

Kultur & Technik

Zeitschrift des Deutschen Museums

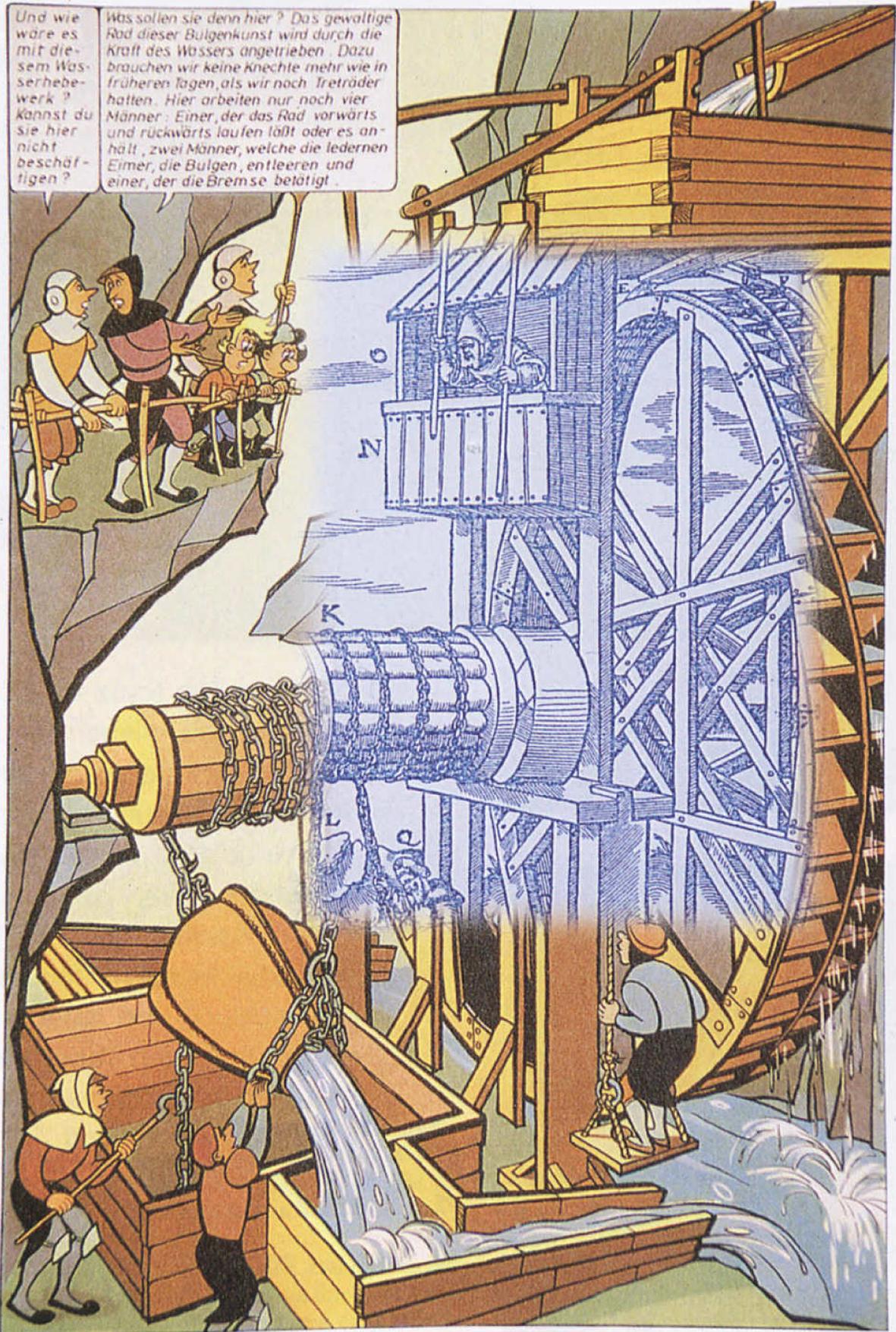
Verlag C. H. Beck, München

3/1997

gesch. 400
ZB-7361

TECHNIKGESCHICHTE

Bürgerliches Technikverständnis im DDR-Comic



Und wie wäre es mit diesem Wasserhebewerk? Kannst du sie hier nicht beschäftigen?

Was sollen sie denn hier? Das gewaltige Rad dieser Bulgenkunst wird durch die Kraft des Wassers angetrieben. Dazu brauchen wir keine Knechte mehr wie in früheren Tagen, als wir noch Treträder hatten. Hier arbeiten nur noch vier Männer: Einer, der das Rad vorwärts und rückwärts laufen läßt oder es anhält, zwei Männer, welche die ledernen Eimer, die Bulgen, entleeren und einer, der die Bremse betätigt.

ASTRONOMIE
Ein Schwarzes Loch im Zentrum der Milchstraße

PAUL KLEE
Das Gersthofer Werk und Werke zum Fliegen aus der Bauhauszeit

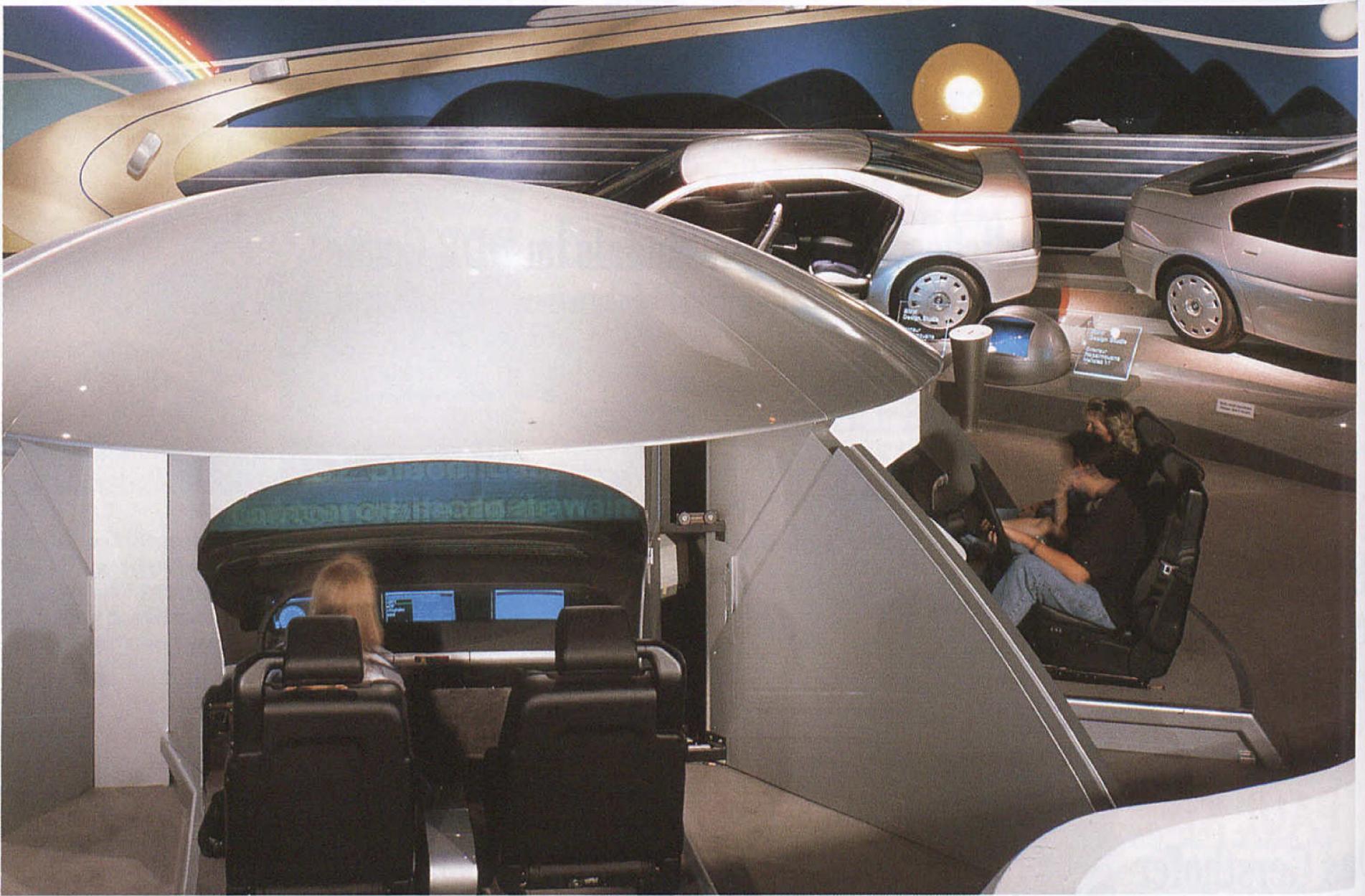
GLÄSER
Aus der Geschichte der Kunst, rote Gläser herzustellen

