23 2307 1/1

Kultur & Technik

Zeitschrift des Deutschen Museums München Heft 1/1977 DM 5,— Verlag Karl Thiemig München

Z 8-9

DEUTSCHES MUSEUM · BIBLIOTHEK · MÜNCHEN
INV. 31 A-ZEIT. 77

BIBLIOTHEK DES DEUTSCHEN MUSEUMS · MÜNCHEN

Umschlagbild: »Galax K 324« aus Kunststoff und Acrylglas von K. L. Schmaltz (zum Beitrag »Ars viva«)

Kultur & Technik

Zeitschrift des
Deutschen Museums München
1. Jahrgang, Heft 1
September 1977

Herausgeber:
Deutsches Museum München,
Der Generaldirektor
Redaktion: Günther Gottmann
(verantwortlich), Zdenka Hlava,
Wolfgang Jean Stock
Redaktionsassistenz:
Hedwig Hahn
Deutsches Museum
Museumsinsel 1
D-8000 München 22
Telefon (0 89) 21 79 - 2 47
Telex 05-24 211

Die mit Autorennamen gezeichneten Artikel geben nicht in jedem Fall die Meinung des Herausgebers und der Redaktion wieder.

Verlag Karl Thiemig AG
Pilgersheimer Straße 38
D-8000 München 90
Postfach 90 07 40
Telefon (0 89) 66 24 93
Telex 05-23 981

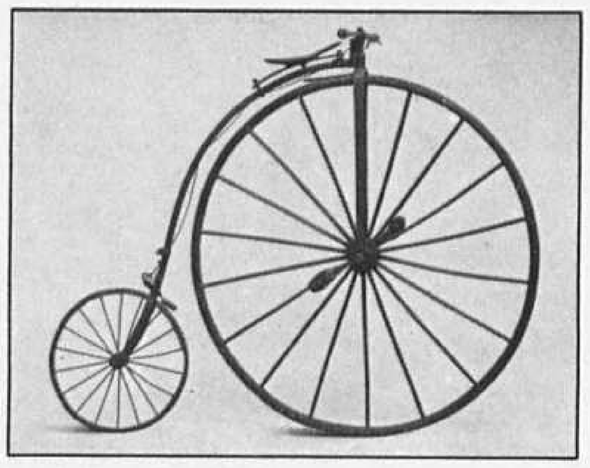
Vorstand: Günter Thiemig, Vorsitzender; Hans Geiselberger, Stellvertreter; Vorsitzende des Aufsichtsrates: Emmi Thiemig.

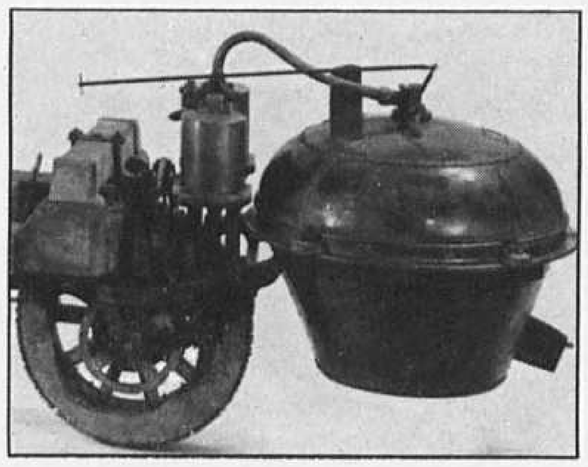
Redaktion vom Dienst:
Wolfgang Jean Stock
Anzeigen: Michaela Franke
(zur Zeit Anzeigenpreisliste 1 gültig).

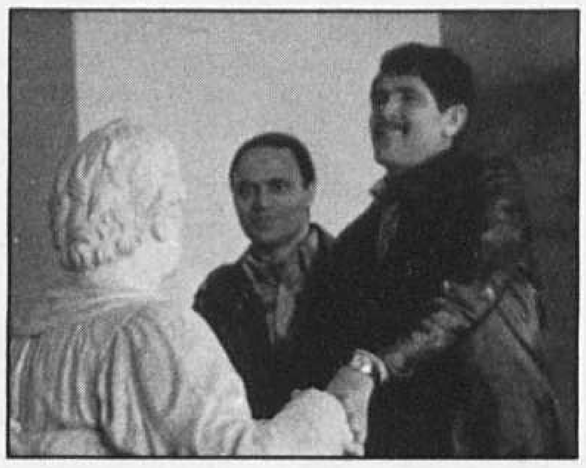
Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks und der fotomechanischen Wiedergabe von Teilen der Zeitschrift oder im ganzen, sind dem Verlag vorbehalten.

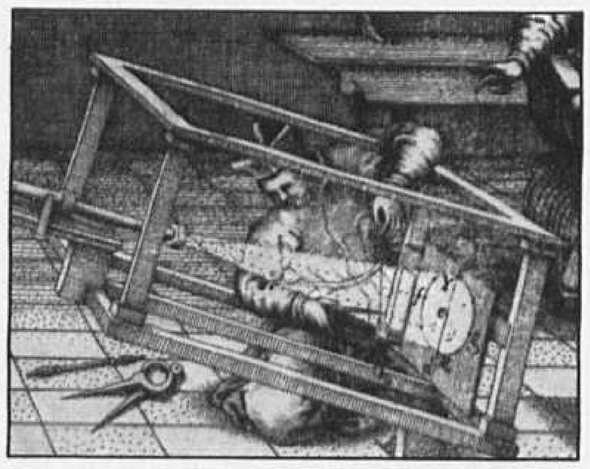
© 1977 Karl Thiemig AG Munich
Printed in Germany
Gesamtherstellung Karl Thiemig, Graphische Kunstanstalt und Buchdruckerei AG, Pilgersheimer Str. 38, D-8000 München 90.
Gedruckt auf MVS* mit Stern 100 g/qm der Papierfabrik Scheufelen, 7318 Lenningen.

Die Zeitschrift erscheint vierteljährlich. Bezugspreis: jährlich DM 16,— (Einzelheft DM 5,—) im Inland; DM 20,— (Einzelheft DM 6,—) im Ausland, jeweils zuzüglich Versandkosten. Abonnementsaufträge nimmt jede Buchhandlung im In- und Ausland entgegen. Für Mitglieder des Deutschen Museums München ist der Bezugspreis im Mitgliederbeitrag enthalten.









Seite

1 **Deutsches Museum — Internationale Zusammenarbeit**
Armin Hermann

2 **Die Suche nach dem Absoluten —**
Max Planck und die Platonische Philosophie
Alto Brachner

5 **Berühren erbeten!**
Die Abteilung Physik im Deutschen Museum
Hans Peter Münzenmayer

9 **Die Lust, auf dem eisernen Rosse dahinzujagen** — eine physikalische Betrachtung des Radfahrens
Max Rauck

12 **Der Urahn aller Autos**
N.-J. Cugnot und sein Dampfwagen
Otto Krätz

16 **Die Dame auf der Schilling-Note**
Die Farben der Malerin Angelika Kauffmann
Kurt Rohrbach

18 **Bachem Natter**
Der erste bemannte Senkrechtstarter der Welt
Egon Popp

21 **Ein Museum ohne Museum —**
Bittersüße Nachlese zu einer Ausstellung
Zdenka Hlava

25 **Fünf Tropfen auf den heißen Stein —**
Wege zur Integration der Ausländer
Ludvík Veselý

29 **Ars viva**
Künstler arbeiten in Industriebetrieben
Günther Gottmann

34 **Ausbruchsversuche**
Zur Vollendung einer Gründungsidee
Gernot Krankenhagen, Jochim Varchmin

37 **Gut gekaut — ganz verdaut**
Die Arbeitsgruppe Didaktik am Deutschen Museum
Bert Heinrich

38 **Am Anfang war der Balken**
Brückenbau — Technik lernen mit übergreifenden Bezügen

46 **Dokumenta 1**
Die Entwicklung der Naturwissenschaften in alten Bilddokumenten — Astronomie
(F. Klemm, J. Teichmann, J. Varchmin)
Friedrich Klemm

54 **Libri rari**
Ein neuer Katalog alter Druckschriften
Ali Mitgutsch

55 **Rund um Rad und Schiff**
Gedanken zu einer neuen Form von Sachbilderbuch
Ekkehard Preuss

58 **Das enträtselte Ries**
Über den Grundstein des Deutschen Museums

61 **Aus aller Welt**

62 **Stifter und Förderer**

63 **Unsere Autoren**

64 **Lieber Leser**
Vorschau

Editorial

Deutsches Museum – *Internationale* Zusammenarbeit

Auf der Generalkonferenz des ICOM — des International Council of Museums — in Leningrad und Moskau vom 18. bis 29. Mai 1977 wurde zum ersten Mal nach dem Krieg dem Deutschen Museum der Vorsitz des CIMUSET, des Internationalen Komitees der naturwissenschaftlichen und technischen Museen, angetragen; der Generaldirektor wurde zum Präsidenten, sein Stellvertreter zum Geschäftsführer des Komitees gewählt.

Anlaß zu einem Wort aufrichtigen Dankes an die Vorgänger. Sechs Jahre erfüllten diese Aufgaben der Leiter des Nationalen Technikmuseums in Prag, Dr. Josef Kuba, und der Vizedirektor des Palais de la Découverte in Paris, Charles Penel. Anlaß aber auch zu kritischer Überlegung des Sinns solchen internationalen Austauschs. Denn wären wir nur ein »Science Center«, wären Richtung und Ziel der Zusammenarbeit klar: Weil Naturwissenschaften und Technik keine nationalen Grenzen und Eigenarten kennen, würde das Endergebnis intensiver Zusammenarbeit das gleiche sein wie bei den Projekten internationaler Großforschung und Industrie — vom Standort unabhängig, ununterscheidbar in der Gleichförmigkeit von Forschungslabors und Produktionsstätten. Gewisse, publizistisch hochgespielte Science Centers signalisieren die Gefahr: Sie unterscheiden sich fast nur noch durch die Architektur.

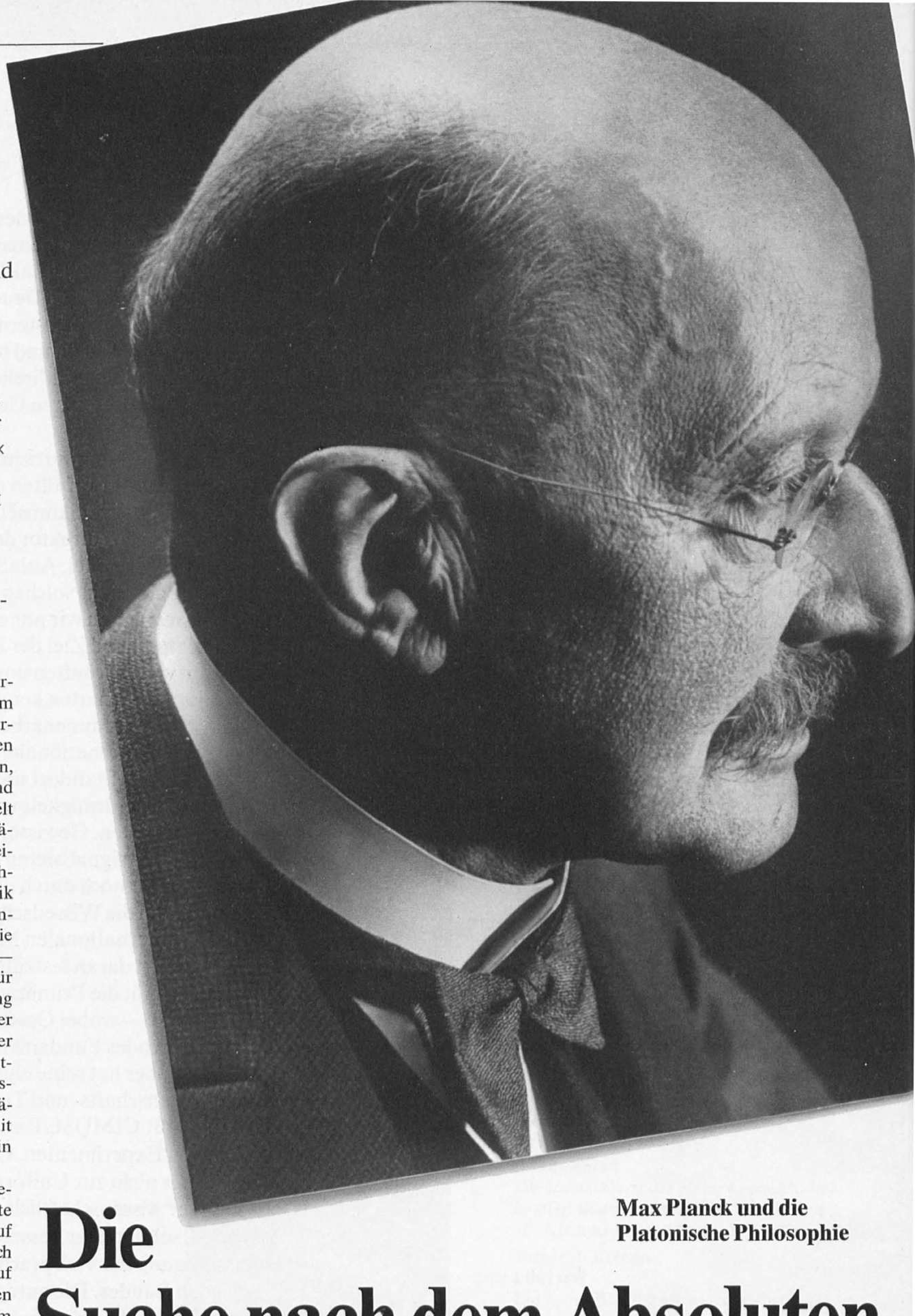
Nur eines kann die Wissenschafts- und Technikmuseen vor solcher internationalen Monotonie und Anonymität retten: unbeirrt daran festzuhalten, daß unbeschadet aller Modernität die Primäraufgabe eines Museums die Geschichte ist — wobei Geschichte nicht Vergangenheit, sondern tragendes Fundament der Gegenwart bedeutet. Jedes Land aber hat seine eigene Geschichte, auch seine eigene Wissenschafts- und Technikgeschichte.

Deshalb heißt CIMUSET zwar Austausch von Erfahrungen, von Experimenten, Objekten und Sonderausstellungen, aber nicht zur Uniformierung beliebig austauschbarer wissenschaftlich-technischer Informationszentralen, sondern zur besseren Formulierung und Verständigung der vielsprachigen und eigenen Wege eines jeden Landes. Die anregende Polyphonie des internationalen Konzerts wird nur dann vor nivellierender Monotonie bewahrt, wenn jedes Museum sein eigenes Instrument spielt.

So ist der Name Deutsches Museum kein patriotisches Hindernis, sondern ein offener Diskussionsbeitrag, der sich durch die Aufgabe im CIMUSET nicht bestätigt, aber in Anspruch genommen sieht. Und dieser Anspruch heißt: KULTUR UND TECHNIK als humane Einheit in geschichtlicher Vielfalt.

Die Redaktion

Armin Hermann



Max Planck und die Platonische Philosophie

Die Suche nach dem Absoluten

Die Bedeutung der Platonischen Philosophie für das Denken der Antike und des Mittelalters wird niemand leugnen. Sie spielt aber auch eine entscheidende Rolle beim Entstehen der modernen Physik. Die Naturkonstante h war für Planck eine »absolute« Gegebenheit (das, was Plato eine »Idee« genannt hat). Diese Auffassung befähigte ihn, an dem zunächst unverständlichen ersten Quantenansatz festzuhalten.

Das Leben eines großen Gelehrten hat man oft mit einem Strom verglichen: Zuerst geht es stürmisch vorwärts mit interessanten Wendungen und Durchbrüchen, dann in ruhigem breiten Lauf, und schließlich verzweigt und verästelt es sich in Tausenden von Kanälen. So hatte Max Planck mit seinem Quantenansatz den Durchbruch von der klassischen Physik des 19. Jahrhunderts zur Quantenmechanik gebahnt, darauf als die größte Autorität seinem Fach — der theoretischen Physik — für etwa drei Jahrzehnte die Richtung gewiesen, und schließlich war er durch seine zahlreichen Ämter und Ehrenämter (auch im Deutschen Museum) mit in- und ausländischen Gelehrten aller Fächer, durch seine Vorträge mit breiten Kreisen von Gebildeten in Verbindung getreten.

Von den Niedrigkeiten des Lebens im Dritten Reich richtete Planck seinen Blick »höher hinauf in eine andere Welt, die sich himmlisch über diese erhebt«. Auf einer Reise in die baltischen Staaten im Mai 1937 hielt er zum ersten Mal den später oft wiederholten Vortrag »Religion und Naturwissenschaft«. Im Jahr darauf kündigte der Verlag Johann Ambrosius Barth in Leipzig bereits seine 5. Auflage an. »Plancks Vortrag hat wohl Beziehungen zum Neuplatonismus«, konstatierte Walther Nernst (1). In der Tat: Planck war zeitlebens überzeugt, daß hinter den durch die menschlichen Sinne und die Meßgeräte registrierten Daten von allen Subjektivitäten freie Dinge existieren und daß es dem Menschen möglich ist, diese »für die Ewigkeit geschaffenen« Gegebenheiten zu erkennen.

Planck vertrat Auffassungen, die der Platonischen Ideenlehre nahe verwandt waren. Was Plato eine »Idee« nannte, war für Planck »das Absolute«. Immer suchte er in seiner wissenschaftlichen Arbeit »hinter dem Abhängigen das Unabhängige, hinter dem Relativen das Absolute, hinter dem Vergänglichen das Unvergängliche« (2).

Schon als Schüler am Münchener Maximiliansgymnasium hatte er »als erstes Gesetz, welches unabhängig vom Menschen eine absolute Geltung besitzt, das Prinzip der Erhaltung der Energie, wie eine Heilsbotschaft« (3) in sich aufgenommen.

Im Wintersemester 1877/78 und im Sommersemester 1878 hörte Planck als Student in Berlin Gustav Kirchhoff, den Altmeister der theoretischen Physik. Kirchhoff vertrat, ganz im Denkstil des

Vor 30 Jahren, am 4. Oktober 1947, starb in Göttingen Prof. Dr. Max Planck (geb. 23. April 1858 in Kiel). 1889—1926 Professor für theoretische Physik (und danach Emeritus) an der Universität Berlin, 1930—1937 Präsident der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (heute Max-Planck-Gesellschaft), 1913—1927 im Vorstand des Deutschen Museums, ab 1924 Vorsitzender des Vorstandes.

19. Jahrhunderts, einen entschiedenen Positivismus. Diese vor allem von Auguste Comte begründete Erkenntnistheorie hält nur das Meßbare für physikalisch real und fordert — in diametralem Gegensatz zum Platonismus —, alle abstrakten Begriffsbildungen als »metaphysisches Beiwerk« und »Anthropomorphismen« aus der Wissenschaft zu entfernen.

In dem Bestreben, jede Unklarheit zu meiden, führte Kirchhoff in ganz formaler Weise den Begriff der Kraft ein (als eine Beschleunigung, die mit einer für den betreffenden Körper charakteristischen Konstanten multipliziert ist). Er verzichtete auch auf eine Vorhersage künftiger Ereignisse und wollte sich mit einer Beschreibung dessen, was ist, begnügen. (4)

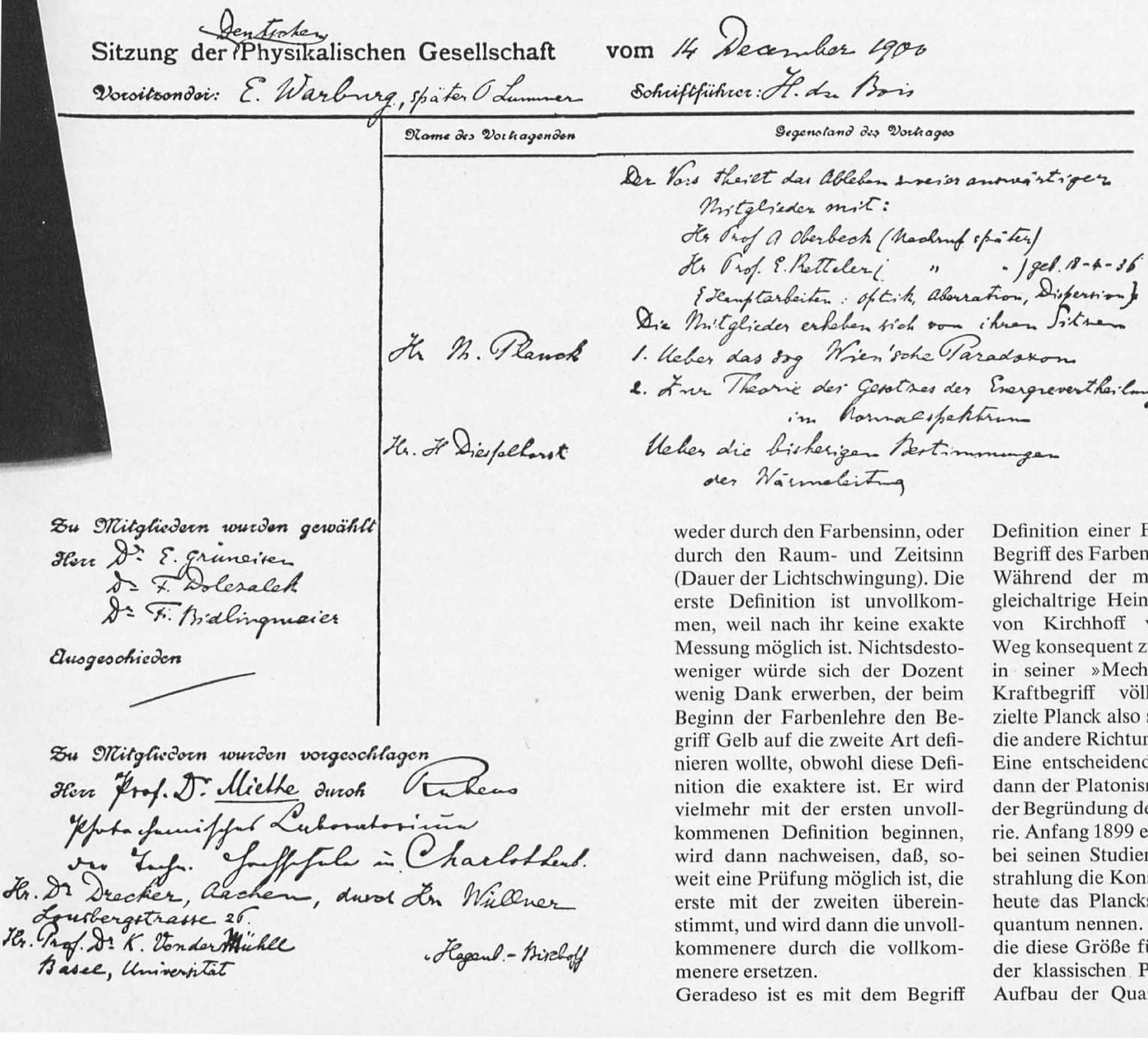
Mit dem von Kirchhoff (in seinen Vorlesungen und in dem 1876 erschienenen Band »Mechanik«) gebotenen Stoff und dessen erkenntnistheoretischer Position setzte sich der junge Max Planck auseinander. Nach seiner Habilitation 1880 an der Ludwig-Maximilian-Universität in München las er selbst über theoretische Physik (5). Planck war mit dem übersteigerten Positivismus Kirchhoffs nicht einverstanden. Er bedauerte es, »hier niemanden zu haben, mit dem ich über diese Dinge ordentlich reden kann«. So schrieb er an seinen ehemaligen Studienfreund Carl Runge:

»Der Begriff Gelb kann auf zweierlei Weise definiert werden, entweder durch den Farbensinn, oder durch den Raum- und Zeitsinn (Dauer der Lichtschwingung). Die erste Definition ist unvollkommen, weil nach ihr keine exakte Messung möglich ist. Nichtsdestoweniger würde sich der Dozent wenig Dank erwerben, der beim Beginn der Farbenlehre den Begriff Gelb auf die zweite Art definieren wollte, obwohl diese Definition die exaktere ist. Er wird vielmehr mit der ersten unvollkommenen Definition beginnen, wird dann nachweisen, daß, soweit eine Prüfung möglich ist, die erste mit der zweiten übereinstimmt, und wird dann die unvollkommenere durch die vollkommenere ersetzen.

Geradeso ist es mit dem Begriff der Kraft. Man muß Kraft zunächst durch Muskelempfindung (Anstrengung), freilich unvollkommen in bezug auf Größenmessung, definieren, und dann die exaktere Definition, die auf Raum- und Zeitempfindung beruht, substituieren. Fängt man, wie Kirchhoff, gleich mit der letzteren Definition an, so verzichtet man im ersten Fall auf die Benutzung des Farbensinnes, im zweiten auf die des Muskelgefühls. Es heißt aber dies nichts anderes, als die Naturwissenschaft ihres höchsten Reizes entkleiden, nämlich der steten Übertragung der gewonnenen Gesetze auf Sinnesempfindungen. Kirchhoffs Definition der Kraft ohne den Begriff der Anstrengung steht auf gleicher Stufe wie die Definition einer Farbe ohne den Begriff des Farbensinns.« (6)

Während der mit Planck fast gleichaltrige Heinrich Hertz den von Kirchhoff vorgezeichneten Weg konsequent zu Ende ging und in seiner »Mechanik« (7) den Kraftbegriff völlig ausmerzte, zielte Planck also schon damals in die andere Richtung.

Eine entscheidende Rolle spielte dann der Platonismus Plancks bei der Begründung der Quantentheorie. Anfang 1899 entdeckte Planck bei seinen Studien über Wärmestrahlung die Konstante h, die wir heute das Plancksche Wirkungsquantum nennen. Die Bedeutung. die diese Größe für den Umsturz der klassischen Physik und den Aufbau der Quantentheorie ge-



Sitzung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft vom 14 December 1900

Vorsitzender: E. Warburg, später O Lummer Schriftführer: H. du Bois

Name des Vortragenden	Gegenstand des Vortrages
	Der Vors theilt das Ableben zweier auswärtiger Mitglieder mit: Hr Prof A Oberbeck (Nachruf später) Hr Prof. E. Rettelen(" -)geb. 18-4-36 {Hauptarbeiten: Optik, Aberration, Dispersion} Die Mitglieder erheben sich von ihren Sitzen
Hr M. Planck	1. Ueber das sog Wien'sche Paradoxon 2. Zur Theorie der Gesetzes der Energievertheilung im Normalspektrum
Hr. H Diesselhorst	Ueber die bisherigen Bestimmungen der Wärmeleitung

Zu Mitgliedern wurden gewählt
Herr Dr E. Grüneisen
Dr F. Dolezalek
Dr F. Widlingmaier

Ausgeschieden

Zu Mitgliedern wurden vorgeschlagen
Herr Prof. Dr. Miethe durch Rubens
Physikalisches Laboratorium
der Techn. Hochschule in Charlottenb.
Hr. Dr Drecker, Aachen, durch Hr Wüllner
Lousbergstrasse 26.
Hr. Prof. Dr K. Vonder Mühll
Basel, Universität

Hagenbach-Kirchhoff

winnen sollte, konnte Planck noch nicht erkennen. Aber er sah, daß h eine fundamentale Naturkonstante darstellt. Sie war für ihn eine vom Menschen unabhängige, absolute Gegebenheit, die »unabhängig von speziellen Körpern oder Substanzen ihre Bedeutung für alle Zeiten und alle, auch außerirdische und außermenschliche Kulturen notwendig behält« (8).

In einem nächsten Schritt bemühte sich Planck, die richtige Strahlungsformel abzuleiten. In einem Hohlraum mit Wänden von bestimmter Temperatur befinde sich elektromagnetische Strahlung. Nun durchdringen einander diese elektromagnetischen Wellen ohne Wechselwirkung. Planck interessierte sich aber gerade für den Zustand des Strahlungsgleichgewichts, der nur durch Wechselwirkung zustande kommt. Als Reagenz auf die Strahlung führte er deshalb Oszillatoren ein, die physikalisch nur zwei Eigenschaften besitzen: Erstens haben sie eine Eigenschwingungsfrequenz ν (d. h., sie absorbieren und emittieren Strahlung dieser Frequenz), und zweitens tauschen sie untereinander Energie aus (d. h., der Oszillator mit der Frequenz ν wechselwirkt mit dem Oszillator der Frequenz ν').

Aus lediglich rechentechnischen Gründen setzte Planck für die Energiestufen des Oszillators die Größe ε an. Ein Oszillator kann sich also im Energiezustand 0, ε, 2ε, 3ε usf. befinden. Planck erwartete, im Laufe der Rechnung den Grenzübergang $\varepsilon \to 0$ vollziehen zu können. Statt dessen ergab sich $\varepsilon = h \cdot \nu$. ν war die Eigenschwingungsfrequenz des Oszillators, konnte also nicht Null gesetzt werden. Aber auch h konnte Planck nicht Null setzen. Denn h war ja für ihn »das Absolute«, d. h. eine fundamentale Naturkonstante mit einem bestimmten Zahlenwert und der Dimension einer Wirkung (erg · sec).

So hielt also Planck an der unverstandenen (und damals tatsächlich unverständlichen) Relation $\varepsilon = h \cdot \nu$ fest. Am 14. Dezember 1900 trug er zum ersten Mal diese Formel bei einer Sitzung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft in Berlin vor, und man spricht heute von diesem Tag als dem »Geburtstag der Quantentheorie«. (9)

Die in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin ausgeführten Messungen über die Verteilung der Strahlungsintensität des Schwarzen Körpers auf die Spektralbereiche standen im Widerspruch zu den von Lorentz, Rayleigh und Jeans angegebenen Formeln (10). Diese Klassiker der Physik bestanden darauf, daß die Messungen falsch sein müßten. Das ließ Plancks wissenschaftliche Ehrlichkeit nicht zu. »Jeans Hartnäckigkeit ist mir unverständlich — er ist das Beispiel eines Theoretikers, wie er nicht sein soll, dasselbe, was Hegel in der Philosophie war. Um so schlimmer für die Tatsachen, wenn sie nicht stimmen.« (11)

»Um so schlimmer für die Tatsachen, wenn sie nicht stimmen« — das war ironisch gemeint. Wenn das Denken in sich richtig ist, was bei Lorentz, Rayleigh und Jeans der Fall war, dann müssen die Voraussetzungen des Denkens falsch sein. Bei der Ableitung des Strahlungsgesetzes versuchte Planck deshalb so wenig Voraussetzungen wie nur möglich zu machen. Für die Energiestufen des linearen Oszillators kam er dabei, wie schon erwähnt, auf die Formel $\varepsilon = h \cdot \nu$. Diese Relation ließ er, wenn er sie auch noch nicht verstehen konnte, unangetastet. So begründete er die Quantentheorie.

Fünf Jahre später führte die »Suche nach dem Absoluten« zu einem neuen Erfolg. Im Herbst 1905 fesselte eine Abhandlung im Band 17 der »Annalen der Physik« die Aufmerksamkeit Plancks. Der Aufsatz trug den Titel »Zur Elektrodynamik bewegter Körper«. Um dieses Problem hatten schon Hertz, Lorentz und andere berühmte Forscher vergeblich gerungen — und hier war nun, gänzlich unerwartet, ein höchst origineller Lösungsversuch. Der Verfasser hieß Albert Einstein; diesen Namen hatte Planck, obwohl er die Literatur aufmerksam verfolgte, noch nie gehört. Er erfuhr, daß es sich um einen kleinen Beamten am Schweizer Patentamt in Bern handle.

Einstein hatte die physikalische Bedeutung der bisher scheinbar a priori festliegenden Grundbegriffe »Raum« und »Zeit« erfaßt, die klassische Mechanik reformiert und unter ein gemeinsames Dach mit der Elektrodynamik gebracht.

Überraschend schnell gelang es Planck, bei den führenden Physikern und Mathematikern in Deutschland die Anerkennung der Speziellen Relativitätstheorie durchzusetzen. Nicht die experimentelle Prüfung gab den Ausschlag; ein wichtigeres Argument war die mathematische Schönheit und Symmetrie der Theorie. Den endgültigen Erfolg besiegelte der Vortrag des Mathematikers Hermann Minkowski auf der Versammlung der Deutschen Naturforscher und Ärzte in Köln am 21. September 1908. Minkowski führte neben den drei Raumdimensionen die Zeit als vierte Dimension ein und konnte auf diese Weise die mathematische Struktur der Theorie besonders deutlich herausarbeiten.

Planck erhoffte sich von der Relativitätstheorie auch eine Klärung des Quantenproblems. Aufschlußreich ist ein neugefundener Brief an Carl Runge. Dieser bestätigt, daß Plancks Interesse an der Relativitätstheorie aus der selben Wurzel herrührte wie seine Arbeiten über das Quantenproblem:

»Vielleicht ließen sich die Minkowskischen Betrachtungen (Raum mit den vier Koordinaten x, y, z, t) mit Erfolg für eine Veranschaulichung des Wirkungsatoms verwerten. Interessant war mir immer, daß diese Naturkonstante h auch dann invariant bleibt, wenn man, gemäß dem Relativitätsprinzip, von einem vorhandenen Koordinatensystem auf ein bewegtes übergeht, wobei doch fast alle übrigen Größen, wie Raum, Zeit, Energie sich ändern. Dieser Umstand ist es gerade, der mich zur näheren Beschäftigung mit dem Relativitätsprinzip antrieb.« (12)

Die Hoffnung freilich, Relativitätstheorie und Quantenphysik in einer Theorie vereinigen zu können, hat sich bis heute nicht erfüllt. Dem Ziel bisher am nächsten gekommen ist wohl die »Einheitliche Theorie der Materie« von Heisenberg. Platoniker wie Max Planck, war auch Werner Heisenberg von den (um eine »elementare Länge« ergänzten) Naturkonstanten ausgegangen. Aber mit den Naturkonstanten allein läßt sich keine Theorie aufbauen, und Heisenberg ging deshalb über zu den Erhaltungssätzen, wie der Erhaltung der Energie, bzw. den mathematisch äquivalenten Symmetrien.

»Plancks Vortrag hat wohl Beziehungen zum Neuplatonismus«, hieß es in dem Brief Walther Nernsts, den wir eingangs zitierten: »Am schönsten findet sich m. E. der Grundgedanke bereits im Johannes-Evangelium: Im Anfang war das Wort, und das Wort war bei Gott, und Gott war das Wort. ›Logos‹ ist natürlich (nicht als ›Wort‹, sondern) als ›Gesetz‹ zu übersetzen . . .; und da es am Anfang keine Menschen gab, so kann logos nur Naturgesetz bedeuten.«

Anmerkungen

(1) Brief von Walther Nernst an Max von Laue, 13. Februar 1938. Sondersammlungen der Bibliothek des Deutschen Museums (Sign. 1964 — 2/1). Im gleichen Brief wird die Wahl des Münchener Physikers Zenneck in die Preußische Akademie der Wissenschaften erörtert. Für ihn spreche, »daß seine Wahl uns mit dem Deutschen Museum in Beziehung bringen würde«.

(2) Max Planck, Vom Relativen zum Absoluten. Gastvorlesung, gehalten an der Universität München am 1. Dezember 1924. In: Max Planck, Vorträge und Erinnerungen. 7. Aufl. Darmstadt 1969, S. 181

(3) Max Planck, Wissenschaftliche Selbstbiographie. In: Max Planck, Physikalische Abhandlungen und Vorträge. Bd. III. Braunschweig 1958, S. 374

(4) Gustav Kirchhoff, Vorlesungen über mathematische Physik. Mechanik. 2. Aufl. Leipzig 1877. Hier insbesondere die Vorrede

(5) Man vergleiche Armin Hermann, Max Planck. In Selbstzeugnissen und Bilddokumenten. Rowohlts Bildmonographien Nr. 198. Reinbek 1973

(6) Brief von Max Planck an Carl Runge, 15. September 1881. Staatsbibliothek Preußischer Kulturbesitz

(7) Heinrich Hertz, Die Prinzipien der Mechanik. Leipzig 1894

(8) Max Planck, Physikalische Abhandlungen und Vorträge. Bd. I. Braunschweig 1958, S. 666

(9) Näheres siehe Armin Hermann, Frühgeschichte der Quantentheorie (1899—1913). Mosbach/Baden 1969

(10) Näheres siehe Hans Kangro, Vorgeschichte des Planckschen Strahlungsgesetzes. Messungen und Theorien der spektralen Energieverteilung bis zur Begründung der Quantenhypothese. Wiesbaden 1970

(11) Brief von Max Planck an Wilhelm Wien, 27. Februar 1909. Staatsbibliothek Preußischer Kulturbesitz

(12) Brief von Max Planck an Carl Runge, 23. Februar 1908. Staatsbibliothek Preußischer Kulturbesitz

Die Abteilung Physik
im Deutschen Museum

Berühren erbeten!

Physik für Physiker? Nur die Details. Die Resultate jedoch und ihre Auswirkungen sind für uns alle wichtig. Von der Physik hängt unsere gesamte Zivilisation im guten wie im schlechten Sinne ab, sie ist für den Fortschritt in der Grundlagenforschung und in den Technologien unerläßlich. Sie stellt ein Kulturgut dar — allerdings wird sie als solches nur von wenigen anerkannt.

Alto Brachner

Die Abteilung Physik

Die Abteilung Physik ist nach dem Bergwerk und der Auto- und Eisenbahnabteilung beim Publikum die beliebteste unter den 27 Ausstellungen des Museums. Daß die Besucher diese naturwissenschaftliche Grundlagendisziplin ernst nehmen, ist besonders erfreulich. Um so mehr, weil ihre Darstellung auf all die Attraktionen und Motivationen der realistischen Unheimlichkeit, die etwa Grubenschächte aufweisen, ebenso verzichten muß wie auf die touristische Nostalgie, die unsere Oldtimer-Ausstellung so verlokkend macht. Dieses erstaunliche Echo auf die theoretischen, also gar nicht vordergründig attraktiven Sachverhalte bestätigt einerseits das Ausstellungsprinzip des Museums, das in der Abteilung Physik am konsequentesten durchgeführt wurde: jedes Objekt und jedes Gesetz, in der Regel durch Demonstration oder Experiment beliebig oft wiederholbar, soll begriffen werden. Andererseits ist die Anerkennung dieser Abteilung, auch durch Museumsfachleute aller Welt, Frucht des Engagements führender Physiker. Namen wie Wilhelm Conrad Röntgen, Marie Curie, Max Planck, Wilhelm Wien, Arnold Sommerfeld und viele andere sind nicht nur durch wertvolle Originale unlösbar mit dieser Ausstellung verbunden, sondern auch durch intensive Beratung und Mitarbeit bei ihrem Aufbau.

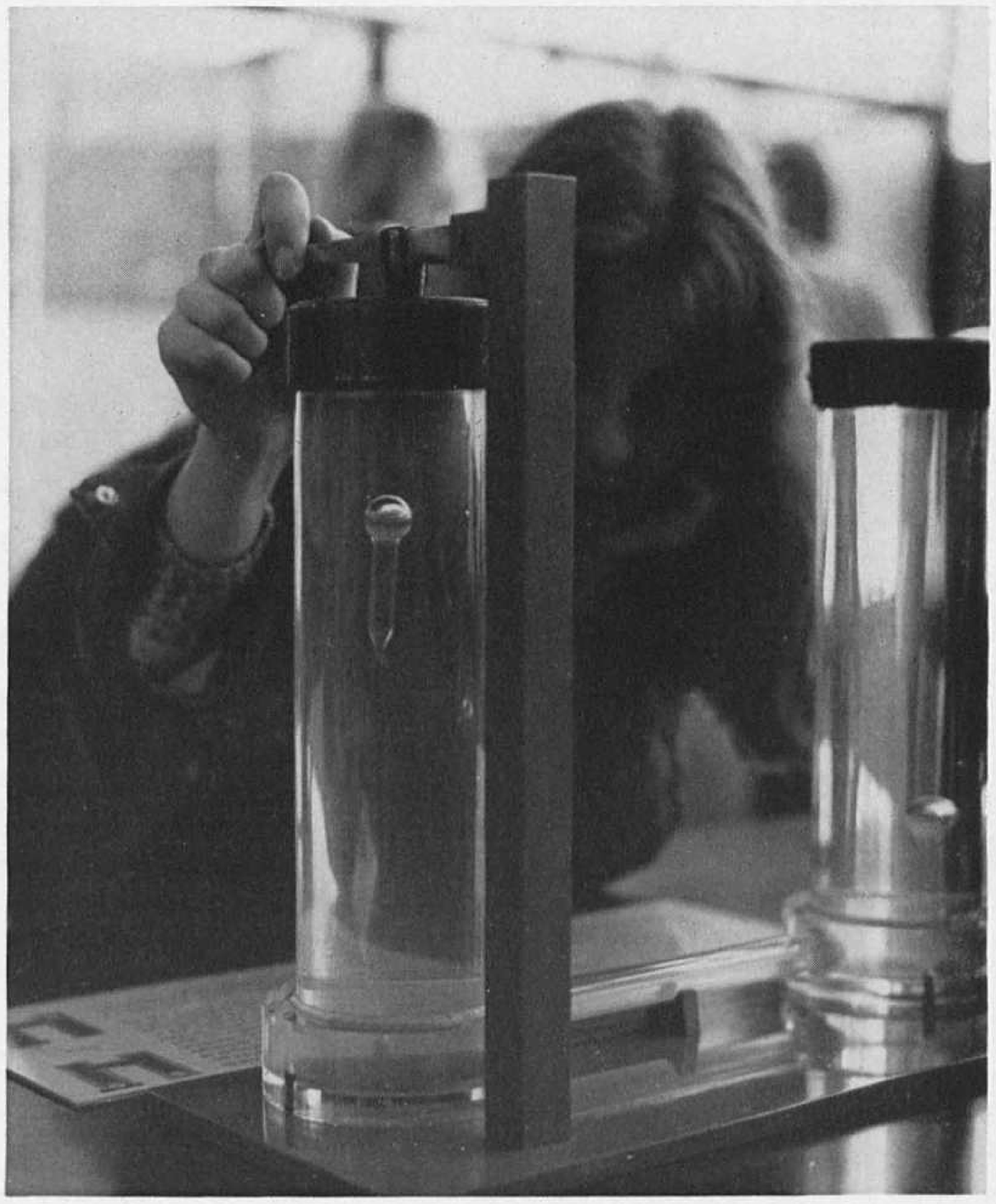
Allein die Reihe dieser Namen gebietet es, in geschichtlichem Bewußtsein wertvolles Kulturerbe zu konservieren und zu demonstrieren. Aber die Genannten waren bei Planung und Aufbau der Abteilung Zeitgenossen! Bei der damals unangefochtenen Achtung vor der historischen Dimension war es für diese Gelehrten selbstverständlich, daß die Geschichte nicht nur Vergangenheit ist, sondern in die Gegenwart reicht. Daß also damals die Darstellung der Physik nicht nur — wenn auch! — die Magdeburger Halbkugeln des Ratsherrn Otto von Guericke zu bewahren hatte, sondern auch die zu jener Zeit modernsten physikalischen Erkenntnisse erläutern wollte.

Ebenso selbstverständlich muß es heutige Aufgabe des Deutschen Museums sein, nicht nur eine bilanzierende Rückschau auf vergangene Physik zu bieten, sondern den Besucher an modernsten physikalischen Fragestellungen und Problemlösungen teilnehmen zu lassen. Das aber stößt, gerade in der Physik, auf für Außenstehende kaum vorstellbare Schwierigkeiten: Die Zeit der großen Gelehrten als Einzelpersönlichkeiten, die noch den Erstaufbau der Abteilung bestimmten, ist vorbei. An ihre Stelle trat die anonyme, fast unübersehbare Großforschung, die das Wissen exponentiell wachsen läßt. Die Zahl der Physiker im Museum, die dieses Wissen nicht nur zu bewältigen, sondern auch noch in Ausstellung und Vortrag zu vermitteln haben, wuchs kaum. Auch die räumlichen Dimensionen der neuen naturwissenschaftlichen Forschungseinrichtungen und physikalischen Versuchsanordnungen sind im Vergleich zu den früheren unverhältnismäßig stark gewachsen, während der verfügbare Raum für ihre Ausstellung kaum zu vergrößern ist.

Wandel im Bewußtsein

Auch im allgemeinen Bewußtsein hat sich der Stellenwert dieses Wissensgebietes geändert. Umwehte in der Gründungszeit des Museums die Physik noch ein Hauch von individualgelehrter Exklusivität, so war doch ihre Bedeutung als Grundlage der damals begonnenen großtechnischen Anwendungen schon bewußt. Es war nicht nur der Zufall reicher Zuwendungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und anderer an das Deutsche Museum, sondern Spiegel eines Programms, wenn 1905 ein Mitarbeiter Oskar von Millers, Franz Fuchs, feststellte: »Unter den 36 Gruppen, in die der gesamte Museumsinhalt eingeteilt wurde, trafen 11 auf Physik, Mathematik, Astronomie und Geodäsie.« Heute dagegen ist diese Grundlagenfunktion der Physik so selbstverständlich und dadurch unbewußt, daß sie kaum mehr als ein Kulturgut geschätzt wird, von dem unsere gesamte Zivilisation in ihrem Wohl und Wehe abhängt. So undurchschaubar wirkt dieser unlösbare Zusammenhang, daß es zum Beispiel langer Argumentationen bedurfte, um zu klären, daß eine neue Abteilung Kernenergie und Kerntechnik für das Deutsche Museum nur in Frage kommen kann, wenn sie eine ausführliche Darstellung der geschichtlichen und modernen wissenschaftlichen Grundlagen der Kernphysik enthält.

Eine letzte Schwierigkeit beim nie zu vollendenden Ausbau der Physik gilt nicht nur, aber besonders für diese Abteilung: In den letzten zehn Jahren wuchs die jährliche Besucherzahl um mehr als 100 %, seit der Einrichtung der Physikschau gar um 300 %! Das heißt, jedes Instrument, jedes Experiment wird dreimal so oft betätigt und dreimal so schnell verschlissen wie zu seiner Entwicklungszeit! »Und es bewegt sich doch«, oder besser »noch«, obwohl täglich neben all den anderen Besuchern im Durchschnitt mehr als eintausend (!) Kinder zwischen 10 und 15 Jahren teils spielend, teils begreifend zum Beispiel die Grundexperimente in Gang setzen. Und neben diesem allgemeinen Besucherstrom fanden allein im vergangenen Jahr sowohl in der Physik wie in der Sternwarte je 150 Spezialführungen mit vielen tausend Gästen statt, im Planetarium sogar 1560 Vorführungen mit über 220 000 Teilnehmern. Allein diese Zahlen spiegeln die Spannung wider, in die der enge Museumsetat und der kleine Mitarbeiterstab geraten zwischen wissenschaftlicher und konservatorischer Arbeit einerseits und



Bildungsarbeit und Vermittlung andererseits. Mit welchen Maßnahmen versucht das Museum, diesen Anforderungen augenblicklich und in nächster Zukunft gerecht zu werden?

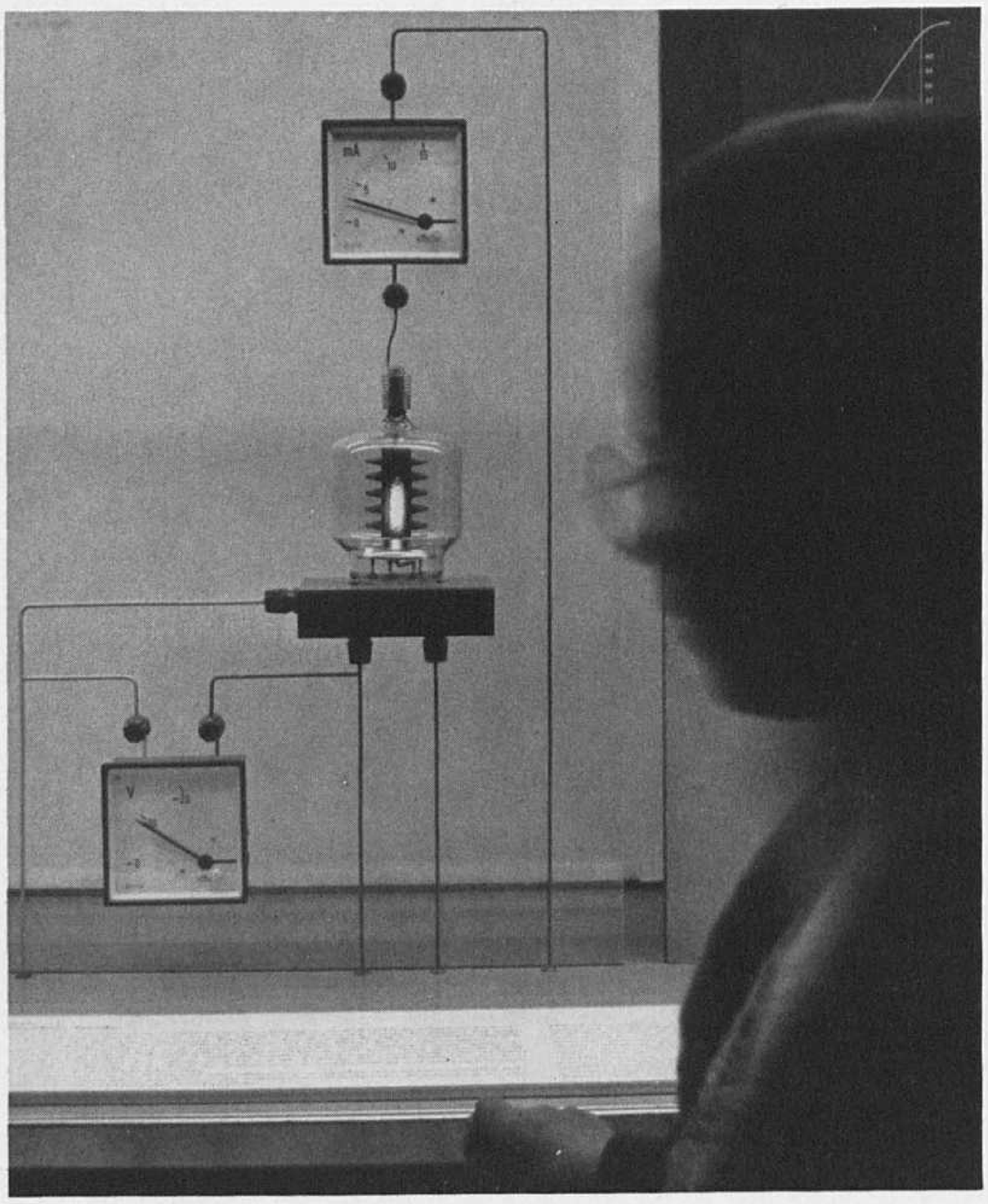
Heliumverflüssigungsanlage

Die Tieftemperaturphysik hat, vertreten durch Pionierarbeiten Carl von Lindes, im Hause eine lange Tradition. Unser größtes Projekt — die Heliumverflüssigungsanlage — wird diesen Bereich wieder auf den neuesten Stand bringen. Dabei geht es nicht um eine bloße Erneuerung oder Erweiterung. Die Anlage macht vielmehr einen Teil der aktuellsten Fragen der heutigen Physik anschaulich. So können makroskopische Quantenphänomene, wie etwa Supraleitung und Suprafluidität, gezeigt werden, denn diese spielen eine große Rolle zum Beispiel bei der zukünftigen Energieübertragung oder bei der Herstellung starker Elektromagnete für die eventuell mögliche Kernfusion sowie für die Teilchenbeschleuniger in der Kern- und Elementarteilchenphysik. Die makroskopisch beobachtbaren Quantenphänomene Supraleitung und Suprafluidität sind dabei besonders für die lau-

fenden Lehrerfortbildungsseminare wichtig. Dieses Projekt im Wert von etwa einer Viertelmillion Mark wurde von der Linde AG gestiftet, die mit dem Deutschen Museum seit seiner Gründungszeit verbunden ist. Auch die Zulieferfirmen beteiligten sich mit Werten in Höhe von etwa 65 000 Mark, besonders die Firmen Ballonfabrik Augsburg, Bauer Kompressoren München, das Karlsruher Glastechnische Werk, Messer-Griesheim Düsseldorf, die Siegtal-Cryotherm GmbH Niederschelden und die Röhrenwerke AG Düsseldorf.

Dokumentation

Dokumentation, die in einem Museum eine Selbstverständlichkeit sein sollte, gehört bei uns (in allen Abteilungen, nicht nur in der Physik) leider unter die Rubrik »neue Projekte«, denn Aufbau, Zerstörung und Wiederaufbau haben diese wichtigen Grundlagenarbeiten immer wieder in den Hintergrund gedrängt. Voraussetzung für eine gute Dokumentation ist ein geeignetes Kategoriensystem, das alle Gegenstände nach Fachgebieten, Bereichen und Gruppen ordnet — ein Schema, das die Querverbindungen zwischen den an verschiedenen Orten unter verschiedenen Aspekten gesammelten Daten herstellt: vom Gegenstand in der Abteilung zu seiner Fotodokumentation im Bildarchiv (zum Beispiel ein Porträt des Erfinders und andere zeitgenössische Aufnahmen) und anderen Quellen (die sich darauf beziehenden Korrespondenzen zwischen Wissenschaftlern, Tagebücher, Pläne, Zeichnungen, Tonbänder) und zu den Studiensammlungen (ein geordnetes, für Fachleute zugängliches Depot). Ein kleines Zahlenbeispiel mag den riesigen Umfang dieser zunächst nicht sehr publikumswirksamen, aber dennoch unerläßlichen Vorleistungen verdeutlichen: Geht man von etwa 5000 Objekten in der Physik aus und rechnet für die Bearbeitung eines jeden nur fünf Stunden, wird der Zeitaufwand zwar 13 Jahre betragen; andererseits, ohne diese wissenschaftliche Bearbeitung des Museumsgutes bliebe ein Teil unserer geschichtlichen Aufgabe unerfüllt.



Texterneuerung

In der Abteilung Physik befinden sich etwa 600 erläuternde Texte. Sie wurden formuliert mit herkömmlichen Maßbegriffen wie Pferdestärken, Kilopond, Kalorien. Unsere jungen Besucher werden sie in wenigen Jahren nicht mehr verstehen, da sie nur noch die neuen internationalen Maßeinheiten wie Newton, Kilogramm, Joule lernen. Außerdem spiegeln zahlreiche Erläuterungen einen inzwischen überholten Erkenntnisstand wider. Allein die Änderung dieser Texttafeln wird die wissenschaftlichen Mitarbeiter und die Werkstätten mehrere Jahre (nebenbei!) beschäftigen.

