik an der Universität Charkow inne. Nach einem Streit kündigte ihm der Rektor im Dezember 1936 die Entlassung an. Aus Protest reichten sieben Schüler und Kollegen des UFTI ihre Rücktrittsgesuche ein. Ein solcher Vorfall war Anfang 1937 infolge der Verfolgung der „Trotzkisten" äußerst gefährlich. Ein rascher Ortswechsel erhöhte oft die Überlebenschancen. Landaus Verschwinden aus Charkow kam selbst für seine engsten Freunde überraschend. Nach zwei Wochen teilte er in einem Brief mit, er habe eine Stelle am Institut für Physikalische Probleme in Moskau angenommen.

Im Februar 1937 hatte Kapitza in Moskau das erste flüssige Helium hergestellt. Flüssiges Helium existiert in zwei Phasen: Helium 1 (zwischen 2,19 und 4,2 K), eine siedende Flüssigkeit, und Helium 2 (unter 2,19 K). 1936 berichtete Willem Hendrik Keesom aus Leiden von der außerordentlich hohen Wärmeleitfähigkeit des Heliums 2 und sprach von einer neuen Art von „Supraleitfähigkeit" neben der bekannten elektrischen Leitfähigkeit. Kapitza aber mutmaßte, daß es keine wirkliche Wärmeleitung sei, sondern Wärmetransport durch Konvektion, begünstigt durch die niedrige Viskosität des Heliums. Er entschied, die Viskositätsmessungen genauer zu überprüfen, und ließ, um Turbulenzen zu vermindern, Helium durch eine winzige Spalte zwischen zwei Platten fließen. Seine Vermutung wurde mehr als bestätigt. Die Viskosität war etwa 1500mal niedriger als der alte Wert. Seine Entdeckung der „Supraflüssigkeit" wurde Anfang Dezember 1937 in der Zeitschrift *Nature* bekanntgegeben.

Es folgten weitere Untersuchungen der Eigenschaften des Heliums 2, wobei das Moskauer Team mit anderen Gruppen wetteiferte. Kapitza gelang es schließlich, die Wärmeleitfähigkeit mit größerer Genauigkeit als Keesom zu bestimmen. Mit Konvektion ließ sich die hohe Wärmeleitfähigkeit nicht erklären, weil die erforderliche Geschwindigkeit zu hoch war. Im Jahre 1940 zeigte Kapitza mit einem eleganten Experiment, daß die hohe Wärmeleitung durch einen direkten Flüssigkeitsstrom statt unre-

Während einer Konferenz zur Niedrigtemperaturphysik in Kiew 1955, von links nach rechts: Evgenij M. Lifšitz, I. M. Chalatnikow, Landau, H. Achieser und A. Achieser.

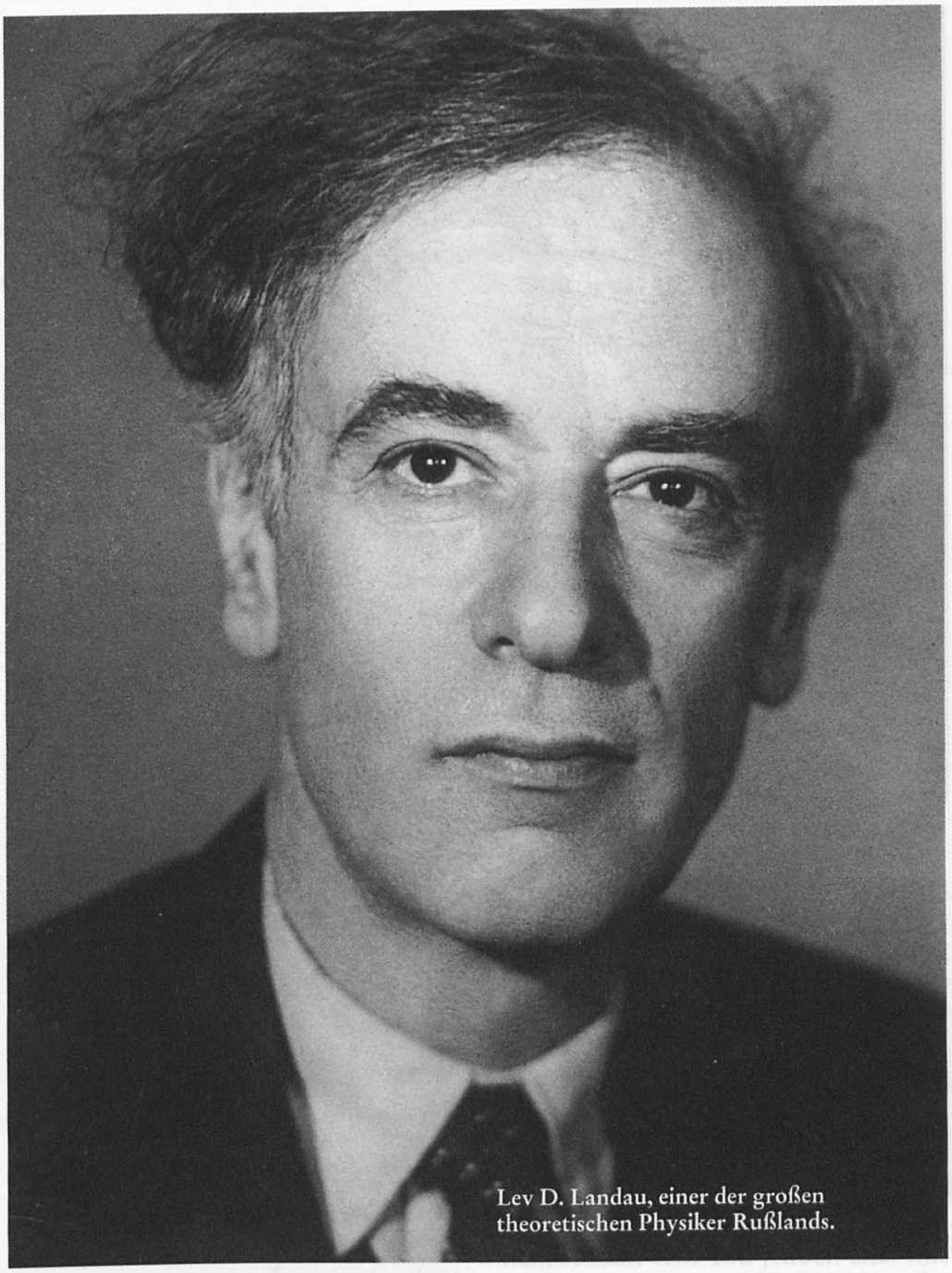
gelmäßiger Konvektionsbewegungen erklärt werden kann: Ein in ein Heliumbad eingetauchter, geschlossener Glaskolben wurde mit Licht erhitzt. Das beständig durch eine Kapillare ausströmende Helium traf auf ein leichtes Blatt, das den mechanischen Druck der Strömung maß.

Überraschenderweise konnte keine Strömung nach innen nachgewiesen werden, obwohl das kältere Helium irgendwie nach innen gelangen mußte, um das ausströmende zu ersetzen. Kapitza vermutete, daß das kältere Helium in einer sehr dünnen Schicht entlang den Wänden der Kapillare zurückfloß. Das Helium verhielt sich, als ob es aus zwei Anteilen mit unterschiedlichen Eigenschaften bestünde.

Das Rätsel sollte Landau im Jahre 1941 lösen, nach seiner Freilassung aus dem Gefängnis. Die Säuberungsaktionen haben Charkower Physiker besonders stark betroffen. Unter anderen wurden im August 1937 Schubnikov und Rosenkevič verhaftet, zu dem Geständnis gezwungen, zusammen mit Landau eine antisowjetische Gruppe für Sabotage gebildet zu haben, und nach einem kurzen Prozeß erschossen.

Die Staatspolizei verfolgte Landau bis nach Moskau. Obwohl er kein Kommunist war, sympathisierte er mit der kommunistischen Linken, die in Opposition zu Stalin stand. Der Massenterror von 1937 hatte die Illusionen vieler revolutionärer Optimisten zerstört. Im April 1938 verfaßte Landau mit zwei jüngeren Kollegen im Namen eines imaginären „Moskauer Komitees der antifaschistischen Arbeiterpartei" ein Flugblatt gegen das Stalinistische Regime, und einige Tage später wurden sie verhaftet. Zu Landaus Glück war der Höhepunkt der Säuberungen schon vorbei; der Prozeß dauerte längere Zeit, genug für Kapitza, um Landau zu retten.

Kapitza hatte inzwischen seine Verbindungen zu höheren politischen Kreisen genutzt und erreichte die Freilassung von Fock und einigen anderen Physikern. Im Falle Landaus wandte er sich sofort, aber vergeblich, mit einem Brief an Stalin. Nach einem Jahr schrieb er an Molotow, daß er Landaus Hilfe für die Erklärung seiner Entdeckungen bei Tieftemperaturen benötige, und schlug vor, Landau



Lev D. Landau, einer der großen theoretischen Physiker Rußlands.

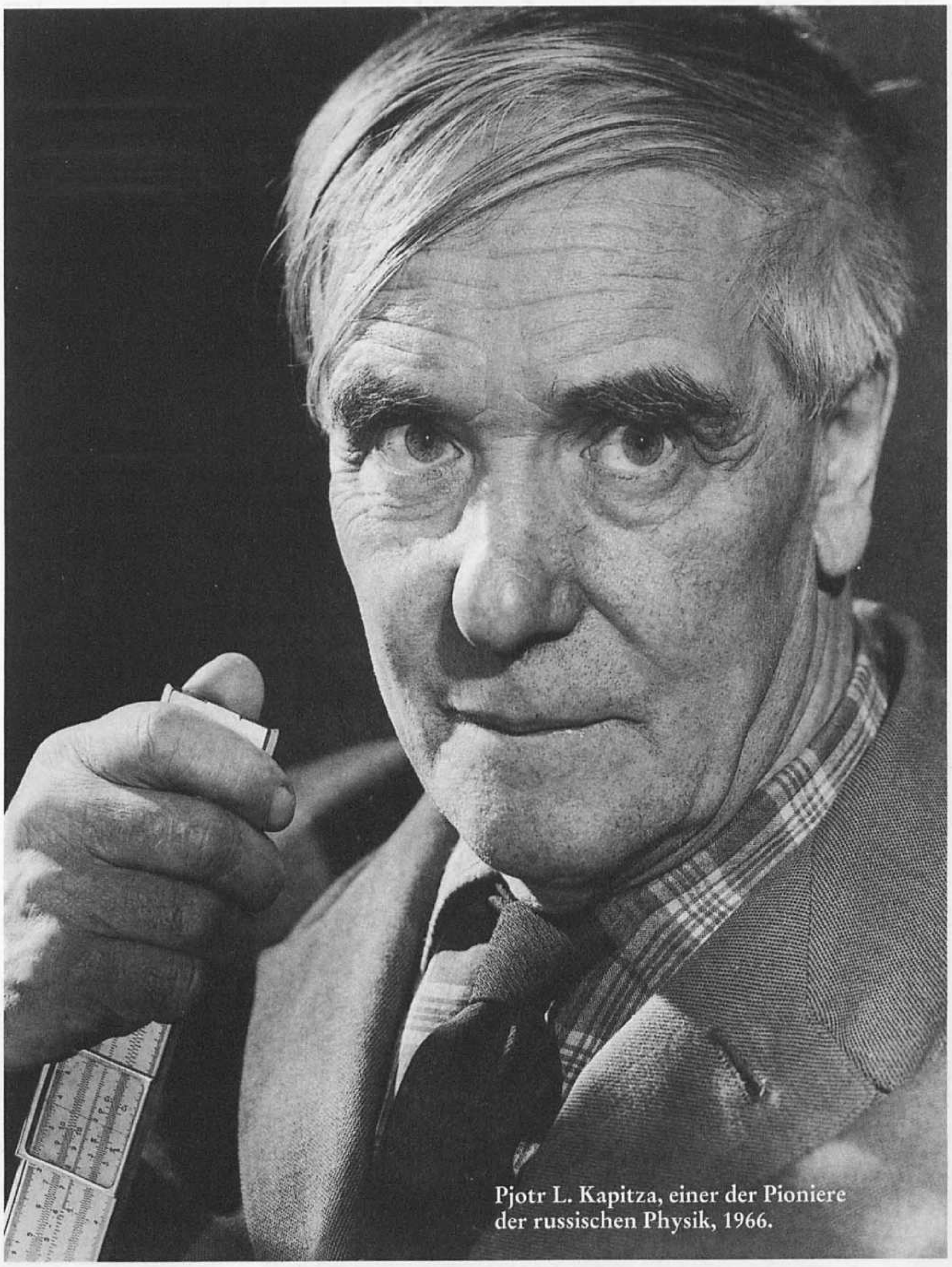
im Gefängnis forschen zu lassen. Im April 1939 wurde Landau gegen eine Bürgschaft freigelassen, und Kapitza hatte eine Erklärung zu unterzeichnen, daß er Landau von weiteren konterrevolutionären Tätigkeiten abhalten werde.