ENERGIE
Vor 150 Jahren: Helmholtz fand den Satz über die Energieerhaltung

KOSMOS-UHR
Eine astronomische Uhr in Zürich im Guinness-Rekordbuch



Ziel Zukunft



BMW Museum

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

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

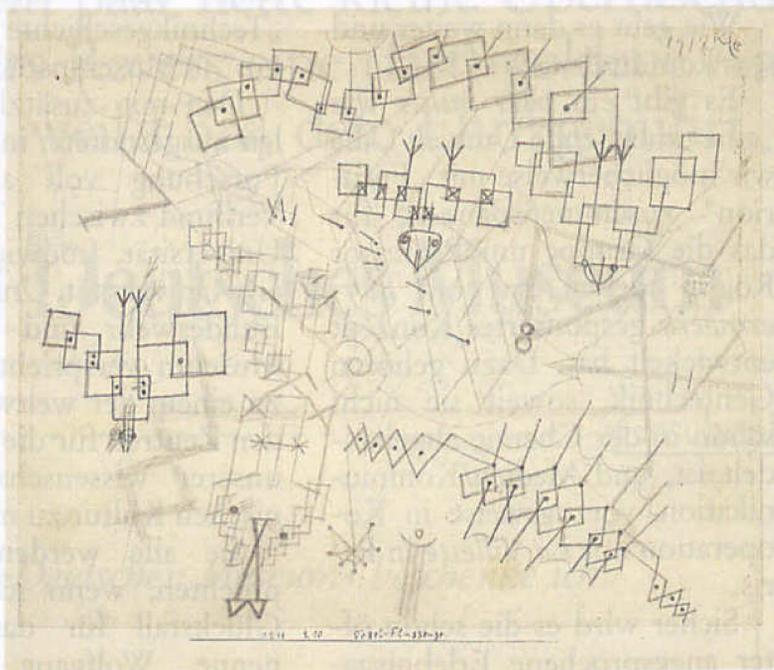
Die Ausstellung "ZEITHORIZONT" im BMW Museum dokumentiert die Entwicklung von einst miteinander konkurrierenden Verkehrsmitteln bis hin zum kooperativen Verkehrsmanagement der Zukunft.

BMW Museum

ZUM TITELBILD: DAS WASSERZIEHEN IN BULGEN AUS GEORG AGRICOLAS „DE RE METALLICA“ TAUCHT AUF IM COMIC „DAS LETZTE FEST“, MOSAIK 50/1961.

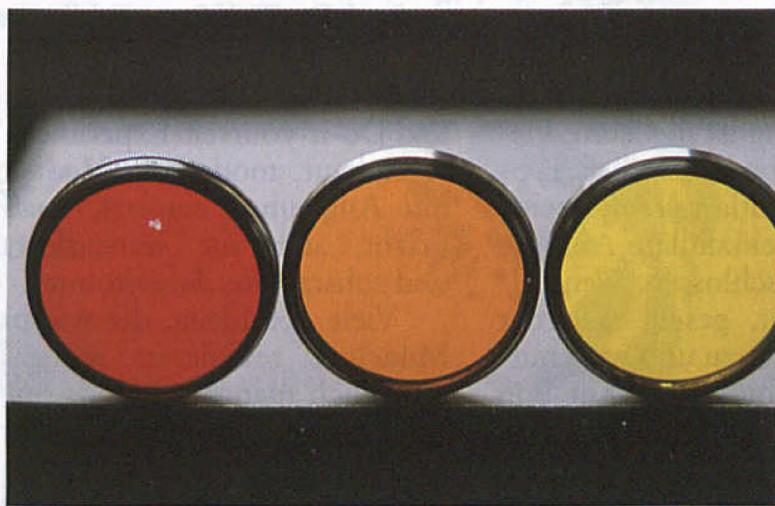
EDITORIAL	4	WISSENSCHAFTSGESCHICHTE	41
Zukunftsperspektiven Auszüge aus der Rede vor dem Kuratorium	<i>Wolf Peter Fehlhammer</i>	Ein Militärarzt in der Physik Der Energieerhaltungssatz von Hermann Helmholtz	<i>Stefan L. Wolff</i>
KULTUR & TECHNIK RUNDSCHAU	6	ZEITMESSUNG	46
Nachrichten zu technischer Kultur und Technikgeschichte	<i>Christiane und Hans-Liudger Dienel</i>	Der Himmel auf Erden Zürichs astronomische Uhr	<i>Manfred Fritz, Ludwig Oechslin Jörg Spöring, Franz Türler</i>
ASTRONOMIE	10	TECHNIKGESCHICHTE	51
Hungersnot im Weltall Das Schwarze Loch im Herzen der Milchstraße	<i>Rudolf Kippenhahn</i>	Technik und Klassenkampf Technikgeschichte im DDR-Comic „Mosaik“	<i>Thomas Kramer</i>
BILDER AUS DER TECHNIKGESCHICHTE	16	GEDENKTAGE TECHNISCHER KULTUR	58
Technikwunder unter Beschuß Militärspiel mit „unbemanntem“ Schiff	<i>Jobst Broelmann</i>	Daten zur Technikgeschichte	<i>Sigfried von Weiher</i>
PAUL KLEE III	18	DEUTSCHES MUSEUM	62
Reise zu den Himmelskörpern Paul Klee in der Fliegerschule Gersthofen	<i>Wilfried Wurtinger</i>	Angebote und Veranstaltungen	
PAUL KLEE IV	27	SCHLUSSPUNKT	65
„Auf einem Stern unter Sternen“ Paul Klee, Hugo Junkers und das Fliegen	<i>Helmut Erfurth</i>	Intimkontakt zur Waschmaschine Oder: Die Datenautobahn im Eigenheim	<i>Dieter Beisel</i>
GLASHERSTELLUNG	34	VORSCHAU / IMPRESSUM	66
Rote Gläser „Du denkst, du wüßtest was vom Glas...“	<i>Albrecht Schneider</i>		

Paul Klee:
„Vogel-
Flug-
zeuge“,
1918/
210.
Bleistift
auf
Papier,
21,7 x
27,4 cm.