Kernphysik und Kerntechnik

Bei dem Bemühen, die heutigen Erkenntnisse und technischen Anwendungen der Naturwissenschaft darzustellen, treten Kernphysik und Kerntechnik besonders in den Vordergrund. Denn aus der Mikrophysik, die seit der Ölkrise besonders in den Blickpunkt der Öffentlichkeit geraten ist, resultiert der gegenwärtig spektakulärste Energieumwandlungsprozeß: die Umwandlung von Kernenergie in elektrische Energie. Im nächsten Jahr eröffnen wir eine neue Abteilung Kernphysik/Kerntechnik. Darin versuchen wir diese Problematik ausgewogen und neutral darzustellen. Ein Fachbeirat aus Wissenschaft und Industrie berät dieses Projekt und finanziert es mit drei Millionen Mark. Die Ausstellung schließt sich teils dicht an die der anderen Energiequellen Kohle, Erdöl und Erdgas, teils der Abteilung Physik an; ihr zugeordnet ist ein Vortragssaal, in dem die unterschiedlichen Gruppen, ihrem Vorbildungs- und Erwartungsniveau entsprechend, in Experimentalvorlesungen informiert werden und Gelegenheit zu Fragen und Aussprachen erhalten. Denn gerade hier braucht der Besucher wegen der Kompliziertheit des Themas und der Fülle von Exponaten und Experimenten eine zusätzliche Betreuung. Auch die Lehrervorträge des Kerschensteiner Kollegs lassen sich dann intensivieren. Ihr Erfolg hängt allerdings davon ab, ob man mehr bietet als jede gut ausgestattete physikalische Sammlung eines Gymnasiums. Die Einrichtung eines solchen Vortragsraumes rechtfertigt sich nicht nur durch positive Erfahrungen der Abteilung Chemie, die schon lange solche Experimentalvorlesungen hält, sondern auch durch das wachsende Interesse an den Lehrerfortbildungskursen bei den entsprechenden staatlichen Institutionen und den Kursteilnehmern selbst.

Geodäsie

Schließlich sei der Bogen zur Museumsgründung geschlossen und eine alte traditionsreiche Abteilung im Hause erwähnt: die Geodäsie. Die nach dem Kriege nur provisorisch eingerichtete Abteilung wurde im Hinblick auf eine baldige Neugestaltung aufgelöst. Die Planung ist seit langem abgeschlossen — auf die Realisierung warten wir immer noch, da die nötigen Mittel fehlen. Wenn sich kein Geldgeber findet, wird man sich an den Gedanken gewöhnen müssen, daß trotz vorhandenem Raum und trotz zahlreicher historischer Instrumente und moderner Geräte dieses Fachgebiet dem Besucher vorenthalten bleibt. Ähnliches gilt für die Optik.

Trotz aller Unzulänglichkeiten, die die Eingeweihten am meisten bedauern, versucht man in der Abteilung Physik verstärkt, über die vordergründige Begeisterung unserer Gäste ein tieferes Verständnis für dieses faszinierende Gebiet zu wecken.

Die Lust, auf dem eisernen Rosse dahinzujagen –

eine physikalische Betrachtung des Radfahrens

Hans Peter Münzenmayer

Wenn Autofahrer über Beschleunigungswerte, Benzinverbrauch oder Pferdestärken (an das Kilowatt wollen sie sich ja nicht gewöhnen) reden, nimmt der Radfahrer die Rolle des Pfeifenrauchers ein — er hört zu. Schließlich muß es ihm bei der reichen Auswahl von Superlativen und Rekorden ganz einfach die Sprache verschlagen. Dabei brauchte er gar nicht so bescheiden zu sein, denn schließlich ist er ein höchst soziales Wesen, das keinen Raubbau mit dem Sauerstoff und der Landschaft betreibt. Er fordert keine vierspurigen Rennbahnen, keine Parkhäuser, und er spielt in den Sorgen um die Energievorräte überhaupt keine Rolle. Da nun gerade von Energie die Rede ist: Im Radfahrer hat nicht nur der Automobilist, sondern sogar die Natur selbst ihren Meister gefunden. Denn von allem, was da kreucht, fleucht, rollt oder holpert, ist er am sparsamsten. Es ist nicht vom Geld die Rede, sondern von der Physik.

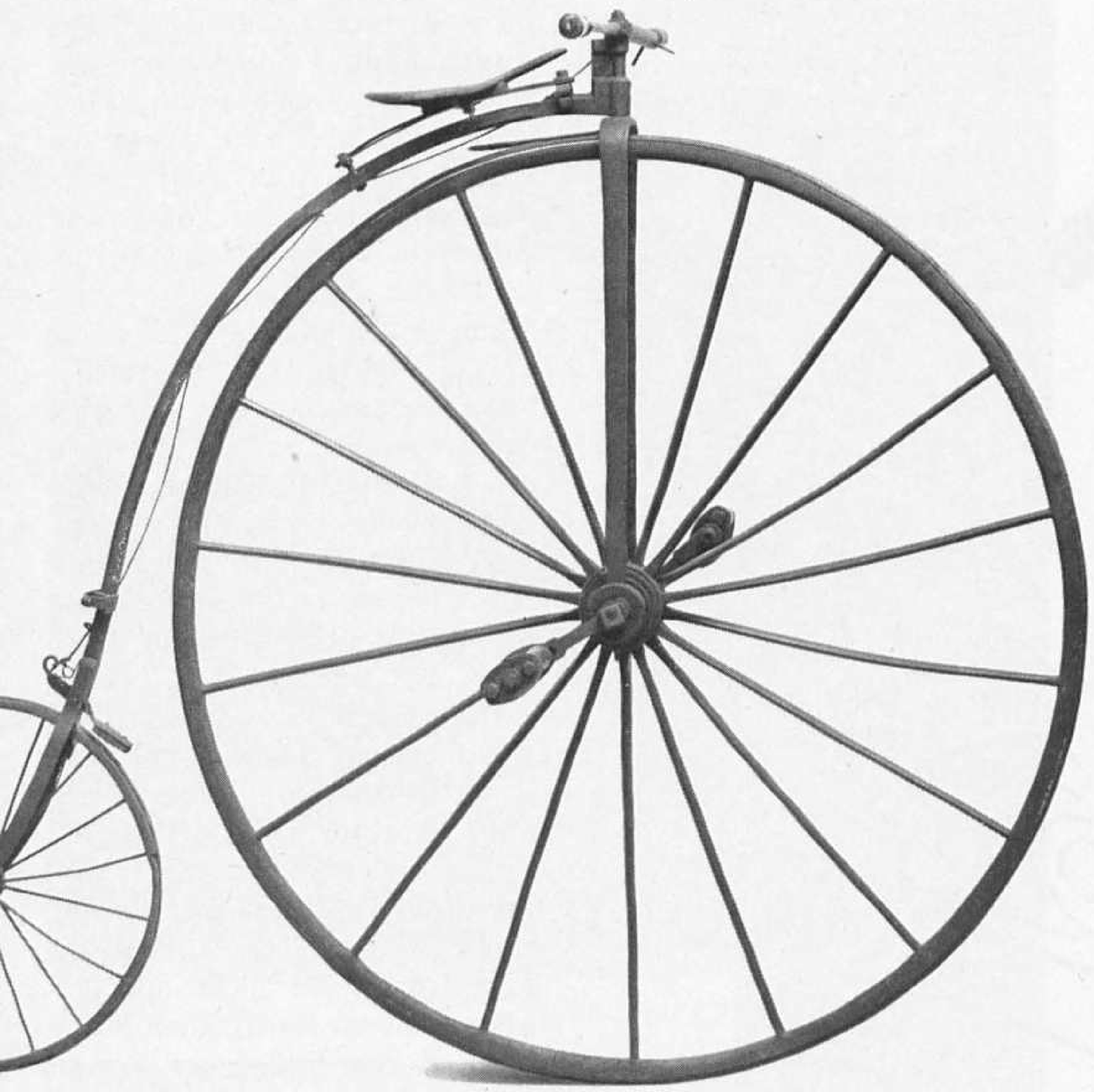
Wenn man, wie es Vance A. Tucker von der Duke University (USA) getan hat, den Energiebedarf jeweils auf 10 Newton (≈ 1 Kilopond) Körpergewicht und auf 1 Kilometer zurückgelegten Weges bezieht, so ist der Radfahrer mit rund 628 Joule bei weitem der Meister. Mit dem Auto steigt der Energiebedarf bereits auf das Fünf- bis Sechsfache, die verschiedenen Fliegen und die Biene haben schon 10mal soviel nötig. Aber der größte Energieverschwender ist die Maus, die zwischen 150 000 und 380 000 Joule einsetzt (dennoch sind die Energieprobleme nicht mit der Mausefalle zu lösen). Interessant ist, daß der Fußgänger immer noch fünfmal soviel Energie verbraucht wie der Radfahrer. Dies ist darauf zurückzuführen, daß der Fußgänger bei jedem Schritt den Körper etwas anhebt und senkt, also Hubarbeit verrichten muß, die der Fortbewegung nicht unmittelbar zugute kommt.

Das Fahrrad in seiner heute wohlbekannten Form setzte sich erst nach 1879 als Fortbewegungsmittel durch, nachdem Harry J. Lawson auf das »Sicherheits- oder Niederrad« ein englisches Patent

erhalten hatte. Sein Name drückt den Unterschied zum Hochrad aus, bei dem das Vorderrad durch Tretkurbeln angetrieben wurde und so groß sein mußte, um eine vernünftige Strecke pro Kurbelumdrehung zurücklegen zu können. Da der Fahrer fast senkrecht über der Achse saß, bestand bereits bei kleinsten Hindernissen die Gefahr eines Kopfsturzes. Das Hochrad war also äußerst unsicher und deshalb nur als Sportgerät zu gebrauchen.

Um die Jahrhundertwende hatte das Niederrad im wesentlichen die heutige Form erreicht. An seiner Grundkonzeption änderte sich bis heute nichts mehr. Hauptmerkmale sind die großen Räder (normalerweise 26 oder 28 Zoll Durchmesser) und die Dreiecksfachwerk-Konstruktion des Rahmens aus nahtlosen Stahlrohren. Beim Damenrad muß man wegen des gewünschten Durchstiegs von dieser idealen Bauweise etwas abweichen. Aber alle klassischen Fahrradrahmen sind so gebaut, daß der Schwerpunkt des Oberkörpers ungefähr senkrecht über dem Tretlager liegt. Wer aufmerksam radfährt, weiß, wie man mit dem Oberkörper »mittreten« kann. Man verlagert einfach über die Beine das Gewicht des Oberkörpers auf die Seite des gerade niedergehenden Pedals. »Moderne« Konstruktionen mit aufrechter oder gar nach hinten geneigter Körperhaltung ermüden den Fahrer, weil er sein Gewicht nicht mit einsetzen kann. Ebenso »modern« wie unpraktisch sind die kleinen Räder, mit denen man so sehr »Berg und Tal« fährt. Die großen dagegen gehen über kleine Vertiefungen der Fahrbahn einfach hinweg und erhöhen außerdem die Fahrstabilität.

Hochrad aus Holz um 1880

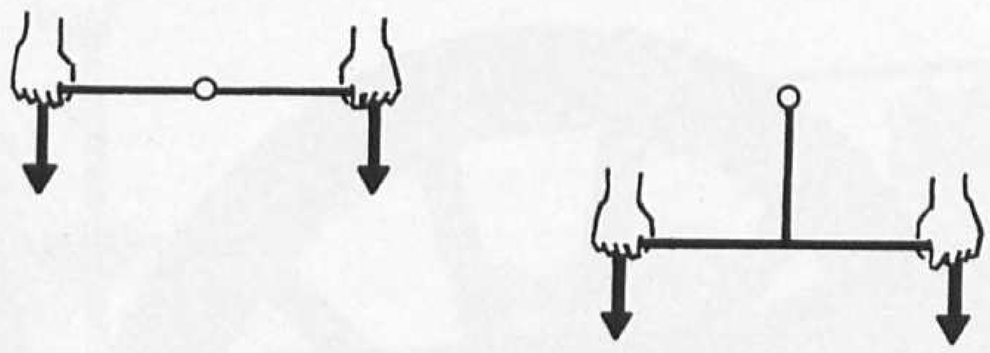


Nun, wie kann man überhaupt fahren mit einem solchen »Schwindel- und Kunstreiterfuhrwerk« — wie es Moritz Rühlmann in der »Allgemeinen Maschinenlehre« noch im Jahre 1877 nannte? Ist der Radfahrer eine Art Seiltänzer, der auf dem Fahrrad balancierend verhindert, nach der einen oder andern Seite abzustürzen? Tatsächlich befindet er sich doch im labilen Gleichgewicht, das heißt, der gemeinsame Schwerpunkt von Rad und Fahrer liegt weit über der Kippachse, die von der Strecke der Berührungspunkte A und B (Zeichnung) beider Räder gebildet wird. Nun ist aber das Radfahren weit mehr verbreitet als das Seiltanzen, vielleicht weil es so »kinderleicht« ist. Kinder fahren ja mit ihren Rollern flott den Berg hinunter oder stoßen sich mit einem Fuß ab, ohne schwierige Balanceakte auszuführen. Dabei hat ein solcher Roller oft winzige Rädchen und eine höchst einfache Lenkung. Es ist also zunächst das Trägheitsgesetz, welches das Radfahren ermöglicht und wonach jeder Körper seinen Bewegungszustand beibehalten »will«. Hinzu kommt noch die stabilisierende Kreiselwirkung der Räder. Hält man ein ausgebautes Vorderrad an beiden Achsenden fest und läßt es nur mäßig schnell rotieren, so spürt man den Kraftaufwand, der nötig ist, die Richtung der Achse zu ändern.

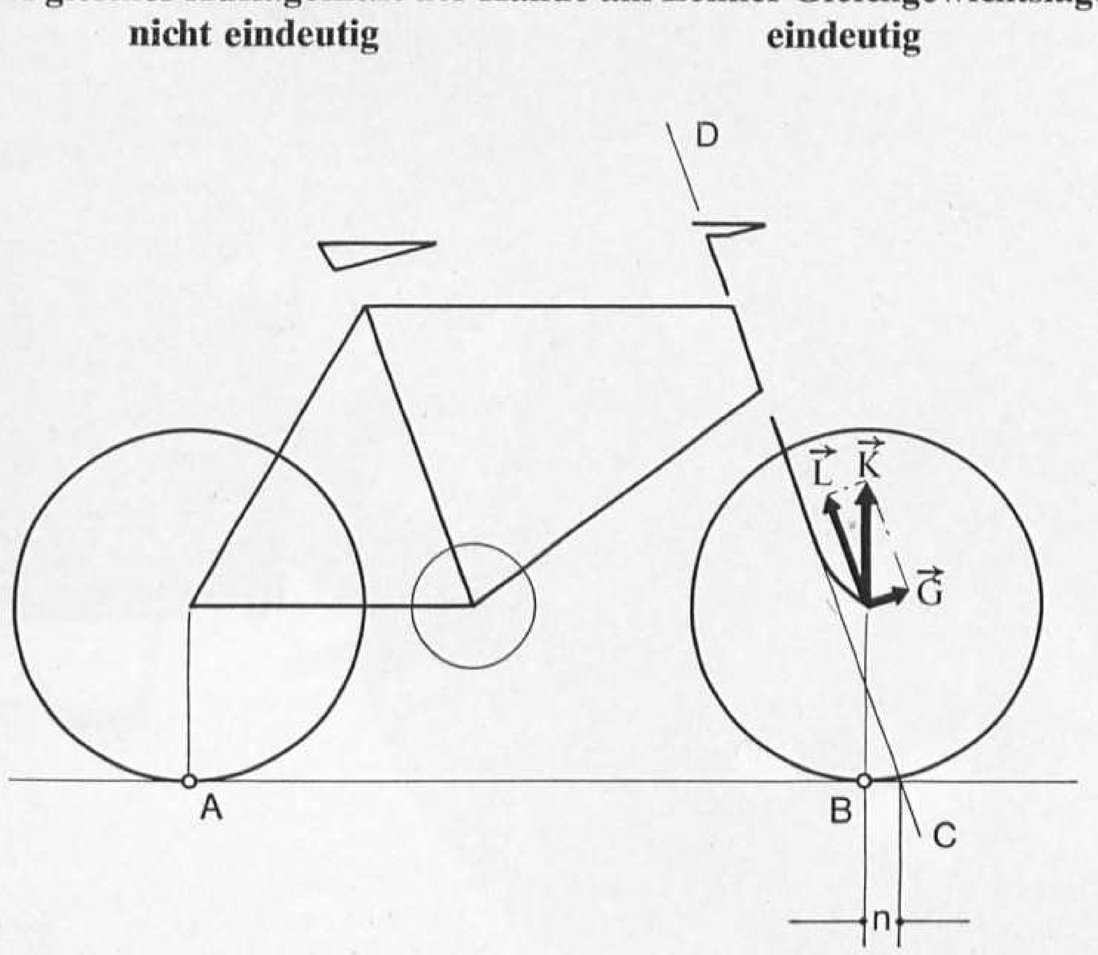
Zweirad von Harry J. Lawson, 1879. Original im Science Museum, London.

Auf die Lenkung wurde bisher noch keine Rücksicht genommen. Wie aber jeder weiß, braucht man zur Geradeausfahrt nicht die Lenkstange krampfhaft festzuhalten, sondern fährt fast von selbst geradeaus. Das Bild zeigt, wie die geometrische Lenkachse CD *unter* der Vorderradachse hindurchgeht. Die in der Achse angreifende Kraft $\vec{K}$ (die Gegenkraft der anteiligen Gewichtskraft von Rad und Fahrer) läßt sich in die beiden Komponenten $\vec{L}$ und $\vec{G}$ zerlegen. Während $\vec{L}$ nur auf die Lagerung des Steuerkopfes wirkt, trägt $\vec{G}$ dazu bei, das Vorderrad auf Geradeausfahrt einzustellen. Denkt man sich die Reibung zwischen Vorderrad und Fahrbahn aufgehoben und das Fahrrad absolut senkrecht, so stellt sich unter dem Einfluß der Kraft $\vec{G}$ sogar bei stehendem Rad Geradeausfahrt ein. Während der Fahrt bewirkt der Nachlauf n eine weitere Stabilisierung, da das Vorderrad bezüglich der Lenkachse *gezogen* wird, ähnlich wie die Rollen eines Teewagens. Es ist klar, daß die Kraft $\vec{G}$ ebenso wie der Nachlauf n wächst, je mehr die Lenkachse nach hinten geneigt ist und umgekehrt. Renn- und Sporträder sollen besonders leicht zu lenken sein (gegen die Kraft $\vec{G}$), weshalb sie etwas steiler gebaut sind und sich deshalb nicht so gut freihändig fahren lassen. Es werden daher sogenannte Vorbaulenker verwendet, bei denen die waagrechten

Victoria Niederrad, 1890. Originale des Hochrades und des Victoria Niederrades befinden sich im Deutschen Museum. In den Sammlungen wird auch die Entwicklung von Einzelteilen wie Naben, Speichen, Bereifung etc., auf die hier keine Rücksicht genommen wurde, ausführlich dargestellt.



Bei gleicher Auflagekraft der Hände am Lenker
nicht eindeutig — **Gleichgewichtslage eindeutig**



Kräfte über die Hände weit vor der Lenkachse angreifen und damit die Lenkung zusätzlich stabilisieren.

Wie man leicht beobachten kann, kommt die Kurvenfahrt nicht durch Zerren an der Lenkstange zustande. Vielmehr genügt es schon, sich z. B. nach rechts zu neigen, wenn man eine Rechtskurve fahren will. Wird das Fahrrad geneigt, schlägt das Vorderrad durch sein Eigengewicht trotz der Kraft $\vec{G}$ um die Lenkachse ein wenig nach rechts ein. Noch viel empfindlicher reagieren dabei die Kreisel. Schon bei geringfügiger Neigung nach rechts etwa treten an den Achsen beider Räder Kreiselmomente auf, die das Bestreben haben, die Räder nach rechts zu drehen. Das Hinterrad überträgt dabei über den Rahmen sein Moment auf die Gabel. Da das Vorderrad nur um den Punkt B drehbar ist, schlägt es im Sinne der Rechtskurve ein. Durch sein eigenes Kreiselmoment wird das Vorderrad ebenfalls um den Punkt B in die Kurve gedreht. Dennoch würde der Fahrer mitsamt dem Rad bei Schräglage umfallen, wenn nicht die Zentrifugalkraft bezüglich des Kurvenmittelpunktes seiner Gewichtskraft das Gleichgewicht hielte. Daher kommt es also, daß der Radfahrer kein Seiltänzer zu sein braucht. Denn immer, wenn er nach einer Seite umzukippen droht, beginnt eine Kurvenfahrt, wobei alle wirkenden Kräfte zur Stabilität beitragen. Er selbst sorgt durch Gleichgewichtsverlagerung und korrigierenden Lenkeinschlag dafür, daß diese Kräfte gerade »zusammenpassen«.

Wer nun bis hierher gelesen hat, könnte denken, daß man den Radfahrer an seiner zerfurchten Stirn erkennt, weil er ständig angestrengt über die physikalischen Gegebenheiten nachdenken müsse, um ja nicht zu stürzen. Tatsächlich aber paßt er sich ganz unbewußt und geradezu spielerisch den Verhältnissen an und fährt sicher. Woran aber erkennt man nun wirklich den Radfahrer? — An seiner Philosophie, die ihm gegenüber den vornehmsten Automarken die verächtlichen Worte in den Mund legt: Geht mir aus der Sonne!

DEUTSCHES MUSEUM
BIBLIOTHEK

Max Rauck

Der Urahn aller Autos

Eine Maschine und ihr Erfinder erhielten ein Denkmal. Der Präsident der Französischen Republik, Raymond Poincaré, enthüllte es 1913 in Void. Während der Kriegswirren 1944 verschwand die schwere Bronze, 1969 wurde sie durch einen Obelisken ersetzt*). Er ist mit einem schlichten männlichen Porträt verziert: Nicolas-Joseph Cugnot, Promoteur de l'Automobile. Wer war der Mann?

In der Ortschaft Void, die zwischen Nancy und Bar-le-Duc liegt, bekam der Bauer Cugnot am 26. Februar 1725 einen Sohn; er wurde auf den Namen Nicolas-Joseph getauft. Durch seine Geburt in lothringischen Landen war der Junge österreichischer Staatsangehöriger. Technisch außergewöhnlich begabt, erhielt er schließlich in Deutschland und in der Schule des französischen Pioniercorps in Mézières eine Ingenieurausbildung.

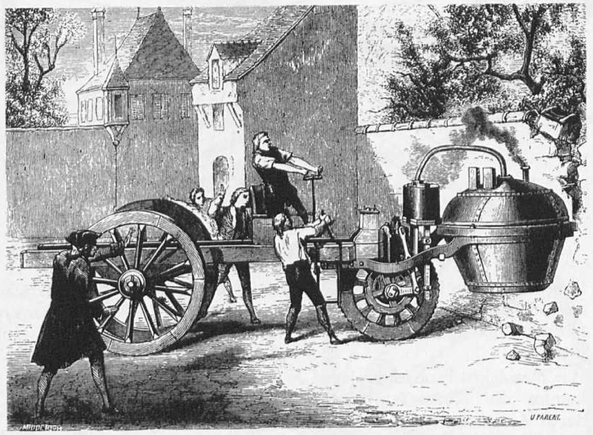
Als Ingenieur diente er nicht nur im österreichischen, sondern auch im deutschen, französischen und niederländischen Heer. Erfinderisch tätig, kam er mit dem technisch interessierten Grafen Moritz, Marschall von Sachsen (1696 bis 1750), in persönlichen Kontakt. Es war daher nicht verwunderlich, daß die Ulanenregimenter des sächsischen Heeres mit Gewehren Cugnotscher Konstruktion ausgerüstet wurden. In Cugnots Heimat regierte Franz III., Herzog von Lothringen, der 1745 als Franz I. zum Deutschen Kaiser gekrönt wurde.

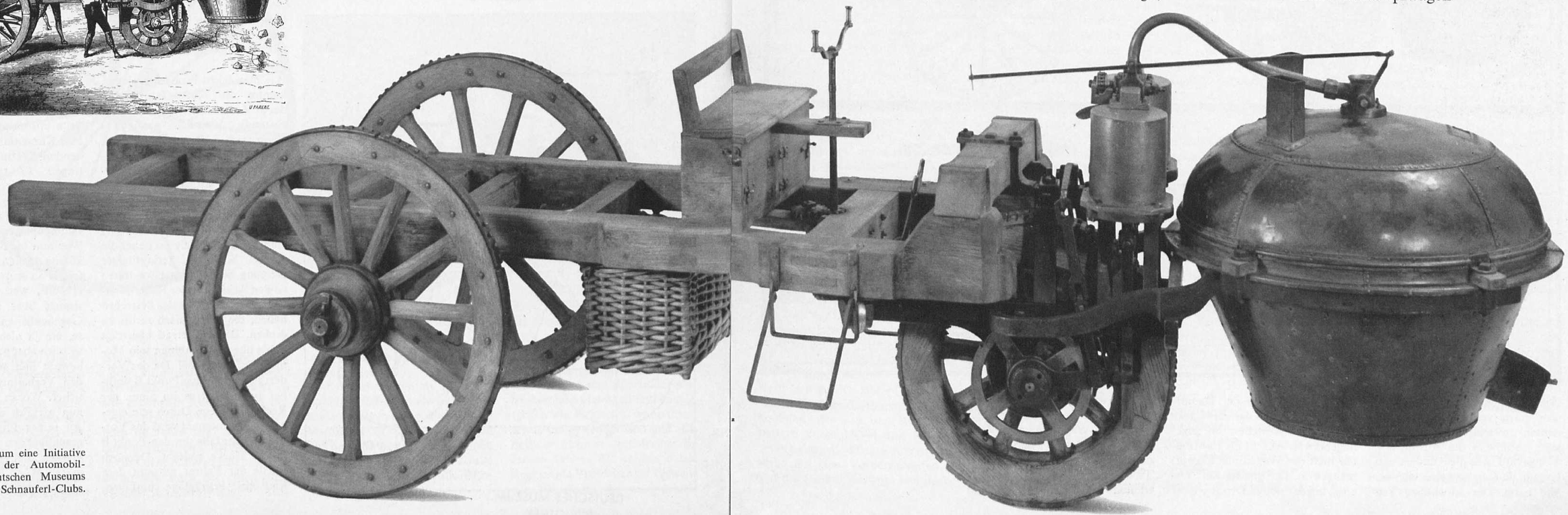
1748 wurde der Frieden von Aachen geschlossen und die Feindschaft zwischen Frankreich und Österreich begraben; enge Beziehungen bahnten sich an. So kam es, daß Cugnot 15 Jahre lang als Ingenieur-Offizier im österreichischen Heer unter dem französischen General Jean-Baptiste Vaquette de Gribeauval (1715 bis 1789) diente. In dieser Zeit war der französische Gesandte am österreichischen Hofe Etienne-François, Herzog von Choiseul-Amboise (1719—1785). Diese beiden Franzosen sollten im Leben Cugnots und bei der Entwicklung seines Zugwagens eine entscheidende Rolle spielen.

Nach Ablauf der Vertragszeit gingen Cugnot und de Gribeauval nach Paris zurück. Auch der Herzog von Choiseul war kurz vorher dort eingetroffen. Er stand in der Gunst der Gräfin Jeanne-Antoinette Pompadour (1721—1764), einer einflußreichen Mätresse König Ludwigs XV. Zielstrebig und intelligent, wurde er bald Außenminister und später Kriegsminister des Königs. Auch de Gribeauval erlangte bedeutenden Einfluß und machte die französische Artillerie zur besten Europas.

Mit 38 Jahren wurde Cugnot wieder Privatmann und begann in Paris junge Ingenieure der französischen Armee zu unterrichten. Seine Erfahrungen als Ingenieur-Offizier und eigene Vorschläge legte er in Veröffentlichungen nieder. So erschien sein zweibändiges Werk »Elemente der alten und modernen Kriegskunst« 1766, die Abhandlung »Feldbefestigungen, theoretisch und praktisch« 1769 in französischer und 1775 in deutscher Sprache sowie 1778 die »Theorie der Befestigung mit Beobachtung der verschiedenen Systeme, die seit Erfindung der Artillerie bekannt geworden sind, und eine neue Art, Festungen zu bauen«.

Auf der Suche nach Transportmitteln für die Artillerie, die leistungsstärker als der herkömmliche Pferdezug sein sollten, kam Cugnot bereits vor dem Siebenjährigen Krieg (1756—1763) auf den Gedanken, eine Zugmaschine zu konstruieren, die durch die »Kraft des Feuers« angetrieben werden sollte. Beim Studium der Schriften des sächsischen Mathematikers und Ingenieurs Jakob Leupold (1674—1727), vor allem des »Theatrum machinarum« (1724, ff.) bekam er die Anregung, hochgespannten Wasserdampf direkt auf Kolben in Zylindern zum Zwecke einer Arbeitsleistung wirken zu lassen (ursprünglich geht dieser Gedanke auf Denis Papins Arbeiten zurück). Die zweizylindrige, direktwirkende Hochdruckdampfmaschine Leupolds (die allerdings nur als Skizze existierte) konstruierte er für den Dampfwagen-Antrieb um (das Wort »Hochdruck« wird hier im Gegensatz zur Wattschen »Niederdruck«-Kondensations-Dampfmaschine gebraucht, jedoch nicht im Sinne heutiger Hochdruck-Dampftechnik). Cugnot erkannte, daß diese neuartige Maschine kleiner ausfallen würde als die damals bekannten stationären, großvolumigen Kondensations-Dampfmaschinen von Savery und Newcomen (die später berühmt gewordene Wattsche Dampfmaschine war noch nicht erfunden) und damit geeignet sein konnte, einen Artillerie-Zugwagen anzutreiben. Er begann, einen kleinen Wagen mit Dampfmaschinenantrieb zu bauen und nannte ihn »Fardier« (Zugwagen). Da seine Ersparnisse bald zu Ende gingen, mußte er sein Vorhaben abbrechen. Nun kam dem Erfinder im Jahre 1763 ein Zufall zu Hilfe: Ein Schweizer Offizier namens Planta führte dem Kriegsminister de Choiseul verschiedene Erfindungen vor und zeigte ihm auch einen Dampfwagen-Entwurf. Generalleutnant Gribeauval, der auch Generalinspekteur der Artillerie war, wurde vom Kriegsminister beauftragt, dieses Dampfwagen-Projekt zu untersuchen. Da er wußte, daß sich auch Cugnot mit diesem Problem beschäftigte,





Nicolas-Joseph Cugnot und sein Dampfwagen

*) Es handelte sich um eine Initiative deutscher Freunde der Automobilgeschichte, des Deutschen Museums und des Allgemeinen Schnauferl-Clubs.

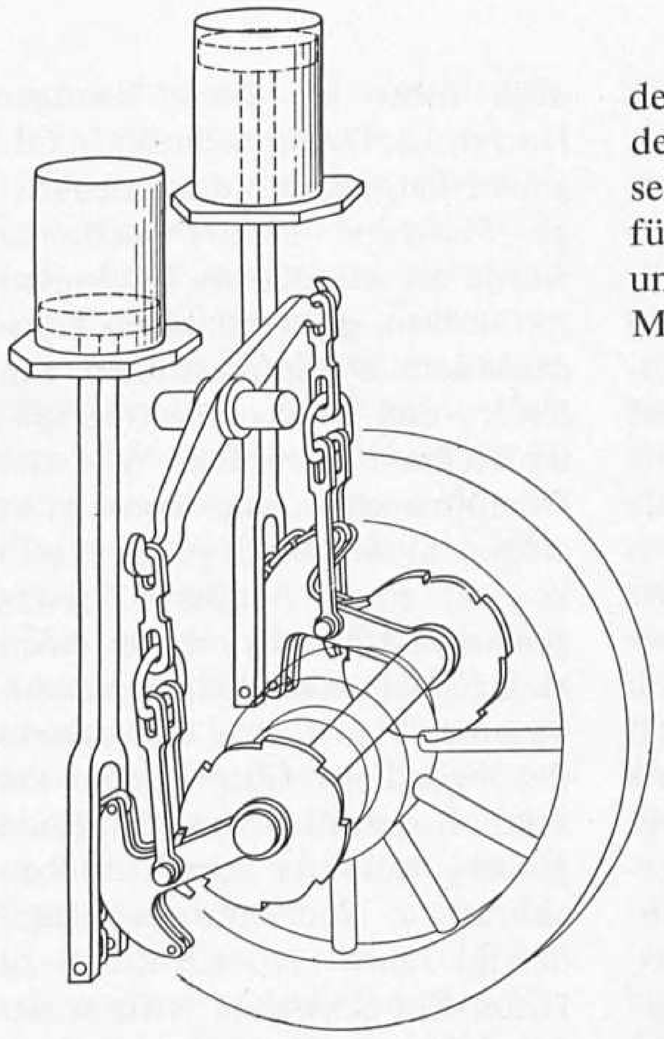
Der Urahn aller Autos

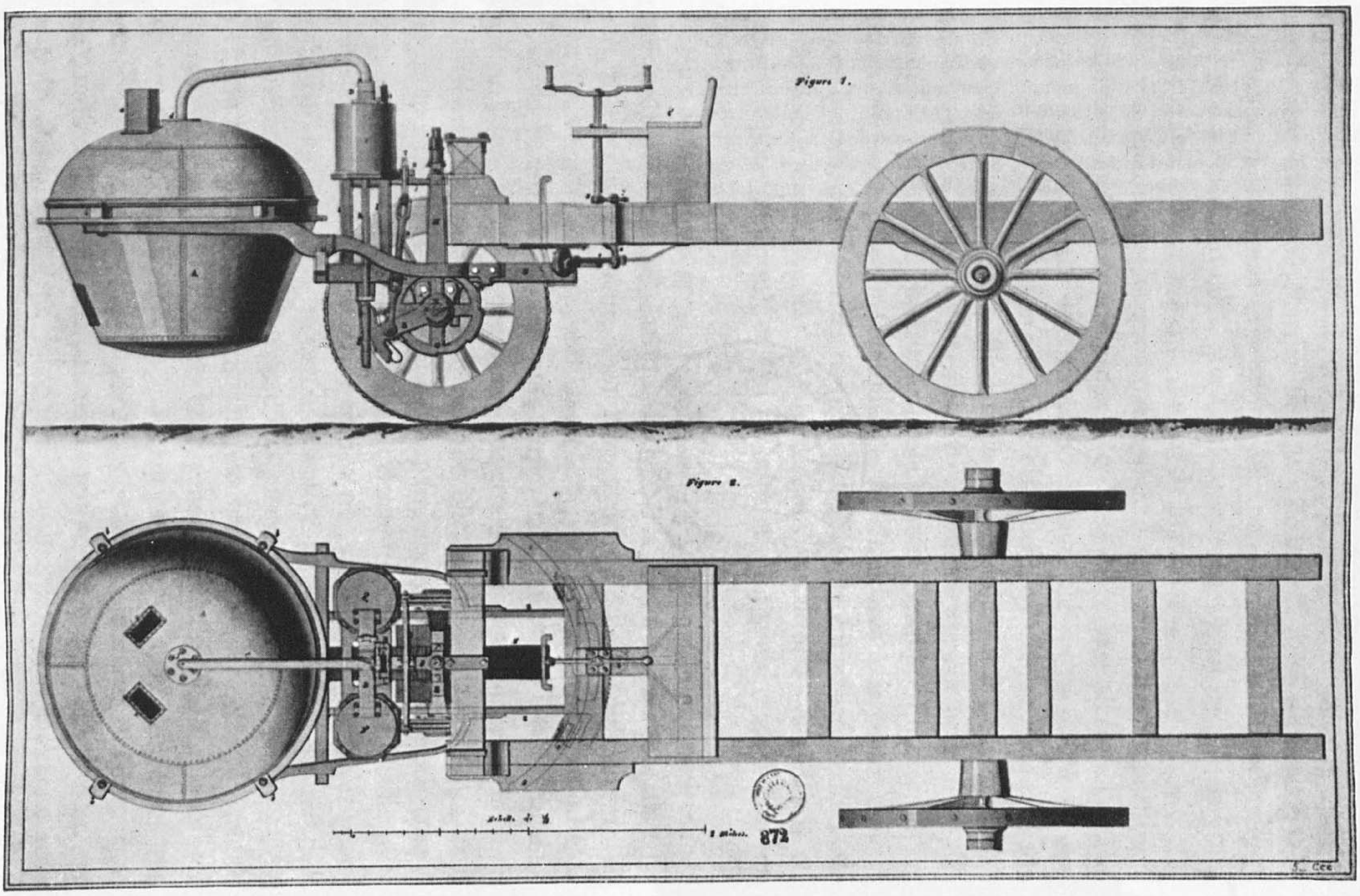
zog er ihn zur Beurteilung heran. Als Planta von dem wohldurchdachten Cugnot-Entwurf erfuhr, verzichtete er auf weitere Behandlung seines Vorschlages.
So erhielt Cugnot vom Kriegsminister den Auftrag, seinen Dampfwagen auf Kosten des Königs zu vollenden. Die praktische Ausführung erfolgte in den Artillerie-Werkstätten.

Das Dampfauto

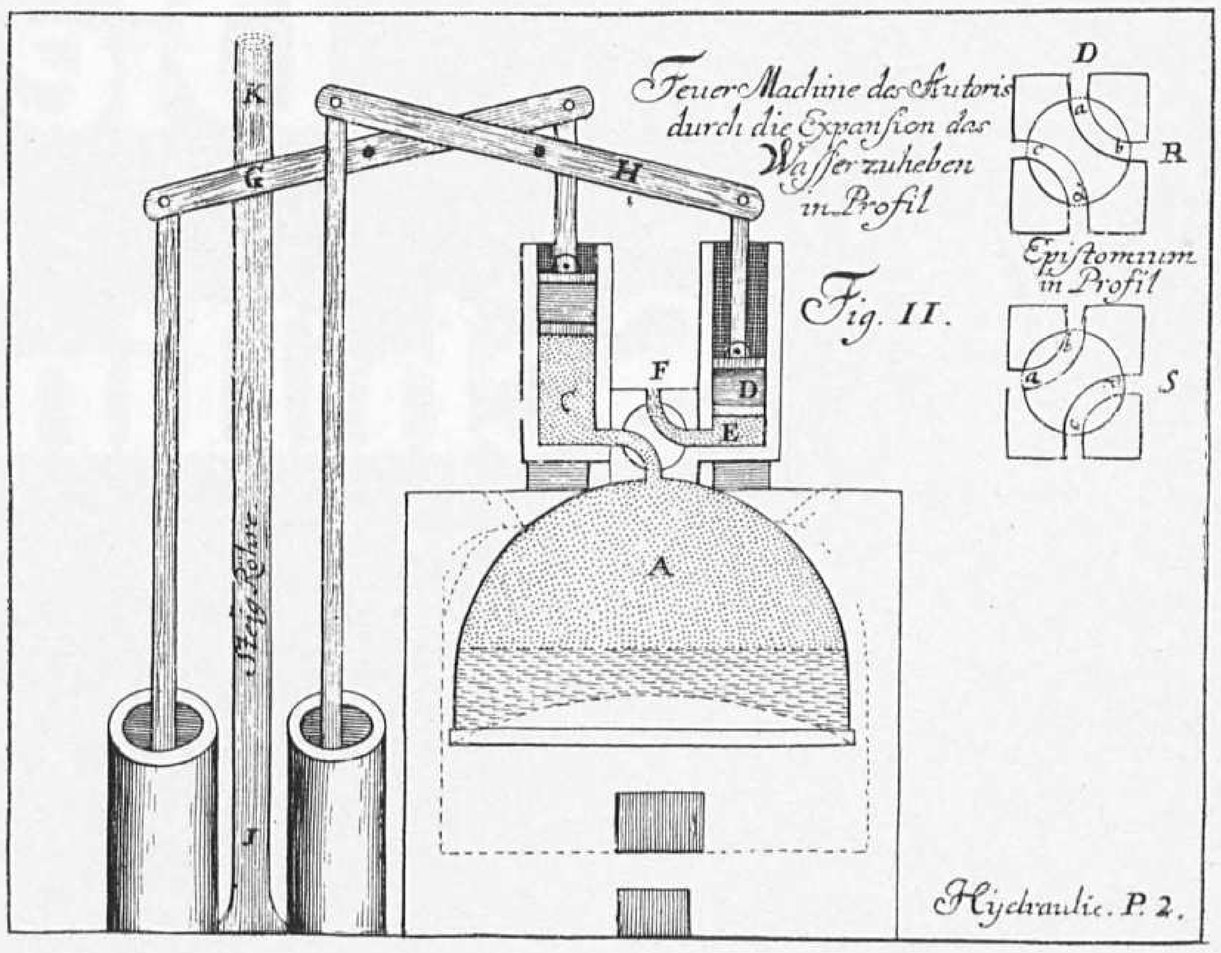
Von diesem Vorläufer unseres Autos, der 1769 konstruiert wurde, wissen wir sehr wenig. Nach einem Unfall soll er ausgeschlachtet worden sein. Er war dreirädrig, wurde von einer zweizylindrigen Hochdruck-Dampfmaschine angetrieben und hatte Stehplätze für vier Personen. Die Konstruktion war, nach zeitgenössischen Berichten zu schließen, wohlüberlegt; doch wies die Ausführung Mängel auf, was nicht anders sein konnte, da Cugnot keinerlei Vorbild hatte. Der schwächste Teil der Antriebsmaschine war ohne Zweifel der Dampfkessel.
Bereits am 23. Oktober 1769 wurde von der ersten Probefahrt in den »Mémoires Secrets« von Bachaumont berichtet: Der Wagen lief zwar, aber viel langsamer, als man erwartet hatte, und allzubald war der Dampfvorrat zu Ende. Anstatt zwei Meilen in der Stunde zu fahren, legte der Fardier nur eine viertel Meile zurück. Verbesserungen führten dazu, daß weitere Versuche, so am 1. Dezember 1769, mehr Erfolg hatten. Die letzte Fahrt fand im April 1770 in Anwesenheit des Kriegsministers de Choiseul statt. Mit vier Personen beladen erreichte der Wagen eine Höchstgeschwindigkeit von 4 km pro Stunde. Doch blieb der Dampfkessel immer noch der schwächste Teil, weil die Kesselleistung ungenügend war. Alle 12 bis 15 Minuten hielt der Wagen aus Dampfmangel an. Die gleiche Zeit verging, bis der nötige Druck wieder erzeugt war. Geheizt wurde mit Holzkohle, es war jedoch nur bei stehendem Wagen möglich. Zum Nachfüllen des Wassers mußte der Dampf abgelassen werden.
Trotz aller Schwierigkeiten vertrauten der Kriegsminister und der Prüfungsausschuß darauf, daß der eingeschlagene Weg richtig sei; der Dampfantrieb erschien für den Transport von Geschützen und Munition erfolgversprechend. Man wollte aus den Fehlern und

Zweizylinder-Triebwerk mit gegenläufigen Kolben im Dampfwagen von Cugnot





Schwächen lernen. Cugnot erhielt vom Kriegsminister den offiziellen Auftrag, ein zweites, stärkeres Exemplar eines Fardiers mit aller Vollkommenheit herzustellen. Er konstruierte umgehend (1770) einen Wagen, der etwa zweieinhalbmal größer war als sein erster. Die Kosten betrugen 20 000 Livres, sehr viel Geld für jene Zeit.



Seine Mechanik

Wie bei seinem Vorgänger wird der mächtige Eichenbohlen-Rahmen von drei hölzernen Speichenrädern getragen. Das lenkbare Vorderrad von 1,3 m Durchmesser ist gleichzeitig Antriebsrad. Sein schmiedeeiserner Reifen, aus Teilen zusammengesetzt, hat zur Erhöhung der Bodenhaftung Querrillen. Der Zugwagen ist nur für den beladenen Zustand ausgelegt, unbeladen hebt er sich am hinteren Ende. Der Dampfkessel hängt vor dem Vorderrad in einem schmiedeeisernen Rahmen, wohl um das Antriebsrad zu belasten und die Ladefläche zu vergrößern. Hinter dem Kessel befindet sich die direktwirkende zweizylindrige Dampfmaschine mit dem gesamten Antriebsmechanismus. Sie ist um vieles kleiner und leichter als die Kondensationsdampfmaschine und erreicht eine etwa fünffach höhere Hubzahl (60 pro Minute), was eine Pionierleistung ersten Ranges bedeutet. Das Zweizylinder-Triebwerk arbeitet mit gegenläufigen Kolben. Die Zylinder sind aus Bronze, unten offen, mit einem Durchmesser von 315 mm und einer Länge von 378 mm, und befinden sich zu beiden Seiten des Vorderrades. Die Kolbenstangen sind durch einen Umkehrhebel miteinander verbunden. Die Kraftübertragung erfolgt über Kolbenstange und Zugkette auf einen Abwälzbogen mit Sperrklinke. Das Klinkenrad ist direkt mit dem Antriebsrad verbunden. Rückwärtsfahren ist durch einfaches Umstellen der Sperrklinke ohne Änderung der Drehrichtung der Dampfmaschine möglich. Verteilt wird der Dampf für die beiden Zylinder durch einen Vierweghahn, der von den Kolbenstangen durch Hebel und Kette betätigt wird. Die Fußbremse wirkt auf den Vorderradreifen, und die Lenkung erfolgt von der Querstange auf die Lagergabel des Antriebsrades. Da sich beim Steuern Kessel und Antriebsmaschine mitdrehen, funktioniert die Lenkung sehr schwer — was die Ursache für den Unfall bei der ersten Probefahrt im Arsenal werden sollte.

Mit dem Bau der Antriebsmaschine und der anschließenden Montage der Zugmaschine wurde Brézin beauftragt, der als bester Mechaniker von Paris galt. Der schwierigste Teil aber, der Guß und die Bearbeitung von Kolben und Zylindern, erfolgte unter Leitung des Direktors Chateaufer in der Geschützgießerei in Straßburg. Diese Werkstätte hatte gute Fachleute mit großer Erfahrung und die beste Bohrmaschine für Geschützrohre (die »Stern des Gribeauval« genannt wurde). Wer den Dampfkessel für die Holzkohlenfeuerung baute, ist nicht überliefert.

Sein Schicksal

Mitte November 1770 wurde der zweite Cugnot-Dampfzugwagen im Arsenal in Betrieb genommen. Darüber geben wieder die »Geheimen Memoiren« Bachaumonts Aufschluß. Der Wagen fuhr, auch auf unebenem Gelände, und zog eine Last von 2,5 Tonnen. Den Auftraggebern aber konnte er niemals vorgeführt werden: So, wie der Herzog von Choiseul am Anfang seiner Karriere von Madame Pompadour unterstützt worden war, so wurde er nun in den ersten Tagen des Jahres 1771 von einer anderen Mätresse König Ludwigs XV. gestürzt — der schönen Marie-Jeanne Gräfin Dubarry gelang es, ihn auf sein Landgut verbannen zu lassen. Gleichzeitig verlor Generalleutnant de Gribeauval seine einflußreiche Stellung und wurde in Pension geschickt. Sein Nachfolger, der Marquis von Monteynard, fand jedoch keine Zeit, den Cugnotwagen bei einer Fahrt zu begutachten.

Gribeauval hatte noch vorgeschlagen, die Probefahrten im Park von Meudon, in der Nähe der nach Versailles führenden Allee, stattfinden zu lassen, »da man einen ebenen Weg braucht und sanfte Bodenwellen zum Auf- und Abfahren und um den Führer auszubilden, bevor er sich auf die gewöhnlichen Wege wagt. Außerdem würde man, wenn das Parktor geschlossen blieb, von zuschauenden Menschenmassen verschont bleiben«.

»Le Moniteur« vom 6. Oktober 1804 berichtet, daß der zweite Cugnotwagen durch »die zu große Gewalt seiner Bewegungen nicht gelenkt werden konnte. Gleich beim ersten Fahrversuch im Hof des Arsenals wurde eine Mauer von ihm umgeworfen. Das verhinderte, daß man ihn weiter benützte«. Viel später (1851) wurde dieser erste Unfall mit einem Kraftfahrzeug in Zeichnungen festgehalten. Tatsache ist, daß der ursprüngliche Kessel beschädigt und irgendwann durch unkundige Arbeiter ausgebessert wurde. Seine Funktion bleibt unklar, man nimmt an, daß er nicht mehr im Originalzustand ist.

Daß dieser zweite Cugnotwagen heute noch existiert, verdankt man vor allem dem Generalkommissar der Artillerie, L. N. Rolland, und dem Direktor des Conservatoire des arts et métiers*), Molard. Der Wagen stand zunächst in einem Schuppen des Artillerie-Arsenals und wurde später der Garde Rollands anvertraut und von ihr auch konserviert. Er sollte während der Revolution (1789) nach einem Beschluß des Comité de Salut Public verschrottet werden, jedoch konnte es Rolland 1793 verhindern. Am 27. Juli 1799 schlug Molard, der Direktor des Technikmuseums, vor, den Cugnotwagen in seinem Conservatoire aufzustellen. Der damalige Kriegsminister Dubois-Crancé gab schließlich seine Einwilligung dazu und so wurde der Fardier im Februar 1800 zerlegt und dorthin gebracht. Heute steht er an jener Stelle der Kirche, wo sich ursprünglich der Hochaltar befand. (Ein Modell ist im Deutschen Museum ausgestellt.) Als Napoleon Bonaparte Erster Konsul wurde, ließ er sich zwar mehrere Berichte über die praktischen Möglichkeiten dieses Wagens vorlegen, doch zeigte er wenig Verständnis dafür.

Wenn auch Cugnot mit seinem Zugwagen kein in der Praxis erfolgreiches Fortbewegungsmittel schaffen konnte, so gebührt ihm doch die Priorität des Gedankens, Wagen durch Wärmekraftmaschinen anzutreiben.

*) Das Conservatoire des arts et métiers ist das älteste technische Museum der Welt, durch Dekret vom 10. Oktober 1794 in der ehemaligen Priorei Saint Martin-des-Champs in Paris gegründet. Es entstand aus der berühmten Maschinensammlung des großen Mechanikers Jacques Vaucanson, die dieser 1782 dem König von Frankreich vermacht hatte.

Literatur

H. O. Duncan, The World on Wheels, Paris 1925
Jacques Jckx, Ainsi naquit l'Automobile, Band 1, Lausanne 1961
Kurt Kühner, Geschichtliches zum Fahrzeugantrieb, Friedrichshafen 1965
Max J. B. Rauck, Der Urahn unseres Automobils fuhr vor 200 Jahren, München 1968
Louis Beaudry de Saunier, Charles Dollfus und Edgar de Geoffroy, Histoire de la Locomotion Terrestre, Paris 1936
Pierre Souvestre, Histoire de l'Automobile, Paris 1907

Die Dame auf der Schilling-Note

Die Farben der Malerin Angelika Kauffmann

Wissenschaftliche Institutionen bemühen sich seit geraumer Zeit, chemisch-analytische Daten über bei Kunstwerken verwendete Materialien zu sammeln, um ihre Herkunft und Datierung klären zu helfen.

Am 24. September 1909 wurden dem Deutschen Museum von einer Natalie von Nikitin neun Farbstoffproben in Fläschchen und Apothekenpappdöschen übergeben mit der Bemerkung, daß sie aus dem Nachlaß der Angelika Kauffmann stammten. Leider wurden damals keine weiteren Angaben der Stifterin festgehalten; insbesondere blieb völlig unklar, aus welchen Gründen die Stifterin annahm, daß diese Farben tatsächlich aus dem Nachlaß der Kauffmann seien und wie sie in ihren Besitz gelangt waren. Bei den Nikitins handelte es sich jedoch um eine weitverzweigte russische Malerfamilie, von der einige Mitglieder zeitweilig in Italien lebten. Immerhin scheint es durchaus möglich, daß einer der Nikitins die Farben in seinen Besitz bringen konnte.

Nun sind Originalfarben aus dem Nachlaß berühmter Maler außerordentlich selten, und es lag daher nahe, das analytische Laboratorium der Badischen Anilin-&Soda-Fabrik AG (BASF) in Ludwigshafen zu bitten, ihre Zusammensetzung festzustellen.

Doch zunächst, wer war die Malerin Angelika Kauffmann? Sie war die Tochter des Malers Joseph Johann Kauffmann (1707 bis 1782) aus Schwarzenberg in Vorarlberg, der zur Zeit ihrer Geburt (1741) im dortigen bischöflichen Schloß arbeitete. Schon als Sechsjährige half sie ihrem Vater, und so führte sie bei der Ausmalung der Schwarzenberger Pfarrkirche die zwölf Apostelgestalten nach Stichen des Venezianers Piazetta aus. Ihre Pastellbildnisse erregten schon früh Aufsehen. Eine Zeitlang lebte sie auf Schloß Tettnang des Grafen Montfort am Bodensee. 1762 unternahm sie mit ihrem Vater eine Reise nach Italien, wo sie in den Galerien zahlreiche Gemälde alter Meister kopierte. Dank ihrer vielseitigen Sprachkenntnisse war sie bald der Mittelpunkt der Ausländerkolonie in Rom. Sie trat dort auch zu Johann Joachim Winckelmann in eine freundschaftliche Beziehung; er führte sie in die Welt der Antike ein.

1766 siedelte sie nach London über; sie wurde mit Aufträgen überhäuft und erwarb rasch ein Vermögen. Bedingt durch ihren Wohlstand wurde sie das Opfer eines Heiratsschwindlers. 1768 wurde die Ehe geschieden.

Der insgesamt 15 Jahre währende Aufenthalt in London war die Zeit ihrer höchsten künstlerischen Blüte. 1781 heiratete sie auf Wunsch ihres alternden Vaters den 15 Jahre älteren venezianischen Maler Francesco Zucchi. Um dessen Familie zu besuchen, unternahm sie eine Reise nach Venedig. Dort kaufte der spätere Zar Paul I. von Rußland ihr Bild »Der Tod Leonardos«. Das Ehepaar übersiedelte dann nach Rom und entfaltete ein glänzendes gesellschaftliches Leben. Zu seinen Gästen zählten auch Kaiser Joseph II. und Kronprinz Ludwig von Bayern, 1786 und 1788 auch Herder und Goethe. Goethe, der ihr »unglaubliches Talent« rühmte, kam sonntags zu Tisch. Er las Angelika Kauffmann aus Iphigenie vor, und sie half ihm beim Zeichnen. Sie malte auch sein Porträt. Eine tiefe Freundschaft brachte ihr der Dichter Herder entgegen, der sagte, ihre »Stimme habe einen feinen Klang, der die Sinne beruhigt«. Und nach Weimar schrieb er: »Jetzt, da ich seit meiner Reise nach Neapel klarer sehe und eine ruhigere Seele habe, ist mir diese Frau über alles, was in und um Rom ist, teuer. Bei aller demütigen Engelsklarheit und Unschuld ist sie vielleicht die kultivierteste Frau in Europa.« Über ihre Kunst urteilte er: »In der Komposition ist die ihr eingeborene Grazie der Charakter ihrer Menschen« und »mit einem schönen Verstand, der das Ganze aufs leiseste umfaßt und jeden Teil wie eine Blume entsprießen läßt, hat sie alles harmonisch sanft geordnet.«

Unermüdlich malte sie Historiengemälde, Altarbilder und Porträts. Häufig bearbeitete sie Themen aus der damaligen Literatur. Schon von London aus korrespondierte sie mit Gleim, Gellert und Klopstock, dessen Messias sie illustrieren wollte. Auch schuf sie viele Selbstbildnisse, in denen sie sich in mancherlei Verkleidungen darstellte, so als Vestalin, Sybille oder Bacchantin, obwohl derartige Kostümierungen ihrem zarten Wesen wenig entsprachen. (Die Vitrine in der Abteilung Wissenschaftliche Chemie, in der die Farben aus ihrem Nachlaß seit 1974 ausgestellt sind, ist mit der Photographie eines ihrer 1784 in Rom entstandenen Selbstbildnisse ausgestaltet. Sie erscheint als Malerin mit einem weißen Turban auf dem Kopf und Rötelstift und Skizzenbuch in den Händen.)

