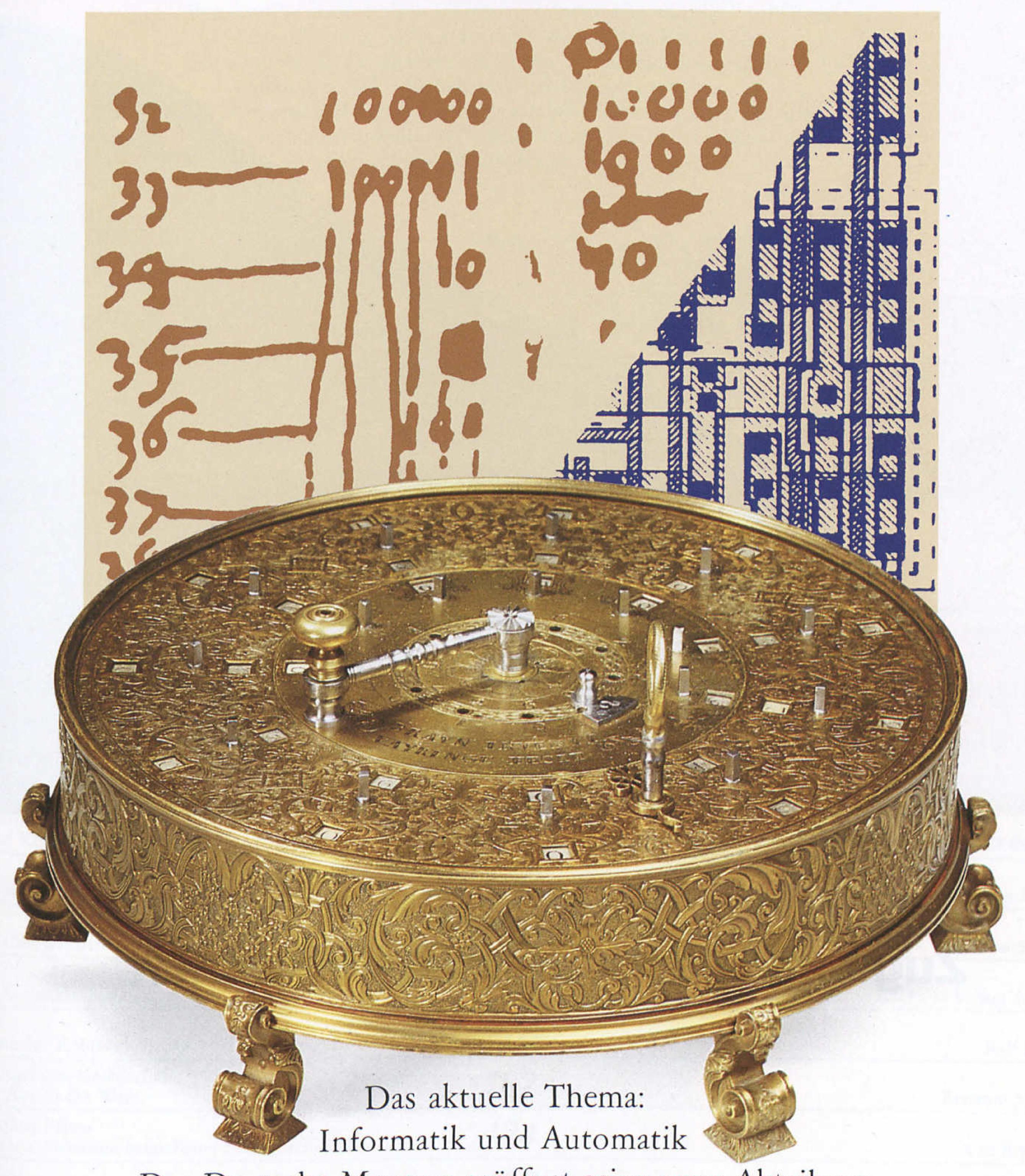
ZB736-1 B9797 F

Kultur Echnik Zeitschrift des Deutschen Museums Verlag C. H. Beck, München 3/1988



Das Deutsche Museum eröffnet seine neue Abteilung Galileis Turmexperiment Fraunhofers Erben





Mit 172 Zielen in 83 Ländern ist Lufthansa einer der gefragtesten Weggefährten der deutschen Wirtschaft.

Zugvogel der deutschen Wirtschaft.



INHALT

Informatik und Automatik' eröffnet

Seit Mai steht die neue Abteilung des Deutschen Museums – 'Informatik und Automatik' – den Besuchern offen. Zu sehen sind frühe mechanische Rechenmaschinen, kryptografische Geräte, komplexe Rechenautomaten, Prunkstücke der Robotik und vieles mehr, eben alles wichtige zum Thema. Die Unterabteilung 'Mikroelektronik' wird ab Mai kommenden Jahres den Gesamtaufbau noch vervollständigen. Die besondere Attraktion sind – traditionsgemäß – auch diesmal wieder die eigens entwickelten Demonstrationsmodelle, die die komplizierten abstrakten Abläufe veranschaulichen. Kultur & Technik widmet sich in der vorliegenden Ausgabe schwerpunktmäßig der neuen Abteilung.



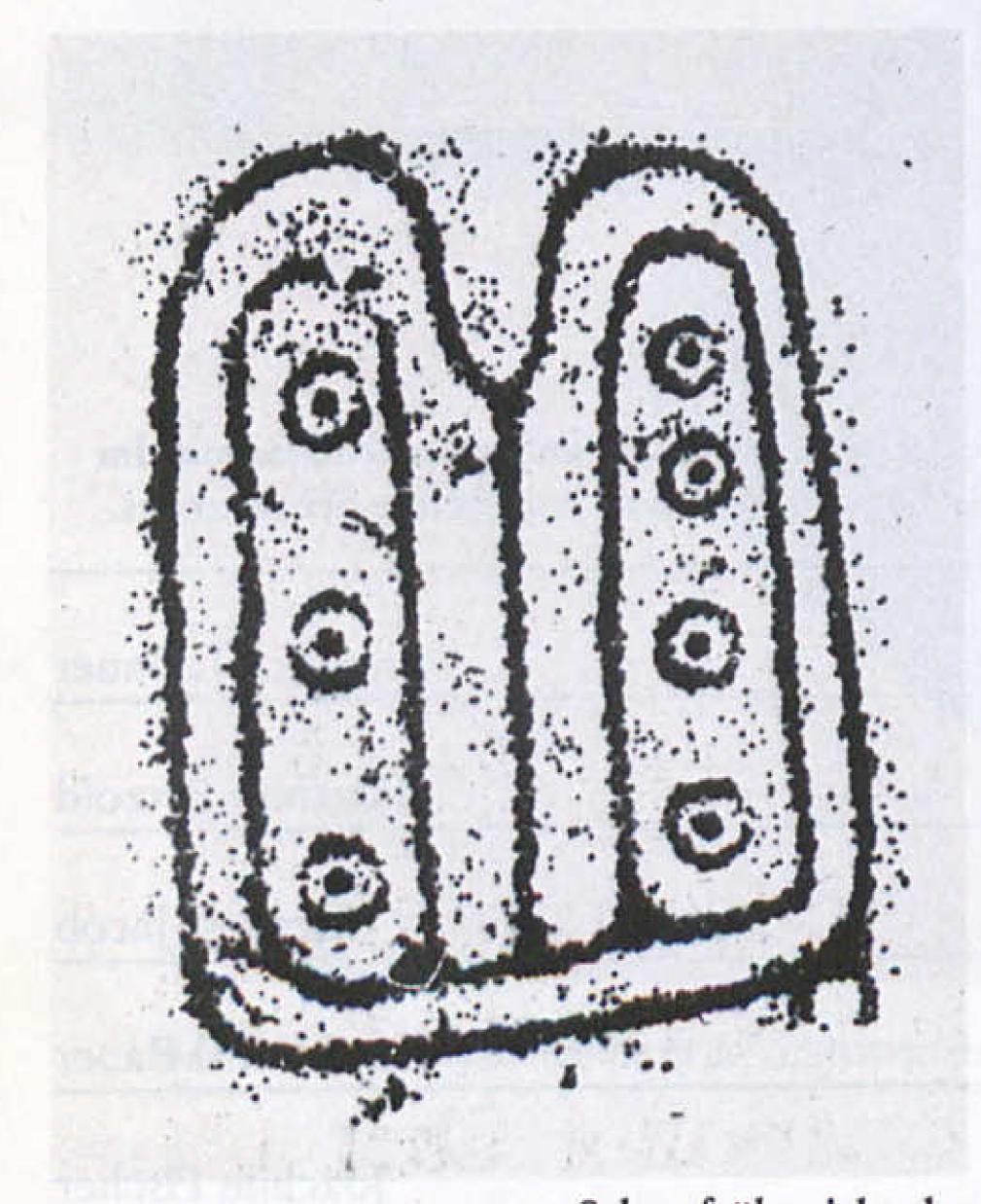


Titelfoto: Im Vordergrund die Rechenmaschine von Anton Braun und Philippe Vayringe, eines der Glanzstücke der neuen Abteilung im Deutschen Museum. Im Hintergrund das Signet der Abteilung, eine Collage aus einer Handschrift von Leibniz (Dualzahlentabelle) und dem Entwurf eines integrierten Schaltkreises.

130	Friedrich L. Bauer
140	Hartmut Petzold
150	Herbert Jacob
156	Friedrich L. Bauer
160	Joachim Fischer
166	Michael Segre
174	Volker Aschoff
176	Ralf Bülow
182	Bertram Maurer
184	Alto Brachner
190	Sigfrid von Weiher
193	Rolf Gutmann
194	
	140 150 156 160 166 174 176 182 184 190 193



Neue Rechenverfahren schaffen neue Arten von Arbeitsplätzen und verlagern Belastungen. Hier sind Arbeitsplätze zur Datenerfassung an Lochmaschinen im Hollerith-Verfahren zu sehen. Mit zunehmender Automatisierung werden eintönige Arbeitsgänge jedoch mehr und mehr beseitigt.



Schon früh spielte der Umgang mit Zählbarem eine bedeutende Rolle. Zu sehen ist eine Felszeichnung aus der Bretagne, 2000 v. Chr.

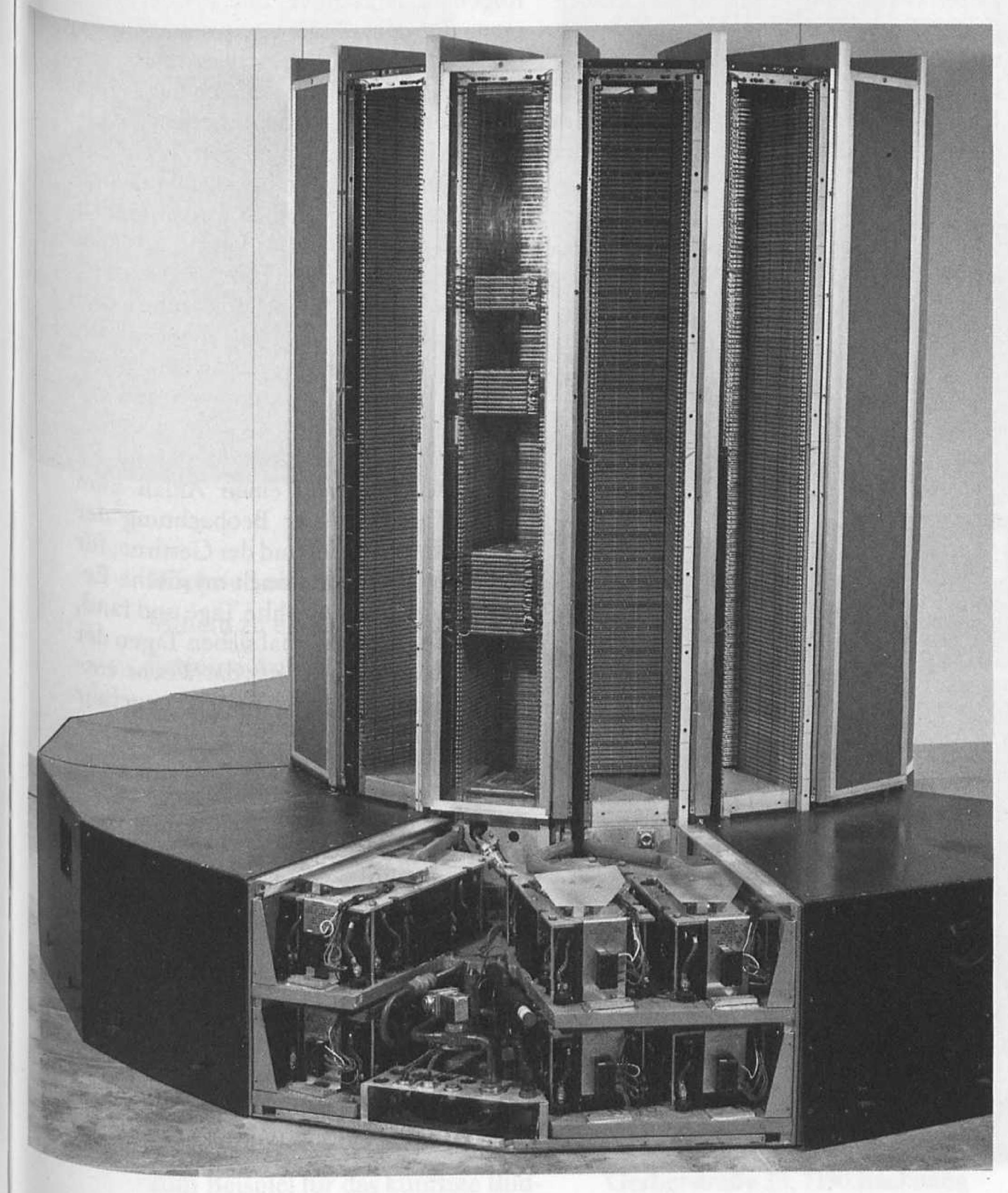


Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716). Kupferstich von M. Bernigeroth, 1703

Friedrich L. Bauer

Die Befreiung des Menschen von der Last gleichförmiger geistiger Tätigkeit

Seit jeher suchten Menschen nach Hilfsmitteln für unterschiedlichste Rechenaufgaben. Mit der Mechanisierung des Rechnens setzte eine Entwicklung ein, die über Leibniz und Zuse bis zu den heutigen Computern führte und deren Ende noch lange nicht abzusehen ist.



1976 wurde der erste Höchstgeschwindigkeitsrechner vom Typ CRAY 1 installiert. Seine Taktzeit lag bei 12,5 nanosec., wobei die Taktzeit der Ausführungsgeschwindigkeit entspricht. So sind pro Sekunde z. B. 80 Millionen Additionen oder Multiplikationen möglich. (Foto:

Deutsches Museum)

n der Entwicklung zum homo sapiens Lgewann der Mensch Fähigkeiten des Denkens, die ihn nicht nur in die Lage versetzten, Werkzeuge und Waffen zu bauen, sondern sich auch kräftezehrende Arbeit zu ersparen. Die Domestikation von Tieren lieferte neben einer Nahrungsquelle auch Arbeitskräfte: Lastesel, Zugochsen, Reitpferde werden in den frühesten Zeugnissen der Menschheitsgeschichte erwähnt.

Als nächstes lernte der Mensch, auch die Natur für sich arbeiten zu lassen. Wasserkraft trieb Schöpfwerke und löste das Rind am Göpel der Mahlmühle ab. Auch Windkraft wurde, wo es sich anbot, herangezogen. Die von der Natur zur Verfügung gestellte Arbeitsleistung war jedoch örtlich beschränkt. Sie war auch insgesamt beschränkt: Sie wurde letztlich durch die Strahlungsleistung der Sonne aufgebracht. Diese konnte überdies nur zu einem Bruchteil genutzt werden aufgrund des geringen Wirkungsgrades solcher frühen Kraftmaschinen.

Für eine direkte Nutzung der Sonnenenergie fehlten damals die technischen Voraussetzungen – noch heute hapert es hierfür an der Wirtschaftlichkeit.

Die Dampfmaschine revolutionierte den Technikalltag. Im Bild ein Modell von Th. Newcomen von 1711/12 in einem Holzschnitt von 1824

Im 18. Jahrhundert wurde mit der Einführung der Verbrennungskraftmaschinen die verfügbare Leistung sprunghaft erhöht. Dies war möglich, weil man nun auf das Energiereservoir fossiler Brennstoffe zurückgreifen konnte, das die Natur in Jahrmillionen aus der Sonnenenergie gewonnen hatte. Diese Primärenergie nutzbar zu machen, war jedoch mit großem Aufwand verbunden, und so bestand ein Anreiz, den Wirkungsgrad der Verbrennungskraftmaschinen, der zunächst sehr klein war, zu steigern; heute ist man bei Dieselmotoren an einem Wirkungsgrad angelangt, der nicht weit vom theoretischen Höchst-Wirkungsgrad eines Carnotschen Kreisprozesses entfernt 1St.

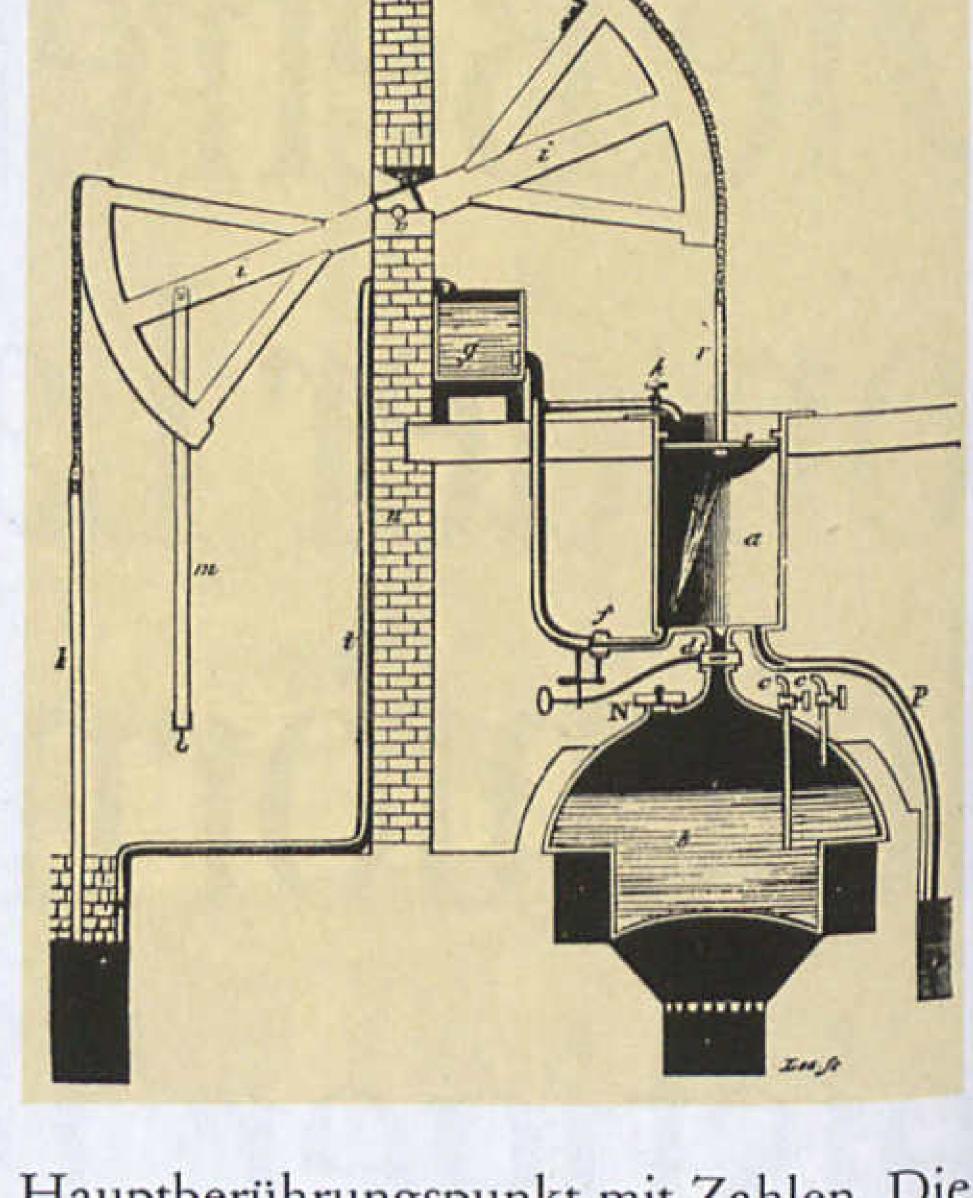
Dieser kurze Gang durch die wohlbekannte Technikgeschichte zeigt, wie der Mensch sich von der Last schwerer körperlicher Arbeit befreite. Zu Recht strebt die Menschheit danach, das Joch der harten körperlichen Arbeit abzuschütteln. Vom Tragen schwerer Lasten verkrüppelte Menschen sind heute auf unseren Straßen kaum mehr zu finden. Die Befreiung kann sogar so weit gehen, daß der Arzt körperliche Tätigkeit als therapeutische Maßnahme verordnen muß.

Der Beginn des Zählens

Mit der Fähigkeit zum Denken war der homo sapiens auch imstande, eine erste echte Abstraktionsleistung zu vollbringen: die Einführung des Zählens.

Schon der Hirte zählte seine Herde. Beim Tausch von Waren wurde gezählt: zehn Schafe für einen Ochsen. Mit der Einführung des Geldes als Zahlungsmittel mußte der Schritt vom Zählen zum Rechnen erfolgen: das Zusammenzählen von einzelnen Entgelten, das Multiplizieren eines Geldbetrags für eine Einzelleistung, das Dividieren des Gewinns unter die Geschäftspartner oder des Nachlasses unter die Erben.

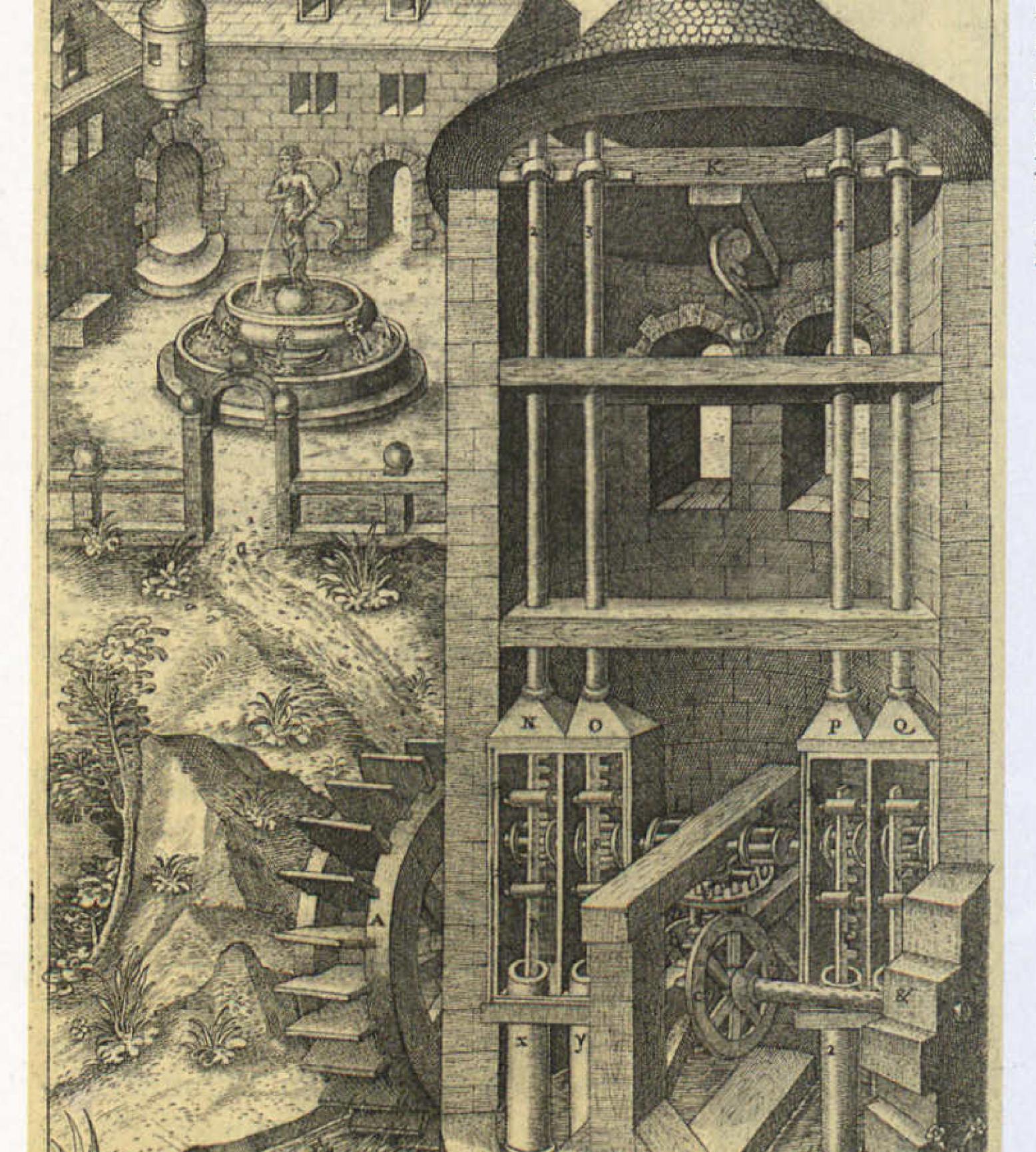
Das kaufmännische Rechnen ist bis in unsere Tage für die breite Masse der



Hauptberührungspunkt mit Zahlen. Die dabei verwendeten Zählsysteme nehmen wir gemeinhin als gegeben an; die Sprachwissenschaft kann sie zurückverfolgen zu den Fünfer- und Zehnersystemen, die dem Zählen mit den Fingern beider Hände entsprechen, und den Zwanzigersystemen, die auch die Zehen hinzunehmen. Noch heute heißen die Einer im Englischen digits, im Französischen doigts

Finger. In vielen Sprachen bedeutet das Zahlwort für 5 ursprünglich ,zwei Hand' bedeuten (got. twai = zwei, taihun azehn; ahd. zehan zehn) und das Zahlwort für 20 ursprünglich Mensch (bei den polynesischen Ainu, desgleichen bei Papuastämmen und auf Neu-Guinea).

Außer bei den Gebrauchsgütern fand der frühe homo sapiens einen Anlaß zum Zählen auch bei der Beobachtung der Sonne, des Mondes und der Gestirne, für primitive Menschen noch mystische Erscheinungen. Man zählte Tage und fand, daß in ungefähr viermal sieben Tagen der Neumond wiederkehrte; die Woche entstand daraus. Daß aber in ungefähr 360 Tagen die Frühlings-Tag- und Nachtgleiche wiederkehrte, führte schon im 3. Jt. v. Chr. bei den Sumerern zu einem kalendarischen Zählsystem mit einer 12 × 30-Bündelung. Es schwingt auch in der Tageseinteilung in zweimal zwölf Stunden und in der Minuten- und Sekundenteilung der Stunden noch mit. Eng damit verwandt ist die Teilung des Vollkreises in 360 Teile (,Grade').



Schon immer ist es ein Anliegen der Menschen, sich mühevolle Arbeiten zu erleichtern. Hier ein Pumpwerk mit Zahnstangenantrieb und Wasserrad. Kupferstich 1588 (Foto: Deutsches Museum)

Wie man aus einem Elefanten eine Mücke macht.



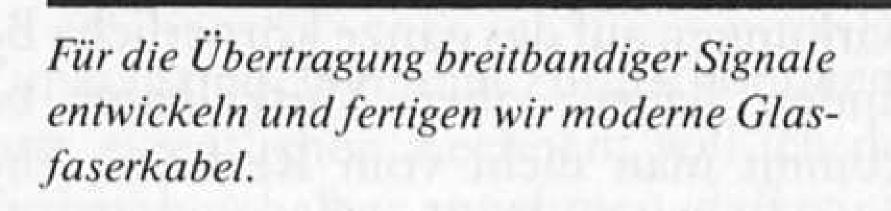
Höchste Leistung mit geringsten Mitteln zu erzielen, ist grundsätzlich eine Aufgabe der Technik. Gemessen am Kupferkabel, ist das Glasfaserkabel ein riesiger Fortschritt. Denn im Vergleich zum dickeren Kupferdraht kann die haarfeine Faser aus Quarzglas 1000mal mehr Informationen übertragen. In der Praxis sieht das so aus, daß etliche tausend Telefongespräche gleichzeitig und störungsfrei über ein und dieselbe Faser geschickt werden. Oder komplette Fernsehbilder, wie zum Beispiel für das künftige Bildfernsprechen.

Nachrichtentechnik läßt sich ständig verbessern. Deshalb arbeiten unsere Ingenieure tagein, tagaus daran, wie sich Informationen noch weiter, schneller und intelligenter übermitteln lassen.

Wir entwickeln, fertigen und liefern: Multiplexsysteme, Fernmeldekabelanlagen, Richtfunksysteme, Nachrichtensatellitensysteme, Mobilfunksysteme, Elektroakustik.

Kompetenz in Kommunikation:

ANT Nachrichtentechnik GmbH Gerberstraße 33, 7150 Backnang Telefon 07191/13-0





Auch das einfache kalendarische Rechnen darf als Allgemeingut der breiten Masse angesehen werden. Wesentlich kompliziertere Rechnungen waren jedoch nötig, um Finsternisse – mit denen man Unheil verband – vorauszusagen.

Eintöniges Rechnen

Rechnen ist schwer – dem stimmt man allgemein zu. Wenn wir von einer "schweren Rechnung" sprechen, dann ist das aber etwas anderes als "schwere körperliche Arbeit". Handelt es sich um "schwere geistige Arbeit"? Vielleicht sollten wir besser von "schwerer geistiger Tätigkeit" reden. Was aber soll das heißen?

Rechnen ist zweifellos schwierig: es muß erlernt werden. Es gibt auch schwierige körperliche Arbeiten, die gar nicht schwer sind. Schwierige Tätigkeiten erlernt man am besten im Kindesalter.

Eine schwere geistige Tätigkeit eines der Schule Entronnenen ist somit eine, die ihm nicht mehr schwierig vorkommt, weil er sie im Prinzip erlernt hat, und die ihm doch noch schwer zu schaffen macht, die immer noch mühsam ist. Die Mühe bedeutet nicht körperlichen Kräfteverzehr. Bessere Ernährung macht keine besseren Rechner. Zum Rechnen braucht man keine physikalische Energie – rechnen kann auch noch der mit dem Tode ringende Erblasser, der sein Vermögen aufteilt.

Mühsam: das bedeutet den Zwang zum Aufpassen, zur Konzentration der Wahrnehmung und damit eine Anspannung der Sinne. Mühsam: das bedeutet auch Nervenanspannung – hauptsächlich, weil man sich nie ganz sicher sein kann, ob man sich nicht verrechnet hat. Die Nervenbelastung kann zwar Rückwirkungen auf das ganze körperliche Befinden haben; aber Muskelkater bekommt man nicht vom Rechnen, eher "raucht einem der Kopf", ein treffender Ausdruck des Volksmundes für gestiegenen Blutdruck als Folge geistiger Anspannung.

Wenn einem eine körperliche Arbeit zu viel wird, dann lautet das probate Rezept: Arbeite langsamer, verteile die ArMittelpunkt des Rechnens war und ist nicht selten die Buchhaltung. Im Bild ein Holzschnitt aus J. Amman "Aigentliche Abbildung deß gantzen gewerbs der Kauffmanschaft' von 1585



Das Rechnen selber nahm eine immer wichtiger werdende Stelle ein. Hier das Titelblatt zu Adam Rise 'Rechnung auff der Linihen und Federn', 1533

beit über einen längeren Zeitraum, setze die Leistung herab. Langsamer rechnen macht jedoch Rechnen nicht leichter. Rechnen ist eine geistige Tätigkeit, die keine physikalische Leistung verbraucht – genauer gesagt, eine gegenüber dem Grundumsatz vernachlässigbare physikalische Leistung im Gehirn.

Was ist aber dann die Wurzel der Mühsal? Es ist die Gleichförmigkeit der Abläufe beim Rechnen, die geradezu einschläfernd wirkt (manche Leute zählen Schäfchen, wenn sie rasch einschlafen wollen). Der Geist ist nicht bereit, sich stundenlang dem Zwang gleichförmiger Abläufe unterzuordnen. Die Gedanken versuchen abzuschweifen – dies führt dann zu den befürchteten Fehlern.

Mechanisierung des Rechnens

Mit dem Aufkommen der Technik kam zum kaufmännischen und kalendarischastronomischen Rechnen das wissenschaftlich-technische Rechnen hinzu. Insbesondere die Freisetzung des Menschen von harter körperlicher Arbeit brachte dem dafür verantwortlichen Naturforscher und Ingenieur eine Vermehrung der mühsamen geistigen Tätigkeit des Rechnens. Ingenieure verdienten nicht, so genannt zu werden, wenn sie

ananded Otly . Et edmana

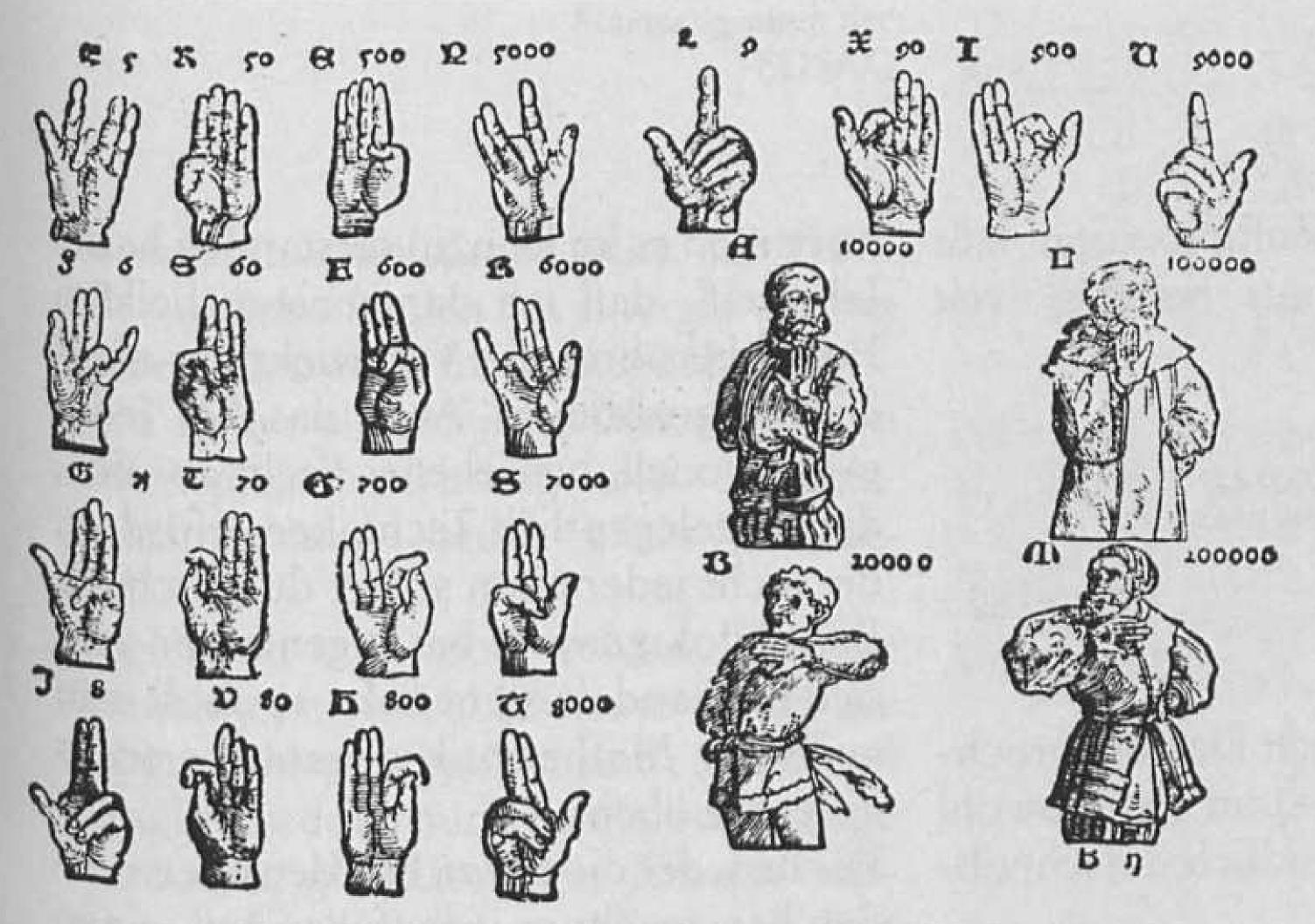
der Einihen pnd Federn/
Auffallerley handehirung gemacht/
durch Abam Kisen.

Jum andern mal obersehen.

vind geniehtet.

Amno 213, 6, XXXII.

sich nicht bemühten, sich auch diese Aufgabe zu erleichtern und auch das Rechnen zu mechanisieren. Aber auch für Astronomen war es verlockend, eine Maschine zu haben, die bei ihren langwierigen Rechnungen half. Schließlich, wirtschaftlich weitaus am bedeutendsten, war Hilfe nötig bei den umfangreichen Buchführungs- und Kontenführungsarbeiten, die Gewerbe, Handel, Banken mit sich brachten. Das Gegenstück zum verkrüppelten Lastenträger: der verschrobene, über einem Rechenfehler verzweifelnde Buchhalter, findet sich schon in der Literatur des 18. Jahrhunderts. Und es gibt ganze Heerscharen von Buchhaltern, Kontoristen, Lagerverwaltern beiderlei Geschlechts.



Frühes Hilfsmittel beim Rechnen waren die Finger. Zu sehen ist ein Holzschnitt aus J. Aventinus "Abacus" von 1532

AVENTINUS ON FINGER SYMBOLS

The fence proavies revisible a reference bil Paractado da Spera do mundo tyrada de latim em li guo agem com ha carta que buú gramde doutorale man mando ua orey de purtugallo om Joham el segudo e il artheagam patendo Dolo omadod artico Bolo do 300 lace Bhas bispoa marrer. Bilberto confessoz. Agueda virgé a mart Dozorbea virge z ma Aboyfeto bispo. eropico | cancer Samfalomon martyr Apoloma vgez marty Escolastica virgem. Sancia Eufiosma virg Olalba virgem. Jusca virgermartyr. Galenti ofciior amaztyr equinocian Trelavaçãos, antomo. Inliana virgemzionito Sancia L'onstancia vir Clandioco amolberz fil capzicos eropio Sam Sabino presbite 19 Columbano. Ballopib 10 Sun pedro da cadeira Siralop Dia descium Sereno monje z victor Romamabbade cistert e Treladação. s. agustinbe 28

Wiederum strebt die Menschheit mit Recht danach, sich von der Last der gleichförmigen geistigen Tätigkeit zu befreien

Was nun ermüdende geistige Tätigkeiten anbelangt, so ist das Rechnen im Dezimalsystem nur eine von vielen. Immerhin ist es eine weit verbreitete, gut bekannte, von alters her gerühmte Tätigkeit. Es gab dementsprechend den Anstoß. Schon Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716) schrieb "denn es ist ausgezeichneter Menschen unwürdig, gleich Sklaven Stunden zu verlieren mit Berechnungen", und Zuse bekannte:

"es wollte mir nicht in den Kopf, daß lebendige, schöpferische Menschen ihr kostbares Leben mit derart nüchternen Rechnungen verschwenden sollten".

Für das Rechnen finden sich reichlich Beispiele erfolgreicher Mechanisierungen – Wilhelm Schickard (1592–1635) als Astronom, Blaise Pascal (1623–1662) als Sohn eines Steuereinnehmers und, besonders markant, Konrad Zuse (geb. 1910) als Ingenieur. Sie hatten jeweils das gleiche Motiv: die intelligente Faulheit.

Die über das Rechnen hinausgehenden, gleichförmigen geistigen Tätigkeiten sind demgegenüber weniger gut verstanden, die Kenntnis davon ist weniger weit verbreitet. Nichtsdestoweniger liegen auch hier häufig nervtötende geistige Tätigkeiten vor: Suchprozesse, Vergleichsprozesse, Sortierprozesse; allgemeine Umformungsprozesse in vernetzten Systemen, die nach einer Mechanisierung verlangen.

Man kann natürlich alle diese Tätigkeiten als Rechnen im weitesten Sinn auffassen, und wir werden noch sehen, daß das methodisch ganz besonders vorteilhaft ist. Leibniz kann als Vorkämpfer für die

Von großer Bedeutung war und ist das kalendarische Rechnen. Hier ein Kalenderblatt (Februar) mit Angabe der Deklination der Sonne und das Bild einer Armillarsphäre, Holzschnitt um 1509

Mechanisierung des Rechnens im weitesten Sinn angesehen werden, mit seinen richtungsweisenden Beiträgen zur Formalisierung der Logik. 1666 postulierte er "eine allgemeine Methode, in der alle Wahrheiten der Vernunft auf eine Art Berechnung zurückgeführt sind". 1890 hat dann Ernst Schröder mit der Relationentheorie die allgemeine Theorie des mechanisierbaren Rechnens in vernetzten Systemen bereitgestellt; im Plankalkül von 1946 hat Konrad Zuse – den Amerikanern um eine Nasenlänge voraus – die Programmierung des Rechnens im weitesten Sinne bewältigt.

Der Algorithmus

Zunächst noch einmal zurückkommend zum eigentlichen Rechnen, will ich der Einfachheit halber annehmen, daß wir in einem Stellenwertsystem rechnen. In unserem Alltag ist es das Dezimalsystem mit Zehnerpotenzen als Stellenwerten, es könnte jedoch auch eine andere Zahlbasis als Zehn benützt werden. Was wir dazu in der Schule lernen, um Dezimalzahlen zu addieren und zu subtrahieren, zu multiplizieren und zu dividieren, nannte man im ausgehenden Mittelalter einen algorithmus. Leibniz spricht noch vom Algorithmus der Multiplikation; wenn jemand ein Blatt sieht, auf dem geschrieben steht

 $\begin{array}{r}
 1487 \times 328 \\
 \hline
 11896 \\
 2974 \\
 \hline
 4461 \\
 \hline
 487736
 \end{array}$

so ist das die Niederschrift für das von Leibniz gemeinte Multiplikationsverfahren, das seit Adam Riese auch in Mitteleuropa verbreitet ist. Es kam über Italien aus dem Orient, stammt aus der hohen mathematischen Schule, die die Muslims zwischen 750 und 1300 aufgebaut hatten. Die Bezeichnung Algorithmus selbst deutet auf Al-Choresmi (um 800) hin, der zur Verbreitung dieser arithmetischen Verfahren durch ein vielkopiertes Buch beigetragen hatte.

Wir könnten die Multiplikation (in einem Stellenwertsystem) nicht mechanisieren, wüßten wir nicht eine Vorschrift anzugeben dafür, wie wir es "im Kopf" oder "mit Papier und Bleistift" machen.

Algorithmus soll nun jede mit endlich vielen Buchstaben aufschreibbare Vorschrift heißen, die durch einen Ablauf von Tätigkeiten, die auch im Kopf oder mit Papier und Bleistift ausführbar sind, ein Ergebnis erzielt. Ob dabei mit Zahlen gearbeitet wird oder mit Spielkarten oder mit Hosenknöpfen, ist zweitrangig.

Bleiben wir aber noch bei den Zahlen. Es gibt auch für das Quadratwurzelziehen einen Algorithmus; etwa für die Wurzel aus 2, der zu folgender Aufschreibung führt:

400 281 × 1 281 282 11900 2824×4 11296 60400 2828 56564 28282×2 383600 28284 282841 × 1 282841 10075900

Im Gegensatz zur Multiplikation läßt sich dieser Algorithmus beliebig weit fortsetzen:

10075900 282842 8485269 2828423 × 3 159063100 2828426 141421325 28284265 × 5 1764177500

Er liefert noch und noch Dezimalbruchziffern, endet also nie – und dies, obwohl die Vorschrift selbst endlich aufschreibbar ist.

Suchen und Sortieren

Auch Suchprozesse, Vergleichsprozesse, Sortierprozesse sind algorithmisch faß-bar. Das wird nicht überraschen. Zu denken muß aber geben, daß es etwa raffinierte Sortieralgorithmen gibt, auf die man nicht sofort kommt.

Nur wenige kennen vermutlich den schnellen Sortieralgorithmus, mit dem man ein Spiel von 32 Karten in 5 Durchgängen (und nicht in 31 Durchgängen, wie es jedermann kann) sortieren kann. Ich will ihn kurz erläutern:

Hätte man bereits zwei sortierte Stapel von je 16 Karten, so erhielte man einen einzigen Stapel von 32 Karten recht leicht: man hebt jeweils von demjenigen Stapel ab, dessen oberste Karte nach dem Sortiermerkmal zuerst kommt. Das legt folgenden Algorithmus nahe (man beachte die Operationsumkehrung):

Im ersten Durchgang sortiert man jeweils nur Paare und erhält sortierte Paare. Im zweiten Durchgang sortiert man jeweils zwei aufeinanderfolgende Paare und erhält sortierte Vierergruppen. Im dritten Durchgang sortiert man jeweils zwei aufeinanderfolgende Vierergruppen und erhält sortierte Achtergruppen, usw.

Man kann das Verfahren "auswendig lernen" und es dann fast im Schlaf anwenden; es ist jedenfalls nicht schwieriger als das Verfahren zum Ziehen der Quadratwurzel, von dem die Sage geht, daß zur Blütezeit der Oberrealschule, im Jahre 1928, mehr als die Hälfte der Ab-

iturienten es im Prinzip verstanden hatte. Ich weiß, daß ich damit einen heiklen Punkt berühre: die Verzwicktheit mancher Algorithmen. Aber das hat jedes professionell betriebene Fach an sich, daß es gelegentlich Techniken erfordert, die nicht jedermann sofort durchschaut. Bei Philologen wie bei Ingenieuren regt sich niemand darüber auf – also soll man auch der Mathematik gegenüber etwas Toleranz üben.

Für den, der die ersten Hürden überwunden hat, macht es jedenfalls Spaß, einen Algorithmus zu finden, ja zu erfinden. Der Last gleichförmiger geistiger Tätigkeit steht gegenüber die Lust an abwechslungsreicher geistiger Tätigkeit. Es macht auch Spaß, an einem Algorithmus herumzuknobeln; ja auch, einen Algorithmus, den man vorgesetzt bekommt, spielerisch zu erlernen – je schwieriger es ist, umso größer ist die Befriedigung, die man nach vollbrachter Tat hat.

Die wenigen Beispiele, die ich bringen konnte, zeigen aber auch bereits eines deutlich:

Nach einigen wenigen Versuchen mit dem eben begriffenen Verfahren läßt der Spaß deutlich nach, und kaum beherrscht man den Algorithmus so richtig, findet ihn also nicht mehr schwierig, empfindet man es zusehends als Last, ihn durchzuführen - findet man ihn ermüdend, erdrückend, als geistige Schwerarbeit. Man sucht sich dann so schleunig als möglich jemand anderen, der die nunmehr stupide gewordene, gleichförmige geistige Tätigkeit durchführt. Greift man dabei auf einen Menschen zurück, so entsteht eine Sklavensituation. Humaner ist es, in dieser Lage auf eine Maschine zuzugreifen - sofern man sie hat. Andernfalls muß man sie erfinden. So entstanden Computer und Informatik.

So wie die Menschheit Kraftmaschinen einsetzt, um nicht auf Menschen als Arbeitssklaven zurückgreifen zu müssen, so setzt sie, im Besitz der erforderlichen Technologie, zunehmend auch informatische Maschinen ein, um nicht auf Menschen als geistige Sklaven angewiesen zu sein.

Norbert Wiener sprach vom "human use of human beings". Die humane, um nicht

Startprogramm der EDSAC

zu sagen humanistische Seite der Technik - gleichermaßen um Energie wie um Information als Wirtschaftsgut besorgt wird in der allgemeinen Diskussion um Arbeitsplatzvernichtung und Umweltverschmutzung heute leicht übersehen.

Angemerkt soll noch werden, daß die Buchhalter von früher heute durch die Programmierer abgelöst sind; daß deren Tätigkeit jedoch auch bereits stark Züge eintöniger, gleichförmiger Arbeit - obschon auf etwas höherem Niveau als dem des Kopfrechnens - zeigt. Kein Wunder, daß man beginnt, auch die Programmierer wegzurationalisieren. Vielleicht braucht aber auch der schöpferisch tätige Mensch ein gewisses Maß an gleichförmiger geistiger Tätigkeit, um nicht ein psychiatrischer Fall zu werden.

Metaprogramme

Die Befreiung des Menschen von der Last der ermüdenden, gleichförmigen geistigen Tätigkeit macht zunächst Buchhalter, die zu Nervenbündeln werden, und Kontoristinnen, die ihren Lebensinhalt in etwa gleichen Briefanreden erblicken, überflüssig; an ihrer Stelle gibt es aber ein Heer von Programmierern, die nicht nur besser verdienen, sondern die auch schwierigere und damit befriedigendere Tätigkeiten ausüben.

Wie in der materiellen Hochtechnologie, findet man auch in der Informatik genügend Leute, denen die gemeine Arbeit nicht mehr schmeckt. Sie streben nach Höherem. Der Roboterbauer baut eines Tages einen Metaroboter, der selbst beim Bau von Robotern eingesetzt werden kann. Der Programmierer schreibt eines lages ein Programm, das selbst beim Programmieren hilft. Rudimentär ist das den Fachleuten altbekannt - kaum war 1949 in Cambridge von Maurice Wilkes die EDSAC fertiggestellt, benutzte man sie schon für banale Hilfen beim Programmieren für sie selbst. Die volle Trag-Weite der Metaprogramme, der programmierenden Programme, beginnt sich erst heute zu entfalten. Während an der Oberfläche das Schlagwort, Künstliche Intelligenz' herumgeistert, vollzieht sich in der ernsthaften Informatik – bei

Location	Order	Notes
0	(T F) (E 20 F)	These orders cause control to be transferred to 20. They are not used after the start, but their locations are used as working space.
2 3	P 1 F U 2 F	These are constants which are intended to be left here unaltered in any program.
12 — 4 5 6 7 8 9 10 11 12	A 39 F R 4 F V F L 8 F T F A 1 F S 39 F G 4 F	Input of address. This group of orders is entered at 8 with the accumulator empty, so that 0 is cleared. The next digit on the tape is taken in and tested to see if it is less than eleven; if so it is doubled and added to ten times the content of 0, the sum being sent back to 0. The next digit is read, tested, etc., and this is continued until the whole address has been formed; the next digit read, x, is greater than ten and so corresponds to a code letter.
13 14 15 16 15—17 18	L D S 39 F E 17 F S 7 F A 35 F T 20 F	These test to see if x is greater than sixteen. If it is, the order A(24+x)F is formed and planted in 20. If x is sixteen or less a switch order E(16+x)F is formed and planted in 20.
19	A F	This adds the address, which is always positive, into the accumulator.
20	(H 8 F)	This order places 10/32 in the multiplier register during the start and is later replaced by a manufactured one which either adds to the accumulator the number determined by x, or switches control to an address determined by x.
21	A 40 F	This adds in the function digits of the order so the accumulator now contains the order from the tape plus the number selected by x.
22	(T 43 F)	This (the transfer order) transfers the assembled order to its final place in the store.
23 24 31—25	A 22 F A 2 F T 22 F	These orders increase the address specified in the transfer order by unity.
26	E 34 F	Transfers control to 34.
20 27	A 43 F E 8 F	Control is switched to these orders by 20 when π has been read from the tape. They add 2^{-16} to the address (which is in the accumulator)

weitem nicht so spektakulär, aber um so nachhaltiger - die Ablösung des einfachen, des angelernten Programmierers durch Programme, die selbst programmieren und dazu von höher intelligenten, von excellent ausgebildeten Informatikern geschrieben wurden.

Da diese Programme die Tätigkeiten von rische Wort von der ,Künstlichen Intelligenz' mancherlei Anklang gefunden. Doch soll sich niemand täuschen: die bald so weit. "Künstliche Intelligenz" der program- "Was ist Intelligenz?" muß man sich hier

Covered and a substitute of the contract section with a substitute of the substitute

mierten Maschine steht und fällt mit der menschlichen Intelligenz des Meta-Programmierers; sie ist so künstlich gar nicht, sie ist nur gut getarnte menschliche Intelligenz.

Ich höre schon den Einwand: wenn ein Schachcomputer einen Großmeister schlägt, dann muß er intelligenter sein als Leuten ersetzen, denen man eine gewis- dieser. Konrad Zuse berichtet, er habe se, über das Kopfrechnen hinausgehende 1938 im Freundeskreis gesagt: "In Intelligenz zubilligen muß, hat das reiße- 50 Jahren wird der Schachweltmeister durch eine Rechenmaschine besiegt", und weist (1986) darauf hin, es wäre jetzt

Obwol schon nahe ein Vierteljahrhundert verslossen ist, seit das von Leibniz¹) aufgestellte Ideal eines Logikkalkuls durch George Boole erst in zwei vorgängigen Schriften²)³) und dann in seinem Hauptwerke⁴) eine Verwirklichung gefunden hat, scheint doch der neuen Schöpfung so wenig Beachtung und fernere Pflege zutheil geworden zu sein, dass die kurzen Notizen von Cayley⁵) und von A. J. Ellis⁶), sowie eine, wie es scheint unabhängige Bearbeitung derselben Materie von Robert Grassmann¹) so ziemlich die einzigen Schriften sein dürften, in welchen auf diese ernstlich Bezug genommen worden ist.

Einen Grund dieser Erscheinung erblicke ich darin, dass die Boole'sche Theorie selbst noch an gewissen Unvollkommenheiten leidet. Als den gewichtigsten der Mängel, welche mir an dieser immerhin bewundernswerthen und überdies höchst anziehend von ihm dargestellten Methode Boole's bemerklich geworden sind, will ich im VI (m-1)

P3.27

Ord 1 (V) + R

O O

mx6 mx6

V > Z

V | O O

S | mx5 mx6

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | S |

V | O O

S | mx6 mx6

Wegmarken in der Automatisierung des Rechnens.
Ausschnitt aus Ernst Schröders, Der
Operationskreis des Logikkalküls' von 1877 (links)
und das Ordnen einer Liste nach der Größe der
Glieder (kleine Glieder zuerst) im 'Plankalkül'
Konrad Zuses

fragen. Dabei kann man sich, je nach Neigung, mehr an den klassisch-philologischen Wortgebrauch (lat. intelligentia: Einsicht, Verständnis, Verstand, Vorstellung, Kenntnis) halten oder an die Definition der streng wissenschaftlichen Psychologie. Diese hält die Intelligenz für "die Fähigkeit, abstrakte Beziehungen (also Relationen in vernetzten Systemen) zu erfassen und herzustellen" mit der Motivation, "neuartige Situationen durch problemlösendes Verhalten zu bewältigen". Ausdrücklich gefordert wird, daß Intelligenz "hinausgeht über Versuch- und Irrtum-Verhalten und Lernen an solchen Erfolgen, die sich zufällig einstellen."