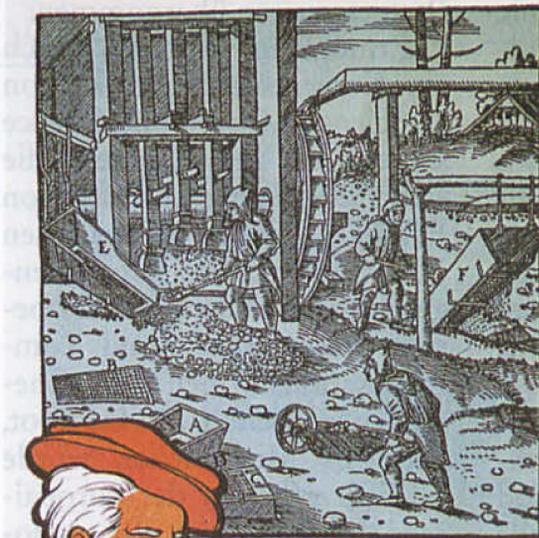


PAUL KLEE. Die Werke Klees in der Zeit an der Fliegerschule Gersthofen und seine Beziehung zum Fliegen am Bauhaus Dessau. **SEITEN 18 + 27**

TECHNIKGESCHICHTE. Die Helden des DDR-Comics *Mosaik* durchstreifen Antike, Wilden Westen oder Mittelalter. Heft 50/1961 weist auf Agricolas Bergbau-Bücher hin. **SEITE 51**



GLÄSER. Schon unter den ältesten Gläsern sind auch rote zu finden. Eine kleine Geschichte roten Glases zeigt die Möglichkeiten, es herzustellen. Es wird nicht nur für Schmuckstücke, sondern auch für technische Zwecke gebraucht. Rote und orangefarbene Fotofilter etwa sind Selenrubingläser. **SEITE 34**



Der Arzt und Metallforscher Georgius Agricola, der sich von 1527–1551 in der erzbergbaureichen Silberstadt Joachimsthal aufhielt, hat eine Reihe von Büchern geschrieben, die uns Auskunft über den Bergbau im Mittelalter geben. In seinem wichtigsten Werk „De re metallica“ beschreibt er alle damals verwendeten Wasserhebewerkszeuge und sonstigen bergbautechnischen Anlagen, wie die hier abgebildete Erntemaschine. Alle diese Maschinen wurden durch Wasserräder angetrieben. Trotzdem die Maschinen große Anstände hatten – das Kehrrad der Bergwerksmaße hatte einen Durchmesser von 18,20 Meter – kann man sich nicht vorstellen, wie groß die Dampfmaschinen heute sind. Hier muss man den Bergbau Gremmen genannt und erst die Dampfmaschine konnte der Wasser in großer Tiefe Herr werden.

An dieser Stelle müssen die Diederichs ihre Erzählung unterbrechen. Die Landung auf einem der ungemütlichsten Planeten des Weltalls und der völlige Zusammenbruch einer unwissenschaftlich geleiteten Filmexpedition bilden den Inhalt des nächsten



ZUKUNFTSPERSPEKTIVEN

Aus der Rede des Generaldirektors Wolf Peter Fehlhammer
vor dem Kuratorium

Die diesjährige Kuratoriumssitzung des Deutschen Museums fand am 7. Mai in der Flugwerft Schleißheim statt, in der am selben Tag die Klee-Ausstellung eröffnet wurde. Hier ein Auszug aus der Rede von Professor Dr. Wolf Peter Fehlhammer zu den zukünftigen Aktivitäten des Deutschen Museums.

Höhepunkt der Jahresversammlung 1998 wird die Eröffnung der Abteilung Brückenbau sein; mit ihrer Totalneugestaltung ist die letzte Planungsvorgabe klassischen Typs – das Wort Altlast verbietet sich für diese spektakuläre Ausstellung – abgeschlossen. Wenn alles gut geht, gesellt sich der Wasserbau hinzu und wird mitdominiert, mitüberspannt von Schlaichs kühner Brückenkonstruktion, die in einem Maße identitätsstiftend wirkt, wie ich mir das vor allem für die so schwer darstellbare Chemie wünschen würde, die dann folgen soll, allerdings als ein in mehrfacher Hinsicht neuer Typ Ausstellung, themenvernetzt, schalenförmig um den Nucleus Pharmazie angeordnet.

Die Zeitvorstellungen: Mai 1999 Pharmazie, 2000 Chemie-Teil I und 2002 soll die Chemie in vollem Glanz erstrahlen auf zweieinhalbtausend Quadratmetern!? Wir haben ein hochmotiviertes *internes* Team und in TRIAD hochprofessionelle Ausstellungsmacher *von außen*. Und wir haben ein – wie ich denke – absolut neuartiges Konzept, das nichts, aber auch gar nichts gemein hat mit der so gescholtenen Präsentation enzyklopädischen Lehrbuchwissens, das vielmehr Erlebnis-



Das Kuratoriumspräsidium (v. l. n. r.): Prof. Dr. Johannes Kohl, Prof. Dr.-Ing. Karlheinz Kaske, Prof. Dr. Dr.h.c. Wolfgang A. Herrmann, Prof. Dr. Wolf Peter Fehlhammer, Prof. Dr. Jürgen Mittelstraß.

welten schafft, viel Interaktives und Do-it-yourself-Experimente einbaut, modernste Medien mit Augenmaß einsetzt, Spaß macht, aber nie sinnentleert und substanzlos daherkommt.

Viele der Ideen, die wir in München realisieren wollen, aber auch manches Hands-on-Experiment, das dann in der neuen Abteilung steht, werden allerdings nicht hausgemacht sein, sondern von europäischen Partnermuseen übernommen.

Ermöglicht wird das durch ein Gemeinschaftsprojekt von 15 Science-Museen und Science Centers aus zehn Ländern, die sich 1995 unter dem Dach von ECSITE, einem europäischen Museumsverband, zusammengeschlossen haben, um die besten Präsentations- und Kommunikationsformen für Chemie zu erarbeiten. Mit ins Boot, auch als Mitfinanzier, wurde CEFIC gebeten, der europäische Dachverband der nationalen chemischen Industrien, und, wie immer, wenn zwei Europäer kooperieren, macht auch die EU Anstalten, sich zu beteiligen...

Die Frage ist nur: Gelingt es uns, die Chemische Industrie dafür zu gewinnen, und zwar

für beide Projekte, das europäische wie das des Deutschen Museums...

Wie geht es dann weiter und was kommt danach? ...

Es gibt ein paar *musts* wie „eine umfassende Umwelt“, die wir möglicherweise mit „Futurion“ zusammenspannen, für das die Gruppe um Professor Röglin soeben ein vom *Bayernwerk* gesponsertes Konzept entwickelt hat. Dazu gehören Gentechnik, soweit sie nicht schon in der Chemie abgehandelt ist, und Medien/Kommunikation, vorzugsweise in Kooperation mit *La Villette* in Paris.

Sicher wird es die schon öfter angesprochene Erlebnisgalerie für Kinder mit Zugang zum Freigelände geben, und ganz neu ist das *go ahead* für Medizintechnik: Ab sofort sammeln wir, planen wir und arbeiten wir bereits zusammen mit dem Klinikum Großhadern an einer vorgezogenen Sonderausstellung über bildgebende Verfahren in der Medizin, die wir auch auf Wanderschaft schicken wollen...

In meinem Jahresrückblick hatte ich der Hoffnung Ausdruck verliehen, im Jahr dar-

auf an gleicher Stelle über die Gründung eines Münchener Zentrums für Wissenschafts- und Technikgeschichte als universitärem Verbund am Deutschen Museum berichten zu können, und Professor Herrmann, unserem neuen Kuratoriumsvorsitzenden prophezeit, er würde dann als Gründungsvater in die Annalen eingehen.