1795 starb Francesco Zucchi. Nach seinem Tod verließ sie Rom nur noch selten. Um 1800 malte sie das Altarbild Maria Krönung, das sie der Pfarrkirche ihres Geburtsortes schenkte. 1807 starb sie und wurde in der römischen Kirche S. Andrea delle Fratte beigesetzt. Ihr Leichenbegängnis führte viele bedeutende Künstler, so auch den Bildhauer Antonio Canova, nach Rom.

Der künstlerische Ruhm der Kauffmann war zu ihrer Zeit außergewöhnlich. Neben Rosalba Carriera und Elisabeth Vigée-Lubrun zählt sie zu den bekanntesten Malerinnen des 18. Jahrhunderts. Ihr Porträt schmückt den österreichischen 100-Schilling-Schein.

Die Farbproben wurden im anorganischen analytischen Laboratorium der BASF von Dr. Irmgard Ziegler untersucht. Leider konnten wir nur einen Teil der Farbstoffproben dazu überlassen, da ja für unsere Ausstellung etwas übrigbleiben sollte. Man führte also keine klassische Analyse aus, da die zur Verfügung stehenden Mengen dafür nicht ausreichten. Als Untersuchungsmethoden wurden Röntgenanalyse (Debeye-Scherrer), Röntgenfluoreszenz, Emissionsspektralanalyse, Dünnschichtchromatographie und Atomabsorptionsspektralanalyse neben klassischen Nachweismethoden verwendet. Durch diese Analyse wurde auf chemischem Wege gezeigt, was schon die historische Untersuchung nahelegte — daß diese Farben tatsächlich aus der Zeit der Angelika Kauffmann stammen.

Otto Krätz

Kurt Rohrbach

Das erste bemannte Raketenflugzeug der Welt

Bachem Natter

Leider ist oft der Krieg »der Vater aller Dinge«. Wichtige technische Innovationen hatten ursprünglich ein höchst martialisches Motiv. Deshalb kann in einer Darstellung technischer Entwicklungen Kriegsgerät nicht fehlen.

Als im Jahr 1944 der Einflug der alliierten Flugzeuge in das damalige Reichsgebiet einen Höhepunkt erreichte, schrieb das Reichsluftfahrtministerium die Entwicklung eines billigen Abwehrjägers aus, der leicht und schnell herzustellen sein sollte. Da die angreifenden Bomberverbände zu dieser Zeit nur noch einen kurzen Anflug hatten, sollte der Jäger in der Lage sein, auch noch in Sichtweite der Gegner zu starten, um vor ihrem Ziel an sie heranzukommen. Er mußte also eine bis dahin unerreichte Steiggeschwindigkeit entwickeln können. Daraus ergaben sich folgende Konstruktionsanforderungen: Start von einer Lafette, Raketenantrieb, Salvengeschütz, Panzerung des Pilotensitzes sowie Fallschirmlandung von Pilot und Gerät.

So wurde im August 1944 von dem ehemaligen Technischen Direktor der Fieseler-Werke, Dipl.-Ing. Erich Bachem, die Ba 349 »Natter« in vier Monaten entworfen und unter seiner Leitung konstruiert und gebaut (er hatte seinerzeit ein eigenes Werk in Waldsee/Württemberg). Dieser schnelle Abfangjäger kleinster Bauart mit kurzen Tragflächen und Kreuzleitwerk, der in großer Stückzahl gebaut werden sollte, war das erste bemannte senkrechtstartende Raketenflugzeug der Welt.

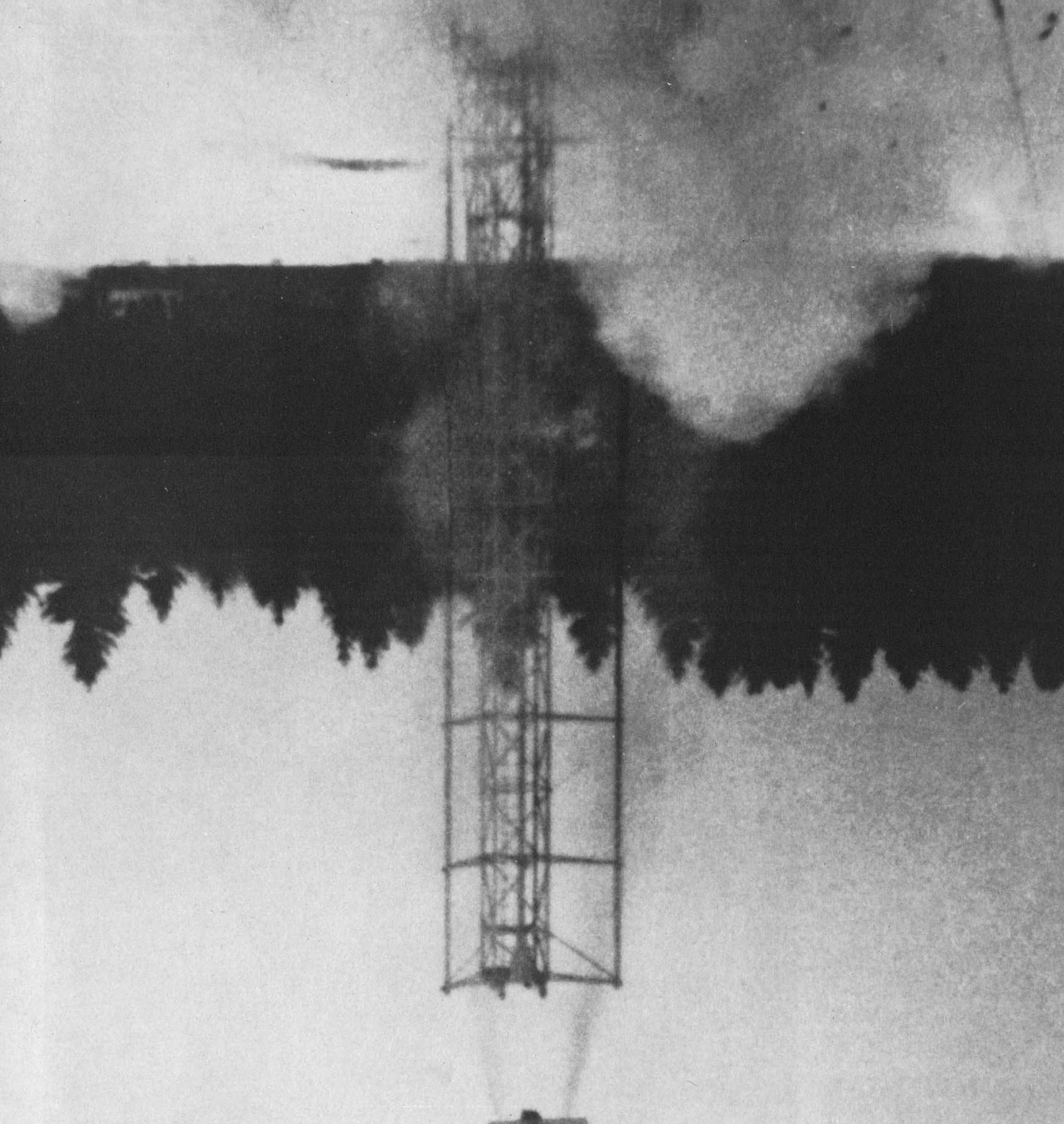
Die Natter (Spannweite 3,60 m, Länge 6,02 m, Höhe 2,40 m) ist ein Mitteldecker in Holzausführung; auch der dreiteilige Rumpf in Schalenbauweise und das Kreuzleitwerk sind aus Holz, mit Zusatz-Strahlrudern hinter der Brennkammer des Walter-Triebwerkes im Rumpf ausgerüstet. Ein regelbares Walter-Flüssigkeitsraketen-Triebwerk 109-509 A mit einem Schub von rund 15 000 bis 17 000 N (1500 bis 1700 kp) diente zum Antrieb, vier abwerfbare Schmidding-Feststoffraketen von je 12 000 N Schub (1200 kp) mit einer Brenndauer von 10 s verhalfen zur Startbeschleunigung. So lange stand also für den Start eine Gesamtschubkraft von rund 65 000 N (6500 kp) zur Verfügung. Der Treibstoff für das Flüssigkeitsraketen-Triebwerk wog 600 kg, für die vier Feststoffraketen 224 kg, die Höchstabflugmasse betrug 2200 kg. Der Flug unter Schub dauerte etwa sieben Minuten. In dieser Zeit konnte das Fluggerät eine maximale Gipfelhöhe von 16 000 m bei einer Marschgeschwindigkeit von 800 km/h und einer mittleren senkrechten Steiggeschwindigkeit von 675 km/h erreichen. Die mittlere Beschleunigung im Start- und Steigflug lag etwa bei dem 2,2-fachen der Erdbeschleunigung. Eine Flughöhe von 12 000 m ermöglichte der Natter eine Reichweite von 80 km. Als Abfangjäger sollte sie in der ersten Minute bis auf 11 000 m steigen.

Obwohl die Anfangsbeschleunigung — wie erwähnt — nur bei 2,2 g lag, wurde zur psychologischen Entlastung des Piloten ein automatisch gesteuerter Start gewählt: ein Autopilot, der durch ein Leitstrahl-Fernlenksystem vom Boden aus beeinflußbar war und der das Abwehrflugzeug an das Ziel heranlenkte. Dann sollte der Flugzeugführer die Steuerung übernehmen, den Kurs korrigieren, eine Salve von 24 Raketen abfeuern, mit der verbleibenden kinetischen Energie zum Rammstoß ansetzen, gleichzeitig das Heck mit dem Triebwerk zur Fallschirmlandung absprengen und selbst mit dem Fallschirm aus dem Flugkörper aussteigen.

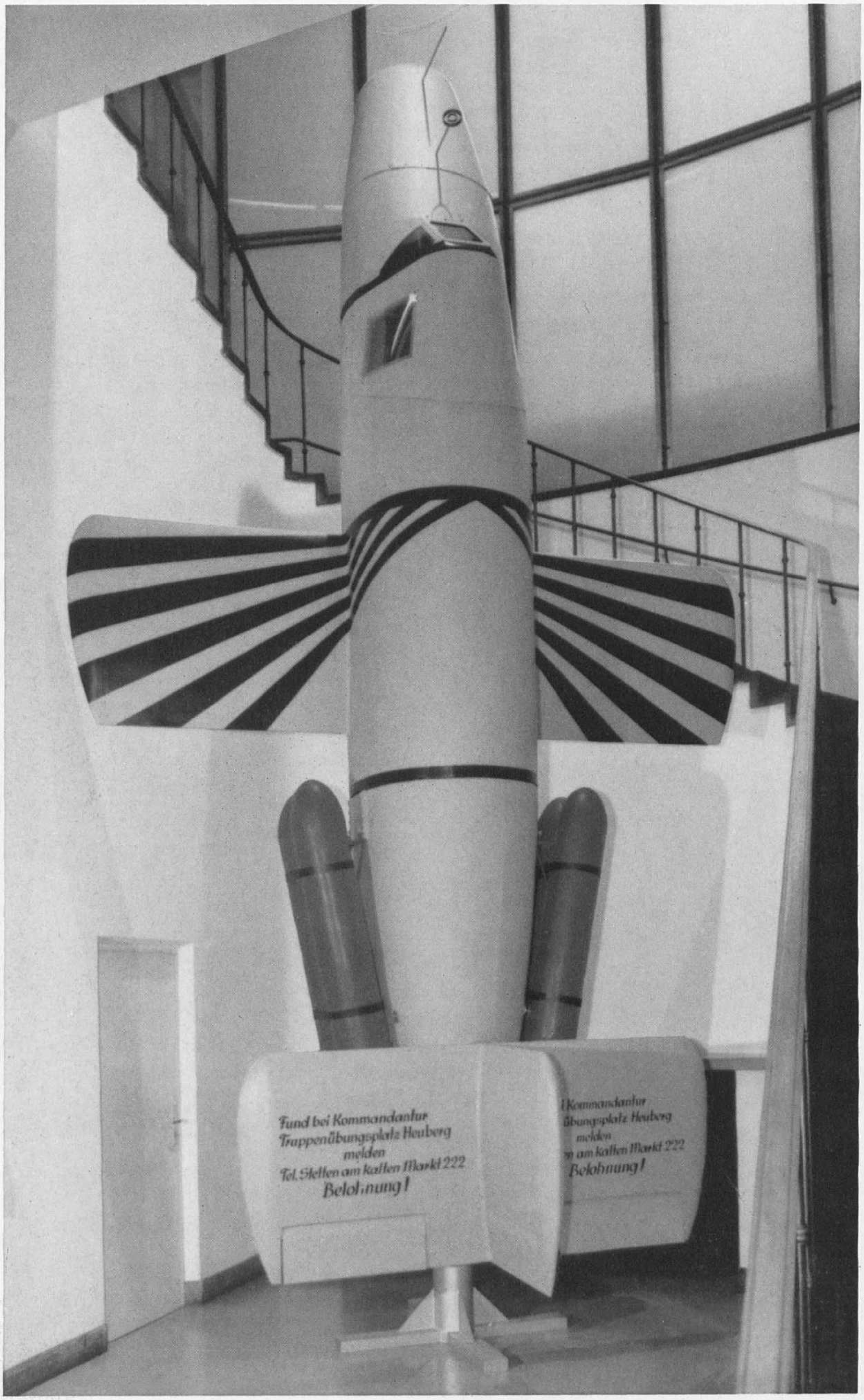
Als erster »Pilot« diente eine Puppe. Alles verlief programmgemäß: Der Bug trennte sich ab, die Puppe schwebte am Fallschirm herunter, der Rest-Rumpf mit dem Triebwerk kam fast unbeschädigt zu Boden. Obwohl die automatische Steuerung bis dahin nicht erprobt worden war, kam nach diesem Erfolg vom Ministerium der Befehl zum bemannten Senkrechtstart, für den es einen eigenen Mann, Oberleutnant Lothar Siebert, zur Verfügung stellte. Dieser Flug mißlang und endete mit dem Tode des Piloten. Als Ursache des Unglücks wurde einwandfrei das

Die Anregung, mit bemannten Raketen Bomberabwehr zu betreiben, stammt aus dem Jahre 1939 von Wernher von Braun. Der Gedanke konnte damals nicht verwirklicht werden, da noch keine geeigneten Triebwerke greifbar waren. — Hier die erste Skizze von E. Bachem, August 1944.

Erster Start einer unbemannten Natter am 22. Dezember 1944, verlief erfolgreich.



Der Pilot, Oberleutnant Siebert (links), kurz vor dem ersten bemannten Senkrechtstart, der tragisch endete.



Wegfliegen der Haube festgestellt, an der sich die Kopfstütze befand. Wahrscheinlich war beim Transport das Haubenscharnier beschädigt worden.

Das Teilverlustgerät Natter kam nicht mehr zum taktischen Einsatz: Bis April 1945 wurden insgesamt 36 Flugkörper gebaut und 22 Versuchsstarts unternommen (davon vier bemannt), von den restlichen 14 Stück wurden 10 zerstört, drei fielen in amerikanische und eines in russische Hände. Man mußte also annehmen, daß es bei uns keine Natter mehr gab.

Dennoch erreichte das Deutsche Museum eine Nachricht, derzufolge auf dem Speicher einer Fahrzeugbaufirma ein paar Bruchstücke von Versuchszellen (Fluggerät ohne Triebwerk) der Natter liegen sollten — doch erwies sich dies als Fehlanzeige. Auch intensive Sucharbeit durch Pioniere und Froschmänner auf dem Gebiet von Waldsee verlief ergebnislos. Dann aber entdeckte man überraschend auf dem Gelände einer Schlosserei vier von Gras schon halb überwucherte Zusatzraketen — die übrigen hatte man nach 1945 in Waldsee zu Kanonenöfen verarbeitet.

Ein langjähriger Freund und Gönner des Deutschen Museums, selbst alter Flugzeugführer und -bauer, restaurierte (wie schon einige Zeit vorher das weltberühmte Segelflugzeug Vampyr) die Bachem Natter.

Das erste bemannte senkrechtstartende Raketenflugzeug der Welt stellt eine beachtliche technische Leistung dar.

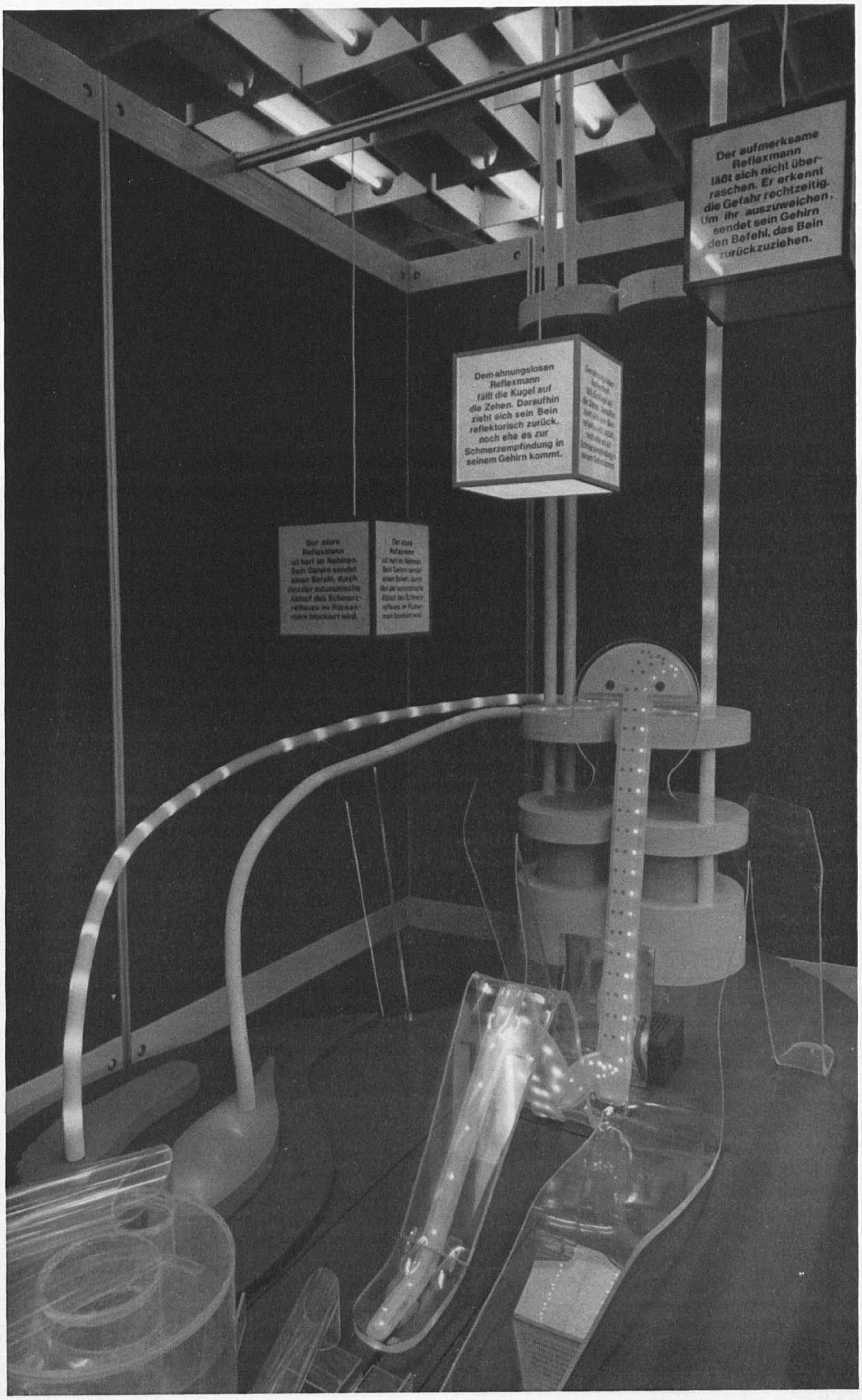
Die Bachem Natter im Deutschen Museum, restauriert durch Dr.-Ing. Heinz Cordes, ist noch nicht vollständig: Man sucht noch die Kraftstofftanks, das Walter-Triebwerk und die Ausrüstung des Armaturenbretts.

Egon Popp

Ein Museum ohne Museum

Bittersüße Nachlese zu einer Ausstellung

Die meistgequälte Figur: der Reflexmann. An die 56 000mal fiel ihm die Holzkugel auf den Plexizeh. Ehe sein »Gehirn« davon wußte, hatte er das Bein dank einer Kurzschaltung im Rückenmark, eben reflektorisch, zurückgezogen. Seine Elektronikbegabung befähigte ihn auch, der rollenden Gefahr frühzeitig auszuweichen oder — als Alternative — sie schmerzverachtend zu überstehen. Wehklagen beim ersten wählbaren Verhaltensprogramm, schadenfrohes Gelächter beim zweiten wurden manchmal zum didaktisch ungewollten Selbstzweck der Lernmaschine.



Über die provisorienreiche Zeit, in der ein Museum zur Welt kommt, kann man für gewöhnlich nur aus historischen Quellen etwas erfahren. Ein bißchen Museumsgeschichte hat sich aber in München als frische Gegenwart ereignet: Im Frühsommer ließ sich siebzig Tage lang ein Museumskind in der Glashalle des Deutschen Museums anschauen und betasten. Über 100 000 Besucher fragten neugierig, wer es sei.

Ein Museum ohne Museum

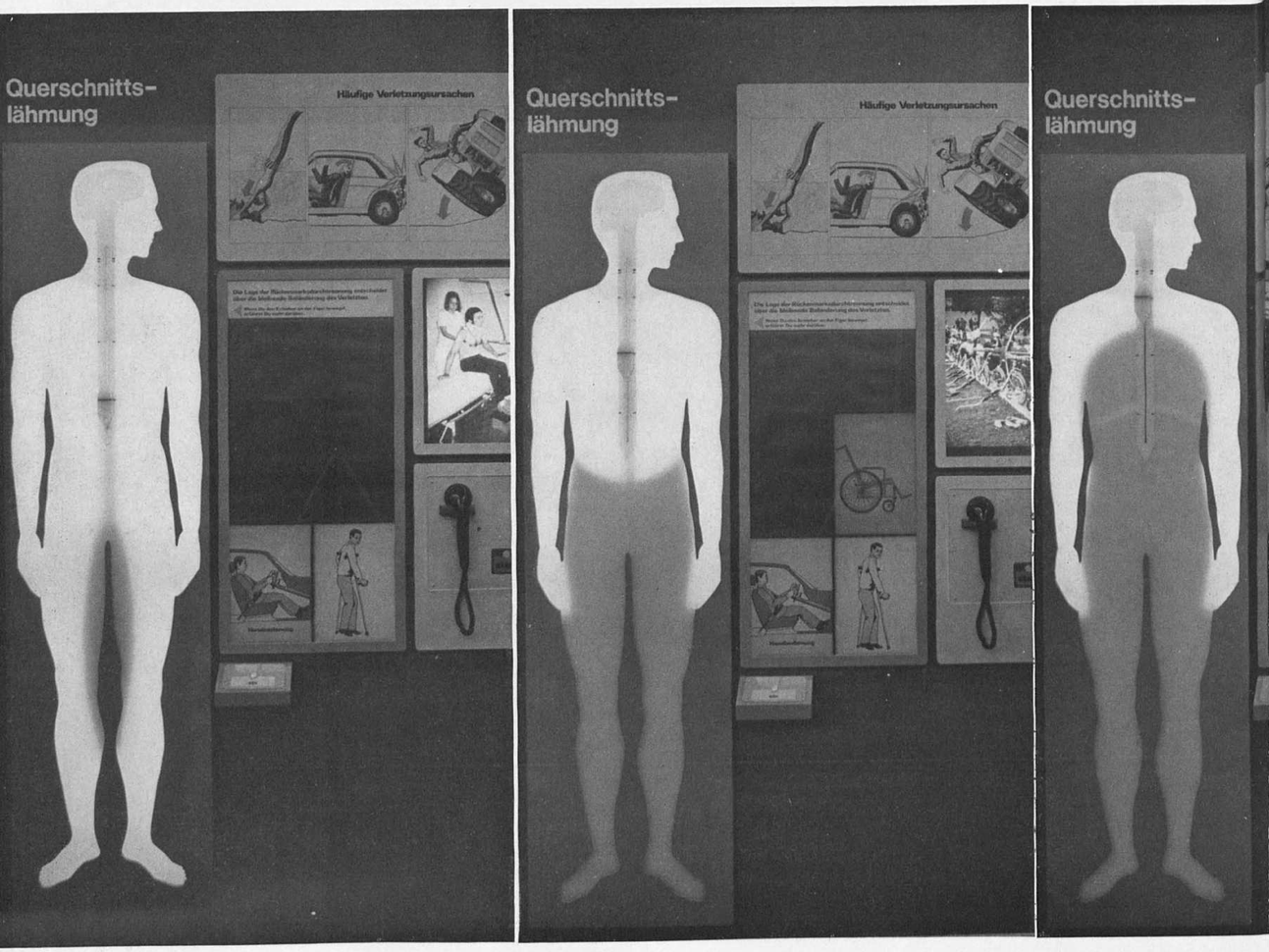
Das Naturkundliche Bildungszentrum (NBZ), von dem hier die Rede ist, hat den Bayerischen Staat als Mutter (bei der allerdings, wegen der vielen hungrigen Kinder, Schmalhans Küchenmeister ist), als Pflegeeltern seine Naturwissenschaftlichen Sammlungen. Beide wollten ja alles zu seiner gesunden Entwicklung tun, denn das Mündel soll Lebenserfahrungen sammeln und später in einem großen Haus wohnen. Aber »später«, das dauert dem NBZ zu lange. Deshalb verließ es mit der Ausstellung »Nerven und Gehirn — bioelektrische Signale steuern unser Leben« seine Wiege und stellte sich der Öffentlichkeit vor: Schulkinderhorden und altkluge Studenten, von Zivilisationssiechtümern geplagte Gesundheitsapostel und ihre Medizinmänner, in der Aufzucht von Museen allgemein Erfahrene und Weise aus fernen Staaten, aber auch ganz normale Leute schrieben nur Schönes in sein Album. Doch das NBZ sollte wieder gehen und im einsamen Keller verschwinden.

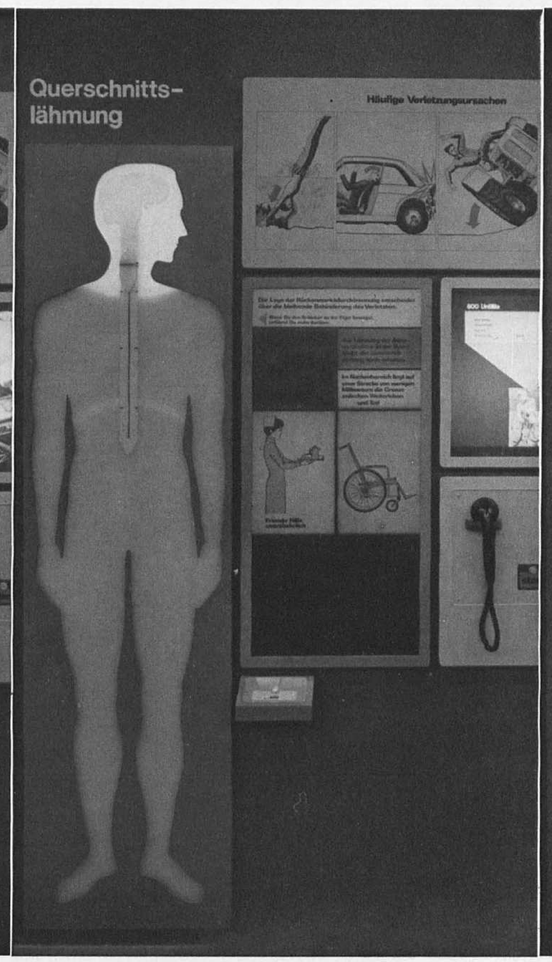
Das ist die Vorgeschichte: Nach dem Beschluß der Bayerischen Staatsregierung vor sieben Jahren soll(te) im Verlauf eines Zehnjahresplanes in München am Leonrodplatz ein Schaumuseum für Erdwissenschaften und Biologie — vorab der des Menschen — gebaut werden.

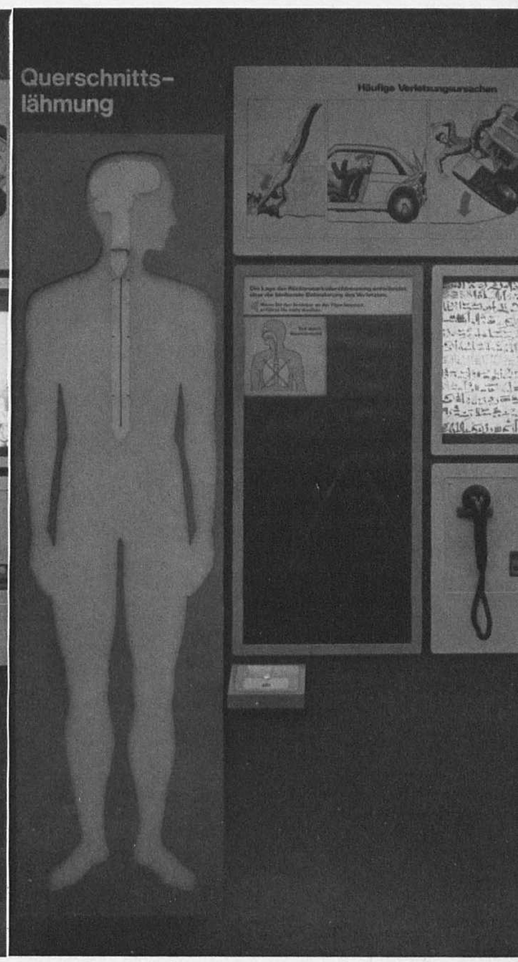
Eine Gruppe von jetzt drei Wissenschaftlern und dreizehn Technikern einer Sonderabteilung der Naturwissenschaftlichen Sammlungen des Bayerischen Staates entwirft und baut seit dieser Zeit Exponate. Die jetzigen Räume sind eng; alles, was produziert wird, muß in weit abgelegenen Institutskellern magaziniert werden. Dort veralten unweigerlich Inhalt und Design der Exponate. Und auf die Dauer erschöpfen sich die Einfälle der Planer in monotonen Messeständen. Denn nur die sind transportabel, lagerfähig und passen durch die vielen Türen von hier bis dort. Erst diesen Sommer konnte das NBZ die benötigten Flächen beantragen, die erste amtliche Grundlage eines Raumbedarfs! Bis das Museum stehen wird, wollte der Planungsstab seine neuentwickelten Exponatentechniken und sein didaktisches Konzept bestätigen oder ablehnen lassen, wollte herausfinden, wie und womit biologische Wissenschaften verständlich vermittelt werden können.

Das Echo auf die Ausstellung be-

Das Licht erlischt, wo Lähmung ist. Mit einem Schieber »durchtrennt« man das Rückenmark nach Wunsch. Symbole der Hilflosigkeit leuchten auf. Zusätzlich informiert die Tondiaschau: 10 000 Querschnittsgelähmte in Deutschland, jährlich 1000 mehr, der Rollstuhl, Rehabilitation, man wird nachdenklich, vielleicht vorsichtiger mit seiner Gesundheit, seinem Urteil, toleranter. Die Gegenspielereigenschaften der beiden vegetativen Nervenkomplexe: Was sich in Farbe, Licht und Bewegung ändert, blieb hier der Kamera verborgen. Zeitliche Abläufe sind interessant; sie zu zeigen bedeutet, mit den modernen Medien Film und Fernsehen erfolgreich zu konkurrieren. Dazu nach Belieben wiederholen, neu abrufen, anhalten zu können, ist der unbestreitbare Vorteil des Museumsexponats.



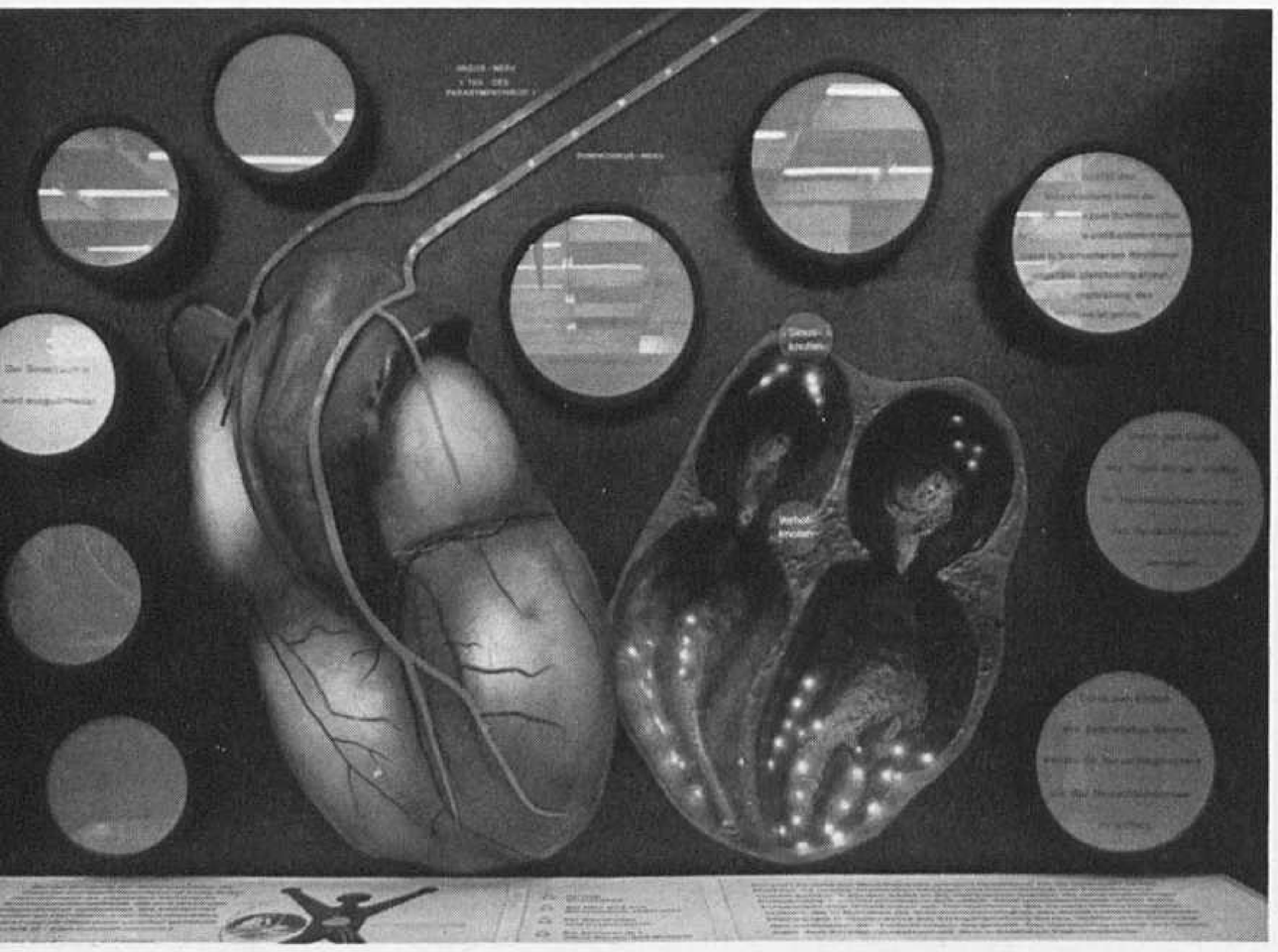




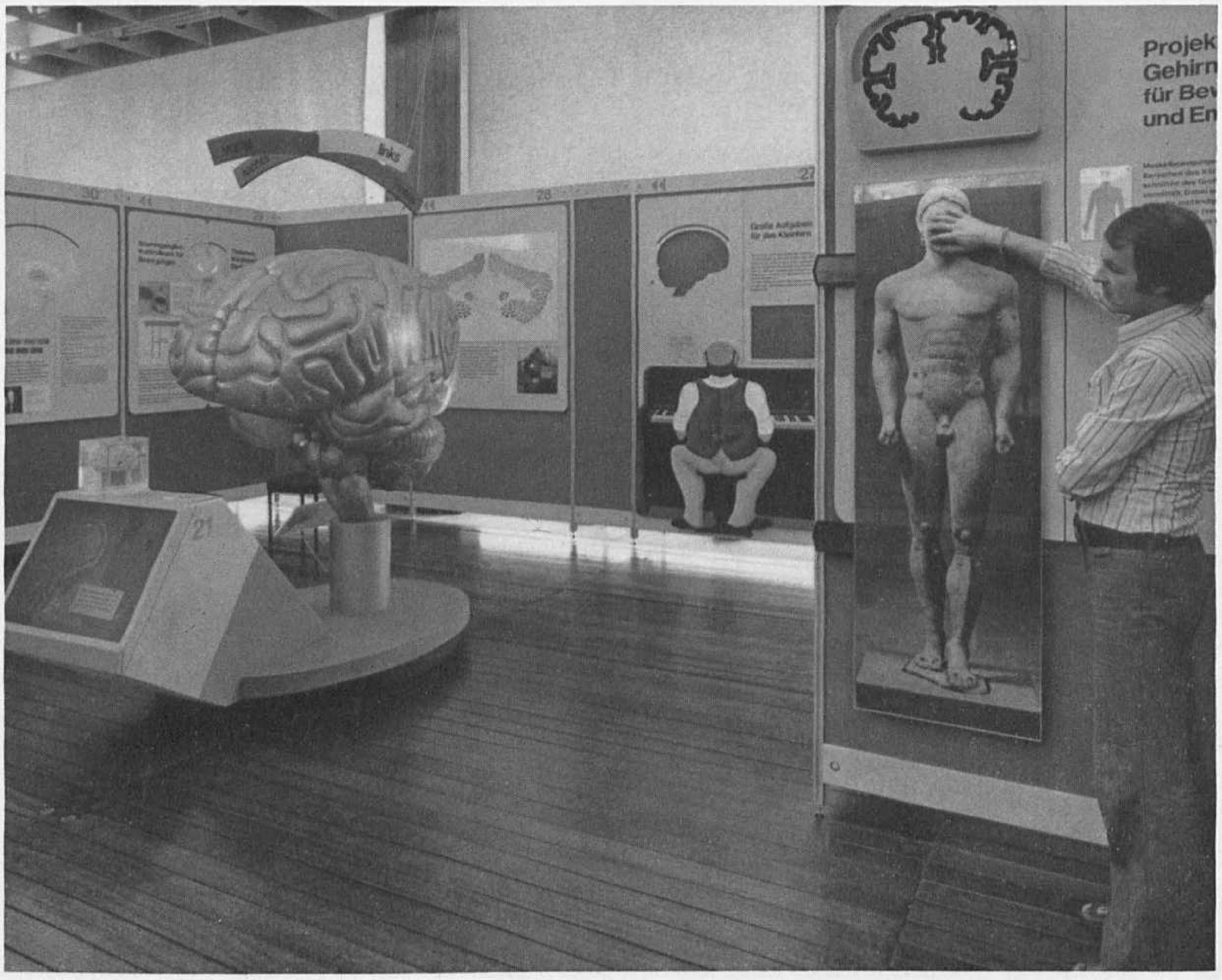
wies den Bedarf von solider, eingängiger Information über den menschlichen Körper. Obwohl das eng gefaßte Thema hohe Ansprüche an die Besucher stellte, bezeugten doch alle ihren Zuwachs an Wissen über und Verständnis für sich selbst. Sie schätzten hoch, erlebt zu haben, was sonst nirgendwo in der Welt geboten wird — weder in der Fülle noch in solcher Aktualität und Darbietung. Wenn das ausstellungstechnisch so unergiebige Organsystem »Nerven und Gehirn« in Bewegungs-Modelle und Lehrmaschinen übersetzbar ist und so zum begehrten Beispiel anschaulichen Biologieunterrichts werden konnte (330 Klassen in 70 Tagen), müßten künftige Ausstellungen über den Körper des Menschen, über die gefährdete Umwelt, über die Nahrung der Zukunft (»Brot für die Menschheit« ist in Planung), über Tiere und Pflanzen, Steine und Versteinerungen ebenso gut, vielleicht noch besser gelingen.

Der Erfolg fand also statt. Um so beklagenswerter ist das Schicksal der Exponate nach der Ausstellung — sie verschwinden in dunklen Magazinen bis zu einem fernen, ungenannten Tag, an dem ein Schaumuseum fürs Publikum geöffnet wird. Vielleicht im nächsten Jahrzehnt? Die Resignation nach dem kurzen Auftritt dämpft den Elan. In potemkinschen Dörfern kann man nicht wohnen, auch wenn man das Mobiliar dafür anschafft.

Dem berechtigten Klageruf konnte sich das Deutsche Museum nicht entziehen: dem Säugling wird das Leben verlängert. Für eine befristete Übergangszeit bleiben zwei Drittel der Ausstellung im 2. Stock des Sammlungsbaus den Besuchern zugänglich. Schulen erhalten so Gelegenheit, sie in den Unterricht einzubeziehen, Stadt und Staat die Möglichkeit, doch noch ein Provisorium zu schaffen, in dem das NBZ weiterhin ausstellen kann. *Die Redaktion*



Herzrhythmus als dynamisiertes Exponat bot auf Knopfdruck (im Stil des Deutschen Museums) Lehrprogramme an, demonstrierte die Selbststeuerung und vegetative Beeinflußbarkeit des Herzschlags einschließlich aller Normabweichungen. Freilich ist der technische Aufwand in Kunststoffverformung, elektronischer Steuerung, Projektionsverfahren, Polarisationseffekten und Motortrieb ungleich teurer als bei graphisch beschönigten Lehrbuchseiten vieler Museen. Anschaulichkeit hat ihren Preis!



Gehirn auf 40 Quadratmetern. 400 Lampen und Lämpchen zur Illumination der Gedanken und Befehle, der Bezirke des Fühlens und Bewegens, Hörens, Sprechens und Sehens, der Hypophyse und des Kleinhirns. Die Randexponate sind dem Zentralmodell zugeordnet: der attische Jüngling mit Druckknöpfen (anstelle der Muskelbewegungen) und Sensoren (anstelle der Tastpunkte); der glotzende, bleckende Zwerg, hirnrindenflächentreu proportioniert (hier nicht sichtbar); Johnny, der Tastenreißer, mal mit, mal ohne Kleinhirnprogramm, mal virtuos, mal klimpernd. — Hier war zu erfahren, was man so unterm Hut trägt.

Zdenka Hlava

Fünf Tropfen auf den heißen Stein

Wege zur Integration

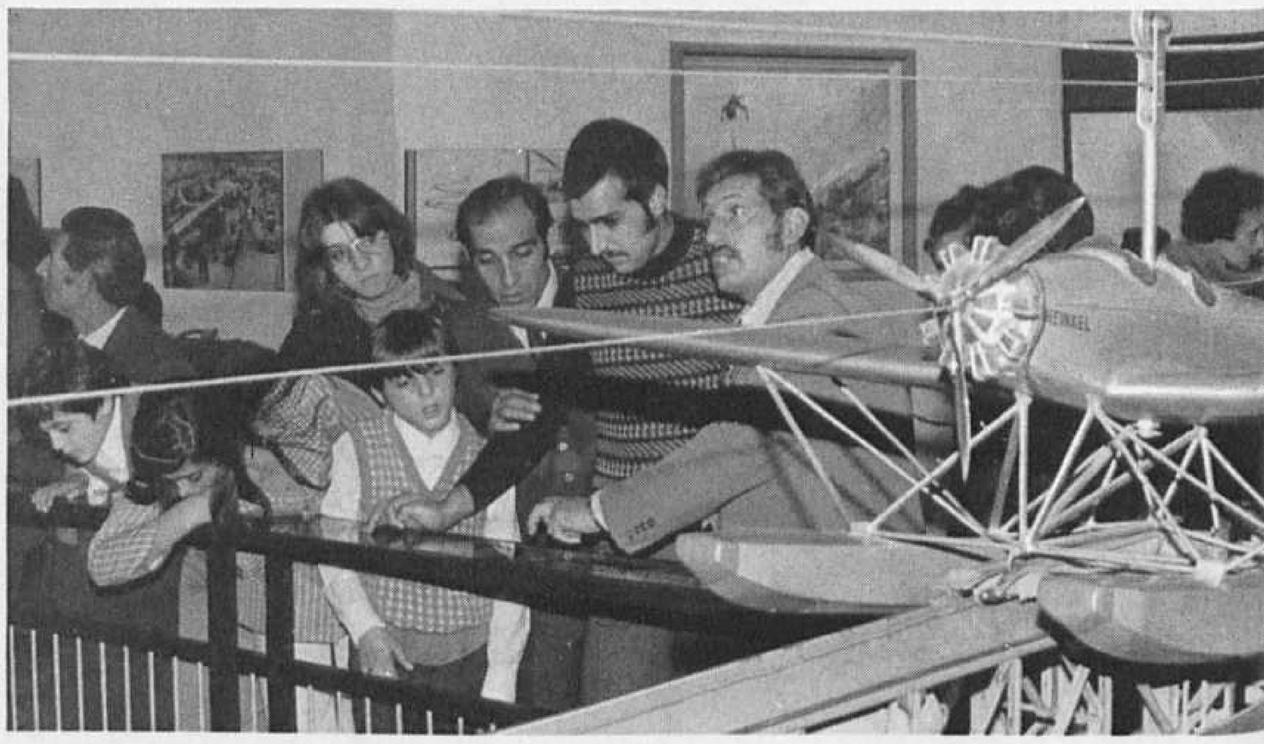
Die Integration der Ausländer dient nicht nur deren eigenen Bedürfnissen, sondern auch den langfristigen Interessen der deutschen Bevölkerung. Besonders die heranwachsende Ausländergeneration würde es sich nicht bieten lassen, die Funktion eines Subproletariats übernehmen zu müssen. Zur Integration der Ausländer gibt es keine Alternative, wenn die soziale Stabilität nicht gefährdet werden soll.

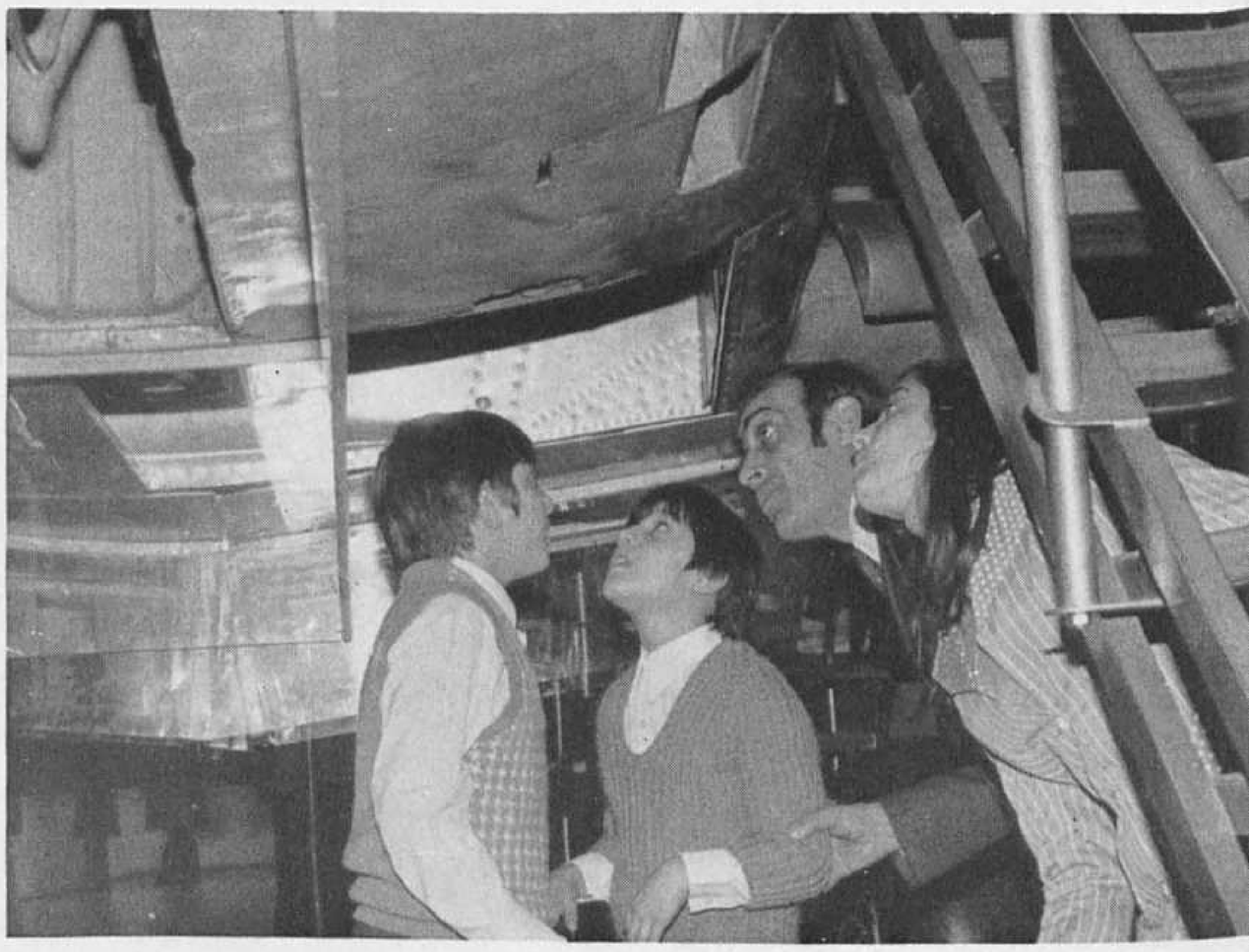
Die erste Berührung mit Goethe

Die Ergebnisse einer Analyse im Deutschen Museum haben es ans Tageslicht gebracht: Obwohl sich unsere Besucher aus allen Bildungsschichten, Altersgruppen und Ländern rekrutieren, konnte die Statistik unter den Ausländern (24 %) kaum einen ermitteln, der in München oder Umgebung wohnte. Schlimm genug. Schlimmer noch, wenn man bedenkt, daß München zu einem klassischen Ausländerballungszentrum geworden ist.
Sind es die Sprach- und Milieubarrieren? Sind sie wirklich unüberwindbar? Um das festzustellen, haben wir einen Versuch mit der türkischen Nationalgruppe gewagt. Am Schluß der breitangelegten Vorbereitungen konnte es kaum noch eine türkische Familie in München und Umgebung gegeben haben, die nicht gewußt hätte, daß wir sie an einem bestimmten Wintersamstag 1975 im Museum gerne zu Gast (freier Eintritt) haben würden. Vorführungen in Türkisch fanden dort statt, wo sie auch ohne Vorkenntnisse zu einem Erlebnis werden konnten: im Planetarium (emotional bis magisch wirkend), in der Eisenbahnhalle und bei der Modelleisenbahn (Verkörperung des Gefühls der Trennung von der Heimat oder der Verbindung mit ihr), im Musiksaal (ihren ausgeprägten Sinn für Rhythmus und Melodik ansprechend), beim Experimentalvortrag Chemie und bei der Vorführung der Hochspannungsanlage (unterhaltend aufgezogen, über Dinge aus dem Alltag berichtend). Damit wollten wir eine erste Hilfe für die aus einem anderen Kulturbereich stammenden Gäste bieten; Verständnis vermitteln für die tieferen Grundlagen der Technik, die sie am Arbeitsplatz nur in engen, spezialisierten Ausschnitten des Berufslebens erfahren; zeigen, wie der Stand der hiesigen Technik und Technologie Frucht jahrhundertelanger Geschichte ist; zuletzt unser Haus zu einem neuen Ort der Begegnung machen.
Der Tag wurde ein Erfolg: Die selbstlos und ohne Bezahlung sich abschuftenden Berufsdolmetscher konnten am Abend nur noch heiser flüstern. Es waren 2600 Türken gekommen, allein, meist aber in Gruppen, unter sich oder in Begleitung eines deutschen Arbeitskollegen, dem sie nicht selten die Eintrittskarte spendierten (da nichttürkische Besucher Eintrittsgeld entrichten mußten). So kam es zu Gesprächen zwischen zwei Nationalitäten, wo es sonst am Arbeitsplatz oft nur bei der Begrüßung blieb.
Sie kamen an diesem Tag also. Aber auch in den darauffolgenden Monaten sah man die anatolischen Sippschaften mit Einkaufstüten und Kinderwagen ins Museum pilgern, im Hause probieren, hantieren und studieren. Einige tausend türkische Programmzettel waren bald vergriffen, der Bann der Fremdheit war gebrochen. Der

Zum ersten Mal im Museum Orientierungshilfe in der Muttersprache

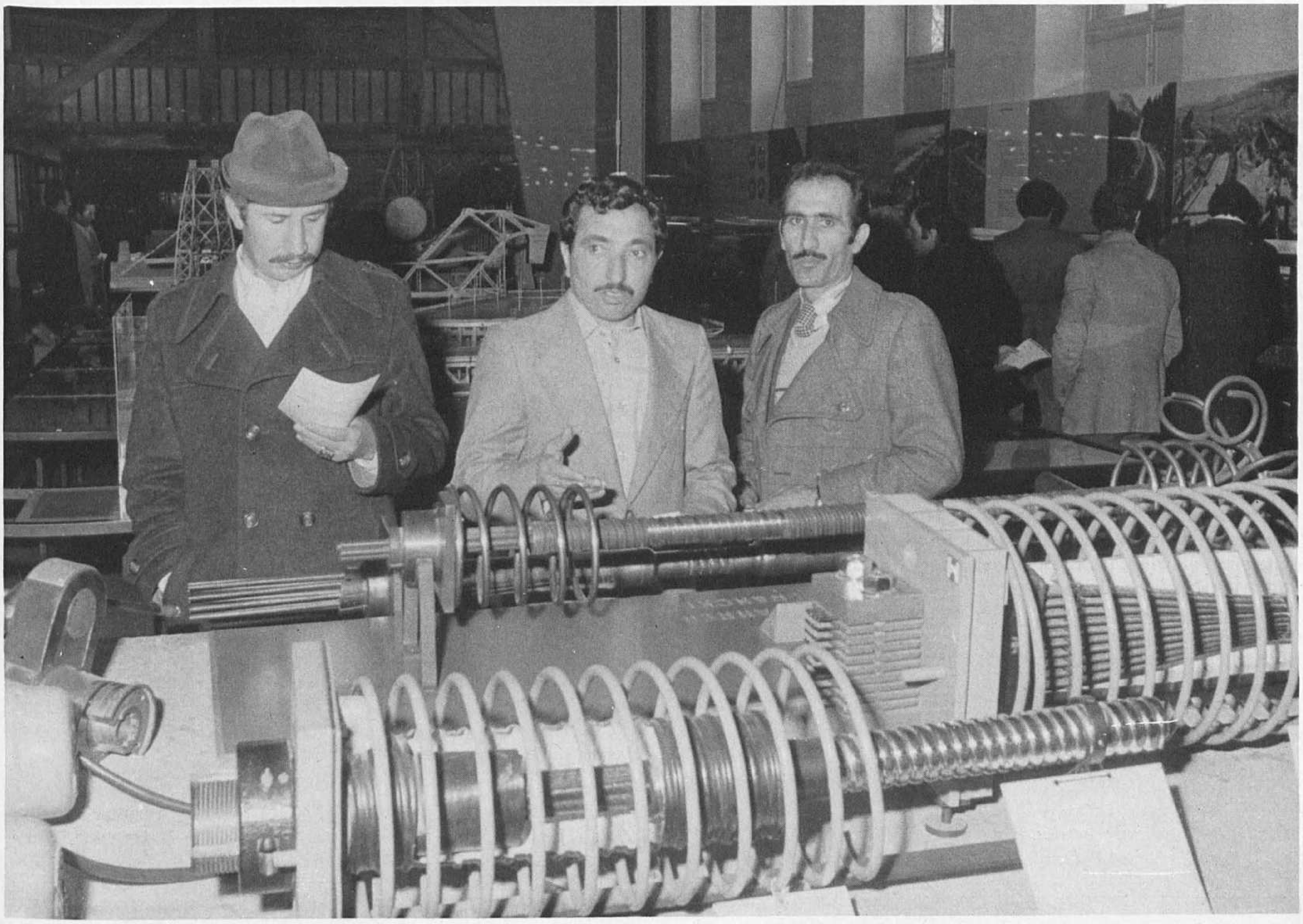
Aus der Reserve gelockt — Aufmerksamkeit, Interesse, Wißbegierde





Ausländerbeirat der Stadt München bot nun spontan seine Hilfe an, damit wir das Experiment auch auf andere Nationalgruppen ausdehnen konnten.
Das Karussell fing an, sich zu drehen: Lehrer benachrichtigten die Schüler, Schüler ihre Eltern, Gewerkschaften die Betriebe; Freiwillige machten Mundpropaganda in den Klubs, Vereinen, Beratungsstellen, aber auch in Lokalen, Kneipen, Kiosken, Läden. Die Massenmedien zogen mit unter dem Slogan: »Es gibt keinen Deutschen, der nicht einen Ausländer ins Deutsche Museum bringen könnte«. Überall hingen Museumsplakate mit dem grellen Überkleber in der jeweiligen Sprache. — Weil die Eingangshalle zu klein ist, traten neuartige Probleme auf. Es war dringend nötig, den Gästen, die mit S-Bahnzügen schubweise, manchmal zu Hunderten unser Haus erreichten, zu helfen. Sie mußten zügig gleich dreimal eine natürliche Angstschwelle überwinden: vom Hof ins Haus (Folklorelieder als aufmunternde Wegweiser), von der Tür über den Durchlaß (Beflaggung, Begrüßung über Lautsprecher und Informationsblatt in der Muttersprache) und von da in die Abteilungen (Hostesseneinsatz). — Das Programm wurde erweitert und bunter gestaltet. Keine Gruppe bekam es allerdings auf dem Silbertablett serviert, alle gestalteten mit. Lehrer übersetzten, Schüler sprachen Vorführungstexte auf Band, Doktoranden, Arbeiter, Diplomaten, Gewerkschaftsfunktionäre und Pfarrer wurden ohne Rücksicht auf Rang und Namen so lange eingewiesen, geschult und »gedrillt«, bis sie ihren Landsleuten ins letzte Detail übersetzen konnten, was unsere Mitarbeiter bei den Vorführungen erklärten. Und wer dabei mitwirkte, staunte, wieviel freie Energie hier brachliegt, wie groß das Kulturbedürfnis, wie berechtigt die Sehnsucht nach Anerkennung ist.
In den Wintermonaten 1976/77 verbrachten im Deutschen Museum reihum einen Tag: 2000 Italiener (insgesamt in München 27 105, Stand vom 30. 9. 1976), 4000 Griechen (23 450), 800 Jugoslawen (55 717), 8000 Türken — bereits zum zweiten Mal — (33 044) und 800 Spanier (4305). Nach dem Ablauf dieser Ausländerrunde haben dann alle deutschen Organisatoren perfekt »auswärts« gesprochen und wenn das Wort »Müze« fiel, assoziierten sie zunächst »Sammlungen auf türkisch«, und nicht etwa die Kopfbedeckung.
Der »statistische« Gastarbeiter wird nun im Deutschen Museum erfaßbar sein, der lebendige hat uns Einsichten vermittelt und sie selbst gewonnen. Alles in allem: ein kleiner Integrationsversuch. Fünf Nationalgruppen orientieren sich jetzt selbständig in einem Kulturinstitut. Fünf Tropfen auf einen heißen Stein.