Laszlo Tisza hatte inzwischen eine Zwei-Flüssigkeiten-Theorie des Heliums aufgestellt, in der er den supraflüssigen Zustand von Helium 2 als ein entartetes Bose-Gas beschrieb. Landau kritisierte diesen Ansatz mit dem Hinweis, daß die starken Wechselwirkungen zwischen den Bestandteilen kondensierter Materie die für ideales Gas gültigen Modelle sinnlos machten. Er benutzte statt dessen den Begriff der „elementaren Anregung", die heute als „Quasipartikel" (Exzitonen, Phononen und so weiter) bezeichnet werden.

Das Institut wuchs und bekam eine Theorieabteilung – den institutionellen Sitz für Landaus Schule. Schon vor 1941 leitete Landau ein Seminar, an dem Physiker wie Arkadi Migdal, Isaak Chalatnikov und Jakov Smorodinski teilnahmen. Später kamen Ilja Dsjalošinski, Wladimir Berestetzki, Lev Pitaewski, Aleksej Abrikoskov und Lev Gorkov hinzu.

Die Arbeit an dem berühmten Lehrbuch der theoretischen Physik begann schon in Charkow. Landau lieferte den Plan und diskutierte die Ideen mit den Koautoren. Leonid Pjatigorski schrieb die Mechanik (1940), Matwej Bronstein die erste Fassung der statistischen Physik

Foto: Ullstein – Camera Press Ltd.



Pjotr L. Kapitza, einer der Pioniere der russischen Physik, 1966.

(1938), Lifšitz die Feldtheorie. Die Quantenmechanik (1948) und andere Bände kamen später hinzu.

Schulen mit stark patriarchalischen Strukturen sind für die sowjetische Wissenschaftsgemeinde charakteristisch. Landau liebte, belehrte, neckte und terrorisierte seine Schüler. In den Seminaren zeigte er seine intellektuelle Überlegenheit, und er schämte sich nie, seinen Studenten zu sagen, sie seien „dumm". Dieses autoritäre Auftreten aber wiederum half Landau, das hohe wissenschaftliche Niveau zu halten und den Einfluß seiner Schule auszudehnen.

In den Nachkriegsjahren setzte Landau seine Forschungen über den kondensierten Zustand der Materie fort. 1946 entdeckte W. Peschkow den von ihm vorausgesagten zweiten Schall in Helium. Landau mußte jedoch seine Theorie modifizieren, um die quantitative Übereinstimmung mit dem Experiment zu erreichen.

Zwischen 1956 und 1958 entwickelte Landau eine Theorie des flüssigen Heliums 3, des Heliumisotops mit der Masse 3. Es gehorcht der Fermi-Statistik und hat daher ganz andere Eigenschaften. Die Theorie der Fermi-Flüssigkeit wird nicht nur auf Helium, sondern auch auf Systeme von Elektronen in Metallen angewandt, die ebenfalls mit Hilfe von Quasipartikeln beschrieben werden können. Die 1950 von Vitali Ginzburg und Landau aufgestellte phänomenologische Theorie der Supraleitung lieferte eine gute Beschreibung der Tatsachen. Eine endgültige Lösung des Problems wurde erst 1967 durch John Barden, Leon Cooper und John Schrieffer geliefert.

Landaus Arbeit zur Theorie der kondensierten Materie, insbesondere der Metalle und Quantenflüssigkeiten, ist nicht nur wegen ihrer besonderen Ergebnisse, sondern auch aufgrund der darin entwickelten Methoden wichtig. Sie schuf die Grundlagen für viele Zweige dieses Gebietes. Auch der Begriff der Quasipartikel erwies sich als sehr nützlich. Andere Physiker wie Frenkel und Tamm hatten ihn ebenfalls verwendet, aber erst durch Landau und seine Schule wurden Quasipartikel als universaler Ansatz erfolgreich bei verschiedensten Problemen eingeführt.

Im Gegensatz dazu stand Landau in der relativistischen Quantentheorie etwas außerhalb des Geschehens. Er betrachtete die Technik der Renormierung, ebenso wie Dirac oder Pauli, nur als formal zufriedenstellend und nahm, zusammen mit Schülern, das fundamentale Problem der Divergenzen zwischen 1953 und 1960 in einer Reihe von Aufsätzen in Angriff.

Aufgrund seiner Leistungen auf fast allen Gebieten der theoretischen Physik und seines klassischen Lehrbuchs der theoretischen Physik gehört Landau zu den einflußreichsten Physikern des 20. Jahrhunderts. Im November 1962 wurde er „für seine bahnbrechenden Theorien der kondensierten Materie, insbesondere des flüssigen Heliums" mit dem Nobelpreis ausgezeichnet.

Ein tragischer Autounfall im Jahr 1962 trug weiter zu Landaus Popularität bei. Der Kampf um sein Leben wurde zu einer internationalen Angelegenheit. Die Ärzte retteten ihm zwar das Leben, aber nicht die Fähigkeit, weiter zu arbeiten. Landau starb am 3. April 1968 in Moskau.

KAPITZAS SPÄTWERK UND ARBEIT FÜR DEN INDUSTRIEKOMPLEX

Im Jahre 1939 wurde Kapitza volles Mitglied der Akademie der Wissenschaften. Er arbeitete bis zum Kriegsbeginn 1941 mit flüssigem Helium. Dann brach er die Grundlagenforschung ab und wandte sich industriellen Anwendungen zu. Schon 1938

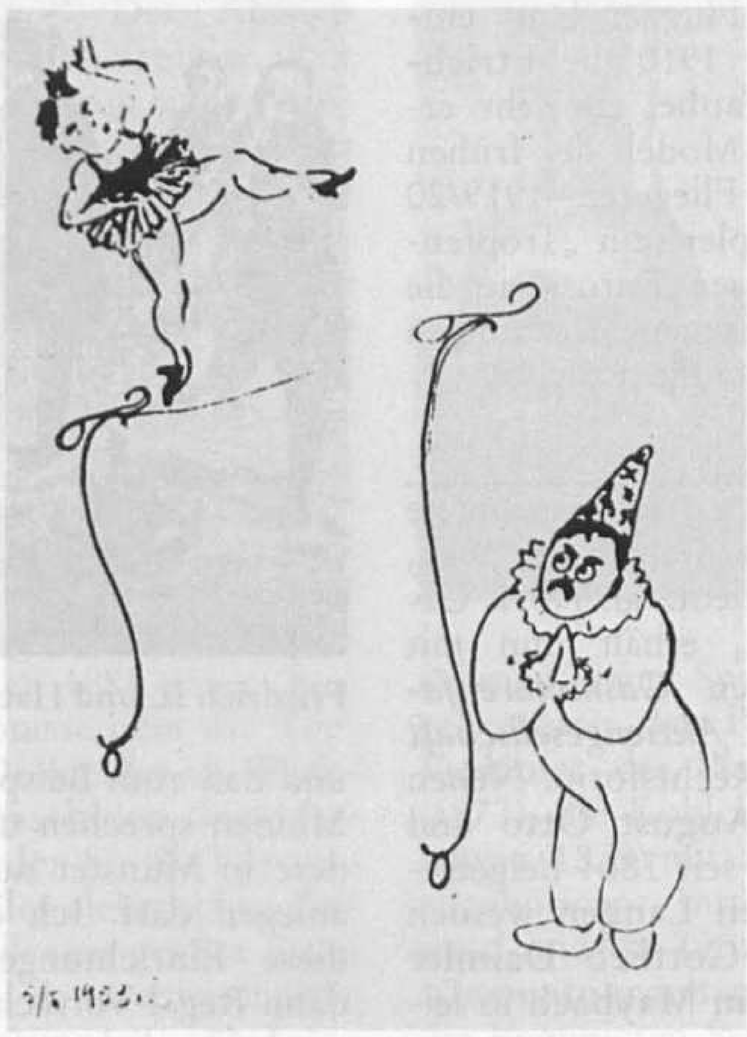
hatte er eine Maschine erfunden, die flüssige Luft durch adiabatische Expansion in einer Turbine erzeugte. Die Maschine versprach, effizienter zu arbeiten als die gängigen. Kapitza schrieb an Molotow und erreichte, daß sein 1938 entwickeltes Verflüssigungsverfahren für die Produktion von flüssigem Sauerstoff eingesetzt wurde.

Der Staatliche Schweißindustriekomplex aber war mehr an Standardproduktionsplänen als an komplizierten Neuerungen interessiert. Dennoch gelang es Kapitza, den Industriekomplex 1940 dazu zu bringen, erste Prototypen seiner Maschine zu bauen. Während des Krieges produzierten seine Maschinen Sauerstoff für Piloten, für Sprengstoff und für Krankenhäuser. Als das Institut für Physikalische Probleme nach Kasan evakuiert wurde, entwarf Kapitza eine größere Sauerstoffabrik, die in der Nähe von Moskau gebaut werden sollte. Wieder war Kapitza mit der Geschwindigkeit des Baus unzufrieden und bat Molotow um zusätzliche Vollmachten.

Von 1943 an leitete Kapitza einen Sauerstoff-Industriekomplex und war nur dem Ministerrat direkt verantwortlich. Für seine erfolgreiche Zusammenarbeit mit der Regierung wurden ihm Stalin-Preise, Lenin-Orden und die höchste zivile Auszeichnung eines „Helden der sozialistischen Arbeit" verliehen. Als er daraufhin den Schweißindustriekomplex unter seine Kontrolle zu bringen versuchte, kam er mit dem Vizepremierminister und früheren Chef der Staatspolizei, Lavrenti Berija, in Konflikt. Weitere Reibungen ergaben sich bei der Mitwirkung an der Entwicklung der sowjetischen Atombombe. Dieses 1943 unter Igor Kurčatov begonnene Unternehmen wurde nach Hiroshima zu einer Angelegenheit höchster Staatspriorität. Unter Berijas Leitung wurden ein Spezielles Staatkomitee für die Atombombe gebildet und Kapitza, Joffe und Kurčatov zu Mitgliedern ernannt.

Im Herbst 1945 richtete Kapitza zwei lange Briefe an Stalin, in denen er sich über Berijas Benehmen beschwerte. Er schlug vor, man solle den Wissenschaftlern mehr Mitsprache bei diesem Projekt einräumen. Weil er sich für das Unternehmen verantwortlich fühle, aber nicht die Macht habe, um seine Vorstellungen zu verwirklichen, bat er (wahrscheinlich rhetorisch) um seine Entlassung. Diesmal verlor er seine politische Schlacht. Die Entlassung aus dem Komitee wurde Kapitza gewährt. Im August 1946 wurde er außerdem vom Ministerrat seiner Direktorenstellen im Sauerstoff-Industriekomplex und am Institut für Physikalische Probleme enthoben.

Mit seinem Gehalt als Mitglied der Akademie der Wissenschaften lebte Kapitza nun auf seiner Datscha außerhalb Moskaus und baute ein kleines privates Labor auf. Seine Rehabilitation erlangte er erst im September 1953, als Berija unter Nikita Chruschtschow seines Amtes enthoben wurde. Kapitzas Datscha wurde von der Akademie als „Labor für Physikalische Probleme" anerkannt. 1955 wurde er wieder Direktor seines ehemaligen Instituts und übte bis zum Ende seines Lebens großen Einfluß im Führungsstab der Akademie aus.



Kapitza und Fock, Karikatur von Anna Kapitza. Der Text von Leonid Kapitza, 1953:
„Pierrot ist bestürzt und gekränkt –
welch unglaublicher Skandal,
so zu behandeln ein Integral!
Grob zu verletzen Null und Unendlich!
Wann hört diese Unachtsamkeit endlich auf?
Oh, Colombine, Colombine mein,
wie kannst du nur so mutwillig sein!