Nun, dies ist weiterhin alles richtig, nur geht es dank Wolfgang Herrmann viel schneller, und ich bin überglücklich, doch noch meine dritte – oder muß ich sagen: vierte? – Universität zu bekommen! Eben kündigte Ulrich Wengenroth seine neue Vorlesungsreihe „Technikgeschichte im Museum“ in Museumsräumen an...

Der mit zusätzlichen Stellen ausgestattete, in Lehre und Forschung voll abgestimmte Verbund zwischen Technischer Universität, Ludwig-Maximilians-Universität, Universität der Bundeswehr und Deutschem Museum verspricht, München zu einem der weltweit führenden Zentren für die Geschichte unserer wissenschaftlich-technischen Kultur zu machen...

Sie alle werden mir beipflichten, wenn ich es einen Glücksfall für das Museum nenne, Wolfgang Herrmann zum Kuratoriumsvorsitzenden zu haben, und betone..., wie überaus dankbar wir sind, daß er diese gewiß anspruchsvolle Aufgabe neben dem Riesenamt des TU-Präsidenten zu bekleiden bereit war. Ein Blick in die Historie lehrt allerdings, daß es sehr wohl einen Präzedenzfall gab...: Ich spreche von Walther von Dyck, der gleichzeitig *Rektor magnificus* der Technischen Hochschule München und Mitvorstand des Deutschen Museums war. □

Ein Geschenk:

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

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

Deutsches Museum



Ich schenk' Dir ein Museum



Geschenk-Coupon

Mit dem »Deutschen Museum« beschenke ich:

Name, Vorname

Straße, Hausnummer

PLZ, Wohnort

Meine Anschrift lautet:

Name, Vorname

Straße, Hausnummer

PLZ, Wohnort

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

68,- DM pro Kalenderjahr

40,- DM pro Kalenderjahr
für Schüler und Studenten
(bitte Schüler-/Studentenausweis beifügen)

Bei diesem ermäßigten Beitrag gilt der
freie Eintritt nur für das Mitglied.

Bitte Deutsches Museum
einsenden an: 80306 München

VON CHRISTIANE UND HANS-LIUDGER DIENEL



Extensive Gleisbegrünung für Straßenbahnen in Städten, wie sie vom Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Berliner Humboldt-Universität entwickelt wurde.

EXTENSIVE NATURIERUNG STÄDTISCHER FLÄCHEN

Hervorgegangen aus einem alten Akademie-Institut in der DDR, ist das Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin – anders als viele Universitätsinstitute und anders auch als die meisten wissenschaftlichen Institute der ehemaligen DDR – ein recht erfolgreiches Unternehmen. Hier wird über Renaturierung des städtischen Raumes geforscht, und zugleich ist das Institut einer der führenden Naturierer im städtischen Raum – weltweit mit Aufträgen in Madrid, Athen, Wien, Mexico City, San Juan, Guayaquil und Havanna.

Bauwerks-Naturierung ist die Ansiedlung von pflanzlichem Leben auf Dächern, Mauern, Lärmschutzwänden, Gleisbettungen, Verkehrsflächen und anderen künstlich errichteten Bauwerken. Während die intensive Naturierung zum Beispiel in Form von aufwendig bepflanzten, regelmäßig gedüngten, bewässerten und gemähten Dachgärten ebenso bekannt wie teuer ist,

hat sich das Berliner Institut für extensive Naturierung spezialisiert. Eigens ausgewählte Pflanzenbiotope werden auf einen speziell behandelten Untergrund so aufgebracht, daß weder Bewässerung noch Düngung noch Rückschnitt erforderlich sind.

Das Geheimnis dabei ist zumeist, vor allem bei Gleisbettungen, zum Beispiel durch eine Folie den Kontakt mit dem gewachsenen Erdreich zu verhindern, damit keine tiefwurzelnden, hochwüchsigen Pflanzen einen Rückschnitt erforderlich machen.

Die Pflanzen sind niedrigwüchsig und ausdauernd. Daß sie regelmäßig austrocknen, gehört zum Konzept und verhindert überschießendes Wachstum. Extensiv „begrünte“ Flächen sind deshalb je nach Jahreszeit grün, gelb, braun oder rot.

Die Vorteile einer extensiven Naturierung im städtischen Raum sind beträchtlich: Das Mikroklima wird durch die Pflanzen deutlich verbessert, die Luftfeuchtigkeit wird reguliert, Schadstoffe werden gemindert, Dachwohnungen im Winter isoliert, im Sommer

gekühlt. Natürte Gleisbetten tragen sehr stark zum Schallschutz bei (Minderung um bis zu 12,5 Dezibel), die in der Wiese versteckten Gleise sind kaum sichtbar. Das bedeutet allerdings auch eine Gefahr für Fußgänger, weil die Gleisanlagen kaum noch als solche zu erkennen sind.

Solche Gleisbettnaturierungen wurden in den letzten Jahren bereits in Freiburg i. Br., Zürich, Linz, Hannover, Bonn, Würzburg, Stuttgart, Cottbus und Leipzig vorgenommen, in der Regel als Rasengleise. Extensive Dachbegrünungen wurden auf acht Demonstrations-

dächern bei der Bundesgartenschau in Cottbus vorgeführt. Dank Partnerschaftsvereinbarungen mit Mexico City und Madrid konnten auch hier, unter veränderten klimatischen Bedingungen, Versuchsdächer eingerichtet werden.

Das Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte sieht in der extensiven Großflächennaturierung eine große Chance, den innerstädtischen Raum ohne allzu großen Aufwand und auf wirtschaftliche Weise lebenswerter zu gestalten.

VELOTAXIS – VARIANTE DER FAHRRAD-RIKSCHA FÜR BERLIN

Eine innovative und zugleich mit voller Absicht pittoreske Problemlösung im Berliner Stadtverkehr versucht seit 30. März 1997 die *Velotaxi GmbH Berlin*. 45 eigens konstruierte Velotaxis befahren in Berlin fünf ausgewählte Linien.

Das Velotaxi ist ein patentrechtlich geschütztes High-Tech-Dreirad. In geschlossener Kabine können zwei Personen mit leichtem Gepäck transportiert werden. In Zusammenarbeit mit der *Technologiestiftung*, Innovationszentrum Berlin, wird bereits an einem Prototyp mit solarelektrischem Antriebsmotor gebaut. Getragen wird das Projekt von einem freien Unternehmer, unterstützt vom Berliner Umweltsenat und der *Technologiestiftung Berlin*. Es soll ab dem ersten Jahr Gewinne einfahren, nicht zuletzt deshalb, weil sich zahlreiche Sponsoren

Entwurf für die eigens entwickelte Rikscha der Berliner *Velotaxi GmbH*.

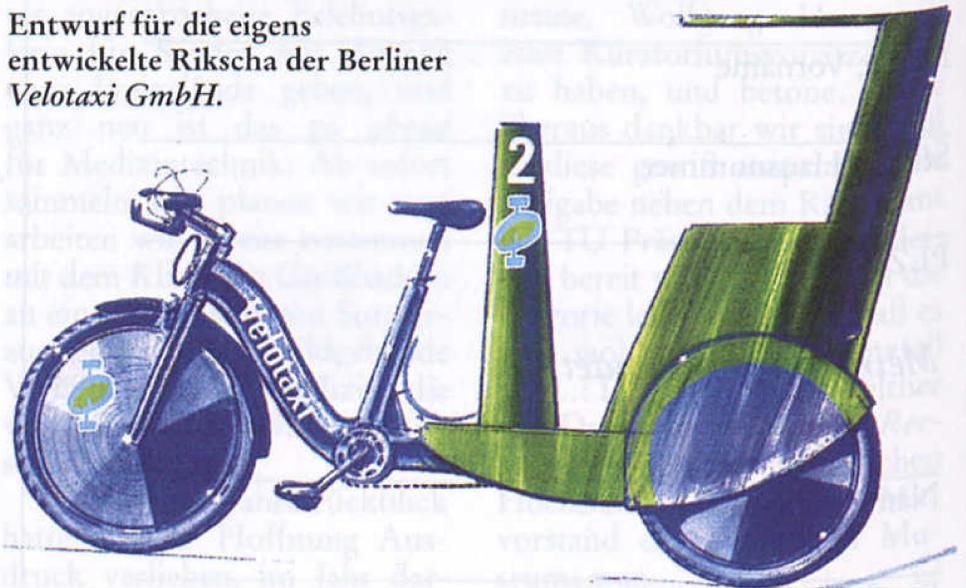


Abb.: Dr. W. Rudolf, Berlin (o.); Velotaxi GmbH, Berlin (u.)

für die auffälligen neuen Vehikel fanden.