Vom Arbeitsplatz her bekannt — im Museum wiederentdeckt



Ein stimmungsvoller türkischer Kerzentanz — Alptraum für jeden Feuerwehrmann

Das neue Subproletariat
Gefahren für die soziale Stabilität unseres Landes

»In der Bundesrepublik Deutschland halten sich heutzutage fast vier Millionen Gastarbeiter mit ihren Familien auf. 1976/77 besuchten 450 000 ihrer Kinder unsere Schulen. Viele dieser Kinder kamen bereits mit erheblichen Bildungsdefiziten in die Bundesrepublik, und sie stießen auf ein Schulsystem, das dieser großen Herausforderung nicht gewachsen war. Das hat dazu geführt, daß heute rund 60 % aller Ausländerkinder den Hauptschulabschluß nicht erreichen. Das bedeutet, daß die Masse der Ausländerkinder keine andere Lebensperspektive hat als die Hilfsarbeitertätigkeit. Das ist nicht nur eine schwere Belastung der Zukunft der betroffenen Ausländerkinder, sondern auch ein großes Risiko für die Bundesrepublik selbst, die als hoch entwickelte Industrienation in zunehmendem Maße fachlich ausgebildete Arbeitnehmer braucht. Nur so läßt sich unsere wirtschaftliche Spitzenstellung auf Dauer sichern.«

»Eine besondere Problematik ergibt sich im Hinblick auf die zweite Ausländergeneration, die zu einem großen Teil auf Dauer in der Bundesrepublik bleiben wird. Diese nachrückende Generation wird, weil sie in Deutschland aufgewachsen ist, geringe schulische und berufliche Entfaltungschancen sowie soziale Deklassierung anders empfinden als ihre Eltern, denen noch bewußt ist, aus welchen sozialen und wirtschaftlichen Verhältnissen sie einst gekommen sind und wie ihre Landsleute zu Hause in der Regel noch leben müssen. Diese zweite Ausländergeneration wird ihre eigenen sozialen und wirtschaftlichen Chancen mit denen der deutschen Bevölkerung vergleichen und eine mißlungene soziale und berufliche Integration als das empfinden, was sie in Wirklichkeit auch ist: als eine unerträgliche Diskriminierung.
Wenn die Entwicklungen so weiterlaufen wie bisher, daß nämlich fast zwei Drittel aller Ausländerkinder keinen Hauptschulabschluß erhalten und damit zwangsläufig von jeder beruflichen Qualifikation ausgeschlossen sind, wird in der Bundesrepublik ein neues Subproletariat entstehen. Jeder, der in Kategorien sozialer Prozesse denken kann, weiß, daß das, was sich hier anbahnt, sozialer Zündstoff mit Zeitzünder ist.«

»Die räumliche Konzentration von einigen Millionen Ausländern in rund zehn städtischen Ballungsgebieten verschärft noch die Problematik durch die stark wachsende Geburtenentwicklung. Wenn heute bereits in vielen Siedlungsgebieten der Bundesrepublik der Geburtenanteil der Ausländer auf die 40-Prozent-Quote zusteuert, in etlichen Städten diese Quote weit überschritten ist und auf 50 % zugeht, beinhaltet das sehr ernst zu nehmende Gefahren. Wenn diese Entwicklung anhält, wird sich die Bevölkerungsstruktur vieler Städte der Bundesrepublik langfristig völlig verändern: Der ausländische Bevölkerungsanteil wird erheblich steigen und die deutsche Bevölkerung zurückdrängen.
Es spricht vieles dafür anzunehmen, daß dieser Prozeß zwei Entwicklungen auslösen könnte: in einer ersten Phase eine zunehmende Abwanderung Deutscher (Phase der sozialen Distanzierung) und in einer zweiten die Angst vor Überfremdung und der Übergang zu sozialen Abwehrprozessen (Phase der sozialen Aggression). Dann bekäme die Bundesrepublik entweder ›amerikanische‹ Verhältnisse — mit allen Konsequenzen, die sich daraus für die innere Sicherheit unseres Landes ergäben, oder aber ›Schweizer‹ Verhältnisse mit ihren polizeistaatlichen, zum Teil rücksichtslosen Abwehrmaßnahmen gegenüber den Ausländern . . .«

»Zur sozialen Integration der in der Bundesrepublik lebenden Ausländer, insbesondere der zweiten Ausländergeneration, gibt es keine Alternative . . .«

»Die deutsche Bevölkerung muß wissen, daß sie auf Dauer nicht in sozialem Frieden leben kann, wenn die soziale und berufliche Integration der Ausländer nicht gelingt. Es ist auch nicht nur eine humanitäre Frage, ob unser Land der insgesamt rund einen Million ausländischer Kinder und Jugendlicher gute Entwicklungschancen bietet, sondern eine Frage der sozialen Stabilität unseres Landes. Die heranwachsende Ausländergeneration würde es sich nicht bieten lassen, in der Bundesrepublik die Funktion eines Subproletariats übernehmen zu müssen. Alles, was an dieser jungen Ausländergeneration versäumt wird, muß eines Tages auf die deutsche Bevölkerung zurückschlagen. Deshalb dient die soziale Integration der Ausländer nicht nur den Bedürfnissen der Ausländer selbst, sondern auch den langfristigen Interessen der deutschen Bevölkerung.«

Auszüge aus dem Referat von Dr. Wolfgang Bodenbender (Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung) auf der Tagung der Südosteuropa-Gesellschaft in der Akademie Tutzing am 16. November 1976.

Ludvík Veselý

ars viva

Der Versuch des Kulturkreises im Bundesverband der Deutschen Industrie, durch zweijährige Arbeitsstipendien einen direkten Kontakt von Künstlern zur Industrie zu schaffen, gehört zu den ganz seltenen Initiativen, die in dieser Richtung je unternommen wurden.

Mit Willi Baumeister gesprochen, steht seit dem 19. Jahrhundert »die Maschine gegen Handwerkskünstler«. Mit dem Handwerklichen waren seit Jahrtausenden Maler wie Bildhauer eng vertraut. Sie paßten sich der langsamen Entwicklung der Manufakturgeräte und kleinen Maschinen an und nutzten sie als ihr eigenes Werkzeug, ihr eigenes Kunstmittel. Sie beherrschten sie im gleichen Maß wie die Handwerker und konnten mit ihrer Hilfe ihre schöpferischen Ideen frei ausdrücken. Der Serien- und späteren Massenproduktion mit neuen, früher nicht existierenden Stoffen und Technologien standen sie aber zunächst rat- und machtlos gegenüber. Kein Wunder, daß das industrielle Wachstum der letzten hundert Jahre zu ihrem Feind wurde — wie sie es immer wieder und oft sehr laut beklagten.

Die Industrie interessierte sich in ihrer Anfangsphase für den freien Künstler gar nicht. Von der Natur her nach stolzem und strengem Individualismus strebend, paßte er nicht ins Konzept der Wiederholung in der Massenarbeit, die zwangsläufig Subjektivität unterdrücken muß.

Deshalb konnten der Herstellungsprozeß moderner Fabriken und die Tätigkeit des Künstlers nicht zusammenfinden. Dem widerspricht nicht, daß einerseits manche Kunstströmungen, besonders der Konstruktivismus, die Welt der Maschinen in ihren Themen-

Künstler arbeiten in Industriebetrieben

1

2

kreis aufnahmen und andererseits einige wenige Unternehmen als Mäzene auftraten. Die Kunst kam dadurch der Beherrschung der neuen Technik keinen Schritt näher, und die Industrie unterstützte so eine Kunst, die sich vom traditionell Handwerklichen keineswegs entfernte. Nur selten hörte man die Stimmen derer, die ehrlich einen Ausweg aus diesem Dilemma suchten, nur selten erschien ein Hinweis auf eine konkrete Lösung. Einen Versuch in dieser Richtung stellen die Arbeitsstipendien des Kulturkreises im Bundesverband der Deutschen Industrie dar. Er bot schon zweimal Künstlern die Möglichkeit, in Großbetrieben zu arbeiten, mit deren Technologien und technischen Ausrüstungen ihre Projekte zu verwirklichen und so ihre Ausdruckspalette zu erweitern.

Die Ausstellungen 1973/74 in Hannover und Nürnberg und 1976/77 in Duisburg und Nürnberg zeigten, daß manche der Stipendiaten diese Chance nicht richtig erkannten. Ihre zum Teil zwar bemerkenswerten Werke hätten auch ohne dieses Arbeitsstipendium im eigenen Atelier entstehen können. Andere Künstler dagegen nutzten die ungewohnten Bedingungen voll aus.

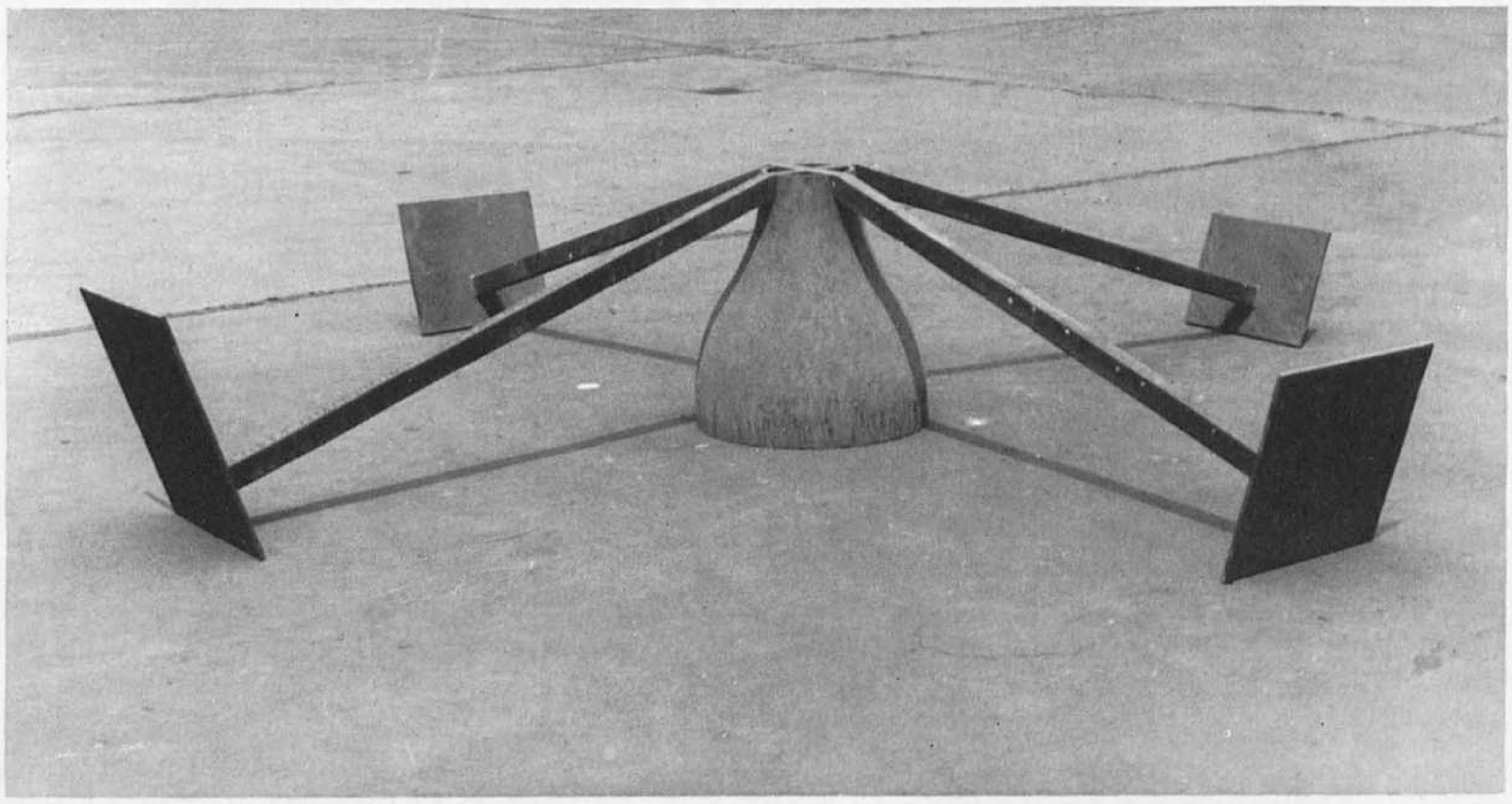
Der zweifache Stipendiat William Brauhauser (* 1942) entwirft seit über zehn Jahren Raumtürme. Seine Arbeit sieht er als »einen Gegenpol zur Technik«, die er als »den Urheber der brutalisierten Seite der Menschen« klassifiziert. In die Betriebe — die Deutschen Edelstahlwerke und die Thyssen-Edelstahl AG — nahm er kleine Entwürfe mit, die er dort vergrößern wollte. Brauhausers an sich zweidimensionale Konstruktionen wirken dreidimensional, denn sie besitzen die Fähigkeit, Licht in sich hineinzuziehen, zu integrieren als dritte Dimension; umgekehrt passen sie sich der Gegend an und schaffen mit ihr zusammen eine neue ästhetische Realität. Bei noch größerem Maßstab müßten sie eigentlich mit der an ihnen vibrierenden Luft einer gotischen Kathedrale ähneln, gleich, ob es der Gitterraumturm oder der Turm mit Lichtraster ist (Abb. 1, 2).

Die von Heinz-Günter Prager (* 1944), dem zweiten der zweifachen Stipendiaten, in den Buderus'schen Eisenwerken geschaffenen Arbeiten sind Variationen über ein Grundmotiv. Ein oder mehrere Gußkörper gleicher Form und Größe stellen das Kernelement dar, das mit Eisenstangen und -platten zu eigenartigen Objekten ergänzt wird. Ob der Gußkörper zentral oder am Rande angebracht ist — alles strebt eindeutig nach Konzentration. Bei der Eisen- und Metall-AG arbeitete Prager auf ähnliche Weise mit offenen Stahlzylindern und -platten (Abb. 3, 4).

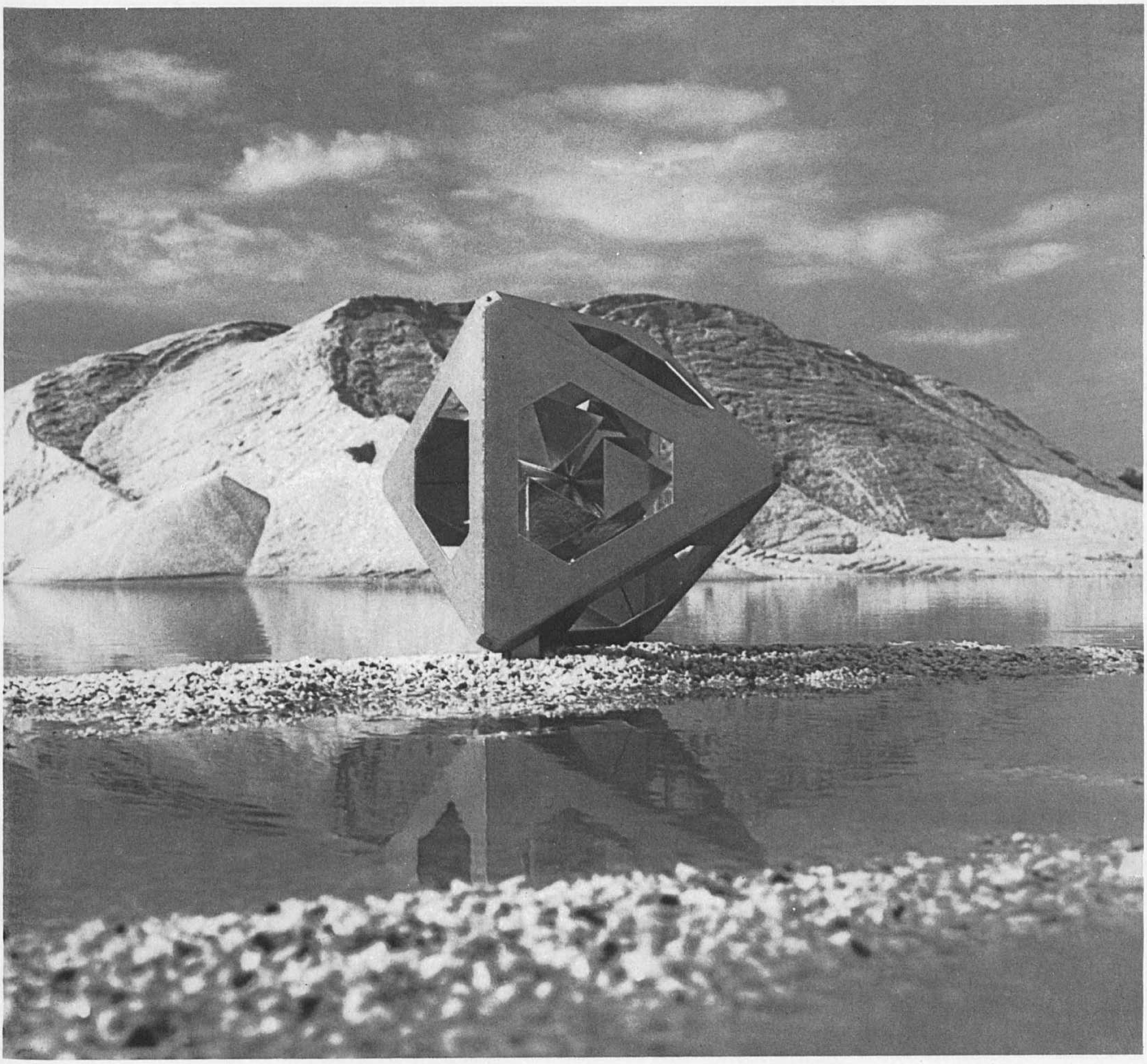
Betont dreidimensional in der Form wie in der Wirkung sind die Werke von Karl-Ludwig Schmaltz (* 1932) — Polyeder mit reich behandelten Kernen. Im Laufe seines ersten Stipendiums bei der Siemens AG entdeckte er mit Hilfe eines Computers einen für ihn besonders aussagefähigen »genetischen« Code und brachte ihn dann in stereometrischen Objekten zum Ausdruck. Die exakte äußere Form stellt bei seinen Werken, ob er sie in Acrylglas oder in Edelstahl realisiert, nur den Mantel dar: er scheint den genauso

3

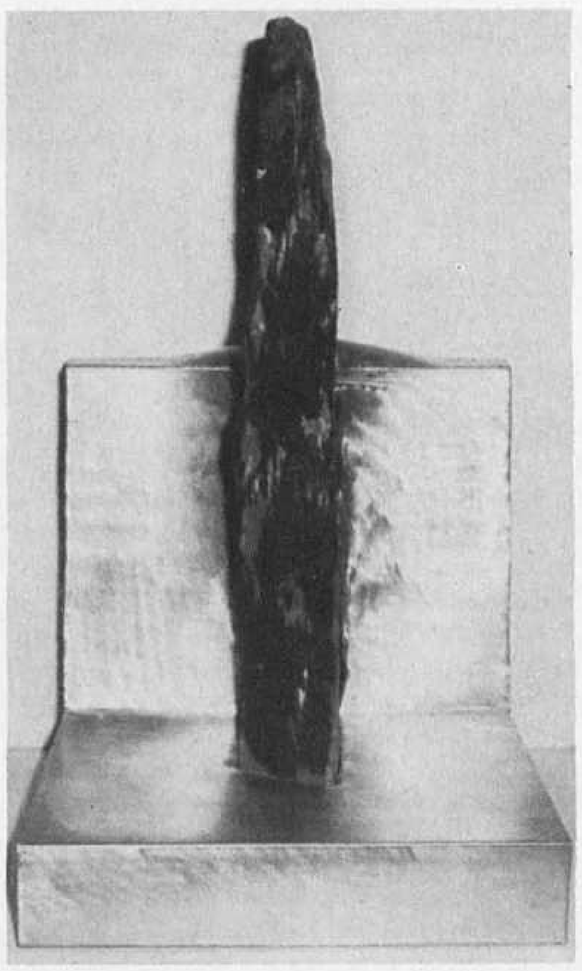
4



5



ars. viva

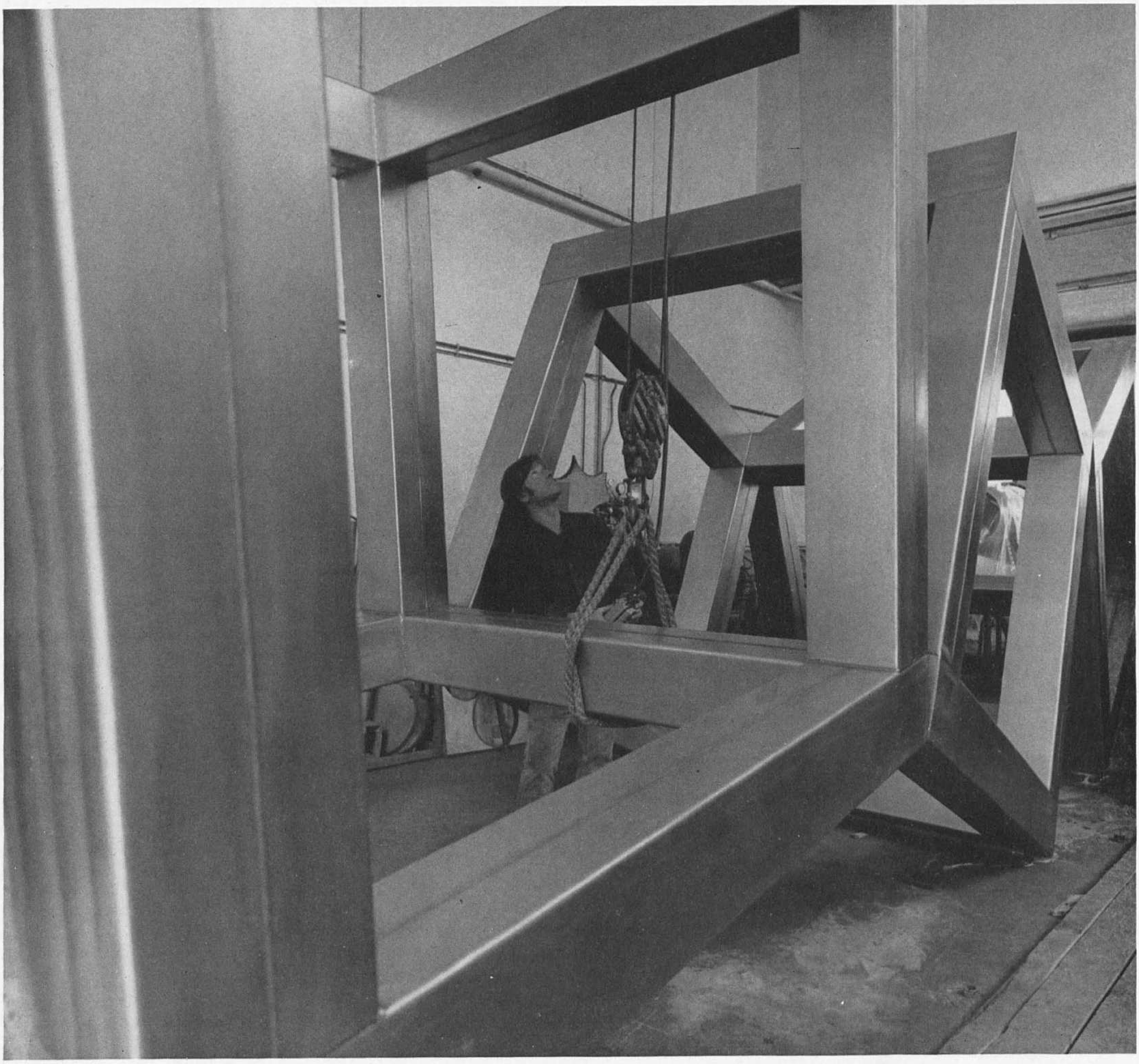


6

7

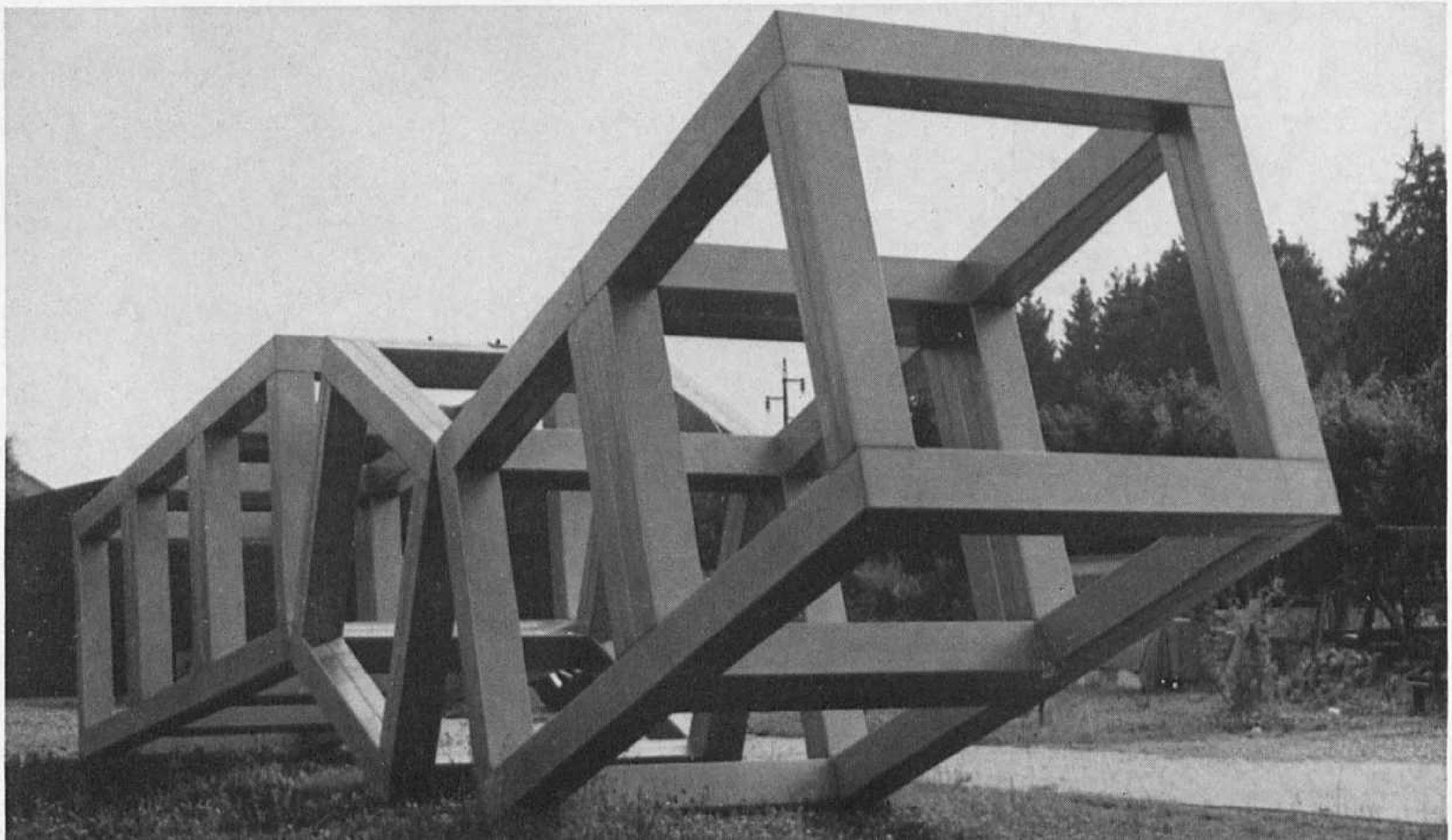
exakt behandelten und dabei dynamisch pulsierenden inneren Teil nur mit aller Mühe in Grenzen zu halten (Abb. 5, siehe auch seine Skulptur auf dem Umschlag).

Ungewöhnliche Verbindungen von Natursteinen mit Stahlwürfeln oder -profilen schuf Ansgar Nierhoff (* 1941) im Laufe seines Stipendiums bei der Thyssen-Edelstahl AG und bei Schmelzer & Co. Die Elemente der unbearbeiteten Natur eingepreßt in das technische Produkt wirken auf den Beschauer nicht unmittelbar, sie zwingen ihn vielmehr zum Nachdenken über seine Welt, in der er mit Technik und Wissenschaft leben muß, sich aber nach der ursprünglichen Natur sehnt (Abb. 6, 7).



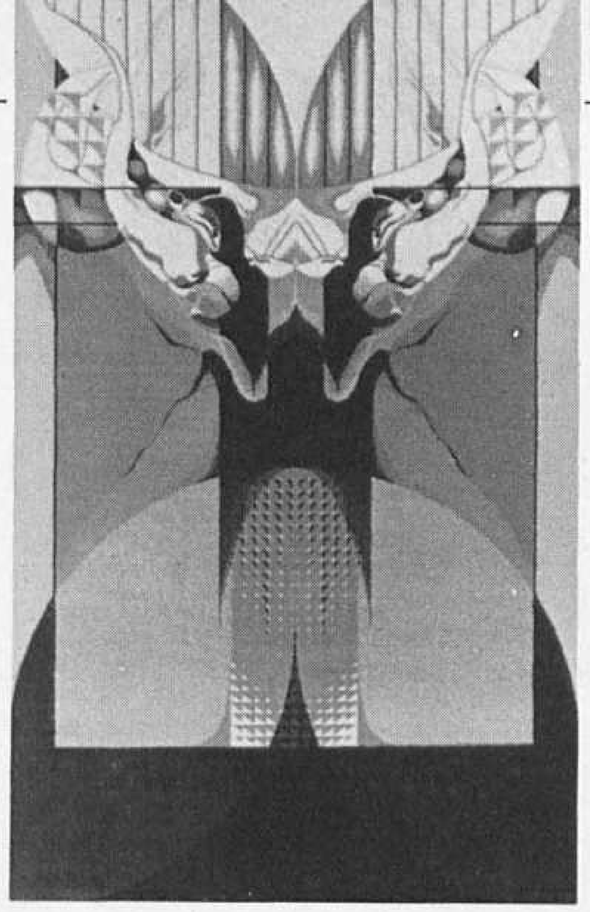
8

Alf Lechners (* 1925) aggressive Würfelskelettkonstruktionen ragen in den Raum. Er schweißte sie in den Werkhallen der Linde AG zusammen. In riesiger Dimension versuchte er die Frage zu stellen, »mit wieviel Störung läßt sich die Ordnung belasten, ohne daß sie zerbricht?« Die Antwort war vorauszusehen: eine fast ausschließlich rationale Konstruktion, die nur Vernunft anspricht (Abb. 8, 9).

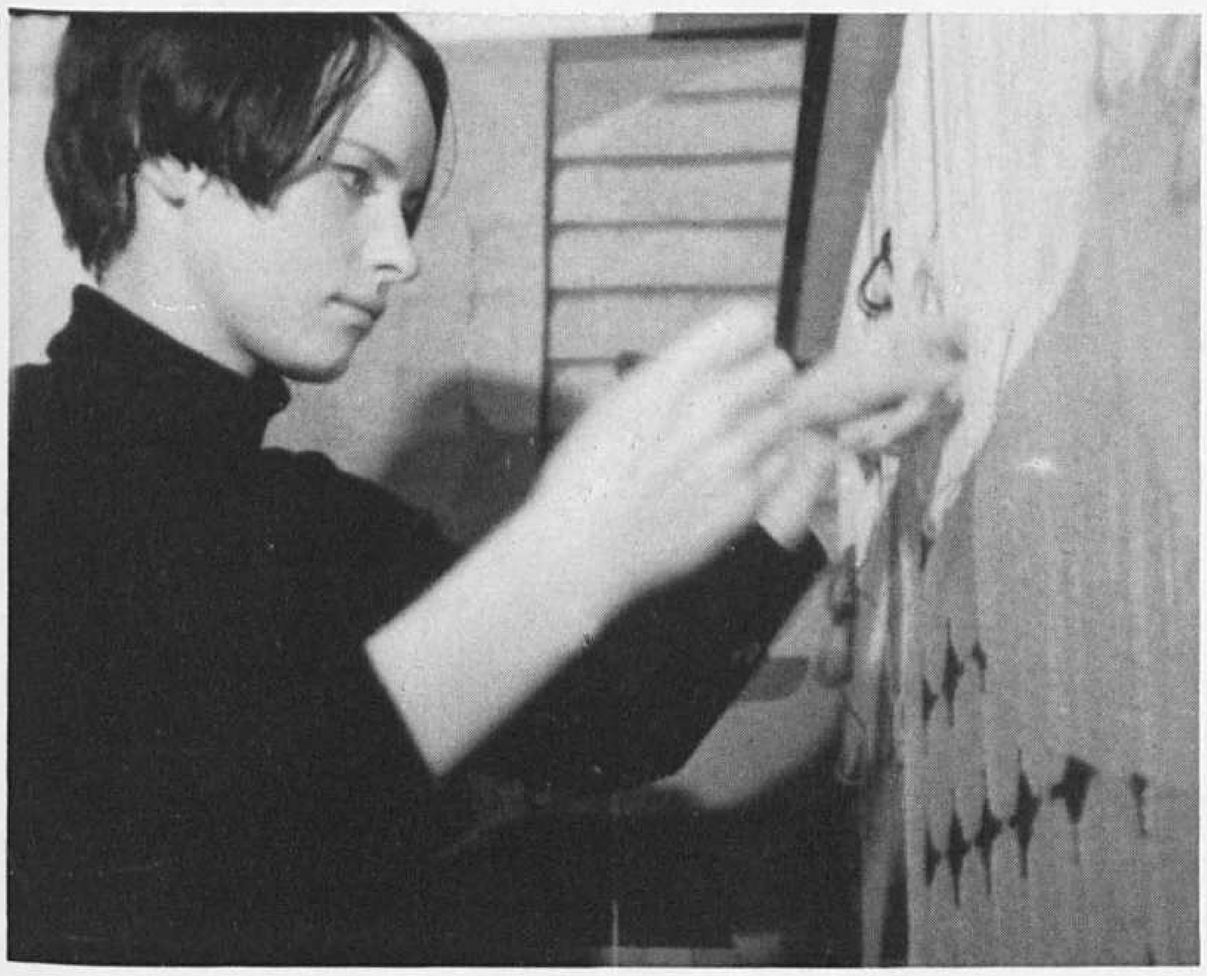


9

11



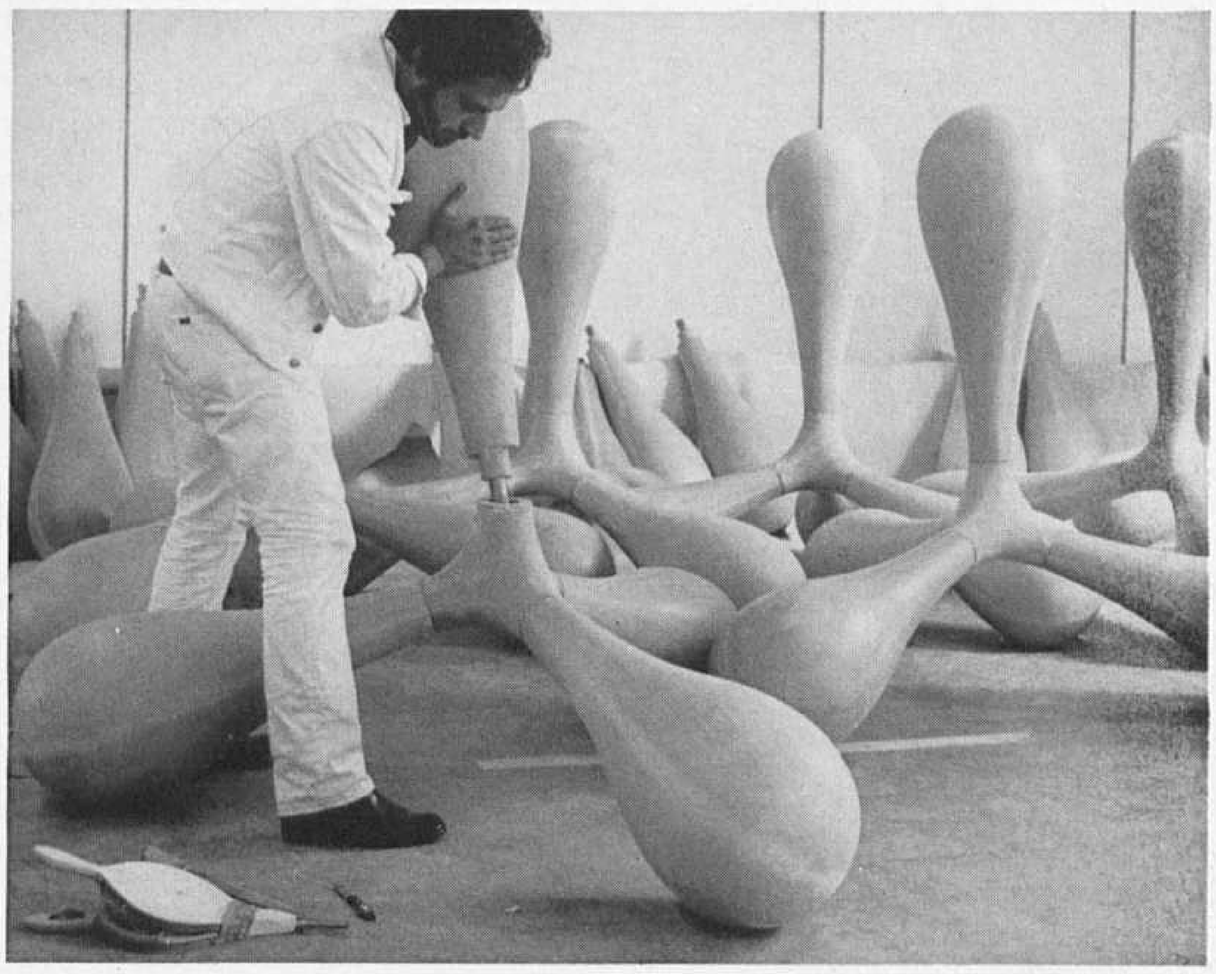
10



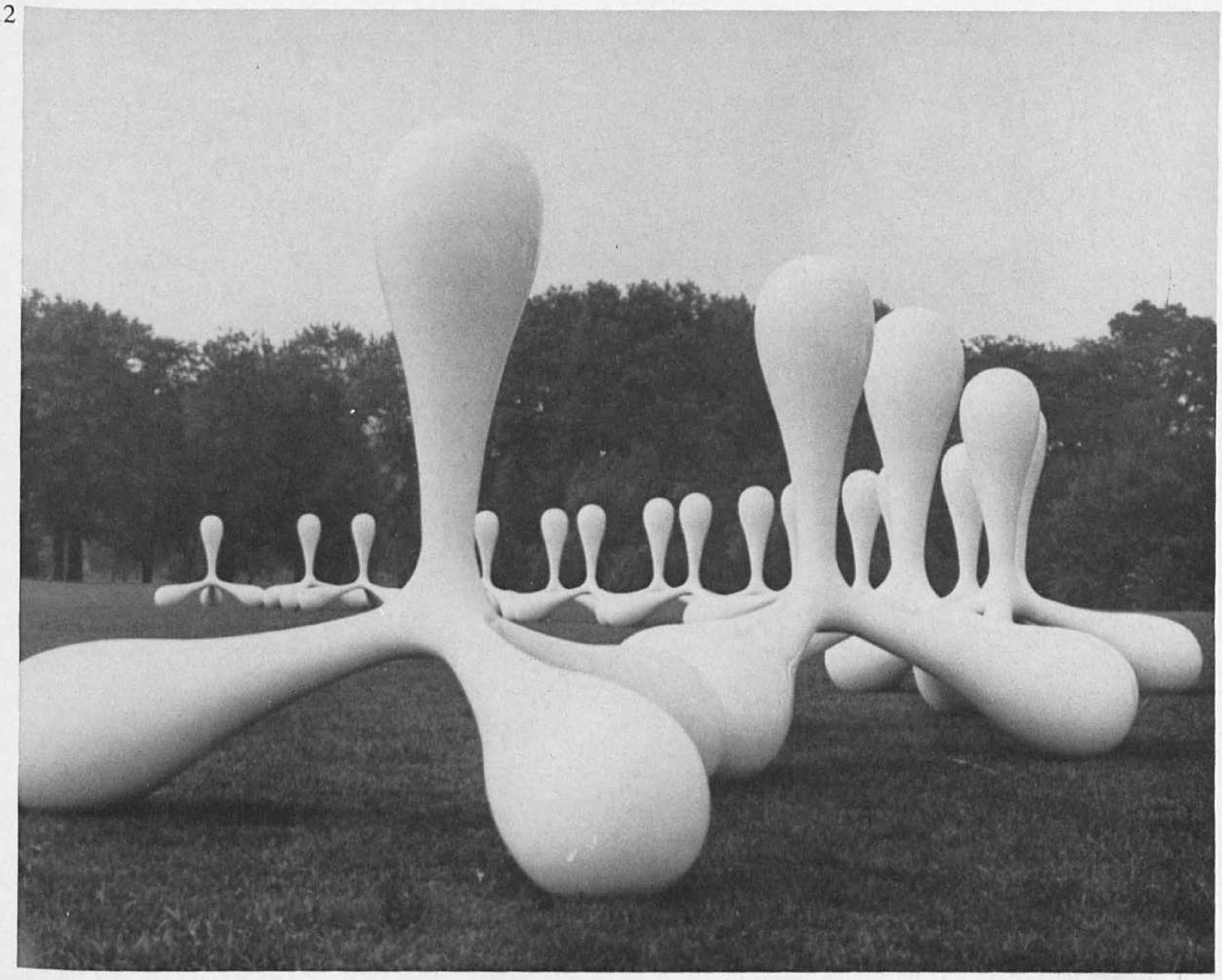
ars. viva

Gabriele Grosse (* 1942) lernte bei der Girmes-Werke Grefrath Velour AG die weiten Möglichkeiten und Dimensionen, aber auch die Grenzen der maschinengewebten Teppiche kennen, die nur über höchstens fünf Farben verfügen, während die Künstlerin sonst mit mehr als 20 Farben zu arbeiten gewohnt war. Als Entwurf für die Herstellung legte sie eine um die Längsachse gespiegelte Komposition vor. Das Ergebnis: ein bildartiger Teppich, ein Werk, das veranlaßt, an Geheimnisvolles und Vieldeutiges zu denken. Kein Wunder, daß dieses Artefakt auch lebhafte Diskussionen im Werk selbst entfachen konnte (Abb. 10, 11).

13



12



Durch Zufall entwickelte Roberto Cordone (* 1941) am Anfang seiner Arbeit bei der Bayer AG eine Form, welche die Makromolekularchemiker als eines ihrer Grundstoffmodelle ansehen — das Kohlenstoffatom. Diesen Prototyp ließ er im Betrieb in größerer Stückzahl aus Polyurethanschaum fabrizieren und verband diese zu einer Großraumplastik. Er wollte damit kein endgültiges, geschlossenes System schaffen. Die Einzelteile sind leicht tragbar und verstellbar. Cordone realisierte zum ersten Mal aus Maschinenprodukten dieser Größenordnung eine »offene« Plastik, die, weil variabel, jederzeit imstande ist, dem Betrachter einen neuen Eindruck zu bieten (Abb. 12, 13).

Die Arbeiten der Stipendiaten des Kulturkreises im Bundesverband der Deutschen Industrie deuten einen neuen, konkreten Weg an, der zu besserem Verständnis zwischen Künstlern und Industrie führen kann. Eine Fortsetzung wäre im beiderseitigen Interesse wünschenswert.

Günther Gottmann

Ausbruchs-versuche

Zur Vollendung einer Gründungsidee

Etwa ein Drittel der deutschen Bevölkerung war irgendwann einmal im Deutschen Museum — mehr als 20 Millionen Menschen. Darunter viele tausend Klassen, Ausbildungsgruppen, Seminare und Fortbildungskurse. Der bevorstehende 75. Jahrestag seiner Gründung sollte Anlaß sein, den Ort des Museums in der bildungspolitischen Landschaft der Bundesrepublik Deutschland deutlicher zu bestimmen.

Als Oskar von Miller vor 75 Jahren das Deutsche Museum gründete, war seine und seiner Mitarbeiter Idee, die Geschichte und die Prinzipien der Naturwissenschaften und der Technik »breitesten Bevölkerungsschichten« verständlich zu machen. Bildung war das Ziel aller Sammlung, Forschung, Konservierung, Dokumentation, Ausstellung und Beschriftung.

Diese Priorität der Bildungsfunktion eines Museums war zu seiner Zeit ein Novum und das Epochemachende in der Geschichte der Museen überhaupt.

Der Aufbau einer solchen Stätte schulischer, beruflicher und privater Fort- und Weiterbildung war darüber hinaus aber auch bildungspolitisch eine — wie man heute sagen würde — geniale Innovation. Gab es doch zu jener Zeit noch kaum institutionalisierte Fortbildungssysteme in Volkshochschulen und Gewerkschaften, keine Fernstudienlehrgänge und Zweiten Bildungswege, keine Lehrer- und Telekollegs, keine Hörfunk- und Fernsehkurse. Der Massenanspruch an die Sammlungen, die Bibliothek und die Vortragsveranstaltungen, Tausende hochangesehener Diplome für Stipendiatenarbeiten und zahlreiche beachtete Publikationen machten das Museum zu einer unüberhörbaren und unübersehbaren Autorität im deutschen Bildungswesen, zumal in einer Zeit, da Naturwissenschaft und erst recht Technik um ihre Anerkennung als konstitutive und gleichberechtigte Faktoren der Kulturgeschichte und des Bildungswesens kämpfen mußten.

Sicher, diese Aufgabe bleibt bestehen! Aber will sie be-stehen bleiben, darf sie nicht stehenbleiben, sonst wird das Museum erst unmerklich, dann unregenerierbar »Museum« seiner eigenen Vergangenheit. Und dabei würde die Kette sich überbietender Besucherrekorde nicht einmal abreißen — wird doch historischer Tourismus Volkssport.

Wollen wir aber in dem bildungspolitischen Wandel ebenso modern mitgehen und antworten, wie es seinerzeit Oskar von Miller tat, dann müssen wir ohne Ressentiment und Neid, vielmehr stolz, weil selbst beteiligt, feststellen: Vieles, was früher für uns originär und typisch war, wird inzwischen von anderen, und von diesen oft besser, wahrgenommen. Symbolisch ausgedrückt: Es gibt keine Oberrealschulen mehr im Gegensatz zu den eigentlich bildungsträchtigen Gymnasien, die Technischen Hochschulen sind Technische Universitäten, und Physik- und Chemiekurse hält bereits die Volkshochschule, sogar in unseren eigenen Räumen. Das ist gut so. Nur müssen wir unseren eigenen Stand-punkt, oder besser Bei-trag und Weg in dieser veränderten Landschaft neu bestimmen oder wenigstens suchen, wollen wir nicht unversehens, aber unaufhaltsam eine wenn auch attraktive, so doch anachronistische touristische »Museumsinsel« werden.

Die Chance, den ursprünglichen Bildungsauftrag des Museums — wieder? — stärker in das Bildungssystem unserer Bundesrepu-

Versuche, von der Museumsinsel auszubrechen . . .

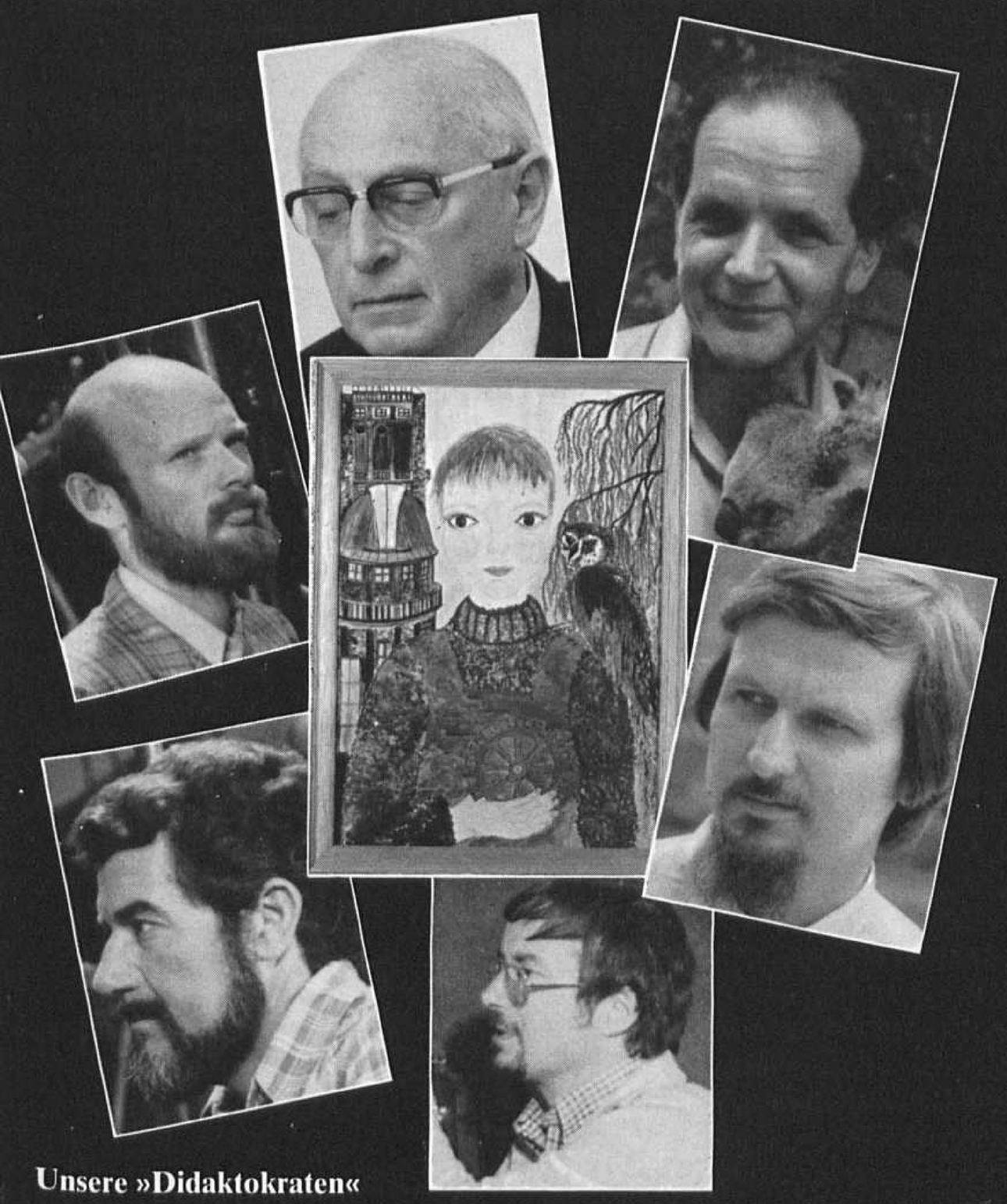
. . . und mit unserem Bildungspotential das gesamte deutsche Bildungswesen zu überschwemmen . . .