Obwohl sein Institut weiterhin das Zentrum für Tieftemperaturforschung blieb, hat Kapitza sich anderen Themen zugewandt. Er widmete sich nun der Hochleistungselektronik und konstruierte neue Generatoren für Hochfrequenzstrahlung vom Typ des Magnetron (Planatron und Nigotron). Er hoffte, Strahlung für den Energietransport erzeugen zu können und damit einen Beitrag zur Energietechnik zu liefern. Kapitza produzierte und untersuchte mit seinem Generator Plasma und versuchte 1970, ihn als Prototyp eines Kernfusionsreaktors vorzuschlagen.

Kapitza schuf nicht, wie Landau, eine Schule. Er bevorzugte es, formale Strukturen zu leiten, so das Institut und den Industriekomplex, und bewältigte seine eigenen Forschungen mit wenigen Assistenten. So konnte er in seinen Bemühungen um einen Fusionsreaktor schwerlich mit dem großphysikalischen Tokamak-Projekt konkurrieren.

Nach Stalins Tod baute die Sowjetunion vorsichtig Beziehungen zum Westen auf. Kapitza durfte 1965 nach Kopenhagen reisen, um die Niels-Bohr-Medaille in Empfang zu nehmen. In den folgenden Jahren häuften sich die Auslandsreisen, die freilich jedesmal eine spezielle Einladung erforderten. Im Jahre 1978 wurde er als 84jähriger mit dem Nobelpreis für „seine grundlegenden Erfindungen und Entdeckungen in der Tieftemperaturphysik" ausgezeichnet.

Als Kapitza am 8. April 1984 starb, schien es, als habe die sowjetische Wissenschaft an Freiheit verloren. Aus der heutigen Perspektive gesehen, scheint sein Tod jedoch eher mit dem Ende der „sowjetischen Wissenschaft" zusammenzufallen. □

Der Beitrag ist die gekürzte Fassung aus dem zweibändigen Werk Die Großen Physiker, *das im März 1997 im Verlag C.H.Beck, München, erscheint.*

DER AUTOR

Alexej Kojevnikov, Dr. rer. nat., hat am Moskauer Institut für Wissenschafts- und Technikgeschichte der Russischen Akademie der Wissenschaften vor allem über die Geschichte der Quanten- und Quantenfeldtheorie gearbeitet. Gegenwärtig forscht er am California Institute for Technology in Pasadena.

Abbildung aus: Gennady Gorelik: „Meine antisowjetische Tätigkeit..." – Russische Physik unter Stalin. Wiesbaden 1995

Von Sigfrid von Weiher

1.1.1847

Nach den bereits 20jährigen guten Erfahrungen mit der Gasbeleuchtung von Berlins Prachtstraße Unter den Linden, die der Brite L. Drory 1826 eingerichtet hatte, wird nun das erste **städtische Gaswerk Berlins** in Betrieb genommen. Sein Erbauer ist **Rudolf S. Blochmann** (1800-1866), der zuvor bereits die Städte Dresden, Leipzig, Gotha und Breslau mit Gaswerken ausgestattet hatte. Berlin beginnt nun mit 2842 Flammen in öffentlichen Gebäuden, Straßenzügen und Privathäusern.

1.1.1872

Das **Metrische System**, das schon 1860 in Preußen eingeführt wurde und sich bewährt hatte, wird nun im ganzen Deutschen Reich gesetzlich eingeführt.

1.1.1922

Die **British Broadcasting Company**, kurz BBC London, nimmt nach Abstimmung mit der britischen Postbehörde die offizielle Ausstrahlung von **Rundfunksendungen** auf, zunächst nur 30 Minuten pro Woche. Ab 14. November 1922 beginnt BBC London mit täglichen Sendungen. Deutschland folgt erst im Oktober 1923.

Rudolf J. E. Clausius (1822-1888).

2.1.1822

In Köslin, Pommern, wird **Rudolf Julius Emanuel Clausius** geboren. 1850 hatte er als junger Physiker mit seiner Ergänzung des Carnotschen Wärmelehresatzes den **zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie** aufgestellt. 1857 entwickelte er die **kinetische Gastheorie** und die elektrolytische Leitung. 1855 ging er an die ETH nach Zürich, später nach Würzburg und schließlich 1869 nach Bonn.

4.1.1872

In Wien wird **Edmund Rumpler** geboren. Als Student an der Wiener TH lernte er den Flugtheoretiker Wilhelm Kreß (1836-1913) kennen. Damit begann Rumplers besonderes Interesse für Luftfahrt-Gerätekonstruktionen. In seiner später in Berlin gegründeten Fabrik für Flugzeugbau entwickelte er 1910 die **Etrich-Rumpler-Taube**, ein sehr erfolgreiches Modell der frühen deutschen Fliegerei. 1919/20 schuf Rumpler sein „Tropfen-Auto", dessen Karosserie die aerodynamischen Strömungen zu berücksichtigen suchte.

5.1.1872

Die im März 1864 gegründete erste Motorenfabrik der Welt, damals in Deutz als *N. A. Otto & Cie.*, erhält nun mit dem Namen *Gasmotorenfabrik Deutz Aktiengesellschaft* eine neue Rechtsform. Neben **Nikolaus August Otto** und dem schon seit 1864 beigetretenen **Eugen Langen** werden nun auch **Gottlieb Daimler** und **Wilhelm Maybach** in leitende Positionen aufgenommen. Diese Gemeinschaft entwickelte aus dem ursprünglichen Gasmotor 1876 den Viertakt-Verbrennungsmotor, der die Grundlage des späteren Automobils bildete.

9.1.1897

Todestag von **James Brett**. Gemeinsam mit seinem Bruder John hatte er 1860 zunächst einen isolierten Kupferdraht durch den Kanal gelegt, der bereits nach einem Tag für die beabsichtigte submarine Telegrafie zwischen Dover und Calais unbrauchbar war. Das von den Brüdern Brett nun fabrizierte vieradrige und gut armierte erste wirkliche Unterseekabel vom August 1851 eröffnete sodann erfolgreich die dauerhafte **Untersee-Telegrafie**.

10.1.1797

Die Dichterin **Annette von Droste-Hülshoff** wird in Hülshoff geboren. In ihren Briefen finden sich wiederholt interessante Erwähnungen über den technischen Fortschritt in der Biedermeierzeit, so über Eisenbahnfahrten und Dampfschiffe und sogar über ein zukünftiges Telefon: 1845 schrieb sie, daß man „durch drahtdünne Röhrchen unter der Erde den Schall auf großen Wegstrecken fortpflanzen könne und daß zum Beispiel einer in Minden sprechen und der andere in Münster nur das Ohr anlegen darf. Ich denke mir, diese Einrichtungen würden dann Regal-Vorrecht und man wird förmlich auf Billets zu Unterredungen zugelassen."

17.1.1747

Simon Leonhard von Haerlem (1701-1775), Domänenrat der kurmärkischen Kammer zu Berlin, der für König Friedrich II. bereits eine Meliorations-Entwurf für das Oderstrom-Gebiet erarbeitet hatte, legt nun das Ausführungs-Papier zur großzügigen **Entwässerung des Oderbruchs** vor. Damit beginnt der bis 1753 vollendete Ausbau der Oder für die Frachtschiffahrt und Besiedelung trockengelegter Gebiete für die Landwirtschaft. Von Görlitz bis zu ihrer Mündung bei Stettin bildet die Oder heute die Grenze zwischen Deutschland und Polen.

Friedrich II. und Haerlem im Oderbruch.

10.1.1822

In Mussy-la-Ville, Belgien, wird **Jean Joseph Etienne Lenoir** geboren. Er war zunächst Kellner, dann Emailleur. 1860 erwies er sich auch als erfolgreicher Konstrukteur bei der Entwicklung einer doppelt wirkenden **Gaskraftmaschine** ohne Kompression mit elektrischer Zündung. Diese Maschine war betriebsfähig, doch im Gasverbrauch ungünstig. Immerhin war sie die Grundlage für **Nikolaus August Ottos** Einstieg in die Entwicklung einer wirtschaftlichen Gaskraftmaschine. (Siehe 5. 1. 1872.)

18.1.1672

Der britische Naturforscher **Isaac Newton** (1642-1727) präsentiert nach mehrjährigen Entwicklungsarbeiten der *Royal Society* sein **Spiegel-Teleskop** mit sphärischen Spiegeln. Nach sorgfältiger Prüfung dieses Fernrohres wird Newton zum Mitglied der *Royal Society* gewählt. Möglicherweise ist das in der Bibliothek der Society vorhandene Newton-Fernrohr mit der Jahreszahl 1671 jenes, das damals vorgeführt wurde.

19.1.1897

In München wird **Otto Griessing** geboren. Nach dem Ersten Weltkrieg nahm er in Würzburg das Studium auf und ging dann als Hochfrequenz-Techniker in die junge Rundfunk-Industrie. 1933 erhielt er den Auftrag, ein einfaches, qualitativ aber besonders

Otto Griessing (1897-1958) baute den „Volksempfänger".

gutes Rundfunkgerät zu entwickeln, das dann als **Volksempfänger** VE 301 in großen Stückzahlen auf den Markt kam. Dieses Gerät wurde vom nationalsozialistischen Staat als Propagandamittel besonders gefördert. Der Stückpreis war mit 75 Reichsmark preiswert und in Anbetracht der großen Fertigungsserien auch kostendeckend. Schon im Herbst 1933 waren 200000 Geräte abgesetzt.

30.1.1847

In der Leipziger *Illustrirten Zeitung* erschien die Abbildung eines **Fluggerätes**, das ein ungenannter Offizier konstruieren und mit Schießbaumwolle betreiben wollte. Der Technikhistoriker F. M. Feldhaus (1874-1957) nahm an, daß es sich um einen Vorschlag von **Werner Siemens** handeln könnte. Tatsächlich hatte dieser sich in jungen Jahren mit dem Flugproblem und besonders auch mit Schießbaumwolle beschäftigt.

31.1.1847

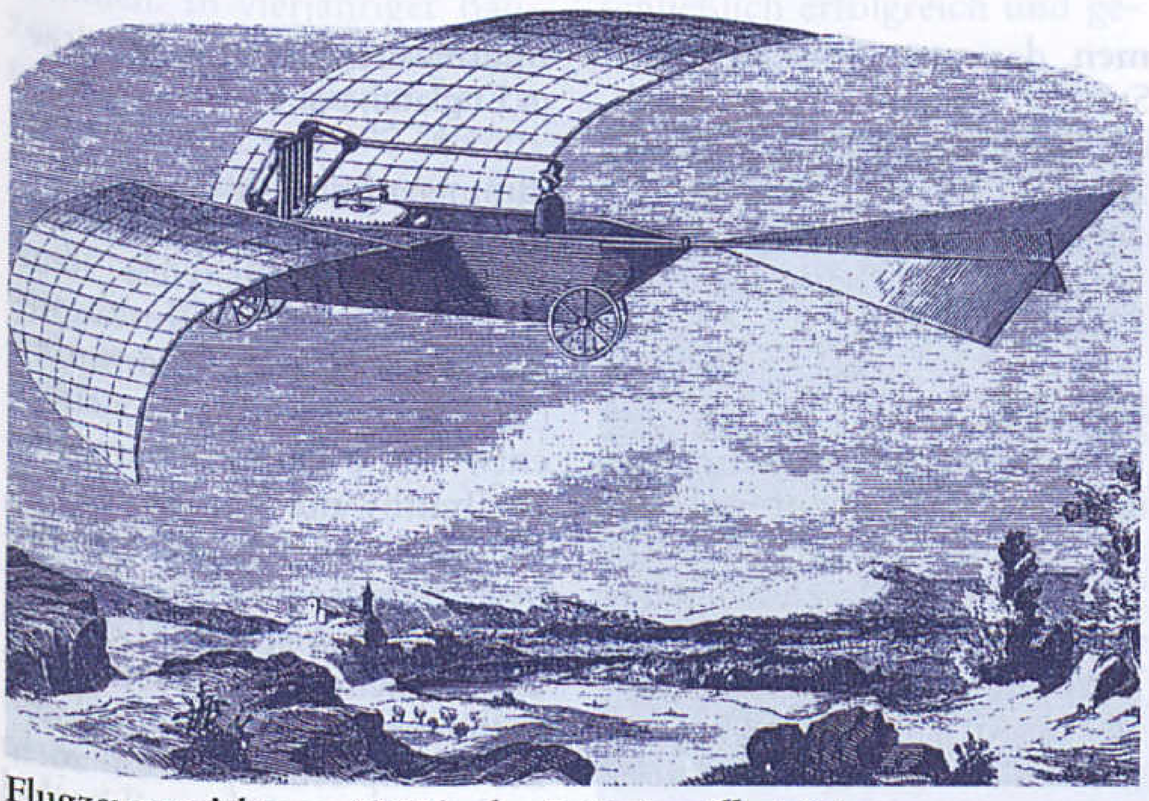
Der italienische Chemiker **Ascanio Sobrero** (1812-1888) legt der Akademie der Wissenschaften in Turin seine Erfindung des **Nitroglyzerins** vor. Etwa zwei Jahrzehnte später hat **Alfred Nobel** (1833-1896) daraus sein Dynamit als Sprengstoff entwickelt.