Das Velotaxi kann Fahrradwege, Busspuren, Fußgängerzonen und Parkanlagen befahren und ist damit mobiler als jedes andere städtische Verkehrsmittel. Dank der geschlossenen Kabine und einer Komplettfederung bietet es guten Schutz vor Witterung und den notwendigen Komfort für die Fahrgäste. Der Fahrpreis wird pro Strecke dank der Werbeeinnahmen nur DM 3,60 betragen und liegt damit noch unterhalb dem Preis für ein Busticket.

Im Gegensatz zum Bus hält der Fahrer an jeder gewünschten Stelle auf der von ihm befahrenen Linie und kann auch einige 100 Meter weit davon abweichen, um die Passagiere, zum Beispiel mit ihren Einkäufen, bis vor die Haustür zu bringen. Somit wird Taxikomfort mit ÖPNV-Preisen, völliger Schadstofffreiheit und einem ungewöhnlichen Fahrerlebnis verbunden.

Das Projekt soll zur touristischen Attraktivität Berlins beitragen. Das Velotaxi könnte, so die Hoffnung, sogar zu einem Symbol für Berlin werden. Denn die Velotaxi-Linien führen vorbei an Denkmälern, Museen und Kunstausstellungen der Stadt. Alle Routen sind über Umsteigemöglichkeiten miteinander verbunden, so daß Touristen und Schulklassen Berlin geschichtlich und kulturell erleben können.

Wer in diesem Sommer Berlin per Velotaxi „erfahren“ will, kann unter Telefon (030) 304 66 55 weitere Informationen anfordern.

WOLKEN-MALEREI-GESCHICHTE

Menschen sind „Augentiere“, behauptet der bekannte Berliner Historiker Arthur E. Imhof. Er kritisiert, daß seine Kollegen viel zu selten Gemälde für die Interpretation der Geschichte nutzen. Die schnelle Entwicklung der CD-ROM und des Internet waren für Imhof ein Geschenk des Himmels. Seine Lehrveranstaltungen und Publikationen hat

er völlig auf diese neuen Medien umgestellt.

Neueste Errungenschaft ist eine CD-ROM namens *WolkenGebilde*, die gemeinsam mit der *Deutschen Gesellschaft für Meteorologie* entwickelt wurde. Am Anfang der Kooperation stand die Entdeckung, daß auf holländischen Landschaftsgemälden des 17. Jahrhunderts die Hälfte bis zwei Drittel des Bildes für den Himmel und Wolken reserviert sind. Was wollten die Maler damit sagen? 20 niederländische Landschaftsgemälde werden mit entsprechenden Wolkenfotos der Gegenwart verglichen und sind CD-ROM-typisch interaktiv aufbereitet.

Die CD kann bestellt werden bei DMG-ZV Berlin & Brandenburg, c/o Institut für Meteorologie, FU Berlin, C.-H.-Becker-Weg 6-10, 12165 Berlin, Fax (030) 791 9002.

Wolkenbilder – hier Jacob von Ruisdaels „Ansicht von Haarlem“, um 1670.



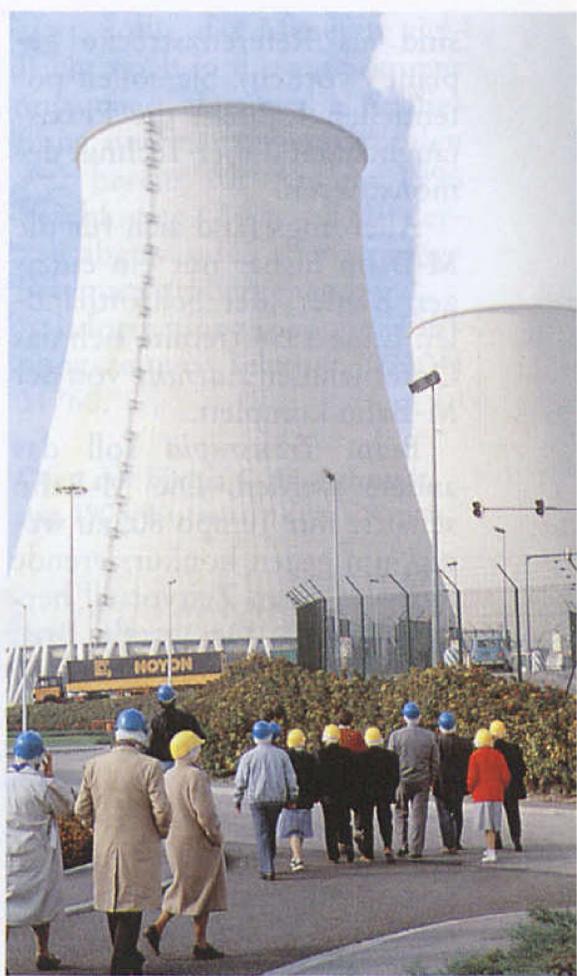
STEIGENDE BESUCHERZAHLEN: FÜNF MILLIONEN BESUCHER IM ELEKTRIZITÄTSWERKWERK

Anders als in Deutschland ist in Frankreich die Kernenergie nach wie vor gesellschaftsfähig. Weniger als ein Viertel aller Franzosen machen sich laut Umfragen über mögliche GAUs und andere Unfälle in Kernkraftwerken Sorgen. Im Gegenteil, Elektrizitätserzeugung in Kernkraftwerken zieht Besucher an. Rund fünf Millionen Menschen besichtigten in den letzten Jahren eines der

Elektrizitätswerke der *Électricité de France* (EdF).

Im Gegensatz zu den deutschen Stromerzeugern braucht sich die EdF über den bevorstehenden Energiebinnenmarkt nicht zu sorgen. Frankreich hat die niedrigsten Strompreise in der Europäischen Union und exportiert kräftig nach nah und fern. Dennoch sucht auch die EdF nach einer Strategie, trotz fallender Monopole ihre Kunden zu halten. Das neue Konzept heißt „Gläsernes E-Werk“ und verspricht vollkommene Transparenz, insbesondere im Bereich der Kernenergie.

Dieses Programm läßt sich EdF rund 7 Millionen DM im Jahr kosten, aber es erzielte damit im letzten Jahr Besucherzahlen, die mit denen des Deutschen Museums vergleichbar sind: 600.000 Menschen besichtigten Wasserkraftwerke der EdF, 300.000 eines der Kernkraftwerke und weitere 100.000 Forschungs-labors und verschiedene Museen zur Elektrizität.