. . . werden hoffentlich nicht zur Notlandung führen.

blik zu integrieren, ist aus zwei Gründen im Augenblick besonders günstig, aber auch besonders fordernd:
Die allgemeine *Besinnung auf die Grenzen des Machbaren,* irreführend als »Sparmaßnahmen« verniedlicht, ernüchtert manche bildungspolitische Planungseuphorie zu dankbarer Wiederentdeckung und Anerkennung des schon Erreichten. Es wächst die Bereitschaft, anstelle aufwendiger, oft profilneurotischer Neugründungen und »Innovationen« nüchterner und redlicher vorhandenes Potential auszubauen und kontinuierlich weiterzuentwickeln. Eben da liegt die erste Chance für uns, die organisatorisch-ökonomische.
Wenn es uns gelingt, unseren, durch andere nicht realisierbaren, museumsspezifischen Beitrag zum deutschen Bildungswesen glaubwürdig und überprüfbar zu formulieren und attraktiv zu adaptieren, dann finden sich auch die finanziellen Mittel, ihn wirksam und erfolgreich zu verwirklichen. Wenn die VW-Stiftung uns 1,6 Millionen Mark für die Bildungsarbeit gab, wenn das Bonner Ministerium für Bildung und Wissenschaft ein ähnliches Projekt bewilligte, wenn die Landesstiftung Bayern unser Kerschensteiner Kolleg zu Ende baute, dann sind das — erste! — Zeichen dafür, daß wir nicht einfach in den lamentierenden Chor über die »Notlage der Museen« einstimmen dürfen, sondern nur unseren eigenen Solopart im Bildungskonzert finden und laut genug anstimmen müssen.
Wenn aber heute ein Teleschüler nicht nach Unterföhring zum Bayerischen Rundfunk fährt, um dort sein Telekolleg zu absolvieren, sondern seinen Kurs zu Hause auf der Mattscheibe empfängt und nur zu den nicht übertragbaren Informationen in Abständen sich zum Kollegiatentag einfindet, dann spiegelt das auch unsere Bildungsmethode wider:
Für manche Informationen ist und bleibt trotz der modernen Medien ein Besuch des Museums mit seinen dreidimensionalen Objekten und Experimenten und mit seinen wertvollen Originalen der Bibliothek notwendig; d. h., der Ausbau der Sammlungen bleibt uneingeschränkt, wird sogar zunehmend wichtig! Aber sehr viele der für uns typischen Informationen lassen sich auch ohne Besuch des Deutschen Museums vermitteln und dadurch multiplizieren. Und genau das ist die Funktion der drei genannten Projekte: einerseits die Museumsinsel weiter auszubauen, andererseits von der Insel auszubrechen in das gesamte deutsche Bildungswesen. Mit anderen Worten: Es sollen Studienmaterialien erstellt und Lehrerkurse gehalten werden, die sowohl den wachsenden Museumsbesuch effektiver machen, als auch den Grundgedanken, um dessentwillen das Deutsche Museum überhaupt existiert, in alle deutschen Schulen hinaustragen — nämlich tieferes Verständnis zu wecken für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik als Kulturgeschichte, als Humangeschichte. Wer diesen Ausbruch nicht wollte, wäre ein Snob, der nur Auserwählte in sein elitäres Ghetto einladen möchte.
Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik als Kulturgeschichte — in dieser primären und für uns spezifischen Aufgabe formuliert sich die zweite bildungspolitische Chance des Museums. Um die fachliche, didaktische, lernpsychologische und pädagogische Entwicklung und Durchführung von naturwissenschaftlichen Lehrplänen, um Curricula und Fortbildungskurse kümmern sich zahllose Institutionen, von den Lehrerakademien und Lehrplankommissionen aller Bundesländer ganz zu schweigen. Da brauchen und können wir nicht konkurrieren. Aber was alle diese Institute händeringend suchen und dankbar akzeptieren, das ist exakt das, was wir tun: das Vermitteln von Wissenschafts- und Technikgeschichte als Verständnisgrundlage heutiger Zeit.
Auf der einen Seite beobachten wir ein auffälliges, wenn auch oft ungeklärtes nostalgisches, touristisches oder abenteuerhaftes Interesse an geschichtlichen Phänomenen. Andererseits erwächst die grassierende Anfälligkeit für Moden und Ideologien folgerichtig aus dem Verlust der Geschichte, dem schwindenden Bewußtsein geschichtlicher Kontinuität. Eben deshalb ist es für uns wichtig und möglich, diese kulturgeschichtliche Aufgabe nicht als modernistischen überflüssigen Aktivismus, sondern als genuine Museumsaufgabe anzunehmen und zu erfüllen. Und wer da immer noch meint, dabei kümmere sich das Museum zu sehr um die Schule statt um historische Forschung, sollte bedenken, was kürzlich der Historiker Professor Conze auf der Jubiläumstagung des Stifterverbandes der deutschen Wissenschaft sagte: »Die Geschichtswissenschaft muß verdorren, wenn die Geschichtslehre nicht lebt. Darum bedarf heute die Geschichtslehre der größten Förderung, damit die Geschichtswissenschaft nicht stirbt.«
Wenn wir aber diese Chance und Herausforderung annehmen, integraler Bestandteil des deutschen Bildungswesens zu werden, dann müssen wir noch mehr als bisher Mühe darauf verwenden, in den Sammlungen und in den zu erarbeitenden Informations- und Unterrichtsmaterialien nicht nur geschichtliche Fakten und Objekte hinzustellen, sondern geschichtliche Zusammenhänge darzustellen und auch Technikgeschichte als Humangeschichte auszustellen.
Der Ausbruchsversuch von der Insel ist mit Hilfe der VW-Stiftung, des Bundesministeriums für Bildung und Wissenschaft und der Landesstiftung gelungen. Ob er zum Ziele führt, läßt sich erst in einigen Jahren beurteilen, hängt aber fast ausschließlich vom Museum selbst ab.

Die Arbeitsgruppe Didaktik am Deutschen Museum

Gut gekaut - ganz verdaut



Unsere »Didaktokraten«

Zur Konkretisierung der oben beschriebenen »Ausbruchsversuche« sollen im folgenden zwei der gegenwärtig im Deutschen Museum laufenden Bildungsprojekte und ihre Mitarbeiter vorgestellt werden. Über weitere Bildungsaktivitäten, nämlich die Lehrerfortbildung im Rahmen des Kerschensteiner Kollegs und die didaktische Mitarbeit in den Sammlungsabteilungen des Museums, soll zu einem späteren Zeitpunkt berichtet werden.

Die Stiftung Volkswagenwerk und das Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft konnten davon überzeugt werden, daß die vielfältigen Sammlungen des Deutschen Museums gezielter erschlossen werden müssen. Sie bewilligten Mittel »für die Erarbeitung von Materialien zu Problemen der Naturwissenschaften und der Technik unter besonderer Berücksichtigung ihrer geschichtlichen Entwicklung und kulturellen Bedeutung«. Seit 1976 werden in zwei getrennten Projekten Materialien für

- den Unterricht an allgemeinbildenden Schulen und
- die Weiterbildung von Ausbildern

erstellt.

40 Klassen und Ausbildungsgruppen — im Jahr über 8600 — kommen an jedem Schultag mit ihren Lehrern oder Ausbildern ins Deutsche Museum. Ihnen kann kaum schriftliche, geschweige denn persönliche Hilfe angeboten werden. Ein Aufenthalt im Museum wird aber erst dann recht fruchtbar, wenn die Zusammenhänge zwischen den Ausstellungsobjekten ganz bewußt herausgearbeitet werden, wenn neben den Sammlungsobjekten und Demonstrationen auch

- die umfangreiche Bibliothek (einschließlich der Sammlung alter und wertvoller Druckwerke),
- die Bilder und Dias der Bildstelle,
- die Handschriften, Pläne, Stiche, wissenschaftlichen Nachlässe in den Sondersammlungen
- sowie die zusätzlichen Studiensammlungen

genutzt werden. Sie bieten eine einmalige Chance, die Verbindungen zwischen Naturwissenschaften, Technik und Geschichte für Unterricht und Ausbildung auch außerhalb des Museums aufzubereiten. Eben das ist gemeinsames Ziel der beiden Projekte. Zwei Kriterien bestimmen das Auswahlprinzip: Alle Themen müssen sowohl den Bezug zum Museum wie auch den zur Schule beziehungsweise zur Ausbildung im Betrieb aufweisen. Sie behandeln also Sammlungsgegenstände des Deutschen Museums wie auch für den Unterricht beziehungsweise die Ausbildung wichtige Bereiche. Bei ihrer Festlegung ist in erster Linie der Lehrplan des jeweiligen Faches ausschlaggebend, wobei jedoch nicht nur die bayerischen, sondern wegen der überregionalen Bedeutung der Materialien auch andere Lehrpläne und Tendenzen der Lehrplangestaltung berücksichtigt werden sollen.

Für das Schulprojekt kommen als Fächer neben Arbeits- oder Technikelehre und Naturwissenschaften auch Geschichte, Geographie, Mathematik, Musik, Kunst und Philosophie in Betracht. Für alle Bereiche, in denen technische Entwicklungen bedeutsam geworden sind, sollen von der Arbeitsgruppe Didaktik Themen behandelt werden. Das Ausbilderprojekt dagegen geht nicht von Fächern, sondern von Ausbildungsberufen aus. Da es sich um die Weiterbildung der Ausbilder handelt, ist allerdings nicht vorgesehen, die Materialien streng an Ausbildungsordnungen auszurichten.

Allgemeinhistorische und technische Entwicklungen sind eng miteinander verbunden. Die Projekte zielen deshalb dahin, bisher rein technizistische Darstellungen zur allgemeinhistorischen Entwicklung in Beziehung zu setzen und so den Zusammenhang von technischen und geschichtlichen Entwicklungen darzustellen. Reiches Bild- und Quellenmaterial wird diese Texte ergänzen.

In beiden Projekten sind insgesamt nur drei wissenschaftliche Mitarbeiter beschäftigt, die daher im wesentlichen Koordinierungsaufgaben übernehmen und die Kontinuität der Themenbearbeitung garantieren. Beide Gruppen suchen Autoren, die sowohl für den geschichtlichen wie den schulisch-betrieblichen Grundansatz der Projekte aufgeschlossen sind. Sie sollen fähig sein, gerade die gegenseitige Abhängigkeit und Beeinflussung von technischen und allgemeinhistorischen Entwicklungen darzustellen.

Wir erwarten von den Materialien einen wesentlichen Anstoß für Inhalt und Gestaltung des Unterrichts. Dabei geht es uns nicht nur darum, daß im naturwissenschaftlich-technischen Bereich die kulturgeschichtlichen Bedingungen und Konsequenzen besser verstanden und verdeutlicht werden; vielmehr sollen auch in den sogenannten geistesgeschichtlichen Fächern die wissenschafts- und technikgeschichtlichen Aspekte der Kulturgeschichte berücksichtigt werden.

Die ersten Ergebnisse werden Anfang 1978 gedruckt vorliegen. Eine kleine Vorstellung über die zu erwartenden Studienmaterialien bietet der Aufsatz über den Brükkenbau in dieser Ausgabe. Auch die folgenden Hefte von »Kultur & Technik« werden Auszüge aus den jeweils bearbeiteten Themen, zum Beispiel Energie, Wandel des Weltbildes, Geschichte des Fliegens und Geschichte der Textiltechnik bringen.

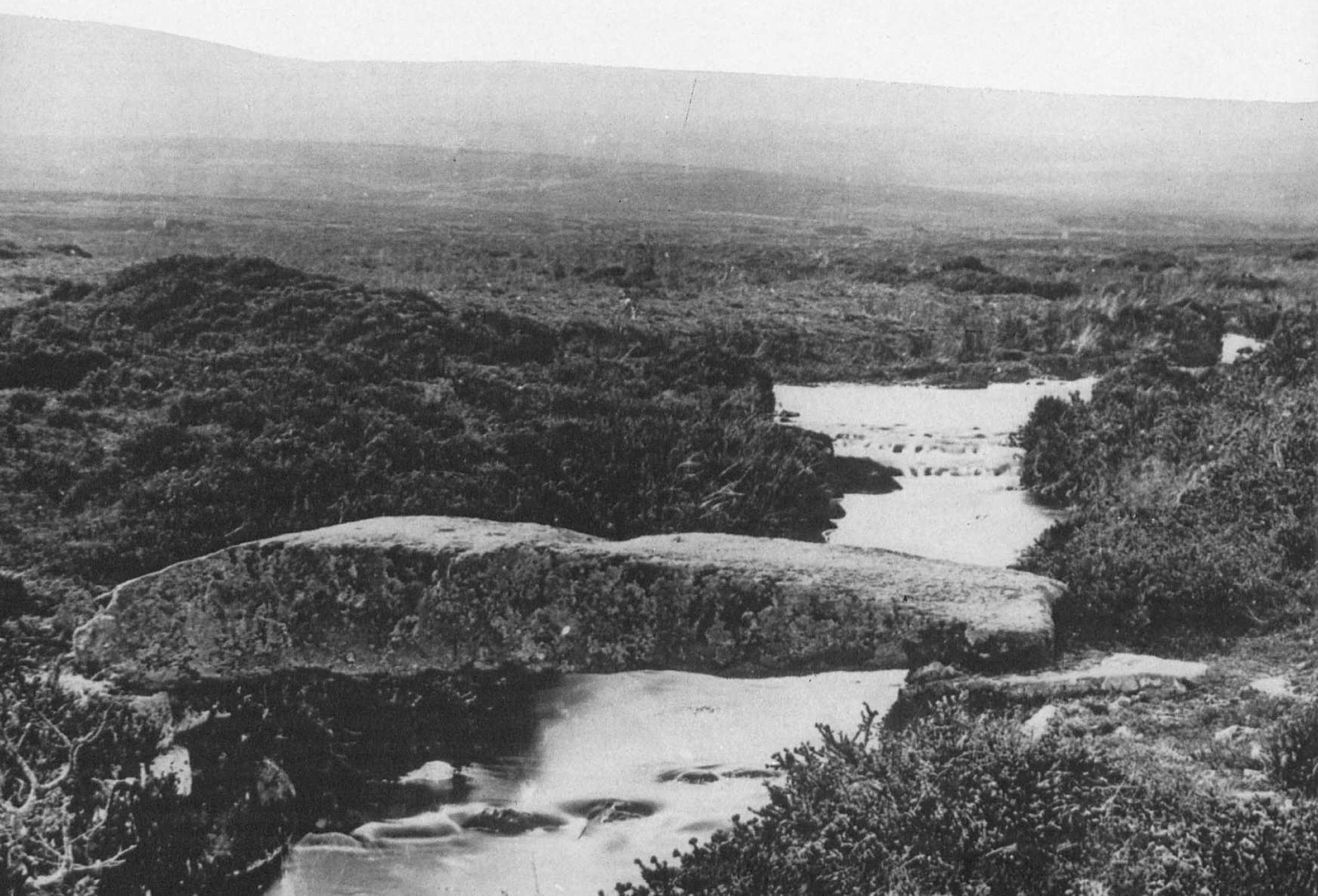
Gernot Krankenhagen
Jochim Varchmin

Bert Heinrich

Brückenbau — Technik lernen mit übergreifenden Bezügen

Am Anfang war der Balken

Zum Technikunterricht und Technischen Werken gehört die Bautechnik. Schüler sollen mit Bauwerkstoffen und ihren Eigenschaften vertraut gemacht werden, Verständnis für einfache Sachverhalte der Statik bekommen, Konstruktionsprinzipien kennenlernen und an Bauwerken wieder entdecken können. Auch das Thema »Brücke« wird unter den Lerninhalten in verschiedenen Zusammenhängen aufgeführt. Außerdem hat »Überbrückung« seit langem einen spezifischen Stellenwert in der Entwicklung des Technikunterrichts. Unter übergreifenden Bezügen wird hier der historische Ansatz verstanden. »Die Entwicklungsprozesse in der Baustatik und Bautechnik müssen doch einmal Objekte eines spannenden Suchens, einer aufregenden Handlung gewesen sein . . . Wenn man an ihre Wurzeln zurückginge, würde der Staub der Zeiten von ihnen abfallen und sie würden lebensvoll vor uns stehen.«



Vom Steinblock zum falschen Gewölbe

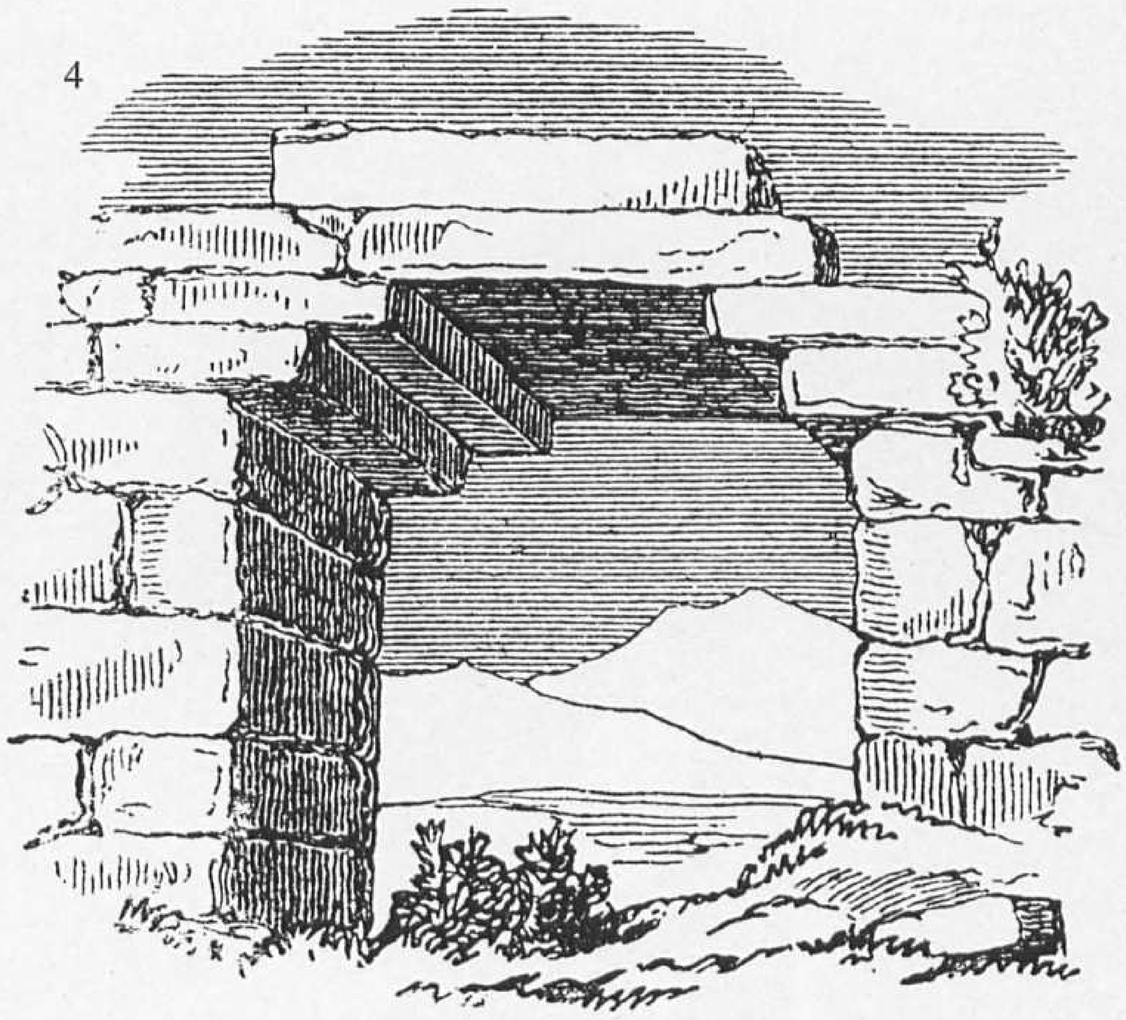
Die Geschichte des Brückenbaus begann in dem Augenblick, als Menschen zweckgerichtet einen dauerhaften und gesicherten Übergang schufen: einen Baumstamm oder einen großen Stein über einen Bach legten, um das andere Ufer zu erreichen (Abb. 1). Der Bau fester Brücken über breitere Flüsse stellte jedoch erheblich größere Anforderungen an die technischen Fähigkeiten. Den ägyptischen Baumeistern, von denen die ältesten nachweisbaren Steinbrücken stammen, schien das einfachste Konstruktionsprinzip — waagrechter Balken und senkrechte Stützen — so verläßlich und auch bei stärkerer Belastung so sicher, daß sie sich auf diese Brückenbautechnik beschränkten. Sie wußten sehr wohl, daß sich die Tragfähigkeit mit der Dicke des Steinbalkens erhöht. Das führte zu Brücken, deren waagrechtes Bauelement weniger einem Stein»balken« als vielmehr einem Stein»block« gleicht und dem Brückenbauwerk ein zyklopisches Aussehen verleiht. Weit entfernt von der Eleganz heutiger Brücken, die sich schwerelos von Ufer zu Ufer zu schwingen scheinen, signalisieren diese Brücken dem Auge statische Ruhe, sichere Tragfähigkeit und zeitlose Unvergänglichkeit. Das eigentliche Problem lag dabei im Transport der Steinblöcke. Das wiederum war mit der Arbeitsorganisation verknüpft, wenn hundertfache Muskelarbeit zur Wirkung kommen mußte.

Wir können heute nicht mehr feststellen, ob die Brückenbauer im Altertum irgendwelche Berechnungen anstellten und von welchen Maßen oder möglicherweise Maßverhältnissen sie beim Bau ausgingen. Wahrscheinlich verließen sie sich auf Gefühl und Erfahrung und auf ihre Vertrautheit mit dem Baustoff. Unter der heutigen Betrachtungsweise lassen sich aber am einfachen Beispiel des gestützten Balkens statische und physikalische Erkenntnisse gewinnen, die für den Brückenbau und die Bautechnik allgemein wichtig sind. Wäre der Balken aus elastischem Material, zum Beispiel Gummi oder Schaumstoff, so würde er sich bereits durch sein Eigengewicht durchbiegen und verformen (Abb. 2, 3). Er würde an der Unterseite gedehnt, an der Oberseite zusammengedrückt, d.h. gestaucht werden. Die Dehnung wirkt als Zug, die Stauchung als Druck. Diese Zug- und Druckkräfte führen bei elastischem Material zur Längsverformung, zu der noch eine Querverformung kommt, die in der Zugzone den Querschnitt verengt, in der Druckzone verbreitert. Wenn man der Zug- und Druckverteilung im Balken selbst nachgeht, so entdeckt man, daß es dazwischen einen Bereich geben muß, in dem weder Zug- noch Druckkräfte auftreten. Dies ist die sogenannte Null-Linie oder neutrale Faser.

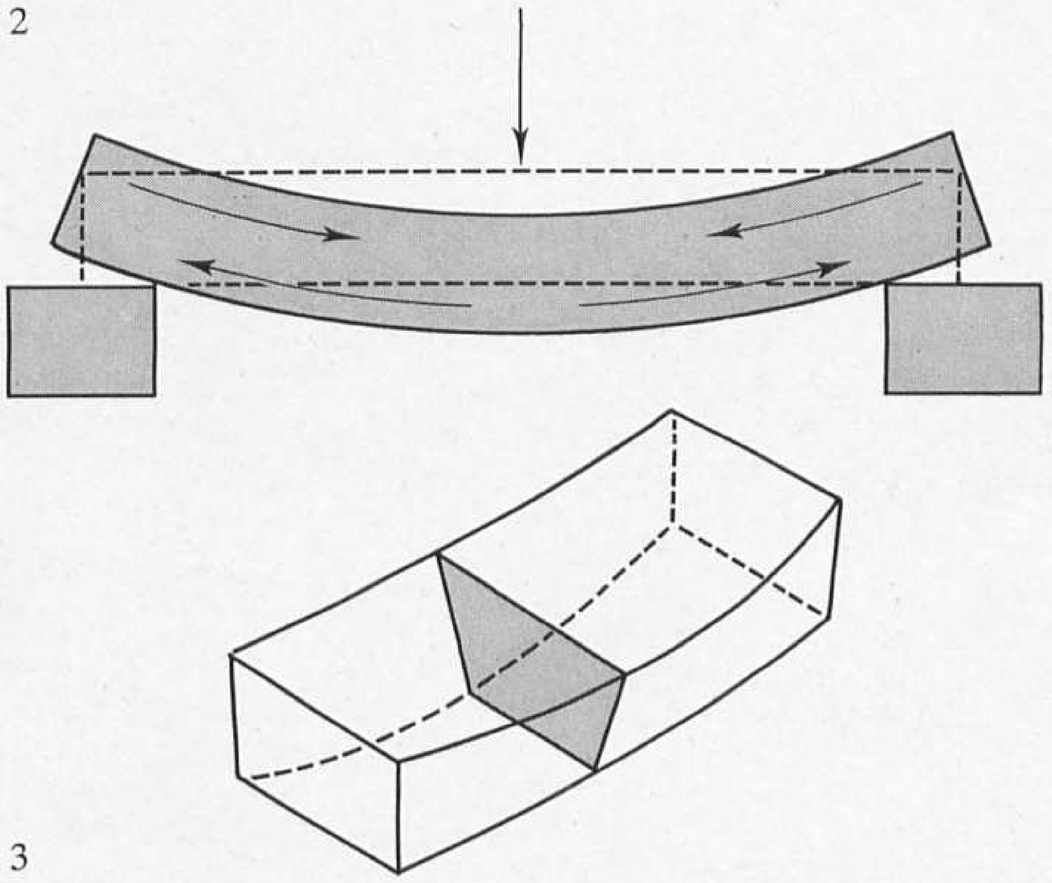
Baumeister, Physiker und Mathematiker brauchten Jahrhunderte, um die eben gemachte Aussage zu erkennen, begrifflich zu fassen und mit Hilfe einer Formel berechenbar zu machen. Der Terminus »Null-Linie« wurde um 1710 von Parent eingeführt, »Neutralachse« um 1800 von dem Engländer Tredgold. Schwierig war auch die Einsicht, daß die Neutralachse mit der Schwerachse zusammenfällt. Und obwohl Galilei 1638 in seinen »Discorsi« mit dem einseitig eingespannten Balken den richtigen Ansatz für die Bewältigung des Biegeproblems darstellt, dauerte es noch 150 Jahre, bis Coulomb 1773 die endgültige Biegeformel fand. Voraussetzung dazu aber war die Erfindung der Integral- und Differentialrechnung durch Leibniz und Newton. Erst 1826 erschien dann das Buch von Henri Navier »Mechanik der Baukunst oder Anwendung der Mechanik auf das Gleichgewicht von Bau-Constructionen«, mit dem die Baustatik begründet und auch die Biegetheorie für den Praktiker anwendbar dargestellt wurde.

Wollte man Brücken aus Steinen bauen, die leichter transportiert werden konnten, so war dazu eine neue Bautechnik nötig. Wo sie zum ersten Mal angewendet wurde, ist nicht bekannt, man findet sie in allen Erdteilen. Sie ist so einfach, daß sie auch heute noch von jedem Kind »erfunden« wird, wenn es im Spiel mit Bauklötzen einen Abstand überbrücken will. Das Prinzip besteht darin, daß ein Stein über den anderen vorgeschoben, das heißt vorgekragt wird, und zwar so, daß er nicht abkippen kann (Abb. 4). Diese Gleichgewichtslage des vorkragenden Steins wird durch die Verzahnung im Mauerverband und den von den übrigen Steinen ausgeübten Druck erreicht. Notfalls half man sich auch mit einer Abstützung, bis die beiden vorgekragten Seiten sich trafen und gegenseitig stützen konnten. Diese Technik — die sogenannte Kragtechnik oder Kragwölbung — wurde beim Hausbau entwickelt (Abb. 5), dann auch bei anderen Bauaufgaben angewandt. Zwei eindrucksvolle Beispiele dafür sind der Aquädukt, den der assyrische König Sanherib um 600 v. Chr. bauen ließ, um Wasser in die Hauptstadt Ninive zu leiten, und eine griechische Brücke aus dem 3. Jahrhundert v. Chr., die zur Akropolis von Selinunt, einer griechischen Kolonie auf Sizilien, gehört. Häufig wurden die Stirn-

4

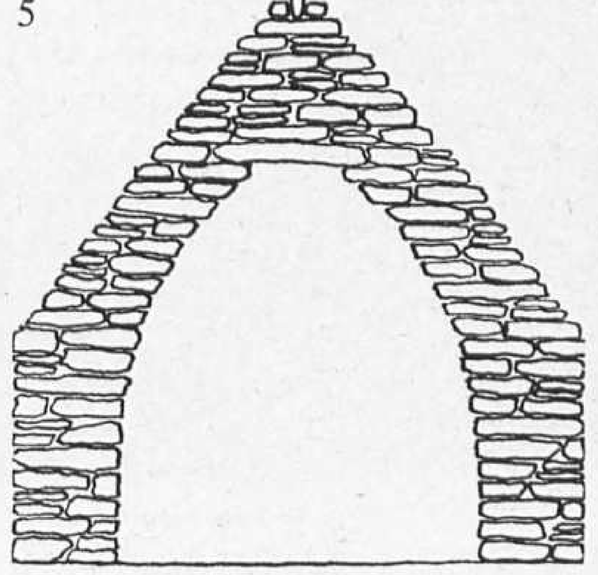


2



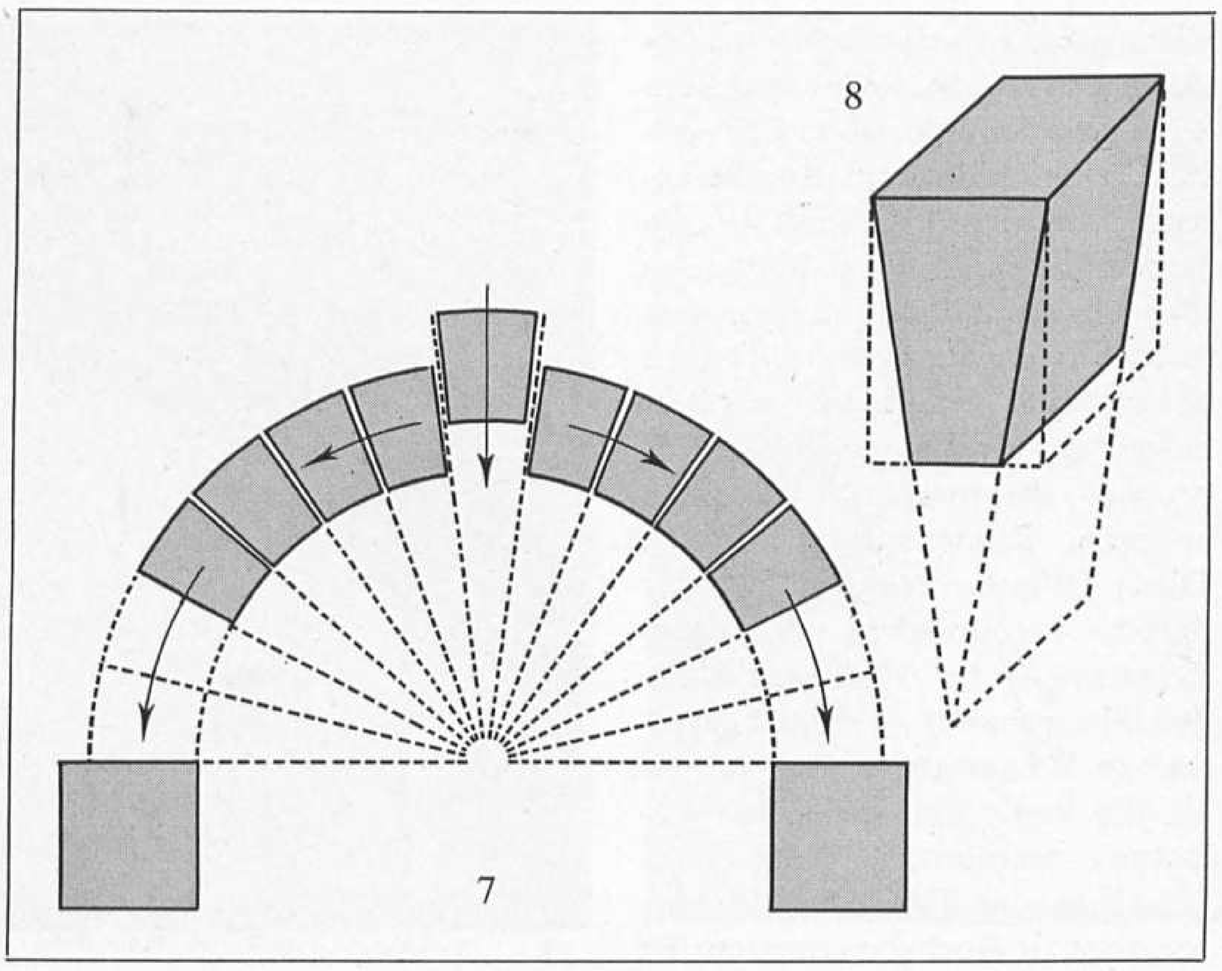
3

5



◀6

seiten der vorkragenden Steine als schräge Flächen gearbeitet, was statisch sehr günstig war, denn dadurch wurde das Gewicht der vorkragenden Teile verringert. Von der Baustatik her gesehen geschieht bei diesen Kragsteingewölben eigentlich nichts Neues. Senkrecht wirkende Lasten werden senkrecht auf die Auflager abgeleitet. Daß aber mit dieser Technik sehr eindrucksvolle Bauwerke von erstaunlicher Kühnheit geschaffen werden konnten, zeigt das sogenannte Schatzhaus des Atreus in Mykene, das um 1325 v. Chr. als Kuppelgrab mit einem Durchmesser von 14,5 Metern und einer Höhe von 13,2 Metern erbaut wurde (Abb. 6). Die 33 Ringschichten wurden nach dem Versetzen an Ort und Stelle bearbeitet und der Kurve der Kuppel angepaßt. Mit diesem Kuppelgrab erreichte die Kragtechnik ihren Höhepunkt.

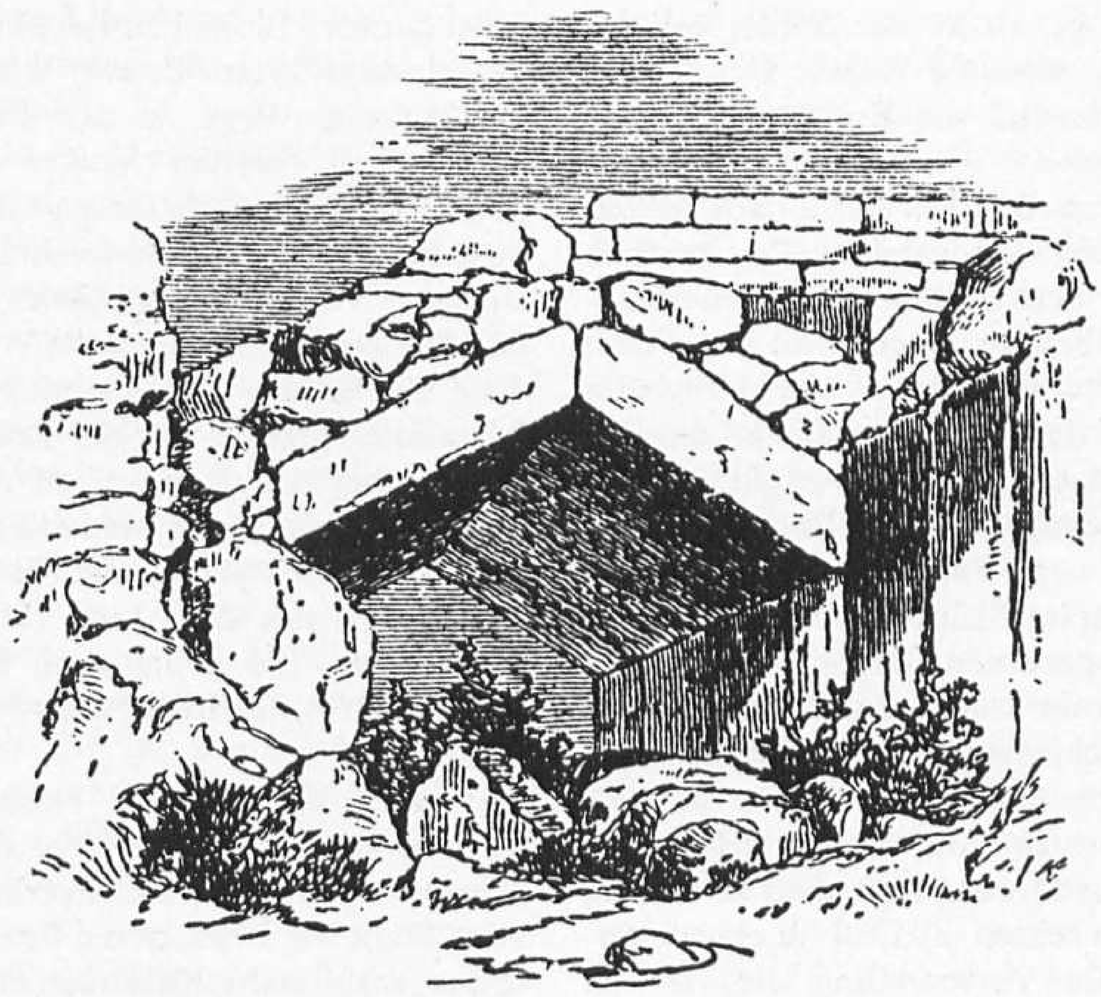


7

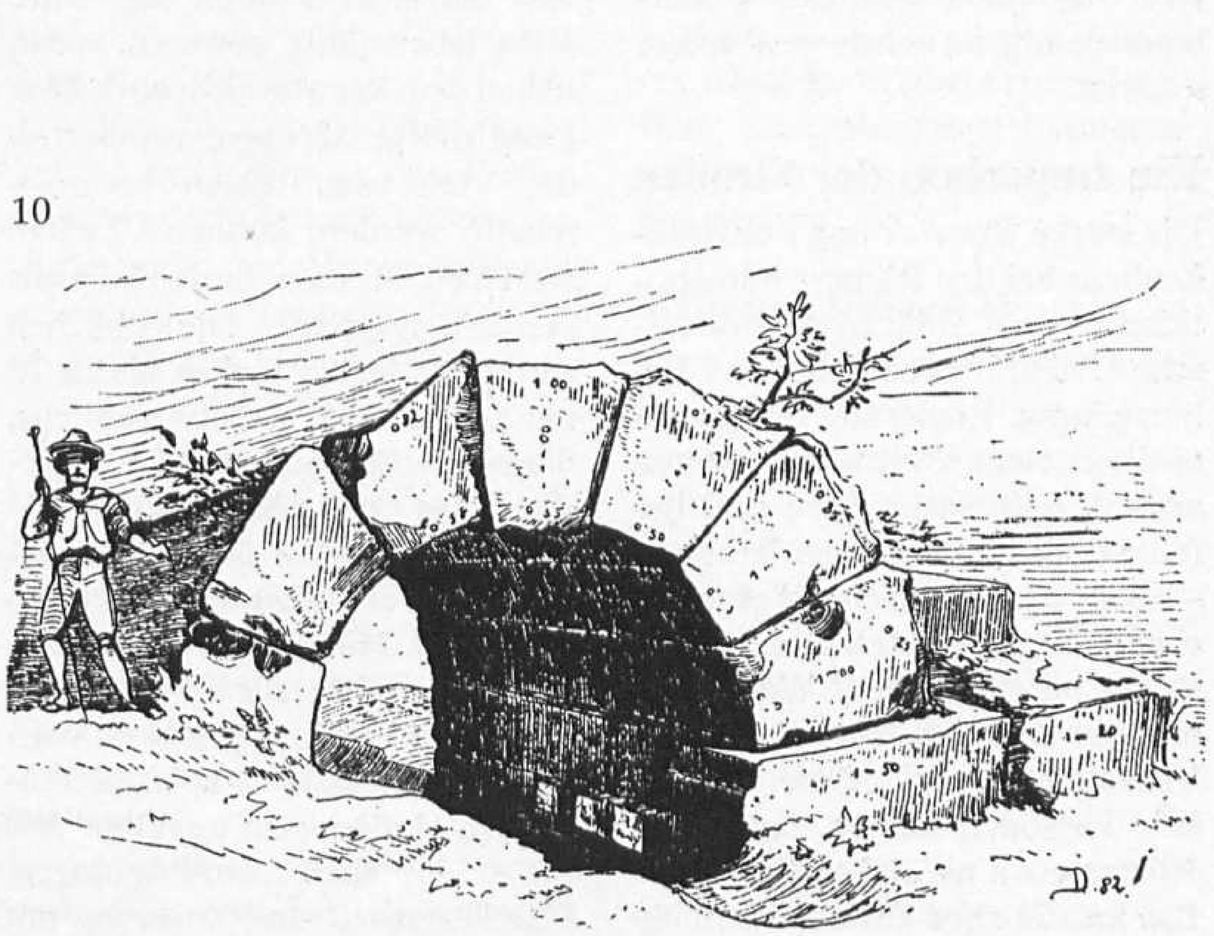
8

Die Römer machen es den Etruskern nach

Aus dem Kragsteingewölbe, das auch als »falsches Gewölbe« bezeichnet wird, entwickelte sich das echte, das Keilsteingewölbe: ein bogenförmiges Tragwerk aus radial geschichteten Steinen, die alle auf einen Mittelpunkt bezogen sind (Abb. 7). Die einzelnen Steine müssen dabei keilförmig zugeschnitten werden (Abb. 8), weshalb man auch von Gewölben mit Steinschnitt oder Fufenschnitt spricht. Tragfähig werden sie erst dann, wenn der Schlußstein gesetzt ist, der die Spannung zwischen den Steinen erzielt. Die senkrecht wirkende Last setzt sich beim Gewölbe in schrägen Druck nach außen um, der vom Widerlager aufgenommen werden muß. Dabei ist es in der Wirkung gleich, ob das Material Hausteine, Bruchsteine, unbewehrter Beton oder Ziegel sind, bei denen die Keilform der Schichten durch Mörtel hergestellt wird: Immer tritt beim Gewölbe als spezifische Erscheinung auch bei nur senkrechter Belastung ein schräger Druck auf, der sich mit dem Parallelogramm der Kräfte in einen vertikal und einen horizontal wirkenden Anteil zerlegen läßt, wobei der waagrechte Anteil an der Auflegerkraft, der sogenannte Horizontal- oder Bogenschub, das neue statische Moment darstellt, das von den Baumeistern bewältigt werden mußte.



9



10

Der aus vielen Steinen zusammengesetzte Gewölbebogen muß schon sehr früh an verschiedenen Stellen entstanden sein. Sicher war es bei primitiven Kraggewölben immer wieder vorgekommen, daß die oberen Schichten während des Bauens nach innen abkippten oder sich einer radialen Stellung zuneigten, sich dann zwischen den waagrechten Elementen des Mauerbogens verkeilten und auf diese unbeabsichtigte Weise ein Stück »Keilsteingewölbe« entstand, das durchaus tragfähig war. Eine andere Entwicklung in Richtung auf das Gewölbe läßt sich in der Schrägstellung zweier Steinplatten erkennen (Abb. 9), die sich gegenseitig stützen und so eine Öffnung überspannen, wobei Steinplatten und Kragschichten im unteren Teil durchaus kombiniert sein konnten.

Bogen und Gewölbe kannten nicht nur die Ägypter vor mehr als 4000 Jahren, sondern bereits 2000 Jahre früher die Sumerer. Meistens hatten sie jedoch lediglich überdeckende, also noch keine tragende Funktion. Zwar wurden in Griechenland gewölbte Brükken gefunden, die älter als die Steinbrücken der Römer und der Etrusker sind, aber insgesamt gesehen wurden sie hier selten verwendet.

Gewölbe entsprachen nicht den Gestaltungsgesetzen der Griechen; sie bevorzugten Balken- und sonstige gerade Überdeckungen.

Weiter als andere Völker entwickelten die Etrusker den Gewölbebau, daher werden sie immer wieder als die Erfinder des Keilsteingewölbes angesehen (Abb. 10). Sicher ist aber nur, daß sie die Lehrmeister der Römer waren. Das Tonnengewölbe der Etrusker in der Form eines Halbkreises wurde ohne Verwendung von Mörtel hergestellt. Die Wölbsteine vom Kämpfer bis zum Scheitel hatten meist die gleiche Stärke, die Fugen waren anfänglich noch nicht streng nach dem Kreismittelpunkt gerichtet. Die Römer versahen das Keilsteingewölbe dann mit genauen, zentrisch verlaufenden Fugen und dem fünfeckigen Steinschnitt der Bo-

genquader und entwickelten es zur weitgespannten Tragkonstruktion. Damit begründeten sie die Gewölbebaukunst des Abendlandes. In ihren Brücken und Aquädukten gelang es ihnen, kühne Spannweiten zwischen 20 und 30 Metern zu meistern, in einem Fall — bei der Brücke von Alcantare in Spanien — waren es sogar 36 Meter. Nie vorher waren solche Weiten bewältigt worden. Wie die Etrusker benutzten auch die Römer ausschließlich Halbkreisbogen. Die Brücke über den Teverone (heute Anio) bei Salario mit einer Spannweite von 25 Metern gilt als die erste steinerne Brücke der Römer (6. Jahrhundert v. Chr.).

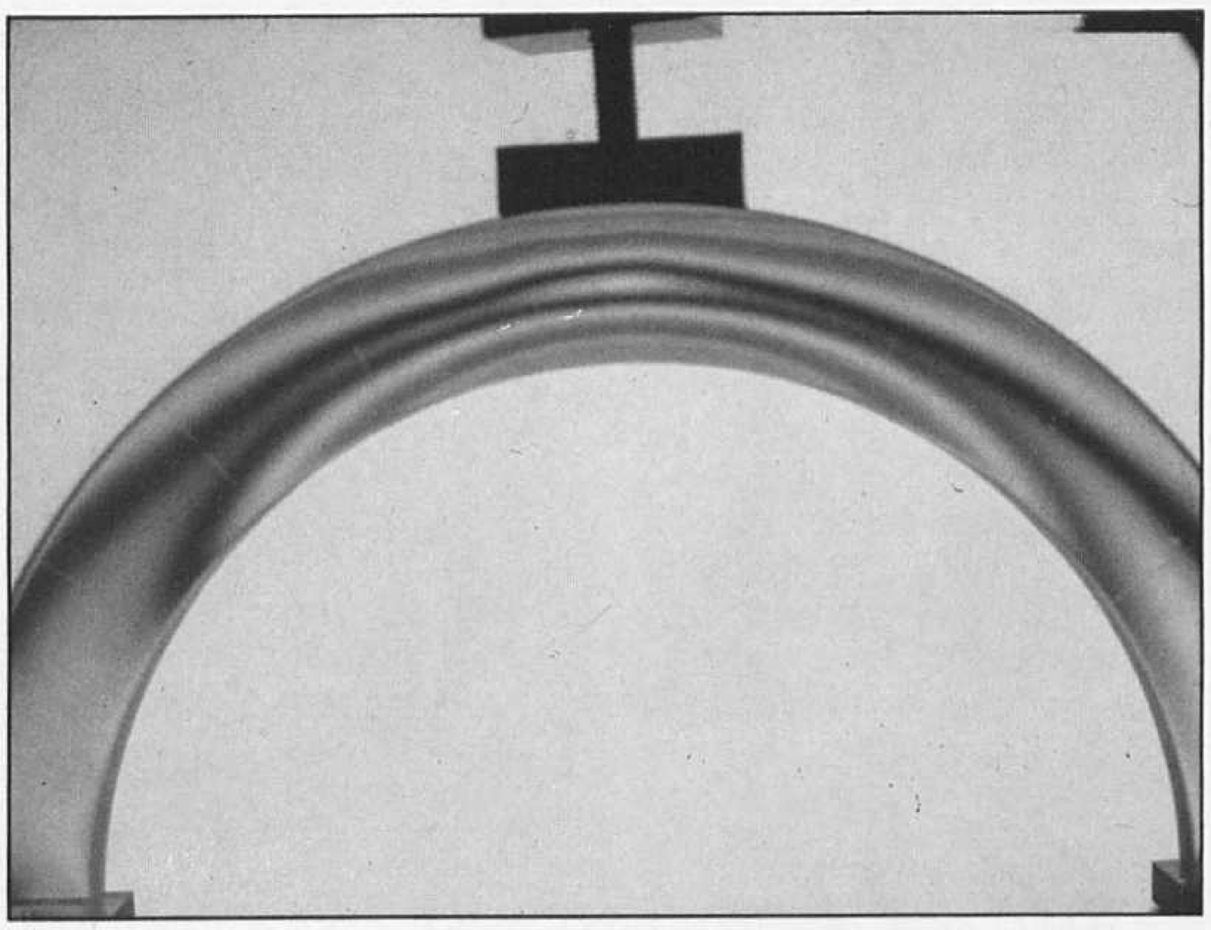
In späterer Zeit wurde es üblich, die Höhe des Bogens vom Gewölbe an beginnend als Pfeilhöhe zu bezeichnen und sie zur Spannweite in Beziehung zu setzen. Diese Beziehung nennt man Pfeilverhältnis. Sie stellt sich als Bruch Pfeilverhältnis zu Spannweite dar und ist ein Maß der Bogenwirkung. Bei einem genauen Halbkreis beträgt das Pfeilverhältnis also 1 : 2. Weitere Maßverhältnisse, die die Proportionen einer Brücke bestimmen, sind die Verhältnisse Pfeilerdicke zu Spannweite und Bogendicke im Scheitel zu Spannweite. Das Pfeilverhältnis und das Verhältnis Pfeilerdicke zu Spannweite sind insofern wichtig, als sie über das Durchflußprofil der Brücke Auskunft geben, wovon wiederum die Strömungsverhältnisse des Wassers im Brückenbereich beeinflußt werden. Die Römer erreichten bei ihren Brückenbauten eine Öffnung für den Wasserdurchfluß von ungefähr 35 % der Brückenlänge, das heißt, daß der Fluß infolge der relativ breiten Pfeiler beim Passieren der Brücke etwa auf ein Drittel zusammengedrängt wurde. Erst die in der Renaissance verwendeten »gedrückten« Bogen ergeben ein anderes Pfeilverhältnis, nämlich geringere Höhe der Brückenmitte bei größerer Spannweite und damit ein verbessertes Durchflußprofil.

Im Lauf der Geschichte des Brükkenbaus wird die Anwendung der genannten Maßverhältnisse zum Prüfstein für das Können der Brückenbauer. Die Fabricius-Brücke in Rom gehört zu den ältesten noch im ursprünglichen Zustand erhaltenen Römerbrücken. Sie wurde im Jahr 62 v. Chr. anstelle einer hölzernen Brücke erbaut, von der Tiberinsel in die Stadt führend. Sie hat halbkreisförmige Durchlaßöffnungen von je 25 Metern Spannweite. Der 18 Meter breite Mittelpfeiler ist oberhalb des Wasserspiegels durchbrochen, was man auch bei vielen anderen Römerbrücken findet. Diese Öffnung zeugt neben der damit verbundenen Materialersparnis — sie wird auch Spargewölbe genannt — vom baustatischen Wissen der Erbauer, weil sie die Stelle der geringsten Belastung markiert. Seine wesentliche Funktion hatte dieses Pfeilertor aber zu Hochwasserzeiten: Es war ein zusätzlicher Wasserdurchlaß genau an der Stelle, wo das sich stauende Wasser Druck ausüben und die Brücke gefährden konnte.

Diese Brücke wurde aus vollen Kreisbögen gebildet. Das geschah bei den frühen römischen Brükkenbauten mehrfach. Dadurch sollte der Druck der Fahrbahn auf den Strompfeiler und die Widerlager am Ufer verteilt werden. Je ein Drittel der Bogen verläuft als sogenannter Erdbogen unter dem im Brückenbereich sorgfältig ausgebauten Flußbett weiter. Die Römer waren der Meinung, der geschlossene, aus Keilsteinen gefügte Kreisbogen sei die stabilste Konstruktion, die von sich aus jedem Druck, auch dem seitlichen, gewachsen sei. Daß für eine dauerhafte Verspannung die fest im Ufer liegenden seitlichen Widerlager genügen, wurde erst später erkannt.

Ein Imperium der Straßen

Die starke Entwicklung des Brükkenbaus bei den Römern hatte politische und militärisch-strategische Gründe. Eroberung und Beherrschung, Regierung und Organisation eines Weltreiches setzten voraus, daß Nachrichten und Befehle übermittelt werden konnten — dem damaligen Stand entsprechend durch Läufer, Reiter oder Boten mit Pferd und Wagen —, was ein ausgebautes und sicheres Verkehrsnetz erforderte. Wohin ihre Legionen kamen, legten die Römer etwa ab 300 v. Chr. Straßen an, die ohne Umwege in möglichst gerader Linie über Berg und Tal hinwegführten. Es war wichtig, kürzeste Wege zu den Einbruchstellen fremder Völker zu gewinnen. Erst nach diesen strategischen Sicherungsmaßnahmen wurden Verbindungsstraßen zu den Städten gebaut. Da zum Weg aber die Brücke als wesentlicher Bestandteil gehört, war der Brükkenbau bei den Römern an der Tagesordnung. Der systematische Katalog von Piero Gazzola (Ponti Romani II. aus dem Jahr 1963) zählt allein 293 heute noch bekannte römische Brückenbauwerke auf.