2.2.1872

Der französische Ingenieur **Stanislaus Dupuy de Lôme** führt sein 36 Meter langes Luftschiff in Paris vor. Der Antrieb der Luftschraube mußte über Handkurbeln von acht Männern bewirkt werden, was günstigenfalls eine Geschwindigkeit von 2,5 Metern pro Sekunde erbringt. Aus dieser Erkenntnis wurden weitere Versuche eingestellt.

7.2.1897

In Turin stirbt im 50. Lebensjahr der Physiker **Galileo Ferraris**. Als Mathematiker und Professor der Physik veröffentlichte er 1888 seine Versuchsergebnisse über die Theorie des Drehfeldes in **Wechselstrommaschinen**. Seine Arbeiten wurden für die Fortentwicklung der elektrischen Energietechnik von großer praktischer und damit wirtschaftlicher Bedeutung.



Abbildungen: Sammlung von Weiher (l.o., l.u.); Deutsches Museum (r.)

Flugzeugprojekt von 1847 in der *Leipziger Illustrirten*.

10.2.1847

In Milan, Ohio, USA, wird **Thomas Alva Edison** geboren. Vom Zeitungsboy entwickelte er sich zum vielseitigen, erfolgreichen Erfinder und Unternehmer. Besonders auf dem jungen Gebiet der Elektrotechnik schuf er bedeutsame Neuerungen. 1882 konnte er in der New Yorker Pearlstreet das **erste Elektrizitätswerk** der Welt in Betrieb nehmen. Seine Spitzenleistungen waren der **Phonograph, Vorläufer des Plattenspielers** (1877), die Kohlefaden-**Glühlampe** (1879) mitsamt dem dazugehörigen Installationsmaterial und die Grundform des **Kinematographen** (1894). Für die Vereinigten Staaten wurde Edison zur Symbolfigur.

Thomas A. Edison (1847-1931).

14.2.1747

In Frankreich wird die *École des Ponts et Chaussées*, die erste technische **Spezialschule für Brücken- und Straßenbau**, gegründet. In der Frühgeschichte des technischen Unterrichts spielte sie eine hervorragende Rolle und viele bedeutende Ingenieure gingen aus ihr hervor.

15.2.1797

In Wolfshagen bei Braunschweig wird **Heinrich Engelhard Steinweg** geboren. Der gelernte Tischler entwickelte sich zum Pianofortebauer. 1850 wanderte er mit vier seiner Söhne nach Amerika aus und gründete 1853 in New York die Pianoforte-Fabrik ***Steinway & Sons***. Auf der dortigen Industrie-Ausstellung 1855 begann er durch seine verbesserten Konstruktionen, die konventionellen Flügel und Pianos immer mehr zu verdrängen und schließlich in die Spitzengruppe der Pianofabrikanten aufzurücken.

15.2.1897

In den *Annalen der Physik und Chemie* publiziert Professor **Ferdinand Braun** (1850-1918) sein „Verfahren zur Demonstration ... des zeitlichen Verlaufs der Ströme". Das betrifft die später nach ihm benannte **Braunsche Röhre**, die später ein wesentliches, zentrales Bauelement der Fernsehtechnik wurde.

16.2.1922

In Graz, Österreich, stirbt im 66. Lebensjahr Professor **Ferdinand Wittenbauer**. Nach einem technischen Studium hatte er sich in Graz als Professor der Mechanik habilitiert. Der Schwerpunkt seiner wissenschaftlichen Arbeit lag auf dem Gebiet der **Kinematik** und der **Dynamik starrer Körper**. Besondere Beachtung fanden seine Getriebeuntersuchungen und seine Elastizitätslehre. Mit mehreren zum Teil recht erfolgreichen Dichtungen und Schau-

spielen gehört Witttenbauer zu dem nicht großen Kreis der **Dichter-Ingenieure** vergleichbar Max Eyth und Heinrich Seidel.

17.2.1972

In Wolfsburg läuft im **Volkswagenwerk** der 15 007 634. „Käfer" vom Band. Damit überschritt dieser Wagentyp die Fertigungszahl des Ford-Modells „Tin Lizzi" aus den 20er Jahren und gilt seitdem als „Weltmeister" – wie es auf einer Gedenkmedaille der Firma *Volkswagen* festgehalten wurde.

„Käfer"-Medaille, 1972.

20.2.1922

In seiner Geburtsstadt Remscheid stirbt im 66. Lebensjahr der Industrielle **Reinhard Mannesmann**. Mit seinem jüngeren Bruder Max hatte er seit 1885 die gemeinsame **Erfindung des nahtlosen Rohrwalzverfahrens** zur technischen Reife entwickelt. Nach 1907 beschäftigte er sich mit der wirtschaftlichen und industriellen Entwicklung Marokkos. Der Erste Weltkrieg beendete diese Pionierarbeit.

21.2.1847

Die **Gebrüder Adt**, Papierwarenfabrikanten in Ensheim in der Pfalz, erhalten ein bayerisches Patent auf ihr verbessertes **Verfahren zur Herstellung von Dosen aus Papiermaché**. Hieraus entwickelte sich mit der bald aufblühenden Elektrotechnik ein weiteres Arbeitsgebiet, die Erzeugung von **Isoliermaterial aus Papier**.

25.2.1947

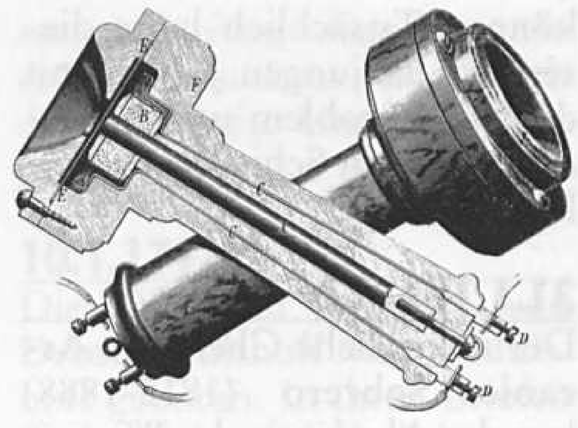
In Potsdam stirbt im 83. Lebensjahr Professor **Friedrich Paschen**. Als Physiker fand er experimentelle Anordnungen in der Spektroskopie, die unsere Kenntnisse in der Atomphysik und Quantenmechanik um Wesentliches bereicherten. 1924 bis 1933 war Paschen Präsident der *Physikalisch-Technischen Reichsanstalt*.

27.2.1922

In der *Kinotechnischen Gesellschaft* in Berlin wird erstmals in einer öffentlichen Vorführung der **unentflammbare Film** aus Celluloid vorgeführt. Es dauerte aber noch fast drei Jahrzehnte, bis die Nitro-Filme endgültig aus den Lichtspielhäusern verschwanden.

29.2.1872

In Danzig wird **Otto von Bronk** geboren. Früh fand er den Weg zur damals aufkommenden Funktechnik. 1911 übernahm er bei *Telefunken* die Leitung der Patentabteilung. Unter seinen eigenen Erfindungen sei die des **Hochfrequenz-Verstärkers** von 1911 hervorgehoben.



Bells Telefon in der Presse, 1877.

tentiert wurde. Offenbar waren ihm die früheren Arbeiten des Deutschen **Philipp Reis** unbekannt, und mit Recht kann man Bell als den Pionier betrachten, der das elektrische Fernsprechen zur Praxisreife entwickelte.

7.3.1947

Nachdem schon im Oktober 1946 Versuche mit spektrographischen Aufnahmen aus einer A 4-Rakete der USA auch Teile der Erdoberfläche mit erfaßten, wird nun zum ersten Mal die **Erde aus dem Weltraum** mit automatischer Kamera aus 160 Kilometern Höhe auf 15 Metern Filmband **aufgenommen**, darunter große Teile der Staaten Arizona, New Mexico, Kalifornien und Nevada. Deutlich ist die Kugelgestalt der Erde zu erkennen. Wernher von Braun hatte die A 4-Rakete konstruiert.

8.3.1847

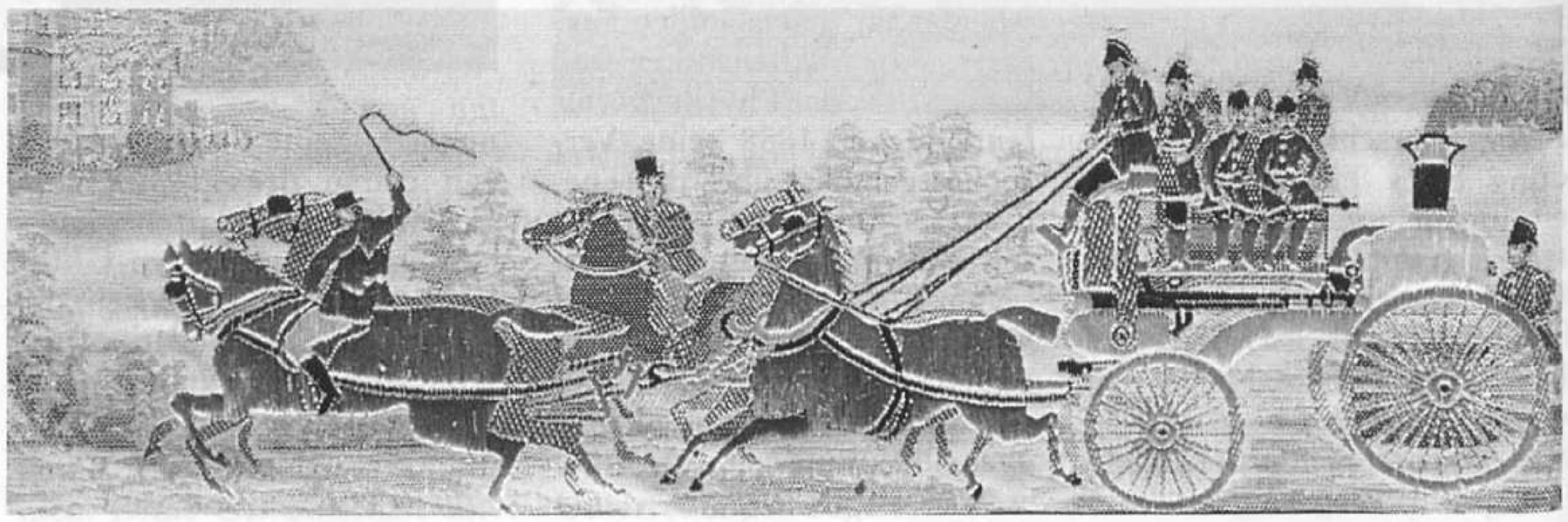
In Stollberg, Sachsen, wird **Julius Carl Bach** geboren. Nach der Schlosserlehre nahm er das Studium des Maschinenbaues in Karlsruhe auf; dann folgten Jahre praktischer Ingenieurarbeit im Ausland. Ab 1878 lehrte er an der TH Stuttgart über 44 Jahre **Maschinenbau**, gründete dort auch 1884 eine **Materialprüfungsanstalt**. In Anerkennung seiner wissenschaftlichen Arbeiten, besonders über die **Festigkeitslehre**, verlieh ihm der VDI die erste Grashof-Medaille 1894. Der König von Württemberg erhob ihn in den Adelsstand.