In der Tat gehen heute viele Programme, die man der ,Künstlichen Intelligenz' zurechnen kann, über bloßes Lernen wesentlich hinaus. Dem behavioristischen Psychologen müssen ihre Leistungen also als intelligent erscheinen, wenn er seiner Definition folgt. Bei oberflächlicher Betrachtung passieren sie auch den Test, den schon 1950 der große Alan Turing vorschlug: kann der Beobachter zu der Überzeugung kommen, im schwarzen Kasten befinde sich ein Mensch? (Anders ist es schon mit dem erschwerten Test: muß jeder Beobachter zu dieser Überzeugung kommen? Ein Fachmann wird da für viele erstaunliche Leistungen eine

Erklärung finden, die dem Laien nicht zur Verfügung steht. Aber auch für ihn mag es unerklärliches Verhalten geben.)

Die crux der Angelegenheit ist, daß die Definition der Intelligenz, wie sie die Psychologie noch heute gebraucht, schon in der ersten Hälfte des Jahrhunderts entstand (A. Wenzl 1934, L. L. Thurstone 1935), als man von Computern noch nichts ahnte. Damit konnte der Materialist Turing völlig zu Recht sagen, daß Intelligenz (im Sinne der Psychologie) genau diejenigen Fähigkeiten des Menschen umfasse, die auch eine universelle Rechenmaschine besitzt. Der Engländer Turing meinte, das 'fair play' erfordere, solchen Maschinen Intelligenz zuzubilligen.

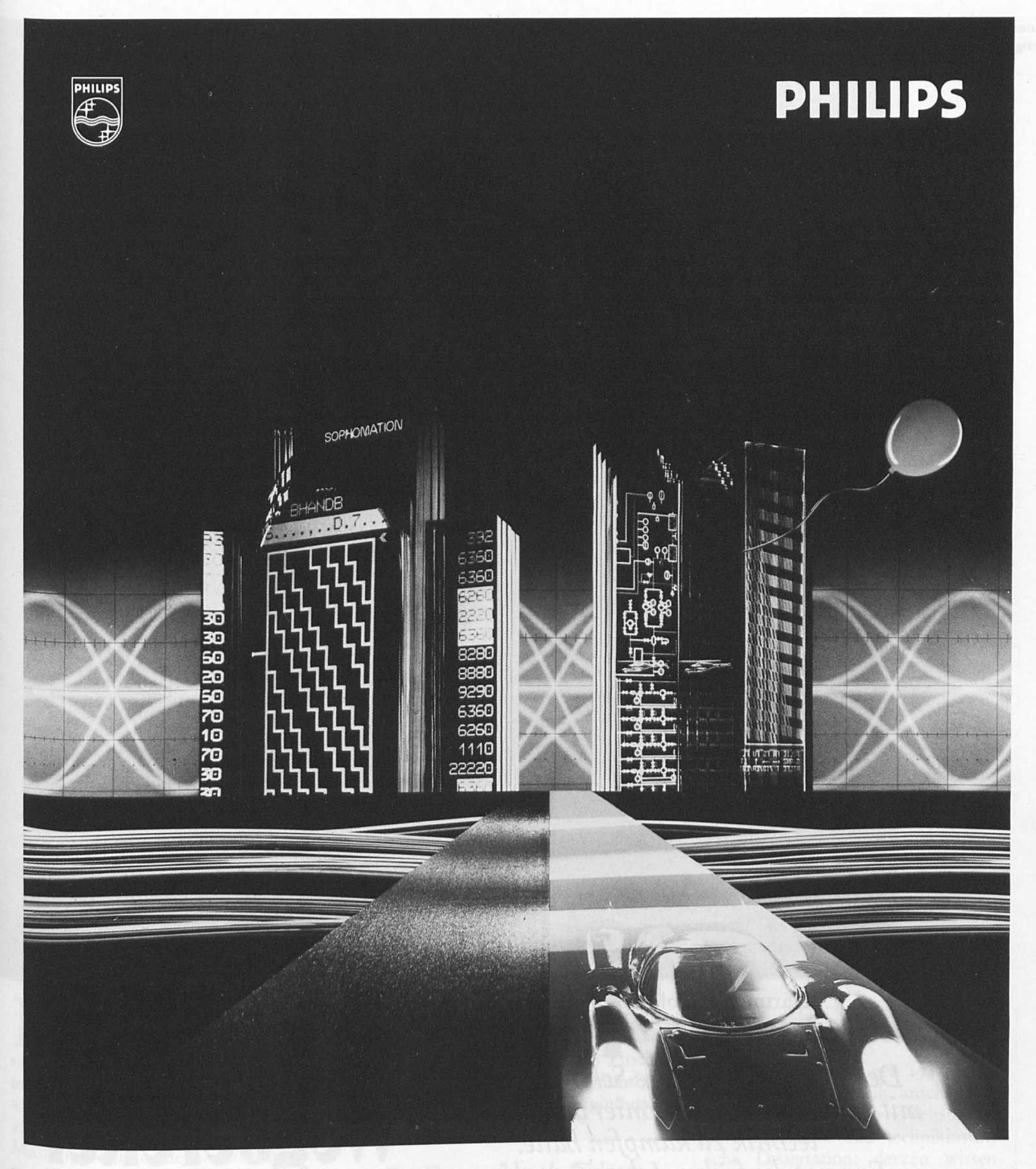
Das war freilich für Leute, die mit 'Einsicht' anspruchsvollere Eigenschaften verbinden, nicht akzeptabel. Viele intuitiv arbeitende Mathematiker glauben, daß ihr 'Verständnis' eines Problems und einer Theorie Eigenschaften umfaßt, die über die einer universellen Maschine hinausgehen. Auch Philosophen, Psychologen und Soziologen haben seit vier Jahrzehnten die Frage mehr zerredet als beantwortet. Es ist heute allem Anschein nach weder möglich zu beweisen, noch zu widerlegen, daß maschinelle Intelligenz jegliche menschliche Intelligenz approximieren kann.

Was das Schachspiel anbelangt, so trägt es zu der Frage nichts bei: Ein Großmeister mit Programmierkenntnissen kann in diesen Tagen einen Computer so programmieren, daß er (der Großmeister) gegen ihn (den Computer) beim Spiel unter Zeitbegrenzung regelmäßig unterliegen muß. Der Computer, der schneller analysiert als der Mensch und mehr speichern kann, dient hier als Intelligenzverstärker. Auch bei Computer-Schachturnieren findet man diese Situation, da die Programme nicht versiegelt sind.

Wie man es auch nennt, ,Künstliche Intelligenz' oder nüchterner ,Wissensbasierte Folgerungssysteme', es handelt sich zur Zeit um ein offenes Feld, in dem zu arbeiten und schwierige Aufgaben zu lösen Spaß macht. Die mathematischen Theorien, die dabei eingesetzt werden, erfordern ein tiefgreifendes Studium. Es gibt auch hier die Binsenweisheit, daß mit der Befreiung von einer Last minderwertiger Tätigkeit ein beträchtlicher Anstieg in der Dauer und Tiefe der schulischen Ausbildung zwangsläufig verbunden ist. Dafür gewinnt der Mensch die Befriedigung, die schöpferisch geistige Tätigkeit ihm gibt. Die Befreiung wird ihn nicht seines Gehirns berauben. Sie wird ihn auch nicht um den Spaß an der intellektuellen Herausforderung bringen, sondern wird höchstens die Herausforderung erhöhen. Die Jugend und ihre Lehrer frühzeitig auf diese Situation vorzubereiten, ist das Gebot der Stunde.

DER AUTOR

Friedrich L. Bauer, geb. 1924, Dr. rer. nat., Ordinarius für Mathematik und Physik an der Technischen Universität München. Studium der Mathematik, Physik, Astronomie und Mathematischen Logik in München. Seit 1958 Professor an der Universität Mainz, seit 1963 an der Technischen Universität München. Vorsitzender des Planungs- und Fachbeirats für die Abteilung 'Informatik & Automatik – Mikroelektronik' im Deutschen Museum.



HIGH TECH – EINE WELT VOLLER HERAUSFORDERUNGEN

Innovationen von Philips bringen neue Impulse und Chancen in unser Leben: MR-Tomographie für sichere Diagnosen in der Medizin. Nachtsichttechnik für Rettungshubschrauber. EDV-Programme für den Umweltschutz. Automatisierte Materialprüfung für die Ferti-

gung. Radarsysteme für Luft- und Seefahrt. Glasfaserkabel für die Telekommunikation. Computer und Netzwerke für das Büro der Zukunft. Haushaltsgeräte, Farbfernsehen, Compact Disc, digitales Telefon, Eurosignal und Videokonferenz.

BAUSTEINE FÜR EINE SICHERE ZUKUNFT: PHILIPS.

Konrad Zuse. Ende der vierziger Jahre an seinem Rechner Z4





Konrad Zuse

Hartmut Petzold Konrad Zuse-

Der Autor schildert die Schwierigkeiten, mit denen der große Pionier der Computer-Wegbereitet Er zeigt die frühen Jahre Zuses bis zur Entwicklung der legendären Z3 und Z4.

re Zuses bis zur iren Z3 und Z4.

Computerzeitalters

sam, daß er nicht nur einige sinnvolle Ar- Edison um die amerikanische Hochfitefakte entwickelte, sondern daß diese nanz und Elektroindustrie bemühte, so Wie Edisons Glühbirne und Fords Billig- Zuse um die deutsche Flugzeugindustrie. auto erst durch die Nutzung modernster Massenproduktion den ihnen zugedachten Platz in der Gesellschaft erhalten sollten. Wie die erwähnten amerikani-Schen Erfinder nahm auch Zuse die sich 1910 im ostpreußischen Braunsberg geaus einer massenhaften Verbreitung und boren, machte Konrad Zuse 1935 an der Anwendung der Erfindung ergebenden TH Berlin-Charlottenburg sein Diplom Veränderungen der Gesellschaft nicht als als Bauingenieur. Bereits während des unumgängliche Nebenwirkung hin, son- Studiums hatte er sich mit der rationellen

it Thomas A. Edison und Henry lebte Zuse nicht im Amerika des Big Busi-Ford hat Konrad Zuse gemeinness, sondern in Deutschland. Wie sich

Der Flugzeugbau als Auslöser

dern strebte sie bewußt an. Allerdings Gestaltung der statischen Rechnungen

Dr. Hartmut Petzold, geb. 1944, Studium der Elektrotechnik, anschließend Tätigkeit als Ingenieur. Zweitstudium der Geschichte und technikhistorische Dissertation; derzeit wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Berlin und Redakteur der Zeitschrift ,Technikgeschichte'.

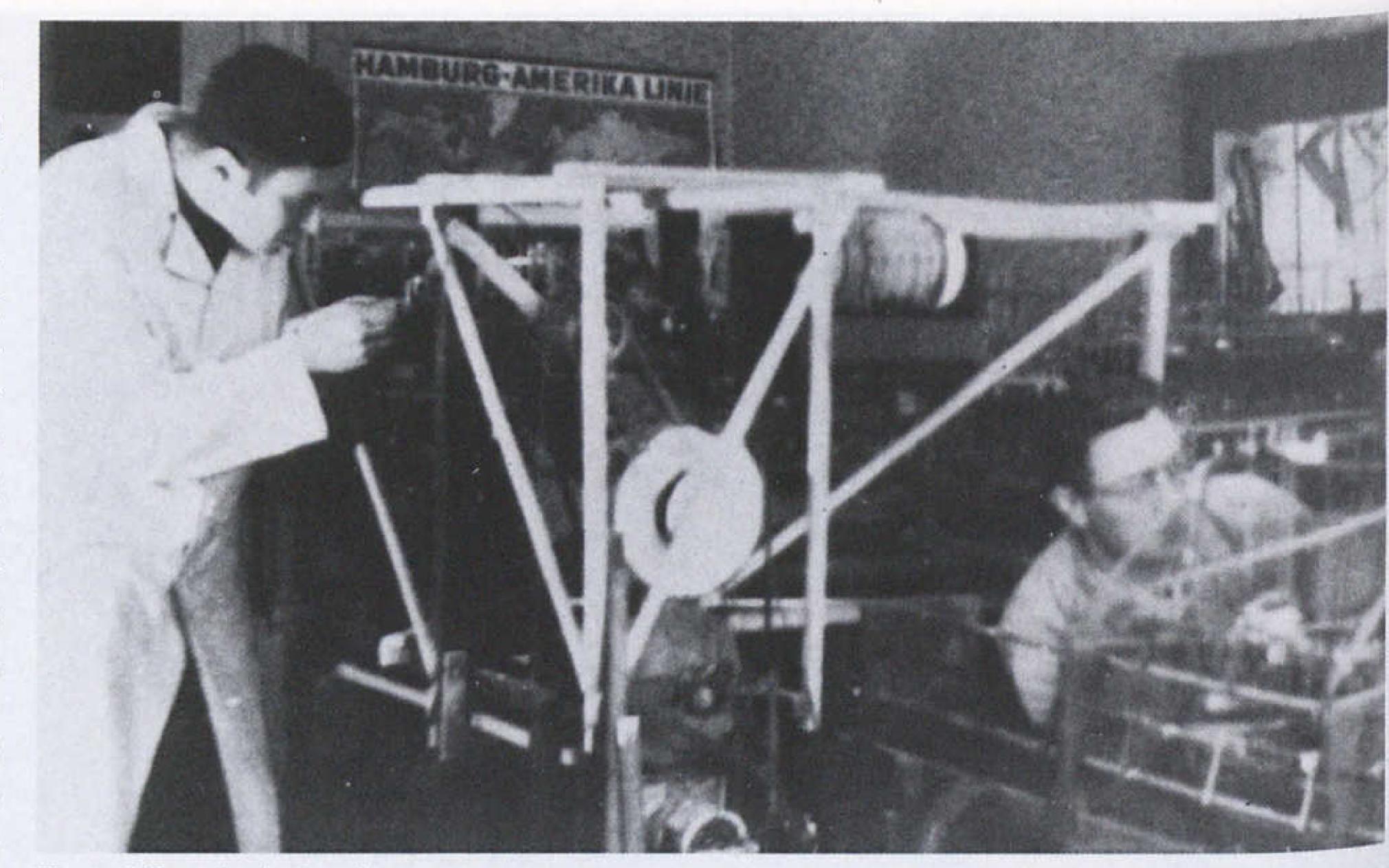
DER AUTOR

beschäftigt. Sie gewannen in diesen Jahren besondere Bedeutung, als nämlich der Flugzeugbau im Rahmen der Aufrüstungs- und Wirtschaftskonzepte des bereits zwei Jahre alten nationalsozialistischen Staates einen starken Aufschwung erfuhr. Das Programm der neuen Luftwaffe hatte seit 1933 - anfangs noch geheim, dann immer offener - die Einrichtung von Produktionsanlagen für den Serienbau von Flugzeugen neuer Bauweise ermöglicht. Damals wurde der technisch wichtige Schritt des Übergangs vom stoffbespannten Holzrahmen zum Ganzmetallflugzeug vollzogen. Die Dimensionierung der Bleche, die einerseits möglichst leicht, andererseits jedoch die Beanspruchung der immer stärkeren Motoren und schwereren Lasten gewährleisten sollten, erforderte von den Ingenieuren bis dahin ungewohnt umfangreiche Berechnungsarbeiten, wobei dieselbe Rechnung mit veränderten Parametern immer erneut durchgerechnet werden mußte, um den günstigsten Wert zu finden.

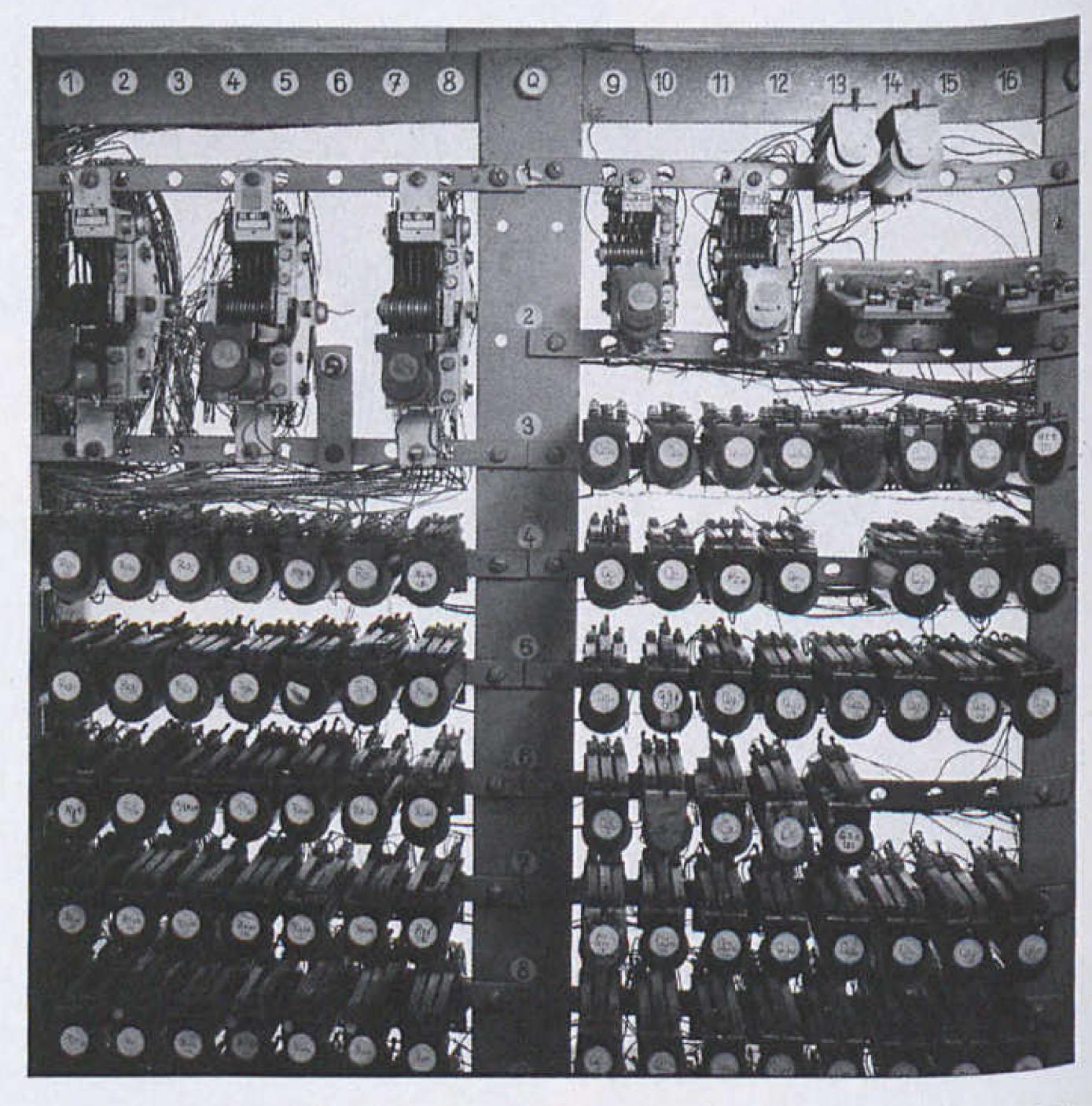
Die Flugzeugwerke unterhielten deshalb besondere Rechengruppen, die arbeitsteilig mit Tischrechenmaschinen die Aufgaben durchkurbelten. Zuse erinnerte sich, daß diese Aufgaben bereits recht gut programmiert gewesen seien. Ohne Zweifel war ein Arbeitsplatz in einer derartigen Gruppe attraktiver als die Stelle eines Ingenieurs beim Bau. Zuse arbeitete seit 1935 bei den neu installierten Henschel-Flugzeugwerken in Schönefeld. Schon während der Schul- und Studienzeit war seine Einstellung durch die Erfolge der Rationalisierungstechnik besonders geprägt worden. Er gab sich mit den vorgefundenen Arbeitsmethoden also nicht zufrieden, und der Gedanke an Automatisierung und Optimierung mittels technischer Erfindungen bestimmte auch sein Verhalten zur Arbeit als Statiker - eine Einstellung, die nicht mehr im Trend der Zeit lag.

Die ,Rechenmaschine des Ingenieurs'

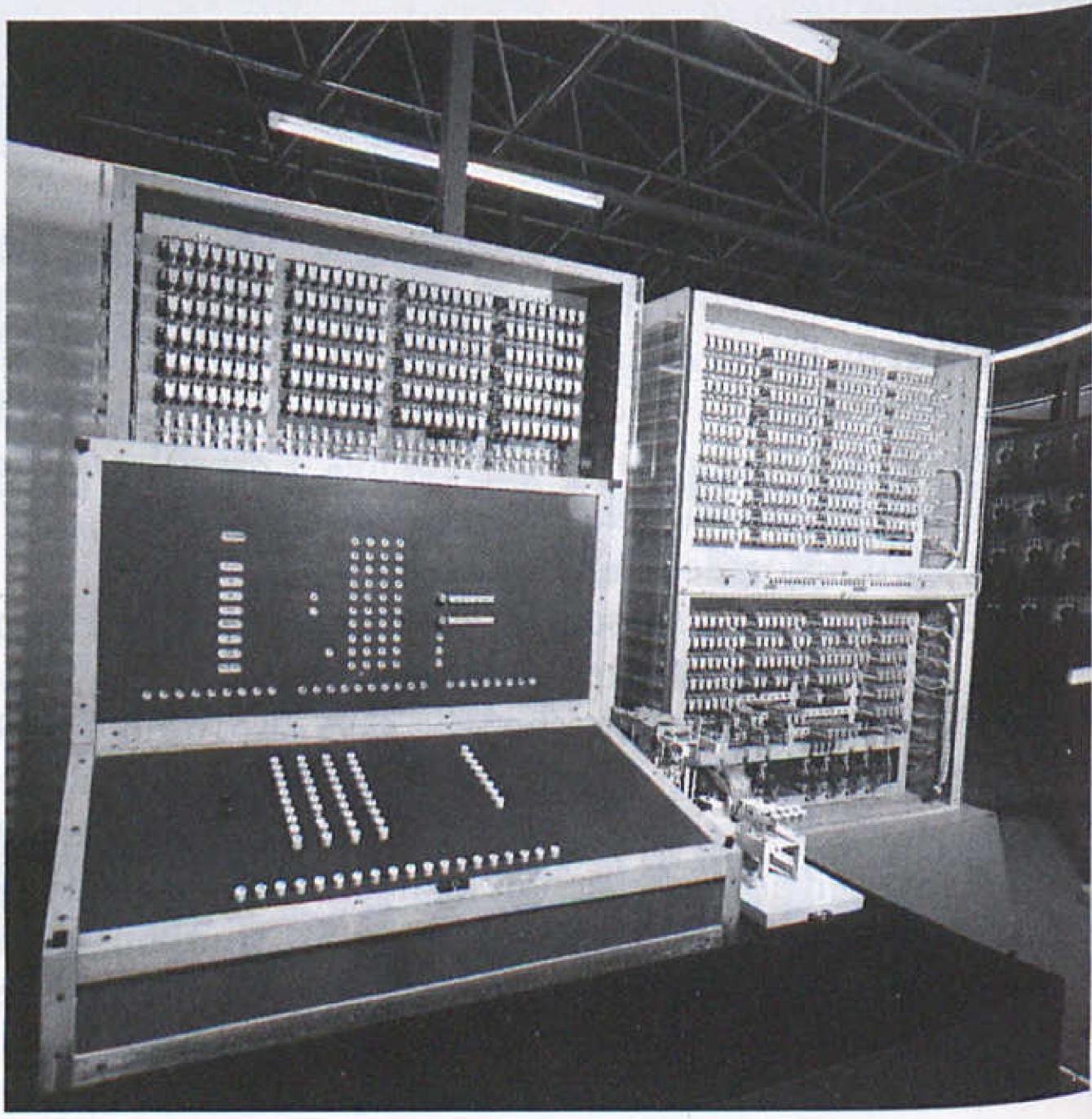
Noch während seiner Studienzeit, seit 1934, hatte Zuse Pläne entwickelt, nach denen das übliche Rechnen mit Formularen und Handrechenmaschinen vollständig auf einer einzigen Maschine automatisch ausgeführt werden sollte. Die Maschinenlesbarkeit der Formulare sollte nach Art der bekannten Lochkarten- und



Konrad Zuse (rechts) und Helmut Schreyer (links) bei der Arbeit an der Z 1 in Zuses elterlicher Wohnung, 1936 (Foto: Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung GMD)



Blick in den Relaiskasten des Zuse-Rechners Z4 (Foto: Deutsches Museum)



Erste programmgesteuerte Rechenanlage Zuse Z₃ (Foto: Deutsches Museum)

Konrad Zuse



Zuse-Rechner Z4 (Foto: Deutsches Museum)

Lochkombinationen realisiert werden. Die praxiserprobten Lochkartenverfahren der ebenfalls in Berlin angesiedelten Firmen Dehomag und Powers spielte jedoch in diesen Plänen keine große Rolle. Sie waren in der Ingenieurarbeit nicht eingeführt, weil sie zu wenig flexibel und mathematisch zu anspruchslos schienen. Aus heutiger Sicht stellt man fest, daß das Ingenieurrechnen auf einen umfangreichen Routinebetrieb nicht eingestellt War. Als später Routinerechnungen benötigt wurden, setzte man auch hier Lochkartenmaschinen erfolgreich ein. Zuse beschloß jedoch, ein eigenes Sy-Stem zu entwickeln, und fühlte sich in der Richtigkeit dieser Entscheidung durch eine Entdeckung von außerordentlicher Tragweite bestätigt: Der entscheidende Gedanke führte ihn bereits 1935 zu der Überzeugung, daß das optimale Zahlensystem für umfangreiche maschinen-Interne Rechnungen das duale sei. Er beschrieb sein Konzept erstmals ausführlich 1936 in seinem Manuskript ,Die Rechenmaschine des Ingenieurs'. Der

Lochstreifenmaschinen über codierte praktisch denkende Theoretiker Zuse brachte in ganz kurzer Zeit das Dualzahlensystem mit der abstrakten und universellen Systematik der Aussagenlogik zusammen und verband beides mit der Suche nach technischen Bauelementen, die die zwei erforderlichen Schaltzustände aufweisen würden und die z.B. in Form von Telefonrelais in preiswerter und zuverlässiger Form hergestellt wurden. Offenbar war es möglich, mit scheinbar ganz geringem Aufwand sämtliche Rechenaufgaben nicht nur der Statik, sondern der Mathematik und der Logik insgesamt zu lösen, wenn man sie in Ja-Nein-Elementarschritte auflöste und diese automatisch hintereinander abarbeitete. Zuse war von der Reichweite des Konzepts fasziniert. Es gab offenbar keine Aufgaben der Mathematik und der Logik, die auf diese Weise nicht lösbar waren.

Er begann den Eigenbau in der elterlichen Wohnung, wobei er von Studienfreunden mit großem Eifer unterstützt wurde. Nach einem knappen Jahr Arbeitszeit kündigte er seine aussichtsrei-

che Stelle bei den Henschel-Flugzeugwerken und konzentrierte sich ganz auf die Ausarbeitung einer Patentanmeldung und den Bau einer ersten Maschine.

Schon vor der Kündigung hatte er erstmals eine umfassende Patentschrift eingereicht, die das gesamte programmgesteuerte Rechnen abdeckte. Sie wurde jedoch mangels Offenbarung nicht bekanntgemacht und nicht ausgelegt. Zuse sollte 1941 das Patent erneut einreichen, das dann 1967 – jetzt in seiner Tragweite erkannt - vom Bundespatentgericht endgültig abgelehnt werden sollte. Der Anspruch hätte ihm zweifellos zugestanden, aber er schaffte es mangels Erfahrungen in patentrechtlichen Dingen und wegen des erforderlichen Aufwands an Geld und Zeit nicht, die Schrift so zu formulieren, daß sie vom Patentamt genehmigt wurde. Der Grund lag nicht zuletzt in dem zugleich genialen wie einfachen Sachverhalt der Zuseschen Konzeption, deren Bedeutung vom Patentamt in den 30er- und 40er-Jahren nicht so klar gesehen wurde wie vom Erfinder.

Mit Hilfe der Freunde bastelte Zuse im Zimmer der elterlichen Wohnung eine erste, rein mechanische Maschine, die jedoch in ihrer Komplexität und ihren Ausmaßen letztlich insgesamt nicht arbeitsfähig war, obwohl ihre Einzelteile funktionierten. Seit 1938 begann er die Arbeit an einem erweiterten Projekt, diesmal mit elektromechanischen Telefonrelais.

Politische Hindernisse

Das Dasein als freischaffender Erfinder hatte die Konsequenz, daß bei Kriegsbeginn im Herbst 1939 sofort die Einberufung erfolgte. Eine Dringlichkeit war weder für die Arbeiten an den beiden Maschinen noch für die Patentanmeldung nachzuweisen. Es ist von der heutigen, von Computern bestimmten Zeit aus gesehen nicht ganz einfach nachzuvollziehen, daß Zuses zukunftsweisende Theorien und Arbeiten bei den militärischen Behörden nicht als Anlaß für eine Freistellung anerkannt wurden. Erst wenn man das, was Zuse real vorweisen konnte, von den Konzepten und Plänen trennt, die er damit verknüpfte, und wenn man vor allem von der Bedeutung, die wir heute der Computertechnik zuschreiben, Abstand gewinnt und sich außerdem vor Augen führt, wie die ReSensad Englise

chenmaschinenszene damals aussah, muß man zugeben, daß es auch für technisch interessierte und aufgeschlossene Beamte schwer war, einer Unabkömmlichkeits-Stellung stattzugeben – insbesondere dann, wenn sie sich zur Entscheidungsfindung an einen Rechenmaschinenexperten gewandt hätten.

Dagegen erwies sich die etablierte Flugzeugindustrie als die Stelle, die nach Intervention der Studienfreunde Zuses Freistellung als Statiker erreichte. So finden wir Zuse im Frühjahr 1940 wieder tagsüber bei Henschel als Statiker rechnend, abends und am Wochenende an seinen Maschinen bauend. Dort bekam er 1940 Kontakt zur Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL), besonders zu Professor Alwin Teichmann, der gerade mit den immer neu durchzuführenden, zeitraubenden statischen Rechnungen beschäftigt war, die Zuse maschinell ausführen wollte. Die DVL übernahm 1940/41 die Teilfinanzierung des Baus der Maschine, die heute als Z3 die "erste vollautoamtische, programmgesteuerte und frei programmierte, in binärer Gleitpunktrechnung arbeitende Rechenanlage" in den technikgeschichtlichen Handbüchern genannt wird.

Der Computer ohne geeignete Umgebung

Die Z3 löste in keiner Weise den Computerboom aus, den wir aus heutiger Sicht vielleicht erwartet hätten. Speicher- und Rechenwerk der Maschine arbeiteten durchweg dual mit Telefonrelais, die allerdings, da aus verschiedenen Altbeständen stammend, unterschiedliche Betriebsdaten aufwiesen. Die von Zuse trotzdem als "verhältnismäßig betriebssicher" bezeichnete Maschine konnte tatsächlich nur von ihrem Erbauer betrieben, d.h. programmiert und bei Ausfall wieder in Gang gesetzt werden. Sie blieb in der Wohnung stehen, wurde verschiedenen interessierten Persönlichkeiten vorgeführt, bei Bombenangriffen mehrfach beschädigt, wieder repariert und schließlich ganz zerstört. Sie rechnete intern dual und verfügte über ein Gleitpunktrechensystem und war damit nicht wenigen Nachkriegscomputern voraus.

Für die Ein- und Ausgabe standen jedoch, wie auch bei Zuses späteren Maschinen dieser Periode, nur primitive Locher für Kinofilmstreifen und Lämp-

chenanzeigen für das Ablesen zur Verfügung. Die praktische Arbeit mit derart ausgestatteten Maschinen etwa in einem Rechenbüro der Flugzeugindustrie in der damaligen Kriegssituation hätte vermutlich ständig unter Fehlern bei der Ein- und Ausgabe und beim Ablesen gelitten. Technisch wäre der Anschluß der üblichen Fernschreibmaschinen oder auch der komfortablen Tabelliermaschinen der Lochkartensysteme allerdings möglich gewesen. Zuse verfügte jedoch nicht über solche Geräte, denn niemand förderte ihn in dieser Hinsicht. Bis Ende 1944 war er immer in der Position dessen, der die anderen vom Nutzen seiner Maschine überzeugen mußte, wobei diese Maschine nie in der Weise ausgeführt war, daß ihre überlegene Konstruktion tatsächlich zum Tragen kam.

Die Maschine war frei programmierbar,

Beispiel: Stabwerk	Paarliste
	1-2
4 5	2-3
0-0	1 - 4
	2-4
	2-5
X >	4-5
	3 - 5
1 2 3	

wurde aber nie von einem Recheninstitut mit vielseitigen Aufgabenstellungen benutzt, sondern nur bei Vorführungen für kurze, wenig anspruchsvolle Aufgaben eingesetzt. Aber auch in anderer Hinsicht waren die Voraussetzungen ungünstig. Rechnende Ingenieure und Mathematiker arbeiteten mit den üblichen Rechenmaschinen etwa vom Typ, Brunsviga'. Die Typen , Hamann Selecta' oder ,Mercedes Euklid' galten damals bereits als ,Automaten', weil sie die Division zweier Zahlen ohne Zwischeneinstellungen ausführten. Sonst hatten Mathematiker und Ingenieure Rechenschieber und verfügten über keinen Etat für neuartige Rechenmaschinen. Mathematiker brauchten kein Geld und hatten daher auch keines. Zuse nannte einmal als Kosten für die Maschine 23000 Reichsmark, ein für unsere Vorstellungen sehr geringer Betrag, vor allem wenn man bedenkt, daß er Grundlagenforschung und Entwicklung mit einschließt. Die komfortabelsten Tischrechenmaschinen kosteten 2000 bis 3000 Reichsmark, also rund ein Zehntel.

Der 'Plankalkül' von Konrad Zuse. Ausschnitt aus Beispielen

Aufbau zusammengesetzter Angabenstrukturen:

SO	Ja-Nein-Wert
$S1.n = n \times SO$	n-stellige Folge von Ja-Nein-Werten
S 1 . 4	Tetrade
σ	allgemeines Zeichen für Angabe beliebiger Struktur
2 σ	Paar von Werten
$m \times 2 \sigma$	Paarliste

Beispiele:

V K S	V 3	Die Variable V_3 ist eine Paarliste von m Paaren der Struktur 2×1 .n und soll als Ganzes in die Rechnung eingehen.
S	$m \times 2 \times 1.n$	
V	V 3 i 2 × 1.n	Von der Paarliste V_3 soll das i. Paar genommen werden (Struktur $2 \times 1.n$). (i kann dabei ein laufender
K	1 252 100	Index sein.)
S	2 × 1.n	
	V	Von dem i. Paar der Paarliste V ₃ soll das Vorderglied (erstes Element des Paares) genommen werden
K	i.O	(Struktur 1.n).
V K S	1.n	
	V	Von dem Vorderglied des i. Paares der Paarliste V3
V K	3	soll der Ja-Nein-Wert Nr. 7 genommen werden
K	i.O.7	(Struktur SO = Ja-Nein-Wert).
S	0	

WACKER

Einer unserer großen Pioniere...



...war Josef
von Fraunhofer
(1787-1826),
Entdecker der
Risse im
Regenbogen
(Fraunhofersche
Linien), Erfinder
und Produzent
präziser opti-

scher Instrumente und Geräte.

Fraunhofer, ein Vollwaise, absolvierte eine Lehre beim Münchner Hofspiegelmacher. Ohne Lohn, ohne Licht und mit dem Verbot des Bücherlesens. Erst ein "tragisches Unglück" rettete ihn aus dem Joch und ebnete ihm den Weg nach oben. Der Autodidakt wurde 1821 zum außerordentlichen Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften berufen und schuf die theoretischen und praktischen Grundlagen für die Weltgeltung der deutschen optischen Industrie.

Josef von Fraunhofer war einer unserer großen Pioniere: Ein genialer Wissenschaftler und hochgeehrter Unternehmer seiner Zeit... Auch heute gilt der große Maßstab: Die geniale Lösung. Die Perfektion in Forschung, Entwicklung und Produktion.

Seit 40 Jahren forscht, entwickelt und produziert die Wacker-Chemie Silicone und bietet mehr als 1000 Einzelprodukte für zuverlässige Problemlösungen in den verschiedensten Bereichen: Kautschuk-, Gummi- und Kunststoffindustrie, Elektrotechnik und Elektronik, Bauund Verkehrswesen, Raumfahrt, Lack-, Papier-, Textil- und Lederindustrie, chemische Industrie, Medizin, Pharmazie, Kosmetik sowie Maschinenbau, Feinmechanik und Optik.

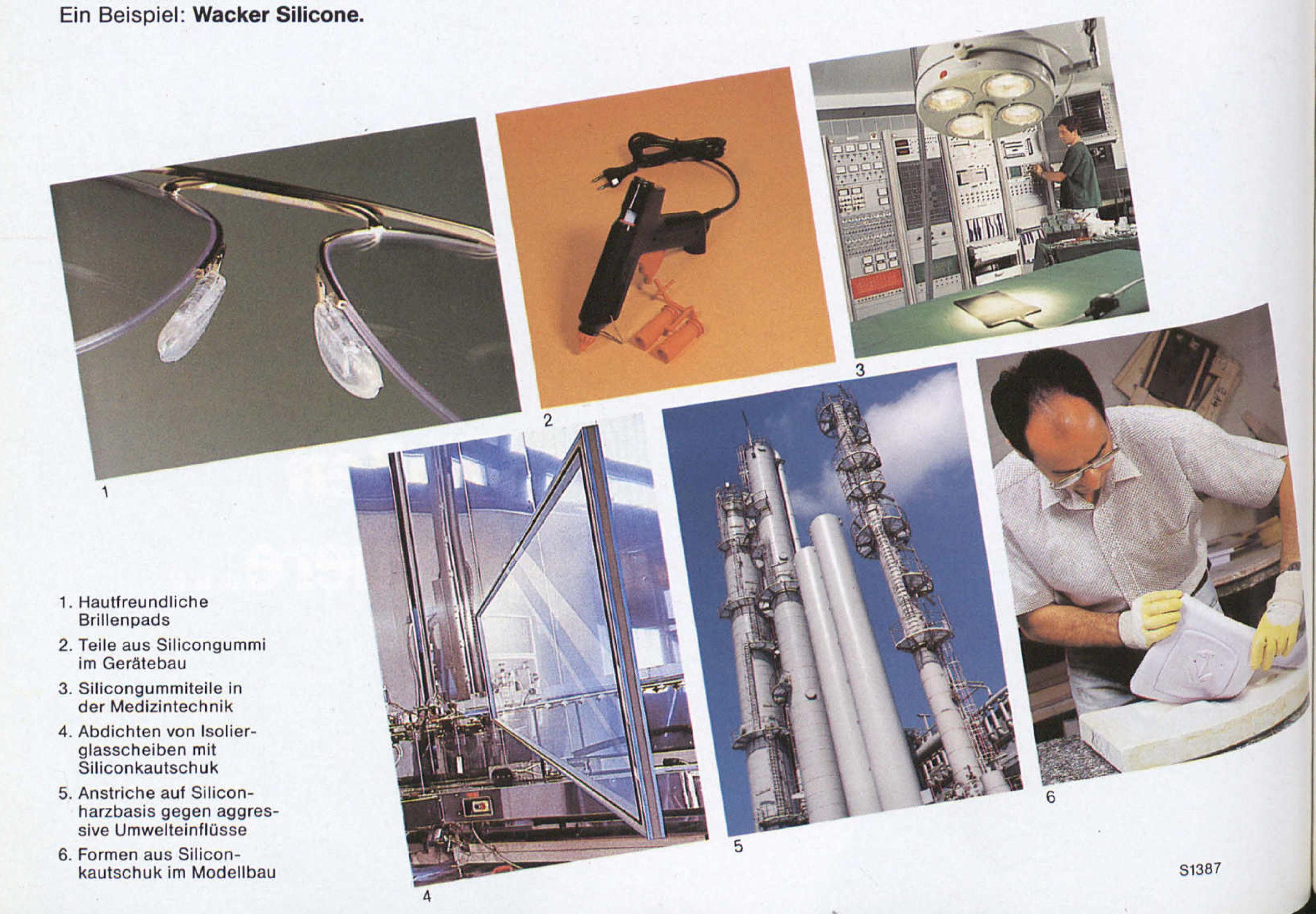
Dafür bietet die Wacker-Chemie hochwertige Spezialprodukte: Wacker Silicon-Elastomere, ideale Materialien, wenn Dauerelastizität und Alterungsbeständigkeit gefordert sind, z. B. bei Atemschutzmasken und Isolierglasdichtungen. Silicongummiteile sind physiologisch inert und sterilisierbar und werden deshalb auch in der Medizintechnik eingesetzt, z. B. bei Brillenpads wegen ihrer Hautfreundlichkeit. Die klebstoffabweisenden und hitzebeständigen Eigenschaften nutzt man z. B. bei Klebepistolen oder bei Walzen für Kopiergeräte. Elastische Drucktampons aus Wacker Siliconkautschuk ermöglichen das präzise Bedrucken

unebener und gewölbter Flächen. Wacker RTV-Siliconkautschuk leistet im Modell- und Formenbau große Hilfe: Das Material ist leicht zu verarbeiten und gibt selbst komplizierte, stark strukturierte. Oberflächen originalgenau wieder. Wo Schaum die Produktion behindert, werden Wacker Silicon-Antischaummittel eingesetzt. Sie wirken bereits in geringen Mengen, z. B. bei der Abwasserentschäumung. Wacker Siliconharze sind Bindemittel für hochhitzebeständige Korrosionsschutzanstriche, z. B. zum Langzeitschutz von

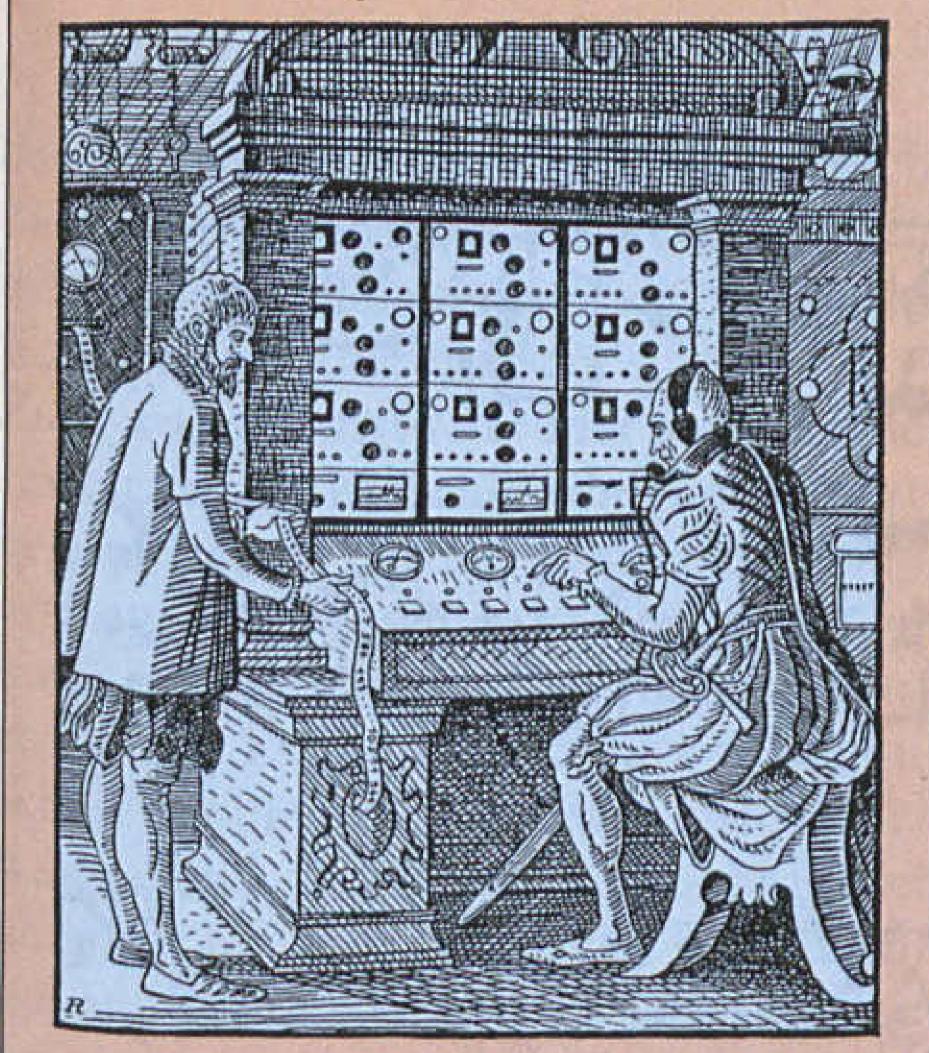
40 Jahre Wacker Silicone HighSil

Industrieanlagen.

Wacker-Chemie GmbH Sparte S Prinzregentenstraße 22 D-8000 München 22 Telefon 089/2109-0 Telex 52912156 Telefax 21091771



Der Programirer.



Die Entopf schusen das künstling Hirn Auß ensen un schnörklicht Dratgewirrn. Hat aber nit warm Bluth noch Lebn/ Ich thu senn Gedankn ihmb eingebn. Denkt dan als tausend Weise gescheitt/ Was ich ihmb aufftrag un fein zubereit. Zält mir benspilweis fliegn un Muckn/ Brauch darben nur auff knopf druckn.

Für die Routinerechnungen wurden im Krieg auch Abiturientinnen in ihrer Dienstverpflichtungszeit eingesetzt. Sie hatten zwar eine gute Grundausbildung, sollten aber die Rechenaufgaben insgesamt nicht verstehen. Man sah darin, daß, ohne Verständnis gerechnet, bei zwei Rechnerinnen dasselbe Ergebnis herauskam, eine Gewähr für die Richtigkeit der Rechnung. Die für eine weitere Verbreitung der Maschinen unverzichtbare Ausbildung von Programmierern stellte eine völlig neuartige Aufgabe dar. Auch entfiel im Rahmen der Kriegsproduktion die betriebswirtschaftliche, auf Kostensenkung ausgerichtete Kalkulation und Rationalisierung, die eigentlich am Anfang von Zuses Überlegungen gestanden hatte – und die in späteren Jahrzehnten Voraussetzung für das zunehmende Interesse an Computern darstellen sollte. Für die kriegswirtschaftliche Lagerhaltung, Planung und Verteilung War die Lochkartentechnik hervorragend geeignet und eingeführt. Wenn hier die Zahlen dezimal und nicht dual verrechnet wurden, konnte niemand einen Nachteil erblicken.

Der elektronische Computer

Zuses Mitarbeiter Helmut Schreyer, ein Versierter Fernmelde- und Elektronikingenieur, arbeitete seit 1935/36 an der Realisierung elektronischer Rechen-

Karikatur im "Simplicissimus" vom 9. März 1963 in Anlehnung an das Ständebuch von Jost Amman

grundschaltungen, die in Zuses Computerkonzept die rein mechanischen und die elektromechanischen Grundbausteine ersetzen sollten. Die Rechengeschwindigkeit wäre dabei um das Tausendfache erhöht worden. Bei Kriegsanfang, nach der Einziehung Zuses, bot Schreyer dieses Konzept verschiedenen militärischen Dienststellen an. Das Oberkommando des Heeres (OKH) lehnte eine Finanzierung wegen der angegebenen Entwicklungszeit von 2 bis 3 Jahren jedoch ab – bis dahin sollte der Krieg mit den vorhandenen Mitteln schon lange gewonnen sein.

Aus der Nachkriegszeit wissen wir, daß der Aufwand für den Bau eines solchen elektronischen Computers von relativ kleinen Teams geleistet wurde, und es gibt keinen Grund, an einem Erfolg des Zuse/Schreyer-Konzepts zu zweifeln. Damals wurde jedoch technisch Machbares nur dann realisiert, wenn es in dem Geflecht aus pragmatischen und weltanschaulich-strategischen Absichten und Zielen des nationalsozialistischen Rüstungs- und Kriegsapparats von einer ausreichend durchsetzungsfähigen Stelle als nützlich und dringend anerkannt wurde. Solche Stellen fanden sich für die extrem billigen Relaisrechner, nicht aber für eine elektronische Maschine.

Eine Firma mit Zukunft?

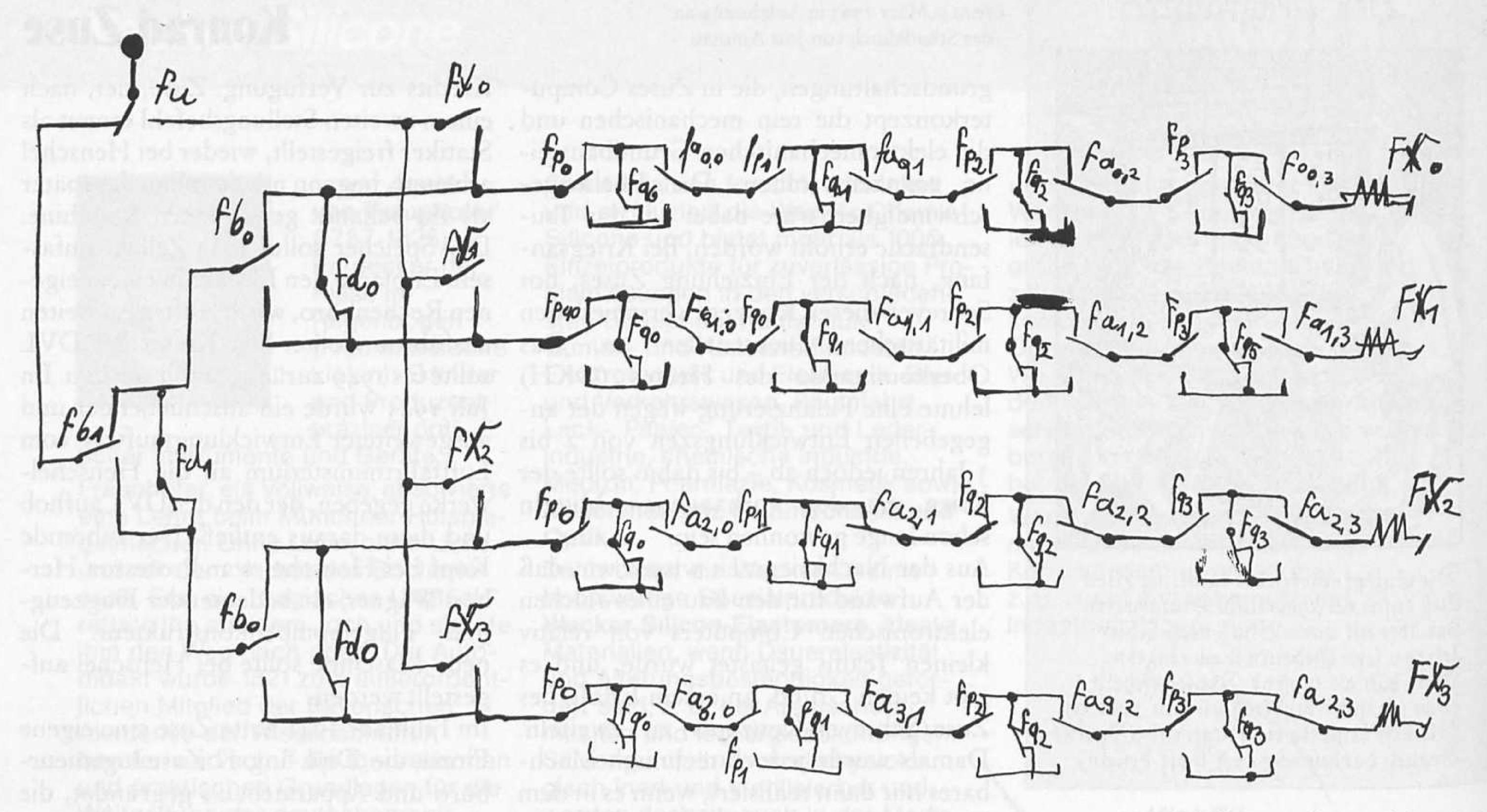
Im Dezember 1941 stellte die DVL für die Entwicklung eines "voll einsetzbaren Rechengeräts", nach den bisherigen provisorischen Geräten, Geld in Form eines

Konrad Zuse

Kredits zur Verfügung. Zuse, der, nach einem zweiten Stellungsbefehl erneut als Statiker freigestellt, wieder bei Henschel arbeitete, begann mit dem Bau der später als Z4 bekannt gewordenen Maschine. Der Speicher sollte 1024 Zellen umfassen. Er plante den Einsatz in einem eigenen Rechenbüro, wo er Auftragsarbeiten ausführen wollte. Der Kredit der DVL sollte bis 1949 zurückgezahlt werden. Im Juli 1943 wurde ein anschließender und ausgeweiteter Entwicklungsauftrag vom Luftfahrtministerium an die Henschelwerke gegeben, der den der DVL aufhob und diese daraus entließ. Der führende Kopf bei Henschel war Professor Herbert Wagner, ein bedeutender Flugzeugund Flügelbombenkonstrukteur. Die neue Maschine sollte bei Henschel aufgestellt werden.