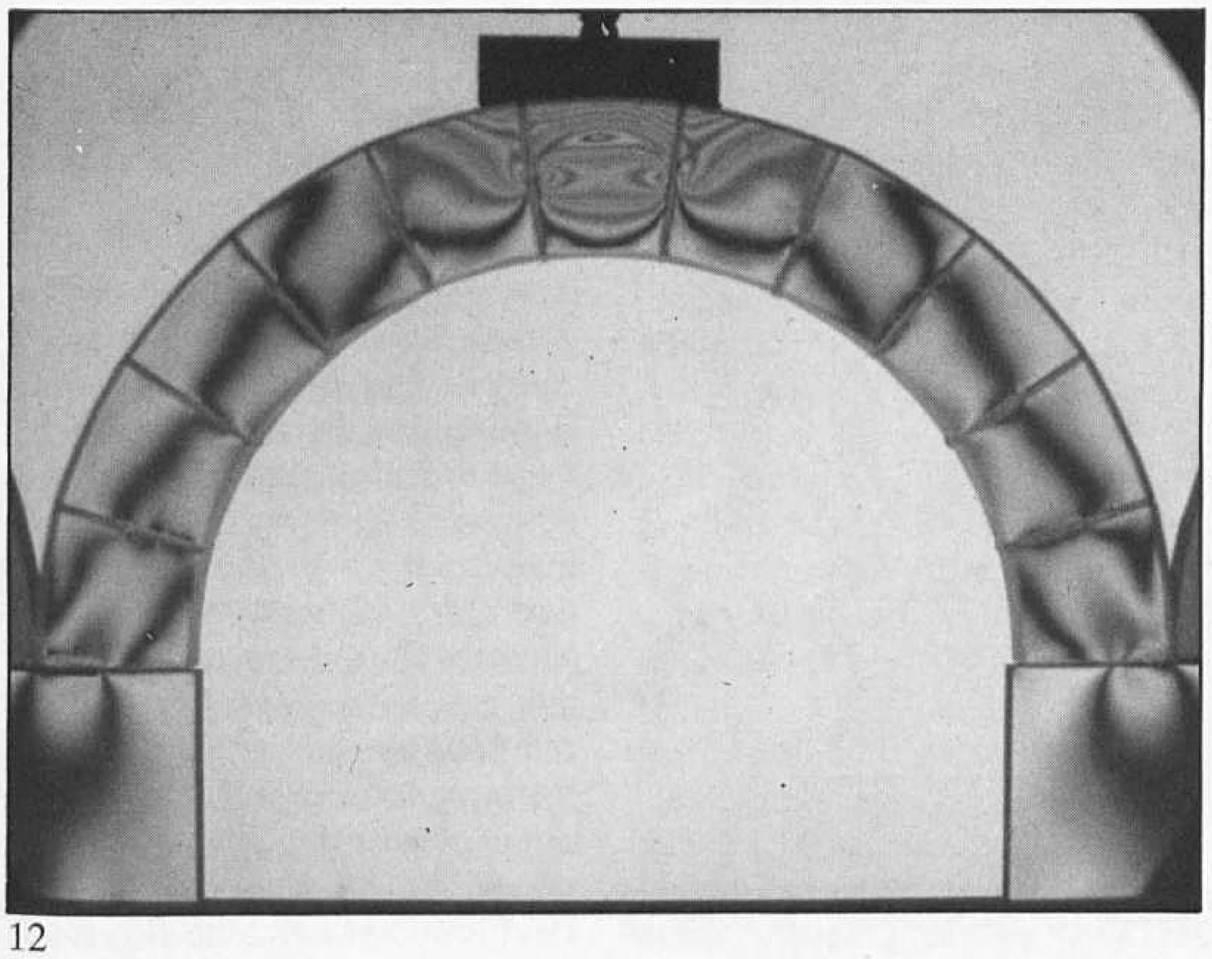


11

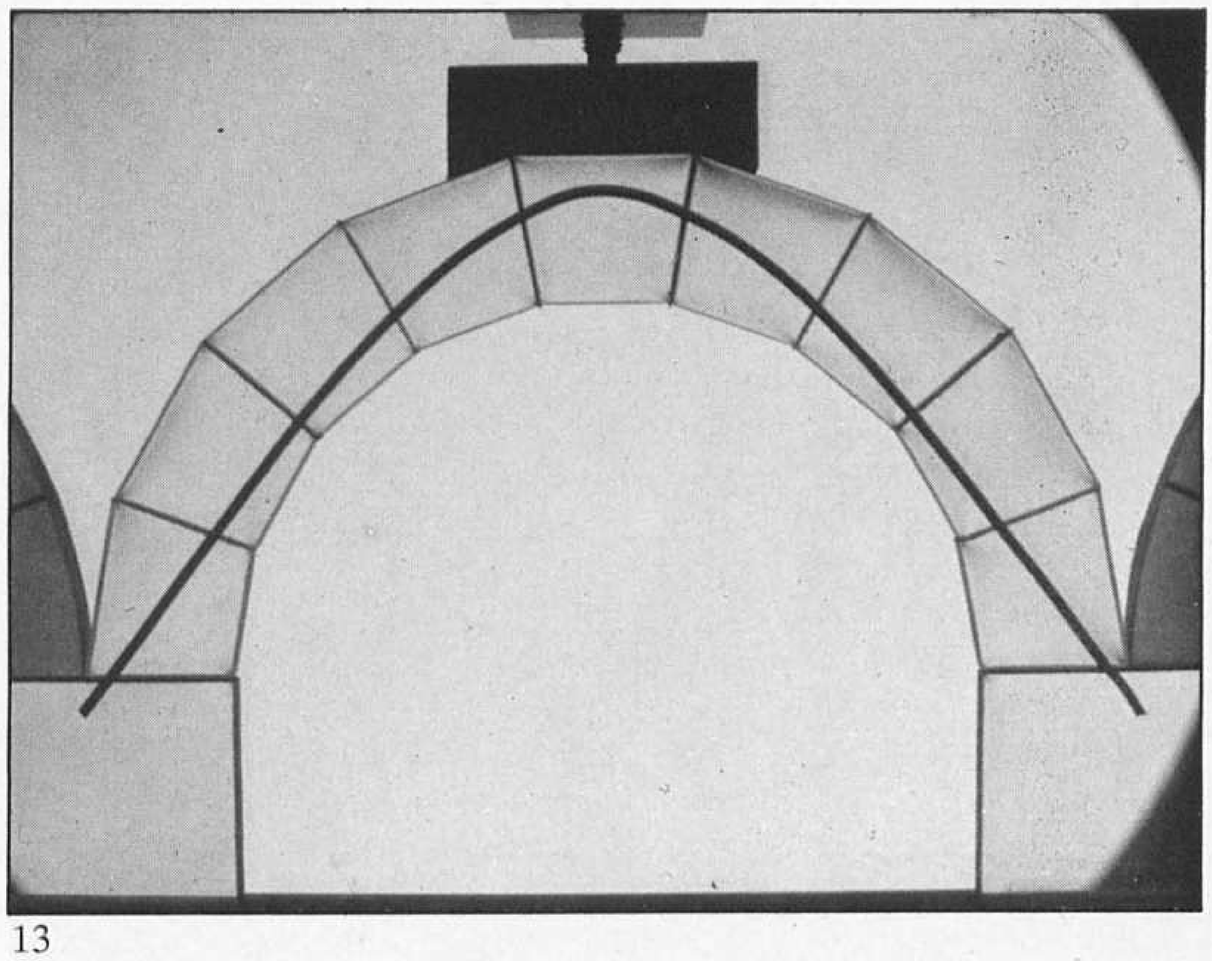
Das von den Römern erbaute Straßennetz erlaubte auch den Massenverkehr mit Fuhrwerken. Eine Stadt wie Rom, deren Bevölkerungszahl in der Kaiserzeit zum Teil bei einer Million lag, wäre nicht lebensfähig gewesen, wenn neben dem Seeweg nicht auch über Land riesige Mengen von Getreide, Vieh usw. hätten herangeschafft werden können. Zudem waren die Straßen für den Schnellverkehr angelegt. Die üblichen Postkurse legten täglich bis zu 75 km zurück. Der Cursus publicus, die römische Staats- oder Regierungspost, die grundsätzlich nur für den Herrscher und die Regierung zur Verfügung stand, erlaubte es mit Hilfe eines Relais-Systems, bei dem alle 9—12 Kilometer die Pferde gewechselt wurden, in 24 Stunden 200 bis 225 römische Meilen, also ungefähr 300 bis 335 Kilometer, zurückzulegen. Für Sicherheit und Ordnung auf den Straßen wurde berittene Gendarmerie eingesetzt, während sich Pionierkommandos um ihren technischen Zustand kümmerten. Unter Kaiser Trajan (98 bis 117 n. Chr.) hatte Italien in seinen heutigen Grenzen 16 000 Kilometer Staatsstraßen aufzuweisen. Bei etwa 8 Millionen Einwohnern waren das ungefähr 2 Kilometer Straßen auf je 1000 Einwohner. Im Vergleich dazu verfügte die Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1964 über rund 155 000 Kilometer klassifizierte Straßen (Autobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen), so daß bei rund 59 Millionen Einwohnern 2,62 Kilometer Straßen auf je 1000 Einwohner kamen. Das Römische Reich dürfte aber von Schottland bis Afrika, vom Atlantik bis zur Schwarzmeerküste insgesamt über mindestens 100 000 Kilometer eigene Straßen verfügt haben. Die Feststellung, daß das riesige Römische Reich von seinem großartigen System von Straßen und Brücken zusammengehalten wurde, ist sicher nicht übertrieben.

Was man erst heute sehen kann

Wie die Römer ihre Steinbrücken konstruktionstechnisch und statisch planten und berechneten, ist nicht bekannt. Man darf davon ausgehen, daß die handwerkliche und baumeisterliche Erfahrung mit der Zahl der Brückenbauten wuchs und dieses Erfahrungswissen mündlich weitergegeben wurde. Die späteren Generationen



12



13

konnten sich tagtäglich von der Tragfähigkeit der vorhandenen Brücken überzeugen und brauchten sich nur an ihren Dimensionierungen, nämlich am Pfeilverhältnis und Verhältnis von Pfeilerdicke zur Spannweite, zu orientieren. Dann konnten sie auch sicher sein, das bei der Keilsteinbrücke auftretende statische Problem des Horizontalschubs zu bewältigen: Bestehen die Steinbalkenbrücke und die Kragsteinbrücke aus Trägern, bei denen die Lasten nur lotrechte Auflagedrücke bewirken, so werden bei einer echten Bogenbrücke aus lotrechter Belastung vertikale und horizontale Kräfte an die Auflager abgegeben.

Den Verlauf dieser inneren Kräfte in Balken- wie in Bogenbrükken kann die spannungsoptische Methode sehr eindrucksvoll darstellen, die allerdings erst seit ca. 100 Jahren bekannt ist. Ein Modell aus geeignetem durchsichtigen Material wird angefertigt und in einem Polariskop unter Belastung in polarisiertem Licht beobachtet. Dabei zeigt das Modell infolge von Interferenzvorgängen (Überschneidung von Lichtwellen) farbige Linien, sogenannte Interferenzen, die sich direkt als Höhe der jeweiligen Beanspruchung deuten lassen — je mehr farbige Linien, desto höher die Beanspruchung — und außerdem die Richtung des Kräfteverlaufs.

Bei einem nahezu homogenen Bogen, wie er erst durch die Entwicklung der Stahlbeton-Konstruktion möglich wurde, deuten die parallelen Linien auf hohe Biegebeanspruchung hin (Abb. 11). Zu erkennen ist auch die neutrale Schicht, hier allerdings in Bogenform gekrümmt. Isochromaten (gleichfarbige Linien) auf der Oberseite deuten auf hohe Druckspannungen, auf der Unterseite auf hohe Zugspannungen hin. Bei Keilsteinbogen wird aber der auftretende Kraftfluß völlig anders sein (Abb. 12). Die Trennfugen zwischen den einzelnen Keilsteinen können keine Zugspannungen übertragen und so zeigen die Linien einen gänzlich anderen Verlauf als im homogenen Bogen. Man erkennt deutlich die grauen, das heißt unbelasteten Stellen an der Außenseite des Bogens in den Bogenvierteln und auf der Innenseite am Scheitel des Bogens. Eine schwarze Linie, die sich am Verlauf der Isochromaten orientiert, gibt die Stützlinie an (Abb. 13). Deutlich erkennbar ist die Weiterleitung der Kräfte in den Pfeiler, und zwar schräg nach außen, wodurch sich der Horizontalschub anzeigt. Beim Vergleich der Stützlinie mit dem Halbkreisbogen ergibt sich, daß die geometrische Form des Halbkreises der statischen Linie des Kräfteverlaufs keineswegs entspricht; die Stützlinie verläuft steiler als der Halbkreis des Rundbogens (als Parabel) und deutet einen steileren Bogen an — den erst im späten Mittelalter entwickelten gotischen Spitzbogen.

Der Begriff der Stützlinie wurde zwar erst von dem italienischen Mathematiker Giovanni Poleni (1685—1761) entwickelt, man darf aber annehmen, daß aufgrund der Beobachtung von Bruchverformungen an Gewölben schon früher ein gewisses Vorverständnis für diese Zusammenhänge vorhanden war. Diese Bruchverformungen, die man zum Beispiel an mittelalterlichen Gewölbegurten beobachten kann, lassen sich auch am Modell eines einfachen Keilsteinbogens nach Wegnahme des Lehrgerüstes zeigen: Der Halbkreis deformiert sich zu einem gedrückten Bogen, der Scheitel sinkt nach unten, der Scheitelriß klafft nach innen, der Gewölberücken zu beiden Seiten wird nach oben gedrückt, die beiden Bruchfugen, etwa unter 30 bis 40° gegen die Waagrechte, klaffen nach außen. Aus diesen Beobachtungen entwickelte dann in späterer Zeit der französische Mathematiker De La Hire ein erstes Berechnungsverfahren für Gewölbe in Form einer Keiltheorie.

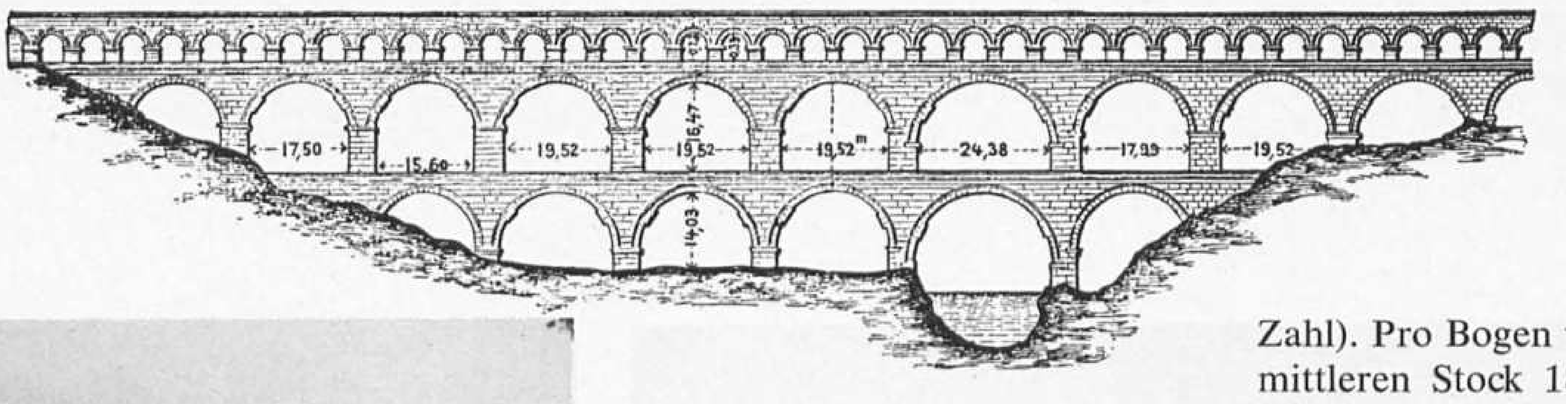
Brücken führen Wasser

Die Römer waren großzügige Wasserverbraucher. Ohne genügende Wasserversorgung durfte keine Siedlung errichtet werden, wobei das Wasser nicht nur für die persönliche Hygiene, sondern auch für die Reinhaltung der Siedlung und den Abtransport der Abfälle ausreichen mußte. So erhielt Rom im Laufe der Jahrhunderte für seinen steigenden Bedarf 24 Wasserleitungen, für die die größten Brücken gebaut wurden. Dabei verstand man es, diese Leitungen so günstig dem Gelände anzupassen, daß sie fast überall knapp unter der Erdoberfläche lagen und nur an wenigen Stellen oberirdisch geführt werden mußten. Das Wasser folgte so dem natürlichen Gefälle.

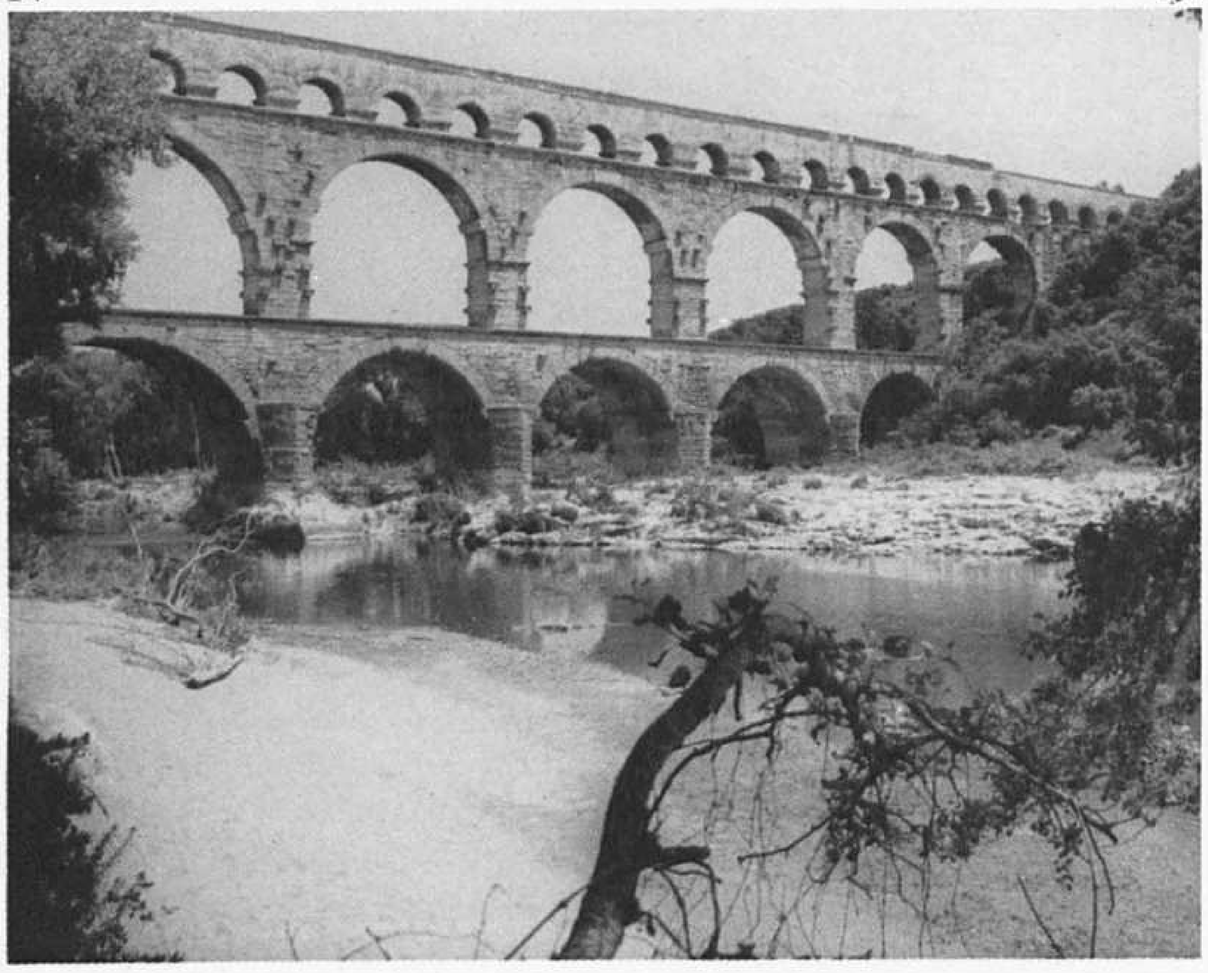
Der bekannteste römische Aquädukt ist der Pont du Gard (Abb. 14), 22 Kilometer westlich von Avignon. Er ist ein Teil der etwa 49 Kilometer langen, in Bruchstücken erhalten gebliebenen Wasserleitung, mit der die Legionärssiedlung Nemausis, das heutige Nîmes, aus Quellen in der Nähe von Uzès versorgt wurde. Ihr Bauherr war Agrippa, ein bedeutender Organisator und Verwaltungsbeamter unter Kaiser Augustus, der auch das gesamte Römische Reich vermessen ließ. Ihm wurde im Jahr 19 v. Chr. die Regierung Galliens übertragen, und 15 v. Chr. begann man mit dem Bau der Wasserleitung nach Nîmes. Ihr Ausgangspunkt ist eine Quellfassung von 4 Metern Durchmesser, ihren Endpunkt bildet das Castellum Divisorium in der Altstadt von Nîmes, von dem aus das Wasser in fünf Hauptleitungen verteilt wurde.

Die Wasserleitung bestand aus einem gemauerten, mit Steinplatten abgedeckten, teilweise auch fest überwölbten Kanal von 1,2 Metern Breite und 1,85 Metern Höhe, durch den täglich 20 000 Kubikmeter bestes Trinkwasser nach Nîmes flossen. Die Quellfassung liegt 60 Meter, der Verteiler

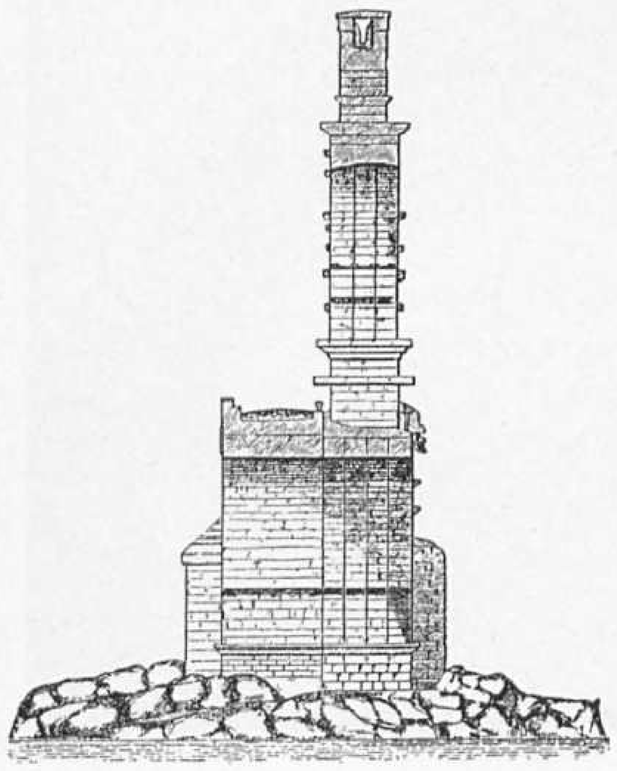
15



14



16



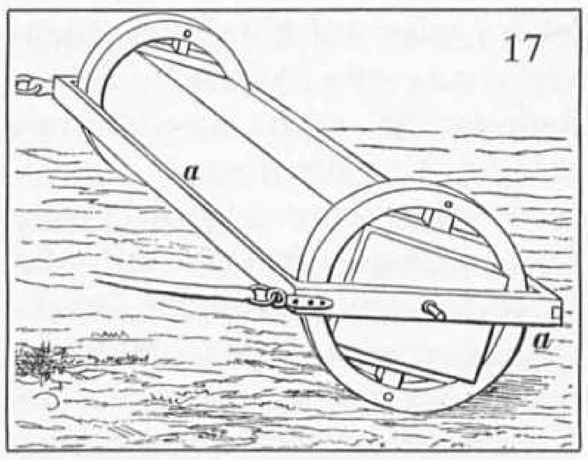
43 Meter über dem Meeresspiegel, so daß sich auf 49 Kilometer Länge ein Gefälle von 17 Metern ergibt, das sind auf jeden Kilometer nur 34 Zentimeter. Unter diesen Voraussetzungen verlangte die Nivellierung des langen Wasserleitungsgerinnes eine hohe Genauigkeit. Das tief eingeschnittene Tal des Flusses Gardon mußte beim Bau überbrückt werden — durch den später berühmten Pont du Gard. Sein Reiz liegt in der für uns fremd anmutenden Bauweise der drei übereinanderliegenden Bogenstockwerke (Abb. 15 u. 16). Die untere Arkadenstellung besteht aus sechs Bogen von 22 Metern Höhe, die mittlere aus elf 19 Meter hohen Bogen und die oberste aus 35 Bogen, die immerhin noch sieben Meter hoch sind. Die Spannweiten differieren zwischen 24,5 und 4,8 Metern. Sämtliche Bogen bilden genaue Halbkreise; sie sind so gesetzt, daß die Pfeiler möglichst übereinander stehen und die Bogen so wenig belastet werden. Die obere Bogenreihe trägt in 48 Metern Höhe den Kanal. Er ist von 4 Meter langen und 35 Zentimeter dicken Steinplatten bedeckt. Die gesamte Brücke wurde ohne Mörtel errichtet. Nur der eigentliche Kanal ist mit einem hydraulischen Caementum wasserdicht zementiert. Mit demselben Material wurde das Fundament auf den gewachsenen Fels aufgemauert.

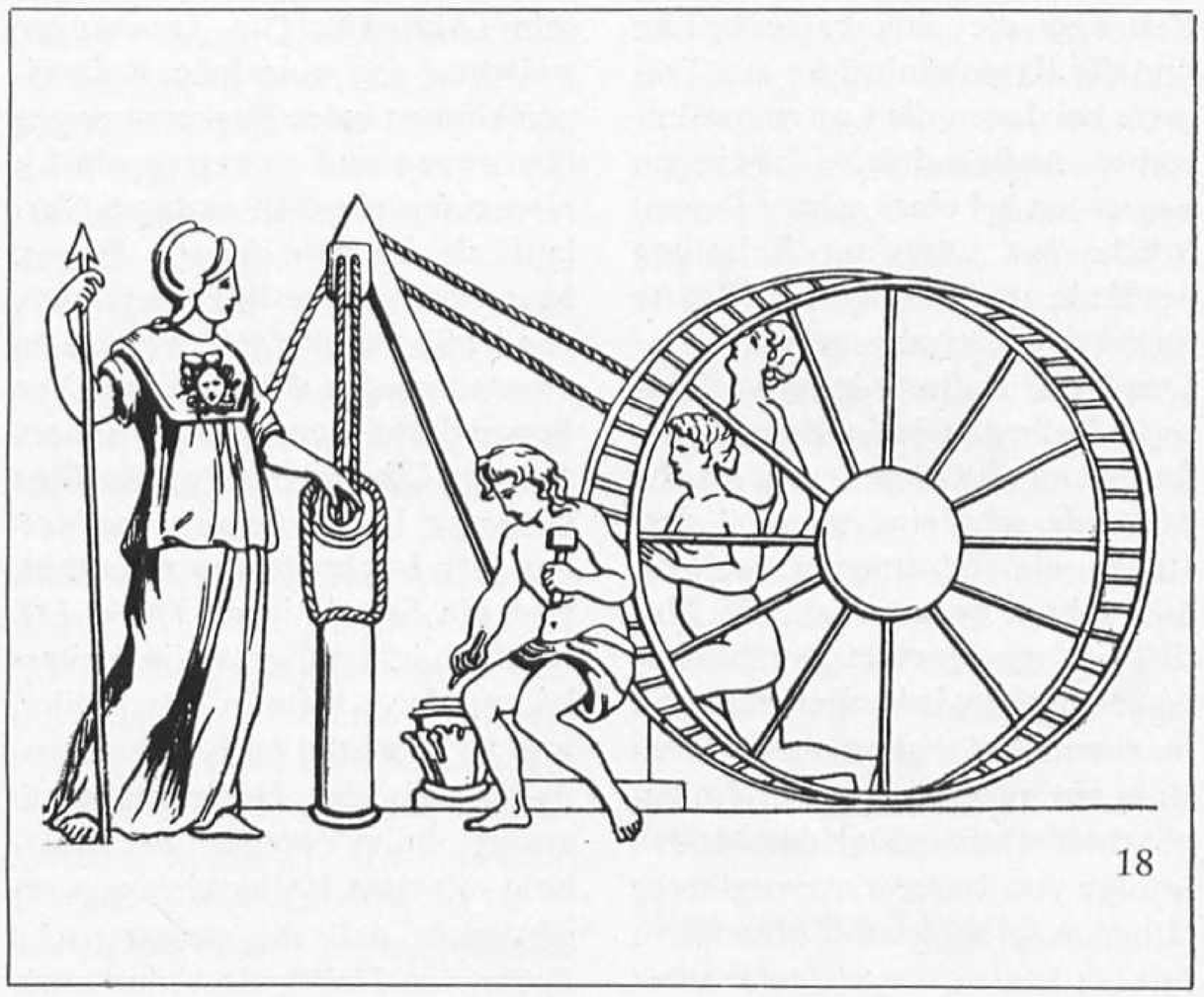
Das Bauwerk als ganzes vermittelt durch die Anordnung seiner Arkaden den Eindruck wuchtiger Regelmäßigkeit. Dennoch gibt es eine Reihe interessanter Unregelmäßigkeiten: die Spannweiten in der unteren und mittleren Bogenreihe sind nicht gleich groß. Die Öffnung über dem Sommerflußbett des Gardon ist besonders weit, auf ihr sitzen deshalb auch vier Bogen des dritten Stockes, während auf die übrigen jeweils nur drei entfallen. Der Flußbogen ist fünf Meter weiter gespannt als seine Nachbarbogen und die Uferbogen sind nochmals um vier Meter kürzer. Nur die Bogen der oberen Arkadenreihen haben gleiche Spannweiten. Dafür sind hier die Pfeiler verschieden dick, um die unterschiedliche Spannweite der unteren Bogen auszugleichen; sie schwanken zwischen 2,5 und 3 Metern. Aus statischen Gründen nimmt die Breite der Stockwerke vom unteren mit 6,4 Meter über das mittlere mit 4,6 Meter bis zum oberen mit 3,1 Meter ab.

Der Pont du Gard, der als der »bedeutendste römische Quadergewölbebau« bezeichnet wird, wirkt nicht nur als Ganzes überwältigend; auch seine Einzelteile, die verwendeten Steinblöcke, sind von monumentaler Größe. Jeder Bogen der oberen Arkadenreihe besteht aus 15 Keilsteinen von einem halben Meter Dicke und 3,1 Metern Länge. Bei 35 Bogen sind das 875 Keilsteine. Die Einzelbogen der mittleren und unteren Arkadenreihe setzen sich aus durchschnittlich 61 Keilsteinen zusammen (wegen des Schlußsteines ergibt sich immer eine ungerade Zahl). Pro Bogen wurden also im mittleren Stock 180, im unteren 240 Keilsteine benötigt, das sind insgesamt 4300. Jeder von ihnen mußte den verschiedenen Wölbungen entsprechend nicht nur millimetergenau behauen, sondern im voraus ebenso genau berechnet werden. Das stellt eine erstaunliche Leistung der damaligen Steinmetzen und Ingenieure dar. Die schweren Quader mußten vom Steinbruch zur Baustelle transportiert (Abb. 17) und dort bis zu 50 Meter Höhe gehievt und dann genau eingesetzt werden. Dazu waren Baukräne nötig. Sie hatten die Form eines durch Seile abgespannten Auslegers mit einem Flaschenzug (Abb. 18). Als sozusagen eine Hochleistungsmaschine für römische Großbaustellen kann man den Tretradkran, der das größte Drehmoment erzielte, bezeichnen. In heutiger Zeit prüfte der Technische Überwachungsverein den Nachbau dieses Krans und attestierte ihm eine Tragfähigkeit von 7 Tonnen.

Nach Berechnungen französischer Forscher war diese Wasserleitung bis zum Jahr 405 ununterbrochen in Betrieb. Dann verfiel sie und geriet in Vergessenheit.

17





18

Der Beitrag der Römer

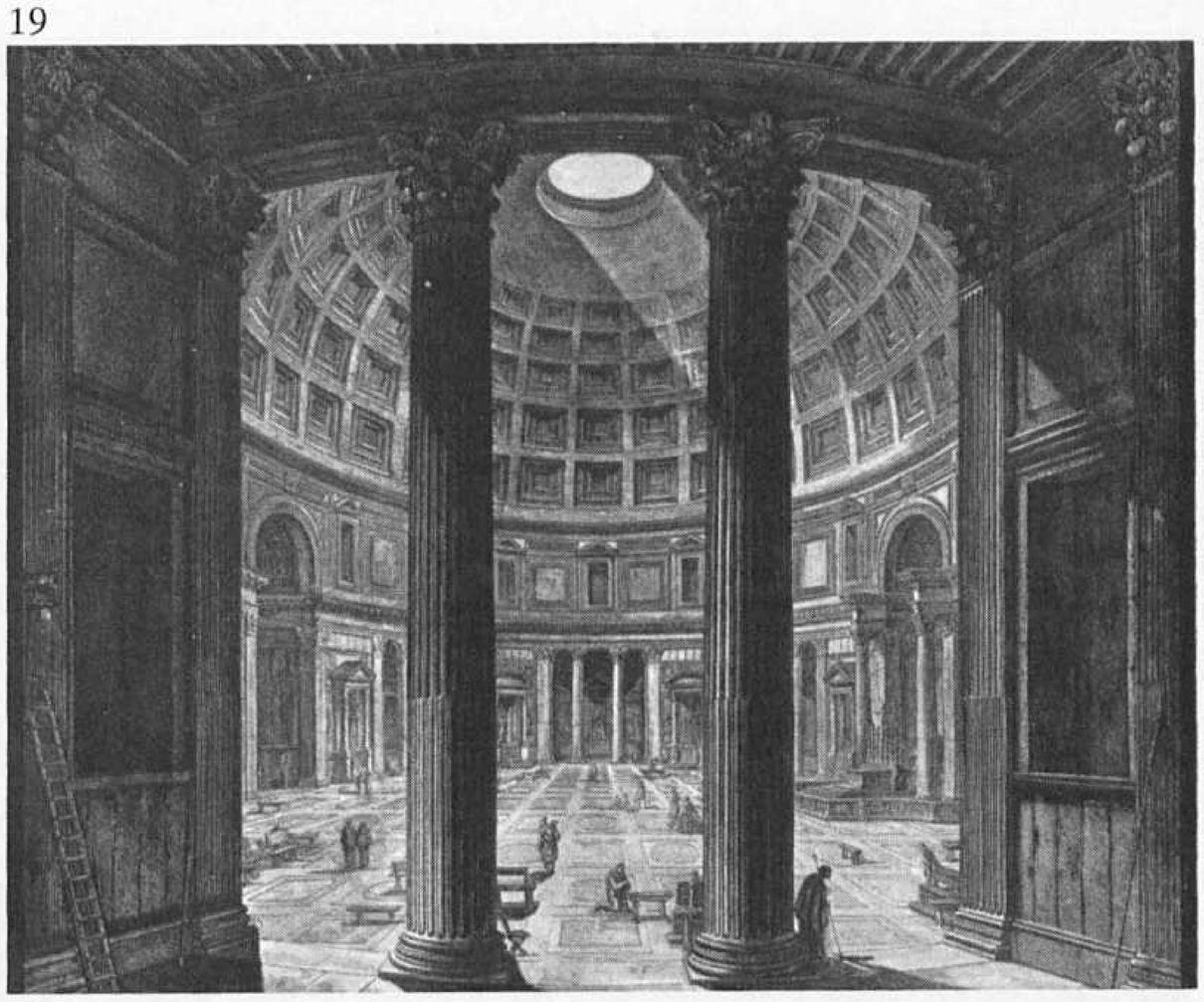
Wie wurde der Fortschritt im Brückenbau bei den Römern möglich? Drei besonders wichtige Elemente lassen sich herausgreifen: Über die Entwicklung und Be-

herrschung von tragenden Bogenkonstruktionen hinaus kommt es beim Brückenbau auf die Standfestigkeit der Pfeiler an. Die Römer entwickelten für diese Fundierungsarbeiten die Spundwandtechnik so weit, daß sie auch Pfeiler in der Mitte eines Flusses in beträchtlicher Tiefe errichten konnten. Dabei wurden die Spundwände oder Fangedämme als Doppelwand mit einem Zwischenraum von 50 bis 60 Zentimetern ausgebildet und mit Ton ausgefüllt. Bei felsigem Untergrund wurden die Standpfeiler unmittelbar auf dem Grund errichtet, bei weichem Untergrund schlug man erst eine Pfahlgründung aus Eichenstämmen von einer Dicke bis zu 40 Zentimetern, mit wuchtigen Pfahlschuhen versehen.

Außerdem eröffnete ein neuer Baustoff geradezu eine neue Ära des Bauwesens in der Kaiserzeit: Der sogenannte Luftmörtel der Griechen, aus Weißkalk hergestellt, nur von geringer Härte und nicht wetterbeständig, wurde nun von den Römern durch Zusätze von vulkanischen Erden zu einem Caementum, einem hydraulischen Beton, entwickelt. Er war wasserdicht, band unter Wasser ab und hatte eine Härte von 110 Kilopond pro Quadratzentimeter. Nun waren Bauten mit viel größeren Ausmaßen als bisher möglich. Neuere Untersuchungen an römischem Mörtel aus Trier ergaben, daß dieses Caementum in seiner Qualität dem hochwertigen Portlandzement von heute etwa gleichkommt. Mit Hilfe dieser beiden eigenständigen römischen Entwicklungen war es möglich, die Brücken gut zu gründen.

Es ist noch eine andere römische Erfindung zu erwähnen, nämlich die Einführung des Gußmauerwerks und des Gußgewölbes. Durch Beimengung von verschiedenen Zuschlagsstoffen wie Tuff oder Kalkbrocken schufen sich die römischen Baumeister einen Baustoff, mit dem sie die Keilsteingewölbe und Stirnmauern ihrer Brücken hinterfüllen oder ausgießen konnten. Mit Hilfe dieses Betongußverfahrens bauten die Römer unter Kaiser Hadrian im Jahr 118 n. Chr. das Pantheon, den »Tempel aller Götter«, und überwölbten den Rundbau mit einer

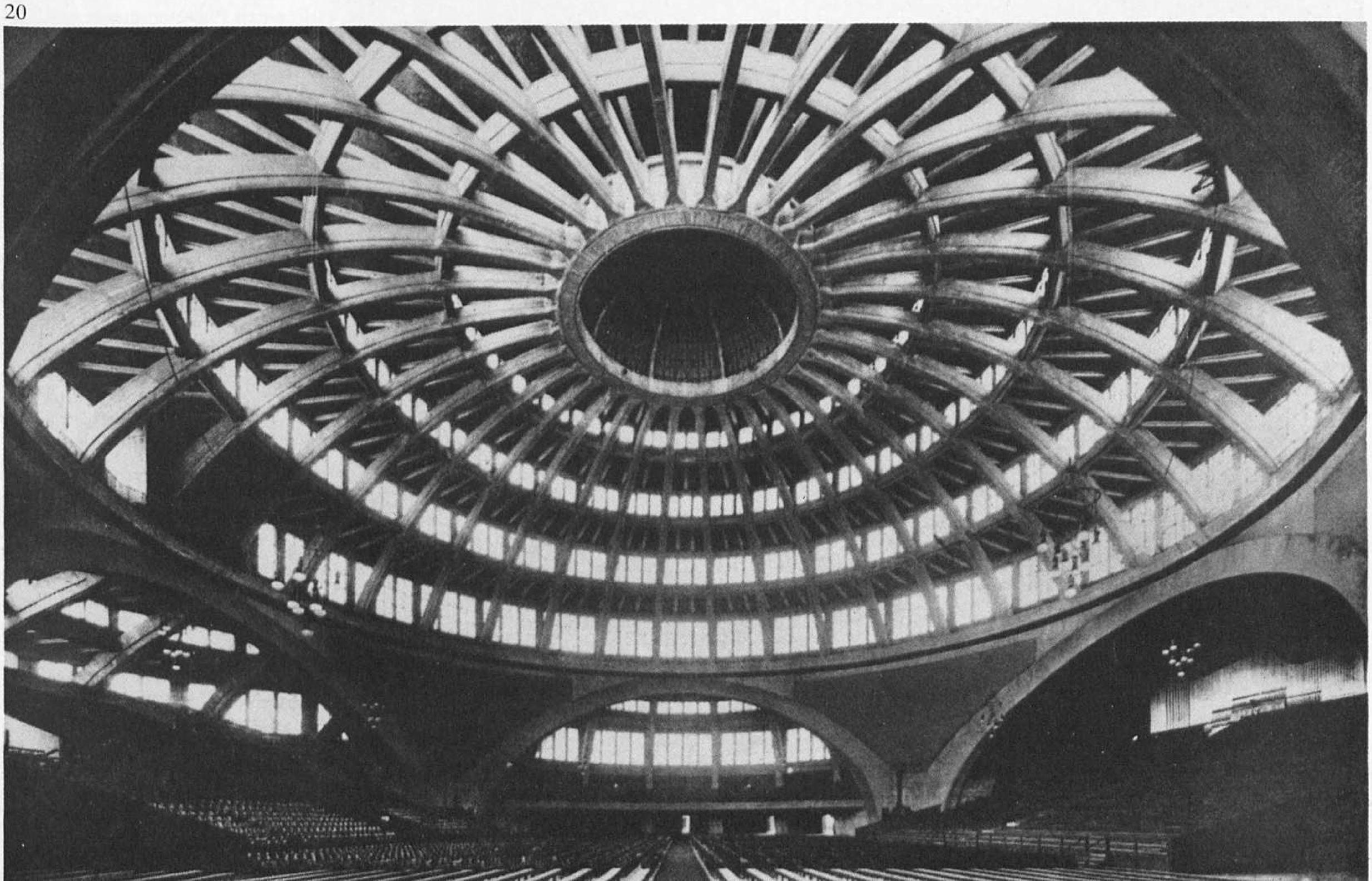
19



Kuppelschale von 43,3 Metern Durchmesser und ebensolcher Höhe, so daß dem ganzen Bau eine Kugel einbeschrieben werden konnte (Abb. 19). Das war eine gewaltige bautechnische Leistung — eine solche Spannweite war bis dahin nie bewältigt worden. Es sollte 1800 Jahre dauern, bis sie durch die 1911 erbaute Betonkuppel der Jahrhunderthalle in Breslau (Abb. 20) mit 65 Metern Spannweite überboten wurde.

Dieser Beitrag stellt die Kurzfassung eines Kapitels aus dem Band über die Geschichte des Brückenbaus dar, der 1978 in der Reihe der Studienmaterialien der Arbeitsgruppe Didaktik erscheint.

20



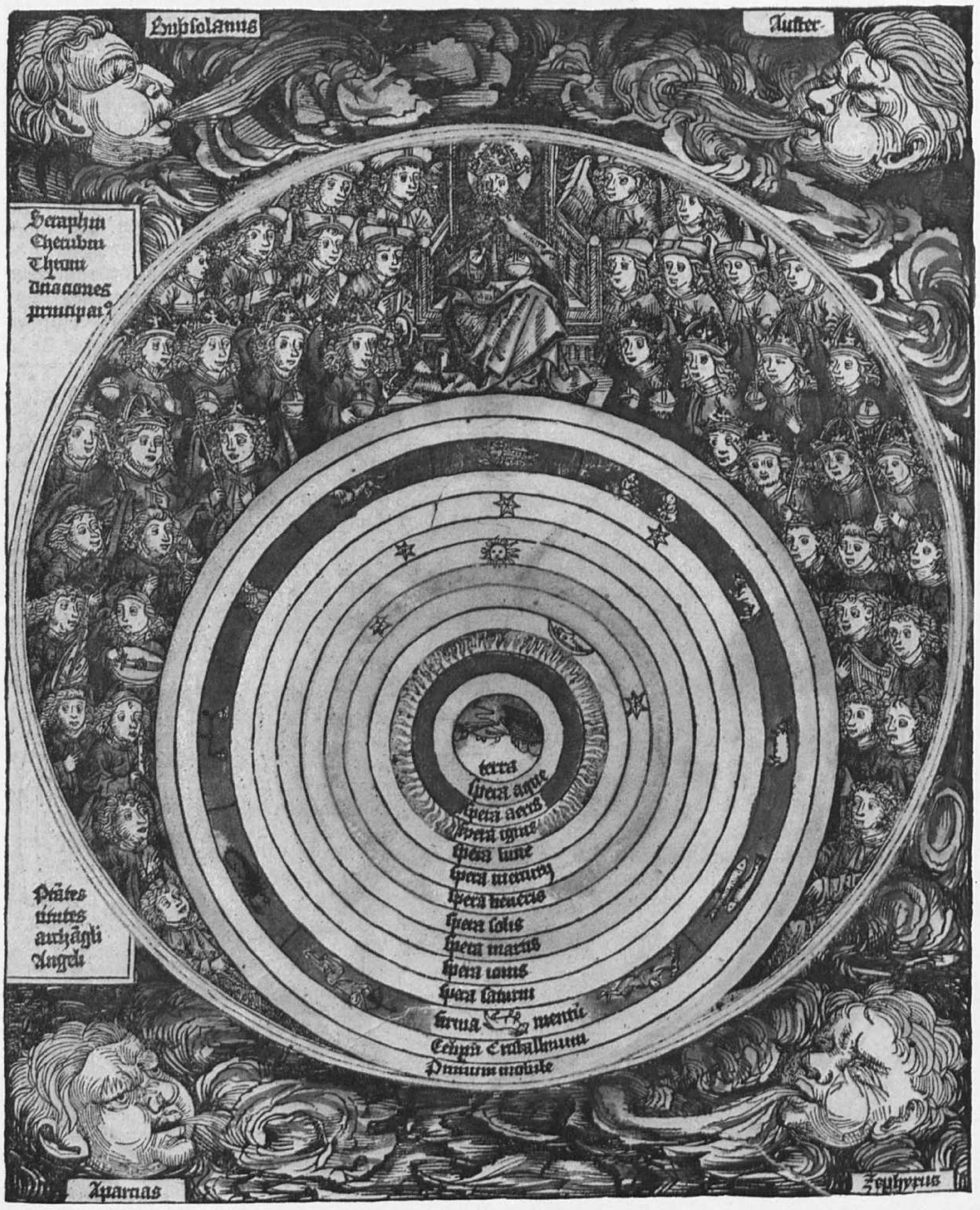
Dokumenta

Friedrich Klemm, Jürgen Teichmann, Jochim Varchmin

Die Entwicklung der Naturwissenschaften in Bilddokumenten aus Druckwerken der Bibliothek des Deutschen Museums vom Ausgang des 15. bis zum Ende des 18. Jahrhunderts

Im Mai dieses Jahres erschien das Sonderheft von »Kultur & Technik«, das die Geschichte der Technik von der Antike bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts in Teilaspekten widerspiegelt. Nun sollen, beginnend mit dem vorliegenden Heft 1, unter der Rubrik »Dokumenta« Entwicklungen der Naturwissenschaften zu Beginn der Neuzeit dargestellt werden. In einzelnen Folgen werden verschiedene Gebiete der Physik behandelt. Später wird mit Themen aus der Chemie fortgefahren.

In diesem Heft beginnen wir mit der Astronomie, der ältesten naturwissenschaftlichen Disziplin. Bis fast zur Mitte des 19. Jahrhunderts behielt sie eine besondere Bedeutung innerhalb der Naturwissenschaften, und noch vor 100 Jahren waren über die Hälfte aller Naturwissenschaftler Astronomen.

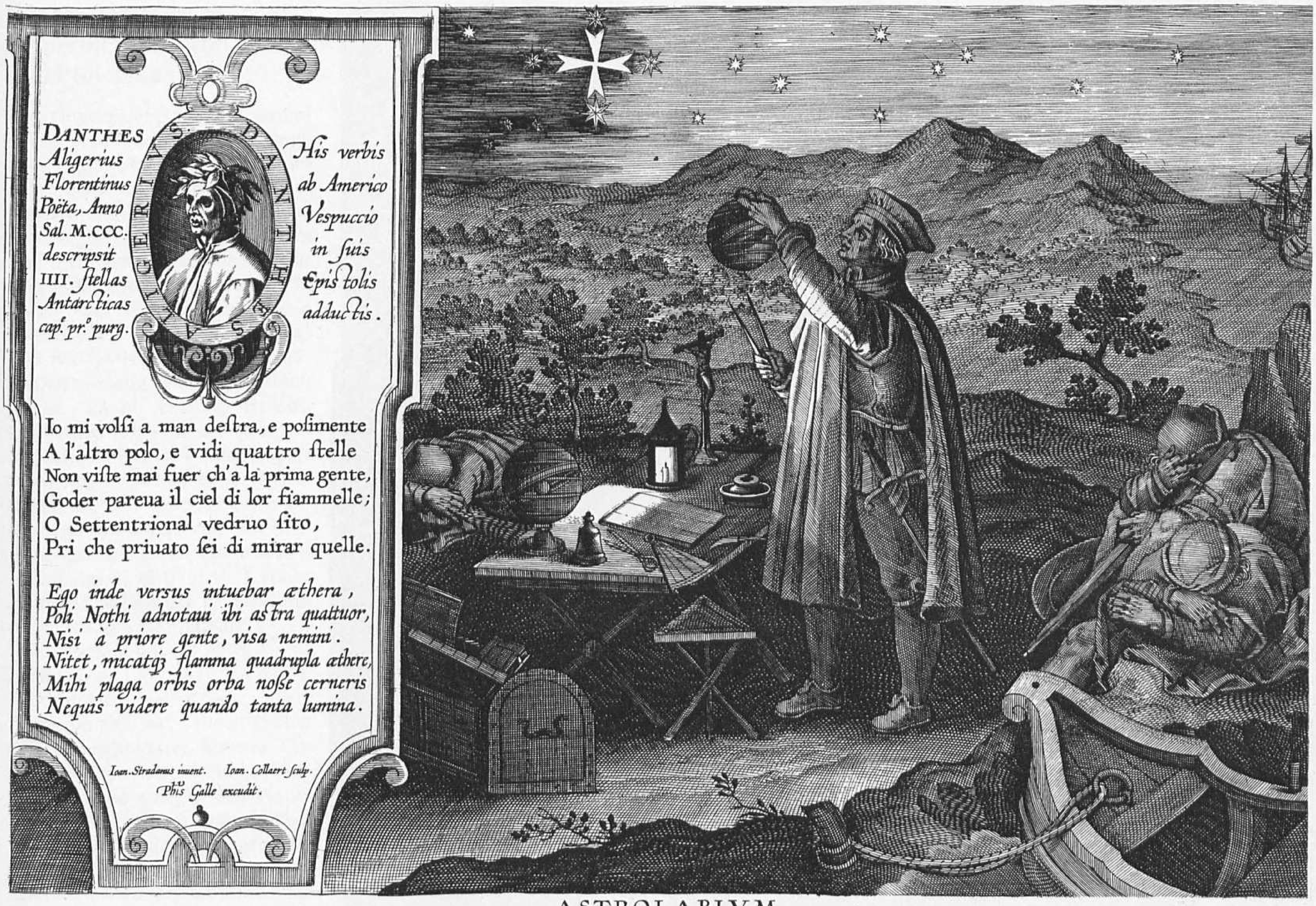


Das Ptolemäische Weltbild des Mittelalters

Für das Weltsystem des Ptolemäus (um 150 n. Chr.) ruhte die Erde in der Mitte des Weltalls. Um sie herum bewegten sich die Wandelsterne (Planeten = Wanderer), in deren Mitte wiederum die Sonne stand (zwischen Mond/Merkur/Venus und Mars/Jupiter/Saturn). Die Fixsternsphäre bildete den Abschluß.

Doch war das Ptolemäische System in Wirklichkeit viel komplizierter, da zur Wiedergabe der exakten Beobachtungen schon für einen Planeten mehrere Kreisbewegungen zu einer Gesamtbahn kombiniert werden mußten. Dieses System wurde vor allem vom 13. Jahrhundert an in die christlichen kosmologischen Vorstellungen eingebaut und damit Teil des mittelalterlichen Weltbildes: Man schloß den hierarchischen Aufbau der Planetensphären um die Erde durch den Bereich Gottes mit den Engelscharen ab. Hinter dem »Primum mobile« des Aristotelischen Weltbildes war Gott (meist identifiziert mit diesem »ersten Beweger«) letzter Urheber, von dem aus alles bis zur Erde herab in Gang gehalten wurde: zunächst der ewig gleiche Himmel, d. h. Primum mobile (diese Sphäre vermittelte die tägliche Bewegung dem ganzen Weltall), Kristallhimmel (das war eine Einführung des Mittelalters, um die — modern bezeichnet — Präzessionsbewegung der Erde anders als Ptolemäus zu erklären), Firmament (mit Tierkreis), Sphäre des Saturn, des Jupiter, des Mars, der Sonne, der Venus, des Merkur, des Mondes — darunter der sublunare Bereich, in dem es Werden und Vergehen gab: Sphä-

1



ASTROLABIVM.

Americus Vesspuccius, cum quattuor Stellis crucem silente nocte repperit.

ren von Feuer, Luft, Wasser, Erde. Himmel und sublunarer Bereich waren damit schroff voneinander geschieden.

Dieses Weltbild entsprach sehr gut der theologischen Einbettung des Menschen zwischen die Mächte von Böse und Gut: die Hölle unter der Erdoberfläche, darüber Mensch und Allnatur, darüber die himmlischen Mächte. *Tei*

Vespucci beobachtet das Kreuz des Südens mit der Armillarsphäre

Amerigo Vespucci aus Florenz machte zwischen 1497 und 1504 Entdeckungsreisen zu den Küstengebieten Mittel- und Südamerikas. Der Kupferstich zeigt ihn in Südamerika bei der Beobachtung des Südlichen Kreuzes, das auf der Nordhalbkugel nicht zu sehen ist. Dabei mißt er die Stellung der Sterne mit einer Armillarsphäre (Himmelsgerüst, sphärisches Astrolabium), die mit Visieren ausgestattet ist.