10.3.1822

In Great Marlow, Buckinghamshire, England, wird **Latimer Clark** geboren. 1847 wirkte er beim Bau der Britanniabrücke mit, und 1853 schuf er für das Londoner Haupttelegrafenamt eine Bleirohrleitung von 19 Millimetern Durchmesser zum Befördern einer **Saugluft-Rohrpost**. Auch auf dem Gebiet des elektrischen Meßwesens hat Clark bedeutsame Beiträge geliefert.

19.3.1797

In London wird **John Braithwaite** geboren. Aus einer alten Technikerfamilie stammend, übernahm er 1823 den väterlichen Maschinenbau-Betrieb und führte dort auch, in Zusammenarbeit mit dem schwedischen Ingenieur **John Ericsson** (1803-1889), viele neue Konstruktionen ein, insbesondere eine **Dampflokomotive** (1829) und die laufend weiterentwickelte **Dampffeuerspritze**. Braithwaite wurde auch der Pionier der britischen Schrauben-Dampfschiffahrt auf den Kanälen zwischen London und Manchester ab 1836. 1832 begannen die Lieferungen seiner Dampffeuerspritzen auch nach Berlin und Deutschland.



Braithwaites Dampffeuerspritze in England, um 1840.

3.3.1847

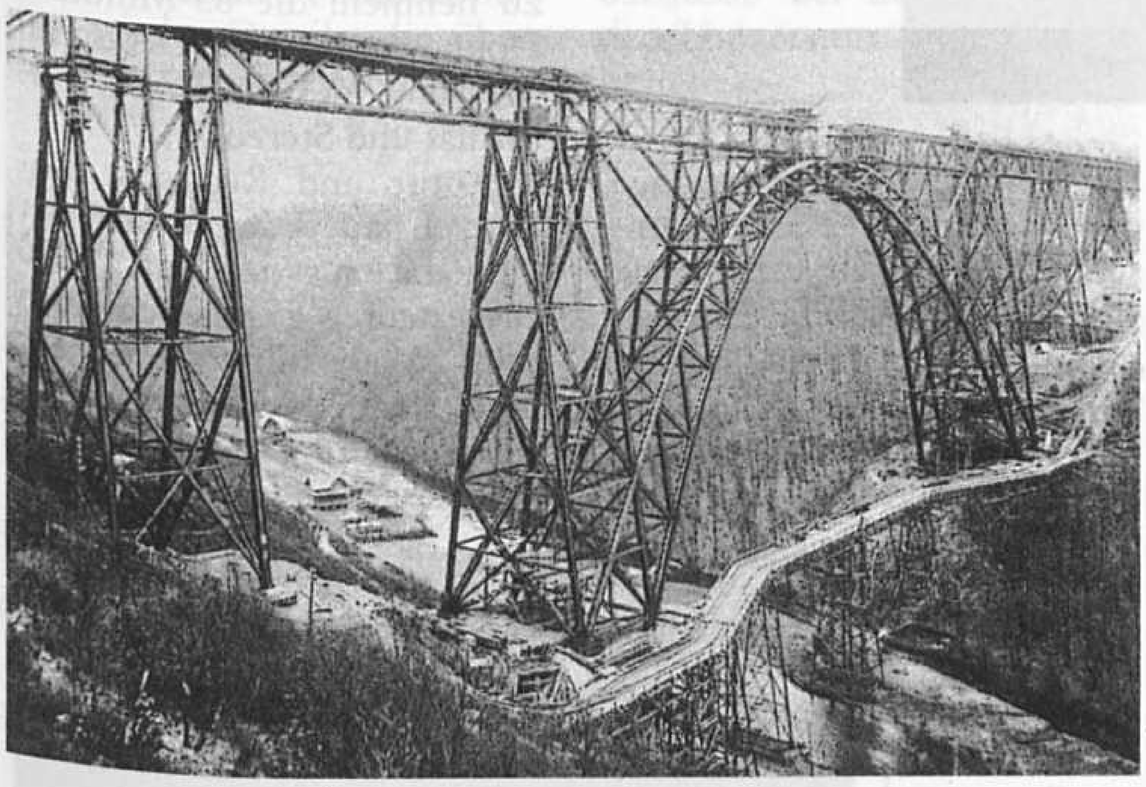
In Edinburgh, Schottland, wird **Alexander Graham Bell** geboren. 23jährig kam er nach Kanada, wenig später als Sprachphysiologe nach Boston. Im Anschluß an Probleme der Unterrichtung von Taubstummen und der Lektüre von Helmholtzens Arbeit über die Tonempfindungen kam er bei akustischen Arbeiten auf die Idee, elektrische Induktionsströme zur Übertragung von Sprachfrequenzen anzuwenden. Dies führte ihn zur Konstruktion des **Fernsprechers**, der ihm 1876 in den USA pa-

22.3.1772

In London verstirbt im 36. Lebensjahr der britische Physiker und Astronom **John Canton**. Als Lehrer an einer Londoner Privatschule erfand er zum Nachweis der von ihm entdeckten **Influenz** das **Elektroskop mit Korkkugeln**. Und 1754 wies er nach, daß der Turmalin-Edelstein durch Erwärmen elektrisch wird.

22.3.1897

Die von **Anton Rieppel** (1852-1926) entworfene und von der MAN erbaute **Kaiser-Wilhelm-Brücke** über die Wupper bei Müngsten wird exakt am 100. Geburtstag ihres Namenspatrons, des 1888 verstorbenen alten Kaisers, beim Richtfest



Kaiser-Wilhelm-Brücke über die Wupper, 1897.

getauft. Der Eisenbahnverkehr wird am 3. Juli 1896 aufgenommen. In vierjähriger Bauzeit wurde die Stahlbrücke geschaffen; sie überspannt bei einer Stützweite von 170 Metern und einer Fahrbahnhöhe von 107 Metern mit einem Gewicht von nahezu 5000 Tonnen die Wupper unfern von Solingen. Noch heute steht die Brücke im Dienstbetrieb der Bahn.

23.3.1823

Der französische Goldarbeiter **Bradier** erhält ein Patent auf seine „Metallfeder ohne Ende, mit Tintenbehälter". Es ist dies eines der frühesten **Füllfederhalter**-Patente.

24.3.1972

Nach einer grundsätzlichen Vereinbarung der sowjetischen Akademie der Wissenschaften und der amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA im Januar 1971 wird in Moskau ein Abkommen über die **Zusammenarbeit im Weltraum** geschlossen. Es sieht gemeinsame Aktionen mit Raumfahrzeugen vor.

26.3.1847

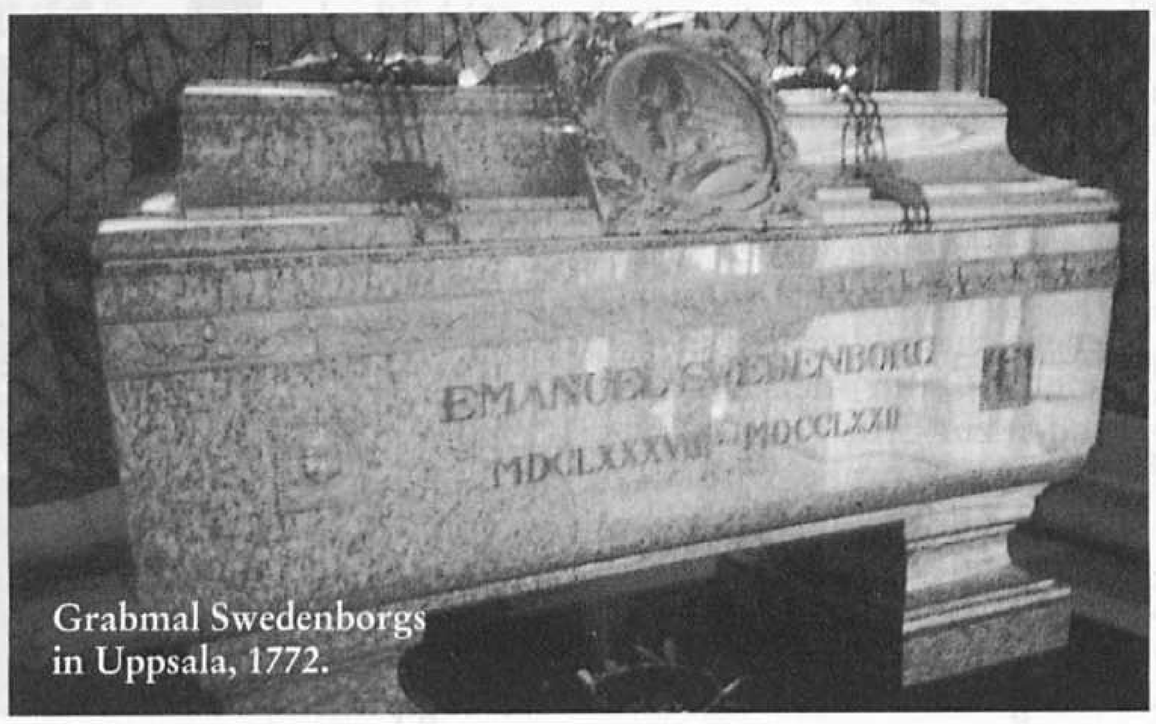
In Winterborn bei Münster am Stein wird **Heinrich von Brunck** geboren. 1869 trat er in die *Badische Anilin- und Sodafabrik* (BASF) ein. Durch seine chemischen Arbeiten hat er zur Entwicklung der Firma in Ludwigshafen maßgeblich beigetragen. Seine Bemühungen um die synthetische Darstellung des **Indigos**, die bei jahrelangen Forschungen sehr viel Geld verschlangen, waren schließlich erfolgreich und gewinnbringend.

27.3.1822

In Berlin wird **Friedrich Wilhelm Hubert Beetz** geboren. Früh begeisterten ihn Chemie und Physik und dementsprechend studierte er diese Fächer an der Berliner Universität, wurde 1843 Assistent von Professor G. Magnus und gehörte dann zum Kreis der Gründer der *Physikalischen Gesellschaft*. Ab 1845 war er selbst Dozent der Physik in Berlin, Bern und Erlangen. Ab 1868 war er Professor in München und Gründer des Physikalischen Instituts an der Münchner Polytechnischen Schule, der späteren TH München. **Elektrizitätslehre** und besonders **Elektrochemie** bildeten nun die Schwerpunkte seines wissenschaftlichen Forschens. 1882 organisierte er zusammen mit dem jungen Oskar von Miller (1855-1934) – dem späteren Gründer des Deutschen Museums in München – die erste elektrotechnische Ausstellung im Münchner Glaspalast. Der König von Bayern ehrte Beetz durch Erhebung in den persönlichen Adelsstand.

29.3.1772

In London stirbt im 85. Lebensjahr der schwedische Ingenieur **Emanuel von Swedenborg**. Sohn eines protestantischen Bischofs, war er seit 1716 in Stockholm Mitglied des Bergwerkskollegiums. Wesentliche Erfindungen, eine Flugmaschine und ein Tauchgerät im Entwurf, Schiffstransporte auf Rollen über Land, Ebbe-und-Flut-Berechnungen und besonders effektive **Verbesserungen in der Eisenerzeugung** kennzeichnen seine Ingenieurarbeiten, für die er bereits 1719 in den Adelsstand erhoben wurde. Später entfernte er sich mehr und mehr von den realen technischen Arbeiten und schuf ein neues, theosophisches Weltbild, das zeitweilig viele Anhänger aktivierte. Sein Leichnam wurde in der königlichen Domkirche zu Uppsala in einem prächtigen Sarkophag beigesetzt.



Grabmal Swedenborgs in Uppsala, 1772.