Im Frühjahr 1941 hatte Zuse eine eigene Firma, die ,Dipl.-Ing. K. Zuse Ingenieurbüro und Apparatebau', gegründet, die gegenüber dem elterlichen Haus in einer Parterrewohnung untergebracht war. Zu diesem Zeitpunkt plante er bereits die Serienherstellung seiner Maschinen. Im Gespräch war die Stückzahl 300. Das kleine Unternehmen, das jetzt einige Arbeitskräfte zugeteilt erhielt, war als Wehrwirtschaftsbetrieb anerkannt, hatte eine Reichsbetriebsnummer und war Mitglied der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, war also institutionell relativ abgesichert. Offizielles Arbeitsgebiet war die "Entwicklung und Musterfertigung kriegswichtiger Sondergeräte zur Aufstellung aerodynamischer und ballistischer Berechnungen". Die Z4 ging





Handschrift Konrad Zuses. Skizze eines assoziativen Speichers, 1943

Ende 1944, den beschleunigten Bau weicherheit damit zu rechnen ist, daß die an dem Gerät interessierten Kreise in Zu-Jahreswende 1944/45 wurden weitere Entwicklungsaufträge erteilt, unter anderem der Bau eines sogenannten, Planfertigungsgeräts', d.h. eines Programmerstellungsgeräts. Zuse hatte die erforderlichen Schaltungen bereits in der Schublade. Er arbeitete auch schon an einer außerordentlich universellen - und entsprechend abstrakten - Programmiersprache, dem ,Plankalkül'.

Die Vision vom Computerzeitalter

Nach heutigen Maßstäben könnte man das in Bombentrümmern versinkende Berlin als ausgesprochene Computermetropole bezeichnen. Dabei gab es mit Zuse selbst jedoch nur eine einzige Person, ging, und die mit großer Energie alle genannten Projekte allein durchführte oder wenigstens in Angriff nahm. Die Pläne und Konzepte, die Zuse in die Tat umsetzen wollte, belegen, daß er tatsächlich bewußt in das Computerzeitalter schritt, in dem wir heute leben. Erst in diesem

- vor allem wegen der zunehmenden Kontext erhalten die technischen Provi-Bombenschäden – nur langsam ihrer sorien ihren historischen Stellenwert. Vollendung entgegen. Wagner forderte Wenn meist stillschweigend die erwähnten Arbeiten aus der Kriegszeit mit der terer gleichartiger Geräte . . . da mit Si- Realität der 60er und 70er Jahre verknüpft werden, so steht dahinter die weitgehende Übereinstimmung der kunft stark anwachsen werden." Um die Konzeption des individualistischen technischen Pioniers Zuse der 40er Jahre mit den seit der Mitte der soer Jahre von Wissenschaft, Industrie, Wirtschaft und staatlichen Institutionen im internationalen Maßstab vorangetriebenen Projek-

Während der Vorkriegsjahre waren Zuse und seine Mitarbeiter durch die technischen Probleme der Maschinenkonstruktion so in Anspruch genommen, daß die Frage nach der Anwendung noch nicht sehr konkret schien - die Maschine war ja im höchsten Maße universal und für alles zu gebrauchen, auch wenn die statischen Rechnungen im Vordergrund standen. Mit den Bemühungen um Zuses Freistellung bei Kriegsbeginn stellte sich die Frage jedoch schlagartig. Noch vor die wußte, worum es bei dieser Technik dem ersten DVL-Auftrag empfahl Schreyer den Einsatz in technischen Konstruktionsbüros und für Tabellenrechnungen, aber auch für die Feuerleitung auf Kriegsschiffen oder die Berechnung von Wetterkarten für die Luftwaffe. Vermutlich schränkte gerade der dabei immer wieder hervorgerufene Ein-

druck der Ziellosigkeit das Vertrauen in das Projekt ein.

Der Gefreite Zuse argumentierte zu diesem Zeitpunkt mit den Einsatzmöglichkeiten für die Rationalisierung: Hochqualifizierten Arbeitskräften, Ingenieuren, Wissenschaftlern und Forschern sollte schematische Rechenarbeit abgenommen werden; der technische Fortschritt "auf den verschiedensten Gebieten" könnte gefördert werden, was der Qualitätserhöhung der Flugzeuge und der Materialersparnis im Bauwesen dienen würde; wissenschaftliche Erkenntnisse sollten vertieft und damit kostspielige Versuche erspart werden. Auch der Einsatz in der Wirtschaft sei möglich, weil sich die Maschine für die Rechnung im nichtdezimalen englischen Währungssystem eignete. Auch Zuse wies damals auf die Einsatzmöglichkeiten "für strategische Zwecke" hin und erwähnte die Eignung für die "Feuerleitung bei der Artillerie.. da sämtliche Einflüsse fortlaufend rechnerisch ausgewertet werden können". Andere Stichworte waren Stahlbau, Eisenbetonbau, Feldvermessung, Schwingungslehre, Aerodynamik. "Man kann die Rechnung breiter ausbauen und mehr variieren. Folgte bisher jeder Rechnung ein Stoß von Nachträgen, um die dauernden Änderungen zu

Konrad Zuse

berücksichtigen, so ist es jetzt möglich, die Rechnungen stets 'frisch' zu erhalten, d. h. sie laufend dem neuesten Stande der Konstruktion anzupassen."

Zuse war sich 1939 darüber klar, daß der Einsatz seiner Maschine die Ingenieurarbeit verändern mußte: "Ist der Ingenieur erst auf die Maschine eingearbeitet, so kann er seine ganze Arbeitstaktik darauf einstellen. Es gibt eine Reihe von technischen Problemen, die zwar theoretisch Weitgehend erforscht sind, praktisch aber nur mit sehr primitiven Faustregeln gen zu langstielig sind. Praktische An-Wendung finden nicht die besten, sondern die einfachsten Theorien. Hier beginnt die eigentliche Aufgabe der Maschine. Probleme, die bisher nur annähernd durch Versuche erfaßt werden konnten, können jetzt rechnerisch durchschaut werden." Als Beispiel nannte er die aktuelle Schalenkonstruktion beim Ganzmetall-Flugzeugbau. Ingenieure, die diesen Argumenten folgen konnten, mußten aber verunsichert reagieren, wenn Zuse gleich im Anschluß auf den Nutzen seiner Maschine für das Bankwesen verwies, wo er jedem Konto eine Speicherstelle zur Verfügung stellen Wollte, um so "jederzeit blitzschnell Konto-Auszüge, Tagesbilanzen oder dergl." zu erhalten. Auch für die "Atomtheorie" könne die Maschine eingesetzt Werden.

Pläne der Nachkriegsjahre

Der Katalog der Anwendungsvorschläge Von 1939 änderte sich bis zum Kriegsende kaum. Als Zuse nach Kriegsende jahrelang isoliert mit der Familie und mit der geretteten, provisorisch fertiggestellten Z4 im Allgäu wohnte, arbeitete er erneut Anwendungsbeschreibungen für seine Maschine aus und schickte sie an mögliche Interessenten, darunter das Konsulat In den USA, ohne daß sie auf größeres Interesse stießen. Geradezu utopisch mußten seine Angaben über die "logistischen Geräte ..., die über das Zahlenrechnen hinausgehen" anmuten: "Hier können die Speicherwerke der Festhaltung und stetigen Bereithaltung einer großen Menge von Rechenanweisungen dienen, die bei der jeweils vorliegenden Aufgabe den Forderungen entsprechend herausgesucht und kombiniert werden.

So kann das ganze schematisierbare Wissen auf abgegrenzten Gebieten wie z.B. der Algebra, der Statik usw. in Speicherwerken festgehalten werden."

Zuse war sich 1939 darüber klar, daß der Einsatz seiner Maschine die Ingenieurarbeit verändern mußte: "Ist der Ingenieur erst auf die Maschine eingearbeitet, so kann er seine ganze Arbeitstaktik darauf einstellen. Es gibt eine Reihe von technischen Problemen, die zwar theoretisch weitgehend erforscht sind, praktisch aber nur mit sehr primitiven Faustregeln gehandhabt werden, da die Berechnungen zu langstielig sind. Praktische Anwendung finden nicht die besten, sondern die einfachsten Theorien. Hier beginnt die eigentliche Aufgabe der Maschine die Ingenieurarcheit den Vorteil des Großspeichers gegenüber dem Lochkartenverfahren, das nur bei Erhebungen rentabel sei, "die sich auf große Mengen von Material unter dem gleichen Gesichtspunkt erstreckten". Es sei dagegen für "Einzelermittlungen" zu aufwendig, während "bei zweckentsprechendem Einsatz von Massenspeicherwerken neue Wege erschlossen" werden könnten. Speicherwerke könnten auch für die Steuerung von Adressier- und Chiffriermaschinen sowie von Werkzeug- und Arbeitsmaschinen verwendet werden.

Nach seiner Schätzung kosteten mechanische Zählwerke, die im üblichen Tischrechenmaschinenbau die Aufgabe des Speichers erfüllten, 150 Reichsmark, während sie bei seiner bisher gebauten Maschine nur 50 Reichsmark kosteten. Bei einem Serienbau von ca. 1000 (!) Geräten der gleichen Konstruktion und einer Kapazität von bis zu 1000 Zellen könnten "ohne weitere Anderung der Herstellungsmethoden" 3 bis 5 Reichsmark pro Zelle erreicht werden. Auch diese Kosten könne man noch verringern durch Verkleinerung der Konstruktion, weitgehende Normung der Stanzteile und der Stanzschnitte sowie die Montage von Gesamtschnitten aus einzelnen Bauteilen und die Mechanisierung der Fertigung und Montage auch durch Einsatz von Speicher- und Rechengeräten, "so daß die Größe der Teile nicht an die Größe der menschlichen Finger gebunden ist".

1946 arbeitete er eine Schrift über die "Mechanisierung eines Warenhausbetriebs" aus, wobei jeder Kunde beim Betreten des Hauses eine Blechmarke mit einer gelochten Kennziffer erhalten, damit die Waren aussuchen und sie bei der Bezahlung wieder angeben sollte. Die Rechenpläne für kaufmännische Rechnungen könne man gleich in gesonderten Speicherwerken speichern, "da es sich meistens um wenige, stets wiederkehrende Rechen- und Buchungsvorgänge handelt". Er schlug vor, die Kontenstände, spezielle Kontonummern, Überziehungsangaben usw. im Speicher statt in Lochkarten aufzubewahren. So könne man in neuartigen Registrierkassen "die

Preise der wichtigsten Warengattungen" im voraus speichern und brauchte nur noch Warengattung und Menge einzutasten. Ebenfalls 1947 entstand eine Ausarbeitung über ein Werkskontrollsystem zur "Gefolgschaftskontrolle".

Utopien?

Die geschilderten Vorstellungen hatten sowohl am Beginn als auch am Ende des Kriegs – wie wir es heute beurteilen können – eine technisch rationale Basis. Man kann sich gut vorstellen, daß sie nach einer gewichtigen Auftragserteilung im Krieg von einem leistungsfähigen Industrieunternehmen übernommen, nach den Maßstäben neuester Fertigungstechnologien durchkonstruiert und in größerem Rahmen ausgeführt worden wären. Alle Pläne mußten jedoch an den politischen Gegebenheiten, wie sie das Ende des Kriegs festlegte, scheitern.

Zuses 1949 neu gegründetes kleines Unternehmen sah sich den noch unbekannten Gegebenheiten einer radikal liberalisierten Marktwirtschaft gegenüber, konnte jedoch bis zum Beginn der 60er Jahre den Computermarkt entscheidend mitbestimmen. Als jedoch die vorausgesehenen Zustände des Computerzeitalters tatsächlich eintraten, beherrschten die ganz großen, kapitalstarken, weltweit agierenden Büromaschinen- und Elektrounternehmen das Feld. Was niemand vorausgesehen hatte, war die schnell zunehmende Dynamik der technischen Entwicklung und der weltweite, kapitalverschlingende Konkurrenzkampf, der die immer expandierende Branche bis heute bestimmt.

Hinweise zum Weiterlesen

K.H. Czanderna: Konrad Zuse, der Weg zu seinem Computer Z3. München, Wien 1979

H. Petzold: Die Ermittlung des "Standes der Technik" und der "Erfindungshöhe" beim Patentverfahren Z391. Dokumentation nach den Zuse-Papieren. In: GMD-Studien, Nr. 59, St. Augustin 1981

H.Petzold: Rechnende Maschinen. Eine historische Untersuchung ihrer Herstellung und Anwendung vom Kaiserreich bis zur Bundesrepublik. Düsseldorf 1985

K. Zuse: Der Computer – Mein Lebenswerk. Überarbeitete Neuauflage, Berlin, Heidelberg 1984

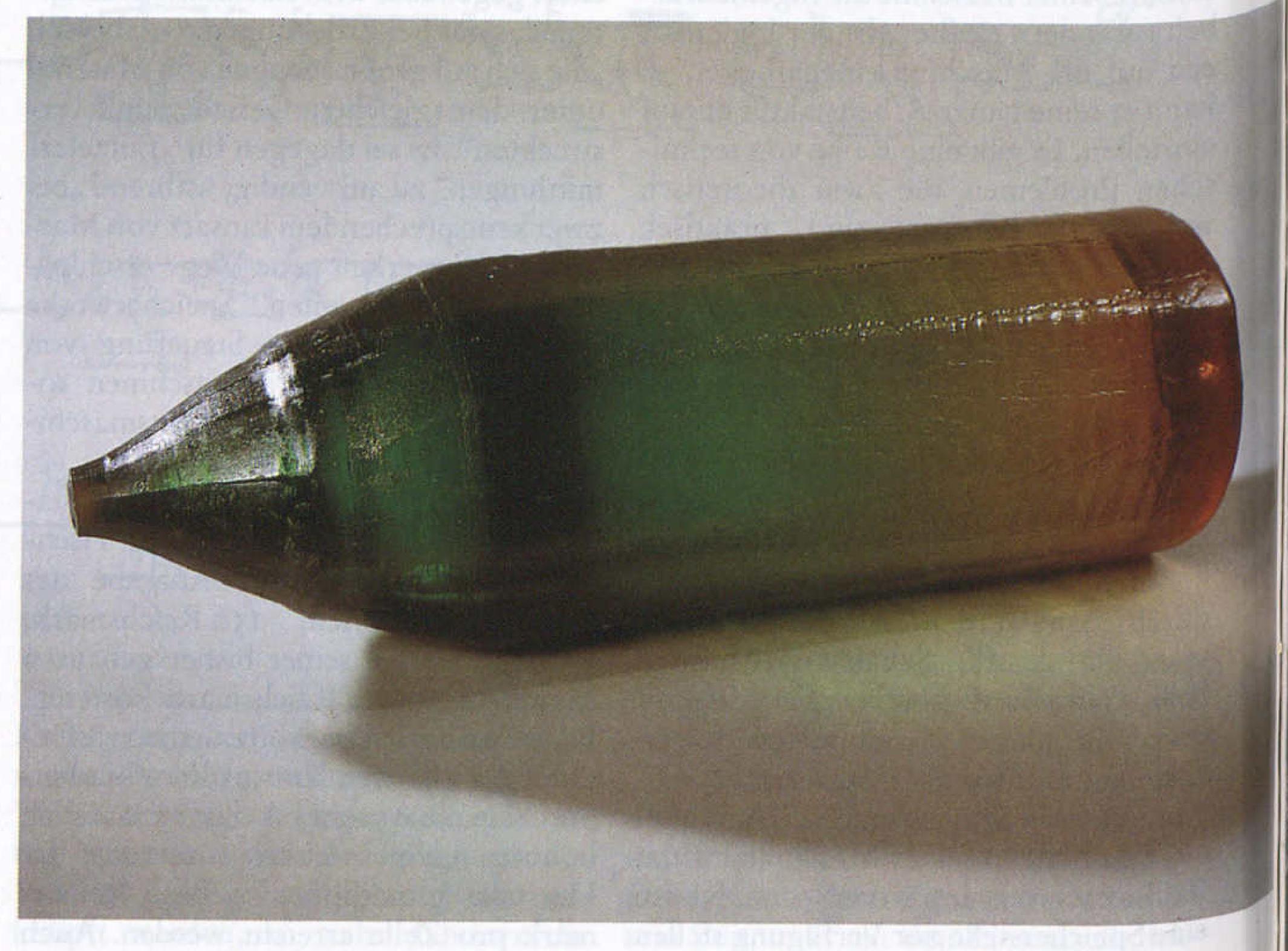
K. Zuse: Die Rechenmaschine des Ingenieurs. Kopie des Originalmanuskripts bei Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD), St. Augustin, Sign. 009/001

KUNST UND WISSENSCHAFT DER KRISTALLZÜCHTUNG

Tatürlich vorkommende Kristalle haben ihrer Form, ihrer Farbe und ihres Glanzes wegen schon immer den Menschen beeindruckt. Soweit sie genug Härte und Beständigkeit aufwiesen, wurden sie als Schmucksteine damals wie heute hoch geschätzt, vielfach wurden ihnen auch magische Kräfte zugeschrieben.

Trotz ihrer Vorliebe für die Geometrie fiel den Griechen des Altertums an den Kristallen nichts weiter auf als die glatten Flächen, die beim Bergkristall besonders schön ausgeprägt waren. Sie nannten ihn ,Kristallos', weil sie dachten, er müsse etwas mit Eis zu tun haben, das auch glatt ist. Das Wesen der Kristalle, das sie von Gläsern und anderen ,amorphen' Materialien unterscheidet, wurde erst in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts entdeckt, als man die Winkel zwischen den Kristallflächen zu messen begann. Man erkannte geometrische Grundkörper, die mehr oder weniger ausgebildet in den Kristallen zutage traten, entdeckte Symmetriebeziehungen zwischen den Flächen und vermochte die Kristalle in sieben Kristallsysteme und dann in 32 Kristallklassen einzuordnen. Ihr innerer, strengen Naturgesetzen folgender Aufbau aus Atomen, Ionen oder Molekülen, der sich auf zweihundertunddreißig ,Raumgruppen' möglicher Anordnung dieser Kristallbausteine zurückführen läßt, wurde letztlich erst in unserem Jahrhundert geklärt.

Damit blieb auch die gezielte Synthese von großen "Einkristallen" dem 20. Jahrhundert vorbehalten. Während viele Stoffe unseres täglichen Lebens - wie Metalle, Zucker und Salz -, polykristallin', d.h. aus vielen winzigen Kriställchen unterschiedlicher Orientierung zusammengesetzt sind, erstreckt sich in einem "Einkristall' die streng gesetzmäßige Anordnung der Kristallbausteine über den ganzen Körper, es gibt keine ,Korngrenzen', an denen verschiedenartig orientierte, Kristallite' aneinanderstoßen, wie etwa in der abgebildeten Platte aus gegossenem, rasch erstarrtem Silicium. Aus wäßrigen Lösungen von Salzen bilden sich beim Eindunsten viele kleine und auch größere Kristalle, eine alte Erfah-



Aus der Schmelze gezüchteter, ca. 15 kg schwerer Einkristall von Gadolinium-Gallium-Granat (Foto: Wacker-Chemitronic)

rung. Zur Züchtung aber eines vollausgebildeten Einkristalls aus einer Lösung bedarf es höheren Aufwandes:

- 1. Der Aufrechterhaltung einer geringen, konstanten Übersättigung.
- 2. Der Vorgabe eines Impfkristalls.
- 3. Dem Ausschluß anderer Kristallisationskeime.

Kristallzüchtung

Die Aufgabe des Kristallzüchters läßt sich vereinfacht so formulieren: An vorgegebenen Kristallflächen (Keimkristall, Impfling) sollen Kristallbausteine (Moleküle, Ionen, Atome) so angelagert werden, daß sich das Regelmaß des Kristallgitters ungestört fortsetzt. Die Kristallbausteine sind meist dieselben, die auch den vorgelegten Keimkristall bilden. Sie können in besonderen Fällen aber auch andersartig sein, man spricht dann von "Heteroepitaxie".

Die Durchführung dieser geschilderten Aufgabe ist nicht so einfach, wie es scheint. Bei der Anlagerung der Bausteine an die Oberfläche des wachsenden Kristalls treten Störungen auf:

1. Bausteine sind am falschen Platz.

- 2. Plätze werden vergessen und nicht besetzt.
- 3. Fremde Bausteine (Verunreinigungen) kommen dazwischen.

Wie wächst ein Kristall?

In den dreißiger Jahren wurden von Kossel, Stranski und Vollmer Vorstellungen zum Wachstum eines Kristalls entwikkelt: ein Kristallbaustein trifft aus der Lösung oder Schmelze auf die Kristallfläche und wandert in loser Bindung auf ihr umher, bis er einen Kristallgitterplatz findet oder sich wieder ablöst. Vom Energiegewinn her ist dabei die Anlagerung an eine Stufe auf der Kristallfläche am vorteilhaftesten, sie bietet auch für nachfolgende Bausteine weitere Anlagerungsmöglichkeiten, bis die Reihe aufgefüllt ist. Wie beim Stricken muß nun eine neue , Nadel' mit der Anlagerung eines Bausteins begonnen werden. Am schwierigsten ist der Neubeginn auf einer abgeschlossenen Kristallfläche.

Mikroelektronik. Ohne die hauchdünnen Scheiben dieses Einkristalls hätte die dritte dustrielle Revolution nie stattgefunden. Der Jutor stellt die Züchtung dieser und anderer ristalle vor.

Gegossenes, rasch erstarrtes Silicium setzt sich aus vielen unterschiedlich orientierten Einkristallen, sogenannten, Kristalliten', zusammen (Foto: Heliotronic GmbH)



Auf ,singulären', atomar ebenen Flächen 1st das Wachstum relativ langsam. Der Kristallzüchter wird daher für schnelles Wachstum solche Flächen auswählen, die möglichst viele Terrassenstufen bieten. Dieselbe Wirkung haben auch Schraubenversetzungen' im Kristall, die Wie eine Wendeltreppe ständig eine neue Stufe zum Anlagern von Bausteinen bieten.

Es leuchtet ein, daß der Zustrom von Bausteinen zur wachsenden Kristallfläche hin möglichst gleichmäßig erfolgen soll. Bedingt durch unvermeidliche Tem-Peratur- und Konzentrationsunterschiede zusammen mit der Schwerkraft sowie durch Kräfte infolge der Oberflächen-Spannung, entstehen jedoch in der Lösung oder Schmelze Strömungen, die einen gleichmäßigen Stofftransport stören.

Diesen willkürlichen Strömungen begegnet man entweder durch Überlagerung einer absichtlich herbeigeführten gerichteten Strömung, z.B. durch Umrühren der Lösung, oder aber durch Ausschalten der Konvektion. Bei Kristallzüchtungsexperimenten im Weltraum (Spacelab) ist konvektionsfreies Wachstum durch Fehlen der Schwerkraft und Vermeidung freier Schmelzoberflächen erreicht worden. Bei elektrisch leitenden Schmelzen läßt sich ein ähnlicher Effekt auf der Erde durch Anlegen eines starken Magnetfelds an die Schmelze erzielen. Für die industrielle Kristallzüchtung ist ein Wachstum von wenigstens o,1 mm pro Stunde sinnvoll, dies bedeutet, daß etwa 1017 Bausteine pro Sekunde auf einem Quadratzentimeter Kristallfläche ihren Platz finden müssen (das entspricht

fast einhundertmillionen Mal der gesamten Weltbevölkerung!). Dabei sind Besetzungsfehler unvermeidlich. Weder in der Natur noch bei der Züchtung großer Kristalle im Labor und Betrieb ist je ein absolut idealer Kristall entstanden (von der Züchtung sehr dünner Schichten, wo man sich diesem Ideal nähert, soll hier nicht die Rede sein).

Fehler im Kristall

Kristallfehler in ,Realkristallen' können, bezogen auf das Kristallgitter, punktförmig, linienförmig, flächig oder räumlich ausgedehnt sein. Ein punktförmiger Defekt ist z. B. das Fehlen eines Bausteines, die Besetzung eines Gitterplatzes mit einem falschen Baustein oder ein überzähliger Baustein im Zwischenraum von Gitterplätzen. Solche Defekte sind praktisch nicht auszuschließen. Sie entstehen bei hoher Temperatur im thermodynamischen Gleichgewicht, da der Kristall so seine ,Entropie', den Grad naturgewollter Unordnung, vermehrt und einen Zustand niedrigerer ,Freier Energie' einnimmt. Sind diese Punktdefekte sehr zahlreich, so können sie sich zu , Versetzungen' zusammenlagern. Diese pflanzen sich als eindimensionale Defekte wie ein feiner Riß in einem Mauerwerk bis zur Kristalloberfläche fort oder bilden Schleifen.

Zu den zweidimensionalen Defekten gehören die "Stapelfehler" in der Aufeinanderfolge von Kristallgitterebenen, während Präzipitate, Einschlüsse und Anhäufungen von Punktdefekten sich räumlich erstrecken.

Anlagerung der Kristallbausteine am Keimkristall

Durch Einstellen einer Übersättigung bringt man Kristallbausteine dazu, sich am Keimkristall anzulagern. Gibt man in ein Gefäß mit Wasser so lange Kochsalz, bis sich nichts mehr auflöst, so ist die Lösung ,gesättigt'. Überschüssiges Kochsalz bleibt am Boden des Gefäßes liegen, es ist ,im Gleichgewicht' mit der Lösung. Erhöht man die Temperatur, so löst sich weiteres Kochsalz auf, bis wieder

Gleichgewicht herrscht. Erniedrigt man dagegen die Temperatur, muß sich festes Kochsalz ausscheiden. Dasselbe würde man durch Verdunstenlassen des Wassers bei gleichbleibender Temperatur erreichen. Kochsalz scheidet sich nun in vielen kleinen Würfelchen überall dort aus, wo ein "Kristallkeim" vorhanden ist.

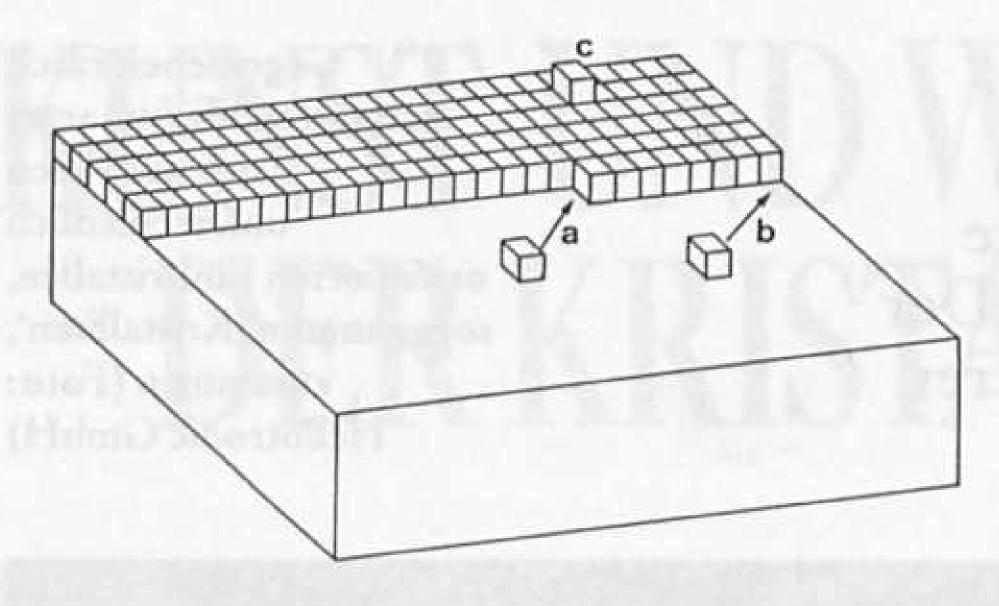
Unter gewöhnlichen Bedingungen sind in einem Gefäß durch Staubteilchen und Rauhigkeit der Wandung sehr viele Kristallkeime vorhanden, die schon bei geringer Übersättigung zu wachsen beginnen. In besonders behandelten Gefäßen und sorgfältig filtrierten Lösungen kann erreicht werden, daß das Wachstum ausschließlich an einem eingebrachten Impfkristall stattfindet.

Damit haben wir schon die älteste und einfachste Kristallzüchtungsmethode beschrieben: die "Lösungszüchtung". Mit ihr lassen sich hübsche Alaun- oder Kupfersulfatkristalle in relativ einfacher Weise züchten.

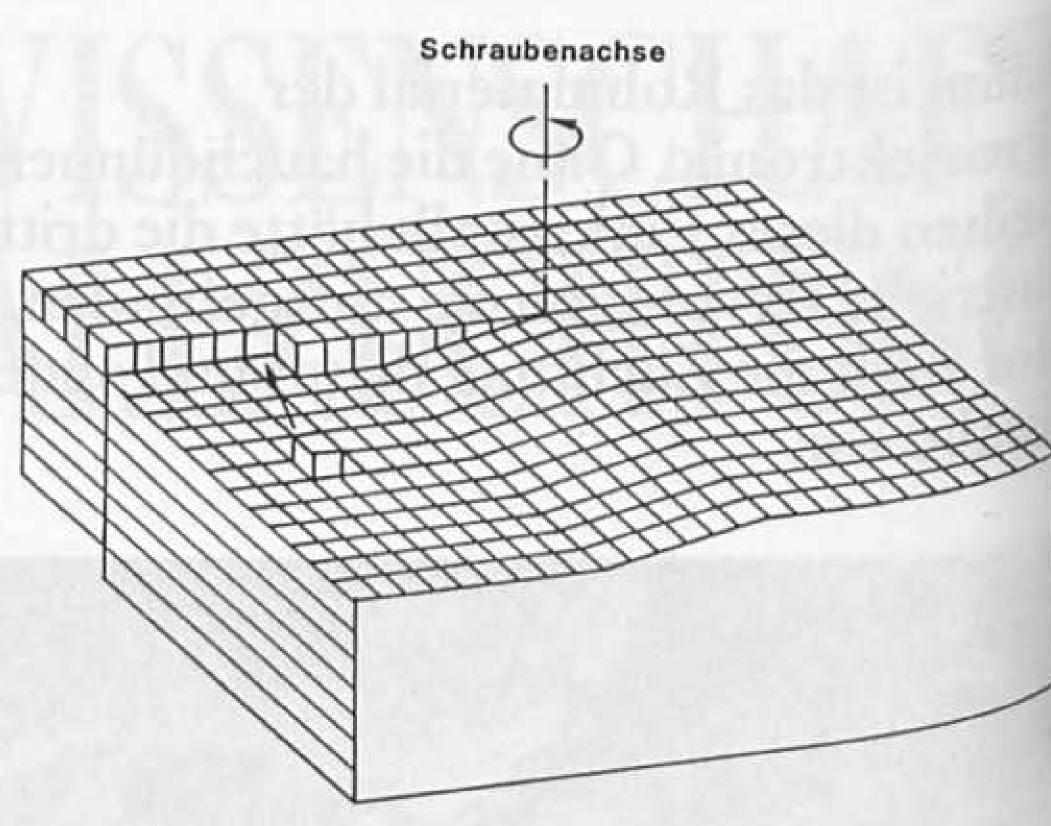
In der Technik werden in einem aufwendigeren Lösungsverfahren zum Beispiel Quarzkristalle synthetisiert. Diese werden als "Schwingquarze" zur Stabilisierung von elektronischen Oszillatoren in Uhren, Radiosendern, Taktgebern und dergleichen verwendet. Als Lösungsmittel dient bei der Kristallzüchtung verdünnte Natronlauge, in der sich Quarz in hinreichenden Mengen aber erst bei Temperaturen um 400°C löst. Man schließt deshalb die Lösung unter hohem Druck in einen mehr als mannshohen Autoklaven, ein druckfestes Stahlgefäß, ein. Durch eine geringe Temperaturdifferenz zwischen den im oberen Bereich des Gefäßes eingesetzten Impfkristallen und dem im Unterteil des Autoklaven befindlichen Quarzvorrat wachsen im Laufe von ein bis zwei Monaten faustgroße Kristalle.

Auch die in der Optik gebrauchten Seignettesalz- oder Kaliumdihydrogenphosphat-Kristalle werden aus wäßrigen Lösungen gezüchtet. Wasser ist jedoch nicht das einzige Lösungsmittel. Bei der 'Fluxmethode', nach der auch Edelsteine gezüchtet werden können, ist das Lösungsmittel eine Salzschmelze, zum Beispiel Flußspat, Borax und Bleioxid. In diesen Schmelzen lösen sich viele Oxide. Schon um die Mitte des 19. Jahrhunderts

Quartz-Einkristalle, im Autoklaven aus einer Lösung gezüchtet (Foto: National Forge, USA)



Prognose der Möglichkeiten zur Anlagerung eines Kristallbausteins an eine Kristallfläche: (a) sehr günstig, (b) günstig, (c) ungünstig



Eine Schraubenversetzung bietet immer sehr günstige Anlagerungsstellen

wurden aus solchen "Lösungen" kristalline, als Mineralien in der Natur vorkommende Substanzen gezüchtet. Neuerdings werden so magnetische Granate für die Hochfrequenztechnik hergestellt.

Die Geschwindigkeit des Kristallwachstums hängt insgesamt von drei Vorgängen ab:

- 1. Vom Antransport der Bausteine.
- 2. Vom Einbau in das Kristallgitter.
- 3. Vom Abfließen der Kristallisationswärme.

Bei der Züchtung aus der Lösung und aus verdünnten Gasen ist oft der erste Vorgang maßgebend, weshalb diese Züchtungsmethoden relativ langsam sind. Hier besteht auch die Gefahr des Einbaus von Bestandteilen des Lösungs- bzw. Verdünnungsmittels als Verunreinigung in den Kristall. Wie ja Fremdstoffe das Kristallwachstum überhaupt tiefgreifend

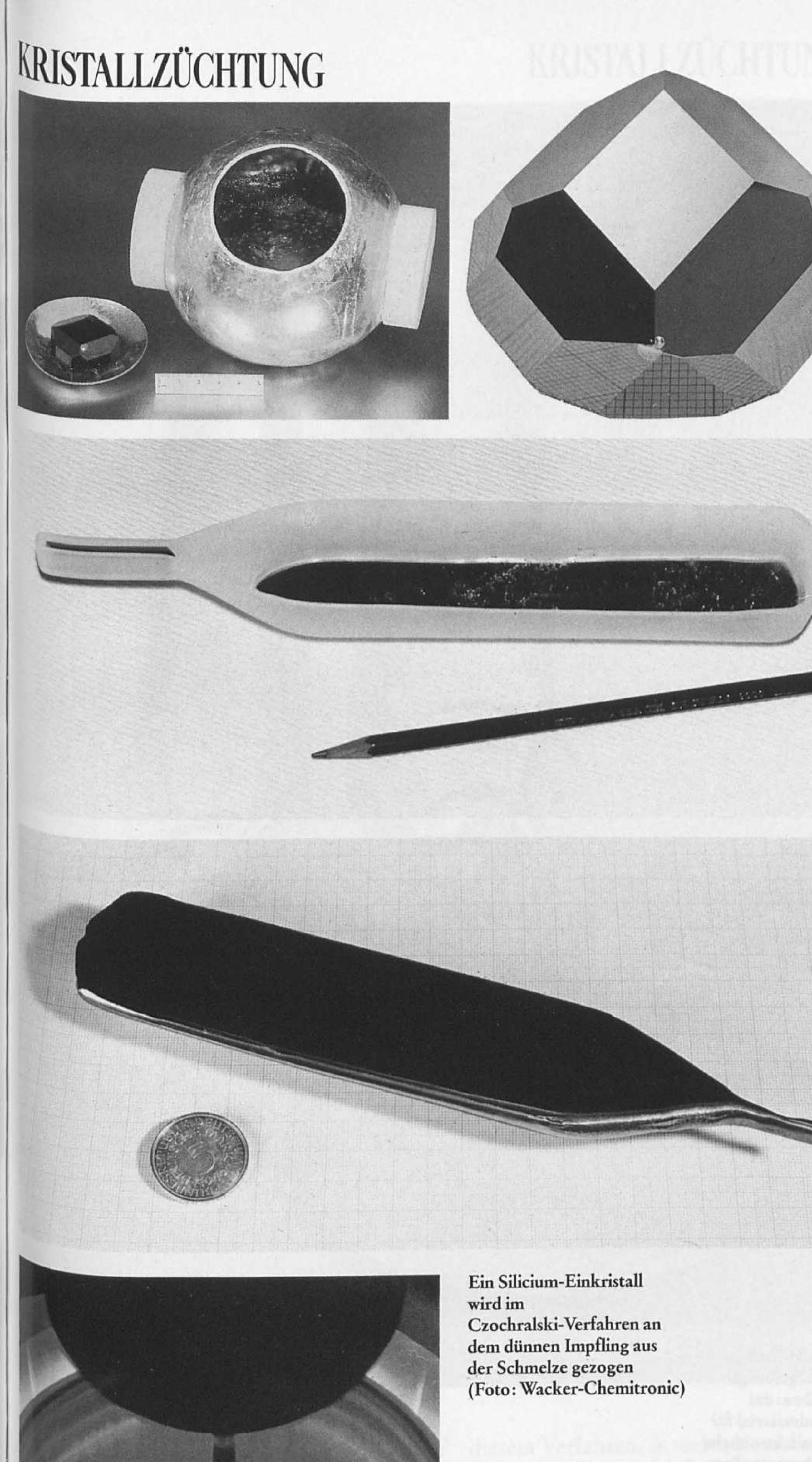
verändern können; setzt man einer Kochsalzlösung z.B. etwas Harnstoff zu, kristallisieren Oktaeder anstelle von Würfeln aus.

Die Züchtung aus der Schmelze

Die genannten Nachteile vermeidet man durch Kristallzüchtung aus der Schmelze. Sie setzt voraus, daß die Substanz am Schmelzpunkt stabil ist und aus der Schmelze auch die gewünschte Kristallform kristallisiert. Viele Substanzen, wie beispielsweise Quarz, bilden nämlich je nach Temperatur und Druck verschiedene Modifikationen, d.h. sie können in verschiedenen Kristallgittertypen kristallisieren.

Ein geeignetes Gefäßmaterial ist die nächste Bedingung. Vielfach reagiert die Schmelze mit dem Gefäß und führt so zu Verunreinigungen oder gar zur Zerstö-





Züchtung eines
Yttrium-Eisen-GranatEinkristalls nach der
Fluxmethode in einem
kugelförmigen
Platingefäß (Foto: Philips
Forschungslabor,
Hamburg)

Züchtung eines
Galliumarsenid-Einkristalls nach dem
Bootverfahren. Das Boot
ist vor der Züchtung halb
mit Gallium gefüllt. Nach
dem Hinzufügen von
Arsen reicht die Schmelze
bis zum Impfkristall am
linken Bootsende (Foto:
Wacker-Chemitronic)

Einkristall mit Impfling nach der Züchtung im Bootverfahren (Foto: Wacker-Chemitronic)

Kristallisation durch langsames Abkühlen eingeleitet. Um, vom Impfling ausgehend, eine ebene oder zur Schmelze hin konvexe Wachstumsfront zu erhalten, muß ein bestimmtes Temperaturprofil eingestellt werden. Dies ist eine der schwierigsten Aufgaben des Kristallzüchters; es haben sich eine Reihe von verschiedenen Verfahrensweisen der ,Boot'-Kristallzüchtung herausgebildet, denen gemeinsam ist, daß die Schmelze im Tiegel zu einem Einkristall erstarrt. Wie bei der Lösungszüchtung besteht dabei die Gefahr, daß sich an der Gefäßwandung störende zusätzliche Kristallkeime bilden.

Dies wird beim 'Czochralski-Verfahren' vermieden. Hier wird der Impfkristall an einer Stange befestigt und mit der auf einer Temperatur wenig über dem Erstarrungspunkt gehaltenen Schmelzoberfläche in Berührung gebracht. Durch Wärmeableitung längs des Impfkristalls beginnt dieser, zunächst wie beim Bootverfahren zu wachsen. Nun wird aber der Impfkristall so aus der Schmelze gezogen, daß die Erstarrungsfront stets etwa in der Ebene der Schmelzoberfläche

rung des Schmelztiegels. In manchen Fällen, z.B. beim Reinstsilicium, muß man dies in Kauf nehmen und der Verunreinigung durch Verwendung von Tiegeln aus höchstreinem Quarzglas begegnen.

Ist das Schmelzgut in einem geeigneten Tiegel aufgeschmolzen und homogenisiert, wird ein Impfkristall mit der Schmelze in Berührung gebracht und die liegt. Die Transportvorgänge in der Schmelze lassen sich dabei durch Rotation des Impflings und des Tiegels beeinflussen. Nach diesem Verfahren wird heute der größte Teil der Reinstsilicium-Einkristalle, des Grundmaterials der Mikroelektronik, in Abmessungen bis zu 20 cm Ø und 80 cm Länge hergestellt.

Tiegelfreie Kristallzüchtungsverfahren

Beim 'Floating-Zone-Verfahren' umgeht man die Notwendigkeit eines Gefäßes in eleganter Weise. Diese Methode läßt sich allerdings nur anwenden bei Substanzen, deren Schmelze bei verhältnismäßig geringer Dichte eine hohe Oberflächenspannung aufweist, wie z. B. Silicium.

An einem senkrecht gehalterten polykristallinen Siliciumstab wird durch Hochfrequenzinduktion (ähnlich dem Mikrowellenherd) das untere Ende aufgeschmolzen und mit einem Impfling in Berührung gebracht. Beim langsamen Verschieben der Schmelzzone nach oben erstarrt Silicium einkristallin am Impfling.

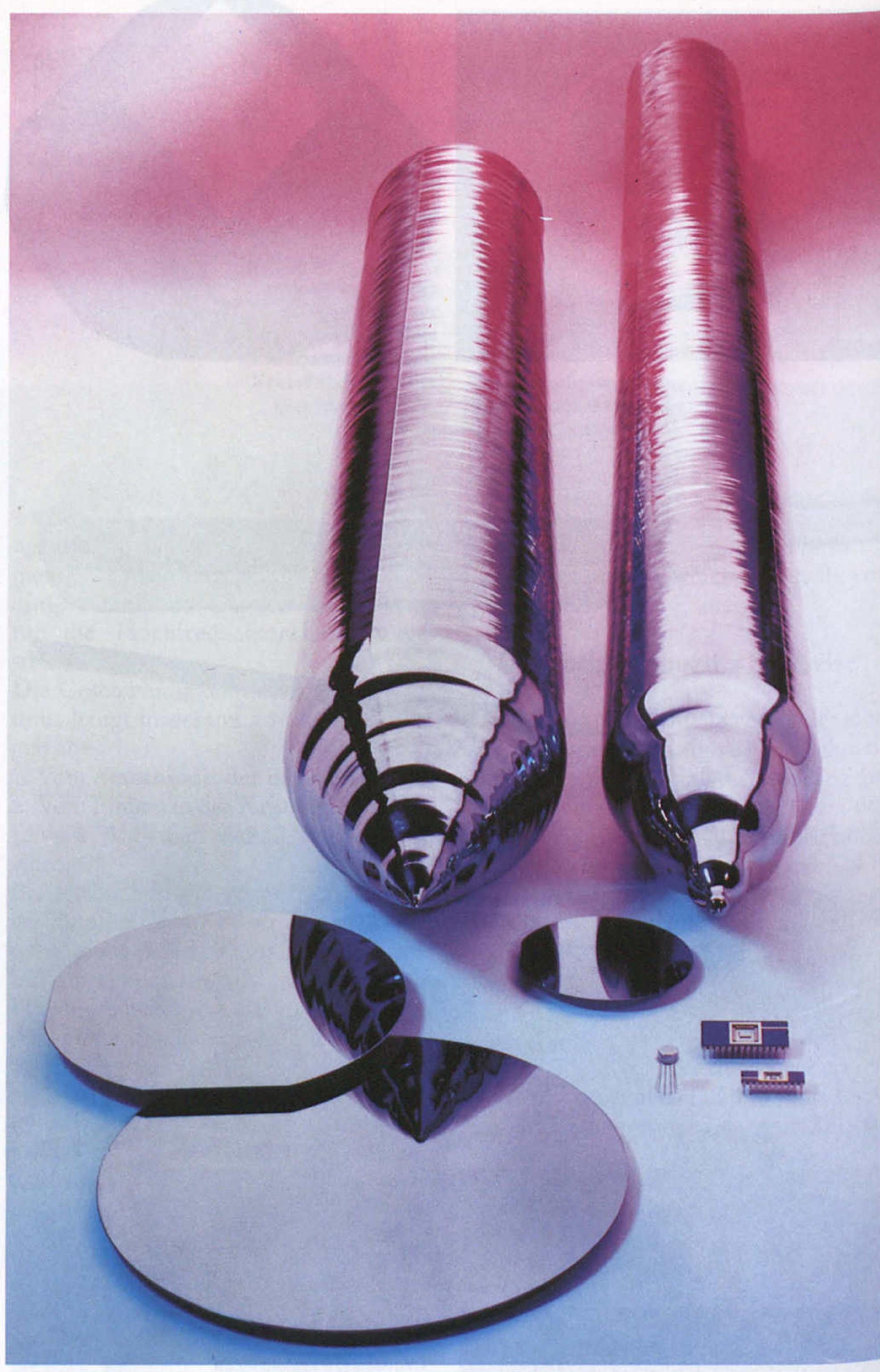
An keiner Stelle kommt bei diesem Verfahren die Schmelzzone mit Fremdmaterial in Berührung, sie wird wie ein Wassertropfen zwischen zwei Fingern durch die Oberflächenspannung am Wegfließen gehindert. Diese zonengeschmolzenen Stäbe weisen hohe Reinheit auf, große Durchmesser von 20 cm lassen sich allerdings nicht so einfach wie beim Tiegelziehen erreichen.

Die Edelsteine Rubin und Saphir sind Einkristalle aus Aluminiumoxid mit geringen Mengen an farbgebenden Verunreinigungen. Sie werden industriell in Lasern, für Spinndüsen und als Achslagersteine in anspruchsvollen Uhren und

Meßgeräten verwendet.

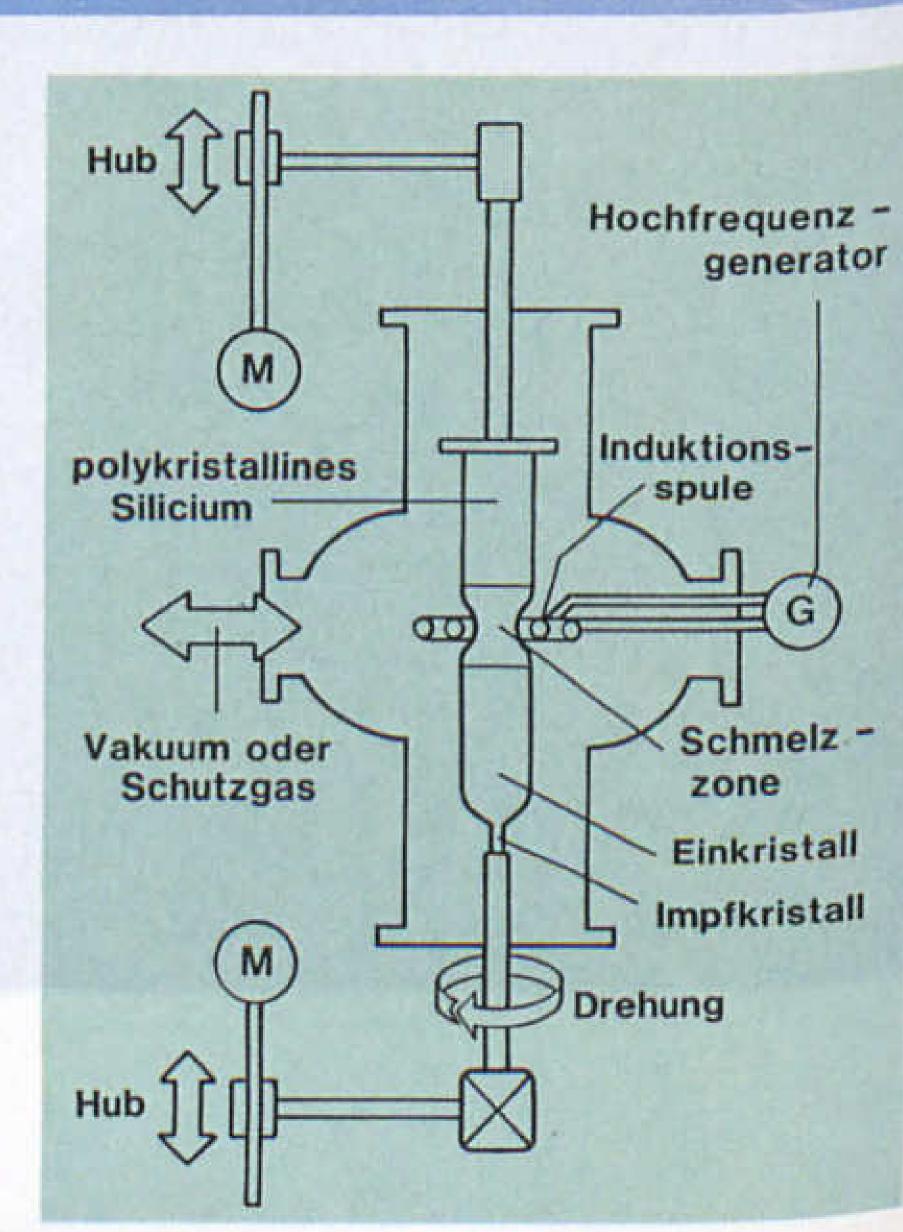
Die Synthese winziger, klarer Rubinkristalle nach der 'Fluxmethode' gelang erstmals dem französischen Chemiker E. Fremy, dessen Abhandlung 'Synthéses du Rubis' 1891 erschien. Sein Assistent und späterer Nachfolger in seinem Amt am Naturhistorischen Museum in Paris, A. V. L. Verneuil, entwickelte um die Jahrhundertwende ein tiegelfreies Verfahren, mit dem ihm die Züchtung von einige Gramm schweren, etwa ½ cm dikken Rubinkristallen gelang.

Bei diesem , Verneuil-Verfahren' läßt



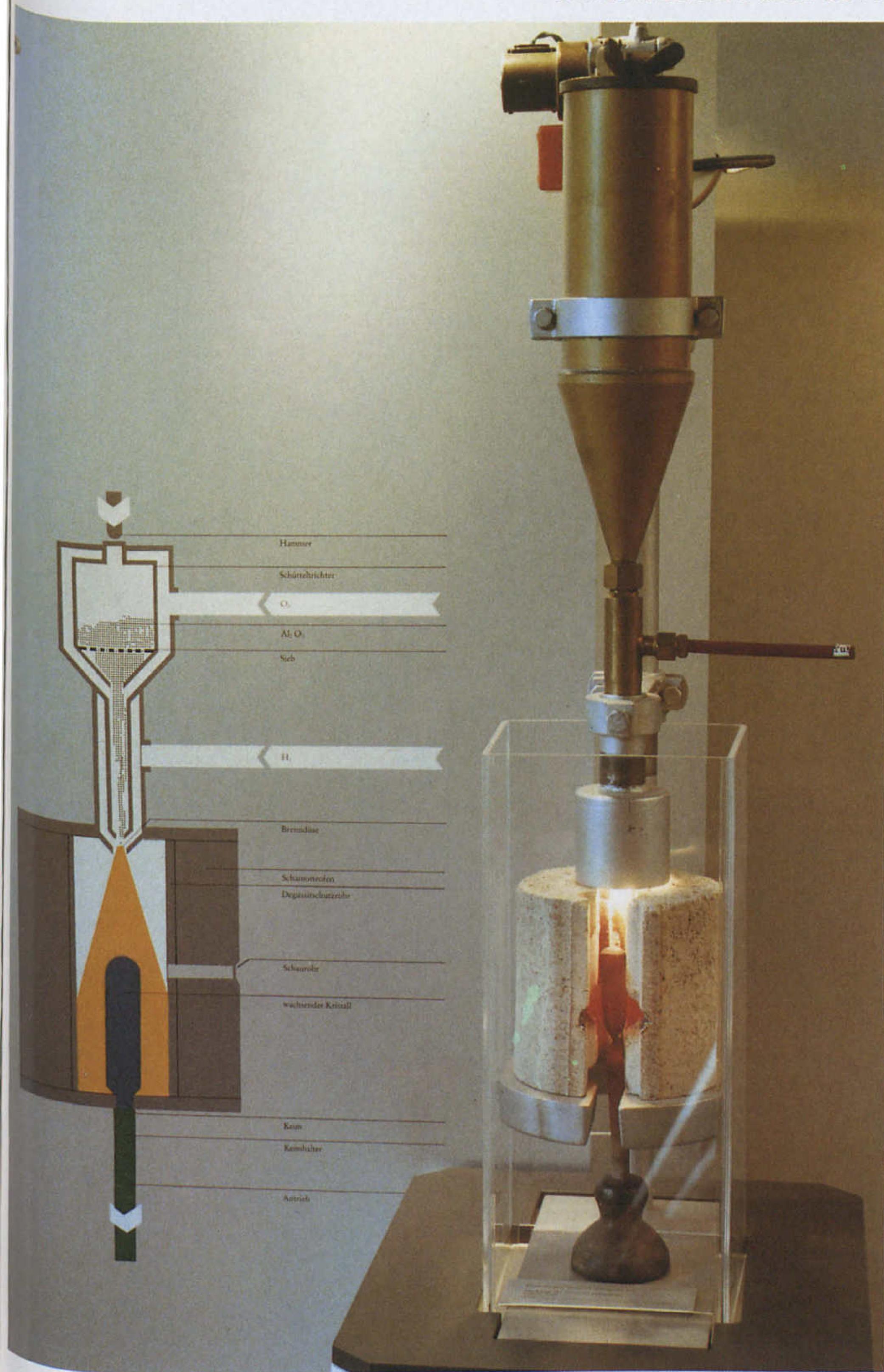
Silicium-Einkristalle und daraus gefertigte Scheiben: das Grundmaterial für mikroelektronische Bauelemente (Foto: Wacker-Chemitronic)

> Beim Zonenziehverfahren schwebt die Schmelze zwischen zwei Stabenden desselben Materials



NAMES AND ASSOCIATION OF THE PARTY OF THE PA

KRISTALLZÜCHTUNG



Verneuil-Anlage zur Züchtung von Rubin-Einkristallen (Foto: Deutsches Museum)

können, ähnlich dem Ziehen von Tafelglas aus einer Schmelze. Solche Einkristalle sind zwar nicht von höchster Perfektion, genügen aber den Ansprüchen mancher technischer Anwendungen.

Züchtung aus Gasen

Zur Züchtung großer Einkristalle im industriellen Maßstab eignet sich die Gasphase wenig. Sie ist viel 'dünner' als die Schmelze, pro Zeiteinheit werden viel weniger Kristallbausteine an die Kristalloberfläche angelagert, und das Wachstum verläuft sehr langsam. Diese Methode wird jedoch zur Abscheidung dünner einkristalliner Schichten mit hoher Kristallperfektion verwendet, im sogenannten 'Gasphasen-Epitaxieverfahren' oder 'CVD-Prozeß'.