Das EdF-Kernkraftwerk Nogent sur Seine.

gäste war schon nach sieben Monaten erreicht. Doch zu diesem Zeitpunkt war über das Ende der Strecke bereits entschieden. Der unbebaute Potsdamer Platz war durch die Deutsche Einheit zu einer der begehrtesten Bauflächen in der Mitte Berlins geworden. Die M-Bahn mußte weichen. Sie wurde ab August 1991 abgebaut und auf dem Flughafen Schönefeld eingemottet.

„Der Steuerzahler kann beruhigt sein. Das Projekt wandert ja nicht auf den Schrott“, machte sich damals Gerhard Heyner Mut, der Geschäftsführer der M-Bahn. Doch Heyners Prophezeiung sollte sich nicht bewahrheiten. Mehrere Vorschläge für einen Wiederaufbau zwischen Flughafen Schönefeld und der S-Bahn oder in anderen deutschen Städten scheiterten oder wurden nicht energisch genug verfolgt. Der Oldtimer war für die potentiellen Betreiber nicht attraktiv genug.

Zwischen der M-Bahn und ihrem großen Bruder, der geplanten Strecke Berlin-Hamburg, gibt es zahlreiche Parallelen, nicht nur in der Antriebstechnik. Beide Projekte

AUSGESCHWERT: DIE M-BAHN IN BERLIN

Seit 1984 schwebte die Berliner M-Bahn, ein Mini-Transrapid für den innerstädtischen Verkehr, zu Erprobungszwecken über den Potsdamer Platz. Der 1,6 Kilometer lange Stelzenweg verband die S-Bahn-Station Gleisdreieck mit dem „Kulturforum am Klemperplatz“.

Im August 1989 begann der kostenlose öffentliche Fahrbetrieb, der sich schnell zu einem Publikumsrenner ausweitete. Die erste Million Fahr-

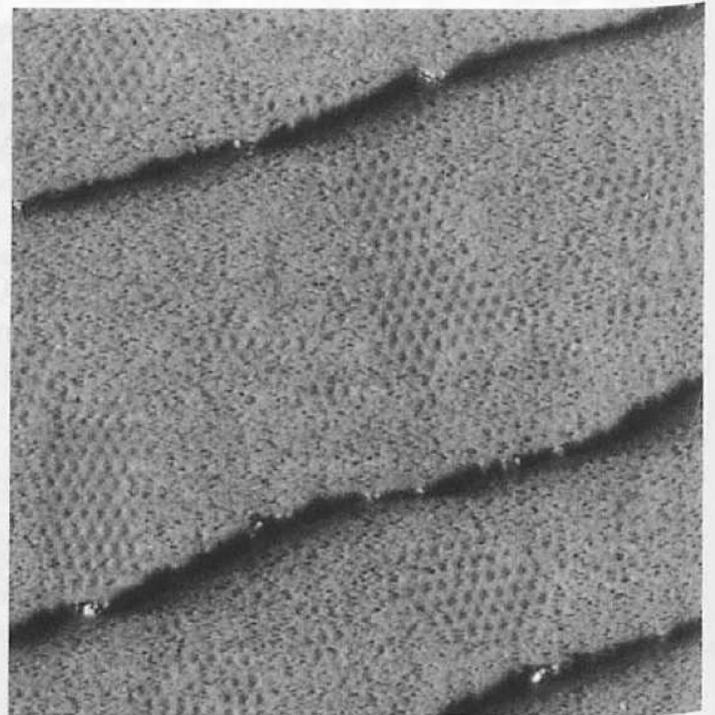
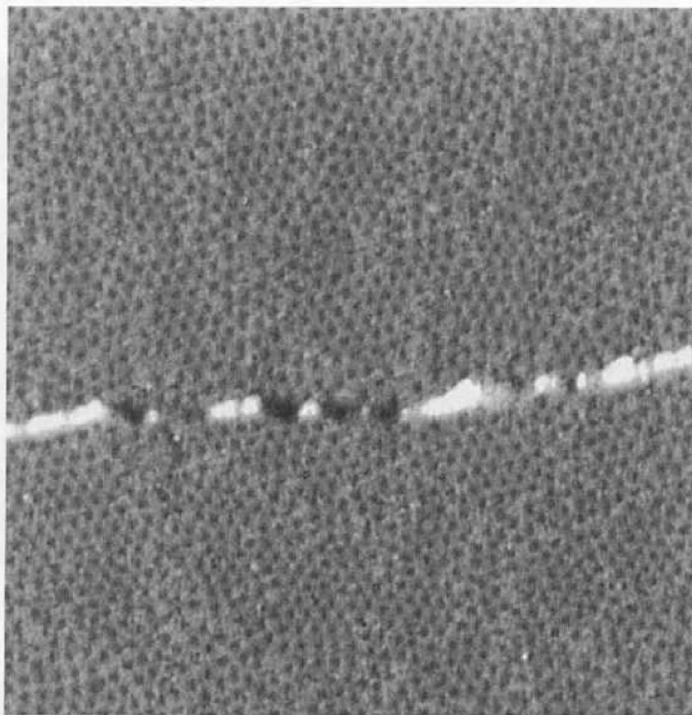
Abb.: Mit freundlicher Genehmigung der Stiftung Preussischer Kulturbesitz (Ruisdael); Electricité de France Deutschland GmbH (t.o.)

VON CHRISTIANE UND HANS-LUDGER DIENEL

sind als Referenzstrecke geplant (worden). Sie sollen potentiellen Käufern die Praxistauglichkeit dieser Technik demonstrieren.

Allerdings fand sich für die M-Bahn bisher nur ein einziger Käufer: der Schrotthändler. Ende 1994 trennte sich das Unternehmen *Adtranz* von der M-Bahn komplett.

Beim *Transrapid* soll das anders werden. Die M-Bahn schaffte nur Tempo 80, zu wenig, um gegen konkurrierende Systeme einen Zeitvorteil herauszufahren. Der große Bruder mit seinen weit über 400 Kilometern pro Stunde ist dagegen für die Fernverbindungen zwischen Ballungsräumen schneller als die Konkurrenz. Japan ist vor allem aus diesem Grund – und trotz der erfolgreichen Rad-Schiene-Hochgeschwindigkeitszüge – in die Magnetbahntechnologie einge-



Die molekulare Struktur von Eis, die auf einem sich erwärmenden Platinträger sichtbar wird.

genstand von Unterrichts- und Vorlesungsstunden wie das Wassermolekül H_2O . Die Abstände, 0,0965 Milliardstel Meter zwischen den Wasserstoffatomen und zentralem Sauer-

sichtbar zu machen. Drei Voraussetzungen waren dafür nötig: Langjährige Erfahrungen der Grenzflächenforscher, die dank ausgeklügelter Verfahren inzwischen in der Lage sind, auf tiefgekühlten Platinoberflächen in Ultrahochvakuumkammern nur *ein* Molekül dicke Eisstrukturen und Wasserfilme aufzubringen; die Entwicklung eines Rastertunnelmikroskops, das auch tiefgekühlt arbeitet; und schließlich ein praktikables Verfahren zur Herstellung des notwendigen Reinstwassers.

Trotz dieser Voraussetzungen war es zunächst erstaunlich, daß die Abbildung der molekularen Strukturen gelang, denn reines Wasser leitet nicht und läßt sich daher von einem Rastertunnelmikroskop, das Oberflächenstrukturen durch die Messung von „Tunnelströmen“ zwischen einer feinen, an der Spitze nur ein Atom großen Metallnadel und den Oberflächenmolekülen abtastet, nicht darstellen.

Da die Bilder aber nun da waren, ließ sich auch eine überzeugende Erklärung finden und theoretisch nachprüfen: Die Elektronen des Wassermoleküls ändern durch den Kontakt mit Platin ihre Eigenschaften, so daß die molekularen Eis- und Wasserschichten ebenso leitfähig werden wie ein Metall.