31.3.1917

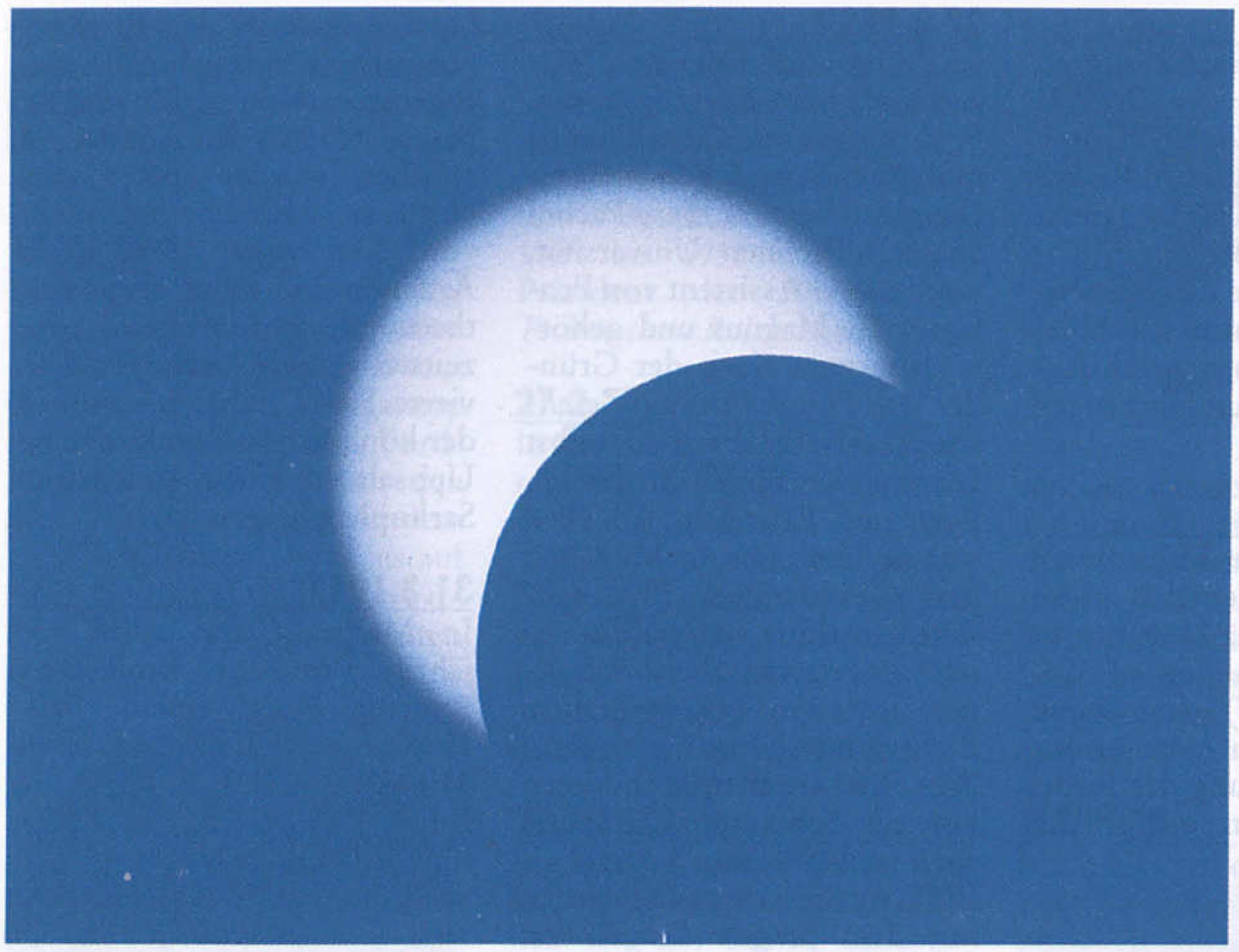
In Marburg/Lahn stirbt 63-jährig Professor **Emil von Behring**. Nach seinem Medizinstudium in Berlin war er als Militärarzt einige Jahre in Bonn, dann wieder in Berlin und ab 1895 in Marburg, nun als Direktor des Hygienischen Instituts. Ab 1890 intensiv an seiner **Blutserum-Therapie** experimentell arbeitend, gelang es ihm, die hohe Sterblichkeit bei Infektionserkrankungen, zum Beispiel bei Diphtherie, drastisch zu senken. 1901 wurde Behring vom Kaiser nobilitiert, und er wurde im selben Jahr erster Träger des Nobelpreises für Medizin.

DER AUTOR

Sigfrid von Weiher, Dr. phil., geboren 1920, Technik- und Industriehistoriker, gründete 1939 die *Sammlung von Weiher zur Geschichte der Technik*. Seit 1951 im Hause *Siemens*, war er dort von 1960 bis 1983 Leiter des *Siemens-Archivs*, von 1970 bis 1982 Lehrbeauftragter für Industriegeschichte an der Universität Erlangen-Nürnberg. Er ist Ehrenmitglied des *Vereins Deutscher Ingenieure* und Mitglied des Wissenschaftlichen Beirats der *Georg Agricola-Gesellschaft*. Er veröffentlichte Aufsätze und Bücher zur Technik- und Industriegeschichte. Die Rubrik „Gedenktage technischer Kultur" bearbeitet Sigfrid von Weiher seit 1983. Seine Anschrift: Leo-Graetz-Straße 9, 81379 München.

Abbildungen: Deutsches Museum (M.l.); Sammlung von Weiher (u.)

Zusammengestellt von Rolf Gutmann



Etwa 1000 Besucher beobachteten am 12. Oktober 1996 die Sonnenfinsternis, bei der der Mond die Sonne bis zu etwa 60 Prozent verdeckte. Die Beobachtergruppe Sternwarte Deutsches Museum hat die erste Bewährungsprobe mit Bravour bestanden.

BEOBACHTERGRUPPE STERNWARTE DES DEUTSCHEN MUSEUMS GEGRÜNDET

Das Deutsche Museum besitzt ein einmaliges Ensemble an Einrichtungen zur Astronomie. Mit 1100 Quadratmetern ist die Astronomieausstellung die wohl größte ihrer Art auf der Welt. Angegliedert sind ein Planetarium zur Verdeutlichung und Erklärung des Sternenhimmels und eine Sternwarte mit zwei großen Fernrohren zur Beobachtung der Himmelskörper.

Der Betrieb der Sternwarte war in der Vergangenheit meist unbefriedigend: Tagsüber konnte man sich als Museumsbesucher zwar die Sonne im Fernrohr ansehen – eine Öffnung der Sternwarte nach Schließung des Museums zur Beobachtung der Sterne nachts war aus verschiedenen Gründen nicht möglich.

Hier hat sich etwas getan. Vor einiger Zeit wurde ein separater Zugang zum Osttreppenhaus vom Museumsinnenhof aus realisiert, der es ermöglicht, die Sternwarte auch nachts zu betreiben. Im Frühjahr 1996 ist es gelungen, eine ehrenamtlich tätige „Beobachtergruppe Sternwarte Deutsches Museum“ ins Leben zu rufen. Es finden sich dort Lehrer, Studenten, Hobbyastronomen, aber auch einfach begeisterungsfähige Laien ohne große Astronomievorkenntnisse.

Die Gruppe trifft sich regelmäßig alle zwei Wochen, jeweils am zweiten Mittwoch und vierten Montag jeden Monats abends um 20 Uhr. Sie ist für jeden Interessenten offen, Neumitglieder sind herzlich willkommen.

Ein eigener Internet-Anschluß in der Sternwarte erlaubt es, auf Daten und Informationen zurückzugreifen, die astronomische Forschungseinrichtungen „online“ anbieten. So ist es beispielsweise kein Beinbruch, wenn während der Beobachtung einmal Wolken aufziehen. Dann geht der Sternenfreund einfach an den PC und sieht sich im Internet beispielsweise die neuesten Bilder an, die mit dem Weltraumteleskop *Hubble* in den letzten Tagen gemacht wurden, oder welche Bilder die Raumsonde ISO in den letzten Stunden zur Erde gefunkt hat.

Mit der Gruppe wird das Deutsche Museum Beobachtungsabende für die Öffentlichkeit anbieten. Das Museum denkt daran, die Beobachtungsabende vor allem bei längeren Schönwetterperioden oder speziellen astronomischen Ereignissen anzubieten, wie zum Beispiel die Erscheinung eines Kometen, Eintreten einer Finsternis und so weiter. Die Ankündigungen erfolgen einige Tage vor dem jeweiligen Termin auf den Informationstafeln des Museums. Treffpunkt ist die Südecke des Museumsinnenhofes (links neben dem Haupteingang). Informationen, auch tagsüber: Tel. (089) 2179-350 oder 2179-341. *G. Hartl*

IN DEN USA AUSGEZEICHNET: VIDEOEDITION „IM DEUTSCHEN MUSEUM“

Im Spätherbst 1995 kamen das Bayerische Fernsehen und das Deutsche Museum überein, im Rahmen der Videoedition des Bayerischen Rundfunks „Bayern erleben“ das bis dahin ehrgeizigste und aufwendigste Filmprojekt dieser erfolgreichen Reihe in Angriff zu nehmen: die 65-Minuten-Dokumentation „Im Deutschen Museum“ im 16 : 9-Breitwandformat und Stereo.

Autor und Regisseur Lorenz Knauer stand vor der Aufgabe, aus den gut 16 000 ausgestellten Exponaten einen Film zu „destillieren“, der sowohl Kenner des Museums als auch Neulinge fasziniert, die auf diesem Wege dem Muse-

Videokassette des preisgekrönten Films „Im Deutschen Museum, der vom Bayerischen Fernsehen gedreht und ausgestrahlt wurde. Die Mitglieder des Deutschen Museums erhalten die Kassette zum Vorzugspreis.

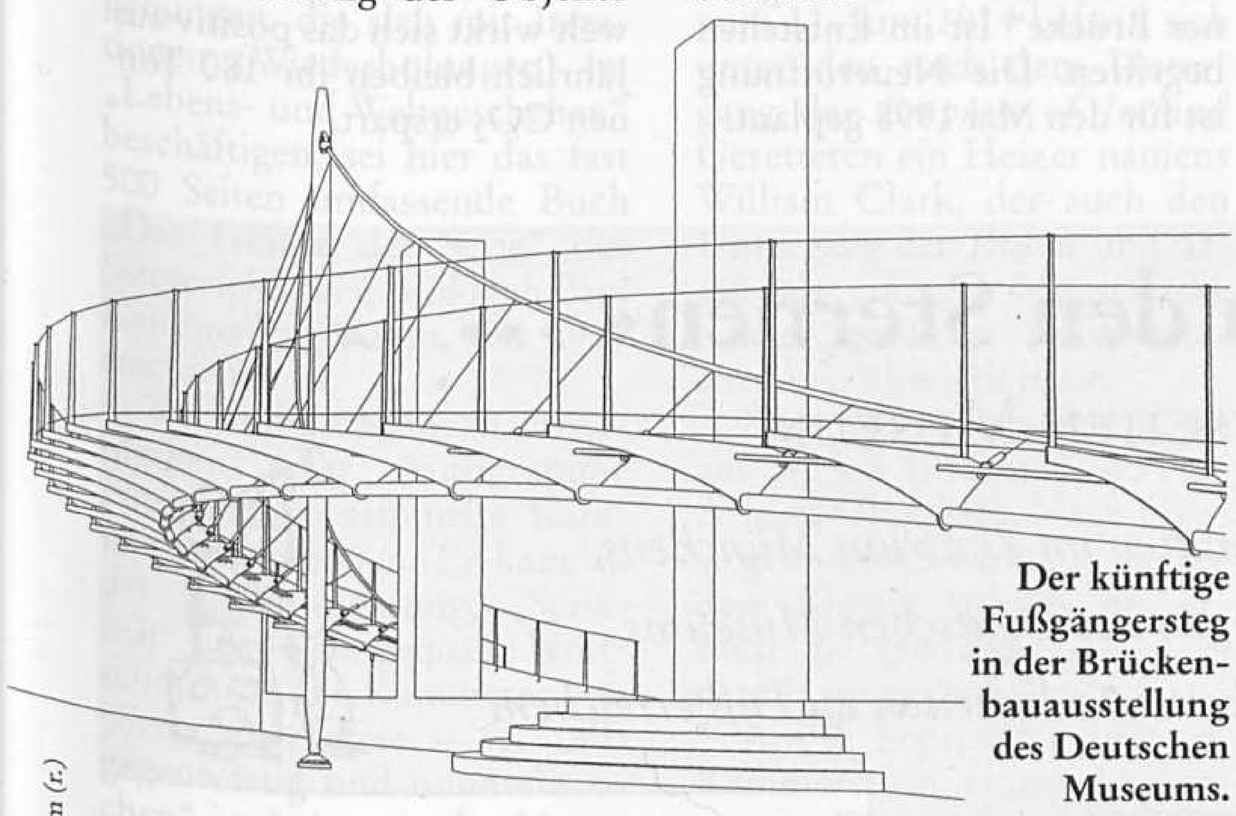
um zum ersten Mal begegnen. Der Film sollte keinesfalls akademisch trocken oder gar oberlehrerhaft daherkommen, sondern eher spielerisch, visuell spannend und voller Bewegung. So entstand in fünfwöchigen Dreharbeiten mit enormem technischen Aufwand ein Dokumentarfilm, der sich fast wie ein Kinofilm „anfühlt" – nicht zuletzt, weil im Breitwandformat gedreht wurde.