Menschliches Zutun bleibt

Kristallzüchtung war bis vor kurzem eine Kunst, die Erfahrung und Fingerspitzengefühl erforderte. Trotz vieler wissenschaftlicher Erkenntnisse, Modellrechnungen und teilweiser Automatisierung ist davon auch heute noch etwas zu spüren. Die industrielle Kristallzüchtung wird zwar vom Computer gesteuert und überwacht, die Erfahrung und das Fingerspitzengefühl eines Kristallzüchters wird aber auch in Zukunft gebraucht werden, um Züchtungsverfahren einzurichten und weiterzuentwickeln.

DER AUTOR

Dr. rer. nat. Herbert Jacob, geb. 1928 in Stuttgart, studierte Chemie in Stuttgart und Münster/Westf. Seit 1958 in der Wacker-Chemie mit der Entwicklung und Produktion von Halbleiterwerkstoffen befaßt, leitet er seit 1978 die Forschung der Wacker-Chemitronic. 1982–1985 war er Vorsitzender der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung: er initiierte die Sonderausstellung, Kristallzüchtung' im Deutschen Museum und leitete den Fachbeirat.

man pulverisiertes Aluminiumoxid durch eine Knallgasflamme rieseln. In der über 2000 °C heißen Flamme schmelzen die Partikel zu Tröpfchen auf, die auf einen Keimkristall fallen. Auf seiner Oberfläche bildet sich so eine dünne Schicht geschmolzenen Aluminiumoxids, aus der sich der wachsende Einkristall nährt. Mit

man pulverisiertes Aluminiumoxid durch eine Knallgasflamme rieseln. In der über verbessert, lassen sich heute Einkristallstäbe von mehreren Zentimetern Durch-Partikel zu Tröpfchen auf, die auf einen messer herstellen.

In den letzten 10 Jahren sind auch Verfahren entwickelt worden, nach denen Aluminiumoxid-Einkristalle als "Bänder" aus einer Schmelze gezogen werden

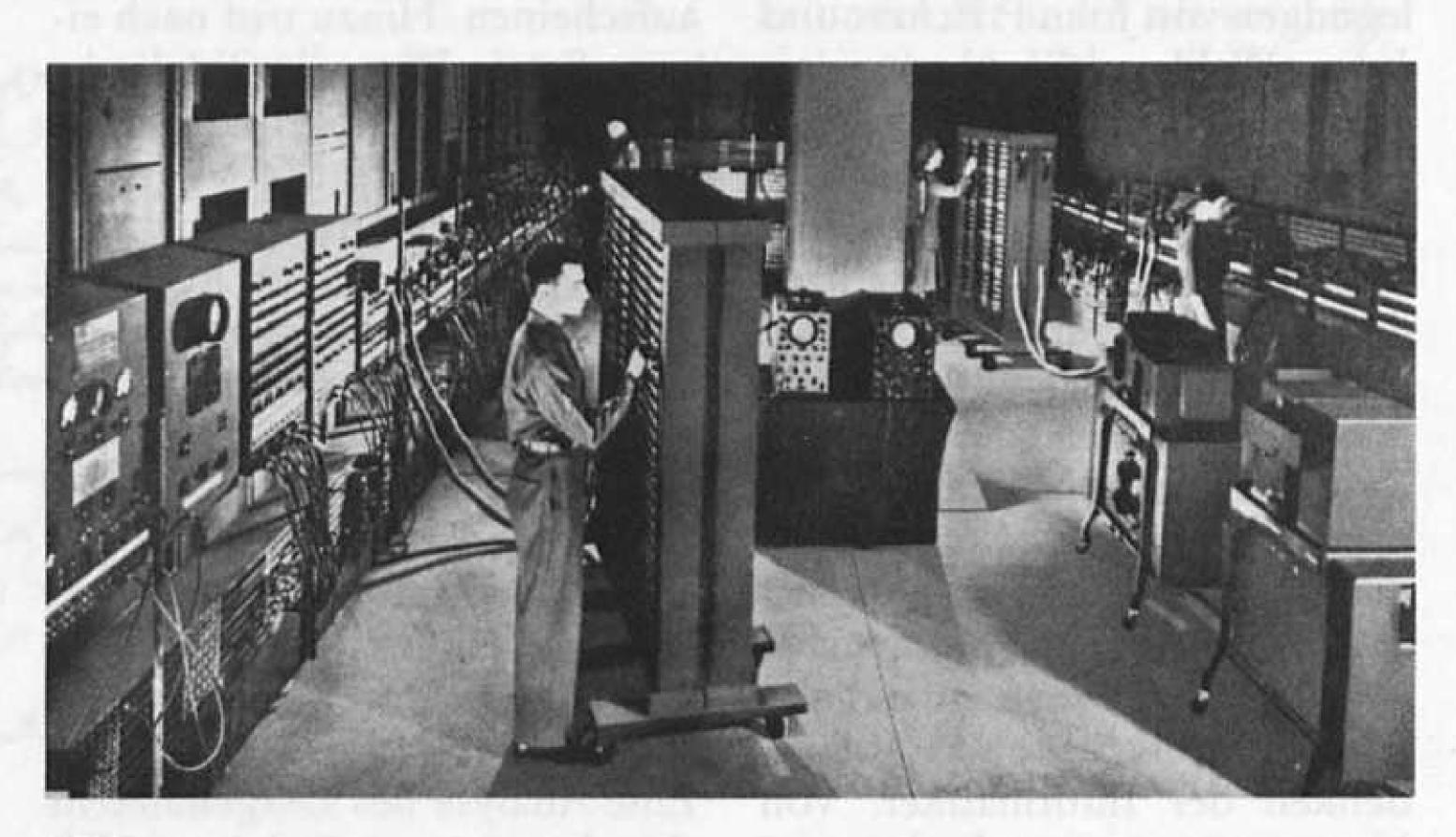


INFORMATIK DUND AUTOMATIK

Friedrich L. Bauer

IDEE UND KONZEPTION EINER AUSSTELLUNG

Elektronic Numerical Integrator and Computer ,ENIAC', der erste elektronische Rechenautomat. 1943–46



er Leitgedanke der neuen Abteilung ist die Mechanisierung und Automatisierung des Rechnens im weitesten Sinn. Dieses ,allgemeine Rechnen', wie Konrad Zuse es 1939/40 nannte, geht über das bloße Zahlenrechnen weit hinaus. Historisch umfaßt es bereits das Rechnen mit Wahrheitswerten, die Mechanisierung der Aussagenlogik - von Wilhelm Stanley Jevons 1869 erstmals versucht -, das Rechnen mit Zeichenfolgen und die Mechanisierung der Kryptographie, mit elektrischen Mitteln erstmals voll automatisiert 1917 von Edward Hugh Hebern.

Selbstverständlich umfaßt das ,allgemeine Rechnen' das gewöhnliche Rechnen mit Dezimalzahlen, für alle vier Rechenarten – Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division – erstmals teilautomatisiert um 1670 durch Leibniz' Einführung der Staffelwalze; aber auch das ungewöhnliche Rechnen mit Dualzahlen, von Leibniz nicht nur (1679) propagiert, sondern auch durch einen gewagten Vorschlag zur Mechanisierung unterstützt.

Die Mechanisierung des Rechnens im Dualsystem wurde wieder aufgegriffen 1931 durch R. Valtat, 1936 durch L. Couffignal und E. W. Phillips – Ansätze, die zu keinen verwertbaren Erfolgen führten. Anders Konrad Zuse, der sein 1935 begonnenes, rein mechanisch arbeitendes Modell ,Z1' 1938 fertiggestellt hatte. Die daraufhin 1939 begonnene Re-

laismaschine Z₃ war 1941 nicht nur die erste voll funktionsfähige programmgesteuerte Rechenanlage, sondern auch der erste voll funktionsfähige Automat für das Rechnen im Dualsystem.

Zuse und Turing

Konrad Zuse erkannte schon, daß seine Anlage mehr konnte, als nur im Dualsystem zu rechnen, und seine Ansätze für das ,allgemeine Rechnen' von 1939/40 wurden im Plankalkül von 1945/46 zur Grundlage einer Theorie allgemeiner Datenstrukturen. Von Zuse unbemerkt hatte jedoch der Engländer Alan Turing bereits 1936 eine theoretisch erschöpfende, wenngleich völlig unpraktische Theorie des ,allgemeinen Rechnens' (,Turing-Maschine') gegeben. Alles, was folgte, war eine ungeheuere Ausweitung dieses, allgemeinen Rechnens', das "jedwedes Spiel mit Zeichen nach festen Regeln", also die gesamte praktische Algebra, umfaßt und heute Informatik genannt wird.

Geraume Zeit lebten zwei Arten des Rechnens nebeneinander: neben dem Rechnen mit ziffernmäßig geschriebenen Zahlen bot das Rechnen mit Analoggrößen manchen technischen Vorteil. Der Rechenschieber – ein Analoginstrument – war einmal das am weitesten verbreitete Rechenhilfsmittel. Auch zur Bestimmung von Flächeninhalten scheint ein Analoginstrument wie das Planimeter natürlicher-

Der Autor –
geistiger Vater, Initiator
und Leiter des
Fachbeirats der neuen
Abteilung des
Deutschen Museums –
stellt hier sein
gedankliches Konzept vor.
,Informatik und Automatik'
ist mehr als nur eine
Ausstellung, sie ist zugleich
Ausdruck der Idee des
Mannes, der sie schuf.

weise am geeignetsten zu sein. Mit einer nicht-starren Ablauftend, gebaut wurden, schienen kül von 1945/46, praktisch jefür einen weiten Bereich von doch erst in der nach Zürich ver-Aufgaben aus Wissenschaft und mieteten Version der Z4 von unterstützt damit die didaktische steuerung um die Mitte des chungen führten, besonders pas- Eduard Stiefel und Heinz Rutis- beim Betreten der Halle zeigt Diese Gliederung findet sich send zu sein. Jedoch auch die hauser. Wiederum hatte jedoch sich eine auffallende Zweiteilung auch in der Sammlung wieder. Einführung elektronischer Ana- Alan Turing einen viel größeren in rote und blaue Tafeln, ein Ab- Ab der Mitte unseres Jahrhunlogrechner seit 1950 konnte den Schritt bereits 1936 getan: denn nicht aufhalten. Der Kampf, ana- universale Rechenmaschine. log' gegen ,digital' war 1960 für Praktisch blieb das zunächst ohdas zweite in voller Breite ent- ne Auswirkungen. Erst die Überschieden. Analogrechner sind legungen von John P. Eckert und aufscheinen. Hinzu tritt nach ei- Technologie bestimmt, wird in aber jedenfalls ein bedeutender John W. Mauchly über einen nem Stück Weg die Tafelfarbe einer unmittelbar benachbarten Teil der Technikgeschichte, und verbesserten Nachfolger der beige, die die Programmsteue- Sammlung dargestellt werden, die Analogtechnik bleibt in man- ENIAC, der ersten funktionsfä- rung symbolisiert. Mit Überwin- die im Jahr 1989 eröffnet werden chen Nischen des technischen higen elektronischen Rechenan- dung der Spürbarkeit dieser wird. Fortschritts, beispielsweise bei lage, führten 1944/45 zur Idee Konkurrenz nach dem Aufkom-Eingabe- und Ausgabegeräten, des wandlungsfähigen Pro- men der universellen Rechenmaunverzichtbar.

matisierung begleitet wäre.

Rechnen und Automation

Automaten gibt es seit der An- meinen Rekursion auf einer tike. Charles Babbage verband ,Von-Neumann-Maschine', wo-1822 erstmals das mechanisierte zu insbesondere Klaus Samelson Rechnen (im Dezimalsystem) (1918-1980) beitrug. Die Automit einer Automatisierung seines mation der Zahlen-, Zeichen-Ablaufs. Praktisch kam man mit und Wahrheitswertverarbeitung seiner ,difference engine' über hatte damit ihren prinzipiellen starre Rechenschleifen, wie sie Höhepunkt erreicht. In der Aufür Tabellenberechnungen ge- tomatisierungstechnik geht seit nügten, nicht hinaus. Der weiter- 1975 parallel eine völlige Ablögehende Ansatz, den Babbage sung analoger Steuerungsmittel mit der ,analytical engine' von durch digitale vor sich. 1834 unternahm, scheiterte an praktischen Schwierigkeiten.

Integrieranlagen, wie sie von steuerung war erst Konrad Zuse Vannevar Bush seit 1931, zu- erfolgreich; in Ansätzen in der nächst rein mechanisch arbei- Z3, dann theoretisch im Plankal-Technik, die auf Differentialglei- 1950; dies unter dem Einfluß von Anordnung des Stoffes. Schon 19. Jahrhunderts. Niedergang der Analogtechnik die ,Turing-Maschine' ist eine gramms und damit zur Universa- schinen endet auch die ausge-Umreißt also das Wort, Informa- lität der Ablaufsteuerung. Die prägte Farbteilung; die Aussteltik' eine Fülle von Rechenobjek- ,Von-Neumann-Maschine', wie lung mündet in weiße und meten und diesbezüglichen Rechen- man das Ergebnis dieser Erfin- tallfarbene Gestaltungen, die das operationen im weitesten Sinn, dung unter dem erdrückenden kühl technische Ambiente unseanalog wie digital, so zeigt das Einfluß des großen Mathemati- rer Jahrzehnte der Informatik Wort "Automatik" an, daß die kers John von Neumann nannte, und Automatik kennzeichnen bloße Mechanisierung des Rech- beherrscht bis heute das Ablaufnens nicht viel Wert hätte, wenn denken der Informatiker. Von sie nicht von einer vollen Auto- Neumann war es auch, der 1946 die Universalität, seiner' Maschine im Sinne von Turing zeigte. Die Programmierungstechnik führte dann um 1960 zur praktischen Beherrschung der allge-

Gliederung und Gestaltung

Die Gestaltung der neuen Museumsabteilung verdeutlicht diese Thematik und Konzeption; sie dazu kommt die Programm-Grundprinzipien des historischen Rechnens mit Maschinen

Eine Analyse des Leitgedankens Er meinte damit die Astrologie. ,Mechanisierung und Automati- Heute sind die Informatik und

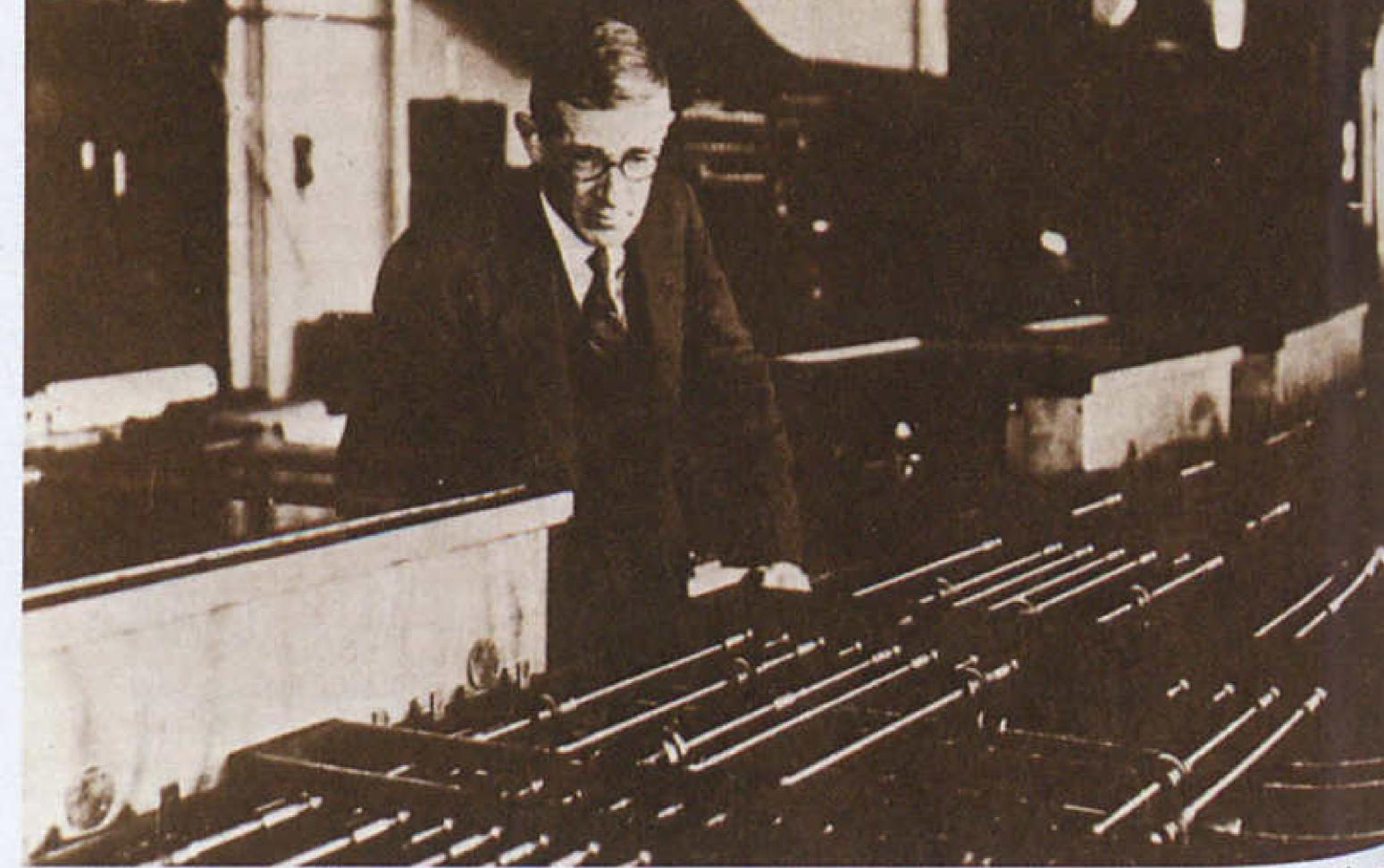
sierung des Rechnens im weitesten Sinn' ergibt also eine Einteilung in analoges Rechnen und digitales Rechnen, beide mit tiefen Wurzeln in der Geschichte;

bild der Zweiteilung ,analog - derts verwischt sich dann der Undigital'. Die Gestaltung läßt die terschied. Die Synthese in der Spannung zwischen beiden universellen Maschine führt in das nächste Jahrtausend. Die Mikroelektronik, die nunmehr die

Mathematik und Intelligenz

Kepler schrieb:

"Hat aber die Mutter Mathematik auch ein hübsch Töchterlein, welches sie zuweilen trefflich ernähret."



Vannevar Bush und sen Differential Analyzer', 1930

hoben, wie die Multiplikation es herauskommen. dere gelangen können, es sei denn, bieren.

Eine Büchse soll so mit Löchern nachdem die Maschine in Bewegung ersehen sein, daß diese geöffnet und gesetzt ist. Dann fließen alle Kügelbeschlossen werden können. Sie sei chen in die nächste Rinne, wobei en an den Stellen, die jeweils 1 ent- immer eines weggenommen wird, prechen, und bleibe geschlossen an welches in ein leeres Loch fällt sfalenen, die 0 entsprechen. Durch die lend dieses ausfüllt], sofern es allein menen Stellen lasse sie kleine Würfel die Tür passieren will1). Denn die er Kugeln in Rinnen fallen, durch Sache kann so eingerichtet werden, anderen nichts. Sie werde so be- daß notwendig immer zwei zusammen wegt und von Spalte zu Spalte ver- herauskommen, sonst sollen sie nicht

ordert. Die Rinnen sollen die Das Dividieren geschieht bei diepalten darstellen, und kein Kügel- sem Kalkül sowohl ohne Pythaen soll aus einer Rinne in eine goreische Tafel als auch ohne Pro-

praming aperin E.f. clang. wi cremas per alios while, el ación renventen how with which was not the withhis Livipio mi we rillento, Lit from fine fabrila Mylhagorian, tum chiam (inic Erste Erwähnung des Dualsystems durch wie in der Sammlung, im weite-

Cibniz in einer Niederschrift vom 15. März 79, Ausschnitt. Deutsche Übersetzung von Inch Hochstetter (Quelle: ,Gumin: Herrn Von Leibniz' Rechnung mit Null und Eins')

Zivilisation ein. Wird Rechnen, Denken nachzudenken, hebt den

sten Sinn verstanden, so ist der rechnende Mensch auch der rationale Mensch, der nachdenkliche, räsonnierende und argumentierende Mensch. Die Infor-Automatik in die Rolle der Toch- matik und Automatik gehen ter, die mittlerweile einem blü- zwangsläufig der Frage nach, henden Erwerbszweig angehört, was denn Rationalität sei; am hineingewachsen. Die Samm- schärfsten in der Fragestellung, lung zeigt, daß sich Informatik was denn Denken sei. Sie unterund Automatik ihrer Mutter, der suchen dies, und das ist ihr Vor-Mathematik, nicht zu schämen teil, nicht theoretisch, sondern brauchen. Sie legt dar, daß die praktisch. Mit dem Schlagwort Mathematik ein Spiegelbild der "Künstliche Intelligenz" wird je-Zivilisation des Menschen ist. doch in der Öffentlichkeit viel-Der sprechende Mensch, im er- fach eine übersteigerte Erwarsten Stadium der Hominisie- tung verbunden; so irreführend rung, ist noch ein Wilder; der es auch gewählt ist, es trägt eine rechnende Mensch erst tritt in die Sprengwirkung in sich. Über das

Menschen in eine Metaebene; und nun auch noch mechanisierte Formen geistiger Tätigkeit selbst zum Gegenstand von Berechnungen zu machen, ist ein so kühner Gedanke, daß ihn auch Leibniz, der sonst als geistiger Ahnherr der Informatik und Automatik gelten darf, noch nicht einmal andeutungsweise geäußert hat.

Zukunftstechnologie für jedermann

Erinnern wir uns: Viele von Leibniz' kühnen Plänen ließen sich nicht erfüllen, und auch Babbage scheiterte. Hunderten anderen ging es kaum besser, wenn sie mehr erreichen wollten, als technologisch zu ihrer Zeit machbar war. Mit mechanischen Mitteln ließen sich wahre Kunstwerke von Rechenmaschinen bauen, und doch mußte die Feinmechanik den elektromechanischen Relais weichen. Nunmehr hatte man in Fernsprechvermittlungen wie in Relaisrechenanlagen Tau-

sende von klappernden Relais und war froh, sie loszuwerden, als mit der Röhre und dem Transistor elektronische Schaltmittel aufkamen, die eine Vertausendfachung der Geschwindigkeiten erlaubten. Immer noch war jedoch von Preis, Abmessungen und Leistungsverbrauch her der kleine Mann von solchen Wunderwerken ausgesperrt. Das hat sich in den letzten zehn Jahren geändert. In der Größenordnung von tausend Mark erhält man einen Arbeitsplatzrechner, der ebensoviel leistet wie die Prachtstücke der fünfziger Jahre: UNIverändert die Möglichkeiten drastisch. Zugegeben, man kann viel banalen Unfug mit dem ,Personal Computer' machen. Die seriöseren Aspekte, die sich hinter dem Schlagwort von der ,Künstlichen Intelligenz' verbergen, wären mit den Mitteln von gestern aber völlig unpraktikabel gewesen; morgen werden sie Allgemeingut der technischen Intelligenz eines hochzivilisierten Landes sein.

ON COMPUTABLE NUMBERS, WITH AN APPLICATION TO THE ENTSCHEIDUNGSPROBLEM

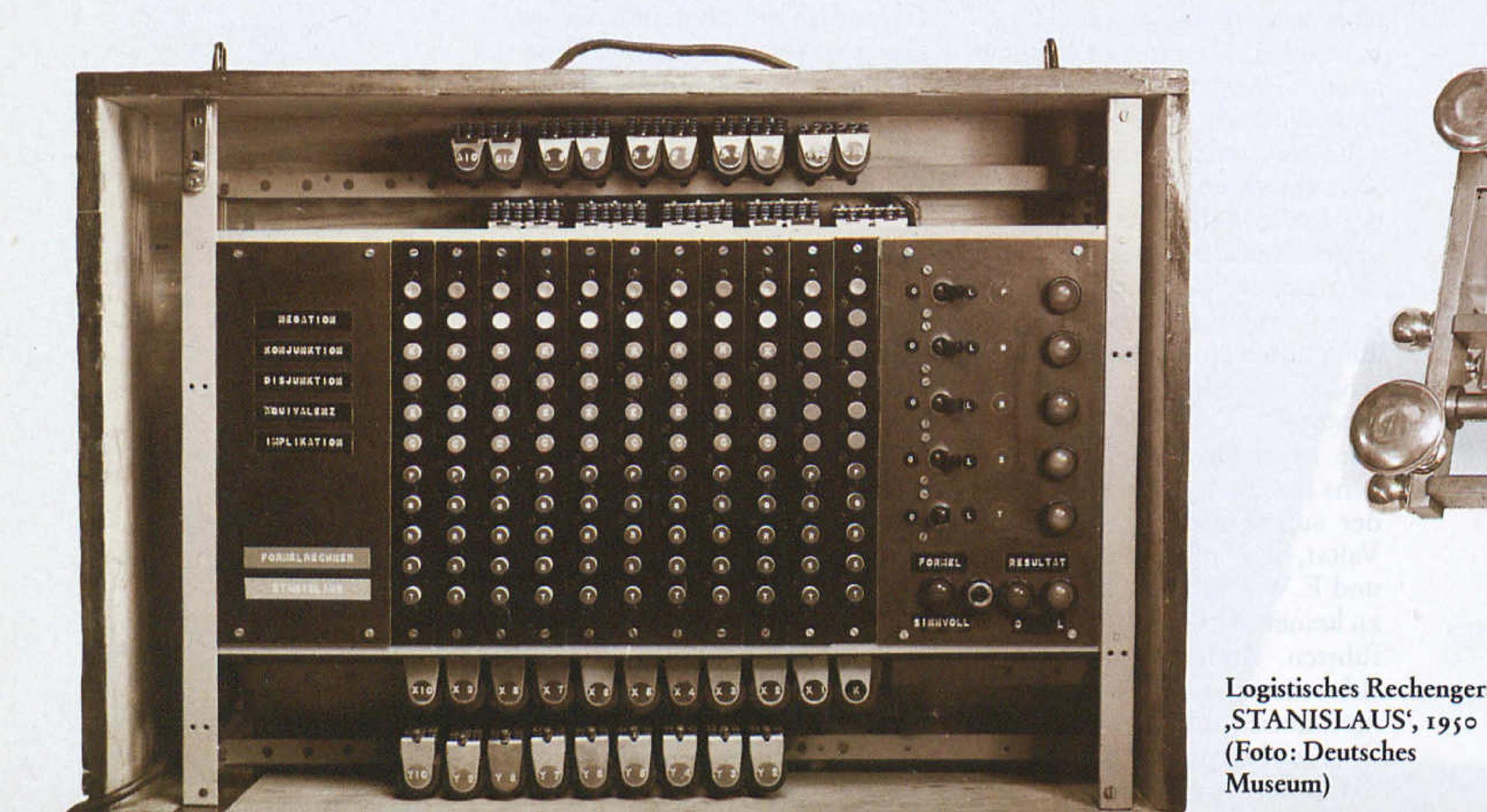
By A. M. TURING.

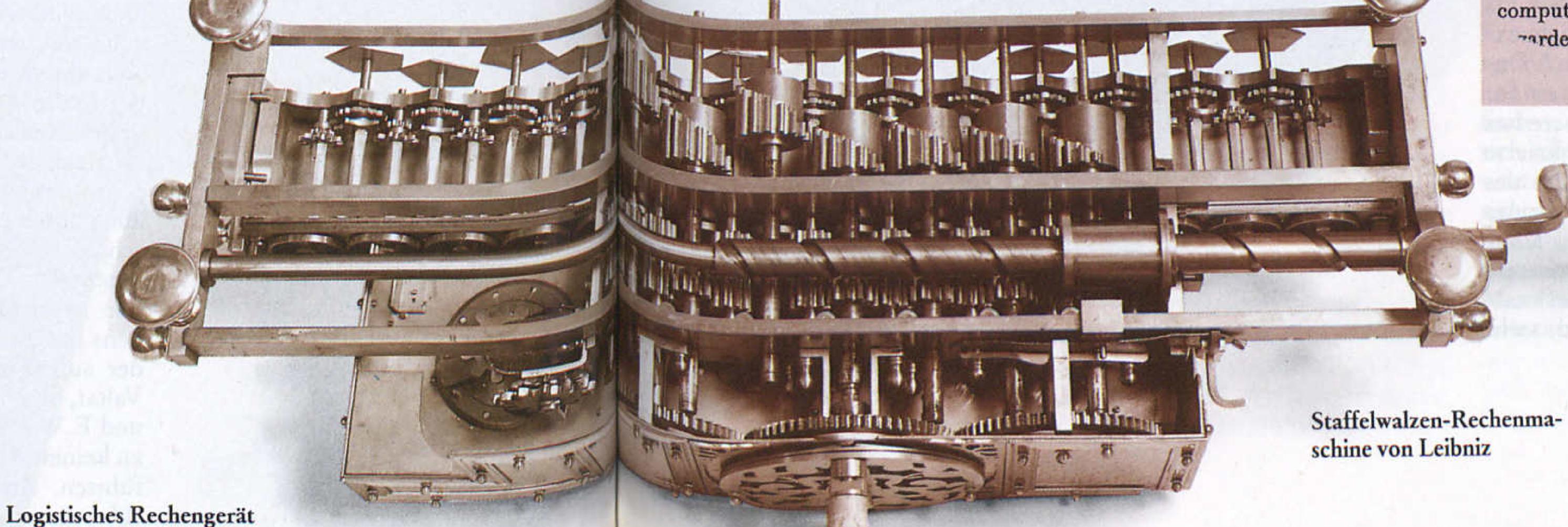
[Received 28 May, 1936.—Read 12 November, 1936.]

The "computable" numbers may be described briefly as the real numbers whose expressions as a decimal are calculable by finite means. Although the subject of this paper is ostensibly the computable numbers, it is almost equally easy to define and investigate computable functions of an integral variable or a real or computable variable, computable predicates, and so forth. The fundamental problems involved are, however, the same in each case, and I have chosen the computable numbers for explicit treatment as involving the least cumbrous technique. I hope shortly to give an account of the relations of the computable numbers, functions, and so forth to one another. This will include a development of the theory of functions of a real variable expressed in terms of computable numbers. According to my definition, a number is computable if its decimal can be written down by a machine.

In §§ 9, 10 I give some arguments with the intention of showing that the computable numbers include all numbers which could naturally be rarded as comme ' narticular, I show that c 1. we classes include for

> Ausschnitt aus dem Titelblatt von A. Turings bahnbrechender Arbeit ,On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem'. In: Proc. London Math. Soc. 2, 1936, S. 230-267





Die Rechenmaschine von Anton Braun und Philippe Vayringe (Invent.-Nr. 54499)

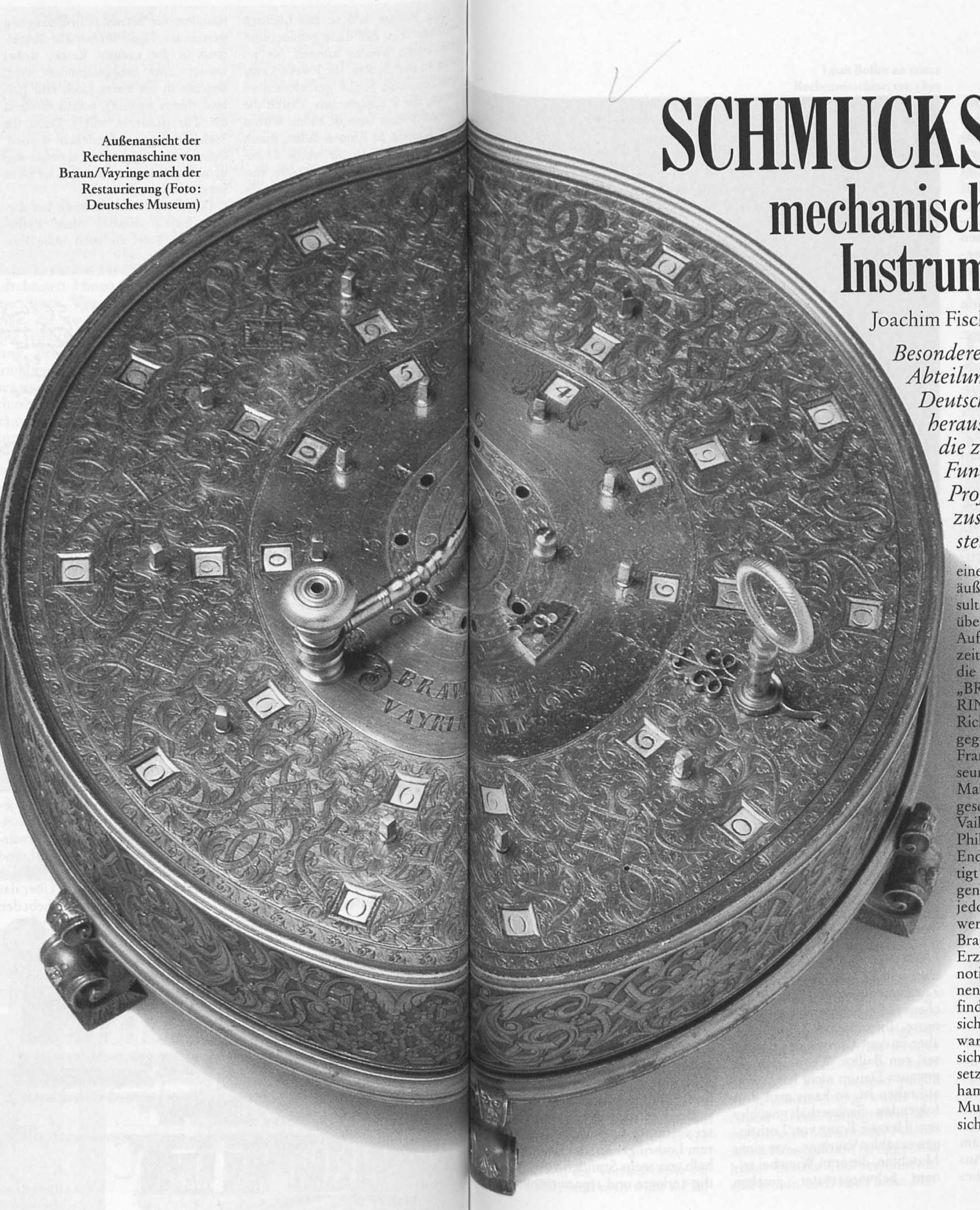
chard Klein einen Brief an das standteile nicht fehlen." Die Ge-Deutsche Museum:

"Ich erlaube mir anzufragen, ob das Museum Interesse hätte für das Objekt, das auf beifolgenden Photographien [die leider nicht mehr erhalten sind] abgebildet

Es ist eine Rechenmaschine aus der Renaissancezeit, Durchmesser 18 cm und in vollkommen tadellosen Zustand. Auf Anraten mehrerer hiesiger Fachleute erlaube ich mir also die Anfrage, ob dieses Objekt für das Deutsche Museum in Frage käme. Mit der Bitte um Antwort zeich-

ne ich hochachtungsvoll Richard Klein, akad. Maler Wien I, Esslinggasse 16"

Nach kurzem Briefwechsel einigte man sich darauf, die Maschine "um den Betrag von Mk. 6000.- Mark für unser Museum zu erwerben, falls wir Gewissheit darüber erlangen, dass es sich um m 9. Juli 1925 schrieb der ein echtes Originalstück handelt, Aakademische Maler Ri- an welchem wesentliche Bewißheit darüber verschaffte man sich durch ein Gutachten des Technischen Versuchs-Amtes in Wien, erstellt von Oberbaurat Stelzer. In der Zwischenzeit hatte man sich, unter der tätigen Mithilfe von Grimme, Natalis & Co., A.-G., an eine Lösung des Problems herangetastet, ob eine derartige Maschine bereits in der einschlägigen Literatur beschrieben worden war. Unter der Leitung des Chefkonstrukteurs Franz Trinks war bei der in Braunschweig beheimateten Firma, die seit 1892 die bekannten Brunsviga-Sprossenrad-Maschinen herstellte, ein Firmenmuseum zur Geschichte der Rechenmaschinen entstanden, das in den angesammelten Beständen an Maschinen, aber auch an Literatur seinesgleichen suchte. Von dort stammte die - zutreffende -Vermutung, daß die fragliche Maschine vom gleichen Typ und Aufbau sei, wie sie der ,sächsische' oder auch ,Leipziger Archimedes' Jacob Leupold (22. Juli 1674, Planitz bei Zwickau bis 12. Januar 1727, Leipzig) in seinem 1727 postum erschienenen ,Theatrum arithmetico-geometricum' beschrieben hatte. Stelzer bestätigte mit seinem Gutachten diese Vermutung, identifizierte die wesentlichen Bauelemente, hielt die (unbeträchtlichen) Modifikationen fest, mußte aber vor einer Inbetriebnahme kapitulieren: "Die Durchführung einer Rechnung war nicht möglich, da die Ausgangsstellungen nicht exakt durchzuführen waren." Dabei blieb es auch bis 1986; ein für den Kenner höchst beredtes Zeugnis legt das vielpublizierte Foto 2459 der Bildstelle des Deutschen Museums ab: keines der 7 Fenster des inneren Kreises, in dem die zu verarbeitende Zahl mittels eines Vierkantschlüssels eingestellt wird, steht



SCHWUCKSTÜCKE mechanischer Instrumente & Rechengeräte

Joachim Fischer

Besonderer Anziehungspunkt der neuen Abteilung, Informatik und Automatik'im Deutschen Museum sind die vielen herausragenden und wertvollen Exponate, die zum Teil zu den weltweit seltenen Fundstücken gehören. Der Autor, Projektleiter der neuen Abteilung und zuständig für die Exponatbearbeitung, stellt hier einige seiner, Schätze' vor.

> einem der 11 Doppelfenster des äußeren Kreises, in dem das Resultat erscheint, richtig gegen-

> Aufwendiger war in der Folgezeit vor allem das Rätselraten um die Inschrift der Maschine: "BRAVN INVENIT/VAY-RINGE FECIT." Aus den von Richard Klein ursprünglich beigegebenen Fotografien hatte Franz Fuchs, am Deutschen Museum unter anderem auch für Mathematik zuständig, zunächst geschlossen, daß die Maschine in Vaihingen von einem Mitarbeiter Philipp Matthäus Hahns gegen Ende des 18. Jahrhunderts gefertigt worden sei. Dies konnte nach genauerer Kenntnis der Inschrift jedoch nicht aufrecht erhalten werden; schon Stelzer hatte Braun als Erfinder, Vayringe als Erzeuger in seinem Gutachten notiert. Über diese beiden Personen waren genauere Angaben zu finden; eine Unternehmung, die sich schwieriger gestaltete als erwartet. Fuchs hatte das Glück, sich auf den leider nicht fortgesetzten, sogenannten , Mooshammer-Katalog' des Deutschen Museums stützen zu können, wo sich tatsächlich eine Eintragung

für Vayringe findet; bedauerli-cherweise publizierte Fuchs seine - ohnehin lakonisch knapp bemessenen - Hinweise an äußerst entlegener Stelle, nämlich in der ,Papier-Zeitung' (!), Nr. 62/ 1926, S. 1794-1796. Damit konnte das Rätsel ,Vayringe' zunächst gründlicher Vergessenheit anheimgegeben werden; ein wenig besser verhielt es sich mit Braun.

Licht ins Dunkel um seine Person kam aber eigentlich erst 1960 mit den Arbeiten von Maria Habacher und Josef Nagler in den Blättern für Technikgeschichte', Heft 22, S. 5-80 und 81-87. Ausgangspunkt für deren – ganz unterschiedliche - Ansätze war eine Kaiser Karl VI. zugeeignete Rechenmaschine, die sich im Technischen Museum für Industrie und Gewerbe in Wien befindet. Der Inschrift kann man den vollen Namen und Titel des Verfertigers und Erfinders entnehmen: "Antonius Braun S.C.M. Opticus et mathematicus." Diese Maschine ist auf 1727 datiert; eine geniale feinmechanische Umsetzung des 1709 von Giovanni Poleni beschriebenen Sprossenradprinzips für mechanische Rechenmaschinen.

Nun lag die Vermutung nahe, auch die in München befindliche Maschine als Erfindung Brauns anzusehen; und zwar eben desselben Anton Braun, der am 22. Oktober 1686 in Möhringen (bei Tuttlingen) geboren wurde und am 20. April 1728 in Wien starb. Eine durchaus statthafte Vermutung, die von Gerhard Woeckel in ,Alte und Moderne Kunst', Nr. 127/1973, S. 19-24 erhärtet wurde. Zwar las er das "VAYRINGE" der Inschrift als latinisierte Version von Währing (bei Wien), also ebenso wie Franz Fuchs - der anfangs Vaihingen vermutet hatte - als Ortsangabe, doch lag er mit Anton Braun richtig. Bleibt also die Frage nach ,Vayringe'.

verstreuten Quellen ist manches nem Schwiegervater gesehen dig zerlegte und reparierte; dies

über sein Leben bekannt; die im Zusammenhang mit der Münchener Rechenmaschine wichtigste Information findet sich

hatte, und mittels derer man alle arithmetischen Operationen bewerkstelligen könne. Er sandte Vayringe nach Wien, damit die-Um es kurz zu machen: es han- aber in den ,Chroniques barroi- ser das kuriose Instrument exdelt sich dabei um den ,lothringi- ses' von Baillot. Wenngleich ein aminiere. Als er eintraf, war die schen Archimedes', Philippe genaues Datum nicht leicht ein- Maschine in Unordnung geraten Vayringe, geboren am 20. Sep- zukreisen ist, so kann man dort und funktionierte nicht; ihr Ertember 1684 in Nouillonpont folgenden Sachverhalt nachle- finder war verstorben. Der Kai-(heute im französischen Dépar- sen: Herzog Franz von Lothrin- ser vertraute die Maschine unsetement Meuse), gestorben am gen erzählte Vayringe "von einer rem Lothringer an, der sie inner-24. Februar 1746 in Florenz. Aus Maschine, die er in Wien bei sei- halb von sechs Stunden vollstän-

geschah zu so großer Zufriedenheit des Prinzen, daß Vayringe mit einer Goldkette im Wert von Zichten.)

sammen, muß man wohl zu fol- daß er nun auch noch diese Ma-

gendem Ergebnis kommen: Die Idee und Beschreibung der fraglichen Maschine verdankt man Iso Dukaten belohnt wurde." Jacob Leupold, der nach eigenen (Reinhold Baumann und Ernst Angaben selbst ein fast fertiges Ellinger von der Restauratoren- Exemplar besaß. Die in seinem werkstatt des Deutschen Muse- Todesjahr 1727 postum publiums, die die gleiche Aufgabe mit zierte ,Bauanleitung' wurde von Bravour meisterten, müssen auf Anton Braun aufgegriffen, der solchen Lohn vorerst noch ver- soeben seine Variante der Polenischen Konstruktion fertiggestellt Fügt man die Versatzstücke zu- hatte: Brauns Tod verhinderte,

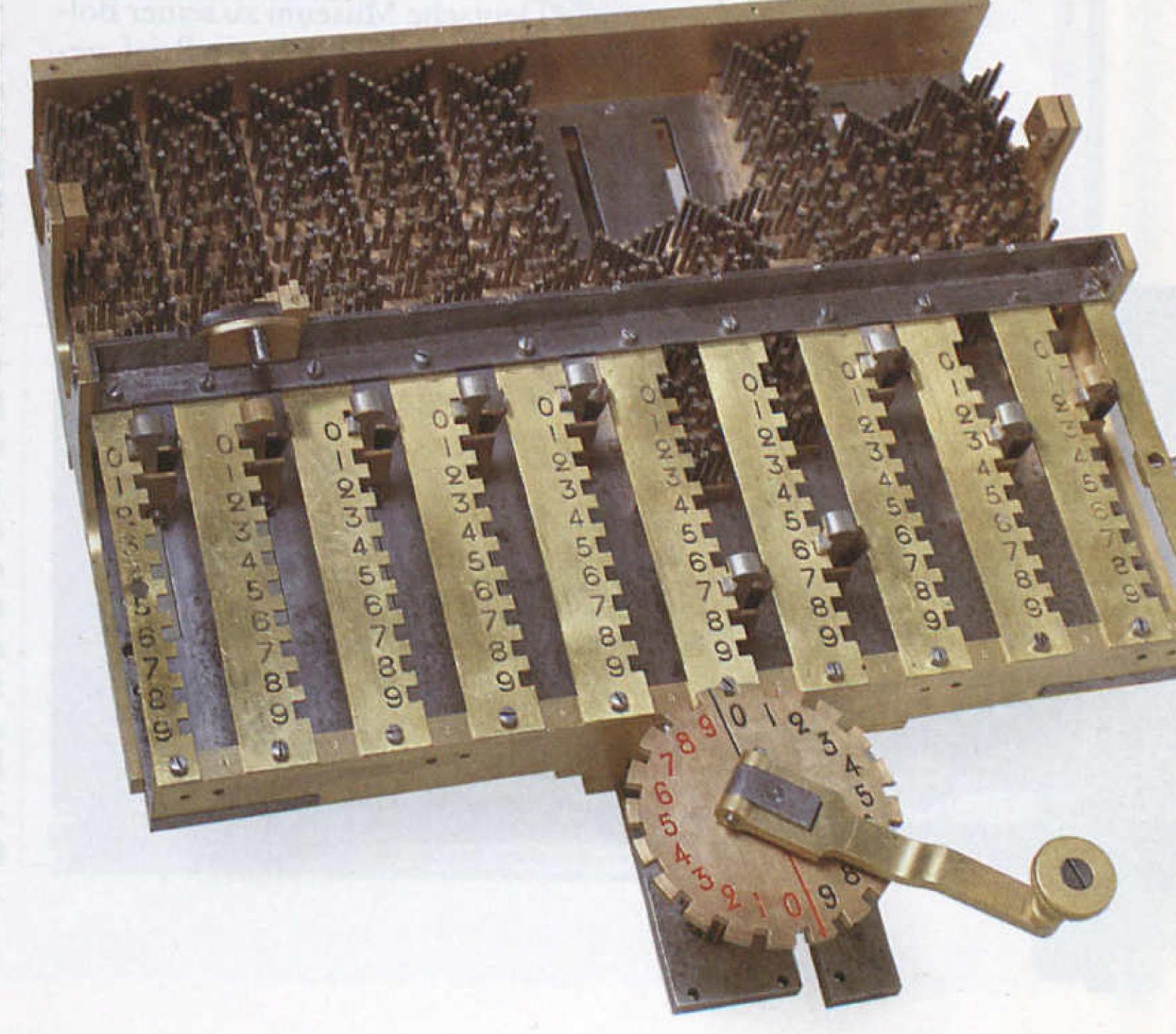
schine zu Ende führen konnte. Sein Werk wurde schließlich von Philippe Vayringe vollendet, spätestens 1736. Über die zwei Jahrhunderte jedoch, die zwischen Fertigstellung und Ankauf durch das Deutsche Museum vergingen, ist nichts bekannt.

Die Rechenmaschine von Léon Bollée, Modell 1892 (Invent.-Nr. 76032)

éon Bollée (1870-1913), Weiten Kreisen als Konstrukteur von Rennwagen der ersten Generation bekannt, besitzt auch einen Ehrenplatz in der Galerie der Konstrukteure von Rechenmaschinen. Wenngleich seine Tätigkeit auf diesem Gebiet nur kurze Zeit währte: er machte seine bedeutendste Erfindung, den sogenannten Einmaleinskörper, als Achtzehnjähriger und scheint sich nicht wesentlich länger als bis zu seinem 25. Lebensjahr mit Rechenmaschinen befaßt zu haben. Dennoch hinterließ er Bleibendes.

Neben einigen kleineren Erfindungen, die den Umgang mit Zahlen erleichtern sollten, gelang Bollée im Jahr 1888 der große Wurf: die Konstruktion eines Einmaleinskörpers, der die Produkte von 1 x 1 bis 9 x 9 in materieller Form ,speicherte'. Während die üblichen Rechenma-

Rechenmaschine von Léon Bollée, Gesamtansicht des Einstellwerks, Modell von 1892 (Foto: Deutsches Museum)





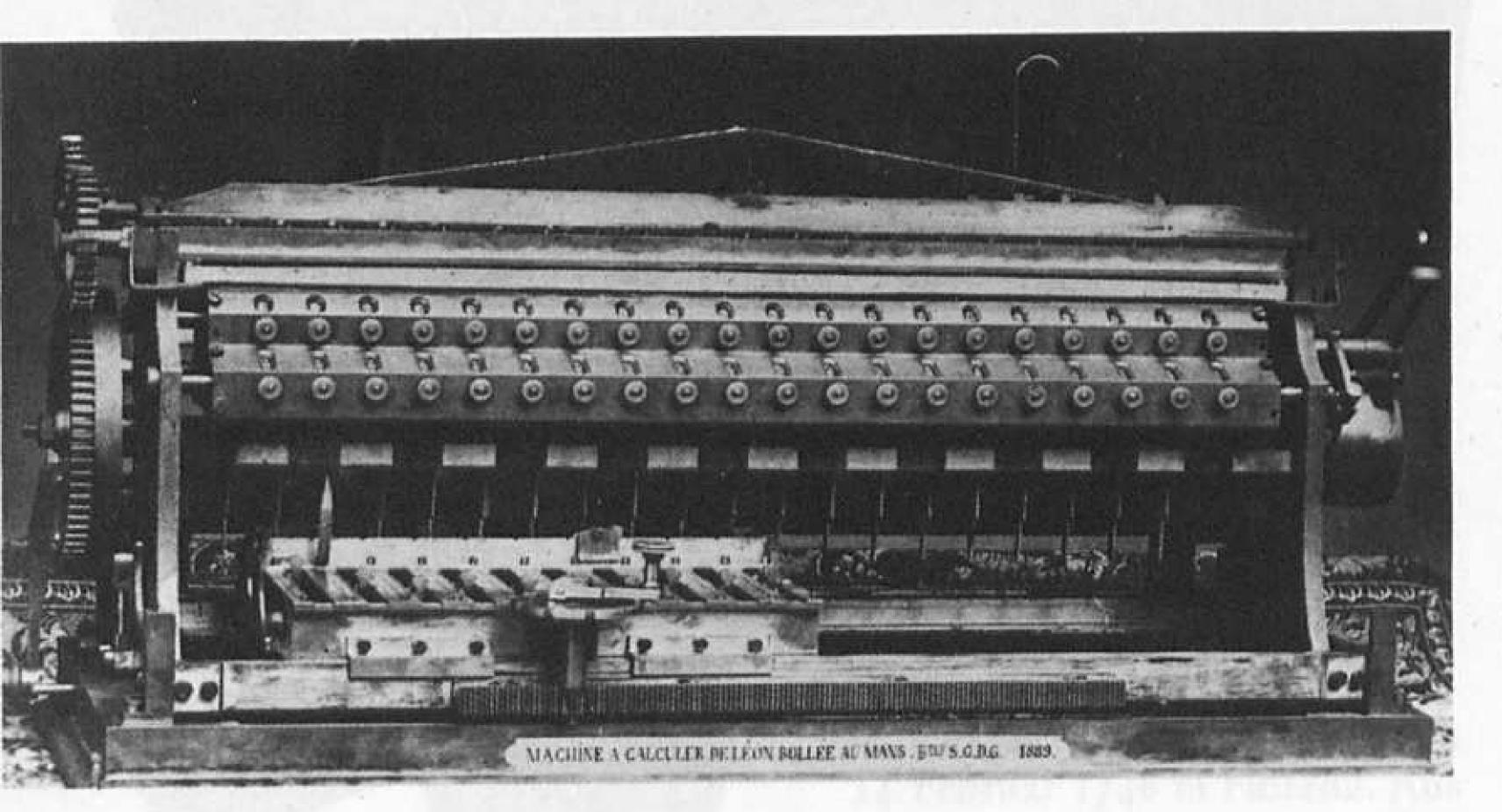
SCHMUCKSTÜCKE

schinen z.B. die Multiplikation von 76032 mit 7 dadurch erledigten, daß sie 76032 sieben Mal hintereinander in das Rechenwerk übertrugen, wo die Werke aufakkumuliert' wurden, sollte die Bolléesche Maschine für jede Multiplikation mit einem einstelligen Faktor, sei dieser nun 7, 1, 0 oder auch 9, einen einzigen Arbeitstakt brauchen. Dies gelang ihm dadurch, daß das materialisierte Einmaleins entsprechend abgetastet wurde. Ohne auf weitere Details einzugehen, sei verraten, daß der dafür notwendige Mechanismus von außerordentlicher Kompliziertheit war; ein Prototyp von 1888 ermunterte Bollée in der Weiterverfolgung seiner Pläne. Die daraus resultierende Maschine gewann auf der Pariser Weltausstellung von 1889 eine Goldmedaille (dieses Exemplar befindet sich heute im Conservatoire National des Arts et Métiers). In einem nächsten Schritt erweiterte Bollée die Rechenmaschine zum 1892er Modell, das neben den vier Grundrechenarten auch halbautomatisch Quadratwurzeln ziehen konn-

Über die Zahl der von Bollée gebauten Rechenmaschinen weiß man nicht viel; mehr als ein Dutzend Exemplare dürften es nicht gewesen sein, und bekannt sind derzeit - unter Einschluß der Maschine im Deutschen Museum - vier. Wie aber kam das Deutsche Museum zu seiner Bollée? Auch hier steht ein Brief, genauer eine Postkarte, am Anfang der Geschichte; doch diese Postkarte vom 1.6. 1964 weist weit in

Rechenmaschine von 1889 (Foto: Deutsches die Vergangenheit zurück: Museum)

Léon Bollée, Modell von



"Bezugnehmend auf Ihr Antwortschreiben v. 29/12 1925 [sic!] auf mein Angebot einer Bollée Rechenmaschine aus dem Jahr 1889 Paris, teile ich hierdurch mit, daß es mir leider nicht möglich gewesen ist, die damals wegen Platzmangel zerlegte Masch. wieder zu justieren" – so eröffnete Max John, Grazer Damm 142 in 1 Berlin 41, den damals bereits fast 40 Jahre unterbrochenen Dialog mit dem Deutschen Museum aufs neue. John bot die Maschine als Stiftung an, in der Hoffnung, daß "Ihre Mechaniker diese zusammensetzen können". Nun ist bekannt, daß Bollées Maschinen aus etwa 3000 Einzelteilen bestehen, und es gibt außer den Patentschriften keinerlei Konstruktionsunterlagen mehr. Die Frage war also: wie weit war die Maschine zerlegt worden? Notfalls hätte eine Reise nach Paris bei kleineren Problemen des Zusammenbaus weiterhelfen können. Doch es kam anders.