Die Armillarsphäre und das daraus entwickelte Planisphärium, das eigentliche Astrolab als einfaches Meßgerät, gehen bis auf die Antike zurück. Besonders durch den Einfluß der Araber wurden diese Instrumente im Mittelalter wesentlich verbessert. Sie halfen dem Seemann am Sternenhimmel Winkel zu bestimmen, woraus auf die geographische Länge geschlossen werden konnte. Von seinen Reisen berichtete Vespucci in Briefen an hochgestellte Persönlichkeiten. Er zitierte dabei auch Verse über das Südliche Kreuz aus Dantes »Göttlicher Komödie«; sie sind auf dem Stich zusammen mit dem Bildnis Dantes lateinisch und italienisch wiedergegeben. Zu deutsch:

Als ich, nach rechts mich kehrend, jenem Pole mein Augenmerk zuwandte, sah vier Stern' ich, die seit den ersten Menschen niemand sah. Zu freun schien sich der Himmel ihrer Flämmlein. Wie bist du, mitternächtig Land, verwaiset, weil dieser Sterne Anblick dir versagt ist! (Purgatorium, Gesang 1, Verse 22—27)

Der deutsche Kosmologe Matthias Ringmann und in dessen Gefolge der Geograph Martin Waldseemüller nannten 1507 die von Amerigo Vespucci betretenen Gebiete nach dessen Vornamen »Amerika«. Vor allem durch eine Weltkarte Waldseemüllers verbreitete sich dieser Name, der bald für den ganzen Erdteil angewandt wurde. So trägt denn die Neue Welt nicht den Namen ihres eigentlichen Entdeckers, des Genuesen Columbus, sondern den des Florentiners Amerigo Vespucci. Die lateinische Unterschrift unter dem Stich lautet in freier deutscher Übersetzung: Astrolab. Schön gestaltet zum Kreuze stehen vier Sterne beisammen / Amerigo sie fand, still in der schweigenden Nacht. *Kl*

Holzschnitt aus: Hartmann *Schedel*, Das Buch der Chroniken. Nürnberg 1493. Bl. 5 v.

Kupferstich von J. Collaert nach Stradanus (um 1570/80) aus: Ioannes *Stradanus* (Jan van der Straet), Nova reperta. Amsterdam um 1600. Bl. 18.

Himmelskarte mit Sternbildern

Nur drei Jahre vor Copernicus veröffentlichte Peter Apian, der in Ingolstadt einen Lehrstuhl für Mathematik innehatte, sein großes Werk »Astronomicum Caesareum«, ganz im ptolemäischen Geist geschrieben, also von einem geozentrischen Weltbild ausgehend. Die Astronomie war in der damaligen Zeit eine Angelegenheit der Mathematiker und der Astrologen.

Die Stellung der Fixsterne, die Lage der Ekliptik und die Verschiebung des Frühlingspunktes durch die Präzession der Erdachse, die im Laufe von Jahrhunderten deutlich zu beobachten ist, wurden in langen Tabellen erfaßt. Durch die Abbildung der Sterne auf drehbaren Scheiben konnten diese Änderungen wie von einem Uhrwerk abgelesen werden. Die scheinbare Bewegung des Himmelspoles durch die Präzession der Erdachse war schon in der Antike beobachtet worden. In hundert Jahren beträgt sie etwa 1°. Seit der Antike erfolgte also eine Verschiebung des Frühlingsbildes um etwa ein halbes Sternbild.

Die abgebildete Darstellung ist die größte und schönste aus dem Astronomicum Caesareum, da alle Tierkreiszeichen mit allegorischen Figuren phantasievoll wiedergegeben sind. Für die Menschen des Mittelalters und der beginnenden Neuzeit war der Sternenhimmel mit mythischen Gestalten erfüllt, die durch ihr Wirken unmittelbaren Einfluß auf das menschliche Handeln nehmen konnten. An fürstlichen Höfen hatte daher der Astronom — am bekanntesten ist die Bedeutung Keplers für Wallenstein — oft eine wichtige Stellung. *Var*

Kolorierter Holzschnitt aus: Peter *Apian,* Astronomicum Caesareum. Ingolstadt 1540. Bl. 2 r.

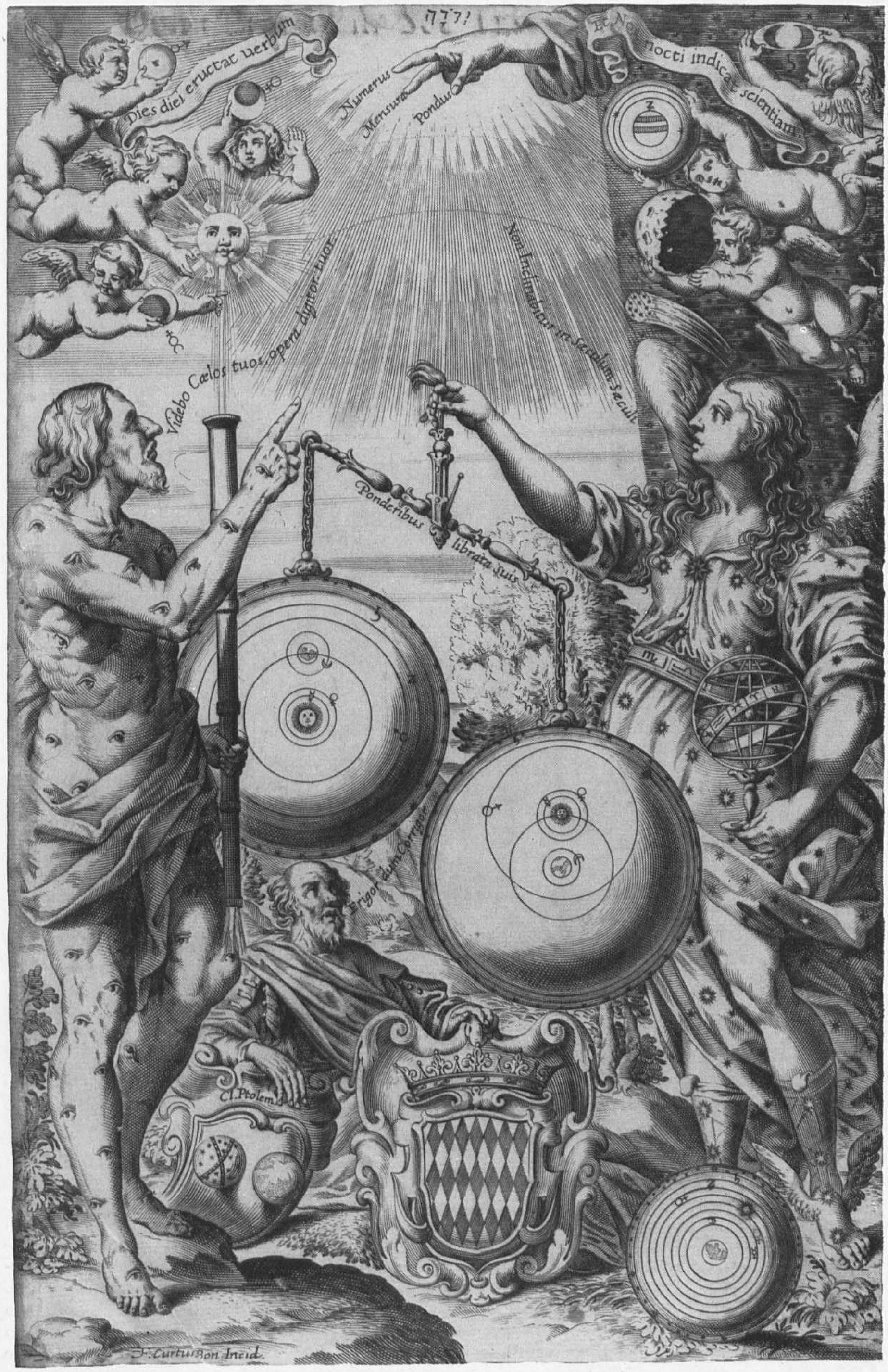
Die Weltsysteme von Copernicus, Tycho Brahe und Ptolemäus

Das Copernicanische Weltsystem (1543 veröffentlicht) ließ Sonne und Fixsternhimmel ruhen und nahm dafür entsprechende Bewegungen der Erde an (jährliche und tägliche). Dieser Gedanke war nicht neu. Aber Copernicus führte ihn ausführlich quantitativ durch, was für die Astronomie (Astrologie, Kalenderrechnung) und Navigation auf See gleichermaßen wichtig war. Er erhielt jedoch kaum bessere Berechnungsmöglichkeiten der Gestirnstellungen als Ptolemäus. Copernicus hielt, ebenso wie Tycho Brahe, an dem komplizierten Ineinanderschachteln von Kreisbewegungen zur Erklärung der Planetenbahnen fest. Erst Keplers Ellipsen (Anfang des 17. Jahrhunderts) schufen hier Abhilfe.

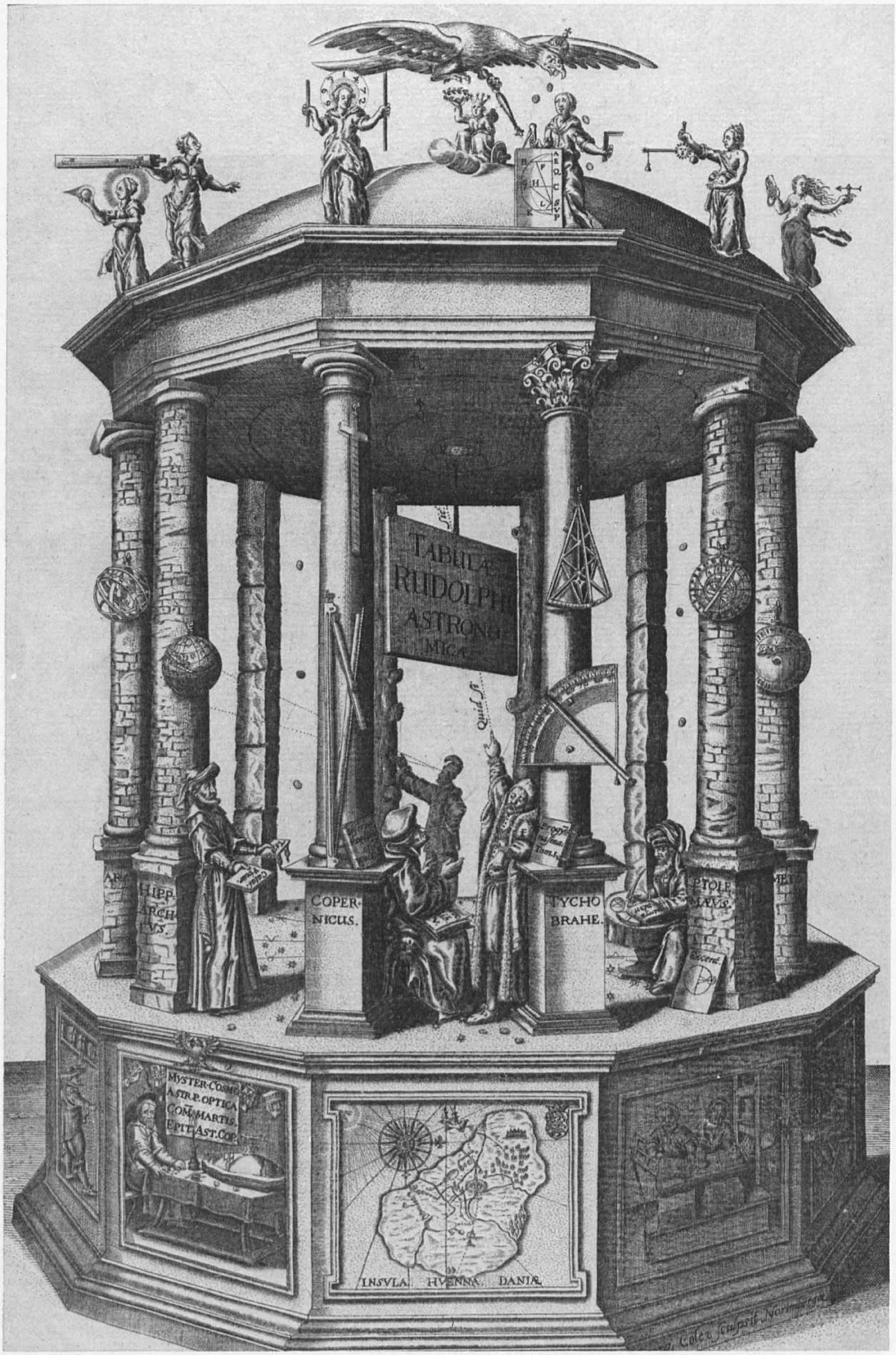
Das vermittelnde Tychonische System (um 1585) erschien im 17. Jahrhundert vielen, vor allem Astronomen auf theologischer Seite, annehmbarer als das Copernicanische, da es einige Vorzüge genauso aufwies (die Planeten kreisten um die Sonne), aber die Schwierigkeiten mit aristotelischer Physik und christlicher Theologie vermied (die Erde blieb in Ruhe in der Mitte des Weltalls).

Das Bild zeigt die Weltsysteme von Copernicus und Tycho Brahe an einer Waage hängend, die sich auf die Seite Brahes neigt. Das Copernicanische System wird also für zu leicht befunden. Das Ptolemäische ist ebenso bereits abgetan und mit ihm sein Urheber. Die Engel tragen die verschiedenen Planeten. Die Hand Gottes ruht über der Tätigkeit der Astronomie, die sich nach dem Wort der Bibel richtet, daß Gott alles nach Zahl (numerus), Maß (mensura) und Gewicht (pondus) geordnet habe.

Tei



Titelkupfer aus: Giovanni Battista *Riccioli,* Almagestum novum. Bologna 1651.



Der Tempel der Astronomie

Bei diesen »Tabulae Rudolphinae«, von Kepler herausgegeben, nach Kaiser Rudolf II. benannt und Kaiser Ferdinand II. gewidmet, handelt es sich vornehmlich um besonders zuverlässige Planetentafeln auf der Grundlage der Beobachtungen Tycho Brahes und der Theorie der Keplerschen Ellipsenbahnen.

Der Stich stellt einen zehnseitigen, ringsum offenen Tempel dar, dessen Dach auf zehn mehr oder weniger ausgestalteten Säulen ruht. Die beiden primitiven hölzernen Säulen hinten, zwischen denen ein Chaldäer steht, symbolisieren die älteste Astronomie. Die äußersten Säulen rechts und links (mit Armillarsphäre) tragen die Namen des Meton, eines griechischen Mathematikers und Astronomen des 5. vorchristlichen Jahrhunderts, und des Aratos, des gelehrten griechischen Poeten, der im 3. Jahrhundert v. Chr. eine dichterische Beschreibung der Sternbilder abfaßte. Dann folgen links und rechts Säulen, die gekennzeichnet sind durch die großen Astronomen der griechisch-alexandrinischen Schule, Hipparch (um 150 v. Chr.), mit dem Fixsternkatalog in der rechten Hand, und Ptolemäus (um 150 n. Chr.), an seinem Almagest arbeitend. In der Mitte stehen zwei Marmorsäulen, die des Copernicus und die mit prächtigem korinthischen Kapitell ausgestattete des Tycho Brahe. Copernicus hat sein Werk »De revolutionibus orbium coelestium« (1543) auf dem Schoß. An seiner Säule hängt oben ein Jakobsstab, angelehnt sind ein Dreistab und eine Tafel mit der Aufschrift »Observationes Regiomontani et Walteri«. An Brahes Säule aber werden ein Quadrant und ein Oktant gezeigt, dazu eine Tafel, auf der man den Titel von Brahes Hauptwerk liest: »Progymnasmata astronomiae instauratae« (1603). Brahe zeigt mit dem Finger an die Decke, wo sein besonderes geozentrisches Planetensystem (vergleiche Seite 49) aufgezeichnet ist, und sagt zu Copernicus: »Quid si sic?« (Wie [wär's], wenn's so [wäre]?)

Am Sockel des Tempels ist in der Mitte ein Plan der Insel Hven dargestellt, auf der sich die Sternwarte Brahes befand. Rechts sieht man das Bild einer Druckerei und links Kepler in seinem Arbeitszimmer; ein Modell der Tempelbedachung steht auf dem Tisch. Zwischen den Wappen von Böhmen, Prag, Oberösterreich und Linz verkündigt an der Wand eine Tafel die Titel der folgenden Werke Keplers: Mysterium cosmographicum, 1596; Ad Vitellionem paralipomena, quibus astronomiae pars optica traditur, 1604; Commentarius Martis (Astronomia nova), 1609; Epitome astronomiae copernicanae, 1618 bis 1621.

Auf dem Sims der Dachwölbung bemerkt man sechs allegorische Figuren, Physik, Mathematik und Astronomie versinnbildlichend. Es sind im einzelnen von rechts

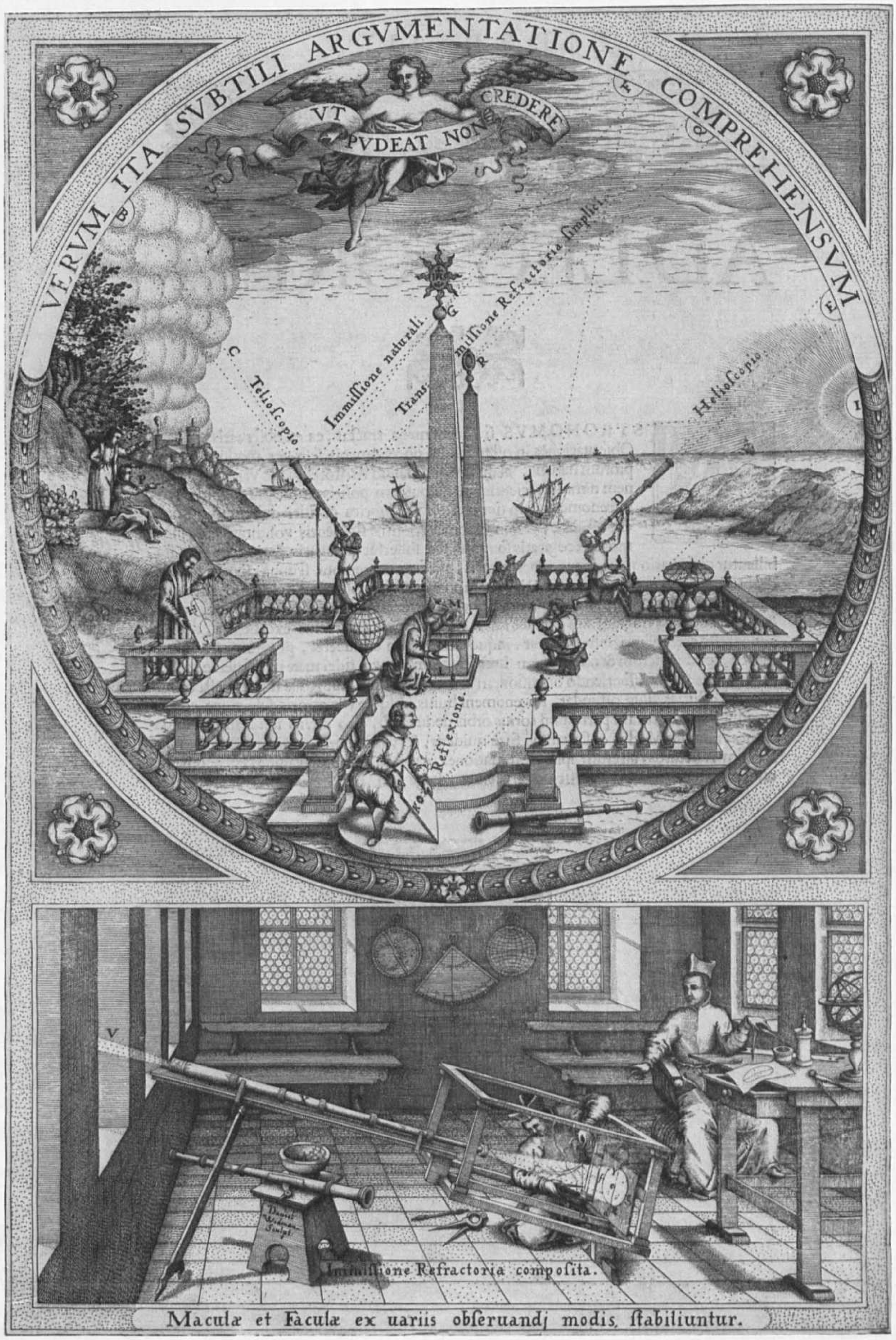
nach links: Physica (mit Magnetnadel und Spiegel), Statica (mit Schnellwaage), Geometria (mit Zirkel und Winkel), Arithmetica (mit Zahlenkranz), Dioptrica (mit astronomischem Fernrohr), Astronomia (mit dem durch die Sonne gebildeten Schattenkegel der Erde). Im Scheitel des gewölbten Daches zeigt sich uns die Himmelsgöttin mit ihrem Wagen; darüber aber schwebt der kaiserliche Adler, aus dessen Schnabel Dukaten fallen — Zeichen für die Förderung der astronomischen Wissenschaft durch den Kaiser. Und einige wenige Geldstücke gelangen auch auf Keplers Tisch.
Der eindrucksvolle, inhaltsreiche, von Kepler selbst entworfene Stich mit seinen ganz der barokken Geistigkeit entsprechenden allegorischen Darstellungen ist uns ein besonders wertvolles Zeugnis der Zeit. *Kl*

Titelkupfer von G. Celer nach J. Kepler aus: Johann *Kepler*, Tabulae Rudolphinae. Ulm 1627.

Sonnenflecken-Beobachtung

Der Jesuit Christoph Scheiner (1575—1650) ist besonders wegen seiner Beobachtungen der Sonnenflecken als Astronom bekanntgeworden. Sie wurden unter anderem als kleine Planeten gedeutet, da die Vorstellung, daß auf der Sonne selbst Veränderungen auftreten könnten, als zu kühn erschien. Scheiner betrachtete sie schließlich doch als Eigenschaften der Sonne. Es gelang ihm, aus seinen Beobachtungen die Rotationszeit der Sonne und die Lage des Sonnenäquators zu ermitteln. In der Darstellung sind die verschiedenen Möglichkeiten der Sonnenbeobachtung wiedergegeben. Wissenschaftlich am wichtigsten war die Betrachtung durch ein Fernrohr mit vorgesetzten gefärbten Gläsern, das er Helioskop nannte (obere Abbildung), und durch die Projektion auf einen feststehenden weißen Schirm. Diese Art der Beobachtung ist in dem unteren Teil der Abbildung ausführlich dargestellt. Scheiner benutzte dafür ein Fernrohr mit zwei konvexen Linsen, das er nach den Angaben Keplers als erster konstruiert hatte (1611). Den Okulartubus konnte er verschieben, so daß eine großflächige Abbildung entstand, die auch mit ihren Veränderungen graphisch sehr genau festgehalten werden konnte. *Var*

Kupferstich aus: Christoph *Scheiner*, Rosa Ursina sive Sol . . . Bracciano 1626—1630. S. 150.

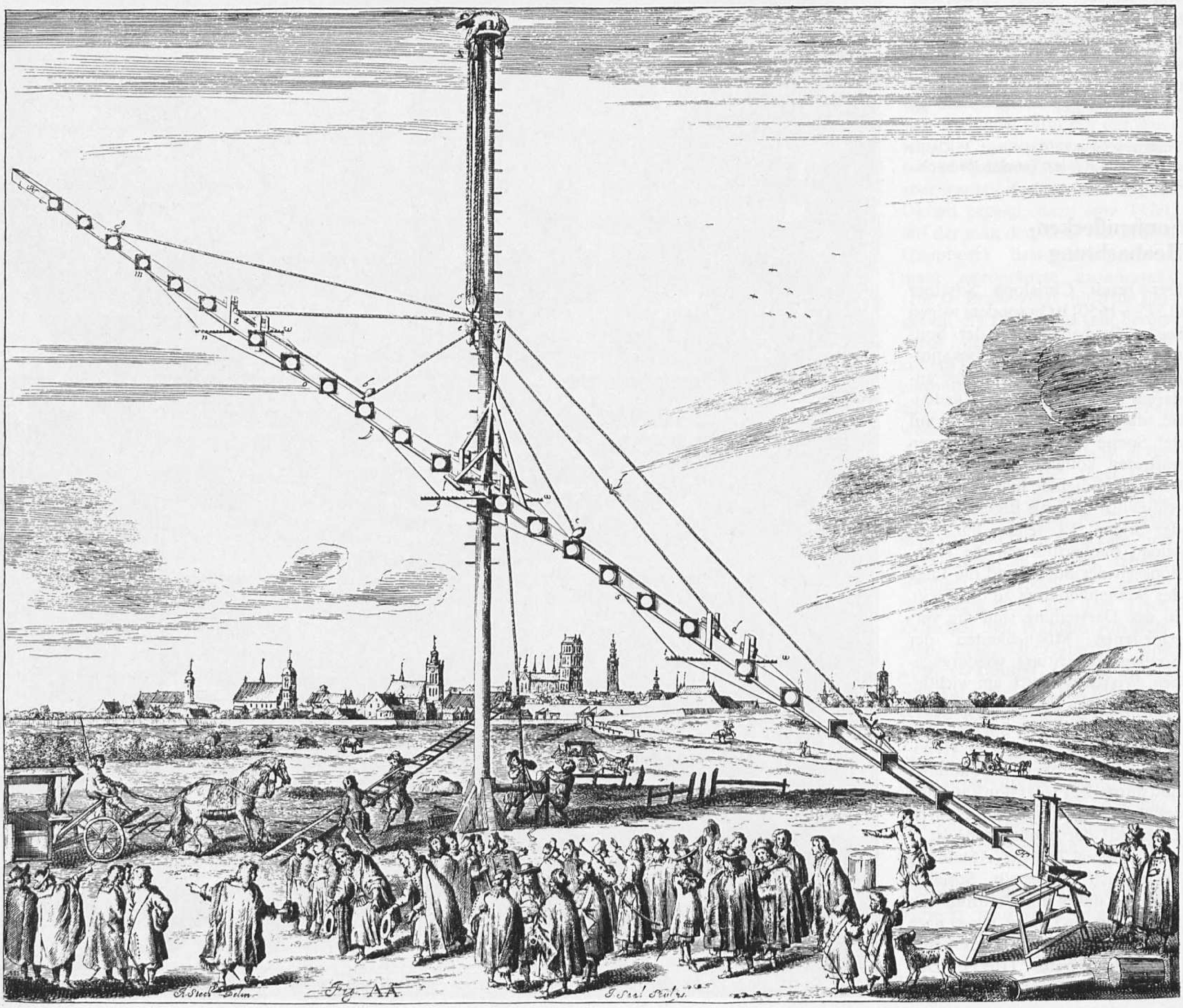


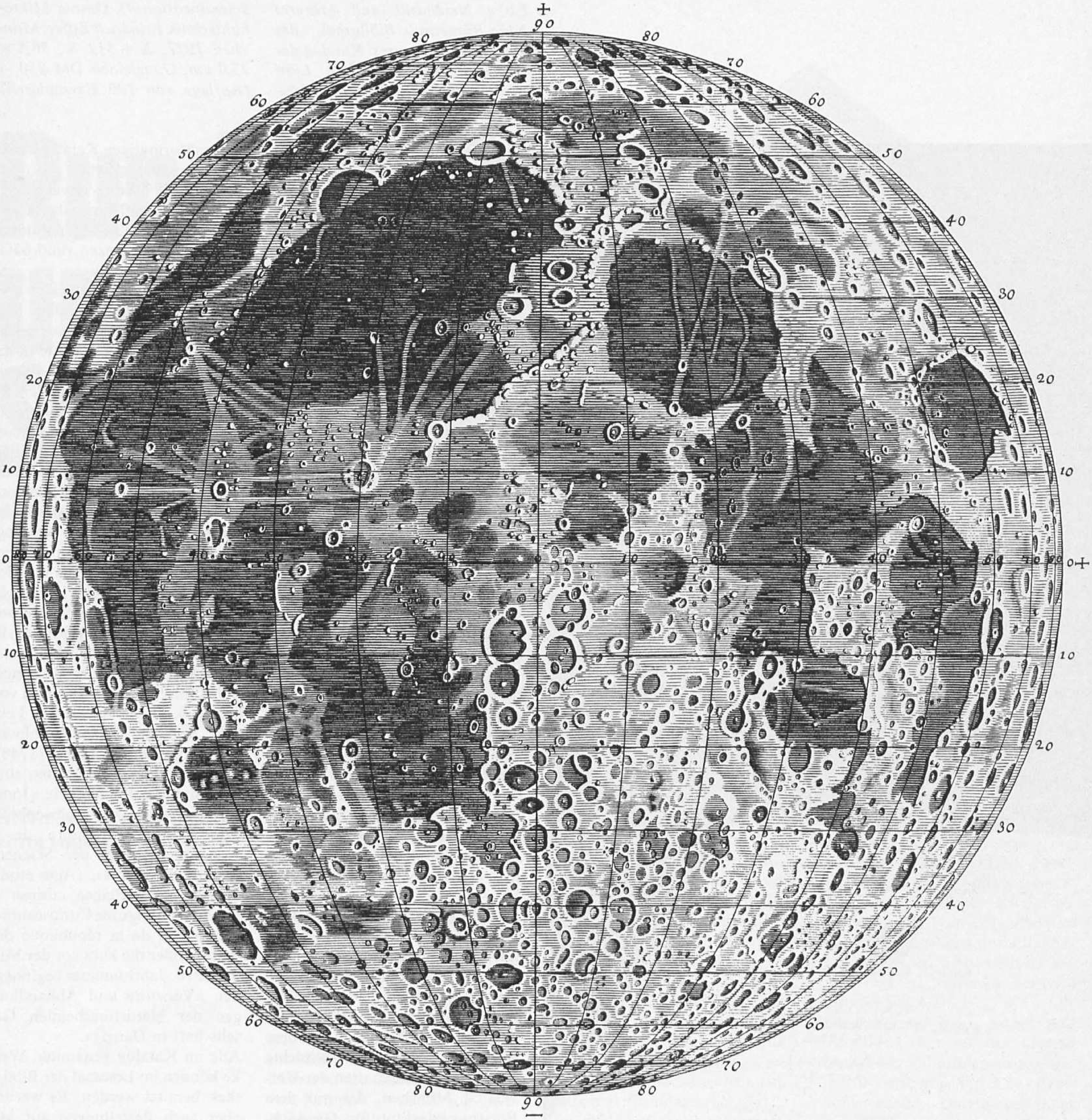
Das Luftfernrohr von Johannes Hevelius

Hevelius, Ratsherr zu Danzig, zeichnete sich in der Astronomie durch gute Beobachtungen und exakte Messungen aus. Seine Meßinstrumente entwickelte er zu hervorragenden Leistungen. Er bediente sich für die Messungen nicht des Fernrohrs, sondern der mit Visiereinrichtungen versehenen Quadranten, Sextanten und Oktanten. Zur Zeitbestimmung wandte er die Pendeluhr an. Das Fernrohr gebrauchte er nur zu einfachen Beobachtungen.

Da die Vergrößerung eines Fernrohrs mit der Brennweite des Objektivs steigt, baute Hevelius unter anderem sehr lange Instrumente (Luftfernrohre) mit Objektiven von großem Krümmungsradius. Die störenden Randstrahlen suchte er durch Blenden abzuhalten. Für Nachtbeobachtungen war eine Rohrhülle entbehrlich, so erhielt die Konstruktion ein leichteres Gewicht. Das größte Luftfernrohr, das Hevelius baute, war 45 m lang. Der Stich zeigt dieses Instrument vor den Toren Danzigs. Es war an einem Mast mit Hilfe von Flaschenzügen aufgehängt und in verschiedene Richtungen einstellbar. Der praktisch versierte Hevelius hatte es durch mechanische Vorkehrungen sogar erreicht, daß das Instrument der täglichen Bewegung der Fixsterne kontinuierlich nachgeführt werden konnte. Aber im ganzen gesehen erfüllte es die Erwartungen nicht. Mit seinen kleinen Fernrohren kam Hevelius zu besseren Beobachtungsergebnissen. *Kl*

Kupferstich von I. Saal nach A. Stech aus: Johannes *Hevelius* (Hewelcke), Machina coelestis. Tl. 1. Danzig 1673. Fig. AA.

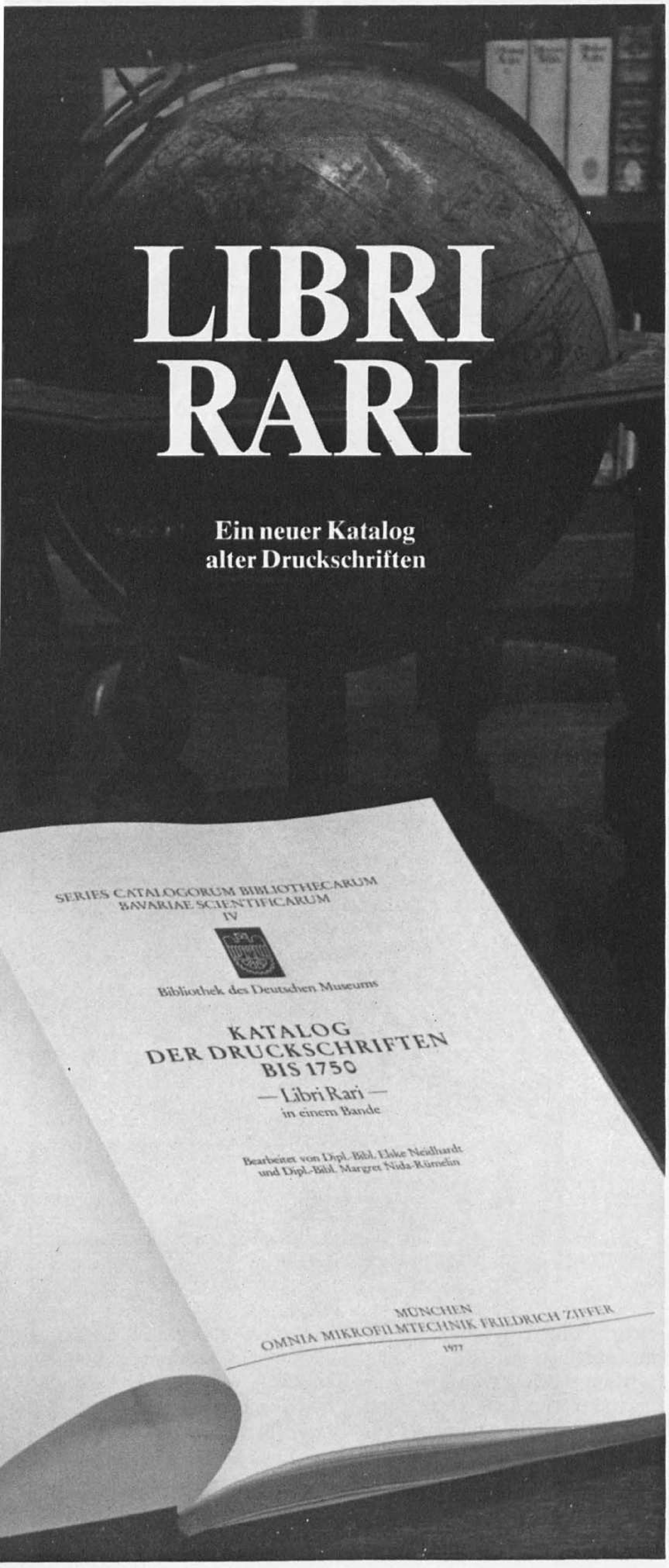




Die Mondkarte des Tobias Mayer

Die — bei wachsender Schiffahrt — immer stärkeren Forderungen nach genauer Navigation auf See und das Interesse der Astronomie führten im 18. Jahrhundert über eine Verbesserung der Beobachtungstechnik (z. B. achromatische Fernrohrobjektive) zu bedeutenden Entdeckungen am Himmel.
Mayer befaßte sich in Göttingen vor allem mit der geographischen Längenbestimmung auf See, die damals ohne präzises Chronometer auf Beobachtungen von Ortsveränderungen astronomischer Objekte vor dem Fixsternhintergrund angewiesen war. (Die ersten dazu tauglichen Uhren wurden seit etwa 1730 durch John Harrison entwickelt, aber nur sehr zögernd eingesetzt.) Der Mond war für die astronomische Längenbestimmung das geeignetste Objekt, und Mayer entwickelte eine in England später preisgekrönte Methode, die sich genauer Tafeln von der Mondbewegung bediente. Auch seine Mondkarte, die aus Beobachtungen 1748/49 entstand, war die weitaus beste noch lange nach seiner Zeit. *Tei*

Kupferstich von J. P. Kaltenhofer nach Tobias Mayer aus: Opera inedita, Vol 1. Hrsg.: Georg Christoph Lichtenberg. Göttingen 1775. Letzte S.



Elske Neidhardt und Margret Nida-Rümelin: Bibliothek des Deutschen Museums. Katalog der Druckschriften bis 1750, Libri rari, in einem Band (Series Catalogorum Bibliothecarum Bavariae Scientificarum 4). Omnia Mikrofilmtechnik Friedrich Ziffer, München 1977. X + 312 S., 36,5 × 25,0 cm, Ganzleinen DM 250,— (Auflage von 100 Exemplaren).

Die Bibliothek des Deutschen Museums in München war seit ihrer Gründung im Jahre 1903 bestrebt, nicht nur das neuere Schrifttum der Bereiche exakte Naturwissenschaften und Technik nebst einiger Grenzgebiete zu sammeln, sondern auch einen Bestand an historisch bedeutsamen naturwissenschaftlichen und technischen Quellenwerken aufzubauen. DieseWerke stellte man in einer gesonderten Sammlung »Libri rari« zusammen, die schließlich durch alle in der Bibliothek vorhandenen, vor 1750 erschienenen Druckschriften erweitert wurde, auch wenn es sich dabei nicht in allen Fällen um ausgesprochen seltene Bücher handelt. Der Initiative des Bibliotheksdirektors Dr. Ernst H. Berninger, der dem vorliegenden Katalogwerk ein Vorwort beigegeben hat, ist es zu danken, daß diese Sammlung der sogenannten Libri rari mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bad Godesberg, und der Stiftung Volkswagenwerk, Hannover, einer genaueren Katalogisierung als sie bisher vorlag, unterzogen werden konnte. Dabei wurden für die Aufnahme der Schriften die sogenannten »Preußischen Instruktionen« (jetzt unter dem Titel »Regeln für die alphabetischen Kataloge wissenschaftlicher Bibliotheken«, zuletzt 1955) in zum Teil etwas modifizierter, oft erweiterter Form zugrunde gelegt.

Die Neukatalogisierung bildet die Grundlage des vorliegenden gedruckten Katalogs, der fast 3000 Einzelwerke verzeichnet. Es sind darin auch 110 Werke aus dem Besitz des Instituts für Geschichte der Naturwissenschaften der Universität München, das mit dem Forschungsinstitut für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik des Deutschen Museums verbunden ist, und 260 Faksimiledrucke eingeschlossen. Die letzteren mit aufzunehmen, halte ich, besonders wenn die Originale nicht vorhanden sind, für recht nützlich; denn in vielen Fällen genügt für die historische Arbeit das Faksimile.

Die Titel der Werke sind durch verkleinerte, aber gut lesbare Reproduktionen der Katalogkarten des alphabetischen Zettelkatalogs (Nominalkatalog) der Bibliothek wiedergegeben. Auf jeder Seite des großformatigen Katalogwerks sind 21 Katalogkarten reproduziert. Auch die Verweisungen (z. B. von einer Namensform auf eine andere) sind aufgenommen, so daß sich im ganzen rund 6500 Karten ergeben.

Der Naturwissenschafts- und Technikgeschichtler findet hier die wesentlichen, historisch wichtigen Bücher seiner Gebiete in ihren verschiedenen Ausgaben einschließlich der Übersetzungen. So sind unter anderem Originalwerke verzeichnet von N. Copernicus, W. Gilbert, J. Kepler, G. Galilei, R. Descartes, O. von Guericke, Chr. Huygens und I. Newton. Oder denken wir an die alte Technik, so begegnen uns im Katalog, um nur einige Namen zu nennen, all die klassischen Werke von der Alberti-Inkunabel von 1485 über die frühen Vitruv- und Heron-Editionen, über die Bücher z. B. der V. Biringuccio, G. Agricola, L. Ercker, A. Ramelli, V. Zonca, S. de Caus, F. Veranzio, G. E. von Löhneyß, G. A. Böckler, J. Leupold, B. F. de Bélidor bis hin zu N. Zabaglia und G. Poleni (1748). Auch die alten Zeitschriften sind im Katalog enthalten, wie »Journal des Savants«, »Philosophical Transactions«, »Histoire de l' Académie Royale des Sciences avec les mémoires«, »Acta eruditorum«, »Miscellanea curiosa ... Academiae Naturae Curiosorum«, »Nouvelles de la république des lettres« oder die kurz vor der Mitte des 18. Jahrhunderts beginnenden »Versuche und Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig«.

Alle im Katalog genannten Werke können im Lesesaal der Bibliothek benutzt werden. Es werden aber auch Bestellungen auf Mikrofilme angenommen.

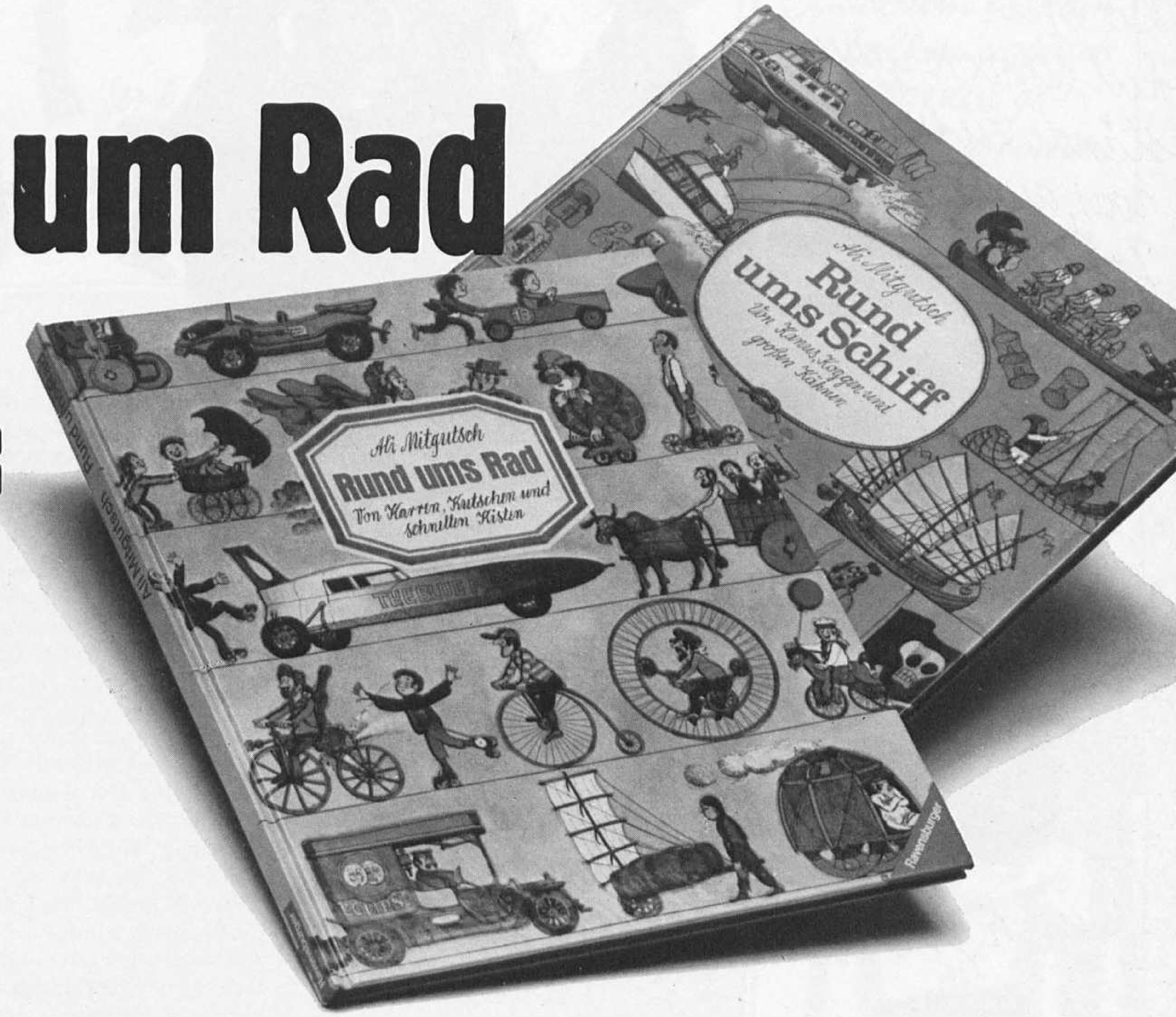
Im ganzen gesehen vermag der Katalog dem Wissenschaftshistoriker gute Dienste zu leisten. Er wird nützlich sein als bibliographisches Nachschlagewerk, aber mehr noch als Wegweiser, um an eine gesuchte Originalschrift zu kommen.

Dem Verleger ist man verpflichtet, daß er das Unternehmen realisierte. Ganz besonderer Dank aber gebührt den Bearbeiterinnen für dieses mit so ungemeiner Akribie gefertigte Katalogwerk.

Friedrich Klemm

Rund um Rad und Schiff

Ali Mitgutsch



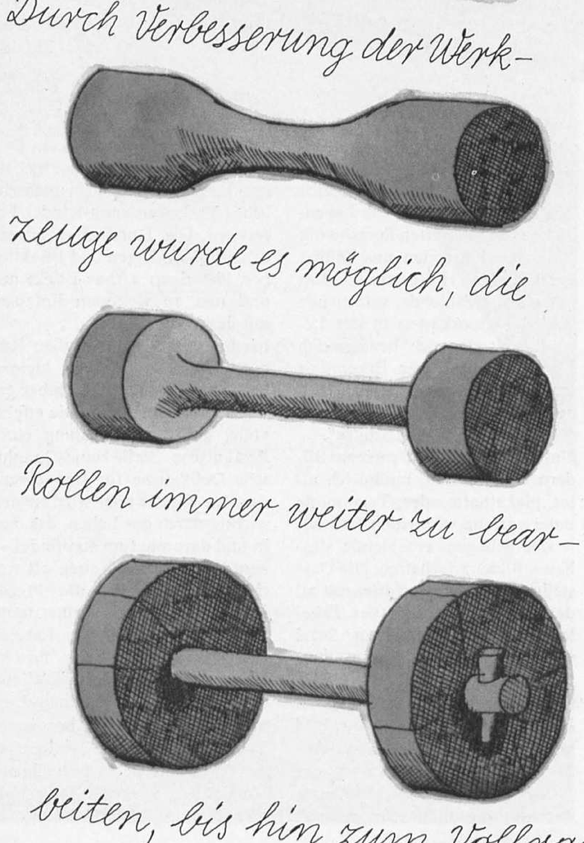
Gedanken zu einer neuen Form von Sachbilderbuch

Meine Mutter war eine sehr warmherzige, tief religiöse Frau, und so lag es für sie nahe, alle Schwierigkeiten und Probleme, die eine siebenköpfige Familie in Kriegszeiten mit sich brachte, durch Gebete und Gelübde zu meistern. Gelübde bedeuteten aber meist Wallfahrten, zu denen auch wir Kinder überredet wurden. Um für uns den unendlich scheinenden Weg erträglich zu machen, würzte sie ihn mit Erzählungen. Und darin war sie eine absolute Meisterin. Sie stattete ihre Geschichten mit einer Flut liebenswürdiger und interessanter Details aus und bettete alles (was bei ihr keinen Widerspruch bedeutete) in einen Rhythmus aus atemberaubender Spannung und erlösender Befreiung. Ein weiterer Höhepunkt waren die Schaukästen an den Zielorten. Nach Art von Krippen — meist von Invaliden gebastelt — bewegte sich nach Einwurf eines Zehnpfennigstückes ein kleines Universum aus segnenden Jesuskindlein, sägenden und hackenden Holzfällern, kletternden Bergsteigern, laufenden Brünnlein und hühnerfütternden Bäuerinnen. Diese auf erfaßbare Größe zusammengezogene Welt mit all ihren liebevollen Kleinigkeiten übte auf mich eine Faszination aus, der ich mich auch heute noch nicht entziehen kann.

Als ich jetzt vor der Aufgabe stand, Sachvorgänge und Zusammenhänge für Kinder bekömmlich und anregend zu gestalten, wurde mir zum ersten Mal klar, daß die Begeisterung für die Erzählungen meiner Mutter und die Schaukästen ein und dieselbe Wurzel hatten — hier die Lebendigkeit der bildhaften Sprache mit all dem erklärenden und faßbar gezeichneten Hintergrund, dort das selbst erzählende, sprechende Bild der Guckkästen in der Lebendigkeit der sich bewegenden Figuren. Aus dieser Erkenntnis formte sich das Konzept zu meinen Sachbilderbüchern »Rund ums Rad« und »Rund ums Schiff«*.

Um die Kinder mit meinen Bildern zu erreichen, mußte ich alles plakathafte, der Tagesmode unterworfene, vermeiden. Es mußte mir gelingen, erzählende »lesbare« Bilder zu schaffen. Die Darstellung eines Segelschiffes mit all dem graphischen Reiz der Takelage und der geblähten Segel weckt bei Kindern — wenn überhaupt — nur ein ganz kurzes Interesse. Erst die lebendig erfaßbare Information, die ein Bild vermittelt, stellt seinen Wert dar. Der segelreffende Matrose, der kochende Smutje, der brüllende Offizier, der aufs Klo gehende Seemann und der angekettete Häftling wecken Interesse. Das verständnisvoll in Humor gebettete Versagen und allzu menschliches Verhalten kann Kinder begeistern. Das Durchschaubarwerden von Vorgängen und Funktionen löst einen »Aha«-Effekt aus und regt zu weiterem Befassen mit der Sache an.

Ich finde, daß beim großen Rad der Geschichte all die kleinen treibenden Zahnräder sichtbar gemacht werden sollten. Die effektvolle, geniale Darstellung einer Postkutsche stellt eine graphische Delikatesse für Erwachsene dar; für Kinder aber wird sie erst wichtig durch das Leben, das darin und darumherum stattfindet — zum Beispiel, daß Reisen oft wochenlang dauerten, die Pferde ständig gewechselt werden mußten, die Streitereien der Fahrgäste, das Reisen durch finstere Nächte, wie man sich im Winter vor eisiger Kälte schützte und wie man Raubüberfällen begegnete. Erst die lebendigen Kleinigkeiten erwecken eine vielleicht bleibende Vorstellung von den Dingen in ihrer Zeit.

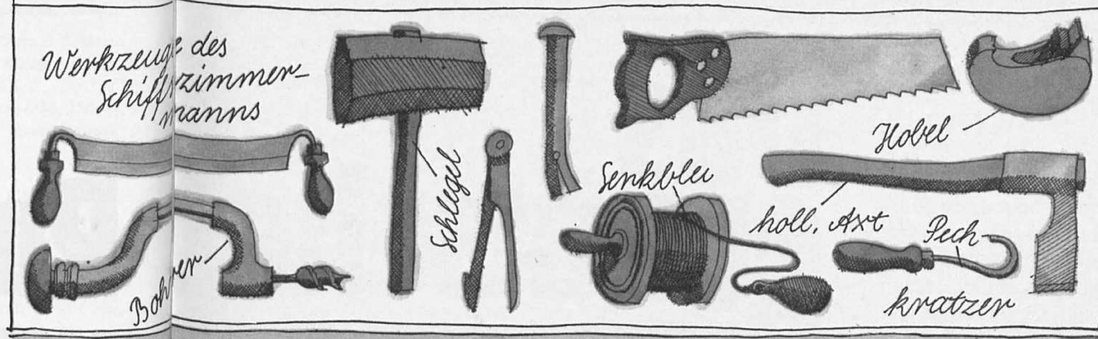


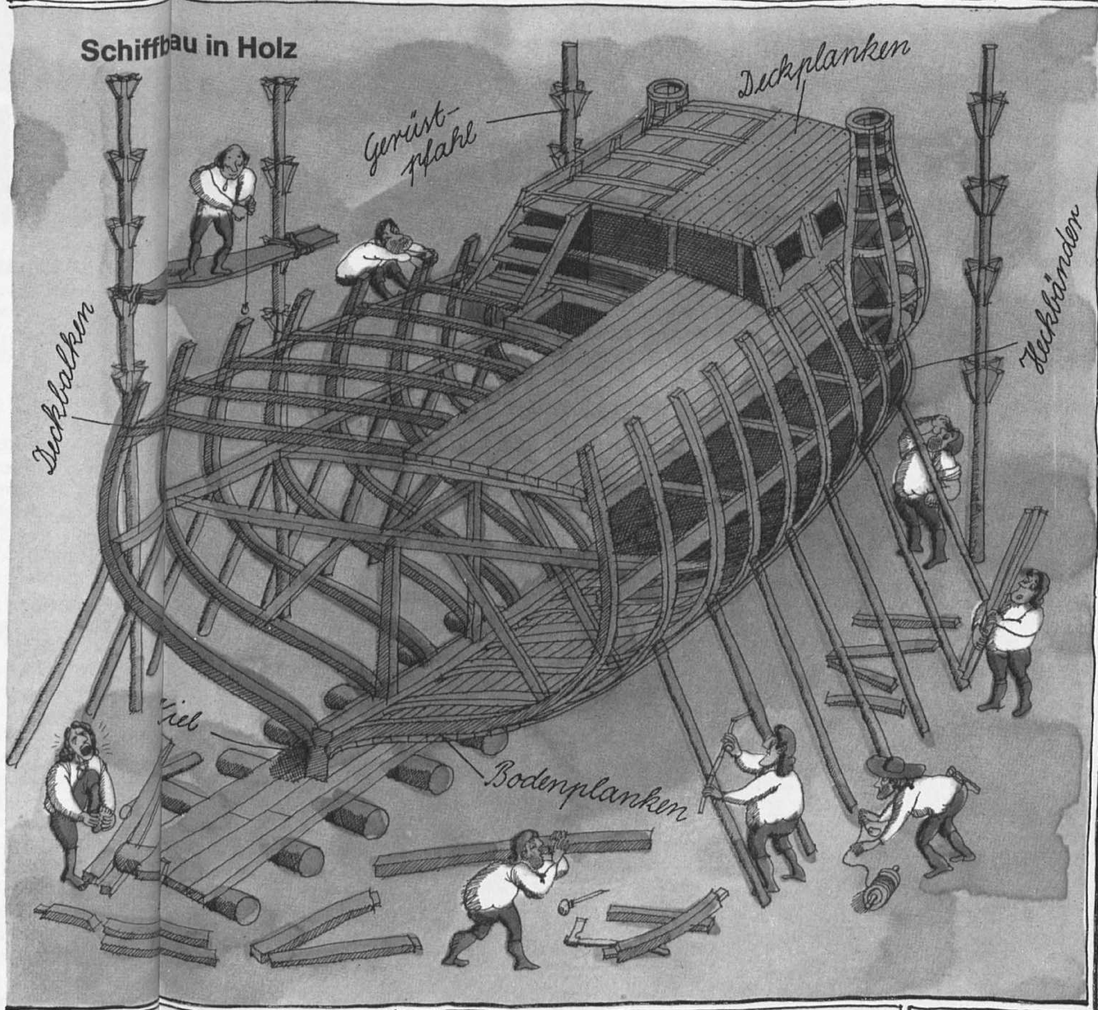
Bei einem Test konnte ich erfahren, daß sogenannte Oldtimer Kinder weit weniger interessieren als heutige Autos. Erst die Information, daß die früheren Automobilisten sich mit Schirmen gegen den Regen schützten, mit Spazierstöcken während der Fahrt die aufdringlichen Hunde vertreiben mußten und im Winter lausig froren, weckte Aufmerksamkeit und Begeisterung.