Die Bilder lassen deutlich das hexagonale Gittermuster

einer Eisschicht erkennen, die kugelförmigen Gebilde sind die Wassermoleküle.

EIN PEINLICHER FEHLER

In *Kultur & Technik* 2/1997 hatten wir einen Beitrag dazu gedruckt, warum nur Otto Hahn den Nobelpreis erhielt, Lise Meitner und Fritz Straßmann dagegen unberücksichtigt blieben. Wir haben dabei ein falsches Bild von Fritz Straßmann gedruckt, weil uns die Agentur, bei der wir das Bild bestellten, den Mediziner gleichen Namens zugesandt hatte. Wir bitten für die Verwechslung um Entschuldigung und zeigen hier ein Bild des „richtigen“ Straßmann (um 1935).



Abb.: Forschungszentrum Jülich (o.); Landesbildstelle Berlin (l.); Deutsches Museum (r. u.)



Die Magnetbahn in der Nähe des Berliner Bahnhofs „Gleisdreieck“.

stiegen. Im April 1997 wird dort die erste, 18 Kilometer lange Teststrecke für Geschwindigkeiten bis 550 Kilometer pro Stunde ihren Betrieb aufnehmen.

ERSTMALS WASSERMOLEKÜLE SICHTBAR GEMACHT

Kein anderes Molekül füllt so viele Kapitel in Chemiebüchern und ist so häufig Ge-

stoff, sind ebenso bekannt wie der Winkel (104,5 Grad), den die drei Atome einschließen. Dennoch war es bisher nicht möglich, ein isoliertes Wassermolekül zu sehen.

In einer Arbeitsgruppe am Institut für Grenzflächenforschung und Vakuumphysik des *Forschungszentrums Jülich* ist es im Rahmen einer Doktorarbeit nun gelungen, die molekulare Struktur von Wasser

BRÜCKEN AM WEG

Sechs Kilometer steigt der Bahndamm von Süden langsam auf 40 Meter Höhe, geht dann in eine mehr als zwei Kilometer lange Stahlbrücke über, die in ihrer Mitte den Nord-Ostsee-Kanal bei Hochdamm überspannt, um dann langsam wieder in den jenseitigen Damm über- und niederzugleiten. Gebaut wurde die Brücke 1913-19, und neu gesehen und beschrieben hat sie der bekannte Brückenbauingenieur Klaus Stiglat in seinem Reiseführer *Brücken am Weg*.

Ein Ingenieur sieht unterwegs andere Dinge als ein Ornithologe. Als Unternehmertenieur kommt Klaus Stiglat viel mit dem Auto in der Welt herum. Ihm sind frühe Brücken aus Eisen und Beton in Deutschland und Frankreich aufgefallen, und er hat, mit Unterstützung seiner Frau, einen „Reiseführer für Ingenieure“ daraus gemacht.

Über 30 französische und knapp 20 deutsche Brücken werden in knappen Strichen meisterhaft beschrieben; ihr Innovationsgehalt, ihre Ästhetik und Geschichte. Ergänzt werden die Beschreibungen durch Hinweise auf die besten Annäherungen an und Blickwinkel auf die Brücken. Neue Entdeckungen verspricht das Buch für den Leser allemal, denn viele der Brücken, besonders der frühen französischen Beton- und Stahlbetonbrücken, sind fast unbekannt und werden in diesem vergleichenden Bildband, der mehr ist als ein Reiseführer, erstmalig gewürdigt. Diese Art Reiseführer könnte es häufiger geben.

Die Brücke über den Nord-Ostsee-Kanal bei Hochdamm.



Klaus Stiglat: *Brücken am Weg. Frühe Brücken aus Eisen und Beton in Deutschland und Frankreich*. Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1996, 68,- DM.

WEBSITES FÜR K&T-LESER

Die Ausstellungsmacher der nächsten Weltausstellung, der *Expo 2000* in Hannover, haben sich bei ihrer Homepage nicht lumpen lassen und bieten eine attraktive und komfortable, mit Suchmaschine und Online-Hilfe ausgestattete Internet-Vorzeige-Adresse an: <http://www.expo2000.de/>.

Hier wird nicht nur in beständig aktualisierter Form über den Stand der Vorbereitungen informiert, sondern es sind auch Ansichten des Ausstellungsgeländes, detaillierte Informationen – einschließlich Adressen der beteiligten Organisationen – und ein Exkurs über die Geschichte von Weltausstellungen zu haben. Spannend wird es im „Gästebuch“, in dem täglich Leser ihre Einträge hinterlassen und ein lebendiges Bild der derzeitigen technikfreund- oder -feindlichen Stimmungen zeichnen.

In einem Diskussionsforum werden die Leser ausdrücklich zur kontroversen Online-Diskussion provoziert. Außerdem bietet die Internet-Expo – zugeschnitten auf den typischen Netsurfer – eine Spielecke und einen Kinderspielplatz „Expo für Kids“.

DAS KACHELOFENMUSEUM IN VELTEN

Das *Ofen- und Keramikmuseum Velten*, südlich von Berlin gelegen, ist das einzige seiner Art in Deutschland. Zu DDR-Zeiten waren die Bestände für 25 Jahre in Kisten eingelagert, nach der Wende wurden die Kisten wieder ausgepackt.

In Velten begannen die Ziegeleien seit etwa 1820 auch Ofenkacheln herzustellen. 1905, auf dem Höhepunkt des ersten Berliner Baubooms, lieferten 38 Veltener Ofenfabriken 100.000 Kachelöfen in die Metropole. Im gleichen Jahr gönnte sich der kleine Ort das

Ofen-Museum. Anfangs wurde vor allem der aus schmacklosen, glattweißen Schmelzkacheln gefertigte „Berliner Ofen“ vertrieben, aber schon bald wurde die Produktion farbiger Kacheln aufgenommen. Dem Zeitgeschmack entsprechende Designs standen neben Entwürfen berühmter Namen von Schinkel bis Peter Behrens.

Wer sich für bubbernde Kachelofengemütlichkeit interes-

siert, sollte das Museum vielleicht noch in diesem Sommer aufsuchen. Denn die Schließung aus finanziellen Gründen war bereits für Anfang 1996 beschlossen. Zwar ist sie derzeit abgewendet, aber womöglich nur vorübergehend.

Informationen sowie Öffnungszeiten: Telefon (03304) 31760. □

Ofen der Firma C. H. Schmidt, um 1905. Entwurf: Ernst Sputh.