Max John, zum Zeitpunkt seiner Postkarte knapp 82 Jahre alt, bereitete sich gerade auf den Umzug in eine kleinere Wohnung vor; dies war auch einer der Gründe gewesen, warum er nochmals auf das Deutsche Museum zukam: denn die Firma Bollée war aus einer Glockengießerei entstanden, hatte sich zu Léon Bollées Zeiten auf Karosserie- und Fahrzeugbau spezialisiert, - und dementsprechend wuchtig war auch die Rechenmaschine ausgefallen: sie bringt etwa 70 kg auf die Waage, ist 85 cm breit, 50 cm tief und 45 cm hoch. Während die Bollée ihren Weg zum Museum finden sollte, waren andere Gegenstände zur Schrottverwertung ausgesondert worden; die - schlechte! - Pointe liegt auf der Hand: natürlich holte der Schrotthändler in Herrn Johns Abwesenheit nicht nur das ausgesonderte Gerümpel, sondern auch Teile der Bollée. In einer aufopfernden Aktion suchte man am nächsten Tag nach den Einzelteilen, und es ist wohl dem Alter des Stifters, aber auch der langen Zeitspanne, die seit der Zerlegung der Maschine vergangen war, zuzuschreiben, wenn er

glaubte, daß bis auf "4-5 1-11/2 cm, breite Federbleche u. 1 Lederband mit Gradeinteilung" alles wieder vollständig aufgefunden wurde.

Leider mußten wir uns vom Gegenteil überzeugen; die Maschine war tatsächlich bis in die kleinsten Teile zerlegt worden. Jede Schraube, jedes Federblech, jede Zahnstange war ausgebaut. Nach provisorischen Schätzungen fehlen etwa 1000 Teile, die nur durch peniblen Vergleich mit einem vollständigen Original ersetzt und an die richtige Stelle gebracht werden könnten. Dazu aber kommt eine zusätzliche Schwierigkeit: Die Museums-Bollée gehört zu der Maschinengruppe, die für halbautomatisches Wurzelziehen eingerichtet war. Die derzeit einzige weitere Maschine dieser Art befindet sich im Besitz der IBM, New York. Ein Trost besteht aber: Max John hat bei der Zerlegung der Maschine vor dem Kernstück haltgemacht. Es handelt sich dabei um das Einstellwerk der Rechenmaschine, und dieses Werk trägt - für jede seiner 10 Stellen - die für die Funktion so zentralen Einmaleinskörper. Muß auf die ganze' Bollée also leider verzichtet werden, so wird die Ausstellung wenigstens dieses Teil der Offentlichkeit präsentieren.

Ich danke Monsieur Gérard Bolleé, Les Segments A.B., Le Mans, der freundlicherweise Material zu der vorliegenden Skizze zur Verfügung stellte.

Das älteste Polarplanimeter: Jakob Amslers Instrument No. 5 (Invent.-Nr. 7589)

rakob Amsler wurde 16. November 1823 in Stalden bei Brugg (Schweiz) geboren; er starb am 3. Januar 1912 in Schaffhausen. Nachdem er zunächst Theologie studieren wollte, gab er diesen Plan zugunsten des Studiums der Mathematik und Physik auf. Seine Studienorte waren Jena und Königsberg. Nach Promotion und Ha-

bilitation nahm er 1851 eine Stelle am Gymnasium in Schaffhausen an, "in der Zuversicht, daß er dort nebenbei Gelegenheit hätte, sich in der reinen Mathematik weiter zu bilden, um wieder in die akademische Laufbahn zurückzukehren. Allein es kam anders. Erst jetzt sollte er sich selbst entdecken und hier sein Lebenswerk vollbringen."1 Amsler, der bis dahin mit seinen wissenschaftlichen Arbeiten der Mathematik und der mathematischen Physik verpflichtet war, beschäftigte sich ab 1849 mit der Suche nach einem einfachen Instrument zur Messung des Flächeninhalts krummlinig begrenzter Figuren - kurz Planimeter genannt. Zwar hatte es derartige Instrumente in verschiedener Ausprägung schon gegeben, jedoch galt für sie: "Der Hauptübelstand, welcher der allgemeinen Verbreitung gegenübersteht, ist ihr hoher Preis und ihre Schwerfälligkeit."2 Beides vermied das 1854 von Jakob Amsler erfundene sogenannte Polarplanimeter. Noch im gleichen Jahr richtete er eine kleine Werkstätte ein und begann mit der Herstellung seiner Planime-

Wie die Abbildung zeigt, handelt es sich beim Amslerschen Polar-Planimeter um ein wirklich un-Kompliziertes Gerät, das trotz seines einfachen Aufbaus das schwierige Problem der Flächenbestimmung löst. Auch die Handhabung ist erstaunlich eintach: man setzt den Stift des Fahrarms (an dem auch die Meßrolle befestigt ist, auf der das Ergebnis später abgelesen wird) auf einen Punkt der Umrandung der zu messenden Fläche, umfährt diese Fläche längs ihres Randes bis zurück zum Ausgangspunkt tertig. Diese Vorgehensweise zeigt, daß das Polarplanimeter zu den sogenannten Umfahdings sind beim Polarplanimeter Aufbau und Bedienung so eintach, wie die Darstellung der dahinterstehenden Theorie für den Nicht-Mathematiker schwierig

Schaffhausen) ist eine große An-

zahl von Ausstellungsobjekten dem Wirken Jakob und Alfred Amslers gewidmet; Alfred Amsler (1857-1940) setzte nämlich die Tätigkeit seines Vaters würdig fort. Viele der dort gezeigten Stücke sind einmalig in ihrer Art; umso mehr ist es für das Deutsche Museum ein Anlaß zur Freude, das älteste Polarplanimeter Jakob Amslers jetzt wieder ausstellen zu können. Am 24. Oktober 1906 sandte die Firma J. Amsler-Laffon & Sohn, & Schaffhausen, ein Schreiben an das Deutsche Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik, das mit folgenden Worten begann: "Wir teilen Jhnen mit, dass wir gestern in gewöhnlicher Fracht unfrankirt mit Jhrem uns zugestellten Frachtbriefformular folgende Instrumente an Jhre Adresse abgesandt haben:" - und unter den mit einer einzigen Ausnahme noch heute erhaltenen Instrumenten dieser kostbaren Fracht befand sich eben auch das Instrument No.5, wenngleich etwas übertrieben als "v. Jahr 1850" stammend deklariert.

Eine weitere Kostbarkeit dieser Sendung darf ebenfalls gleich erwähnt werden: das Linearplanimeter. Schon früh zeigte sich nämlich, daß man oftmals Figuren auszumessen hatte, die zwar nicht sehr breit, dafür aber langgestreckt waren. Das Polarplanimeter mit seiner doch begrenzten Reichweite war zur Ausmessung solcher Figuren nicht geeignet. Eine – aus der Theorie leicht abzuleitende - Variante, die dies leisten konnte, ist das erwähnte Linearplanimeter. Im Gegensatz zum Polarplanimeter bewegt sich das Gelenk des Fahrarms nicht auf einem Kreis, sondern wird - in seinen ersten Ausführungen - in der Nut eines Lineals, also längs einer Geraden geführt. Dem Deutschen Museum rungsplanimetern gehört. Aller- wurde, zusammen mit dem ältesten Polarplanimeter, auch ein solches Linearplanimeter überlassen. Allem Anschein nach handelt es sich dabei um einen Prototyp, denn der Fahrarm ist als einfaches Vierkantholz ausge-Im Museum Allerheiligen (bei führt. Dies macht die Stifterangabe "I Planimeter ältere Kon-

Polarplanimeter von Jakob Amsler, Instrument No. 5, um 1855 (Foto:



Stieg Galilei Stieg Galilei auf den Schiefen Turm?

Michael Segre

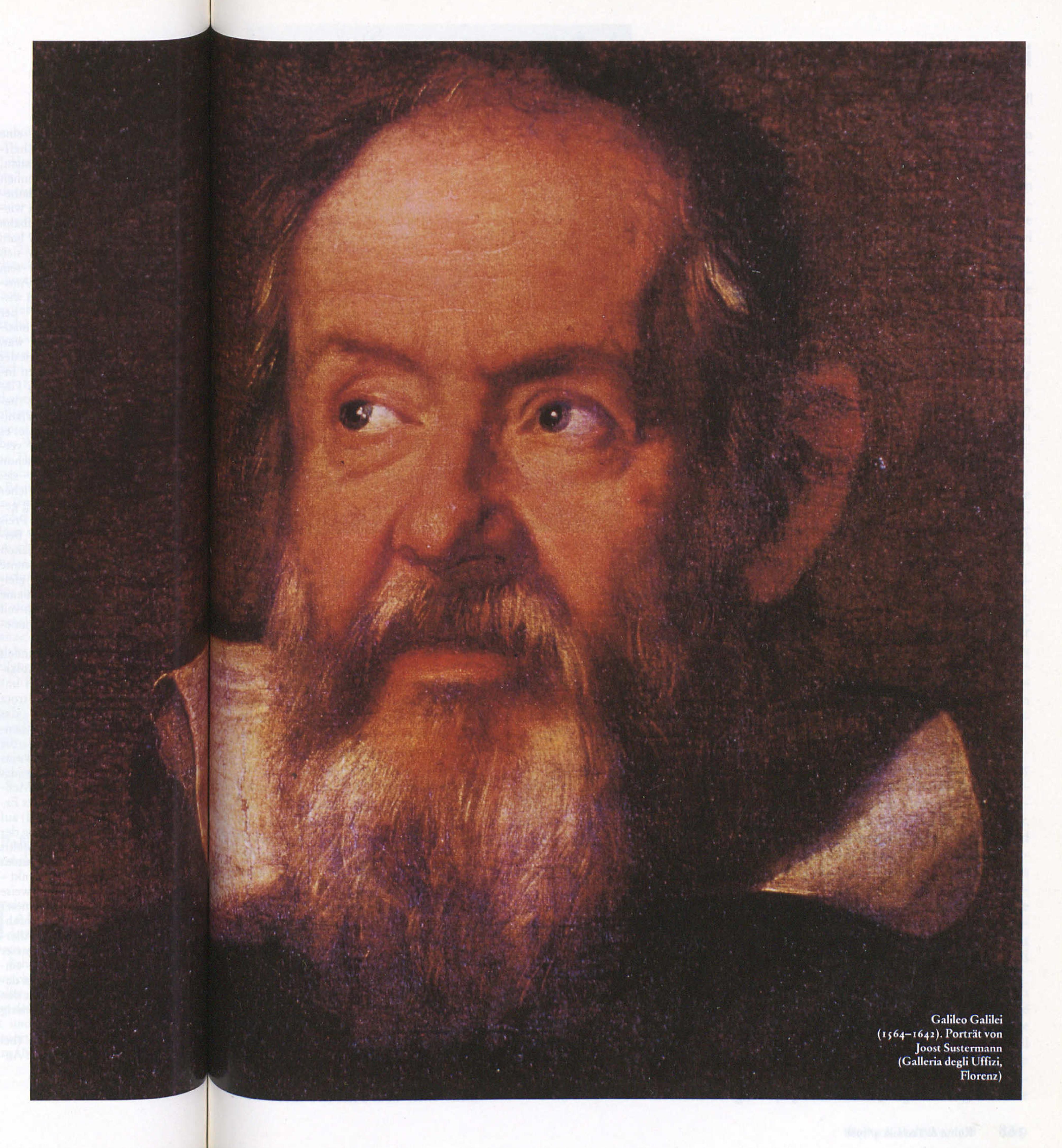
In diesem Jahr wird der 350. Jahrestag von Galileis ,Discorsi' gefeiert. In ihnen stellte Galilei unter anderem seine Bewegungslehre und das Fallgesetz auf, das er jedoch schon viel früher formuliert hatte. Es wird behauptet, Galilei habe bereits um 1590 das entsprechende aristotelische Gesetz widerlegt, als er sein berühmtes Turmexperiment durchgeführt haben soll. Der Autor geht der Legende und Wahrheit dieses Experiments nach.

Geschichte des galileischen Experimentes vom Schiefen Turm ist bekannt. Sie besagt, daß Galilei irgendwann um das Jahr 1590, als er erst kurze Zeit Professor der Mathematik an der Universität Pisa war, den berühmten Schiefen Turm bestiegen haben soll, um von dort zwei Gegenstände unterschied- Turm bestiegen, ohne das Ergebnis belichen Gewichts fallen zu lassen. Damit reits a priori zu kennen. soll er beabsichtigt haben, das Fallgesetz Wir wissen nicht genau, wann Galilei des Aristoteles zu widerlegen, welches erstmals zu der Schlußfolgerung gelangbesagt, daß die Fallgeschwindigkeit eines te, daß Aristoteles geirrt haben könnte. Körpers proportional zu seinem Gewicht Möglicherweise geschah es im Zusamsei. Dadurch, daß er, Galilei, die beiden menhang mit einem sehr überzeugenden Gegenstände gleichzeitig hätte fallen las- Gedankenexperiment, das er an versen, und durch die Tatsache, daß sie schiedenen Stellen wiederholt beschrieb, gleichzeitig den Boden erreichten, hätte unter anderem in den 'Discorsi' (1638). er all jenen bewiesen, die sich um den Galilei zeigte dort, daß die Gesetzmäßig-Turm versammelt hatten, daß sich Ari- keit, die Aristoteles aufgestellt hatte, zu stoteles geirrt hatte.



Der Schiefe Turm von Pisa

einem logischen Widerspruch führt. An-Eigentlich sollte diese Episode sowohl genommen, ein großer Stein fiele schnelfür die Naturwissenschaften als auch für ler als ein kleinerer und beide Steine würderen Geschichte von untergeordneter den miteinander verbunden, so müßte Bedeutung sein. Denn ein solches Expe- der kleinere den größeren Stein bremsen. riment hätte sicherlich keinerlei Auswir- Nun bilden die beiden verbundenen Steikung auf Galileis Denkweise gehabt; ne aber andererseits einen dritten, größewenn es aber trotzdem stattfand, so war ren Stein, der, gemäß Aristoteles, schneles als öffentliches Schauspiel gedacht, ler fallen müßte als jeder der beiden denn Galilei hätte sicherlich nicht den anderen. Somit ist die von Aristoteles



aufgestellte Gesetzmäßigkeit in sich widersprüchlich.

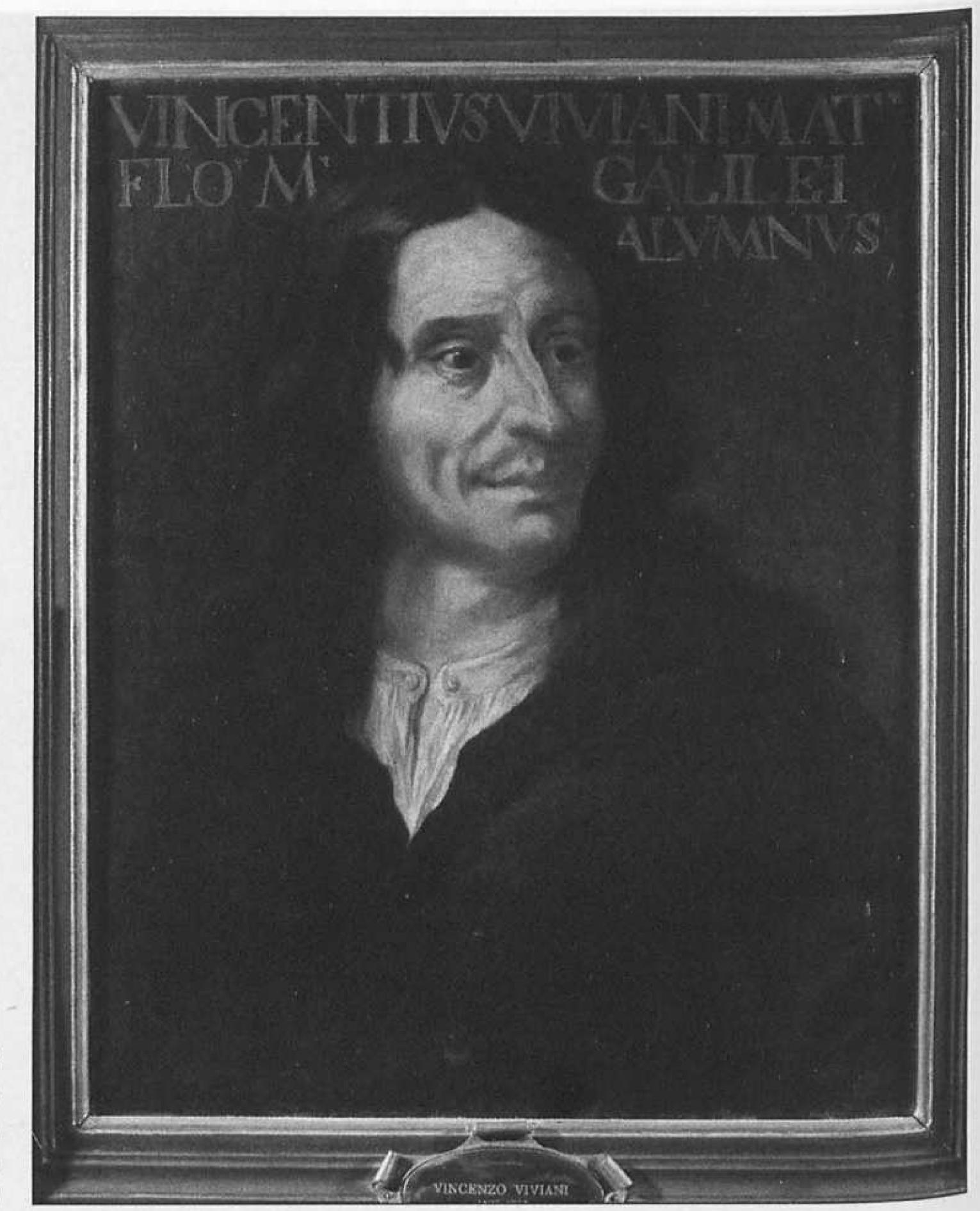
Nun, allein als Beweis für die Öffentlichkeit wäre Galileis Experiment auf dem Schiefen Turm wohl bei vielen Wissenschaftshistorikern nur auf sehr geringes Interesse gestoßen, zumal bei jenen, die die Ansicht vertreten, die Beschäftigung mit den Naturwissenschaften sei in erster Linie ein abstraktes, rein intellektuelles Unternehmen, isoliert von allen sozialen und politischen Begleitumständen. Galileis Experiment war auch tatsächlich nur ein gesellschaftliches Ereignis, nicht ein organischer Bestandteil seiner wissenschaftlichen Arbeit.

Dennoch – obwohl nur gesellschaftliches Ereignis – wird das Experiment Galileis als ein Wendepunkt in der Geschichte der Naturwissenschaften angesehen: Viele Historiker zitieren dieses Experiment als ein klassisches Beispiel für die Vorrangigkeit empirischer gegenüber deduktiver Wissenschaft. Mehr als das: manchmal wird dieses Experiment auch (Istituto e Museo di Storia als Beispiel für das Handeln eines unerschrockenen, freimütigen Menschen zitiert, der sich nicht scheut, seine Ansichten gegenüber den Autoritäten zu vertreten.

Im Gegensatz zu einer anderen berühmten Anekdote innerhalb der Wissenschaftsgeschichte, derjenigen Newtons Apfel, die durch dessen eigene Außerungen gesichert ist, ist das Problem unserer Geschichte, daß sie sich in keiner Schrift Galileis erwähnt findet. Es gibt noch nicht einmal Hinweise darauf, daß er jemals davon berichtet hätte. Erst zwölf Jahre nach seinem Tod wird sie von seinem Schüler und engsten Mitarbeiter, Vincenzio Viviani (1622-1703), erzählt. Sie findet sich in Vivianis Galilei-Biographie, die 1654 geschrieben und 1717 postum veröffentlicht wurde. In Italien erschien sie 1744, 1808, 1826, 1864 und desweiteren mehrere Male im 20. Jahrhundert. Die deutsche Übersetzung lag bereits 1723/26 vor.1

Die Geschichte des Experiments in Vivianis eigenen Worten:

"So zeigte er [Galilei] unter anderem, daß die Geschwindigkeiten von Körpern derselben Materie und ungleichen Gewichts, wenn sie sich durch dasselbe Medium bewegen, nicht, wie dies Aristoteles behauptet, dem Verhältnis ihrer absoluten Gewichte entsprechen, daß sie vielmehr alle sich mit gleichen Geschwindigkei-



Vincenzio Viviani (1622-1703). Aus der Collezione Gioviana della Scienza, Florenz)

ten bewegen; und das bewies er durch wiederholte Experimente von der Höhe des Glockenturms zu Pisa herab, in Gegenwart der übrigen Professoren und Philosophen und der gesamten Studentenschaft. "2

Diese kurze Beschreibung ist durch keinerlei Beweise erhärtet. Viviani wurde aber, wie wir bald sehen werden, für die kommenden zwei Jahrhunderte zu einer wichtigen und einflußreichen Autorität, deren Aussagen niemand in Frage zu stellen wagte. Aus diesem Grund findet sich diese Anekdote in zahlreichen Veröffentlichungen, insbesondere in Physiklehrbüchern und populärwissenschaftlichen Werken, aber auch in Arbeiten, die als zuverlässige Quellen der Wissenschaftsgeschichte gelten. Seine Darstellung wurde aber nicht nur tradiert, sondern darüber hinaus auch noch mit phantasievollen Details angereichert, so z.B. mit den genauen Abmessungen der Gewichte, die Galilei fallen ließ, worüber Viviani jedoch kein Wort verliert. Zum Teil waren die Berichte überaus dramatisiert, und würde man sie mit Vivianis Original vergleichen, so wäre dies in der Tat sehr aufschlußreich.3 Der Geschichte des galileischen Experimentes vom Schiefen Turm schenken jedoch die wenigsten Glauben.

Zweifel an Galileis Turmexperiment

Zu Beginn dieses Jahrhunderts wurden einige Historiker darauf aufmerksam, daß Viviani ein verzerrtes Bild Galileis liefert, so daß seine Biographie für die Zwecke der modernen Geschichte der Naturwissenschaften nur in beschränktem Umfang eine zuverlässige Quelle ist. Emil Wohlwill (1835-1912) zum Beispiel, einer der bedeutendsten Galilei-Experten, wies darauf hin, daß es bei vielen der Details in Vivianis Biographie keinerlei Beweise dafür gäbe, daß sie sich jemals so zugetragen hätten. Einer der Zweifel, die von Wohlwill angemeldet wurden, betrifft auch die Glaubwürdigkeit des Experiments auf dem Schiefen Turm.4

Wohlwill unterstrich, daß das, was Galilei zu der in Frage kommenden Zeit geschrieben hat, der Geschichte um den Schiefen Turm sogar widerspricht. Galilei selbst hatte damals keine seiner Schriften veröffentlicht. Unter seinen Notizen findet sich aber eine Sammlung lateinischer Bemerkungen zum Problem der Bewegung, die möglicherweise in diesen Zeitraum fallen. Diese Notizen wurden im ersten Band seiner Gesammelten Werke unter dem Titel ,De motu' her-

Galileo Galilei

pern durch ein Medium – den freien Fall in Luft eingeschlossen - bespricht, eindeutig, daß Körper unterschiedlichen Gewichts mit unterschiedlicher Geschwindigkeit fallen. An einer Stelle erwähnt er sogar, daß er von einem hohen Turm aus zwei verschiedene Körper, einen aus Blei, den anderen aus Holz, habe fallen lassen und daß derjenige aus Blei zuerst aufgetroffen sei.

Der Schiefe Turm von Pisa ist unzweifelhaft auch von Luft umgeben. Wenn ,De motu' aber um das Jahr 1590 geschrieben wurde, was denkbar ist, so ist es sehr unwahrscheinlich, daß das von Galilei durchgeführte Experiment von Viviani beschrieben worden wäre. Erinnern wir uns außerdem daran, daß Galileis erste Formulierung des Gesetzes vom freien Fall erst sehr viel später, im Jahre 1604, in einem berühmten Brief an den venezianischen Philosophen Paolo Sarpi auftaucht.

Wohlwills beachtenswerte Einwände wurden jedoch nicht anerkannt, möglicherweise aufgrund der Tatsache, daß sie von Antonio Favaro (1847-1922), dem bedeutenden, einflußreichen und, in diesem Falle, hauptverantwortlichen Herausgeber des galileischen Gesamtwerkes, zurückgewiesen wurden. Favaro glaubte, daß Viviani als ein sehr zuverlässiger Biograph anzusehen ist, und wandte ein, daß die Thesen Wohlwills nur auf fragmentarischen Notizen basierten, die Bedenken an Vivianis Darstellung nicht in ausreichendem Maße rechtfertigen würden.5

Dennoch gelang es Favaro nicht, Wohlwills Zweifel völlig auszuräumen. 1935 erschütterte ein amerikanischer Professor für Englische Philologie, Lane Cooper, Vivianis Bericht dann noch stärker. In seinem Buch ,Aristotle, Galileo and the Tower of Pisa' brachte er die wichtigsten Quellen, die mit dem Experiment in Verbindung stehen, und bekräftigte damit Wohlwills Behauptung. Er führte aus, daß Galilei diesen speziellen Versuch in keiner seiner Schriften erwähnt und daß kein Beweis dafür vorliegt, daß er ihn jemals durchgeführt hat.

Cooper schrieb dies aber zu einer Zeit, in der die positivistische und empiristische Auffassung von Wissenschaftsgeschichte noch sehr verbreitet war. Wie im Fall Wohlwills wurde auch hier die versuchte Demontage eines der bekanntesten Experimente der Wissenschaftsgeschichte

Di Pisa, con l'internents dell alen Leston'e glosofi e ditieta la Scol resea : e che ne meno a nelou fa di un ittette mothie places melle n'tengone la trozovhon receptoca folle resistente, à dentità Dendet De medet me me Un'inferendolo das manifestimi assurd ch'in conse. quenla ni sequire bbero contro af jense medehme, enghisse signede en's freshente toateto Ja lui hell suddet Lator delle nuone Seconde fossenne yeto outetta fattedra con tanta fama e regula lione aggretto gl'Inten Jent; di mente soni agletta, usinerva, the moth florogaster due Emice fomen fate da inicio da se esterono conto Das Manuskript Vivianis e servicendos l'internents patte praple get wind his date da une topon una tat marchina inwertione dua Eminente Songeus proporta quotar a Tarkina Ligovno, alla quale il ligs Salileo con findaments meccanici e con hiresta filosofrea aucuar futo seonostreo d' male

mit der Beschreibung des Turmexperiments. Aufschlußreich ist die Korrektur. An die Stelle des ,Gedanken'-Experiments aus den Discorsi' setzte Viviani die Anekdote vom Versuch auf dem Schiefen Turm. Er entsprach damit der Lese- und Hörerwartung seiner Zeitgenossen, die der Darstellung eines praktischen Versuchs den Vorzug vor einer logischen Herleitung gaben. (Biblioteca Nazionale

Centrale, Florenz)

ausgegeben. In dieser Abhandlung widerspricht Galilei der aristotelischen Behauptung, daß die Fallgeschwindigkeit von Körpern proportional ihrem Ge-Wicht sei. Er erwähnt an verschiedenen Stellen die Möglichkeit, Experimente von einem hohen Turm aus durchzuführen, ohne allerdings eine genaue Versuchsbeschreibung zu geben. Dies ist der einzige eindeutige Beweis in den Schriften Galileis, der zugunsten eines mögli-

chen Experiments vom Schiefen Turm zu Pisa aus sprechen könnte. Aristoteles zu widersprechen, heißt jedoch nicht, die Ansicht zu vertreten, daß Körper unterschiedlichen Gewichts mit gleicher Geschwindigkeit fallen müßten, und die Erwähnung eines Turmes bedeutet nicht die öffentliche Durchführung eines Experiments vom Schiefen Turm aus. Tatsächlich sagt Galilei, wenn er die verschiedenen Möglichkeiten des Falls von Körinlikeo (kalikei

von den meisten Historikern der Naturwissenschaften fast als "Gotteslästerung" zurückgewiesen. Coopers Buch wurde heftig angegriffen. Viele Galilei-Kenner weigerten sich, zu glauben, Viviani habe die Unwahrheit verbreitet.

Obwohl sich seit 1935 viele Historiker mit diesem Problem beschäftigt haben, konnte keine Lösung, kein Konsens gefunden werden. Einige nehmen an, daß Galileis 'De motu' ausreichend klarstellen würde, daß er um das Jahr 1590 noch keine theoretische Formulierung aufgestellt hatte, die es ihm ermöglicht hätte, das Experiment durchzuführen. Andere wiederum, einschließlich des gegenwärtig führenden Galilei-Forschers Stillman Drake, glauben, daß Viviani trotz allem ein zuverlässiger Historiker war und daß das Experiment durchgeführt wurde.⁶ Ist die Geschichte des Experiments vom

Die Geschichte als ein Teil der Literatur

Schiefen Turm nun wahr oder nicht? Ich

will versuchen, einen Lösungsansatz da-

zu zu geben.

Die Historiker, die glauben, daß das Experiment tatsächlich stattgefunden hat, beziehen sich auf die Tatsache, daß es von Viviani berichtet worden ist und somit etwas Wahres beinhalten müsse. Man sollte deswegen auch die Problemgeschichte des Experiments eher als ein ,Viviani-Problem' und nicht als ein ,Galilei-Problem' auffassen. Ich schlage vor, die Frage: "Hat Galilei das Experiment durchgeführt?" durch die Frage: "Warum sollte Viviani es als wichtig erachten, von solch einem Versuch zu sprechen?" zu ersetzen.

Trotz der Bedeutung Vivianis wurden sein Leben und seine Werke oder zumindest der historische Kontext, in dem er seine Biographie Galileis schrieb, sehr wenig erforscht. Wer war Vincenzio Viviani eigentlich?

Viviani war ein junger, talentierter Mathematiker, der 1639, im Alter von siebzehn Jahren, Galileis Mitarbeiter wurde und in diesem Zusammenhang in dessen Haus nach Florenz übersiedelte, wo Galilei Gefangener der Inquisition war und wo sie fortan gemeinsam arbeiteten. Zwischen beiden entwickelte sich eine Beziehung, die einer Vater-Sohn-Beziehung glich, und man erzählt sich, daß Galilei ihm zu dieser Zeit von dem Expe-

riment auf dem Schiefen Turm berichtet hat.

Nach Galileis Tod (1642) stiegen Vivianis Bekanntheit und sein Einfluß als Wissenschaftler stetig an. Er wurde Galileis Nachfolger, der in namhafte wissenschaftliche Gesellschaften Eingang fand und bedeutende Positionen in seiner Funktion als Wissenschaftler von verschiedenen europäischen Höfen angeboten bekam. Er besaß die besten Voraussetzungen, über Galilei zu schreiben, und was er über ihn berichtete, wurde als maßgeblich angesehen. Man hätte auch wenig gegen seine Außerungen einwenden können, wenn man bedachte, daß er praktisch Galileis Adoptivsohn war, sein Nachfolger bei Hof und der Günstling zahlreicher europäischer Herrscher.

Viviani hinterließ nicht weniger als 104 Bände unveröffentlichter Handschriften, die jetzt in der Nationalbibliothek in Florenz aufbewahrt sind, fast das Doppelte an Material, das den Nachlaß Galileis ausmacht. Nur ein geringer Teil dieses Materials ist bis heute untersucht, und die gesamte Sammlung ist bislang noch nicht einmal angemessen katalogisiert. Aber auch ohne systematische Suche nach den Spuren des erwähnten speziellen Versuchs lassen sich – nur ausgehend von der Sichtweise Vivianis – bereits erstaunliche Schlußfolgerungen treffen.

Denn Viviani hinterließ zwei handschriftliche Entwürfe seiner Galilei-Biographie, die einige aufschlußreiche Erkenntnisse liefern, zumindest für die Textkritik. Die zahlreichen Streichungen in diesen Entwürfen zeigen nämlich, daß Viviani bemüht war, seinen Stil - er schrieb Italienisch - in Richtung auf eine eher literarische Ausprägung hin zu verbessern. Dieser verfeinerte literarische Stil war für das gebildete Publikum, das sich für gewöhnlich in den damals zahlreichen literarischen Akademien - in denen auch Viviani oft verkehrte - traf, besonders anziehend. Eine der berühmtesten derartigen Institutionen war die Accademia della Crusca', die 1582 gegründet wurde.7

In diesen literarischen Akademien konnte jeder über jedes beliebige Thema referieren. Die einzige Bedingung war, eine bestimmte literarische Stilebene zu wahren. Es liegen jedoch Zeugnisse vor, daß sich die Mitglieder dieser Akademien sowie das gebildete Publikum im allgemei-

nen nicht allzu sehr für abstrakte mathematische Wissenschaften begeisterten. Beispielsweise läßt sich folgender interessante Brief zitieren, den Cavalieri an Torricelli schrieb. (Beide waren Mathematiker und Anhänger Galileis und arbeiteten mit Viviani zusammen.) 1642 wurde Torricelli in die 'Accademia della Crusca' aufgenommen, und Cavalieri sandte ihm einen Brief, in dem er ihm mitteilte, wie er vor den Mitgliedern der Akademie sprechen sollte. Cavalieri schrieb:

"Ich weiß, daß sie eher physikalische als mathematische Themen erwarten. Es ist ratsam, ihren Erwartungen, die darüber hinaus die Erwartungen der Allgemeinheit sind, zu entsprechen, da sie die Mathematik nicht schätzen, falls sie nicht eine Anwendung sehen."8

Anders ausgedrückt: Cavalieri behauptet, daß die Mitglieder der Accademia della Crusca' ebenso wie das gebildete Publikum nur über die praktischen Anwendungen der Wissenschaften zu hören wünschten. Deshalb hatten sich Wissenschaftler wie Torricelli und Viviani, wenn sie sich an ein solches Publikum wandten, diesen Forderungen anzupassen und zu versuchen, ein Bild der Wissenschaft zu vermitteln, welches so praktisch und empirisch orientiert wie möglich war. Die Beschreibung eines Experiments wie das vom Schiefen Turm, ob nun wahr oder nicht, war genau das, was Vivianis Publikum hören wollte.

Tatsächlich gibt es in einem der handschriftlichen Entwürfe Vivianis, in dem von dem Experiment auf dem Schiefen Turm die Rede ist, eine interessante Korrektur. Zunächst hatte Viviani noch geschrieben, daß Galileis Widerlegung des aristotelischen Fallgesetzes in seinen Discorsi' erwähnt wird. Diese Bemerkung strich er dann und ließ die Beschreibung des Experiments weg. Warum? V1viani wußte sehr genau, daß Galileis Gedanken'experiment in den Discorsi ein ausreichendes Argument gegen Aristoteles ist. Aber es war eben nur ein, Gedanken'experiment, kein tatsächlich praktiziertes. Dieser Art der Beweisführung konnten die Leser Vivianis, wie bereits erwähnt, allerdings nichts abgewinnen. Und so beschloß Viviani, die zwar weniger überzeugende, dafür aber um einiges spektakulärere Geschichte vom Schiefen Turm einzufügen.9

Vivianis Biographie sollte von daher also

DISCORSI DIMOSTRAZIONI

MATEMATICHE,

intorno à due nuoue scienze

Attenenti alla ·

MECANICA & i MOVIMENTI LOCALI;

del Signor

GALILEO GALILEI LINCEO,

Filosofo e Matematico primario del Serenissimo Grand Duca di Toscana.

Con una Appendice del centro di granità d'alcuni Solidi.



IN LEIDA,
Appresso gli Elsevirii. M. D. C. XXXVIII.

Titelblatt der 'Discorsi' von 1638

eher als literarischer Text denn als möglicher Beleg für den Wahrheitsgehalt des Turmexperiments gelesen werden. Zwar ist es durchaus sinnvoll, bei Viviani literarische Stilstudien zu betreiben, weniger sinnvoll ist es jedoch, nach der Wahrheit der Anekdote zu suchen.

Zur Zeit Vivianis wurden Biographien außerdem allgemein nach einer bestehenden Norm verfaßt. Das beste Beispiel für eine Biographie dieser Zeit sind die ,Vite' von Giorgio Vasari (1511-1574), die eine Sammlung von Lebensbeschreibungen verschiedener Renaissance-Künstler enthalten. (Vasari, berühmter Maler und Architekt, entwarf unter anderem die Pläne für die "Uffizien". Ebenso wie Viviani stand er in den Diensten des toskanischen Hofes. Seine ,Vite' erschienen erstmals 1550 und dann in einer zweiten, erweiterten Auflage 1568. Sie Werden als wichtiger Beitrag im Rahmen der Literatur und der Kunstgeschichte gewertet.)

In dem Band der Handschriften nun, die die Entwürfe zur Biographie Galileis ent-

halten, gibt es einen Auszug aus Vasari, der eindeutig darauf hinweist, daß Viviani Vasari gelesen hat, wenn nicht gar von ihm inspiriert wurde. Man braucht kein ausgesprochener Kenner der italienischen Literatur zu sein, um zu erkennen, wie sehr Vivianis Galilei-Biographie den ,Vite' Vasaris gleicht; einige Sätze sind geradezu identisch.

Aus einer interessanten Untersuchung, die vor fünfzig Jahren von den beiden jungen Wiener Gelehrten Ernst Kris und Otto Kurz durchgeführt wurde, ist eine Darstellung über Vasaris ,Vite' und die klassischen Vorstellungen der Renaissance-Biographie hervorgegangen. Kris und Kurz untersuchten eine große Anzahl von Renaissance-Biographien über verschiedene Künstler, angefangen beim frühen Giotto bis hin zum späten Rembrandt. Dabei fanden sie heraus, daß diese eine Reihe von Leitmotiven enthielten, die in der griechischen Mythologie wurzeln. Es gelang ihnen, ein charakteristisches Schema für die damalige Anlage von Lebensbeschreibungen herauszuarbeiten. Besonders ein Element tauchte immer wieder auf, das Kris und Kurz "die Heroisierung des Künstlers in der Biographie" nannten. Diese sogenannte Heroisierung ist durch eine bestimmte Formel festgelegt, durch die der Verfasser versucht, das Bild des Künstlers entweder durch die Hinzufügung erdachter Details oder durch das Einfügen erfundener Anekdoten aufzuwerten.¹⁰

Vivianis Galilei-Biographie, die alle Elemente der typischen Renaissance-Biographie enthält, ist eine eindrucksvolle und aufregende Bestätigung der Ergebnisse von Kris und Kurz. Wann immer sich die Gelegenheit bot, veränderte Viviani die Fakten, um Galileis Bild zu idealisieren. Zum Beispiel änderte er Galileis Geburtsdatum vom 15. Februar 1564 in den 19. Februar, nur um es möglichst nahe an Michelangelos Sterbedatum heranzurücken (Michelangelo starb am 18. Februar 1564). Ein anderes Beispiel: Viviani veränderte das Alter Galileis, in dem dieser sich an der Universität einschrieb. Gemäß den Akten des Universitätsarchivs Pisa begann Galilei sein Studium 1581, als er über 171/2 Jahre alt war. Und tatsächlich hatte Viviani im Entwurf zu seiner Biographie 18 Jahre vermerkt. Dann strich er diese Angabe jedoch und ersetzte sie durch 17 und schrieb zuletzt sogar 16. Man könnte noch viele andere Beispiele nennen.

Im allgemeinen sind die Änderungen Vivianis geringfügig, da er, trotz des Bemühens, das Bild Galileis zu beschönigen, versuchte, sich nicht allzu weit von der Wahrheit zu entfernen. Das meiste von Vivianis Bericht ist also mit großer Wahrscheinlichkeit wahr, hie und da jedoch mit einem "Schuß" Fiktion versehen – eine Referenz an die literarischen Konventionen seiner Zeit. In dieses Schema fügt sich auch der Bericht vom Experiment auf dem Schiefen Turm.

Was geschah wirklich?

In seinem um 1590 geschriebenen Werk 'De motu' benutzt Galilei wiederholt das Beispiel eines Körpers, der von einem Turm herabfällt. Als Viviani seine Biographie über Galilei schrieb, war 'De motu' noch unveröffentlicht. Wir wissen allerdings mit Sicherheit, daß sich das Manuskript dazu unter Vivianis Notizen befand, so daß Viviani dadurch durchaus beeinflußt gewesen sein könnte.

Obwohl Galilei also nicht unbedingt ein Experiment auf dem Schiefen Turm durchgeführt hatte, hat er aber doch höchstwahrscheinlich Versuche auf einem anderen Turm unternommen. Dieser Turm könnte ein schiefer Turm gewesen sein, da es etliche davon in Pisa gibt. Ein schiefer Turm ist für diese Art von Experimenten natürlich geeigneter als ein ,normaler' Turm. Die Durchführung des Versuches verlangt aber außerdem nen anderen, der beobachtet, wie sie auf dem Boden auftreffen. Wenn Galilei das Experiment also veranstaltet hat, so ist er dabei sicherlich von einem seiner Mitarbeiter unterstützt worden. Bei Galilei findet sich hierzu kein Nachweis außer der Tatsache, daß seine Erwähnung, einen Turm zu Versuchen benutzt zu haben, diese Geschichte von dem Experiment auf dem Schiefen Turm sehr plausibel macht. Es gibt auch Belege dafür, daß Galilei tatsächlich auf einen berühmten Turm stieg, um einen wichtigen Beweis zu liefern. Es handelte sich hierbei allerdings nicht um den Schiefen Turm von Pisa, sondern um den Glockenturm von San Marco in Venedig. Am 21. August 1609 führte Galilei auf diesem Turm den führenden Persönlichkeiten Venedigs sein Fernrohr vor.

Außerdem war es während des 17. Jahrhunderts unter den Professoren von Pisa eine gewisse Mode, Versuche vom Schiefen Turm aus durchzuführen. Unter den Schriften Galileis und seiner Anhänger gibt es viele Hinweise, die diese Tatsache belegen. Ende des 16. Jahrhunderts (1597) schrieb ein Pisaner Professor der Philosophie, Jacopo Mazzoni, ein Werk, in dem er – ebenso wie Galilei – behauptete, daß die aristotelische Gesetzmäßigkeit vom freien Fall falsch sei. Zu diesem Zweck führte er einige Experimente durch, ohne jedoch eine detaillierte Versuchsbeschreibung zu liefern. Einige Jahre später, 1612, schrieb Giorgio Coresio, Professor für Griechisch in Pisa, ein Buch, welches Mazzonis Aussagen zurückwies. Coresio sagte, daß Mazzoni seine Versuche von einem Fenster aus unternommen hätte, das nicht hoch genug läge, und so wiederholte er das Experiment vom Schiefen Turm aus. Er berichtet, daß sich die Gegenstände genau gemäß des aristotelischen Gesetzes verhalten hätten, insbesondere bezüglich der Tatsache, daß, je schwerer ein Körper

sei, desto größer auch dessen Fallgeschwindigkeit wäre. Ein weiterer Bericht stammt aus dem Jahr 1641. Vincenzio Renieri, Professor der Mathematik in Pisa, ein Anhänger Galileis, berichtete in einem Brief an Galilei, daß er das Experiment vom Schiefen Turm aus mit zwei Gegenständen unterschiedlichen Gewichts ausgeführt hätte. Dabei hätte er festgestellt, daß sie den Boden nicht gleichzeitig erreichten. Bedauerlicherwenigstens zwei Experimentatoren; ei- weise ist das Antwortschreiben Galileis nen, der die Gegenstände fallen läßt, ei- verloren gegangen. Es ist von großer Bedeutung, daß alle diese Berichte Viviani widersprechen, der behauptet hatte, Galileis Körper hätten den Boden gleichzeitig erreicht.11 Schließlich berichtete Carlo Rinaldini, Aristoteliker und Professor der Philosophie an der Universität Pisa, der mit Viviani zusammengearbeitet hatte, daß er mit einem Barometer auf den Schiefen Turm gestiegen wäre, um zu sehen, ob der Luftdruck in größeren Höhen von dem am Boden abwiche.12

Viviani brauchte also nur wenig Phantasie, eine hinreichend wirklichkeitsnahe Anekdote einzufügen und dennoch mit den Forderungen an eine Biographie nicht zu kollidieren. Denn er hatte ja eine Handschrift Galileis, die von einem Experiment auf einem Turm sprach. Außerdem mag er Berichte davon erhalten haben, daß Galilei auf einem Turm experimentierte. Auf jeden Fall wußte er aber mit Sicherheit, daß Galilei eine Vorführung auf dem Turm von San Marco in Venedig veranstaltet hatte. Zudem war es Mode, auf dem Schiefen Turm in Pisa Versuche durchzuführen.

Natürlich ist eine Ausweitung, wie Viviani sie vornahm, für die Wissenschaftsgeschichte nicht annehmbar. Aber sie war im 17. Jahrhundert sehr verbreitet, ja sogar ein , Muß' für diese Gattung. Das Experiment auf dem Schiefen Turm in Pisa ist nur eine der typischen Anekdoten in einer der typischen Biographien jener Zeit. Viviani schrieb bei dieser Gelegenheit nicht nur als Wissenschaftler oder Historiker der Naturwissenschaften, sondern auch als Literat, der sich an ein literarisch interessiertes Publikum wandte. So sollte man es ihm durchaus positiv anrechnen, daß es ihm gelang, noch so viel Wahrheit in einem literarischen Text unterzubringen, daß er als Naturwissenschaftshistoriker eben doch hinreichend zuverlässig erschien.

Deshalb sollte das Turmexperiment ei-

gentlich auch nicht von Wissenschaftshistorikern, sondern in erster Linie von Literaturwissenschaftlern beurteilt werden. Dennoch bleibt eine interessante Frage offen, weniger für die Wissenschaftsgeschichte als vielmehr für die Geschichtsschreibung der Wissenschaften: Warum nur fand diese scheinbar so unbedeutende Beschreibung eine so große Beachtung bei den Wissenschaftshistorikern?

ANMERKUNGEN

Antonio Favaro (Hg.): Racconto istorico della vita del Sig. Galileo Galilei. In: Le Opere di Galileo Galilei. Edizione Nazionale 19. Florenz 1968, S. 597-632, bes. S. 606. Dt. Übers. In: Acta philosophorum 3, Halle 1723-26, Stück 13-18

² Moderne Übersetzung von Emil Wohlwill: Galilei-Studien, Die Pisaner Fallversuche. In: Mitterlungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 4, 1905, S. 230

Ein langes Verzeichnis dieser Literatur ist zitiert bei: Lane Cooper: Aristotle, Galileo, and the Tower of Pisa. New York 1935

Emil Wohlwill: Über einen Grundfehler aller neueren Galileibiographien. In: Münchener Mediztnische Wochenschrift 50, 1903, S. 1849-50

Antonio Favaro: Sulla veridicità del ,Racconto istorico della vita di Galileo dettato da Vincenzio Viviani. Archivio Storico Italiano 73/1, 1915

Stillman Drake: Galileo at Work. His Scientific Biography. Chicago und London 1978, S. 415

⁷ Vivianis Entwürfe sind im Band 11 der Sammlung der galileischen Handschriften, die in der Nationalbibliothek in Florenz aufbewahrt wird, ent-

⁸ Paolo Galluzzi und Maurizio Torrini (Hg.): Le Opere dei discepoli di Galileo Galilei. Cartegg10 1642-1648. Florenz 1975, S. 18

9 Galileo Galilei: Opere 19, 1968, S. 606 Fußnote 10 Ernst Kris und Otto Kurz: Die Legende vom Künstler: Ein geschichtlicher Versuch. Wien 1934

11 Alle Beweise bei Cooper

12 Giorgio Abetti und Pietro Pagnini (Hg.): Le Opere dei discepoli di Galilei. Edizione Nazionale, Vol. I. L'Accademia del Cimento. Parte prima. Florenz 1942, S. 341

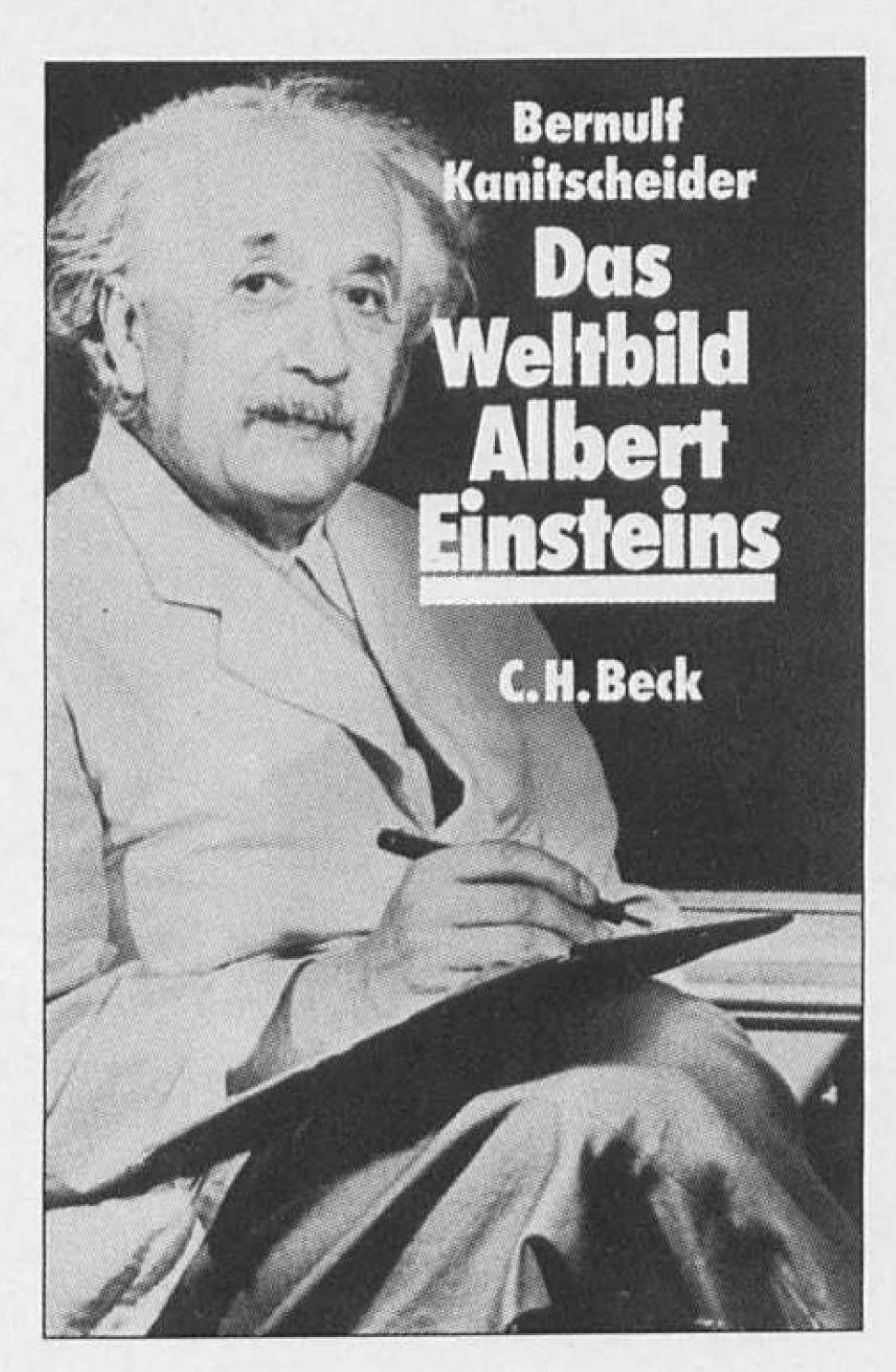
Dieser Artikel wurde von Frau Dagmar Wichmann aus dem Englischen übersetzt.

DER AUTOR

Dr. Michael Segre, geb. 1950, studierte Physik, Philosophie und Geschichte der Naturwissenschaften in Jerusalem und Pisa. Seit 1987 ist er Wissenschaftlicher Assistent am Institut für Geschichte der Naturwissenschaften der Universität München. Eines seiner hauptsächlichen Arbeitsgebiete ist die Galilei-Forschung.