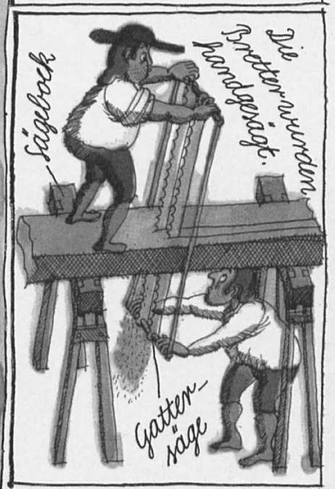
Ich wählte nun für meine Bücher »Rund ums Rad« und »Rund ums Schiff« eine Darstellungsart, wie es sie schon in anderer Form als kolorierte Kupferstiche in der Zeit des Biedermeier gegeben hatte — gerafft im Umriß und durchschaubar in ihrer Funktion. Ich hatte beobachtet, daß Kinder ihre eigenen Zeichnungen, die ihnen nicht klar genug erschienen, einfach mit handschriftlichen Erklärungen und Kommentaren ergänzten. Mein Sohn zum Beispiel versah sein Krokodilbild mit der Beschriftung »spitze Zähne — sehr großes Maul — stinkt furchtbar aus dem Mund«. Diese Methode baute ich nun in meine Bücher ein, um den großen Sprung von der Illustration zum gesetzten Text zu verkürzen und dadurch das Bild ohne Bruch selber wirken zu lassen. So läßt sich, glaube ich, die Lebendigkeit einer Sachdarstellung steigern.

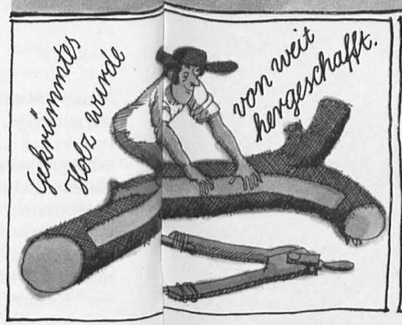
Ich versuchte, den Menschen in den Mittelpunkt zu bringen: wie er entdeckt und erfindet, wie er versagt, wie er lacht und wie er leidet. Es gibt jetzt schon einige Beispiele auf dem internationalen Kindersachbuch-Markt, die zeigen, daß sich in anderen Ländern ähnliche Erkenntnisse durchsetzen. Ich hoffe, daß dieser lebendigen Art der Darstellung die Zukunft gehört. Das Deutsche Museum, aus dem ich einen großen Teil der Anregungen für meine Bücher geholt habe, darf hier als beispielhaft gelten.

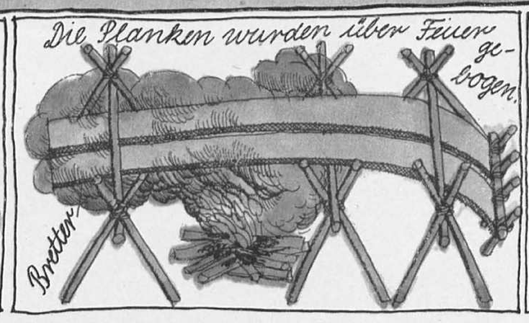
*) Otto Maier Verlag Ravensburg

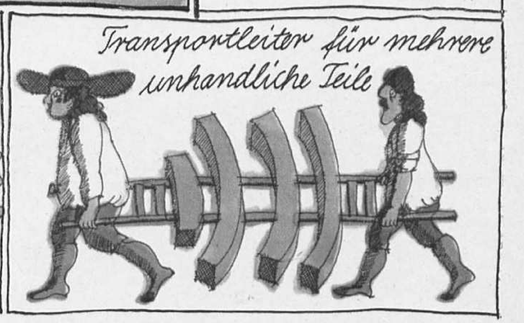












Das enträtselte Ries

Über den Grundstein des Deutschen Museums

Am 13. November 1906 wurde der Bau des Deutschen Museums in Anwesenheit des Deutschen Kaisers und des Prinzregenten von Bayern mit der feierlichen Grundsteinlegung begonnen. Das Material für diesen Grundstein wurde aus der geologisch wohl interessantesten Gegend unserer Heimat gewählt: aus dem Nördlinger Ries.

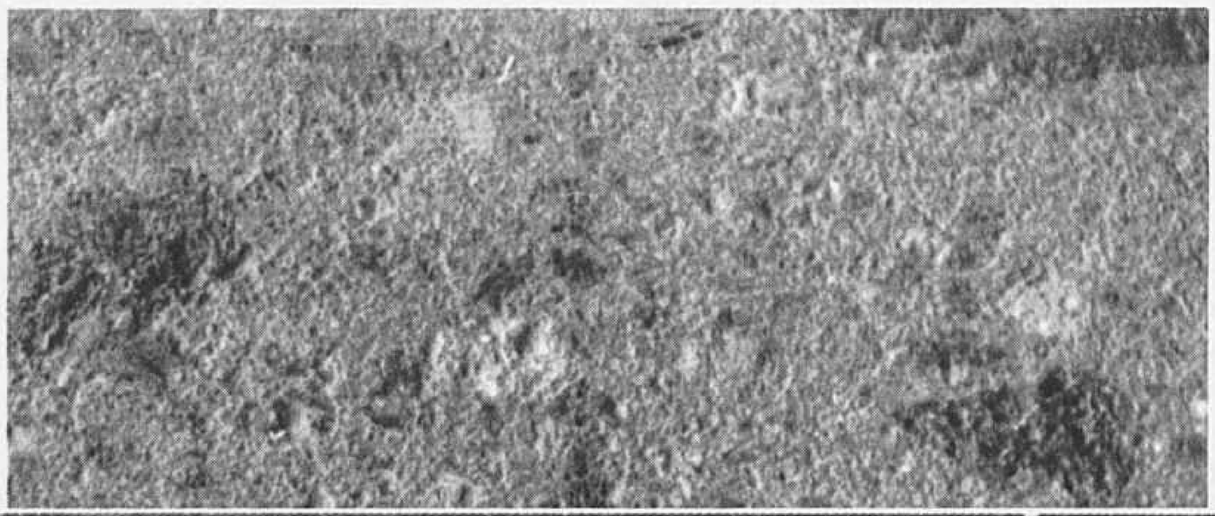
Das Nördlinger Ries vor der Flurbereinigung (Luftbild Albrecht Brugger, Stuttgart, freigeg. vom Innenmin. Bad.-Württ. Nr. 2/14605-2/14607)

Als Baustein für Kirchen, Klöster, Schlösser und öffentliche Gebäude wurde dieses Gestein seit Ende des 14. Jahrhunderts überall im Ries dort verwendet, wo die reichlich vorhandenen Kalke den Anforderungen an Haltbarkeit und Schönheit nicht genügten. Das herrliche Wahrzeichen des Rieses, die St. Georgskirche in Nördlingen, gibt davon Zeugnis. Dann geriet das Material in Vergessenheit. Erst wieder Anfang dieses Jahrhunderts wurde es für den Bau des Verkehrsministeriums vorgeschlagen, und so wurden die Steinbrüche neu geöffnet.

Der schöne, merkwürdig einzigartige Stein wurde unter verschiedenen Namen geführt (Traß, bayerischer Traß, Riestraß, Tuffstein, Trachyttuff). Er beschäftigte über einhundert Jahre die Experten immer wieder von neuem. Im Jahr der Grundsteinlegung hielt man ihn für ein vulkanisches Gebilde. Niemand ahnte seinerzeit, daß er durch den Einschlag eines kosmischen Körpers in die Schwäbisch-Fränkische Alb entstanden war — vor 15 Millionen Jahren.

Feierlicher 13. November 1906: Der Deutsche Kaiser legt den Grundstein für den Sammlungsbau des Deutschen Museums.

Lang ein Rätsel für die Fachwelt: der Suevit mit seinen Einschlüssen, entstanden durch den Einschlag eines kosmischen Körpers.



Man stellt sich heute vor, daß nach dem Aufprall das zerschlagene und aufgeschmolzene Gestein in die Höhe geschleudert wurde, sich mischte und als feinstverteiltes Material wieder niederschlug. Es lagerte sich — je nach den Wirbeln in der großen Gasmasse — in verschiedener Höhe von Zehnermetern im Krater und auf seinem Rand ab. Da alles in dieser atompilzartigen Explosion frei hochgeworfen wurde und dann wieder zurückfiel, ist die Gesteinsschmelze in Fetzen und Fladen zerteilt und mit größeren, selten über 20 cm messenden Gesteinsbruchstücken vermengt. Dieses ganze, verschiedenartig getönte und gefärbte und in den unterschiedlichen Einschlüssen sehr abwechslungsreiche Gesteinsmaterial ist in seinen Bestandteilen gut zu erkennen. Es erhielt 1919 den wissenschaftlichen Namen Suevit — nach Suevia, dem lateinischen Namen für Schwaben. Suevit finden wir nicht nur an der Oberfläche an einigen Dutzend Stellen auf etwa 30 mal 30 Kilometern im und um das Ries; er ist auch in der Tiefe durch Bohrungen nachgewiesen.

Die Bildung des Suevits — eng mit der Bildung des Rieses verknüpft — war ja auch eigentlich der Schlüssel zu dieser früher von den Geologen als größtes geologisches Rätsel Europas bezeichneten Landschaft. Denn sehr viele und sehr widersprüchliche, zudem unbefriedigende Erklärungen waren diskutiert worden, ehe 1960 der erste schlüssige Beweis für die Theorie des Meteoritenaufschlags gefunden wurde. Es war eine Sensation, als im August jenes Jahres die Washingtoner Mineralogen E. C.T. Chao und E. M. Shoemaker in einem halbgeschmolzenen Graniteinschluß eines solchen Suevits ein Mineral fanden, das kurz zuvor im Meteoritenkrater von Arizona erstmals entdeckt worden war: Coesit. Chemisch Kieselsäure (SiO_2) wie der Quarz, konnte es nur durch den außerordentlich hohen Druck beim Einschlag eines Meteors entstanden sein. Denn nur durch Anwendung von Druck war es L. Coes 1953 als erstem gelungen, dieses Mineral künstlich herzustellen. Nach seinem Namen tauften es die erfreuten Forscher Coesit.

So mikroskopisch klein der Coesit vorkommt und so wenig Chao davon fand, so beweiskräftig muß er trotzdem für die Bildung des 20 bis 24 km großen Rieskessels und der vielen Kubikmeter ausgeworfener Gesteinsmassen aller Art sein. Inzwischen wurden zahlreiche andere Veränderungen in den Gesteinen entdeckt — verschiedene wurden auch auf dem Mond mit seinen Einschlagkratern gefunden.

So entpuppte sich auch im nachhinein der einzigartige Suevit als würdiger und passender Grundstein für ein Haus der Naturwissenschaften und der Technik.

Ekkehard Preuss

AUS ALLER WELT

WINTERTHUR

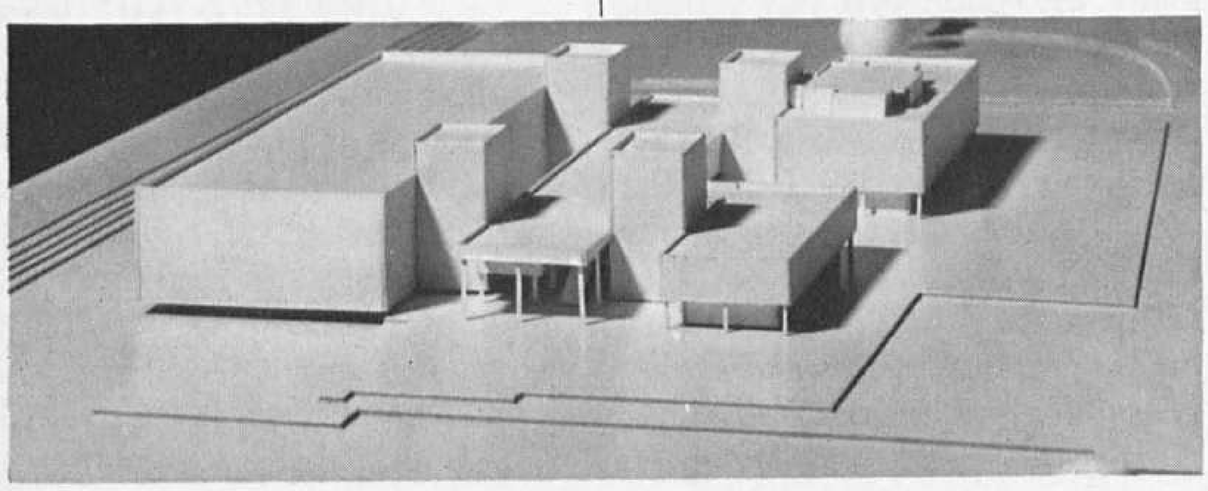
Bereits um die Jahrhundertwende bemühten sich in Winterthur weitblickende Persönlichkeiten »zu Nutz und Ehre des Landes die Spuren des Entwicklungsganges des schweizerischen Maschinenbaus zu sammeln und zu erhalten«. 1908 mußte das eingesetzte Aktionskomitee aber einsehen, daß der Versuch mit »unzureichenden Mitteln« unternommen worden war. Als Folge wurden die bereits sichergestellten Maschinen aus der frühesten Entwicklungszeit verschrottet oder wanderten in ausländische Museen ab, wie in das Deutsche Museum zum Beispiel das Prachtstück der Kraftmaschinenabteilung, die Dampfmaschine der Gebrüder Sulzer. Erst gegen Ende des Zweiten Weltkrieges lebte die Idee wieder auf. Die Bemühungen führten 1947 zur Gründung des »Vereins für ein schweizerisches technisches Museum« in Winterthur, der heutigen »Schweizerischen Gesellschaft Pro Technorama«. — Nachdem 1974 Politiker und Journalisten der Schweiz in einem Sonderzug nach München gekommen waren, um sich im Deutschen Museum von der Notwendigkeit eines schweizerischen technischen Museums zu überzeugen, nachdem in einer Volksabstimmung die Eidgenossen dem Projekt zugestimmt und die politischen Instanzen die Bewilligung der Mittel zugesagt hatten, intervenierte die Finanzkommission der Schweizer Bundesregierung wegen angespannter Finanzlage und stufte die ausgereifte Technorama-Vorlage in die Liste der »nicht dringend notwendigen« Projekte ein. — Nicht nur das Deutsche Museum, das mehrere Jahre im Fachbeirat die Planung mittrug, sondern das ganze Internationale Komitee der technischen Museen bedauert, daß eine Darstellung der wichtigen schweizerischen Technikgeschichte nun doch noch auf sich warten läßt. Es wünscht den enttäuschten Schweizer Kollegen guten Mut zum Durchhalten.

TOKIO

Im Rahmen der Vorbereitungen für ein neues Museum in Japan wurden zwei Kopien unseres Filmes »Museum heute — spielen ... lernen ... verstehen ...« gekauft. Das japanische Fernsehen strahlte den Streifen bereits aus. — Der Verlag Kodansha Ltd. bereitet einen Farbbildband über das Deutsche Museum vor. Er soll zu unserem Jubiläum 1978 erscheinen.

TOKIO

Vor hundert Jahren wurde das National Science Museum in Tokio unter dem damals erstaunlichen Namen »Education Museum«, Bildungsmuseum, eröffnet. Damit begann eine Museumsgeschichte, die die heute wieder viel diskutierte polare Spannung durchzuhalten suchte: Konservierung *und* Bildung, Forschung *und* Lehre. Zu den Abteilungen gehören Gebiete wie Physik, Chemie, Astronomie oder Technologien neben Zoologie, Botanik und Anthropologie. Das bietet die unvergleichliche Chance, in den Ausstellungshallen und dem zugehörigen Nationalpark nicht nur technizistische Entwicklungen darzustellen, sondern sich der Technikgeschichte wie der wissenschaftlichen und technischen Zukunft der Menschheit gleichermaßen zuzuwenden — nämlich dem Themenkreis Technik und Kultur, Technik und Umwelt, Technik und Humanität. — Das Museum verfügt über 158 Mitarbeiter, darunter 70 Wissenschaftler. — Wir gratulieren zum Jubiläum!



MADRID

Das spanische Kultusministerium plant den Aufbau eines technischen Museums. Mit dem Palais de la Découverte, Paris, und dem Science Museum, London, wurden wir im Juni zu einer dreitägigen Planungskonferenz nach Madrid gebeten.

NAIROBI

Zur Vorbereitung für den Aufbau eines technischen Museums im Rahmen des Nationalmuseums in Kenia weilte Michael Mungai zu einem viermonatigen Praktikum im Deutschen Museum. Er arbeitete in allen Werkstätten und half zum Schluß bei den Experimentalvorlesungen in der Chemie. Die Planungsberatung dauert fort.

LENINGRAD

Auf der Sitzung des Internationalen Komitees der naturwissenschaftlich-technischen Museen im ICOM am 19. Mai wurden der Generaldirektor, Th. Stillger, und sein Vertreter, G. Gottmann, zum Präsidenten und zum Geschäftsführer gewählt. Die nächste Sitzung wird im September 1978 im Kerschensteiner Kolleg des Deutschen Museums stattfinden.

EDINBURGH/ STOCKHOLM

Auf dem »XV. International Congress of the History of Science« war der Leiter der Abteilung Bildung, Dr. Teichmann, eingeladen, die Ziele der Arbeitsgruppe Didaktik am Deutschen Museum vorzustellen. Er sprach auch über »The Prehistory of Ohm's Law«. Bei einem Seminar des schwedischen Schwestermuseums im August berichtete er über »Technology and Society — Past and Present. A Pedagogical Project at the Deutsches Museum«.

LONDON

Im Courtauld Institute der Universität London hielt Dr. Kühn, wissenschaftlicher Assistent am Forschungsinstitut für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik des Deutschen Museums, im Februar eine Vorlesungsreihe mit Übungen über Maltechnik und Malmaterial.

BUDAPEST

Der Leiter der Abteilung Chemie, Dr. O. Krätz, wurde berufen als Delegierter der GDCh (Gesellschaft Deutscher Chemiker) in die Vereinigung europäischer chemischer Gesellschaften mit dem Sitz in Ungarn.

LONDON

Auf Einladung des British Council besuchten die Generaldirektorin des Science Museums, Mrs. Weston, und ihr Vertreter, Mr. Wartnaby, unser Haus. Der Besuch wurde auf gleicher Ebene erwidert und dabei ein kontinuierlicher Erfahrungsaustausch vereinbart. Zehn Mitarbeiter verbrachten im Juli eine Studienwoche in London, zum Gegenbesuch kommt es im September.

ROM

Mit Unterstützung des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD) hielt im Mai eine Gruppe von 25 Physikprofessoren, -dozenten und -lehrern der Universität Rom eine Studienwoche im Kerschensteiner Kolleg des Museums. Das Thema lautete: »Geschichte der Physik und Technik zwischen Deutschland und Italien«.

MÜNCHEN

Im Rahmen einer dreiteiligen Sendereihe »Museumspädagogik« im Lehrerkolleg strahlt der Bayerische Rundfunk am 13. 12. 1977 um 17.15 Uhr und am 14. 12. 1977 um 22.45 Uhr im Dritten Fernsehprogramm eine 30-Minuten-Sendung über das Deutsche Museum aus. Studienmaterial zu dieser Sendung erscheint gleichzeitig in der TR-Verlagsunion München.

Stifter & Förderer

Die geschichtlich wertvollen Gegenstände aufzuspüren und zu ihrer Beschaffung und ihrem Unterhalt alle Überredungskünste richtig einzusetzen — ist oberstes Gebot für jeden Museumsmann. Denn ohne die Großzügigkeit der Stifter aus aller Welt hätte das Deutsche Museum nicht entstehen und sich weiterentwickeln können.
So bekamen wir 1977 im ersten Halbjahr 250 Objekte, die unsere Ausstellungsabteilungen oder Studiensammlungen bereichern. Hier ein Auszug:

Wissenschaftliche Chemie/ Technische Chemie
Fond der Chemischen Industrie, Frankfurt: Stiftung von Schwerchemikalien
Fa. Graen, München: kostenlose Lagerung der Schwerchemikalien
Jenaer Glaswerke, Schott & Gen., Mainz: Stiftung von Laborgläsern und Apparaturen
Fa. Sartorius, Göttingen: oberschalige Laborwaage, mechanisch, Bj. 1977 mit el. Skalenbeleuchtung, 1977/1004

Elektrische Energietechnik
Brown, Boveri + Cie AG, Lampertheim: Thyristor-Doppelsäule eines HGÜ-Stromrichterventiles; Modul entsprechend der Aufbaustufe I der Cabora-Bassa-Anlage, 1977/ . . .

Erdöl und Erdgas
AEG-Kanis, Essen: Verdichterstation, 1977/978
Christensen Diamond Products GmbH, Celle: Diamantmeißel 8½", 1977/1017
Deutsche Orient-Gesellschaft e. V., Berlin: 3 Tonstifte von einem Wandmosaikfries aus Habuba Kabira-Süd, L 113/77 a, b, c und 5 weitere Objekte
Dyna-Drill, Long Beach/Cal., USA: Dyna-Drill 3¾", 1977/991
Preussag AG, Hannover: Innenzentriervorrichtung, 1977/993
Ruhrgas AG, Essen: Meßblendenwechsler NW 500, Bj. um 1965, 1977/1002
Siemens, München: Lastverteilung für Gasversorgung, 1977/1091
Vereinigte Tanklager Gesellschaft, Bremen: Versorgungsschiff »Boltentor«, 1977/962

Geodäsie
Gräfin Görtz, gen. Willina, Forsthaus Schlitz: Theodolit, 1977/1105
Fa. Wild, Heerbrugg, Schweiz: Wild-Theodolit T 3, 1977/1151
Carl Zeiss, Oberkochen: elektronisches Tachymeter RegElta 14, Nr. 90 524, 1977/1104

Haustechnik
Bayer AG, Leverkusen: Feuermelde-Anlage mit Morse-Sicherheitsschaltung, Bj. 1912, 1977/1090
Bhavat Heavy, Electricals Ltd., Neu Delhi/Indien: Sonnenkocher aus Indien, Bj. 1977, 1977/1050

Hüttenwesen
Bergmann, A., Altena: Fundstücke einer frühen Eisenerzeugung aus einer Ausgrabung in Westfalen
Daimler-Benz, Stuttgart, und Erich Herrmann & Co. KG, Karlsruhe: Druckgießform zum Einbau in die Druckgießmaschine der Fa. Frech, 1977/966
Eisenwerk Fried. Düker GmbH & Co., Karlstadt: Beleuchtung für die Gießerei-Ausstellungsräume
Piel & Adey, Solingen: Kokillen und Gußwerkstücke
Technica-Guß GmbH, Würzburg: Stranggußkokille für Fräsmaschinentische

Kraftmaschinen
Dylla, Günther, München: ventilloser Viertaktmotor mit rotierenden Hubkolben, 1977/994
Motoren-Werke Mannheim AG, Mannheim: wassergekühlter Viertakt-Dieselmotor, Typ D 232-V8, Bj. 1976, 1977/1101
Adam Opel AG, Rüsselsheim: 1,2-l-Opel-Kadett-Motor mit Getriebe, Bj. 1976, 1977/1003

Landverkehr
Audi NSU Auto Union, Ingolstadt: NSU Ro 80, Bj. 1977, 1977/1021
BMW Motorrad GmbH, München: BMW-Motorrad R 100 RS, 70 PS, Bj. 1976, Zweizylindermotor 1000 cm³, L 98/77
Kemper, Hermann, Nortrup: erster Prüfstand für die Entwicklung magnetisch schwebender Eisenbahnfahrzeuge, 1977/1019
Richter, Alois, München: Motorroller Zündapp Bella 200, Bj. 1954, 1977/1110
Volkswagenwerk, Wolfsburg: Experimental-Sicherheits-Volkswagen, Bj. 1972, L 108/77

Luftfahrt
Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- u. Raumfahrt, Göttingen: historischer Wasser-Versuchskanal von Ludwig Prandtl, Bj. 1903/04, 1977/1022
Deutsche Lufthansa, Frankfurt: Verkehrsflugzeug Junkers G 38 M 1:25, Bj. 1938, 1977/950 und 3 weitere Modelle 1:25, die die Lufthansa AG flog.
Deutsche Lufthansa, Hamburg: Triebwerk Rolls-Royce »Conway Mark 508«, Bj. 1965, 2-Wellen-»By-pass«-Strahlturbine S. N. 5328, 1977/1108
Dietmar, Ernst-Ulf, Frankfurt: Bordfunkgerät der deutschen Luftwaffe FUG 16, um 1944, 1977/1095
Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, Ottobrunn: Jagdflugzeug Messerschmitt ME 109, M 1:25, Bj. 1937, 1977/979 und 9 weitere Modelle 1:25 von ähnlichen Messerschmitt-Flugzeugen

Metallbearbeitung
Beh, Otto, Esslingen: Münzprägeautomat
Kelch & Co., Schorndorf: Wandtafel mit Spannwerkzeugen
Willy Sauter KG, Metzingen: Sauter-Hydro-Kopiereinrichtung KM 61, 1977/1039

Musikinstrumente
Ganter, Hermann, München: Ventiltrompete, Bj. 1977, 1977/1038
Höfner, Karl, Bubenreuth: Elektro-Gitarre, 1977/1119
Fa. Lefima, Cham: 2 Drehpaukenpaare, 1977/1147 a, b
Fa. Lefima, Cham: Orchester-Rührtrommel, 1977/1148
Zapf, Gerd, Hohenbrunn: 2 Ventiltrompeten, L 100/77, L 107/77

Photographie
Güttner, R., Esslingen: 16-mm-Schmalfilmkamera (Spezial-Flugzeug-Bordkamera) von Bell & Howell, 1977/948

Physik
Köhler, Eleonore, Garmisch-Partenkirchen: terrestrisches Fernrohr mit konischem Holztubus, 1977/1034
Linde AG, Höllriegelskreuth: Heliumverflüssigungsanlage VRK 4, funktionsfähig, 1976/710
Loher, Rudolf, Dr., München: Augenspiegel von Hermann von Helmholtz, 1851, 1977/1058, achromatisches Objektiv aus Fraunhofers Werkstätte, 1977/1086 und weitere 59 Objekte
A. Pfeiffer Vakuumtechnik Wetzlar GmbH: Asslar, Turbo-Molekularpumpe TPU 200, Bj. 1976, 1977/976

Schiffahrt
Deutsche Dampfschifffahrts-Gesellschaft »Hansa«, Bremen: Stückgutschiff M. S. »Sturmfels«, M 1:100, 1977/972
Reineck, H. E., Prof., Wilhelmshaven: Kastengreifer zur Entnahme von Meeresbodenproben
Rey, Herbert, Schönkirchen: Flügelgleitboot mit Luftschraubenantrieb und schwenkbarem Fahrwerk, Typ R 1, 1977/1024
Scherg, Vinzenz, Hafenlohr: Flaschenschiff H.M.S. Bounty mit Untergestell in 5-l-Flasche, L 99/77
Schwarz, Theo, Lübeck: Flaschenschiff Sagres II, 1977/1113

Schreib- und Drucktechnik
Biro Ladislaus, Buenes Aires: erster serienmäßiger Kugelschreiber, Bj. 1943
Fritz Jaeckle KG, Kalenderfabrik, Vaihingen/Enz: Fotosetzmaschine Intertype Fotosetter, Bj. 1963, 1977/996
Fritz Jaeckle KG, Kalenderfabrik, Vaihingen/Enz: Polytype-Matrizen-Waschautomat VELOX, 1977/998
Siemens AG und Dr. Ing. R. Hell, Kiel: Überholung und Ersatzteile des Hell-Klischographen

Unsere Autoren

Alto Brachner (1945), Diplomphysiker. Studium der theoretischen Physik an der Technischen Universität München. 1970 Vorbereitungsdienst für das Lehramt an Gymnasien. Freier Mitarbeiter am Institut für Film und Bild. Seit 1971 am Deutschen Museum, zunächst Betreuung des Fachbereichs Nachrichtentechnik, seit 1974 Leiter der Abteilung Physik. Verschiedene Veröffentlichungen zu historischen und didaktischen Problemen der Quantenmechanik und Elektrodynamik.

Günther Gottmann (1931). Studium der Philosophie, Theologie, Pädagogik und Geschichte. Unterricht an Volksschulen, Berufsschulen und Gymnasien, Hochschuldienst zur Lehrerfortbildung. Nach zwei Jahren Entwicklungshilfe — Aufbau eines Bildungsfernsehens in Brasilien — als Oberstudiendirektor Stellvertreter des Generaldirektors und Leiter der Hauptabteilung für Bildung und Öffentlichkeit im Deutschen Museum.

Bert Heinrich (1926), Rektor an einer Hauptschule. Tätigkeit im Bereich Schulfilm (FWU) und Schulfernsehen (Saarländischer Rundfunk, Bayerischer Rundfunk). Seit 1976 Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Didaktik am Deutschen Museum.

Prof. Dr. *Armin Hermann* (1933). Studium der theoretischen Physik an der Universität München. 1963 bis 1966 wissenschaftlicher Assistent am Forschungsinstitut für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik des Deutschen Museums. Seit 1968 Inhaber des Lehrstuhls für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik an der Universität Stuttgart. Verschiedene wissenschaftliche Veröffentlichungen, zuletzt »Die Jahrhundertwissenschaft« (DVA Stuttgart).

Zdenka Hlava (1937), Diplomvolkswirt. Studium an der Ökonomischen Hochschule in Prag. Stellvertretende Chefredakteurin der Zeitschrift für angewandte Kunst und Architektur »Domov«. Leiterin der Abteilung Öffentlichkeitsarbeit im Deutschen Museum.

Prof. Dr. rer. nat. *Friedrich Klemm* (1904). Studium der exakten Naturwissenschaften, der Naturwissenschafts- und Technikgeschichte sowie der Bibliothekswissenschaften. Bis 1969 Direktor der Bibliothek des Deutschen Museums, 1963 bis 1974 Mitvorsteher am Forschungsinstitut für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik des Deutschen Museums. Seit 1959 Honorar-Professor für Geschichte der exakten Naturwissenschaften und der Technik an der Technischen Universität München, seit 1976 Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Didaktik am Deutschen Museum.

Dr. *Otto Krätz* (1937). Studium der Chemie an der Ludwig-Maximilian-Universität in München. Am Forschungsinstitut für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik des Deutschen Museums als Liebig-Stipendiat, dann als wissenschaftlicher Assistent. Tätigkeit in der Abteilung Chemie des Deutschen Museums, seit 1973 als Leiter. Vom gleichen Jahr an Lehrauftrag für die Geschichte der Chemie an der Ludwig-Maximilian-Universität München. Mitherausgeber der Reihe »arborscientiarum — Beiträge zur Wissenschaftsgeschichte«. Vorstandsmitglied der Fachgruppe »Geschichte der Chemie« in der Gesellschaft Deutscher Chemiker.

Gernot Krankenhagen (1941). Maschinenbau-Studium (Energietechnik) an den Technischen Universitäten München und Berlin. Referent am Sekretariat der Kultusministerkonferenz und am Institut für Film und Bild (Herausgabe einer Schriftenreihe zur audiovisuellen Pädagogik). Innerhalb der Arbeitsgruppe Didaktik am Deutschen Museum seit 1977 Leiter eines Projekts für die Erstellung von Materialien zur Weiterbildung von Ausbildern.

Ali Mitgutsch (1935). Nach Lithographenlehre und Lehre als graphischer Zeichner Studium an der Graphischen Akademie bei Prof. Ege. Malt, zeichnet und illustriert. Fand einen neuen Weg, Kindern technische Entwicklungen verständlich zu machen. Schuf einen Übergang vom Bildersachbuch zum Sachbilderbuch.

Hans Peter Münzenmayer (1943). Studium der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, der Mathematik und theoretischen Physik an den Universitäten Tübingen und Stuttgart. Industrietätigkeit als Konstrukteur im Kunststoff- und Verpackungsmaschinenbau. Mitarbeiter an der Leibniz-Edition, mathematischer, naturwissenschaftlicher und technischer Briefwechsel, in Hannover. Seit 1975 Assistent am Forschungsinstitut für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik des Deutschen Museums.

Dr. *Egon Popp* (1932). Studium der Zoologie, Botanik, Geologie und Chemie an der Universität München. Als Konservator Arbeit über die Biologie der Milben und des Bodens. Neben mehreren Forschungsreisen Teilnahme als Dozent und Schüler an einem Trainingssemester für Acarologie an der Universität Columbus/Ohio. Bis 1970 Leitung der Abteilung für wirbellose Tiere an der Zoologischen Staatssammlung München, seither Direktor des Naturkundlichen Bildungszentrums.

Prof. Dr. phil. nat. *Ekkehard Preuss* (1908). Studium der Mineralogie, Physik und Chemie in Jena. Wissenschaftliche Mitarbeit bei den Optischen Werken Steinheil Söhne in München. Zuletzt als Wissenschaftlicher Rat am Institut für angewandte Mineralogie in Regensburg.

Max J. B. Rauck (1907). Studium des Maschinenbaus an der Technischen Hochschule München, Beschäftigung mit der Geschichte des Motoren- und Automobilbaus. Bei der Daimler-Benz AG als Konstrukteur und Haushistoriker, Verbindungsmann zum Deutschen Museum. Ab 1946 im Deutschen Museum als Leiter der Abteilungen Wärmekraftmaschinen, Landverkehr sowie Straßen- und Brückenbau, später Museumsdirektor. Nach der Pensionierung 1972 Planung eines Automobilmuseums im Ausland und andere Beratungstätigkeit.

Kurt Rohrbach (1934). Studium des Schwermaschinenbaus in Gleiwitz. Tätigkeit im Schwermaschinenbau und Automobilbau in Nikolau und Zschopau. Zunächst als freiberuflicher Ingenieur, ab 1963 als Abteilungsingenieur am Deutschen Museum mit dem Aus- bzw. Aufbau der Abteilungen Luftfahrt und Kraftmaschinen sowie Landtechnik und Papiertechnik beauftragt.

Dr. *Jürgen Teichmann* (1941). Studium der Experimentalphysik mit Diplomabschluß. Weiterstudium von Wissenschaftsgeschichte, -theorie, -soziologie und Neuerer Geschichte an den Universitäten Münster und München. Unterricht an einer höheren Schule. Wissenschaftlicher Assistent am Forschungsinstitut für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik des Deutschen Museums. Seit 1974 Abteilungsleiter für Bildungsarbeit am Deutschen Museum. Lehraufträge für Geschichte der Naturwissenschaften an den Fakultäten für Physik und Erziehungswissenschaften der Universität München. Seit 1976 wissenschaftlicher Leiter der Arbeitsgruppe Didaktik am Deutschen Museum.

Dr. *Jochim Varchmin* (1937). Studium der Experimentalphysik in München. Lehr- und Forschungstätigkeit in Grenoble und Lima. Unterricht an einer höheren Schule in München. Referent für Bildungsforschung bei der Stiftung Volkswagenwerk. Innerhalb der Arbeitsgruppe Didaktik am Deutschen Museum seit 1976 Leiter eines Projekts für die Erarbeitung von Unterrichtsmaterialien für allgemeinbildende Schulen.

Ludvík Veselý (1920). Studium der Ästhetik und Philosophie an der Karls-Universität in Prag. Stellvertretender Chefredakteur der Zeitschrift des Tschechoslowakischen Schriftstellerverbandes »Literarni listy«. Autor von wissenschaftlichen und technischen Reportagen in Zeitschriften, im Rundfunk und im Fernsehen. Seit 1968 in der Bundesrepublik.

Lieber Leser:

Sie haben die erste Nummer einer neuen Zeitschrift durchgeblättert, manches gelesen. Kultur & Technik ist ein Versuch, den eine passionierte Redaktion und ein mutiger Verleger unternommen haben. Ein Wagnis, das uns lohnend scheint, weil Kultur und Technik — obgleich untrennbar verbunden — noch immer verschiedene Sprachen sprechen; ein Wagnis, das uns notwendig scheint, um ein Band zu knüpfen zwischen uns und den vielen Freunden und Mitgliedern des Deutschen Museums; ein Wagnis, das uns kalkulierbar scheint, weil wir noch mehr Freunde zu gewinnen hoffen.
Sie können uns helfen, wenn Sie Ihre Meinung sagen: zu dieser Zeitschrift und zu der Arbeit des Museums. Und Sie können besonders helfen, wenn Sie in Ihrem Bekanntenkreis Interessenten finden, die Mitglieder des Deutschen Museums werden wollen oder Kultur & Technik abonnieren. Dabei werben Sie nicht für Unbekanntes: Es leben nämlich etwa 20 Millionen Bundesbürger, die schon einmal in unserem Museum waren, fast fünf Millionen von ihnen viermal und öfter.
2500 Freunde halten seit vielen Jahren als Mitglieder dem Museum die Treue, über eintausend sind in den vergangenen vier Monaten dazugestoßen. Ihnen allen sei gedankt.

Deutsches Museum

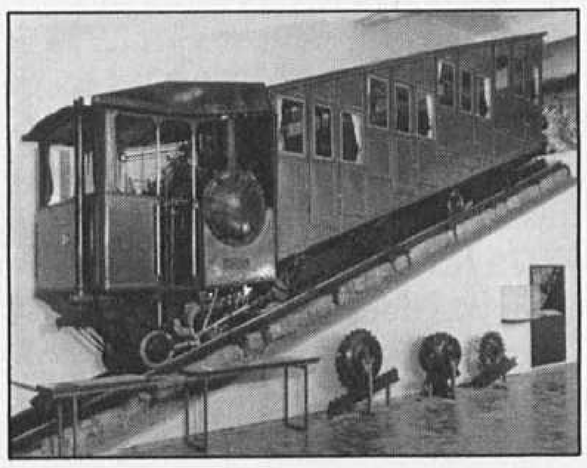
Bild- und Quellennachweis

Günter von Voithenberg, München: Seiten 5—8, 16, 21 bis 24, 54. Ulrich Hahn, München: Seite 26. Die Bilder zum Beitrag »Ars viva« wurden vom Kulturkreis im Bundesverband der Deutschen Industrie e. V., Köln, zur Verfügung gestellt. Claudia Siegel-Julius, München: Seite 37 (2). Mit freundlicher Genehmigung des Verlags Georg D. W. Callwey aus »Kunst und Technik der Wölbung« (München 1965): Seiten 39 (Abb. 5), 40, 45 (2). Werner Stuhler, Lindau: Seite 44 (Abb. 14). Die Sachbilderbücher »Rund ums Rad« und »Rund ums Schiff« von Ali Mitgutsch sind im Otto Maier Verlag, Ravensburg, erschienen. Luftbild Albrecht Brugger, Stuttgart: Seiten 58/59. Alle übrigen Vorlagen aus dem Photoarchiv des Deutschen Museums München.

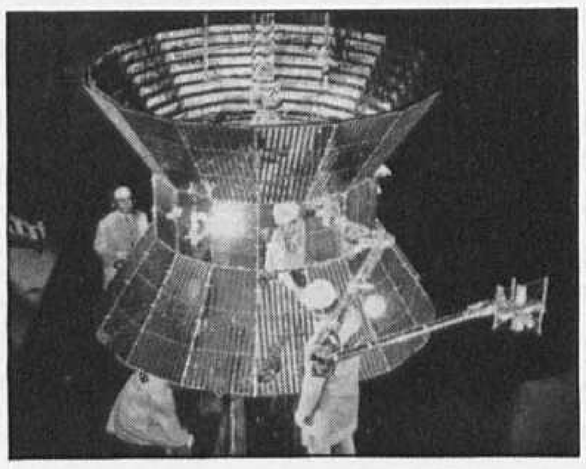
DEUTSCHES MUSEUM
BIBLIOTHEK

Vorschau

Unter den vierhundert ältesten Photographien, die das Deutsche Museum bewahrt, sind echte Schätze. Bahnbrechende Arbeiten leistete der erste aller Dozenten für Photographie, Hermann Kroner (1827—1916), Dresden. Der weibliche Akt stammt etwa aus dem Jahr 1850 *(Adolf Wissner)*.

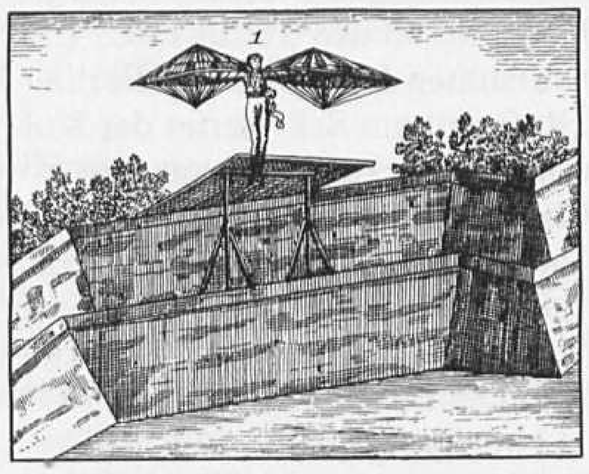


Den Landverkehr im Museum bereichert seit Juni eine neue Abteilung. Sie zeigt Originale alter Zahnrad- und moderner Seilbahnen *(Hans Straßl)*.

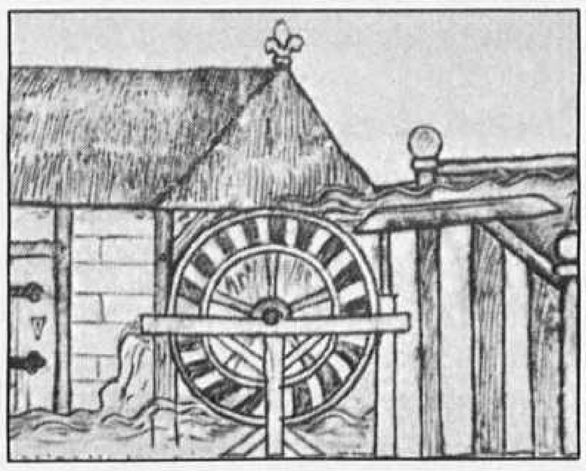


Das Sonnenforschungsprogramm Helios war so erfolgreich, daß zwei Sonden einwandfrei funktionierten. Die dritte wird die Abteilung Raumfahrt ergänzen. Warum so teuere Projekte in den Himmel schießen, wenn es auf der Erde brennt, fragten wir einen der beteiligten Wissenschaftler *(Gerd Wibberenz)*.

Das Modell eines Wikingerschiffes in unserer Schiffahrthalle diente einer Gruppe lern- und geistigbehinderter Kinder als Vorlage zum Nachbau in Originalgröße. Es fährt nicht nur auf dem Chiemsee; wichtiger waren die Gemeinschaftsarbeit und ihre Folgen *(Günther Hoffmann)*.

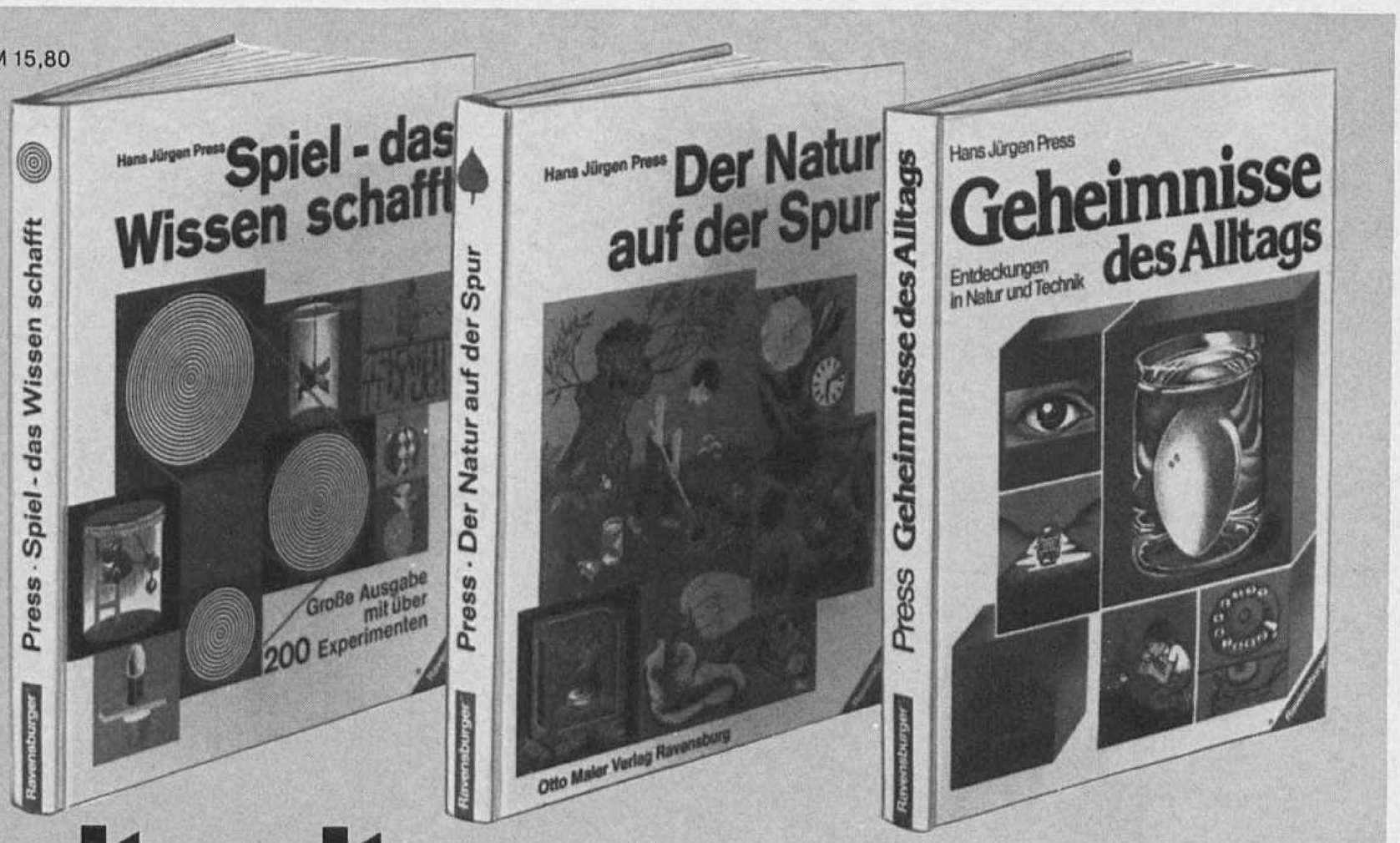


»Die Entwicklung der Flugtechnik und die Mythen vom Fliegen« lautete ein Artikel 1928 in der Zeitschrift Imago, herausgegeben von Sigmund Freud. Der Autor bearbeitete ihn neu für Kultur & Technik *(Max Mengeringhausen)*.



Die Energiequellen der Technik von der Antike bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts gewinnen neue Aktualität in der heutigen weltweiten Diskussion um die Energie *(Friedrich Klemm, Jochim Varchmin)*.

144 Seiten, DM 15,80
ISBN 3-473-35551-8 ab 9
Aufgenommen in die Auswahlliste zum Deutschen Jugendbuchpreis. Deutsche Gesamtauflage mit Taschenbuch über 320 000 Exemplare.

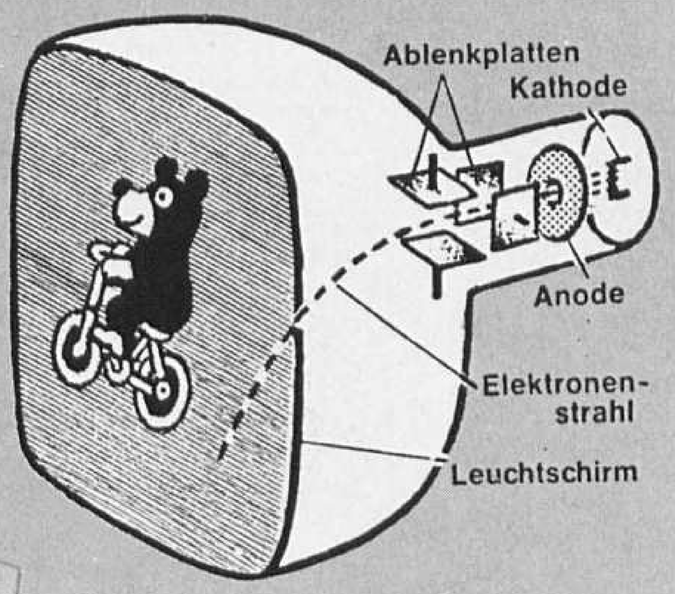


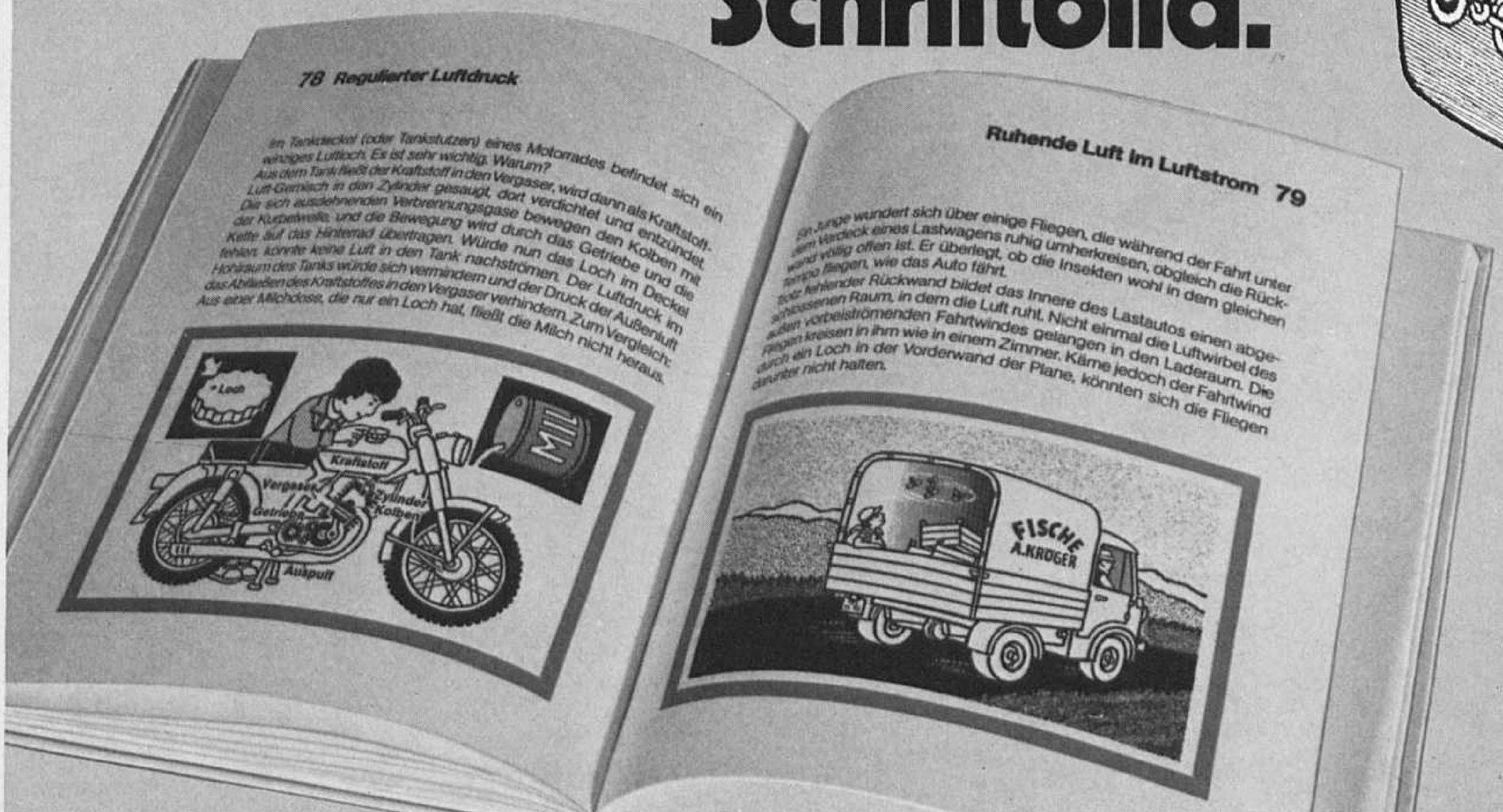
Neu-ausstattung der weltweit erfolgreichen Reihe: Jetzt noch ansprechender durch zweifarbige Illustrationen und größeres Schriftbild.

128 Seiten, DM 15,80
ISBN 3-473-35552-6 ab 10

144 Seiten, DM 15,80
ISBN 3-473-35553-4 ab 10
Erschien als Vorabdruck teilweise im »Stern«

Hans-Jürgen Press ist verheiratet, hat zwei Söhne und lebt heute in Hamburg. Vielen ist er durch seine Mitarbeit an der »Sternchen«-Seite im Stern vertraut.
Sein bewährtes Konzept, geschickte Kombination von Kurztext und Zeichnung ermutigt selbst ungeduldige Leser zu eigenen Beobachtungen und spielerischen Experimenten.





Otto Maier Verlag Ravensburg

Selbst-Verständnis.

BMW Automobile waren schon immer Ausdruck jenes Konstruktionsprinzips, das auch heute jeden BMW auszeichnet: Hochwertigste Technik und überlegene Leistungsfähigkeit in möglichst kompakten Dimensionen und unaufdringlich eleganter Linienführung. Nicht für den anspruchsbetonten Fahrer, sondern für den betont anspruchsvollen.

Eines der konsequentesten Beispiele für diesen eigenständigen Charakter ist das neue BMW Coupé: Es unterscheidet sich damit ebenso von den Alternativen der Gegenwart wie seine Vorgänger von denen der Vergangenheit.

BMW 630 CS, BMW 633 CSi

Die Optimierung eines automobilen Ideals – eine Alternative, für die vorhandene Coupés keine Alternativen sind.

BMW – Freude am Fahren