Der Film ist in vier „Kapitel" gegliedert: Energie, Materie, Kommunikation und Verkehr. Auf der Entdeckungsreise durch das Museum öffnen sich Türen und Blickwinkel, die dem normalen Museumsbesucher verschlossen bleiben. Die Kamera entdeckt immer wieder Details, die über die Darstellung der Objekte hinaus ihre eigene Ästhetik entfalten. So entsteht auch für intime Kenner des Museums eine Kommunikationsebene, auf der sich die „Meisterwerke der Naturwissenschaft und Technik" vollkommen neu entdecken lassen.

Im Oktober 1996 wurde der Film „Im Deutschen Museum" auf einem der renommiertesten Dokumentarfilm-Festivals der Vereinigten Staaten in Columbus, Ohio, mit einem zweiten Preis ausgezeichnet, mit dem sogenannten *Bronze Plaque Award*. Im November gewann er dann auf dem Internationalen Film- und Videofestival Worldfest in Charleston, South Carolina, einen ersten Preis, den *Gold Award*.

Anläßlich des 90jährigen Jubiläums der Grundsteinlegung des Deutschen Museums am 13. November 1906 strahlte das Bayerische Fernsehen an allen Novembersamstagen aus dem Museumsfilm jeweils ein Kapitel und am 7. Dezember 1996 noch einmal den Film in voller Länge aus.

Die Videokassette kostet regulär 39,95 DM und ist über den BR-Shop, Tel. (089) 9915-1719, und den Fachhandel zu beziehen. Die Mitglieder des Deutschen Museums können die Kassette für sich oder als schönes Geschenk zu einem Sonderpreis von 29,95 DM unter der Telefonnummer (089) 85850333 bei der BMG Video/Universum Film GmbH bestellen.



Der künftige Fußgängersteg in der Brückenbauausstellung des Deutschen Museums.

Abbildungen: M. Knülle (l.o.); Bayerisches Fernsehen (l.u.); Deutsches Museum (r.)

BRÜCKEN: EIN BLICK HINTER DEN BAUZAUN

Eine begehbare, schwingende Brücke wird den räumlichen Mittelpunkt und Blickfang der im Aufbau befindlichen Ausstellung „Brückenbau" bilden. Dem Einbau der geplanten Besucherbrücke steht nun nichts mehr im Wege, denn in den vergangenen Monaten hat sich viel getan: Baugenehmigungen wurden beantragt, die Statik geprüft, Gutachten über erstmalig am Bau zu verwendende Baustoffe und die vorgesehenen Schweißnähte geschrieben, während sich das Materialprüfamt der TU München noch mit der Prüfung

VERANSTALTUNGEN

Januar · Februar · März 1997

Sonderausstellungen

bis 31. Dezember – **»Klebstoff verbindet…«** Industrieverband Klebstoffe e. V.

bis 30. Juni – **Digitale Welten** Technik und Wissenschaft spielend leicht gemacht? (in Zusammenarbeit mit der »Stiftung Lernen«)

Mitte Febr. bis 30. April – **Neues aus der Forschung von »DESY«**

12. März bis 20. April – **Duft, Kulturgeschichte des Parfüms**

10., 17., 20. und 21. März – **»Jugend forscht«** Ausstellung des 32. Landeswettbewerbes

Flugwerft Schleißheim

Effnerstraße 18, D-85764 Oberschleißheim, Tel. (089) 31 57 14-0

25. Januar bis 25. April – **»Deutscher Luftverkehr 1919 - 1945«** Erinnerungen eines Flugkapitäns. Veranstalter: Verein zur Erhaltung der historischen Flugwerft Oberschleißheim e.V. – Der Werftverein

Kolloquiumsvorträge

16.30 Uhr, Filmsaal Bibliotheksbau, freier Eintritt

13. Januar – **Deutsche Spezialisten in der Sowjetunion 1945-1958** Dr. Christoph Mick, Tübingen

27. Januar – **Neue Wege in der quantitativen Verkehrsgeschichte** (Arbeitstitel) – Dr. Andreas Kunz, Mainz

17. Februar – **Determinanten des Innovationsverhaltens in der BRD und DDR im Vergleich** – Dr. Johannes Bähr, Berlin

Orgelkonzerte und Sonntagsmatineen

Musikinstrumentensammlung, 1. OG.

18. Januar, 14.30 Uhr – **Orgelkonzert** *Solist:* Prof. Friedemann Winklhofer

19. Januar, 11 Uhr – *Matinee:* **Werke für Klavier solo** Shao-Yin Huang

22. Januar, 14.30 Uhr – **Orgelkonzert** *Solist:* Michael Rassinger

8. Februar, 14.30 Uhr – **Orgelkonzert – Sonderkonzert** *Solist:* Prof. Jean-Claude Zehnder, Basel

15. Februar, 14.30 Uhr – **Orgelkonzert** *Solist:* Prof. Harald Feller

16. Februar, 11 Uhr – *Matinee:* **Musik für Blockflöte und Tasteninstrumente** Monika Kaminski und Mario Martinoli

19. Februar, 14.30 Uhr – **Orgelkonzert** *Solistin:* Anette Wende

8. März, 14.30 Uhr – **Orgelkonzert** *Solist:* Prof. Karl Maureen

9. März, 11 Uhr – *Matinee:* **Werke für Cembalo und Hammerklavier** Hedwig Bilgram und Anikó Soltesz

12. März, 14.30 Uhr – **Orgelkonzert** *Solistin:* Verena Förster

Wissenschaft für jedermann / Wintervorträge

Beginn 19 Uhr, Einlaß 18.30 Uhr, Ehrensaal, freier Eintritt

15. Januar – **Wandel des Weltbildes** – Experimentalvortrag. Von Planeten, Sternen, Astrologie und wissenschaftlichen Revolutionen. Prof. Dr. Jürgen Teichmann, Deutsches Museum

5. Februar – **Sind wir allein im Universum?** Prof. Dr. Harald Lesch, Institut für Astronomie und Astrophysik, LMU München

26. Februar – **Manipulation im Mikrokosmos** Von Nanokunst und Nanowerkzeugen - Rastersondenmikroskope dirigieren Moleküle – Prof. Dr. Wolfgang Heckl, Institut für Kristallographie und Mineralogie, LMU München

12. März – **Held oder Finsterling?** – Experimentalvortrag. Die Rolle des Chemikers in der schöngeistigen Literatur. Prof. Dr. Otto Krätz, Deutsches Museum

Frauen führen Frauen (siehe separates Programm)

Deutsches Museum

Museumsinsel 1, D-80538 München, Telefon (089) 2179-1

KERSCHENSTEINER KOLLEG

Hier die auf den Seiten 4-5 erwähnten Modelle, Rekonstruktionen, Spielbögen und die Veröffentlichungen zur Technikgeschichte.

Spielbögen

- Der Technik auf der Spur
- Ausflug ins All
- Vom Bilderbrief zum Funktelefon
- Reise zu den Sternen

Preis pro 4-Seiten-Bogen 0.50 DM.

Technikgeschichte

- Drucklufttechnik
- Elektrizität
- Luftverkehr
- Schiffbau
- Kraftmaschinen I
- Kraftmaschinen II
- Werkzeugmaschinen
- Stahlbrückenbau
- Karosserie
- Röntgenstrahlen
- Von Ellen und Füßen zu Atomuhren

Preis pro Heft (etwa 90 Seiten) 7.50 DM.

Modelle, Rekonstruktionen

- Das Stereoskop
- Der Tretradkran
- Der Edison-Zähler
- Die Meßschraube
- Die Rennspindel
- Die Lichtbogenlampe
- Der Tesla-Motor
- Die Entstehung der Funktechnik
- Der Jacquard-Webstuhl
- Der Page-Motor
- Die Feilenhaumaschine
- Was nützen historische Modelle und Rekonstruktionen.

Preis pro Heft (etwa 40 Seiten) 9.– DM.

des Glasbelages der Brücke befassen muß.

Professor Schlaich, der für den Entwurf verantwortlich zeichnet, hat sich nun mit den ausführenden Firmen abgesprochen, die Zeichnungen sind fertig zur Ausführung. Seit einigen Tagen liegt die erste der vielen erforderlichen Genehmigungen vor: Der Bau der Unterkonstruktion für die Rampen kann noch in diesem Jahr beginnen.

Die ersten Brückenteile werden in der zweiten Januarhälfte 1997 geliefert. Der Einbau der Brücke ist für Januar und Februar 1997 geplant, danach wird der Boden aus Gußasphalt eingebracht.

Die Modellbauer des Museums arbeiten mit Hingabe an den drei Baustellenmodellen, das Diorama „Müngstener Brücke“ ist im Entstehen begriffen. Die Neueröffnung ist für den Mai 1998 geplant.

PAPIER – BAUSTOFF DER ZUKUNFT?

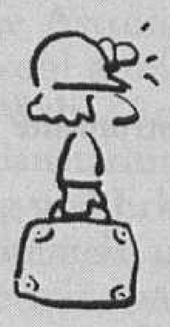
Im Deutschen Museum steht die Umwelt hoch im Kurs. Der Wärmebedarf wird umweltfreundlich aus dem Fernwärmenetz gedeckt und damit Abwärme aus Stromkraftwerken und Müllverbrennung genutzt.

Einen weiteren und großen Schritt in eine umweltgerechte Zukunft vollzog das Museum mit der Wärmedämmung der Bibliotheksdecke. 5000 Quadratmeter Dach wurden mit Zellulose-Dämmstoff aus Papierrecycling „eingedeckt“.

Das Ergebnis ist bemerkenswert: Der Heizwärmeverbrauch des Bibliothekbaus von 236 000 Litern Öl pro Jahr konnte auf 161 000 Liter gesenkt werden. Für die Umwelt wirkt sich das positiv aus: Jährlich bleiben ihr 180 Tonnen CO_2 erspart.

»Vom Bergwerk zu den Sternen«

Ein Wochenende im Deutschen Museum



- *Sie übernachten auf der Museumsinsel mitten im Zentrum Münchens,*
- *haben kürzeste Wege zu den Ausstellungen des Deutschen Museums,*
- *und können viele andere Münchner Sehenswürdigkeiten zu Fuß erreichen.*

Auch 1997 bieten wir Mitgliedern des Deutschen Museums Gelegenheit, mit Begleitung ein Wochenende im Museum zu verbringen.
Das Angebot beinhaltet zwei Tage Übernachtung und Frühstücksbuffet sowie eine Führung zu den Highlights des Deutschen Museums.

Termine: 23. - 25. Mai (Pfingstferien)
19. - 21. September (Oktoberfest)
5. - 7. Dezember (Vorweihnachtszeit)

Wochenendpreis pro Teilnehmer: DM 154,- im Einzelzimmer,
DM 135,- im Doppelzimmer. Kinderermäßigung 25 %.
Sie wohnen im Kerschensteiner Kolleg im Deutschen Museum in einfachen, ruhig gelegenen Zimmern.

Anreise: Freitag 15.00 bis 17.00 Uhr, *Abreise:* Sonntag bis 13.00 Uhr.

Information und Anmeldung: Kerschensteiner Kolleg, Deutsches Museum, Museumsinsel 1, 80538 München, Christine Füssl-Gutmann, Tel. (089) 2179-243.

Aufgrund mangelnder Parkplätze in der Umgebung des Museums empfiehlt sich die Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln.
Zahlungsmodalitäten: Scheck über 50% des Betrags mit Anmeldung, Stornogebühr ab 4 Wochen vor Termin 10%.

Ich melde mich an für ein Wochenende im Deutschen Museum

vom ..... bis zum .....

mit ..... Begleitperson(en) / Kind(ern)

Name .....

Straße .....

PLZ, Ort ..... Tel. .....