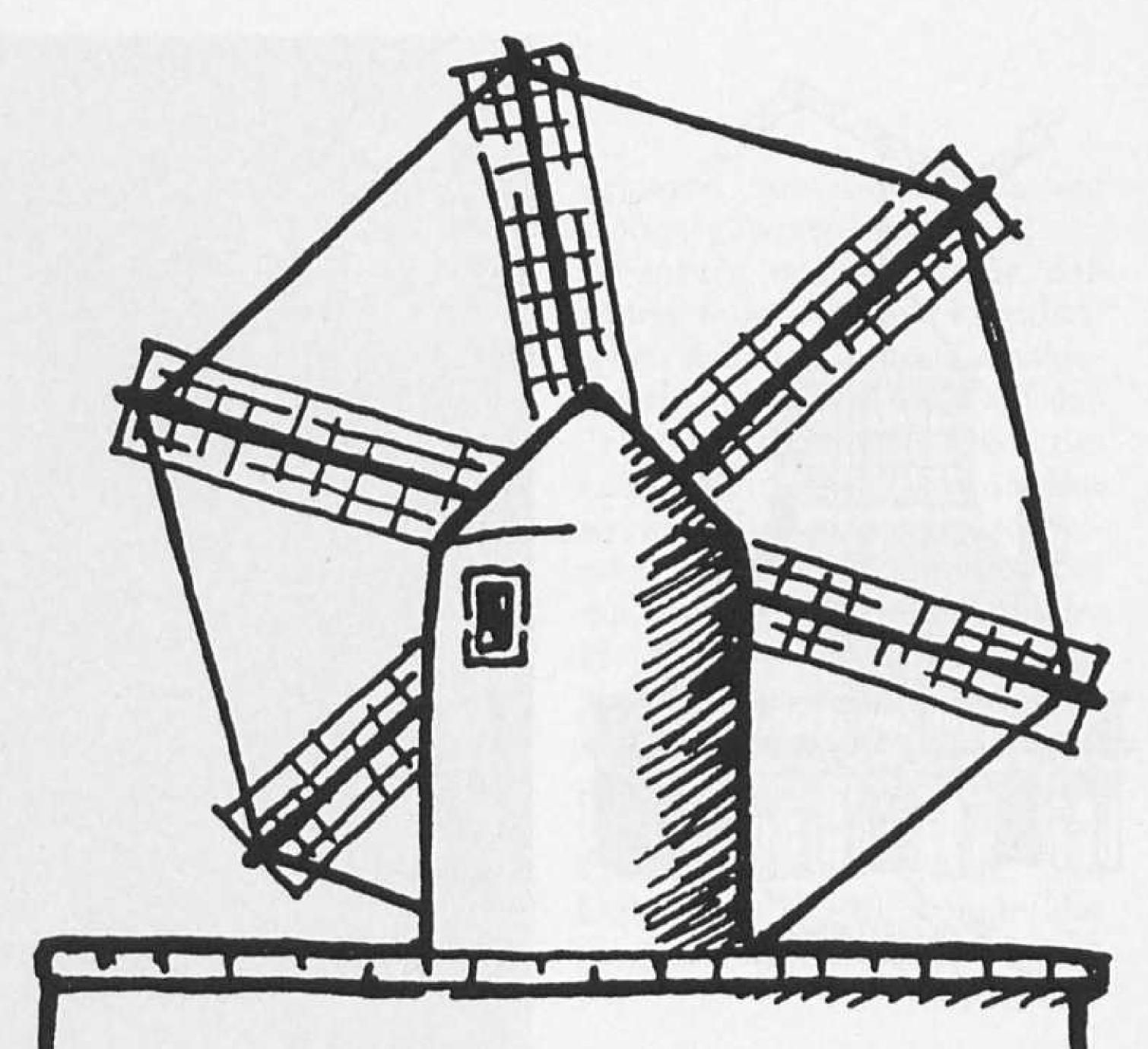
SHEET SHEET STEELS

Albert Einstein Gestalter unseres Weltbildes



Bernulf Kanitscheider **Das Weltbild Albert Einsteins** Seine Physik und seine Philosophie 208 Seiten. Gebunden DM 38,-

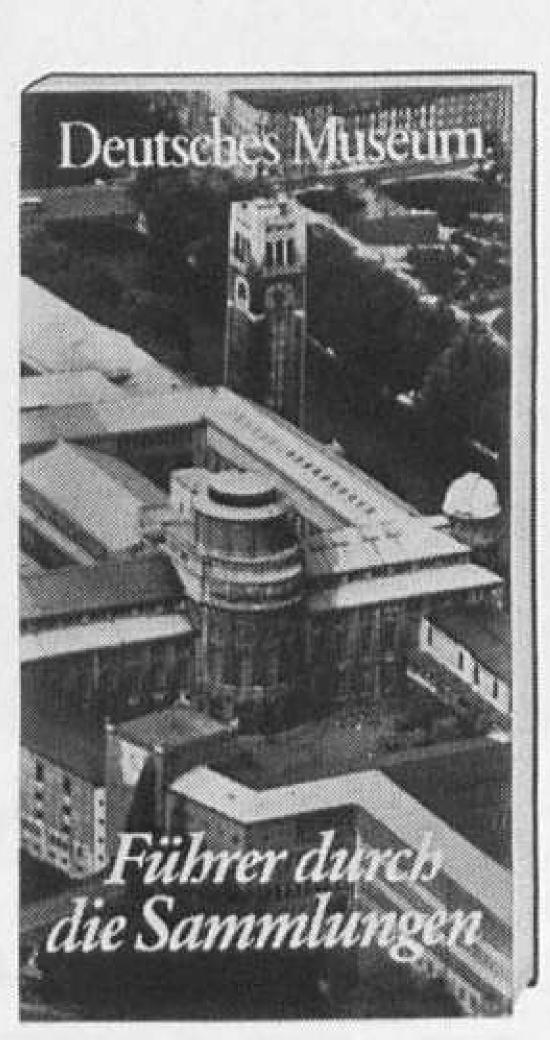
Die Weltsicht Albert Einsteins gehört zu den großen geistigen Abenteuern unseres Jahrhunderts. Einsteins Relativitätstheorien revolutionierten die Physik, und seine kritischen Anfragen an die Quantenphysik bleiben Herausforderungen für unser philosophisches und physikalisches Weltbild. Dieses Buch zeichnet den Werdegang von Albert Einsteins Denken nach, stellt die Hauptzüge der Erkenntnisse im Zusammenhang dar und diskutiert die Konsequenzen für unser Weltbild.



Insel Gozo/Malta

Restaurierte Windmühle in Meernähe mit 110 m² Wfl. (4 ZKBad, Eßplatz), 120 m² Dachterrasse, Garten, mod. stilger. Ausstattung, von Privat NS ab 650.-/HS 950.-/Wo incl. Nk, Prospekt auf Anfrage:

Karl Kożmiensky Tel. 040-7261407 Mitglied des Deutschen Museums München u. der Georg-Agricola-Gesellschaft, Düsseldorf



Deutsches Museum Führer durch die Sammlungen

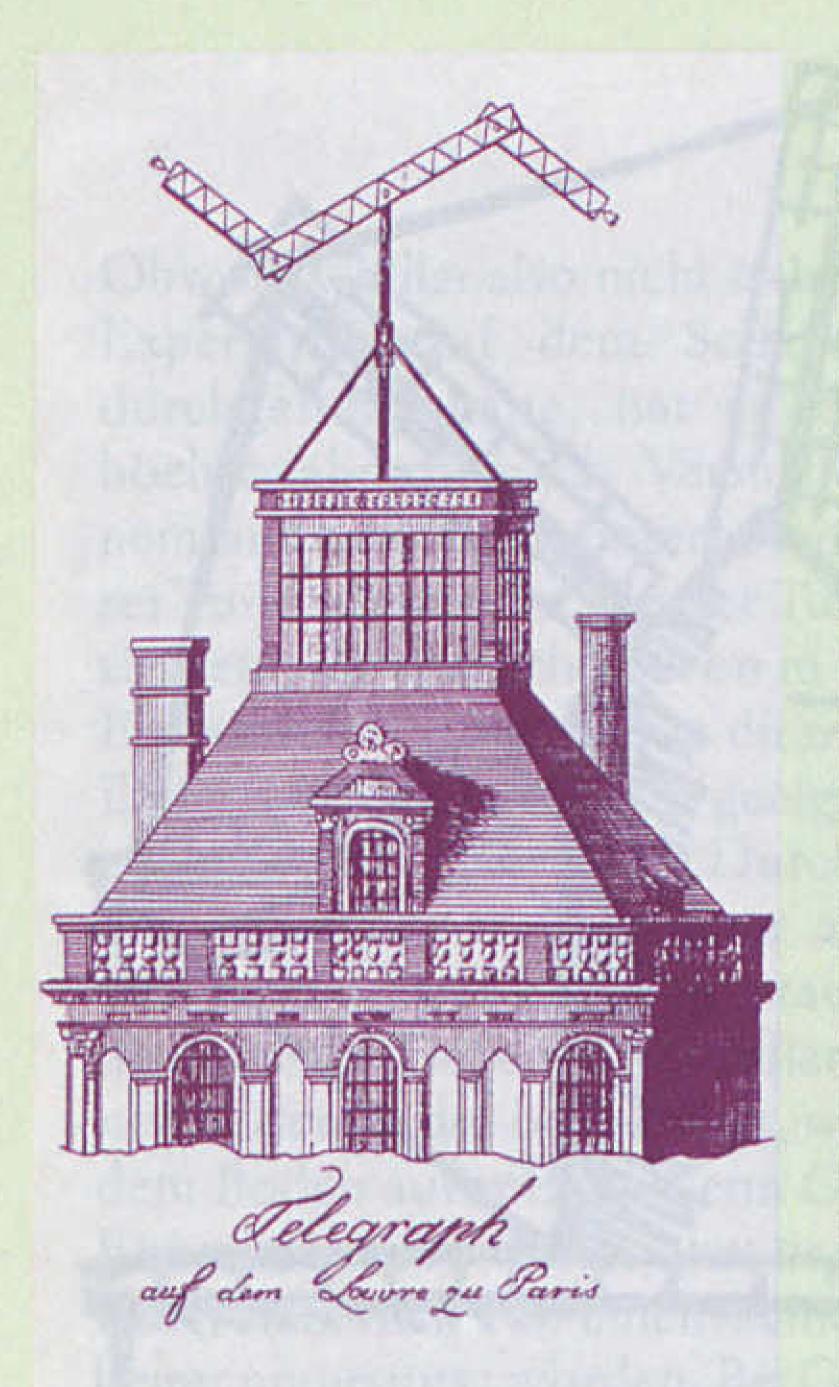
Herausgegeben vom
Deutschen Museum,
München. 2., überarbeitete
und erweiterte Auflage. 1987.
310 S. mit 238 Abb., davon
133 farbig, sowie 56 Plänen.
Broschiert DM 10,—
(unverb. Preisempf.)
Erhältlich im Deutschen
Museum sowie in jeder
Buchhandlung.



Der offizielle Führer – die kurzgefaßte Technikgeschichte

Verlag C.H. Beck

Jährlich zieht das »Deutsche Museum« über 1,5 Millionen Besucher an. Ihnen will der vorliegende Führer praktische Übersichten, Lagepläne und nützliche Kurzinformationen geben. Einführende Texte und informative Bilder zu den 40 Ausstellungsbereichen machen den Band zugleich zu einem kleinen Handbuch der Technik- und Wissenschaftsgeschichte.



Der optische Telegraph von Claude Chappe auf dem Dach des Louvre, nach einem Stich von 1794



Morses Gemälde

THE GALLERY

Volker Aschoff

A ls der amerikanische Por-Aträt- und Historienmaler Samuel F.B. Morse nach einem mehrjährigen Europa-Aufenthalt im Oktober 1832 von Frankreich nach Amerika zurückkehrte, erfuhr er an Bord der ,Sully' von einem Mitreisenden Einzelheiten über die Wirkungsweise von Elektromagneten. Das führte bei Morse spontan zu der Idee, mit Hilfe von Elektromagneten "in der Ferne zu schreiben", ein Einfall, der dann später zu dem

Weltweit erfolgreichen , Morse-Telegraph' führen sollte.

scher Kunstmaler im Herbst wollte. 1832 mitten im Ozean plötzlich Dieses Bild ist für unsere Frage- the electric spark by way of a te-

ser Zeit gehörte das Gemälde ,THE GALLERY OF THE LOUVRE', ne Lederstrumpf-Geschichten Interessiert man sich dafür, wie durch das Morse seinen amerika-"Erfindungen" zustande kom- nischen Landsleuten einen Einmen, dann stellt sich hier die Fra- druck von den im Louvre gesam- ,The Sea Lions' erwähnt, daß ge, warum sich ein amerikani- melten Kunstschätzen vermitteln Morse ihm im Winter 1831/32

für die Telegraphie interessierte. stellung in mehrfacher Hinsicht legraph" vorgetragen habe. Auch Eine mögliche Antwort könnten interessant: es zeigt Morses Fä- wenn Morse sich später nicht Morses Erlebnisse während sei- higkeit, auch in großformatigen mehr an Einzelheiten erinnern nes Pariser Aufenthaltes 1831/32 Gemälden alle Details sorgfältig konnte, hat er nicht ausund korrekt auszuarbeiten, es geschlossen, daß damals das

während seines Pariser Aufent- genstand von Gesprächen mit kopieren.

Nun befand sich damals auf dem und bei ausreichenden Sichtbedingungen benutzt werden Dokument hierfür könnte das konnte, brachte er doch im Mit- vorgestellte Gemälde sein. tel einen solchen Zeitgewinn bei der Übermittlung wichtiger Meldungen und Befehle, daß das zentral verwaltete Frankreich in den folgenden Jahrzehnten ein strahlenförmig von Paris ausgehendes Telegraphennetz eingerichtet hatte, das zur Zeit von Morses Aufenthalt in Paris die Hauptstadt mit allen wichtigen Provinz- und Hafenstädten des Landes verband. Ein solch umfassendes technisches Telekommunikationssystem gab es damals nur in Frankreich, und das Arbeiten der Zentralstation auf dem Louvre dürfte damals vor allem das Interesse solcher Beobachter geweckt haben, in deren Heimat es noch keine vergleichbaren Einrichtungen gab. Offenbar war dies auch bei Mor-

se der Fall. Einen indirekten Hinweis liefert ein Detail des Gemäldes: es zeigt ja mehrere Besucher der Gemäldegalerie, und der Überlieferung nach porträtierte Morse in einem dieser Besucher seinen Freund Fenimore Cooper, der sich 1831/32 ebenfalls in Paris aufhielt. Cooper, der in Deutschland vor allem durch seibekannt wurde, hat nun in seinem 1849 erschienenen Roman "his ideas on the subject of using Zu der künstlerischen Ernte die- beweist aber auch, daß Morse Thema ,Telegraph' schon Ge-

haltes häufig in der Gemäldega- Cooper gewesen sein könnte. lerie des Louvre gearbeitet haben So spricht manches dafür, daß muß, um die Vorlagen für die vie- Morse während seiner künstlerilen Details zu studieren und zu schen Arbeiten in der Gemäldegalerie des Louvre auch auf den Telegraphen auf dem Dach des Dach des Louvre auch die Zen- Louvre aufmerksam wurde. Das tralstation des französischen op- weckte Morses latentes technitischen Telegraphen, den Claude sches Interesse und könnte erklä-Chappe im Jahre 1794 über ren, wieso es dann im Verlauf der 21 Zwischenstationen von Paris Heimreise an Bord der ,Sully' nach Lille eingerichtet hatte. Ob- plötzlich zur Konzeption eines wohl dieser Telegraph (ein termi- elektromagnetischen Telegranus technicus, der damals neu phen kam, als Morse Näheres eingeführt wurde) nur bei Tage über die Wirkungsweise von Elektromagneten erfuhr. Ein

Hinweise zum Weiterlesen

Anonymus. Beschreibung und Abbildung des Telegraphen oder der neuerfundenen Fernschreibemaschine in Paris. Von einem Augenzeugen. Leipzig 1794

Chappe, l'Ainé: Histoire de la Télégraphie. Paris 1824

Cooper, J.F.: The Sea Lions or the lost Sealers. New York 1849

Morse, E. L.: Samuel F. B. Morse. His Letters and Journals. Boston und New York 1914

Hindle, B.: Emulation and Invention. New York 1981

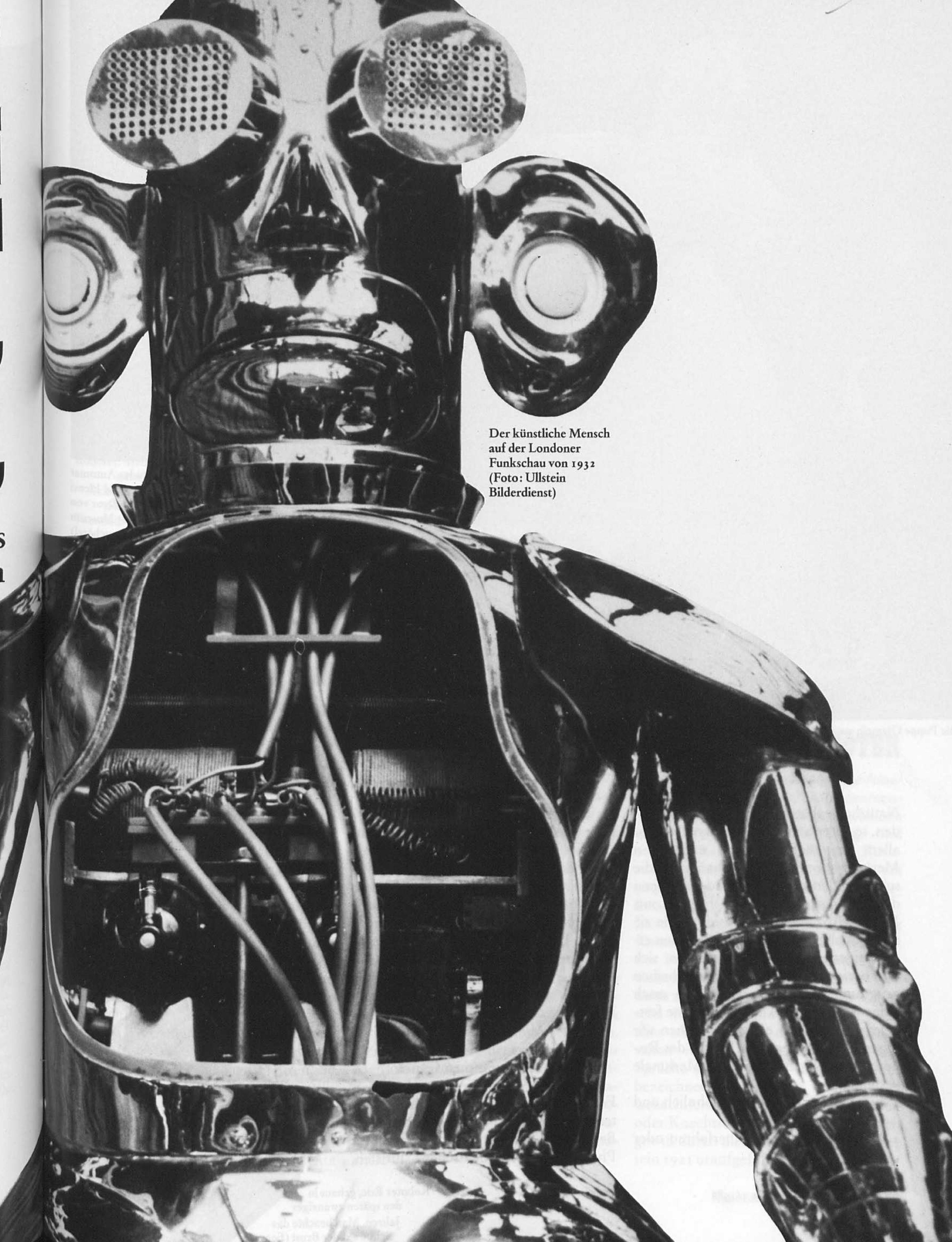
Aschoff, V.: Telegraphie vor 150 Jahren. Kultur und Technik 4/1987, S. 260-264

Aschoff, V.: Geschichte der Nachrichtentechnik, Band 2: Nachrichtentechnische Entwicklungen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Berlin, Heidelberg, New York 1987

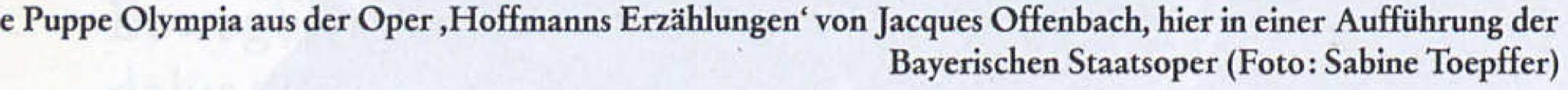
BANKE Bulow BANKE BANKE BANKE BANKE BANKE BULLET BANKE BU

Mit den phantastischen Vettern des Computers und ihrer Geschichte in Literatur und Technik befaßt sich der Essay von Ralf Bülow.

er Mythos vom künstlichen Menschen reicht weit zurück und hat die vielfältigsten Ausprägungen erfahren. Bewegliche Statuen wurden bereits Daedalus zugeschrieben, und Plato berichtet, daß man sie am Weglaufen hindern mußte. Im Prag des 16. Jahrhunderts erschuf Rabbi Löw der Sage nach einen Golem mit Hilfe der Kabbala, die Alchimisten der frühen Neuzeit suchten ihre ,homunculi' biotechnologisch zu produzieren, und Victor Frankenstein, glaubt man Mary Shelleys berühmtem Roman, erbaute sein Monster im schönen Ingolstadt schaurig-medizinisch aus Leichenteilen. Weitere Geschichten sammelte Otto Mayr in seinem lesenswerten Aufsatz über "Automatenlegenden in der Spätrenaissance', der 1974 in der Zeitschrift Technikgeschichte erschien.







Was ist ein Roboter?

Natürlich gab es früher nicht nur Legenden, sondern auch echte Automaten. Vor allem im 18. Jahrhundert entstanden Meisterwerke der Feinmechanik wie die schreibenden und zeichnenden Puppen der Uhrmacher Pierre und Henri Louis Jaquet-Droz. Diese Androiden, wie sie manchmal genannt werden, besaßen einen eigenen Antrieb und ließen sich durch ein System von Nockenscheiben men - will nämlich nicht nur das programmieren, doch sie waren noch Denken, sondern gleich den ganzen keine Roboter. Obwohl dafür keine fest- Menschen nachbilden. gelegte Definition existiert, können wir sagen, daß sich mit dem Begriff des Roboters im allgemeinen vier Merkmale verbinden:

- 1. Ein Roboter ist menschenähnlich und Ein Wesen, das an unsere kleine Robolebensgroß.
- 2. Er ist mobil, kann umherfahren oder sogar gehen.

- 3. Er besteht aus Metall, Kunststoff oder einem anderen anorganischen Material.
- 4. Er besitzt eine gewisse maschinelle Intelligenz einschließlich der Fähigkeit zur Sinneswahrnehmung.

Wenn hinter dem Computer der Wunsch steht, uns von lästiger geistiger Arbeit zu befreien, so ist der Roboter Teil einer anderen Tradition. Ein Roboterkonstrukteur - besonders der in Büchern und Fil-

Von Hoffmann zu Capek

terdefinition heranreicht, entsprang zu Beginn des vorigen Jahrhunderts der Phantasie eines deutschen Juristen,

Roboter Eric, gebaut in

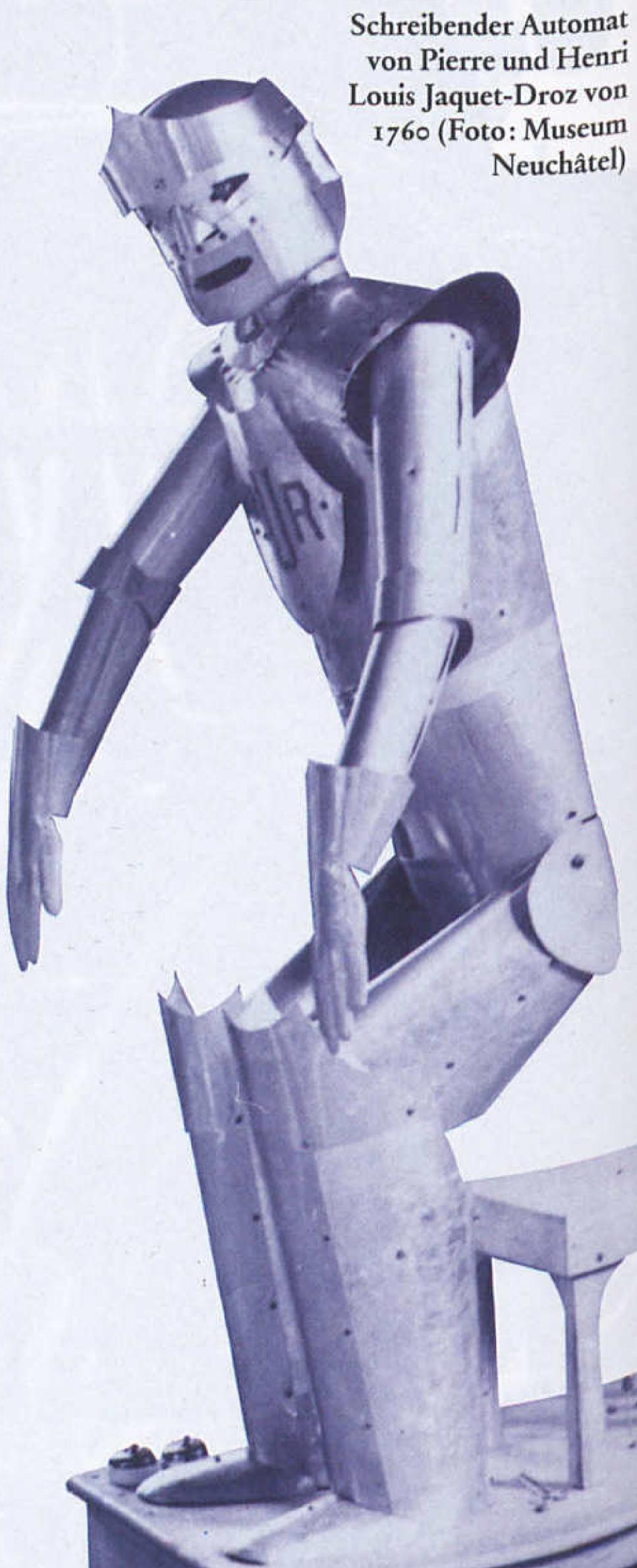
den späten zwanziger

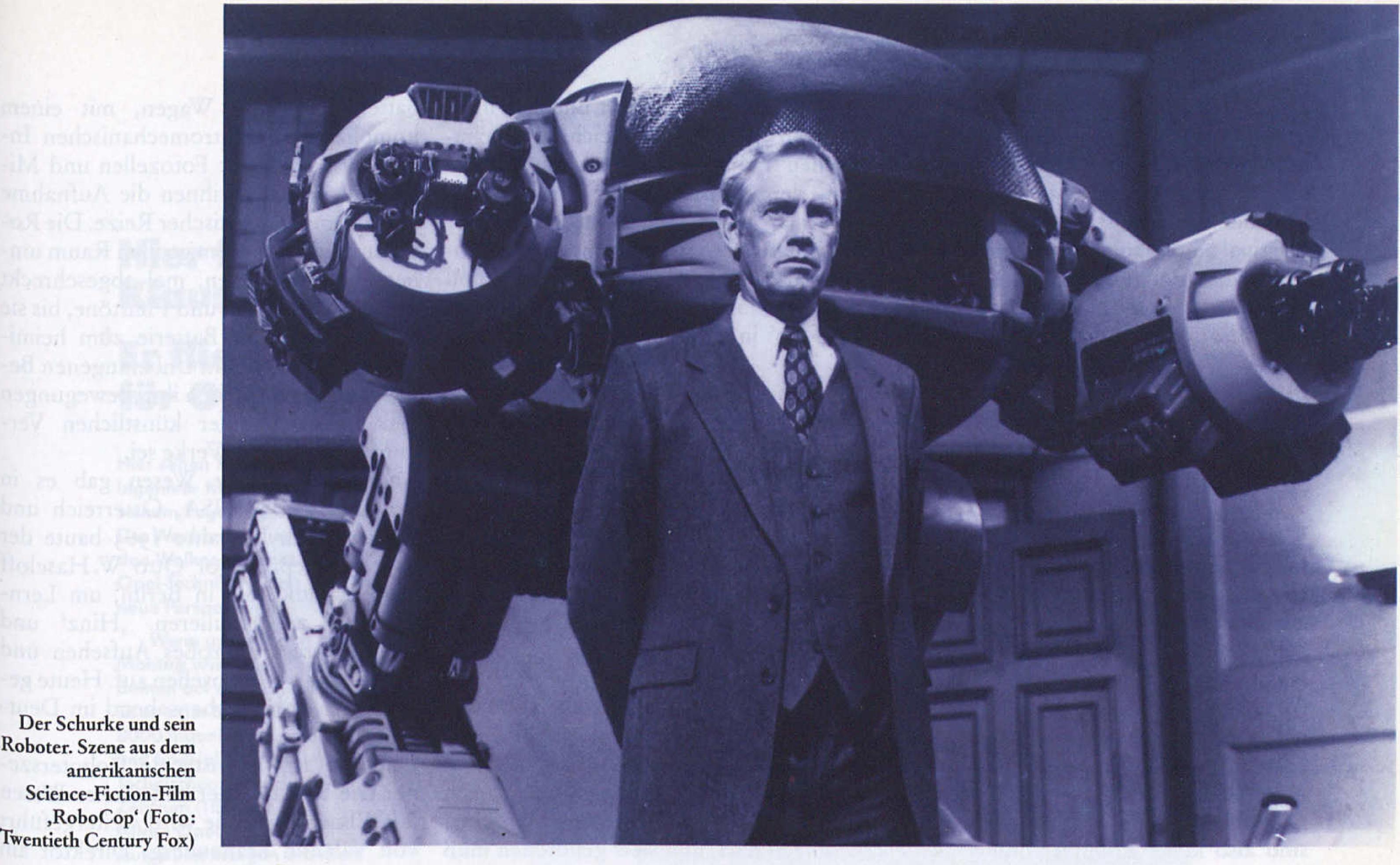
Jahren. Man beachte das

Schild auf der Brust (Foto:

Ullstein Bilderdienst)







Der Schurke und sein Roboter. Szene aus dem amerikanischen Science-Fiction-Film ,RoboCop' (Foto: Twentieth Century Fox)





Zwei Berliner Kinder ganz besonderer Art: die elektrischen Schildkröten Hinz und Kunz aus dem Jahre 1963 (Foto: Deutsches Museum)

Komponisten und Schriftstellers. In seiner Erzählung, Der Sandmann' schildert E.T.A. Hoffmann die Zuneigung des Studenten Nathanael zu Olimpia, der angeblichen Tochter des Professors Spalanzani. (Dies ist eine Verbeugung des Dichters vor Lazzaro Spallanzani, dem großen italienischen Naturforscher des 18. Jahrhunderts.) Olimpia ist natürlich ein tanzender und singender Automat. Zwar erschöpft sich ihre Intelligenz in gelegentlichen Seufzern, und ihr Augen-Paar wurde, wie der Leser mit Entsetzen teststellt, einem Menschen entrissen, doch ist sie vermutlich der erste Roboter der Weltliteratur. Und sie inspirierte andere Autoren zu ähnlichen Figuren. So erschien 1886 von Philippe Auguste Villiers de L'Isle-Adam ein Roman mit dem Titel, L'Eve future'. Hier baut ein amerikanischer Ingenieur namens Edison (!) dem spleenigen Lord Ewald die perfekte

Frau, Hadaly. Was immer man moralisch von dem Einfall hält, technisch hat sich Villiers große Mühe gegeben und in seinem Buch seitenlang die Prinzipien und den Aufbau der Heldin dargelegt.

Die vielleicht beste Robotergeschichte aller Zeiten ist , Moxon's Master' von Ambroce Bierce. Der Autor, der 1914 in den Wirren des mexikanischen Bürgerkriegs verschwand, schuf sie kurz vor der Jahrhundertwende. Moxon, die Hauptfigur, ist Mechaniker und hat einen schachspielenden Automaten konstruiert. Als er ihn in einer Partie matt setzt, springt der Roboter auf und erwürgt ihn. Der Reiz der Story liegt weniger in der Mensch-Maschine-Konfrontation, sondern in den technikphilosophischen Fragen, die dort erörtert werden und ,Moxon's Master' zu einem frühen Dokument der 'Artificial Intelligence' machen.

ROBOTER

Bierce war übrigens nicht der erste Amerikaner, der sich mit Maschinenmenschen befaßte. Schon vorher erschienen sogenannte, dime novels', billige und schnell heruntergeschriebene Kurzromane, in denen unter anderem ein steam-man of the prairies' für Sauberkeit, Recht und Ordnung sorgte.

Doch nun zu Karel Capek, dem Prager Romancier, Journalisten und Dramatiker. Ihm wird oftmals die Erfindung des Roboters oder wenigstens die seines Namens zugeschrieben. Ein Blick ins ,Deutsche Fremdwörterbuch' überzeugt uns aber schnell davon, daß der Ausdruck schon im 14. Jahrhundert in unserer Sprache existierte und Zwangsarbeiter bezeichnete. Das Wort stammt vom tschechischen ,robota', was Fronarbeit oder Knechtschaft heißt. Capek ließ sich gewiß durch dieses Wort anregen, als er sein 1921 uraufgeführtes utopisches Dra-

ROBOTER

ma ,R.U.R.' nannte: drei Buchstaben, die für Rossum's Universal Robots stehen, was nichts weiter ist als ein - bereits im Original amerikanischer! – Firmenname. Rossum' erinnert dabei an das tschechische Wort für Vernunft (rozum), weshalb die erste deutsche Übersetzung den Titel ,Werstands Universal Robots' trug.

Fiktion, Wirklichkeit, Mythos

Was passiert nun in ,R.U.R.'? Besagte che Menschen, die am Schluß die richtigen umbringen, aber selbst dem Tode geweiht sind. Einzig ein sich in Liebe zugetanes Pärchen hat, wie weiland Adam und Eva, eine Zukunft. Die Capekschen Wesen werden dabei nicht mechanisch, sondern durch Biochemie erzeugt und zeigen dementsprechend organische Verhaltensweisen. Die ,Robots' sind also keine Roboter! Immerhin fiel das pseudoamerikanische Kunstwort nach der Premiere in England und den USA auf fruchtbaren Boden und wurde schon 1929 in der Encyclopedia Britannica' wie folgt kommentiert: "Es verbreitete sich seit 1923 und bezeichnet einerseits Maschinen mit fast menschlichen Fähigkeiten, andererseits Arbeiter, deren mechanische und stumpfsinnige Tätigkeit sie beinahe zu Maschinen werden läßt."

Der Leser kann dort auch einige Exemplare im Bild studieren, einen automatischen Schalter, einen Analogrechner, einen Schiffsstabilisator, und von einem kleinen Foto blickt Eric, "eine neuartige theatralische Adaption des Robots", wie die Encyclopedia' zu berichten weiß. Eric sitzt auf einem Podest, schaut blankgeputzt, hochtechnologisch und menschenähnlich drein und trägt auf der Brust sogar ein Schild mit den Lettern RUR'. Er war vielleicht der erste einer langen Reihe mechanischer Gesellen, die von nun an das Bild des Roboters prägten. Von Bastlerhand gefertigt, konnten sie in Varietés und Ausstellungen bestaunt werden. Beispielsweise zeigte die Londoner Funkschau von 1932 einen Roboter, der den Besuchern aus der Zeitung vorlas. Ein anderer namens ,Electro' belebte 1939 den Pavillon der Firma Westinghouse auf der New Yorker Weltausstellung. Wie in einem damals gedrehten Farbfilm zu sehen, konnte er

Fragen beantworten, hin und her marschieren und sich eines gleichfalls mechanischen Hundes erfreuen. Die Kunde von den Maschinenmenschen drang natürlich auch nach Deutschland. Der Brockhaus von 1933 definierte den Roboter als ferngesteuerte große Puppe und teilte im übrigen nur mit, daß er ,um 1928-30' in Amerika erfunden worden

Seit den dreißiger und vierziger Jahren erleben wir ein Phänomen, das sich in vergleichbarer Form schon ein Jahrhundert früher abspielte. So wie wir E.T.A. Hoffmanns Erzählung und Vil-Firma produziert und verkauft künstli- echten Automaten des Rokoko deuten können, so finden wir die Blechgesellen der Vorkriegszeit in der modernen Science-fiction wieder. Zu nennen ist hier vor allem Isaac Asimov, der 1940 seine erste Roboterstory veröffentlichte, der noch viele andere sowie diverse Romane folgten. Asimov ist ebenso bekannt durch seine drei, laws of robotics', nach denen ein Roboter keinen Menschen verletzen darf, ihm stets gehorchen muß und seine eigene Existenz zu bewahren

> Von der Literatur war es dann nur ein kleiner Sprung zu Film und Fernsehen und auf den Spielzeugmarkt. In der neugegründeten Bundesrepublik Deutschland wurde ,Roboter' schnell zu einem vertrauten Begriff, nicht zuletzt durch die Gewohnheit von Presse und Verlagen, automatische Maschinen und elektronische Rechengeräte mit diesem Label zu versehen. Buchtitel wie Die Roboter sind unter uns' (1952), Revolution der Roboter' (1956) oder Roboter vor der Schultür?' (1964) zeugen von Technikinteresse, aber auch von heimlicher Furcht.

Elektrische Schildkröten

Zu jener Zeit entstanden Apparate, die wir tatsächlich die ersten echten Roboter nennen dürfen, selbst wenn sie nicht menschenähnlich waren wie ihre Vorläufer in den dreißiger Jahren. Es handelt sich um eine kleine Truppe intelligenter und mobiler Wesen, die ,elektrische Schildkröten' genannt wurden; in der Fachpresse hießen sie gewöhnlich ,kybernetische Automaten'. Den Anfang machte kurz nach Kriegsende der englische Neurologe William Grey Walter mit drei Maschinen, die er Elmer, Elsie und Cora taufte. Technisch waren dies kleine

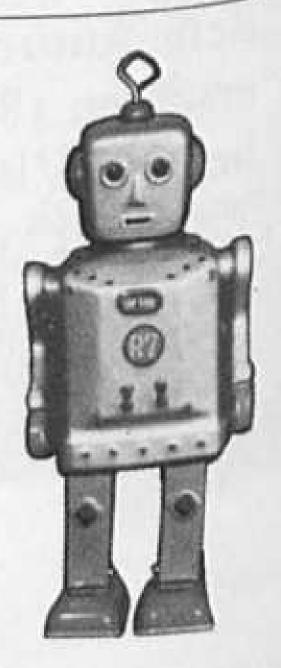
batteriegetriebene Wagen, mit einem komplizierten elektromechanischen Innenleben versehen: Fotozellen und Mikrofone erlaubten ihnen die Aufnahme optischer und akustischer Reize. Die Roboter fuhren in einem großen Raum umher, mal angezogen, mal abgeschreckt durch Lichtquellen und Pfeiftöne, bis sie bei nachlassender Batterie zum heimischen 'Stall' strebten. Unbefangenen Beobachtern vermittelten ihre Bewegungen den Eindruck einer künstlichen Vernunft, die hier am Werke sei.

Andere elektrische Wesen gab es in Frankreich, den USA, Österreich und liers' Roman als späte Reaktion auf die Deutschland. Im Jahre 1963 baute der Psychologieprofessor Otto W. Haseloft zwei Schildkröten in Berlin, um Lernprozesse zu simulieren. Hinz' und "Kunz" erregten großes Aufsehen und traten sogar im Fernsehen auf. Heute genießen sie ihren Lebensabend im Deutschen Museum.

> Und was tut sich sonst in der Roboterszene? Die Tradition der künstlichen Wesen à la Elmer und Elsie wird weitergeführt von Valentin Braitenberg, Direktor am Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik in Tübingen. In Science-fiction-Filmen und -Romanen sind Roboter immer noch aktiv, und Antiquitätenhändler verlangen mittlerweile mehrere hundert Mark für ältere Spielzeugautomaten. In den Fabriken machen sich die Industrieroboter breit, eine neue Spezies, die aus den Werkzeugmaschinen hervorging. Und die Künstliche Intelligenz', Teilgebiet der Informatik, besitzt ihrerseits ein Teilgebiet namens ,Robotik', und man darf gespannt sein, was sich daraus entwickeln wird. Der Mythos vom künstlichen Menschen hat sich gewandelt, ist aber im Grunde genauso lebendig wie zu den Zeiten, als Nathanael seine Olimpia in die Arme schloß.

DER AUTOR

Dr. Ralf Bülow, geb. 1953, studierte Mathematik, Informatik und Philosophie in Bonn und promovierte 1980 mit einer Arbeit über Logik. Seit 1987 arbeitet er im Forschungsinstitut des Deutschen Museums über die Frühzeit der Datenverarbeitung.



Hier fliegt Klaus Helbig.

Er fliegt für Opel...

Hier sehen Sie Diplom-Ingenieur Klaus Helbig in seinem Segelflugzeug. Der Wochenendflug über den Wolken eröffnet dem Opel-Techniker stets neue Perspektiven.

Wenn unser Mann am
Montag wieder mit beiden
Beinen auf der Erde steht,
ist er einer im Team von rund
8000 Ingenieuren, Technikern
und Spezialisten, die im
Technischen EntwicklungsZentrum (TEZ) der
Adam Opel AG an den
Autos von morgen arbeiten.

Wer die Dimension dieses Technologie-Zentrums kennt, ist versucht, das TEZ umzutaufen. In TU Rüsselsheim.

Eine Technische Universität, in der viele Fakultäten ausgezeichnet besetzt sind. Von A wie Aerodynamik bis Z wie Zukunftsforschung. Dort verfügten Opels Ingenieure schon lange vor allen anderen europäischen Automobilherstellern über einen eigenen Super-Cray-Computer - ein elektronisches Genie, das pro Sekunde 100 Millionen Multiplikationen mit 15-stelligen Zahlen schafft und sogar Crash-Abläufe vorausberechnen kann.

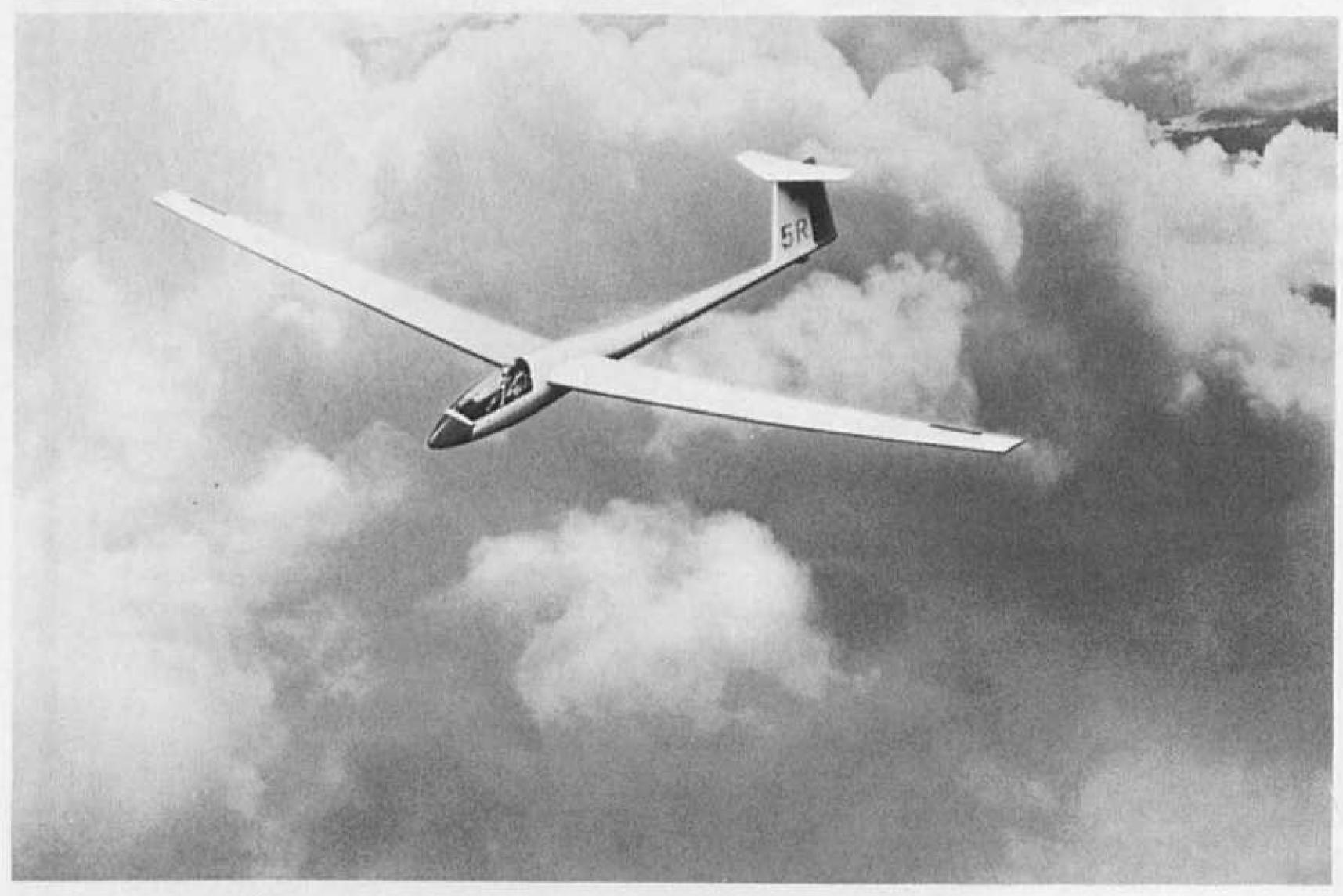
Allerdings: Automobile zu bauen, die den Titel "Auto des Jahres" gewinnen können wie Kadett und Omega, das erfordert auch heute vor allem Menschen mit Intelligenz und Erfahrung.

Werfen Sie doch mal'
einen Blick auf den
integrierten Außenspiegel
des neuen Omega – nur eines
von rund 10 000 Teilen in
einem modernen Automobil.
Und auf den ersten Blick
wenig kompliziert.
Jedoch:

Er hält bei Regen die Seitenscheibe sauber.

Er knickt bei Berührung ab und verringert so Verletzungsgefahren.





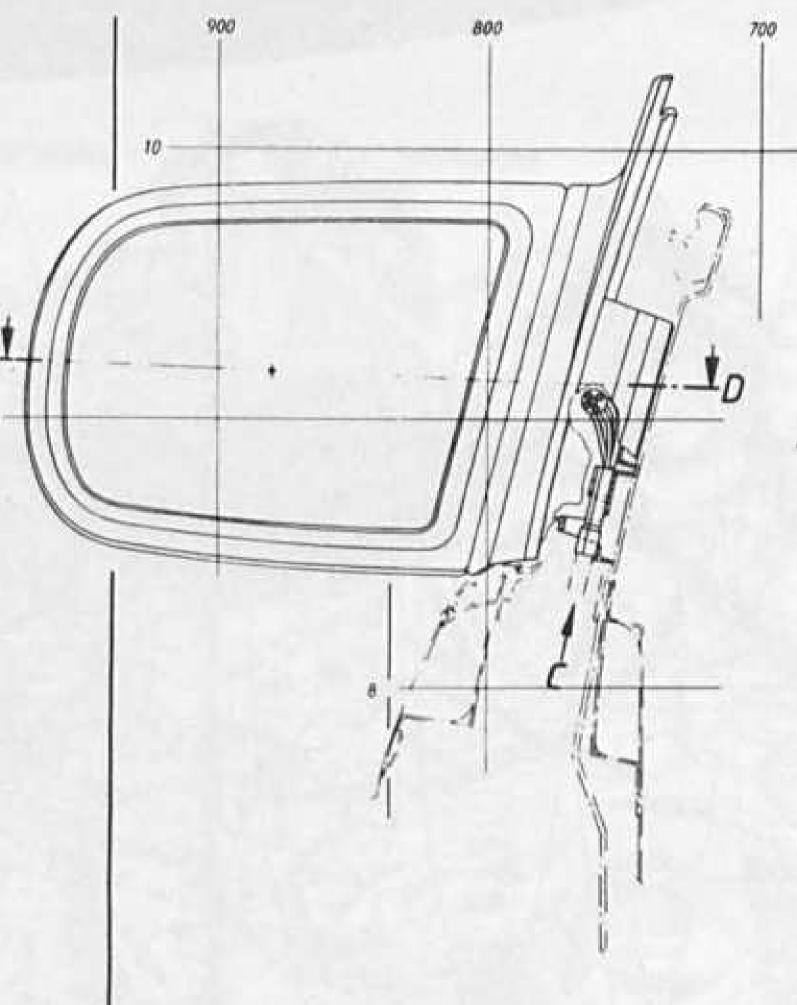
Seine aerodynamische Form trägt meßbar zur Benzinersparnis bei.

Spezielle Werkstoffe und exakt berechnete Gestaltung reduzieren Windgeräusche.

Die Heizung des elektrisch verstellbaren Spiegels vermeidet Beschlagen und fördert die Rück-Sicht.

Den Omega-Spiegel konstruierten Sicherheits-Techniker, Werkstoff-Fachleute, Formgestalter, Akustik-Spezialisten. Und Aerodynamik-Experten – wie Klaus Helbig.

Wir von Opel wünschen ihm allzeit guten Flug und helle Ideen.
Denn damit kann man bei uns immer landen.



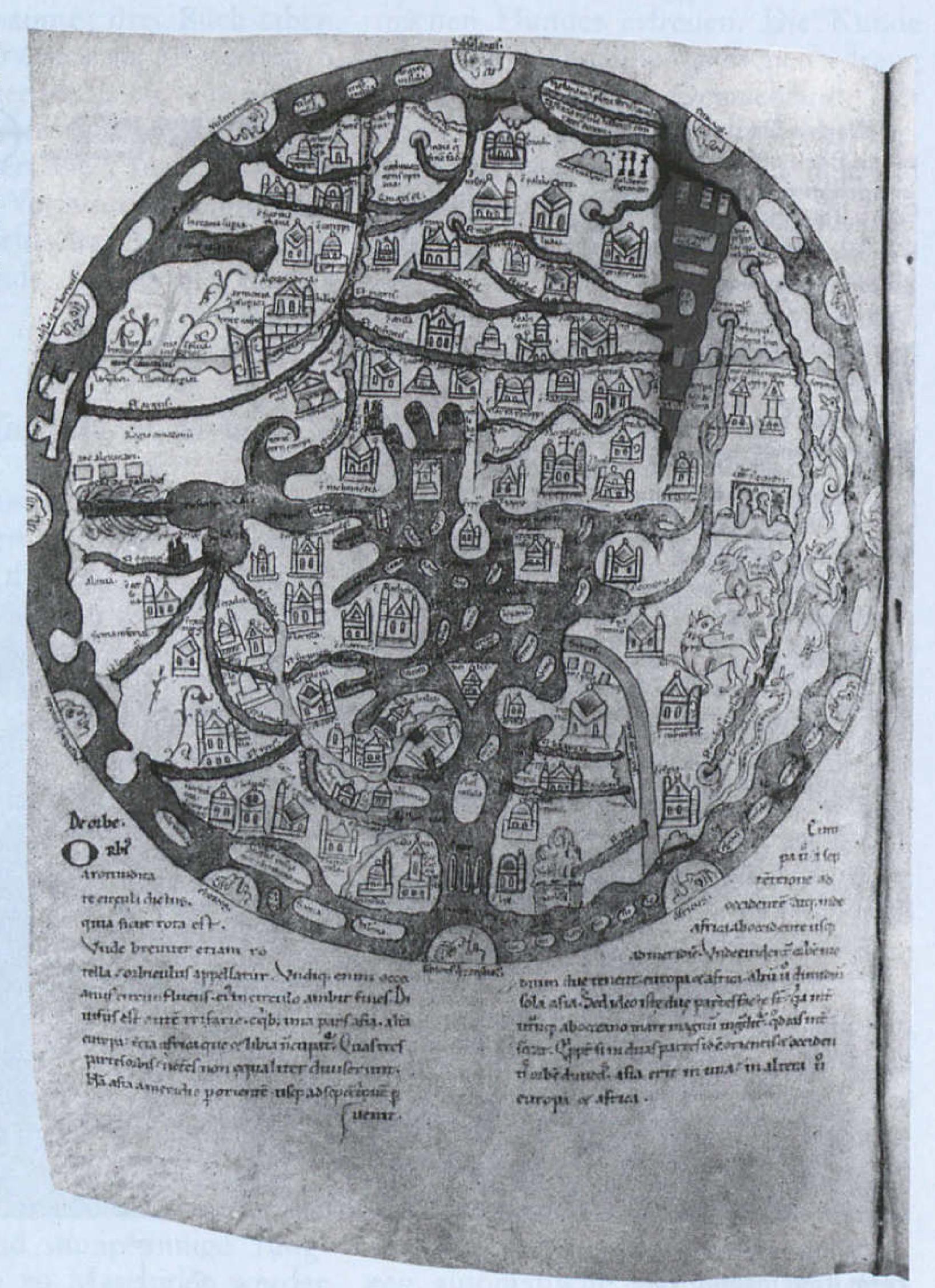


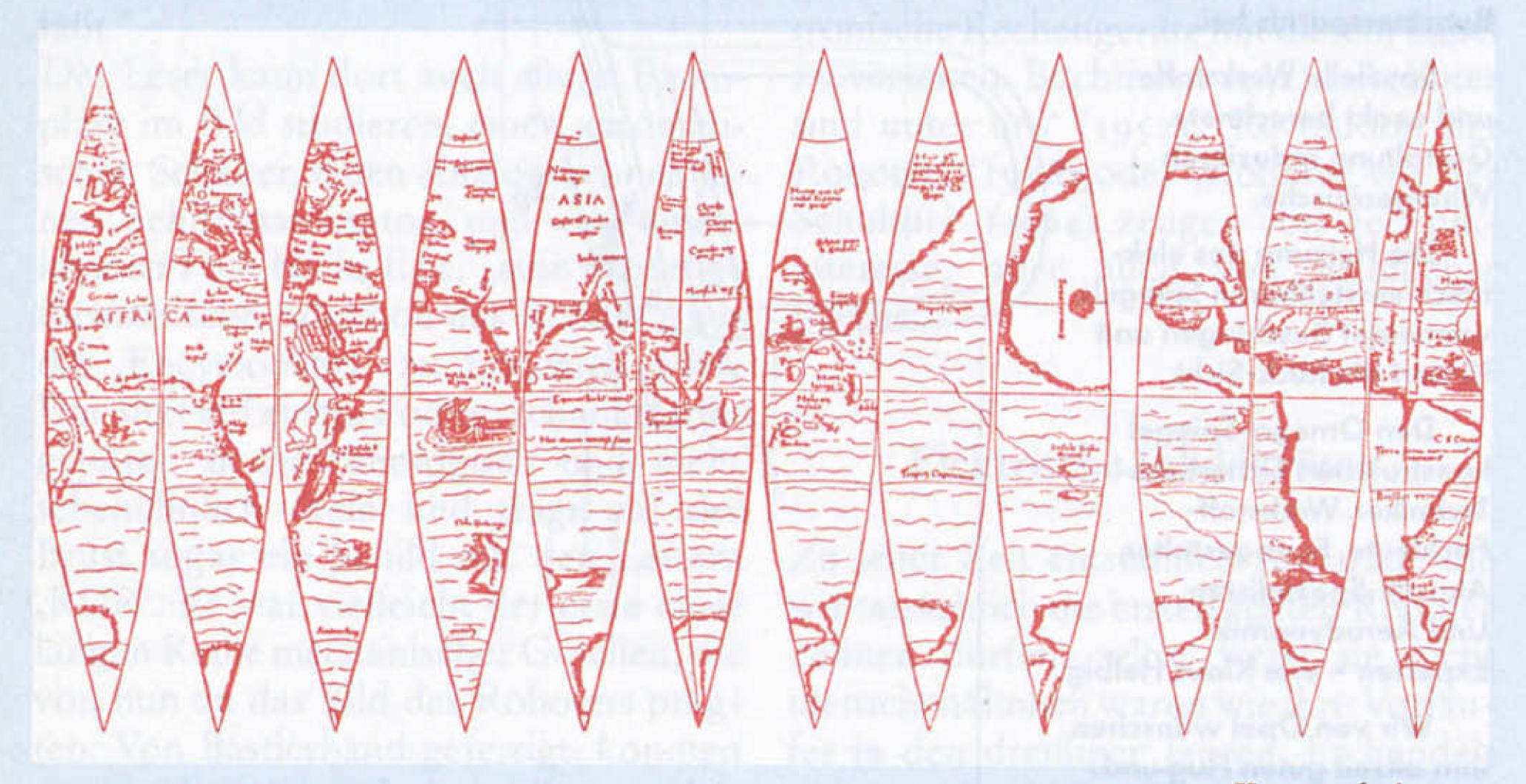
GEORG-AGRICOLA-GESELLSCHAFT

zur Förderung der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik e.V.



Anonyme Handzeichnung
einer 'Radkarte' aus dem
11. Jhd. Der dunkle Keil
rechts oben zeigt das Rote
Meer (Aus den 'Scripta
sancti Isidori Hispalensis
etymologica'. Bayerische
Staatsbibliothek,
München)





and the state of t

Kartenschnitt zum
Bekleben eines Globus.
Hier ein Entwurf des
Astronomen Johannes
Schöner von 1523
(Holzschnitt aus
Würzburg)

KARTENABBILD Bertram Maurer Bertram Maurer WELT

Zu Homers Zeiten und im frühen Mittelalter, als man die Erde für eine Scheibe hielt, wäre die Aufgabe der Erdkartenzeichner zumindest mathematisch sehr einfach gewesen. Man hätte lediglich maßstäblich verkleinern müssen. Allerdings waren die damaligen 'Radkarten' nur schematische Darstellungen der Erdgestalt, sie gründeten sich nicht auf Landvermessungen und waren erst recht nicht mathematisch konstruiert.

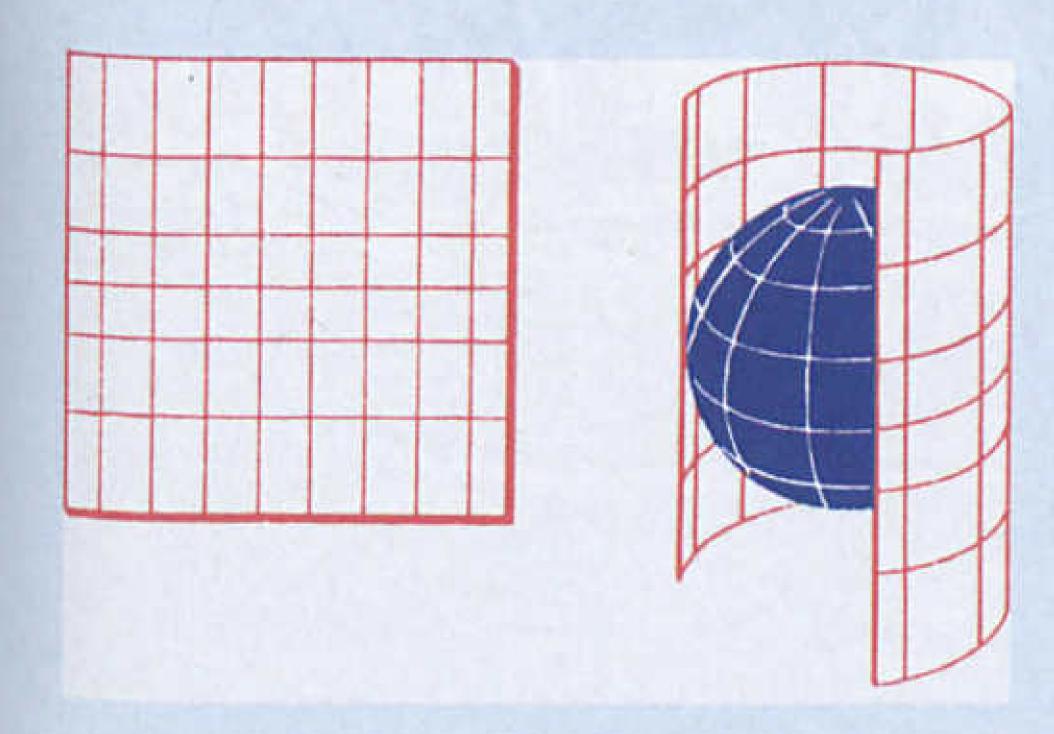
Als im klassischen Altertum, bzw. in der Spätantike, mehr geographische Kenntnisse gesammelt worden waren, stellte man sich die Erde schon längst als Kugel vor. Die Abbildung einer Kugeloberfläche auf ein Zeichenblatt hat aber ihre Tücken. Einen Zylinder oder auch einen Kegel kann man aufschneiden und den Mantel in eine Ebene abwickeln, bei einer Kugel hingegen ist das nicht möglich. Man kann die Kugeloberfläche höchstens wie bei einer Orange durch sternförmige Schnitte von oben und von unten abschälen und so in eine halbwegs ebene Fläche zerlegen. Solche Karten gibt es tatsächlich. Sie waren jedoch nicht als ebene Karten, sondern zum Bekleben eines Globus gedacht.

Will man dagegen die Erdoberfläche nicht wieder durch eine Kugeloberfläche, also einen Globus, darstellen, so muß man sich mit Projektionen behelfen. Die wichtigsten Kartenprojektionen lassen sich in drei Gruppen einteilen; je nach der Fläche, auf die man die Kugeloberfläche projiziert. Man unterscheidet Zylinderprojektionen, Kegelprojektionen und Azimutalprojektionen. Keine dieser Abbildungsarten liefert aber ein verzerrungsfreies Bild der Erdoberfläche. Denn man kann nicht gleichzeitig die wirklichen Winkel und die Längenund Flächenverhältnisse auf die Karte übertragen. Ohne Kompromisse geht es

also nicht.

Lettellement Frieden in the State of the Sta

Rudoster, ties ties ties interes and des Ces. I see he seed interes



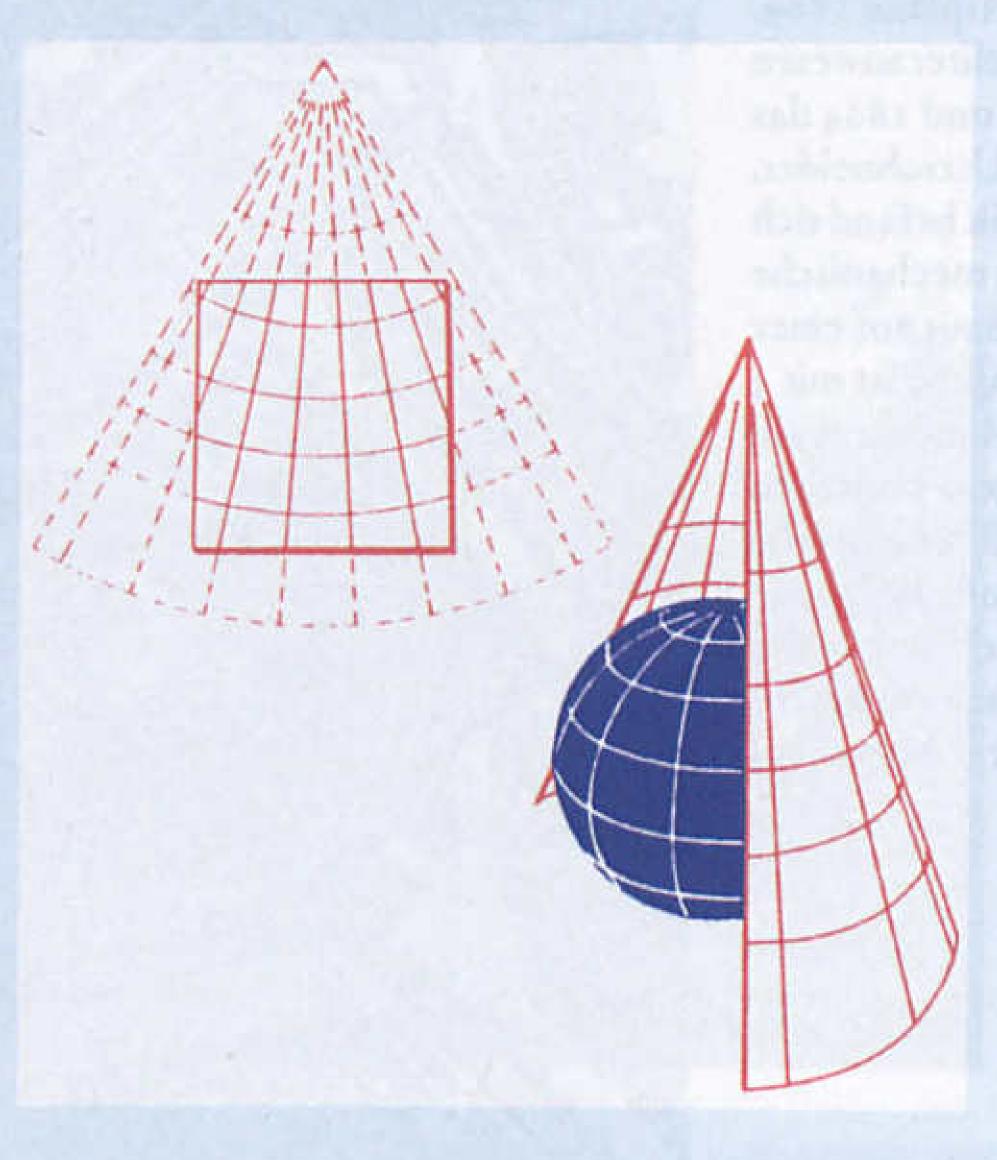
Der griechische Astronom Hipparchos von Nikäa (ca. 190 v.Chr.-ca. 120 v.Chr.) gab zum Beispiel eine winkeltreue "Azimutalabbildung" an. Die Karte zeigt also die wahren Winkel, dafür werden aber Längen und Flächen zum Teil erheblich verzerrt. Der griechische Astronom und Mathematiker Claudius Ptolemäus (ca. 100–170) hingegen gab in seiner achtbändigen "Geographia" gleich zwei unterschiedliche "Kegelprojektionen" an, mit denen er die damals bekannte Welt darstellte.

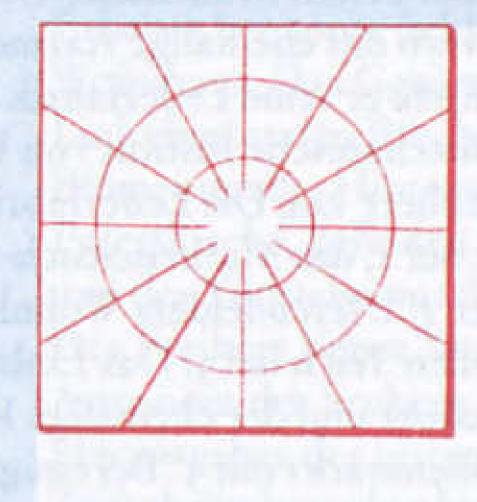
Erst mehr als 1000 Jahre später erreichte das Abendland wieder den ptolemäischen Stand von Geographie und Kartographie, nicht zuletzt durch die "Geographia"-Abschriften, die während der Renaissance nach Westeuropa gelangten. Im Zeitalter der Entdeckungen bildete

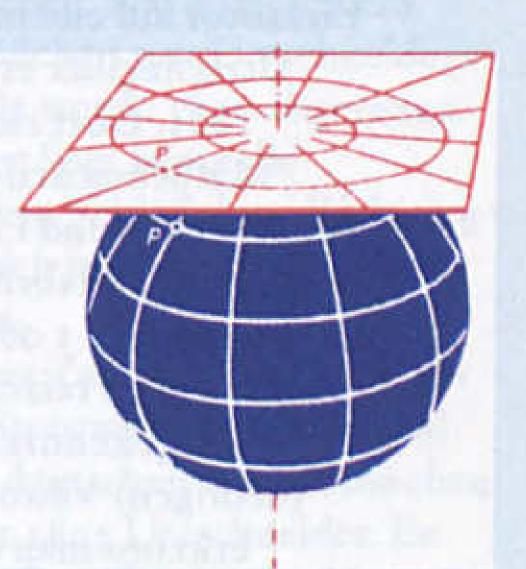
diese ptolemäische "Geographia" dann ein wichtiges Hilfsmittel für die neuen Entdeckungen. Seit ihrem Erstdruck von 1475 erschien sie in immer neuen Ausgaben mit beständig erweitertem und korrigiertem Kartenteil.

Für die Seefahrt waren die 'Zylinderprojektionen' wichtig, insbesondere die 'Mercatorprojektion'. Sie ist benannt nach dem niederländischen Geographen und Kartographen Gerhardus Mercator (1512–1594). Mercator hatte 1569 für die Navigation eine winkeltreue Weltkarte veröffentlicht. Seine Abbildung ist auch heute noch für Seekarten gebräuchlich.

Aus diesen Andeutungen läßt sich erahnen, daß sich die Kartographie in enger Wechselwirkung mit vielen Gebieten entwickelte. Instrumentenbau, Vermessungswesen, Astronomie und Mathematik haben ihre Entwicklung geprägt und sind zum Teil selbst von ihr beeinflußt worden. Dieses Wechselspiel zwischen kulturellen und technischen Entwicklungen ist auch Gegenstand des mehrbändigen Werkes 'Technik und Kultur', das derzeit von der Georg-Agricola-Gesellschaft erarbeitet wird.

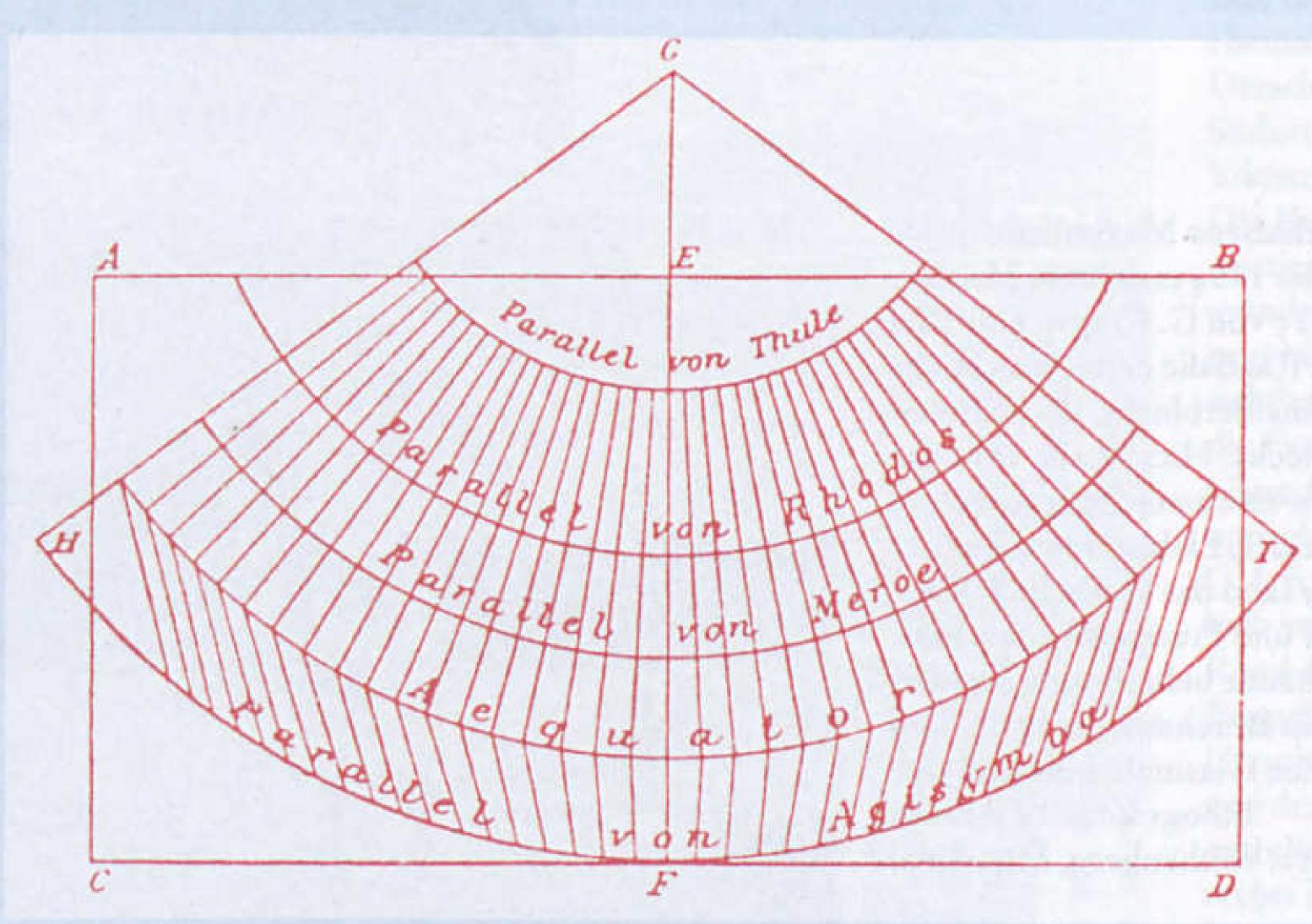




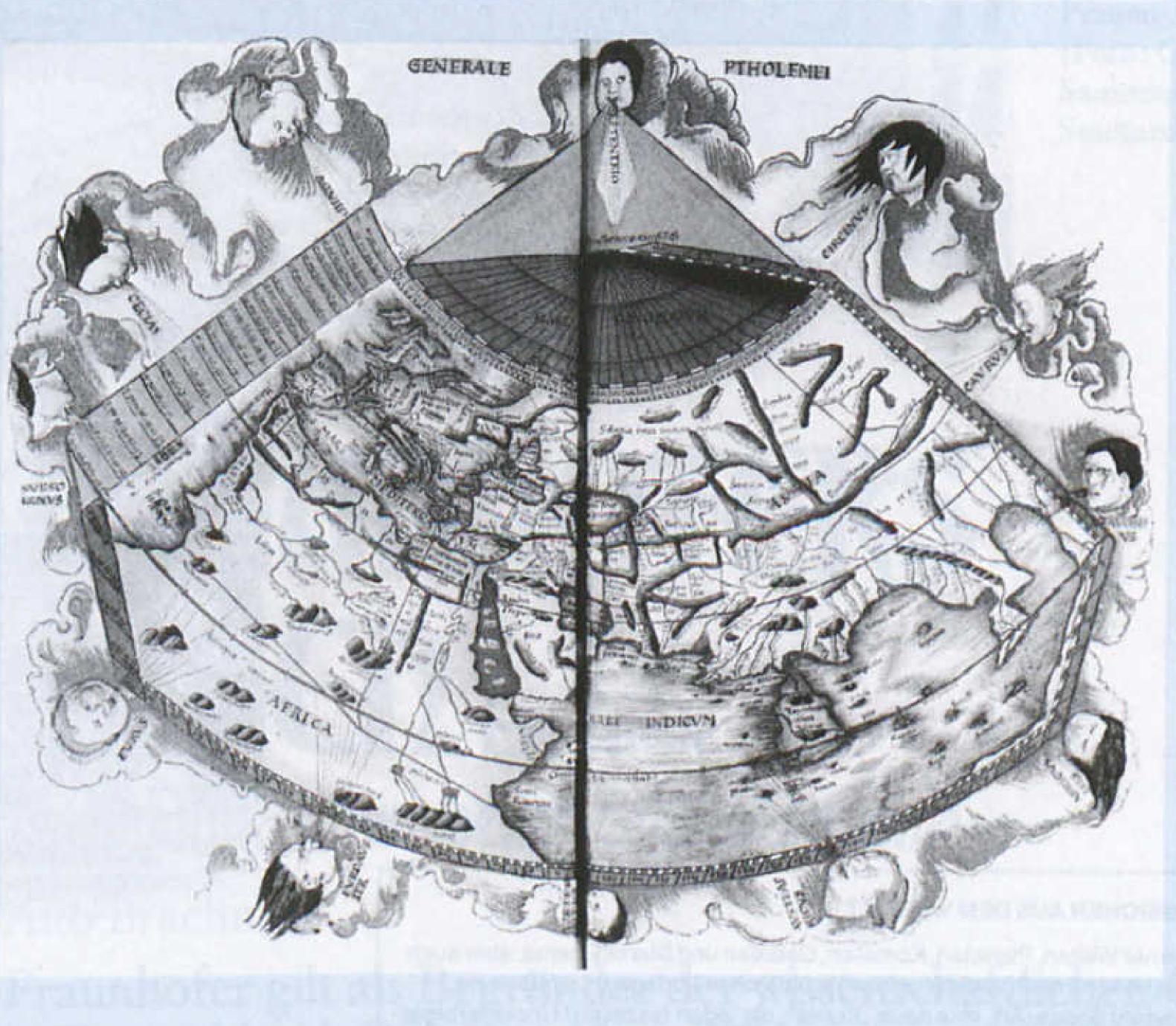


Die drei Projektionsarten:
Bei der
Zylinderprojektion wird
die Kugeloberfläche auf
einen Zylindermantel
projiziert, bei der
Kegelprojektion auf einen
Kegelmantel und bei der
Azimutalprojektion auf
eine Tangentialebene. Die

Abbildung zeigt, wie dabei die Längen- und Breitenkreise abgebildet werden.

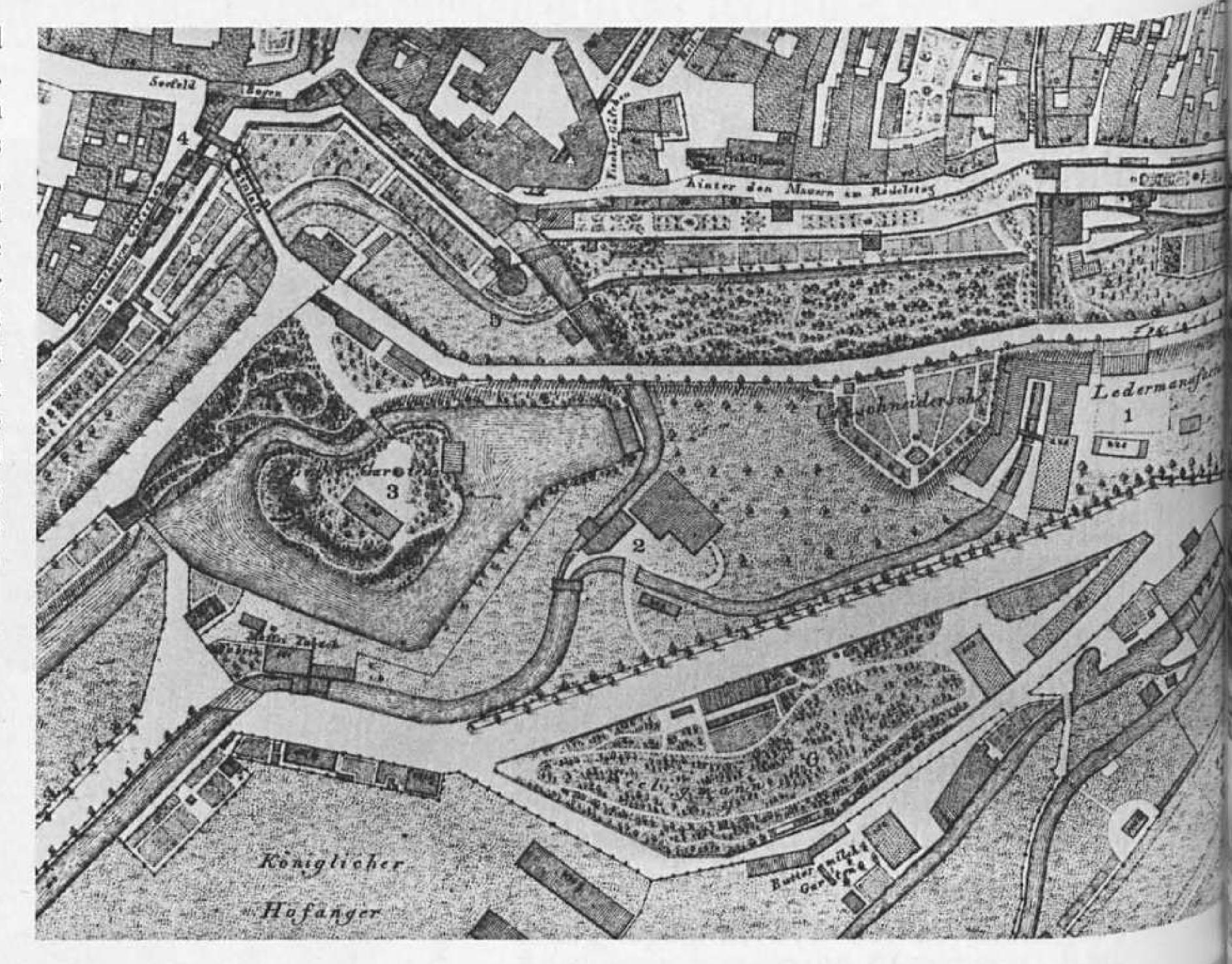


Projektionstafel einer der beiden Ptolemäischen Kegelprojektionen aus der "Cosmographey" des Sebastian Münster, Basel

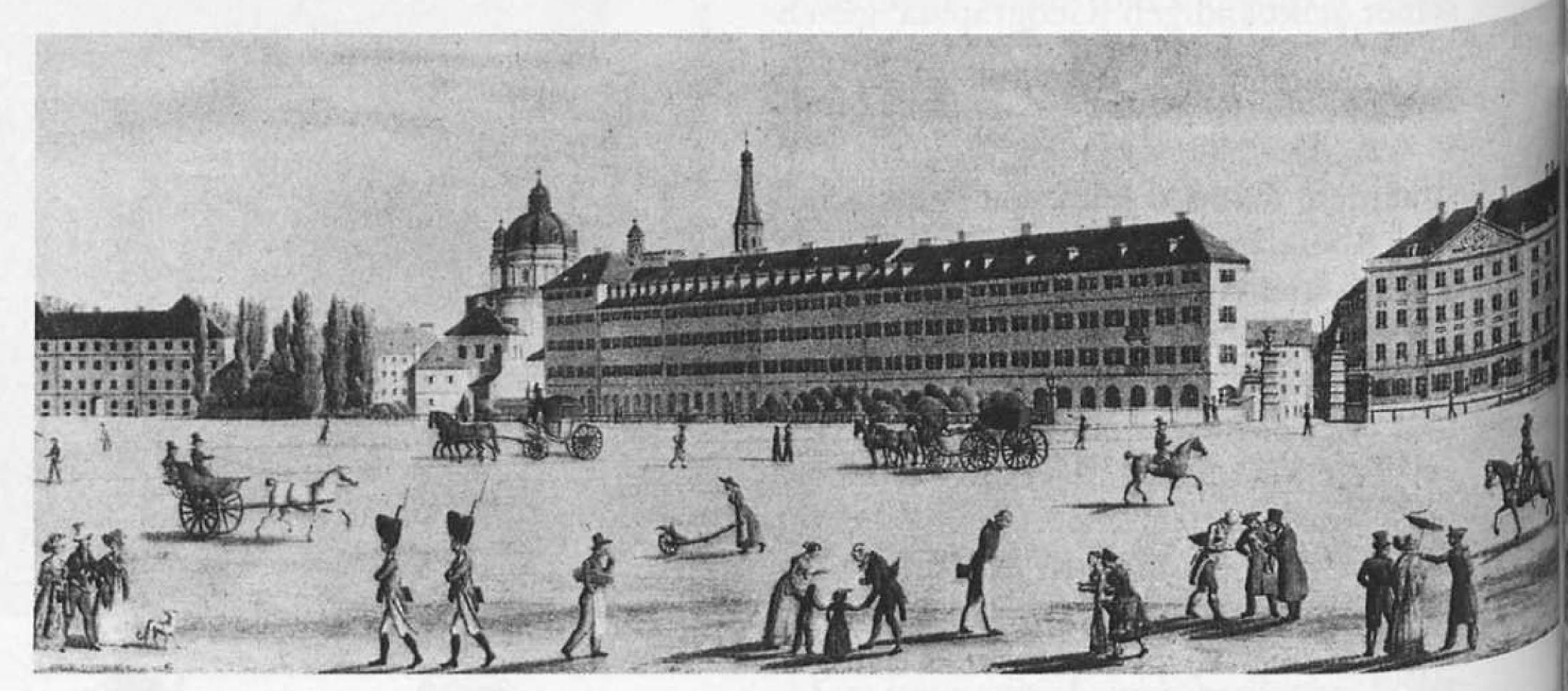


Weltkarte der Ptolemäus-Waldseemüller-Ausgabe, Straßburg 1513 (Bayerische Staatsbibliothek, München)

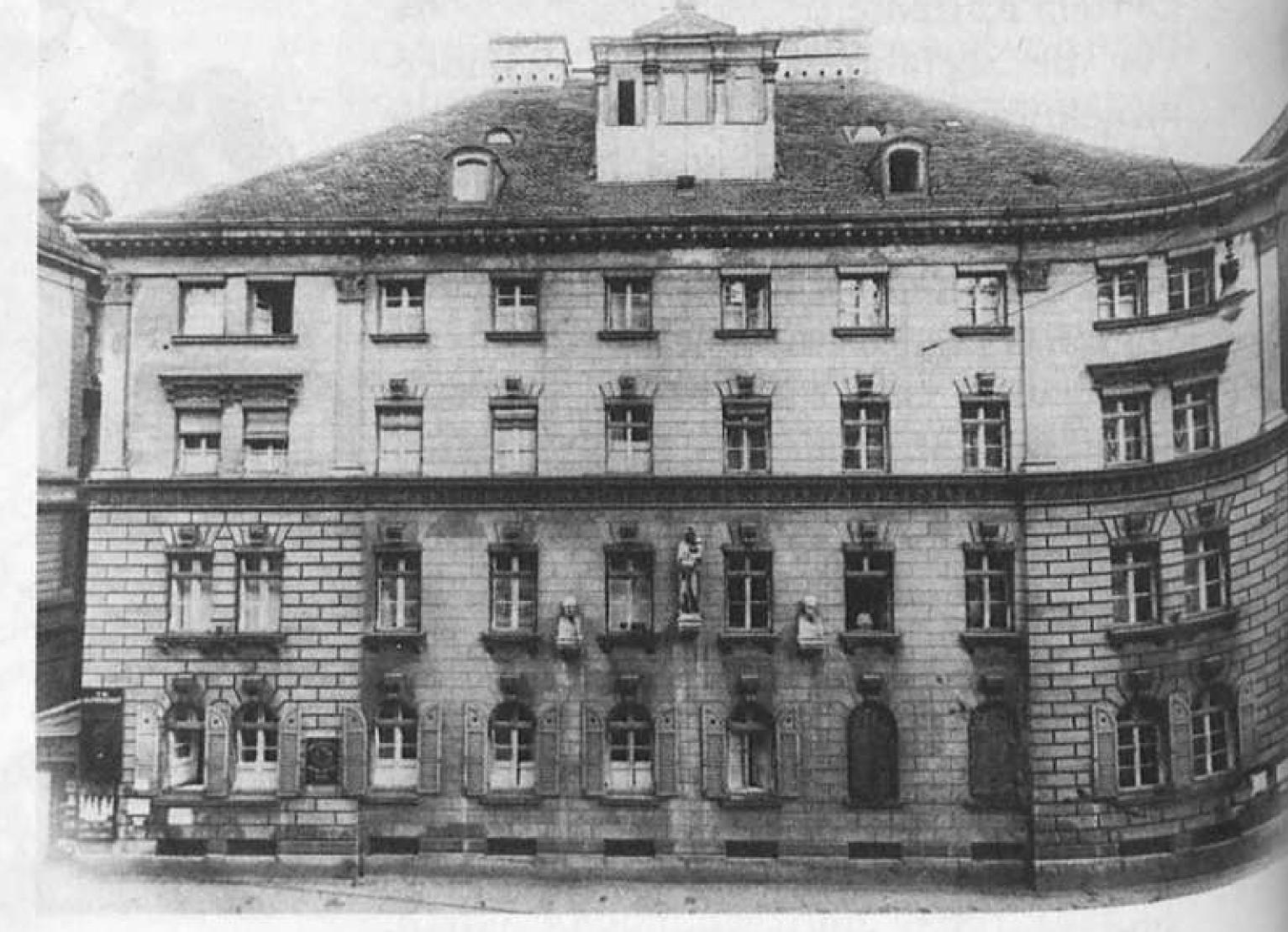
Das Utzschneidersche Grundstück zwischen Isar- und Einlaßtor auf einem der ersten Münchener Ortspläne 1809. Utzschneider erwarb das ehemalige Karmeliteranwesen 1801. Dort richtete er seine Lederfabrik und 1804 das Mathematisch-mechanische Institut von Utzschneider, Reichenbach und Liebherr ein. Die Lederfabrik befand sich bei 1, die Tuchfabrik bei 2, das Mathematisch- mechanische Institut bei 1 oder 2, Utzschneiders Wohnhaus auf einer Insel in einem reizenden Teich bei 3. Das Einlaßtor ist mit 4 gekennzeichnet und der ehemalige Rundturm am (heutigen) Viktualienmarkt mit 5. Bei einigem Hinsehen erkennt man die heutigen Straßenzüge Blumenstraße (nordwestlich), Frauenstraße (nördlich) und Rumfordstraße (südlich) als Begrenzungen des Utzschneiderschen Anwesens (Foto: v. Voithenberg, München)



Der 1801 geschaffene Maximilians- oder
Dultplatz gegen das 1804 errichtete Maxtor.
Lithographie 1825 von G. Krauss. Das Bild
zeigt am linken Rand die erste Ansicht des
Utzschneiderblocks, des späteren
Luitpoldblocks. Hier wurde 1815 das
Mathematisch-mechanische Institut von
Utzschneider, Liebherr und Werner
eingerichtet, 1819 fand das Optische Institut
von Utzschneider und Fraunhofer eine neue
Bleibe. Das Gebäude beherbergte darüber
hinaus das Brauhaus, die Essig- und
Tabakfabrik, eine Glasmalschule und eine
lithographische Anstalt
(Foto: v. Voithenberg, München)



Ansicht des ehemaligen
optischen Institutes von
G. & S. Merz an der
Blumenstraße 31,
Aufnahme vor 1910
(Foto: Nachlaß R. Loher,
Stadtarchiv München)

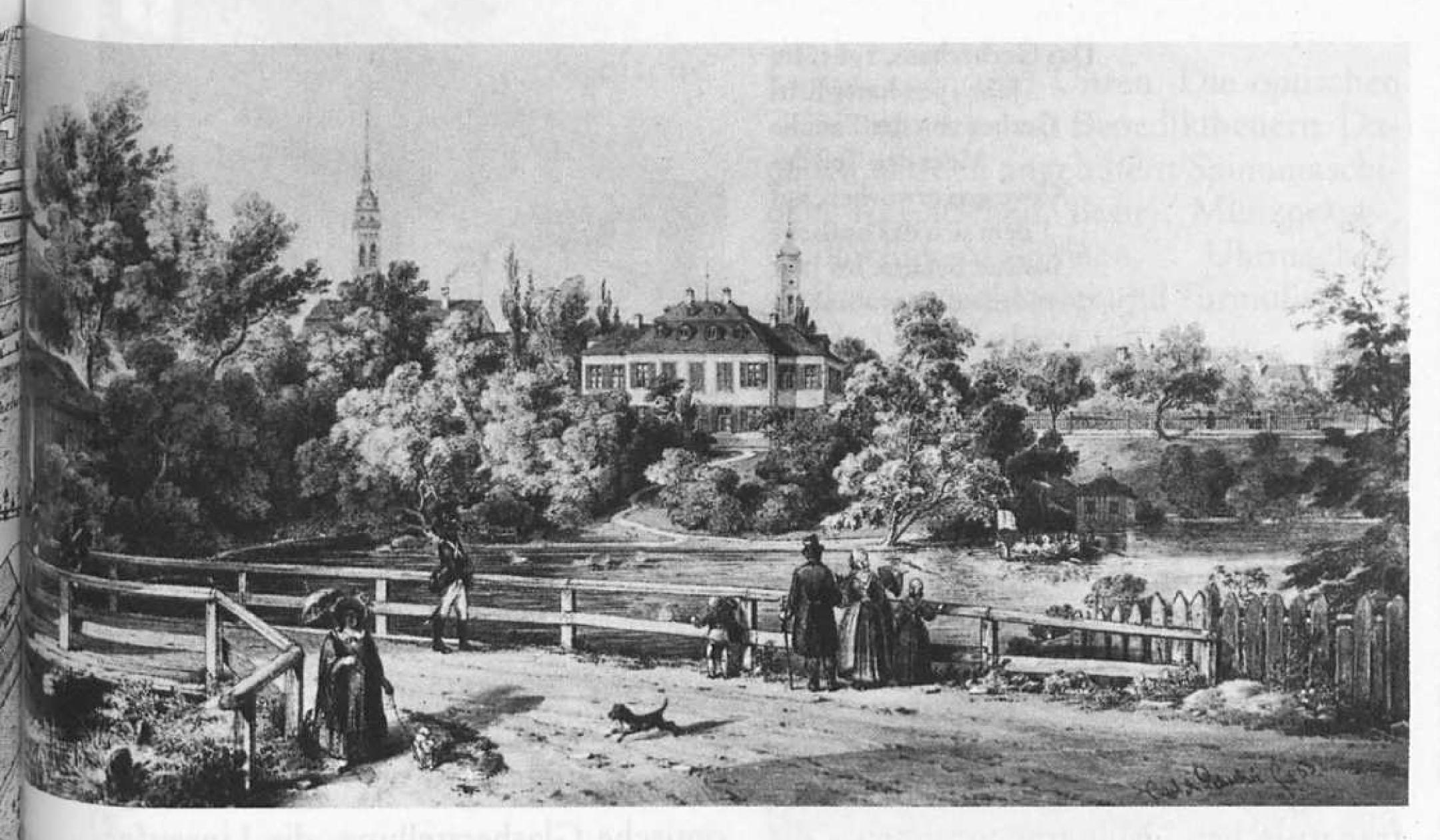


"SPACE ART" - IMPRESSIONEN AUS DEM WELTALL!

Einzigartige Eindrücke ferner Welten, Planeten, Kometen, Galaxien und Sternsysteme, aber auch Motive aus der Raumfahrt! Kreiert nach exakten wissenschaftlichen Vorlagen! Lieferbar als Poster, Print oder Postkarten! Space-Art, eine neue "Kunst", die jeden fasziniert! Unser farbiger Prospekt liegt jetzt kostenlos für Sie bereit!

Außerdem: seltene, originale Unterschriftsbelege von Astronauten und Kosmonauten, Raumflugmaterial, Apollo-Hardware . . . und viele weitere Raritäten Fordern Sie jetzt unter genauer Bezugnahme auf diese Anzeige weitere Informationen an!

ALB-GESCHÄFTSSTELLE, DANZIGER STRASSE 4, D-7928 GIENGEN/BRENZ



Das Ertl-Schlößchen am Einlaßtor, nach einem Aquarell von K. A. Lebschée. Das nach seinem Erbauer benannte Schlößchen war Utzschneiders Wohnhaus. Das Gebäude wurde 1840 abgerissen. Links hinter den Büschen liegt heute die Blumenstraße. Hinter dem Schlößchen, Richtung Peterskirche, befinden sich jetzt die Frauenstraße und der Viktualienmarkt.

Der Freiherr Franz Xaver Zach (1754–1832), der Astronom der Seeberg Sternwarte in Gotha und Herausgeber der ersten deutschen astronomischen Zeitschrift, besuchte hier 1807 Utzschneider. Er schreibt: "So hatte ich in dem Garten des Herrn Geheimrathes in einer der Vorstädte eine kleine Sternwarte angelegt, wo ich den Troughton'schen Kreis und mehrere Reichenbach'sche Repetitionskreise mit 2 Fernrohren und verschiedenen Theodoliten geprüft habe" (Foto: v. Voithenberg, München)



Das Gelände mit dem ehemaligen Utzschneider-Schlößchen, Südostseite des Viktualienmarktes, 1858. Die Reichenbachstraße existiert noch nicht. Sie mündet später direkt gegenüber des hier noch sichtbaren Rundturmes in die Frauenstraße. Die Glasschleiferei des optischen Institutes G. & S. Merz findet sich, halb verdeckt, am rechten Rand des kleinen Pappelhains (Pfeil). Utzschneiders Schlößchen und der kleine See lagen anstelle der Wohnblöcke rechts im Bild an der Ecke Frauen-/Blumenstraße (Foto: G. Böttger, Sammlung Karl Valentin, Stadtarchiv München)



Münchener Residenz findet sich ein weiteres Stück Inchener Optikgeschichte. Der Münchener Palazzo Pitti Von Leo v. Klenze in den Jahren 1826 bis 1835 Im Jahr 1826, Fraunhofers Todesjahr, legte König I. ein Flint- und ein Kronglasprisma Fraunhofers in Grundstein (Bildarchiv Foto Marburg)

FRAUDISOFERS ERBED Ein Stück

unbekannte Münchener Stadtgeschichte

Alto Brachner

Fraunhofer gilt als Begründer der wissenschaftlichen Optik in Deutschland. Der Ort seines Wirkens war München. Weitgehend unbekannt ist jedoch die Geschichte der optischen Werkstätte, der Fraunhofer angehörte. Der Autor stellt sie und Fraunhofers Erben vor. Schon viel ist über Joseph Fraunhofer (1787–1826), dessen Geburtstag sich im letzten Jahr zum zweihundertsten Mal jährte, geschrieben worden. Nicht nur die Münchener sind stolz auf ihn; die 1881 gegründete Deutsche Gesellschaft für Optik und Feinmechanik betrachtete ihn zu Recht als Vater der wissenschaftlichen Optik in Deutschland. Doch Fraunhofer waren nur 39 Jahre vergönnt. Seine Früchte ernteten die Nachfolger. Über die ist indes wenig bekannt. Noch mehr im Dunkeln liegen die Münchener Örtlichkeiten, an denen die berühmte optische Werkstätte im Laufe der Zeit ihre Heimstätten fand.

Die Institute in München Anfang des 19. Jahrhunderts

Georg Reichenbach (1772-1826), bayerischer Artilleriehauptmann, gründete 1802 mit dem Allgäuer Uhrmacher Joseph Liebherr (1767-1840) in München eine , Mathematische Werkstätte'. Beide rechneten sich ein Geschäft aus: Während der Napoleonischen Kriege erwiesen sich topographische Karten von großem Vorteil, und allenthalben benötigten die Militärgeographen Vermessungsinstrumente. Reichenbach hatte eine geniale Kreisteilmaschine konstruiert, mit der er die Winkelteilungen an den Ablesekreisen von geodätischen Instrumenten mit bislang nicht gekannter Präzision ausführen konnte.

Dieser Werkstätte trat Joseph Utzschneider (1763-1840) als Finanzier 1804 bei. Er war eine schillernde Persönlichkeit, dank seiner Beziehungen zum Hof und seiner Stellung im ,Topographischen Bureau' ein idealer Partner. Das Institut hieß nun , Mathematisch-mechanisches Institut von Utzschneider, Reichenbach und Liebherr'. Utzschneider stellte Räumlichkeiten in seiner Lederfabrik vor dem Isar- und Einlaßtor zur Verfügung. Dieses Anwesen, ehemals den Karmelitern gehörend, hatte Utzschneider 1801 für 10000 Gulden erworben. Es waren lukrative Grundstücksspekulationen, denn die zu klein gewordene Stadt hatte die Befestigungsanlagen niederlegen lassen und damit Grundstücksspekulanten Auftrieb verschafft.

In der Folgezeit stapelten sich Vermessungsinstrumente in der Werkstätte. Das Gerberhaus, 1985. Im
Jahr 1907 hatte Karl
Gerber von der Familie
Merz den Teil des
Anwesens erworben, auf
dem sich das optische
Institut befand. Im Jahr
1912 ließ er es abreißen
und das heutige Gebäude
errichten (Foto:
v. Voithenberg, München)

wissenschaftlichen Optik in Deutschland. Doch Fraunhofer waren nur
39 Jahre vergönnt. Seine Früchte ernteten die Nachfolger. Über die ist indes
wenig bekannt. Noch mehr im Dunkeln
liegen die Münchener Örtlichkeiten, an
denen die berühmte optische Werkstätte
im Laufe der Zeit ihre Heimstätten fand.

Doch Napoleon machte einen Strich
durch die Rechnung. Seine 1806 ausgesprochene Kontinentalsperre verhinderte den Import optischen Glases, das in
halbwegs brauchbarer Qualität damals
nur aus London bezogen werden konnte.
Der Schmuggel wäre das kleinere Problem gewesen; das größere waren die
französischen Militärgeographen, die
die bayerischen beaufsichtigten.

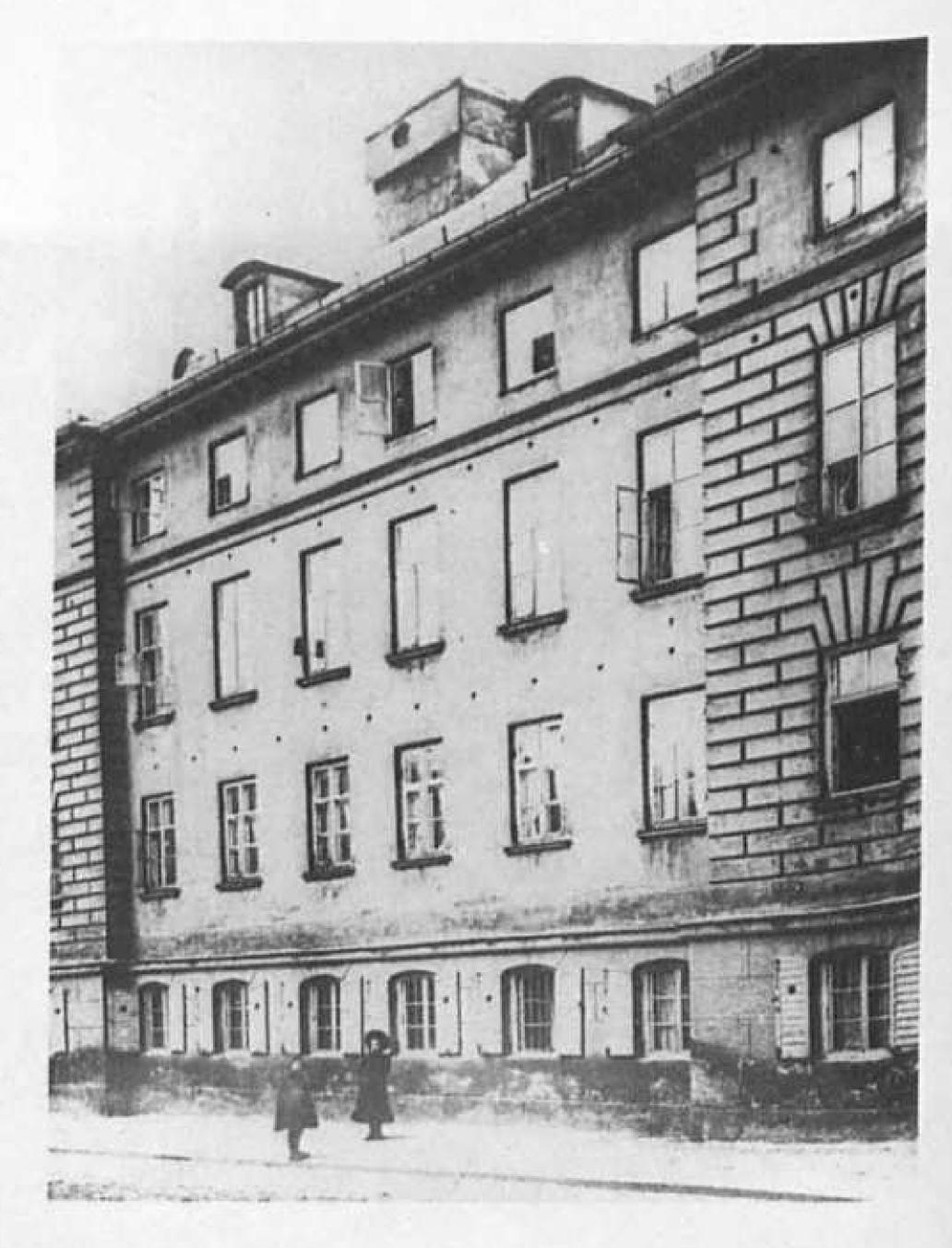
Utzschneider nahm sich des existentiellen Problems an. Er engagierte 1806 Pierre Louis Guinand (1748–1824) aus Les Brenets in der Nähe der Schweizerischen Uhrmacherstadt Le Locle. Fast gleichzeitig fand auch ein Waisenknabe namens Joseph Fraunhofer im Münchener Institut als zukünftiger Optiker Anstellung. Utzschneider hatte ihn 1801 bei dem spektakulären Einsturz des Hauses Thiereckgasse, heute Weinstraße 3, kennengelernt.

Die optische Glashütte richtete Utzschneider 1805/06 im Kloster Benediktbeuern ein. Dieses hatte er in bewährter Manier 1805, zwei Jahre nach der Säkularisation, für 55000 Gulden erworben.

Im Jahr 1809 wurde die optische Fertigung von München nach Benediktbeuern verlegt. Fraunhofer und Sigismund Blochmann (1784–1871), Reichenbachs erster Mechaniker und späterer Chef des Physikalischen Salons in Dresden, siedelten nach Benediktbeuern über.

Utzschneider gründete ein eigenes 'Optisches Institut von Utzschneider, Reichenbach und Fraunhofer in Benedictbeuern'. Guinands Name tauchte nicht mehr auf, obwohl er zweifellos wichtige Vorarbeiten für die Herstellung homogener Glasschmelzen geleistet hatte. Das hat Guinand verärgert und seine Gemahlin Rosalie nicht ruhen lassen, bis Guinand sich 1814 mit dem neuesten Wissen wieder in Les Brenets selbständig machte und zum Vater aller optischen Glashütten Europas wurde.

In Benediktbeuern, zwischen 1809 und 1819, machte Fraunhofer seine großen Entdeckungen und revolutionierte die



optische Glasherstellung, die Linsenfertigung und die Berechnung farbkorrigierter Fernrohre so, daß die Optik fortan das Attribut, wissenschaftlich verdiente.

Fraunhofer leitete die Ära der großen Refraktoren ein. Seine Nachfolger belieferten nach seinen Plänen noch bis ins letzte Drittel des 19. Jahrhunderts die bedeutenden Sternwarten der Welt mit großen Fraunhofer Refraktoren.

Mit einem dieser Instrumente gelang etwa dem Königsberger Astronomen Friedrich Wilhelm Bessel (1784–1846) 1838 erstmals der experimentelle Nachweis, daß Fixsterne unterschiedliche Entfernungen zur Erde besitzen. Der Berliner Astronom Johann Gottfried Galle (1812–1910) entdeckte mit einem anderen 1846 den Planeten Neptun.

Die Trennung der Teilhaber 1814

Zurück ins Jahr 1814. In diesem Jahr trennten sich die Teilhaber. Reichenbach schied aus dem Benediktbeuerer Unternehmen aus, Utzschneider seinerseits aus dem Münchener. Ein einleuchtender Beweggrund läßt sich nicht finden. Vielleicht hieß er "Cherchez la femme". Der Reichenbach-Biograph E. Kohler ließ an Therese, der zweiten Frau Reichenbachs, kein gutes Haar und verdächtigte sie, die treibende Kraft bei der Trennung gewesen zu sein. Therese war die Tochter des bayerischen Obermünzmeisters Le Prieur. Das Reichenbachsche Institut in München hieß jetzt , Mathematisch-mechanisches Institut von Reichenbach in München', das Benediktbeurer, Optisches Institut von Utzschneider und Fraunhofer'.

Das Mathematisch-mechanische Institut von Utzschneider, Liebherr und Werner vor dem Schwabinger-Tor

Utzschneider gründete auf der Stelle ein Konkurrenzunternehmen in München. Dessen Leiter war der ehemalige Reichenbach-Kompagnon J. Liebherr.

Beides muß Reichenbach geärgert haben, zumal Liebherr schon 1812 im Streit mit ihm ausgeschieden war. Grund waren damals die Prioritätsansprüche auf die Kreisteilmethode. Das neue, Mathematisch-mechanische Institut von Utzschneider' befand sich nun in Utzschneiders Haus "vor dem Schwabinger-Tho-

Es war eines von mehreren auf dem gleichen Grundstück. Utzschneider hatte dort in den Jahren 1810 bis 1815 mit finanzieller Beteiligung der Kurfürsten-Witwe Maria Leopoldina (1776-1848) ein Brauhaus , Zum Utzschneider', eine Essigfabrik, eine Tabakfabrik, eine Glasmalschule und eine lithographische Anstalt eingerichtet. Das Gelände hatte er für 27000 Gulden im Jahr 1807 von einem noch größeren Spekulanten, dem Hofmaurermeister Joseph Deiglmayr, erworben. Abmachung war, daß Deiglmayr den Auftrag für Planung und Bau des Gebäudes erhielt. Der erste Stadtplan Münchens aus dem Jahr 1809 gibt Aufschluß darüber, wo es lag. Der Kenner Münchens errät dabei unschwer, daß Utzschneider der Ahnherr des heutigen Luitpoldblockes ist. Der Stadtplan von 1814 bestätigt, daß das Bauvorhaben vollständig ausgeführt worden war.

Das neue Mathematisch-mechanische Institut war für Reichenbach eine ernstzunehmende Konkurrenz. In der Preisliste von 1816 finden sich Passage-Instrumente, Meridian-, Repetitions-, Bordakreise, Aquatoreale, Sextanten, Heliometer, Fernrohre bis etwa 180 cm Tubuslänge, Meßtische, Markscheider Instrumente, Inklinatorien und Deklinatorien,

Luftpumpen und Uhren. Die optischen Teile stammten aus Benediktbeuern. Daneben wurden angeboten: Spinnmaschinen, Kartätschen, Bohr-, Münzpräge-, Guillochier-Maschinen, Uhrmacherwerkzeuge, Schlösser und Turmuhren.