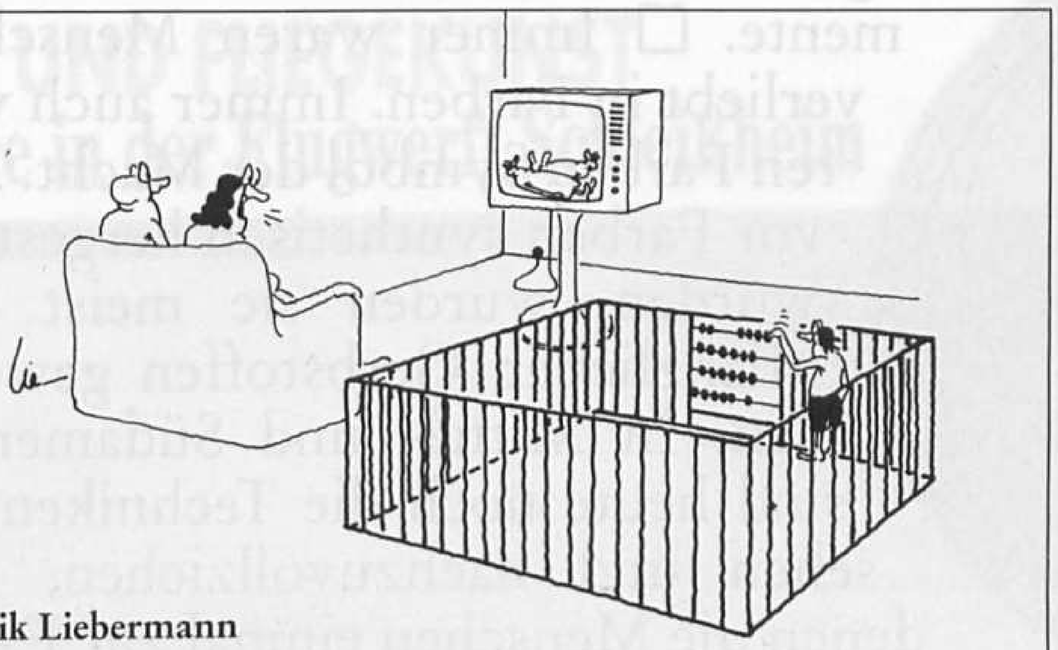
❑ Ich bin an einer Gruppenanreise / Fahrgemeinschaft interessiert / nicht interessiert (Voraussetzung mehrere Anmeldungen aus einer Region).

VON GLÜCKS- UND PECHSTRÄHNEN

Als das „Gesetz der Serie“ erlassen wurde

VON KURT-R. BIERMANN

Es ist nicht genau feststellbar, wann für das Phänomen der Wiederholung von gleichen oder sich ähnelnden Vorkommnissen das Wort „Gesetz der Serie“ geprägt worden ist. In Zeitungsmeldungen ist es seit etwa 100 Jahren zu finden. Um 1910 begann die Wissenschaft, sich intensiver mit diesem „Gesetz“ zu befassen.



Erik Liebermann

„Junge, wir wissen noch nicht, nach wie vielen Männern eine Frau…“

Von den zahlreichen und kontroversen Veröffentlichungen, die sich mit Iterationen (Wiederholungen) im „Lebens- und Weltgeschehen“ beschäftigen, sei hier das fast 500 Seiten umfassende Buch „Das Gesetz der Serie“ des österreichischen Biologen Paul Kammerer genannt, das 1919 erschienen ist.

Wie andere Münzen, Briefmarken oder Autogramme sammeln, so sammelte Kammerer Iterationen. Er kam zu der Schlußfolgerung, „Serialität“ – eine sehr gequälte Wortschöpfung, die Kammerer von „Serie“ herleitete – sei „allgegenwärtig und ununterbrochen“ im Leben, in der Natur, in der Welt. Einige der vielen Beispiele, die Kammerer zusammengetragen hatte, wollen wir hier vorführen.

Am Sonntag, dem 4. Februar 1906, unternahm Kammerers Bruder Otto einen Ausflug nach Leopoldsberg nordwestlich von Wien. Da in dem Lokal kein Platz mehr frei war, setzten sich zwei fremde Leute zu ihm an den Tisch. Am nächsten Sonntag suchte Otto den Richardshof bei Gumpoldskirchen südlich von Wien auf. Die gleichen beiden Leute setzten sich wieder an seinen Tisch, weil sonst nirgends ein Stuhl mehr frei war.

Nach einer Meldung der Zeitung *Neues Wiener Journal* vom 11. Juni 1914 befand sich unter den nach dem Untergang der *Empress of Ireland* Geretteten ein Heizer namens William Clark, der auch den Untergang der *Titanic* und damit als einziger Mensch die beiden größten Schiffskatastrophen überlebt hatte.

Kammerers Schwager hörte am 29. Juli 1915 im Kino eine Arie aus *Rigoletto*. Nach Hause gekommen wollte er sie auf dem Klavier spielen. Da ertönte sie gleichzeitig aus einem Haus gegenüber.

Am 2. September 1906 aß Kammerer in einem Restaurant im Wiener Prater zu Mittag und zahlte 1,69 Kronen. Das Abendessen des gleichen Tages nahm er mit völlig anderer Speisezusammenstellung in einem Lokal in Klosterneuburg ein. Der Rechnungsbetrag lautete wiederum auf 1,69 Kronen.

So verblüffend diese Beispiele auch sein mögen, so falsch wäre es, aus ihnen weitreichende Schlußfolgerungen zu ziehen. Zufälliges Zusammentreffen prägt sich einfach dem Gedächtnis ein, während der gewohnte Wechsel nicht beachtet wird. Die unzählbaren Fälle, in denen jemand auf dem Klavier spielt, ohne die gleiche Melodie aus dem Nachbarhaus zu hören, sind alltäglich und bleiben unbemerkt. Vor allem von dem, was von der Regel abweicht, nimmt man Notiz.

Etwas anderes ist es mit Alternativen, das heißt mit zwei sich gegenseitig ausschließenden Ereignissen, die mit der gleichen Wahrscheinlichkeit eintreten können, wie etwa beim Werfen einer Münze (Wappen oder Zahl). In diesem Fall überwiegen Iterationen. Aber auch bei ihrer Deutung sind „Erforscher“ des „Gesetzes der Serie“ Trugschlüssen zum Opfer gefallen. Wir wollen das an einer Konsequenz belegen, die sich aus statistischen Untersuchungen des Würzburger Philosophen Karl Marbe vor rund 80 Jahren ergeben könnte, wenn wir seinen Resultaten folgen würden.

Frau Schneider wohnt in einer kleinen Stadt und erwartet ein Baby. Sie liegt auf der Wochenstation im Krankenhaus als einzige Patientin. Der Arzt hat ihr gesagt, wenn die Geburt in der nächsten Nacht nicht spontan erfolge, würde sie eingeleitet – auf jeden Fall aber werde sie am nächsten Morgen Muter sein.

Am Abend besucht Herr Schneider seine Frau, und sie erzählt ihm, daß er spätestens am kommenden Morgen Vater sein werde. Herr Schneider kennt den zuständigen Beauftragten für das Personenstandswesen. Er begibt sich sogleich zu ihm und sagt, die nächste Eintragung am kommenden Morgen würde die seines Sohnes oder seiner Tochter sein.

Der Standesbeamte bittet um einen Augenblick Geduld, greift zum Register, wirft einen Blick hinein, zählt kurz etwas ab und sagt dann: „Sie können sicher sein, daß Ihr Kind ein Mädchen sein wird, falls Sie morgen früh wirklich als erster bei mir erscheinen. Hier sind nämlich 17 Knabengeburten hintereinander registriert, und nach Marbes Untersuchungen gibt es keine Iterationen größer als 17!“

Hätte Marbe statt 200 000 Geburtsanmeldungen mehr als eine halbe Million Registrierungen geprüft, wäre er sicher auf eine Iteration mit 18 Gliedern Länge gestoßen.

Bei dem im täglichen Leben vorkommenden Zusammentreffen von gleichen oder nahezu gleichen Ereignissen sind „Wiederholungen“ oder „Serien“ absolut nichts Rätselhaftes. Wenn wir einmal im Lotto gewonnen haben, ist es sehr unwahrscheinlich, daß unsere Zahlen sämtlich bei der folgenden Ziehung wieder die Glückstreffer sind.

Aber auch: Wenn wir einmal Pech haben, ist dies kein Grund zur Befürchtung, das Pech müsse sich fortsetzen. Statistisch gesehen: Auf ein Stück Kuchen mit wenig Rosinen folgt eines mit vielen. □

Aus dem Beitrag „Kommt ein Unglück selten allein?“, den der Verfasser 1982 unter dem Pseudonym Kurt Reinhard in der (damals Ostberliner) Zeitschrift Das Magazin *veröffentlicht hat.*

Das Astrolab von Erasmus Habermel von 1588 zeigt eine technische und kunsthandwerkliche Vollkommenheit, die danach selten erreicht und kaum übertroffen wurde.

Astrolabien, Ortungshilfen etwa für Schiffer auf hoher See, sind Meisterwerke der Astronomie aus Mittelalter und Renaissance. Um 1400 Exemplare aus der Zeit vor 1900 sind bekannt. Das Deutsche Museum besitzt eine bedeutende Sammlung dieser wissenschaftlichen Instrumente. □ Immer waren Menschen verliebt in Farben. Immer auch waren Farben Symbol der Macht. Bevor Farben synthetisch hergestellt wurden, wurden sie meist aus pflanzlichen Gerbstoffen gewonnen. In Mittel- und Südamerika sind heute noch die Techniken zu sehen und nachzuvollziehen, mit denen die Menschen einmal zur Farbe kamen. □ Lange bevor in Deutschland Wasserkraft zur Stromerzeugung diente, hatten die Amerikaner bei den Niagarafällen gezeigt, wie Wasserkraft Strom erzeugen, wie Strom über weite Entfernungen hinweg übertragen werden kann. □

Altes Wissen über Färben mit natürlichen Gerbstoffen: Das Tuch wird dem Sonnenlicht ausgesetzt, weil nur so eine Synthese stattfinden kann, die das Tuch als Farbe „annimmt".

In der Nacht vom 15. zum 16. November 1896 wurde nach einer Meldung der *Times* die elektrische Kraftübertragung von den Niagarafällen nach Buffalo in Betrieb gesetzt.

IMPRESSUM

Kultur & Technik

Zeitschrift des Deutschen Museums

21. 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), Dr. Ernst-Peter Wieckenberg. Redaktionsassistentin: Angelika Schneider. Redaktionsanschrift: Wilhelmstr. 9, D-80801 München / Postfach 400340, D-80703 München. Telefon: (089) 38189-331 oder -414. Telefax: (089) 38189-624.

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. – Der Verlag ist oHG, Gesellschafter sind Dr. Hans Dieter Beck und Wolfgang Beck, beide Verleger in München.

Redaktionsbeirat: Dr. Ernst H. Berninger, Dr. Alto Brachner, Dipl.-Ing. Jobst Broelmann, Rolf Gutmann, Prof. Dr. Otto P. Krätz, Prof. Dr. Jürgen Teichmann, PD Dr. Helmuth Trischler.

Gestaltung: Prof. Uwe Göbel, D-80803 München.
Layout: Jorge Schmidt, D-80803 München.

Herstellung: Ingo Bott, Verlag C.H. Beck.

Papier: BVS* glänzend chlorfrei Bilderdruck der Papierfabrik Scheufelen, D-73250 Lenningen.

Anzeigen: Fritz Lebherz (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. 13. Anzeigenschluß: 6 Wochen vor Erscheinen.

Satz: Belprint, Occamstraße 3, D-80802 München.

Repro: Scanlith, D-85748 Garching, Lörenskogstraße 3.

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

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

Bezugspreis 1997: Jährlich DM 39,80 (incl. DM 2,60 MwSt.), Einzelheft DM 10,80 (incl. DM –,71 MwSt.), jeweils zuzüglich Versandkosten. –

Die Zeitschrift erscheint vierteljährlich.

Für **Mitglieder des Deutschen Museums** ist der Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten (Erwachsene DM 68,–, Schüler und Studenten DM 40,–). Erwerb der Mitgliedschaft im Deutschen Museum: Museumsinsel 1, D-80538 München / Postfach: D-80306 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. 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.

Adressenänderungen: Der Verlag bittet, neben dem Titel der Zeitschrift die neue und alte Adresse anzugeben.

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

ISSN 0344-5690