Der Beinahe-Bankrott Utzschneiders

Utzschneider hatte indes auf seinem anderen Anwesen vor dem Isartor auch noch eine Tuchfabrik eingerichtet und sich damit verspekuliert. 1817 herrschte Hungersnot und Geldknappheit. Die Tuche waren nahezu unverkäuflich. Zwei Hausbankiers Utzschneiders, Spiro und Nocker, gingen in Konkurs. Zu allem Überfluß hatte die Kurfürsten-Witwe Zweifel an der Sicherheit ihrer Geldanlage und verlangte von Utzschneider ihre 35 000 Gulden zurück. Das brachte Utzschneider an den Rand des Ruins.

So mußte Utzschneider 1819 das Kloster Benedikbeuern an seine Gläubiger abtreten. Lediglich die optische Glashütte pachtete er vom Staatsärar zurück. Das Optische Institut hingegen wurde nach München in das Vorläufergebäude des Luitpoldblockes verlegt. Das ,Optische Institut von Utzschneider und Fraunhofer' verschmolz mit dem , Mathematisch-mechanischen Institut' von Utzschneider, Liebherr und Werner.

Fortan wirkte Fraunhofer in München. Dort mußte er, nachdem die Akademie ihn in ihre Reihen aufgenommen hatte, auch Vorlesungen halten; und zwar alle Sonn-und Feiertage von 11 bis 13 Uhr im Utzschneiderblock. Eine von ihm nie sonderlich geliebte Aufgabe.

Die Zeit war jedoch weder finanziell noch menschlich rosig für die Beteiligten. In einem Brief vom 17. Februar 1825 an den Altonaer Astronomen Heinrich Christian Schumacher (1780–1850) beklagte sich Fraunhofer: "... Man hat hier für diese Versuche (gemeint sind optische

Versuche) wenig oder gar keinen Sinn. So hat z.B. Reichenbach, von dem man billig Anteil erwarten sollte, dasjenige, was ich seit 5 Jahren schrieb und bekannt machte, wie er mir selbst sagt, gegenwärtig noch nicht gelesen."

Fraunhofer, der die Last des Institutes und Utzschneiders Launen zu tragen hatte und etwa bei jeder Glasschmelze den Weg nach Benediktbeuern antrat, lebte nach diesem Brief nur noch einein-

halb Jahre.

König Ludwig I. gedachte Fraunhofers 1826 mit Prismen aus Kron- und Flintglas im Grundstein der Residenz, die Stadt München an seinem hundertsten Geburtstage im Jahr 1887 mit der Aufstellung einer Bronzestatue aus der königlichen Erzgießerei in der Maximiliansstraße.

Das Optische Institut Utzschneiders unter Georg Merz und Joseph Mahler

Fraunhofers Tod war eine Zäsur. Die Nachfolgerfrage drängte, denn mit Fraunhofer sei auch "der Geist des Institutes zu Grabe getragen", wie Utzschneider nicht wohlgesonnene Zeitgenossen verbreiteten.

Das Problem wäre zu lösen gewesen: Fraunhofer hatte noch vor seinem Tod Friedrich August Pauli (1802-1883) sechs Monate lang eingearbeitet. Utzschneider aber verschmähte ihn. Auch Carl August Steinheil (1801-1870) bewarb sich mit Unterstützung seines wissenschaftlichen Mentors Bessel um die Stelle. Doch auch ihn wollte Utzschneider nicht.

Er hatte andere Pläne. Er setzte Georg Merz (1793-1867) als Nachfolger ein. Merz stammte aus Benediktbeuern, hatte im Optischen Institut als Schürjunge begonnen, und Utzschneider glaubte vielleicht, mit ihm leichteres Spiel zu haben.

Als Leiter des mechanischen Teils des



Aufnahme des Anwesens Müllerstraße 11, heute Müllerstraße 40, vor 1900. Das stattliche klassizistische Gebäude ist von dem Aufsichtsbeamten der Münchener Lokalbaukommission Andreas Zener 1816/17 erbaut worden. Das Haus hat alle Stürme der Zeit unbeschadet überstanden. Die Büsten Fraunhofers und Utzschneiders von Johann Habig zierten ab 1866 die Fassade. Die optisch-feinmechanische Werkstatt lag im Erdgeschoß. Die oberen Stockwerke dienten der Familie Merz als Wohnung. Etwa ab 1865 hat sie das Haus nur noch als Wohnhaus verwendet. Die Werkstätte lag dann im Rückgebäude an der Blumenstraße (Foto: Stadtarchiv München)

Institutes bestellte er Joseph Mahler (1795-1845). Mahler hatte die mechanischen Arbeiten wohl schon seit 1823, nach dem Ausscheiden Liebherrs, betreut. Fortan führten Merz und Mahler die Projekte aus, die Fraunhofer zu Lebzeiten geplant hatte.

Das Verhältnis zwischen Merz und Utzschneider scheint nicht von großem Vertrauen geprägt gewesen zu sein, denn Merz schreibt:

"Euer Exlenz.

meine Hände und Augen zurück gehalten wird, so bin ich genöthigt mich einmahl Schriftlich an Ihnen zu wenden.... (Es folgen etliche Beschwerden wegen der Geheimhaltungsmanie Utzschneiders, Anm. Verfasser) ... Oder sollte ich als Baier und als 19 jähriger Diener von Ihnen, mir das Zutrauen nicht Schmeicheln dürfen, daß mir Geheimnisse anvertraut wurden, welche ich auch aufzubewahren im stande sein werde."

Das Verhältnis hat sich vielleicht im Laufe der Zeit etwas verbessert, oder Utzschneider war zu alt geworden, um noch überall hineinreden zu können. Ab dem Jahr 1832 jedenfalls übernahm Merz auch die Glasschmelzen. Das Institut stand nun ganz unter der Leitung von Merz und Mahler.

Das Optische Institut in der Müllerstraße

Indem ich sehe, daß so manches noch für Merz und Mahler arbeiteten nicht mehr im Utzschneiderblock. Utzschneider hatte bereits 1825 diesen Besitz für 330000 Gulden an Angelo Sabbadini verkauft. Letzterer war Nachfahre einer jener Italiener, die es unter der Kurfürstin Henriette von Savoyen, der Gemahlin Ferdinand Marias, zu Ansehen und Reichtum gebracht hatten. Sabbadini hatte den Utzschneiderblock für seinen Schwiegersohn Ludwig Knorr gekauft. Und so schließt sich der Kreis: Knorrs

Bruder, Generalzolladministrator und Ministerialrat, war seit 1808 mit der einzigen Tochter Utzschneiders verheira-

Das Optische Institut wurde wohl zwischen 1830 und 1835 verlegt. Es fand eine neue Bleibe in dem von Utzschneider angemieteten Gebäude an der Müllerstraße 11, heute 40. Dieses Haus gehörte dem Aufsichtsbeamten der "Münchener Localbaukommission', Andreas Zener. Es lag nahe des Angertors.

> Das Anwesen Elisabethenstraße 2, heute Chopinstraße 2, 1985. In diese Villa und das dahinterliegende, hier nicht sichtbare Gebäude verlegte P. Zschokke 1907 das optische Institut. Das Haus hat die Zeiten nahezu unverändert überstanden. Links zweigt die Chopinstraße von der nach rechts führenden August-Exterstraße ab (Foto: A. Brachner, München)



Das Haus, in dem Merz und Mahler die großen Refraktoren für die Sternwarten der Welt bauten, hat allen Stürmen der Zeit getrotzt. Die Fassade ist heute noch unverändert wie vor 150 Jahren.

Im Jahr 1839 veräußerte Utzschneider das Geschäft, ein Jahr später starb er an den Folgen eines Fuhrwerk-Unfalles. Merz und Mahler führten das Institut auf eigene Rechnung. Bald danach kauften sie das Anwesen Müllerstraße. 1843 erwarben sie noch aus dem Utzschneider-Nachlaß die ehemalige "Utzschneidersche Glasschleife' an der Ecke Blumen-/ Frauenstraße für 2000 Gulden. Damit war das Unternehmen schließlich arrondiert.

Mahler konnte sich der gedeihenden Geschäfte allerdings nicht lange freuen. Er starb 1845. Die Erbstreitigkeiten der Hinterbliebenen mit G. Merz gaben für einen Augenblick noch einmal C.A. Steinheil die Hoffnung, das renommierte Institut übernehmen zu können. Doch er zögerte zu lange. Merz wandte sich an die Krone, erhielt Unterstützung und führte fortan das Unternehmen allein. Die Einnahmen müssen stattlich gewesen sein, denn Merz erwarb noch das rückwärtige, an die Blumenstraße angrenzende Grundstück. Es hatte sich gleichfalls im Besitz Zeners befunden.

Das Optische Institut unter Sigmund und Jakob Merz

Georg Merz hatte seine zwei Söhne Sigmund (1824-1908) und Ludwig (1817-1858) ins Geschäft einbezogen. Beide schätzten das elterliche Geschäft zwar in finanzieller Hinsicht, trugen aber Wenig zum Fortbestand bei. Sigmund vertrat die Firma häufig im Ausland, und Ludwig widmete sich dem theosophischmystischen Kreis um Franz Baader (1765-1841), Friedrich Wilhelm Schelling (1775–1854) und Joseph Görres (1786-1848). Nach dem Tod des Vaterser hatte seinen älteren Sohn um 7 Jahre überlebt - verlegte Sigmund die Werkstätte in das Rückgebäude an der Blumenstraße 20, später 31, baute das Anwesen Müllerstraße zum Wohngebäude um und ließ von Fraunhofer und Utzschneider Büsten anbringen.

Das Unternehmen war klein geworden. Der Betrieb der Glasschleiferei am heutigen Reichenbachplatz wurde 1875 ein-

gestellt, nachdem man vorher eine Fraunhofers Leistung, wenn die beiden Dampfmaschine zum Linsenschleifen in der Blumenstraße installiert hatte. Die Optische Glashütte in Benediktbeuern schloß 1883 ihre Tore.

Ein Jahr zuvor war das letzte Preisverzeichnis erschienen. Sigmund Merz hatte in diesem Jahr das Geschäft seinen Vettern Jakob Merz (1833-1906) und Matthias Merz (1826–1883) übergeben. Nachdem Matthias bereits 1883 starb, führte Jakob es zwanzig Jahre lang allein weiter.

Das Optische Institut in Pasing

1903 verkaufte Jakob Merz das Unternehmen an Paul Zschokke (1853-1932). Er war von 1874 bis 1897, zuletzt als Prokurist, bei der Firma C.A. Steinheil Söhne tätig. Zwischen 1897 und 1903 betätigte er sich als Teilhaber des optischfeinmechanischen Betriebes von Reinfelder & Hertel, übrigens einem Ableger rung meiner Arbeit. von C.A. Steinheil Söhne.

Die Familie Merz veräußerte 1907 das Anwesen an der Müllerstraße. Zschokke mußte deshalb mit dem ehemaligen Institut von Utzschneider und Fraunhofer umziehen, und zwar nach Neupasing in die Elisabethenstraße 2, die heutige Chopinstraße.

In den Jahren 1906 lieferte das Institut noch einen Refraktor mit 28 Zentimetern Objektivöffnung an die Sternwarte Reward, 1908 einen mit 40 Zentimetern an die Sternwarte des Vatikan. Mit dem Tod von Paul Zschokke 1932 fand die Geschichte der einstmals berühmten Werkstätte ein stilles Ende.

Georg Tremel und August Lösch

Nur ein kleiner Rest blieb. Georg Tremel und August Lösch, zwei ehemalige Mitarbeiter Zschokkes, machten sich 1933 unter dem wohlklingenden Namen "Astrooptische Werkstätten" selbständig. Tremel war Optiker und etwa seit 1920 bei Zschokke. Die Linsen bearbeitete er streng nach Fraunhoferschen Verfahren in seiner Obermenzinger Wohnung in der Frankenstraße, der heutigen Anna-Dandlerstraße 12. Die mechanische Werkstätte befand sich in der Horemannstraße 29 in München. Die Firma gab Kataloge heraus, und es spricht für

mehr als einhundert Jahre nach seinem Tod mit seinen Verfahren noch Geld verdienen konnten.

Eine große Werkstatt entwickelte sich allerdings nicht. Die Berufsastronomen waren wieder auf Spiegelteleskope umgestiegen, und die Amateurastronomen hatten infolge der politischen Wirren und der großen Arbeitslosigkeit meist wenig Geld.

Georg Tremel verlagerte 1939 seine Werkstätte von München nach Fritzens in Tirol. Von 1955 an besaß Tremel bis 1974 einen Betrieb in Traunreut bei Traunstein. Dort starb er am 19. Mai 1979.

Mehr zu diesem Thema findet sich in meinem Buch, Mit den Wellen des Lichtes. Ursprünge und Entwicklung der Optik im süddeutschen Raum' (München: Olzog 1987). Ich danke den Optischen Werken G. Rodenstock für die Förde-

Hinweise zum Weiterlesen:

- Aufleger O., Trautmann, K.: Alt-München in Wort und Bild. München 1897
- Kohler, E.: Georg von Reichenbach. München
- Mackenthum, I.: Joseph von Utzschneider, sein Leben, sein Wirken, seine Zeit. München 1958
- Rohr, M.v.: Joseph Fraunhofers Leben, Leistungen und Wirksamkeit. München 1929
- Rohr, M.v.: Ein Beitrag zur Geschichte des optischen Glases. Jena 1935
- Roth, G.D.: Joseph von Fraunhofer. Stuttgart 1976 (Große Naturforscher, Bd. 39)
- Schaden, A. V.: Artistisches München im Jahr 1835. München 1836
- Schattenhofer, M.: Der Luitpoldblock im Wandel der Zeit. Bayerland (1975), Jg. 77, Nr. 8, ohne Seitenangabe
- Seitz, A.: Joseph Fraunhofer und sein optisches Institut. Berlin 1926

DER AUTOR

Dr. Alto Brachner, geb. 1945, ist Oberkonservator am Deutschen Museum. Seine Hauptarbeitsgebiete sind die Geschichte des wissenschaftlichen Instrumentenbaus, der Technik und der Industrialisierung. Er ist Autor zahlreicher Veröffentlichungen zu diesen Themen, sowohl in Buch- als auch in Aufsatzform.

GEDENKTAGE TECHNISCHER KULTUR

Oktober-Dezember 1988

Sigfrid von Weiher

1.10.1913 Bei Rendsburg wird, im Zuge der Bahnstrecke Hamburg-Flensburg, die 42 m hohe und nahezu 2500 m lange eiserne Hochbrükke über den Nord-Ostsee-Kanal (Kaiser-Wilhelm-Kanal) dem Verkehr übergeben. Sie war seinerzeit Deutschlands längste Eisenbahnbrücke.

5.10.1713

In Langres (Champagne, Frankreich) wird Denis Diderot geboren. Zusammen mit d'Alembert Funknachrichten über den Athat er 1751-1780 die große Encyclopédie' in 23 Text- und 12 Folio-Bänden herausgegeben. Die Technikgeschichte besitzt in diesem Werk eine bedeutsame und, hinsichtlich der Illustrierung, sehr anschauliche Quelle über den damaligen Stand der Gewerbe und der Industrie. (Siehe auch Kultur & Technik, Heft 2/1988.)

13.10.1863

(Niedercharente, In Royan Frankreich) wird Auguste Rateau geboren. Nach technischer Ausbildung wandte er sich der den. theoretischen und praktischen Entwicklung der Dampfturbine zu. 1897 schuf er eine vielstufige Gleichdruck-Turbine, die sich in der Praxis sehr bewährte. Seine Konstruktion vielstufiger Turbokompressoren und Abdampfspeicher wiesen der Wirtschaftlichkeit des Dampfbetriebes neue Wege.

14.10.1913

Zwischen den neuen Funkstationen Eilvese bei Hannover und Tuckerton (New Jersey, USA) wird experimentell, unter Leitung der deutschen Hochfrequenzmaschinen AG (System Professor R. Goldschmidt), der Transatlantik-Funkverkehr aufgenommen. 4 Tage später gelingt es auch der Telefunken GmbH, zwischen Nauen bei Berlin und Sayville mit Löschfunkensendern und Verstärkerröhren lantik auszutauschen.

18.10.1813

Fürstenfeldbruck/Bayern In wird Ferdinand Miller geboren. 1844 wurde er Inspektor der Kgl. Eisengießerei in München. 1850 konnte die von ihm gegossene Schwanthalersche Bronze-Statue der Bavaria' feierlich enthüllt werden. 1875 geadelt, erwarb er 1878 die staatliche Erzgießerei für sich und seine Erben. Auch die Germania' auf dem Niederwald, 1883 enthüllt, ist von Ferdinand von Miller gegossen wor-

25.10.1813

In Kaufbeuren wird Matthias Hipp geboren. Nach einer Uhrmacher-Lehre und einer fast 30jährigen Tätigkeit als Erfinder und Konstrukteur in der Feinmechanik ließ er sich in der Schweiz nieder und gründete 1860 eine Telegrafenfabrik, die bis 1927

Zeitzeichen eingeführt.

25.10.1888

In Winchester (Virginia/USA) wird Richard Evelyn Byrd geboren. Als Pilot soll ihm 1926 der

seinen Namen führte. 1863 hatte Hipp in Neuenburg/Schweiz das

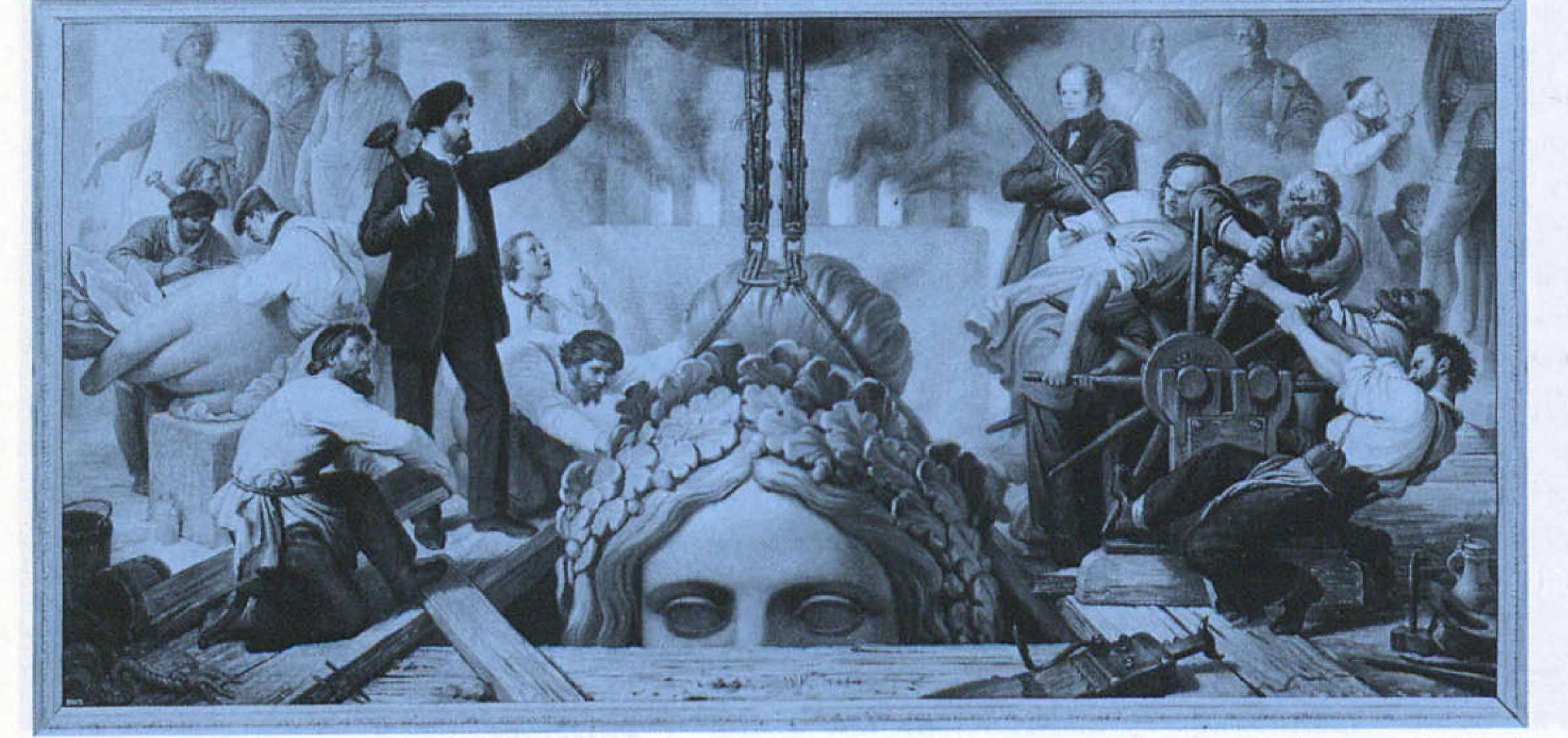
Erst-Flug über den Nordpol gelungen sein. Später hatte er in mehreren, oft jahrelangen Expeditionen mit fliegerischem Einsatz wesentliche Gebiete der Antarktis erkundet.

31.10.1888

In Mt. Bryan East/Süd-Australien wird Hubert Wilkins geboren. Ähnlich wie Byrd hatte auch er in vielen, oft abenteuerlichen Expeditionen die Bedeutung des Flugzeugs in arktischen Gebieten und auf großen Überseestrecken unter Beweis gestellt. Dafür wurde er von der britischen Krone 1928 als Sir Hubert Wilkins in den Ritterstand erhoben. 1931 scheiterte sein Versuch, den Nordpol im Unterseeboot zu erreichen; ein Vierteljahrhundert später konnte er jedoch durch seine navigatorischen Erfahrungen dazu beitragen, daß mit dem US-amerikanischen Atom-U-Boot , Nautilus' der Nordpol erreicht wurde.



Richard Evelyn Byrd (1888 - 1957)



Guß der Bavaria' durch Ferdinand Miller, 1844

Friedrich Wilhelm Herschel (1738-1822)

5.11.1938

Die Reichsautobahn zwischen Berlin und München wird – nach endgültiger Fertigstellung einiger Teilabschnitte – als wichtige Verkehrsader mit 522 km Länge dem Verkehr übergeben.

6.11.1913

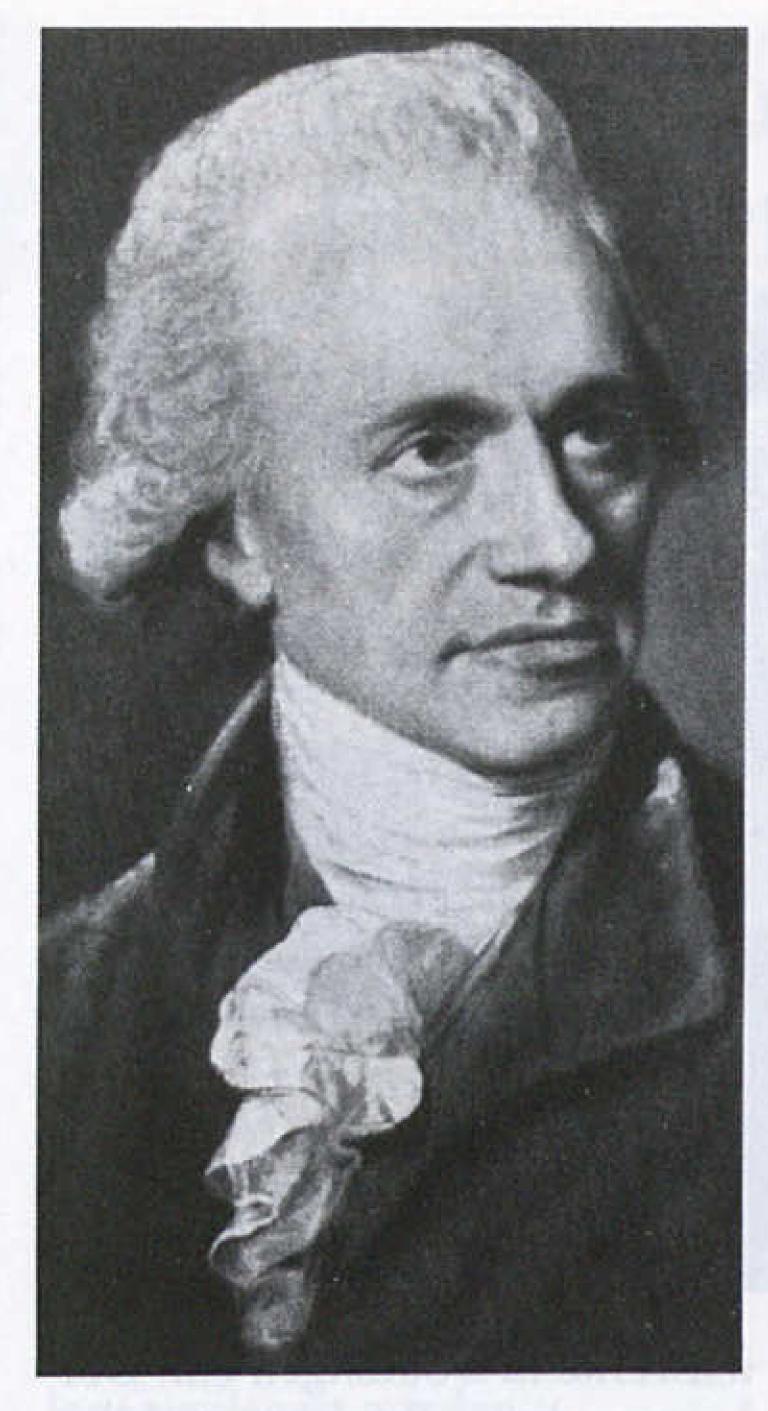
In seinem 80. Lebensjahr verstirbt in Carnarvon (Wales, England) William Henry Preece. Als Schüler und Assistent Faradays war er 19jährig Telegrafentechniker geworden. 1870 trat er in den staatlichen Telegrafendienst ein und avancierte 1892 zum Chefingenieur der britischen Postverwaltung. 1877 hatte er die ersten Bell-Telefone in England eingeführt, und seit 1897 war er der große Förderer Marconis bei dessen drahtlosen Telegrafieversuchen. 1902 hatte Preece auch den elektrotechnischen Normenausschuß Englands gegründet.

10.11.1888

In Pustmazovo (Rußland) wird Andrej N. Tupolew geboren. Als Student der Moskauer Techn. Hochschule und Schüler N. Shukowskis beschäftigte er sich schon 1909 mit aerodynamischen Problemen. 1923 baute er sein erstes Einsitzer-Flugzeug mit 35-PS-Motor. Unter über 100 von ihm konzipierten Flugzeugtypen sei die ANT-20, die ,Maxim Gorki' mit 8 Motoren und 7500 PS hervorgehoben, die 1934 das größte Flugzeug der Welt war. 1957 erschien im Luftverkehr die TU 114, eine Maschine für 200 Fluggäste und 4 Turbo-Propeller-Motoren und 8000 km Aktionsradius.

14.11.1863

In Gent (Belgien) wird Leo Hendrik Baekeland geboren. Nach naturwissenschaftlichen Studien in Belgien und Deutschland wurde er zunächst Professor für Chemie. 1889 wanderte er nach den USA aus. Ab 1900 war er als beratender Chemiker vielseitig tätig, und 1907 beschäftigte er sich mit Kunstharzgewinnung aus Phenol. Auf seine entspre-



chende Entdeckung, die er "Bakelit' nannte, nahm er die grundlegenden Patente. Er hatte damit
die Ära der Kunstharz-Werkstoffe eingeleitet. Schon 1910
gründete er – früher noch als seinen Betrieb in den USA – die erste Bakelite-Fabrik der Welt in
Berlin-Erkner. Bis ins hohe Alter
hat Baekeland sich für die Fortentwicklung seiner Werkstoffe
eingesetzt, die sich ganz besonders gut für elektrotechnische
Erzeugnisse eignen.

15.11.1738

In Hannover wird Friedrich Wilhelm Herschel geboren. Wie sein Vater so wurde auch er Musiker, zunächst als Oboist bei der hannoverschen Leibgarde. Früh kam er nach London, dann nach Leeds, wo er Musiklehrer wurde. Das tiefere Eindringen in die Musiktheorie führte ihn zur Mathematik, und diese wieder gab Anlaß, sich auch mit Astronomie zu beschäftigen. 1774 baute er sich einen ersten großen Reflektor, dem bald weitere Geräte zur Sternbeobachtung folgten. 1781 entdeckte er den Uranus, danach noch zahlreiche Doppelsterne, Nebel und Gestalt und Lage der Saturnringe. Seine Schwester und sein Sohn unterstützten ihn bei diesen Forschungen.

> Georg Friedrich Brander (1713-1783)



Europa-Brücke bei Innsbruck, 1963

18.11.1888

Mit einem Kapital von 10 Millionen Schweizerfranken wird in Neuhausen am Rheinfall von einem deutsch-schweizerischen Industriekonsortium die "Aluminium-Industrie Aktiengesellschaft" (AIAG) gegründet. Zur Gewinnung von Reinaluminium wurde hier das im wesentlichen von Héroult entwickelte Verfahren erstmals großtechnisch angewandt.

23.11.1963

Als wesentliches Teil der Brenner-Autobahn wird die 190 m
hoch über das Sill-Tal führende
Europa-Brücke südlich von Innsbruck dem Verkehr übergeben.
Sie ist, mit 820 m Länge, auch die
höchste Brücke Europas.

26.11.1713

In Regensburg wird Georg Friedrich Brander geboren. Nach des Vaters frühem Tode gab er seine Kaufmannslehre auf und wandte sich technischen Problemen und mechanischen Arbeiten mit großer Begeisterung zu. In Nürnberg und Altdorf hörte er 3 Jahre mathematische Vorlesungen, und 1734 kam er nach Augsburg. Hier nahm er die handwerkliche Fertigung chirurgischer, mathematischer, astronomischer und geodätischer Instrumente auf. Noch heute bezeugen seine mit großer Akribie geschaffenen und in Museen anzutreffenden Arbeiten, daß Brander einer der hervorragendsten Mechaniker seiner Zeit war.



1.12.1838 Finise Wo

Einige Wochen nach Inbetriebnahme der ersten preußischen Eisenbahn (Berlin-Potsdam, 29.10. 1838) wird zwischen Braunschweig und Wolfenbüttel die erste deutsche Staatsbahn in Betrieb genommen und festlich eröffnet. Als Wegbereiter dieser Bahn hatte, bereits seit 1824, August Philipp von Arnsberg (1788-1871) unermüdlich gewirkt. Diese Strecke sollte Teilstück einer Eisenbahn sein, die sich von Braunschweig via Hannover bis zu den freien Hansestädten entwickelte.

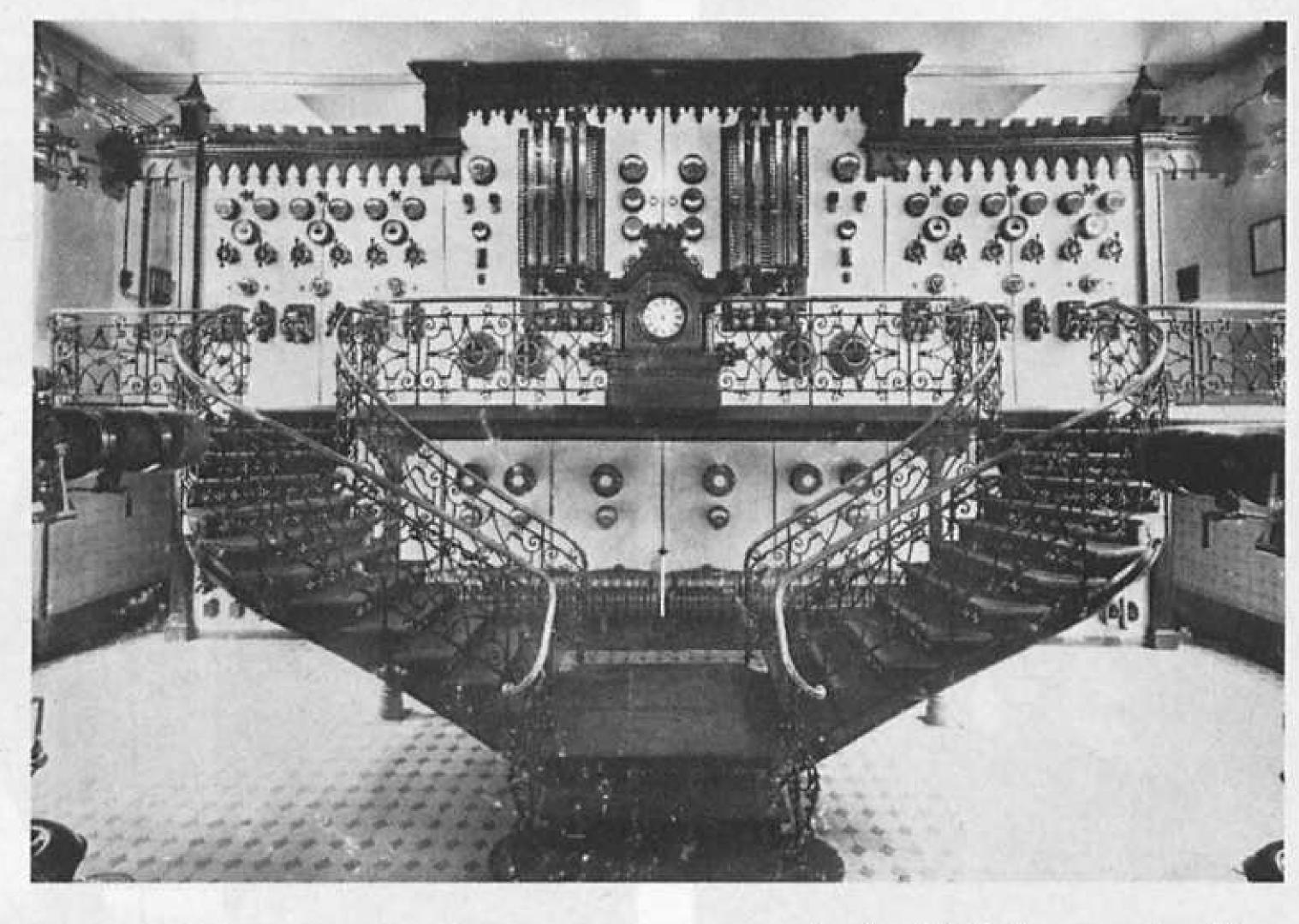
3.12.1888

In Jena, der Stätte seines Wirkens, stirbt 72jährig Carl Zeiss. 1846 hatte er eine feinmechanische Werkstatt errichtet, die besonders Instrumente für die Jenaer Universität herstellte. Mit Ernst Abbe (1840–1905), der ab 1866 sein Teilhaber war und später auch sein Nachfolger werden sollte, drang er immer tiefer ein in die Probleme der Optik. So trug er auch maßgeblich bei zur Entwicklung wissenschaftlicher Arbeitsmethoden und zur Schaffung optischer Präzisionsinstrumente.

11.12.1838

In Berlin wird Emil Rathenau geboren. Nach technischer Lehrzeit studierte er an den Polytechniken in Hannover und Zürich. Vielseitige praktische Erfahrungen erwarb er sich dann als Ingenieur und technischer Unternehmer in Berlin und in England. Wieder in seine Geburtsstadt zurückgekehrt, setzte er sich dort für die Einführung des Telefons und die elektrische Beleuchtung ein. 1881 erwarb er die Edison-Patente für Deutschland und gründete 1883 die Deutsche Edison-Gesellschaft, die 1887 in AEG umbenannt wurde. Auch die Gründung der Berliner Elektrizitätswerke (BEWAG) ist Rathenaus Bemühungen zu verdanken; er hatte den Vorsitz in beiden Unternehmungen bis 1915, seinem Todesjahr, innegehabt. Die deutsche Elektroindustrie hat seinem unternehmerischen Wirken viel zu danken.

> Emil Rathenau (1838-1915)



18.12.1888

Die Hansestadt Hamburg nimmt ihr erstes Elektrizitätswerk in der Poststraße – mit Gleichstromgeneratoren der Firma Schuckert, Nürnberg – in Betrieb. Es ist die Keimzelle der heutigen Hamburgischen Elektrizitätswerke (HEW).

21.12.1813

In Mannheim berichtet das Badische Magazin, daß der Forstmeister Carl Freiherr von Drais einen von ihm konstruierten ,vierrädrigen Wagen zum Selbstfahren' in Mannheim öffentlich vorgeführt habe. Im folgenden Jahre, gelegentlich des großen Kongresses in Wien, führt Drais auch dort seinen Wagen vor und erhält vom russischen Zaren Alexander I. als Anerkennung einen goldenen Ring zum Geschenk. 1817 erfindet Drais sein ,Laufrad', mit dem die Geschichte des heutigen Fahrrades beginnt.

21.12.1863

In Saarbrücken wird Louis Röchling geboren. 1882 trat er in die Verwaltung der väterlichen Hüttenwerke in Völklingen ein. Der Leitung dieses Betriebes und der Förderung der saarländischen Eisenindustrie galt sein Lebenswerk. Lange Jahre stand er dem Stahlwerksverband vor und hat in besonderem Maße an dessen Erneuerung im Jahre 1912 mitgewirkt.

22.12.1938

Professor Dr. Otto Hahn (1879–1968), der Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Chemie in Berlin, sendet seine erste Veröffentlichung über seine und Professor Dr. F. Straßmanns Arbeiten über die Kernspaltung von Uran und Thorium an die Redaktion der Zeitschrift ,Naturwissenschaften'. Der Bericht wurde am 6. Januar 1939 veröffentlicht. Damit beginnt das Zeitalter der praktisch nutzbaren Kernphysik.

25.12.1763

In Brulon (spät. Dpt. Sarthe, Frankreich) wird Claude Chappe geboren. Von Beruf Geistlicher, hat er in den Jahren der Revolutionskriege das von ihm seit 1791 entwickelte optische Telegrafensystem in der jungen französischen Republik eingeführt. 1794 entstand die erste große Linie Paris-Lille mit 20 Stationen. Chappes Nachrichtensystem erlangte im Zeitalter Napoleons I. große Bedeutung, es konnte sich wenig später auch in anderen Ländern einführen und bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts behaupten. Erst die elektrische

Hamburgs erstes Elektrizitätswerk in der Poststraße

Telegrafie verdrängte den optischen Telegrafen. (Vgl. im vorliegenden Heft den Beitrag über Morses Gemälde.)

25.12.1938

In Prag stirbt im 49. Lebensjahr der tschechische Schriftsteller und Dramatiker Karel Capek. Er wurde bekannt durch seine utopischen Romane und besonders sein Drama, Rossums Universal Robots' im Jahre 1920. Darin entwarf er das Bild einer Fabrik der Zukunft, in der der Roboter regiert. Der Begriff ,Roboter', vom slawischen ,raboti' = arbeiten abgeleitet, tritt damit erstmalig weltweit literarisch in Erscheinung. (Vgl. im vorliegenden Heft den Beitrag "Im Banne des Roboters".)

26. 12. 1863

Mit einer magnetelektrischen Maschine der Pariser Compagnie Alliance wird auf dem französischen Cap La Hève (Süd) die erste elektrische Leuchtturm-Befeuerung eingeführt.

Sigfrid von Weiher, Dr. phil., geb. 1920, Technik- und Industriehistoriker, gründete 1939 die Sammlung von Weiher zur Geschichte der Technik. Seit 1951 im Hause Siemens, war er dort 1960-1983 Leiter des Werkarchivs. 1970-1982 Lehrbeauftragter für Industriegeschichte an der Universität Erlangen-Nürnberg. Er ist Ehrenmitglied des VDI, seit 1983 Mitglied des wissenschaftlichen Beirats der Georg-Agricola-Gesellschaft. Er veröffentlichte Aufsätze und Bücher zur Technik- und Industriegeschichte.

Berichtigung zu den Gedenktagen in Heft 1/1988 17.5.1913 Statt

,Voith-Schneider-Turbine' muß es richtig heißen ,Voith-Schneider-Propeller'.

Nachrichten aus dem Deutschen Museum

Rolf Gutmann

Grand-Prix-Rennwagen im Deutschen Museum

Der erste Auto-Wettbewerb der Geschichte fand 1894 in Frankreich statt. Gewonnen wurde der Wettbewerb von Panhard-Levassor mit einem benzingetriebenen Automobil, das sich mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 24 km/h gegen ein starkes Aufgebot von dampfmaschinengetriebenen Konkurrenten durchsetzen konnte.

Sportliche Wettbewerbe mit dem Automobil machten rasch Schule, da sich Erfolge bald als sehr verkaufsfördernd erweisen sollten. Für die Entwicklung der Motorwagen waren Wettbewerbe also von größter Bedeutung

Ein moderner Vertreter dieser Wettbewerbs-Fahrzeuge ist nun bereits "museumsreif". Der von Renault gebaute Formel1-Rennwagen gehörte zu den schnellsten Wagen der Renn-Saison 1978. Beim Grand-Prix der USA errang er den 4. Platz. Er war der erste Weltmeisterschaftswagen mit Abgasturbolader der

die 10 Jahre währende ,Turbo-Ära' auslösen sollte.

Die Lufteinpressung machte den 1,5-Liter-Motor so leistungsstark wie seine Konkurrenten mit Saugmotor und doppelt soviel Hubraum. Diese enorme, bisweilen gefährliche Leistungssteigerung wird den Turbomotoren nun zum Verhängnis. Ab 1989 wird es in dieser Rennformel keine Turbomotoren mehr geben. In der Entwicklungsreihe unserer Wettbewerbsfahrzeuge in der Autohalle konnte mit der Aufstellung dieses Wagens eine Lükke geschlossen werden.

Renovierung der Lesesäle

Von Anfang an lag es in Oskar von Millers Absicht, die Museumssammlungen durch einen Studienbau zu ergänzen. Unmittelbar nach der Fertigstellung des Sammlungsbaus (1925) sollte in dieser wirtschaftlich äußerst schwierigen Zeit die Realisierung dieses Projekts erfolgen. 280 Bohrpfähle von einem Meter Durchmesser bilden das Fundament. Drei Millionen Kilogramm Stahl waren für diesen, damals einen der größten Stahlskelettbauten Europas nötig. 1932 konnte dann die Bibliothek eröffnet werden. Trotz schwerer Bombenschäden (1945) am Gebäude blieb der Buchbestand unversehrt, da, entgegen der baulichen Konzeption – die Magazine befinden sich unter dem Dach – alle Bücher vorsorglich im Keller eingelagert werden.

Nun, nach mehr als einem halben Jahrhundert Bibliotheksbetrieb, ist eine vorübergehende Schließung notwendig geworden, eine gründliche Renovierung ist nicht mehr zu umgehen. Am 11. Juli dieses Jahres schließt die Bibliothek ihre Pforten und wird voraussichtlich ab März 1989 ihren Betrieb wieder aufnehmen.

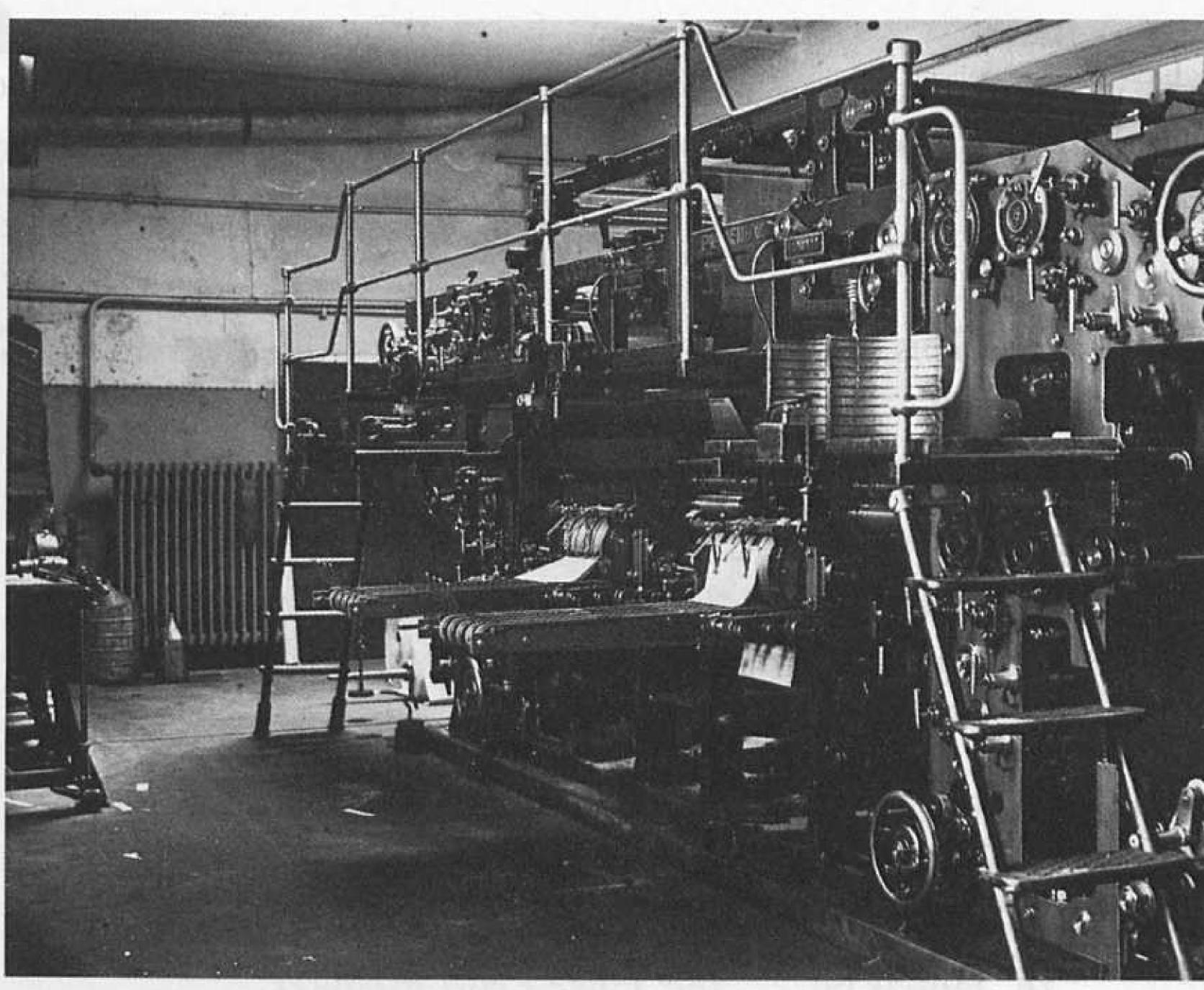
In dringenden Fällen steht die Auskunft (089/2179–224) im Filmsaal des Bibliotheksgebäudes zur Verfügung.

Wandlung

Diese Sonderausstellung, die vom 30. Juni 1988 bis 23. Oktober 1988 im Deutschen Museum zu sehen ist, zeigt eine Darstellung mathematischer Topologie, konzipiert von Jean-François Chabaud, Psychoanalytiker, Schüler von Dr. Jacques Lacan, in Zusammenarbeit mit Prof. Henri Cartan, Mathematiker von Weltruf, Mitbegründer von Bourbaki' und Mitglied des Institut de France.

Erstmalig wurde die Ausstellung unter dem Titel, Présentation des transformations topologiques de la chaine de J.H.C. Whitehead' achtzehn Monate lang im Saal der Mathematik des "Palais de la Découverte" in Paris gezeigt.

Das , Palais de la Découverte 'hat diese Arbeit als Weltpremiere auf dem Gebiet der Darstellung und Verbreitung wissenschaftlicher Arbeit bezeichnet. Es hieß: "Une première mondiale en matière de diffusion scientifique".



Rotationsdruckmaschine für die Abteilung "Schreiben und Drucken"

Die Entwicklung des Auflagendrucks beginnt mit der hölzernen Handpresse, die Gutenberg zum Druck seiner berühmten 42zeiligen Bibel benutzte. Die mit dieser Technik entstandenen Flugblätter der Reformationszeit gelten als die Vorläufer unserer heutigen Zeitungen.

Ende des 18. Jahrhunderts wurden dann die eisernen Handpressen eingeführt. Eine höhere Leistung war damit allerdings nicht möglich.

Die rasante technische Entwicklung im 19. Jahrhundert auf anderen Gebieten der Technik (z. B. Funk, Telegraphie) stellte an die Drucktechnik bald die Forderung nach aktuellerer Berichterstattung und höheren, billigeren Auflagen.

Bedeutsame Erfindungen auf dem Gebiet der Drucktechnik gelangen so im 19. Jahrhundert, wovon zwei besonders hervorzuheben sind. Zum einen die Zylinder-Schnellpresse (1812) von F. König, mit der es gelang, den langsamen Handpressendruck abzulösen. Diese neuartige Presse besaß eine ebene Druckform, gegen die das Papier mittels eines

Die VOMAG-Rotation wurde im Jahre 1925 als Zweirollenmaschine konzipiert, die zum Druck einer 32seitigen, einfarbigen Zeitung geeignet war. Die Maschine produzierte 8000 fertige gedruckte und gefalzte Exemplare.

Druckzylinders gepreßt wurde. Am 29.11. 1814 wurde auf einer Maschine diesen Typs erstmals die "Times" gedruckt. 1863 folgte dann die erste brauchbare Rotationsmaschine des Amerikaners W. Bullock. Die Druckform war hier auf einen rotierenden Zylinder angebracht, das Papier wurde "endlos" von der Rolle bedruckt.

Heute werden nahezu alle Massendrucksachen mit diesem Verfahren hergestellt. Die Abteilung "Schreiben und Drucken" erhält nun eine dieser Rotationsmaschinen. Die 1925 gebaute Maschine der VOMAG, Plauen, wurde uns vom Seniorchef des "Haßfurter Tagblatts", Herrn Josef Gerhart, übergeben. Durch dieses hervorragende Exponat ist es nun möglich, die Bedeutung des Kommunikationsmittels "Zeitung" plastisch darzustellen.

VERANSTALTUNGEN

Juli bis September 1988

neu:

30. Juni bis 31. Oktober »Wandlung - Darstellung der topologischen

Transformation der Whitehead-Kette«

3. Obergeschoß* Eine Ausstellung von Jean François Chabaud – Henri

Cartan (Institut de France)

Juli bis
 Juli
 Obergeschoß*

Architekten-Wettbewerb »Nationales Zentrum für

Geschichte der Luft- und Raumfahrt in

Oberschleißheim«

Vorgestellt werden 99 Entwürfe

Mai 1987 bis Ende 1988 Kristallzüchtung

Technische Kristalle für die Mikroelektronik

1. Obergeschoß*

Physik-Nobelpreis 1987

Dez. 1987 bis Mitte 1988

Ehrensaal*

»Supraleiter«

19. Januar bis

100 Jahre Ernst Heinkel

31. Oktober

Luftfahrtpionier und Unternehmer

Erdgeschoß*

Luft- und Raumfahrthalle

KOLLOQUIUMSVORTRÄGE DES FORSCHUNGSINSTITUTS

(Beginn 16.30 Uhr, Filmsaal, Bibliotheksbau, freier Eintritt)

1. Juli 1988

History of the Digital Computer: 1935-1945

Dr. Alex Arbel, Tel Aviv

Im August und September keine Kolloquiumsvorträge

SOMMERPAUSE

Sonntagsmatineen in der Musikinstrumentensammlung und Vorträge des VDI-Arbeitskreises Technikgeschichte finden erst wieder im nächsten Quartal statt.

* im Museum normale Eintrittspreise, bzw. für Mitglieder des Museums freier Eintritt.

Deutsches Museum

Museumsinsel 1, 8000 München 22, Telefon (089) 21791

IMPRESSUM

Kultur Technik

Zeitschrift des Deutschen Museums 12. Jahrgang,

Herausgeber: Deutsches Museum. Museumsinsel 1, D-8000 München 22,

Telefon (089) 2179-1

Verlag: C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung (Oscar Beck), Wilhelmstr. 9, D-8000 München 40, Telefon: (089) 38189-1, Telex: 5215085 beck d,

Telefax: (089) 38189398,

Postgirokonto: München 62 29-802.

Schriftleitung:

Dr. Ernst-Peter Wieckenberg (verantwortlich),

Dr. Walter Bauer-Wabnegg, Wilhelmstr. 9, D-8000 München 40, Peter Kunze, Deutsches Museum

Ständige Mitarbeiter: Dr. Ernst H. Berninger, Rolf Gutmann, Dr. Rudolf Heinrich, Dr. Otto Krätz,

Dr. Jürgen Teichmann

Gestaltung: Uwe Göbel, D-8000 München

Satz und Druck: Appl, Gutenbergstr. 3,

D-8853 Wemding

Bindearbeit und Versand: R. Oldenbourg,

D-8011 Kirchheim bei München Papier: BVS* holzfrei Bilderdruck

der Papierfabrik Scheufelen, D-7318 Lenningen

Anzeigenverwaltung:

Verlag C. H. Beck, Anzeigen-Abteilung,

Bockenheimer Landstr. 92, D-6000 Frankfurt 1,

Postanschrift: Postfach 110241,

D-6000 Frankfurt 11, Telefon: (069) 756091-0,

Telex: 412472 beck f d. Telefax: (069) 748683.

Verantwortlich für den Anzeigenteil:

Fritz Lebherz.

Anzeigenpreis: ½ Seite Schwarz/Weiß DM 2900,-, für Seitenteile lt. Tarif. Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 4.

Anzeigenschluß: ca. 6 Wochen vor Erscheinen. Die mit Autorennamen gezeichneten Artikel geben nicht in jedem Fall die Meinung des Herausgebers

und der Schriftleitung wieder. Kultur & Technik ist gleichzeitig Publikationsorgan für die Georg-Agricola-Gesellschaft zur

Förderung der Geschichte der

Naturwissenschaften und der Technik, Tersteegenstr. 28, D-4000 Düsseldorf.

Diese Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheber-

rechtsgesetzes bedarf der Zustimmung des Verlags. Die Zeitschrift erscheint vierteljährlich Bezugspreis 1988: Jährlich DM 36,– (incl.

DM 2,36 MwSt.) Einzelheft DM 9,50 (incl. DM -,62 MwSt). Jeweils zuzüglich

Versandkosten.

Für Mitglieder des Deutschen Museums ist der Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten (Erwachsene DM 48.–, Schüler und Studenten DM 24.–)

Bestellungen für die Mitgliedschaft im Deutschen Museum: Museumsinsel 1, D-8000 München 22 bzw. für Abonnenten über jede Buchhandlung und beim Verlag.

Abbestellungen müssen 6 Wochen vor Jahresende beim Verlag erfolgen.

Adressenänderungen: Bei Adressenänderung muß neben dem Titel der Zeitschrift die neue und alte Adresse angegeben werden.

ISSN 0344-5690