HUNGERSNOT IM WELTALL

Das Schwarze Loch im Herzen der Milchstraße

VON RUDOLF KIPPENHAHN

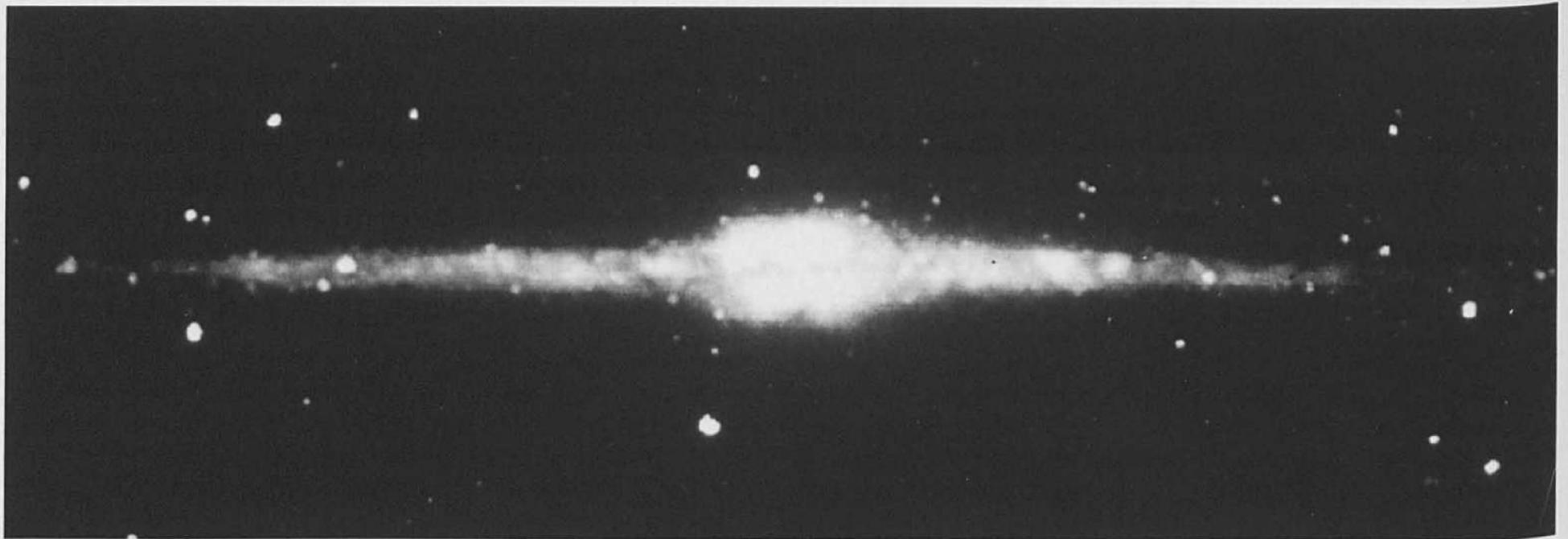
Man kann ihn nicht sehen, und doch ist er da. Im Zentrum unseres Milchstraßensystems steht einer der aufregendsten Himmelskörper, von denen man bisher nur sicher war, daß sie in den Köpfen der Astrophysiker existieren: Schwarze Löcher. Eine im Garchinger Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik entwickelte Infrarotkamera vermittelt neue Erkenntnisse über das Zentrum der Milchstraße.

Schon seit dem 18. Jahrhundert wissen die Astronomen, daß wir mit unserer Sonne in einem flachen, mit Sternen ausgefüllten Raumgebiet stehen, dem sie den Namen Milchstraßensystem gaben, da seine Sterne am Himmel das Band der Milchstraße bilden. Nach dem lateinischen Wort für Milch heißt das System auch die Galaxis. Noch bis zum Jahre 1918 glaubten die meisten Astronomen, wir stünden im Zentrum. Dann aber bewies der amerikanische Astronom Harlow Shapley an der Verteilung der Sterne im Raum, daß das Zentrum der Galaxis von uns aus gesehen in Richtung des Sternbildes des Schützen liegt, so weit entfernt, daß das Licht von dort Zehntausende von Jahren zu uns unterwegs ist.

Um diesen Punkt ziehen die etwa 100 Milliarden Sterne der Milchstraße ihre Bahnen. Wir können dort nichts Auffälliges sehen, denn das sichtbare Licht bleibt auf dem Weg zu uns in

Die Milchstraße in Richtung des Sternbildes des Schützen (Sagittarius). Hinter den dunklen Wolken in der Bildmitte verbirgt sich das Zentrum der Milchstraße.

Foto: ESO, Astrofoto/Koch



Der innere Teil der Scheibe unseres Milchstraßensystems im infraroten Licht vom Erdsatelliten COBE aus aufgenommen. Das Zentrum liegt in der Mitte des Bildes.

den Staubwolken stecken, nur Radiowellen und infrarotes Licht kommen ungehindert durch. Radiowellen geben uns Kunde von Gaswolken die sich dort bewegen. Sterne erkennen wir nur, wenn wir im infraroten Licht beobachten. Doch dafür ist unser Auge blind.

Die spärliche Strahlung, die uns heute von dort erreicht, hat einen weiten Weg hinter sich, etwa 27.000 Jahre ist sie unterwegs gewesen. Zwar beherbergte die Erde vor dieser Zeit schon Menschen, doch die hatten gerade erst gelernt, Pfeile mit Bögen abzuschließen. Es sollten noch 7.000 Jahre vergehen, bis sie begannen, Höhlenwände mit den Bildern ihrer Jagdtiere zu bemalen. Im Zentrum der Milchstraße aber sandten Sonnen ihr Licht in den Raum, von Gaswolken gingen Radiowellen aus. Mit einer Geschwindigkeit von 300.000 Kilometern pro Sekunde (km/s) eilten die Quanten des Lichtes und der Radiostrahlung nach allen Richtungen.

Ein Teil flog geradewegs auf unsere Sonne zu. Nach etwa 18.000 Jahren durchquerte er eine Gegend, welche die Astronomen den Scutum-Crux-Arm nennen, weil in seiner Richtung die Sterne stehen, die von der Erde aus in den Sternbildern des Schildes (*Scutum*) und des Kreuzes (*Crux*) zu sehen sind. In diesem Arm gibt es besonders viele helle blaue Sterne, die benachbarte Gaswolken zum Leuchten anregen. Die Astronomen wissen, daß dies verhältnismäßig junge Sterne sind, entstanden aus sich zusammenballenden und sich verdichtenden Gas- und Staubwolken. Als die Strah-

lung aus dem Zentrum, die uns heute erreicht, dieses Gebiet durchheilte, brannten die Menschen auf der Erde ihre ersten Töpfe aus Lehm.

Die Staubkörner in den Wolken des Scutum-Crux-Armes verschluckten einen Teil des sichtbaren Lichts, vor allem das kurzwellige blaue. Die Radiowellen aber und das langwellige Licht der Infrarotstrahlung gingen nahezu ungehindert weiter.

Die Strahlung schoß während der nächsten Jahrtausende durch einen verhältnismäßig sternarmen Bereich bis sie wieder auf einen Arm voll junger Sterne stieß, den Sagittarius-Arm, benannt nach den Sternen des Sternbilds Schütze (*Sagittarius*). Das war vor etwa 4.000 Jahren. Auf der Erde begannen die Menschen statt Rinder und Esel nunmehr Pferde vor ihre Wagen zu spannen.

Nach vier weiteren Jahrtausenden kam die Strahlung aus dem Zentrum zur Erde. Schon seit Jahrmilliarden kommt Strahlung aus dem Zentrum bei uns an, doch niemand nahm sie zuerst wahr. Erst im Jahre 1933 bemerkte ein Radioingenieur, der eigentlich Funkstörungen untersuchen wollte, die Radiostrahlung aus dem Zentrum der Milchstraße. War das Zentrum der galaktischen Scheibe bisher nur ein mathematischer Punkt, um den sich alles dreht, so deuteten die Radiowellen an, daß dort Materie steht, die wie ein Rundfunksender strahlt.

Etwa ein Jahrzehnt zuvor war es dem amerikanischen Astronomen Edwin P. Hubble gelungen, endlich eine alte Vermutung zu beweisen, die

schon auf Immanuel Kant zurückging, daß nämlich die runden elliptischen Nebelflecken am Himmel, die seit einem Jahrtausend bekannt waren, weit draußen im Raum stehende Sternsysteme sind wie unsere Galaxis. Bei diesen Galaxien blicken wir oft schräg auf die Scheibe und sehen das Zentrum, ohne daß uns Staubwolken den Blick verhüllen. Manche Systeme besitzen überhaupt keine Staubwolken, so daß ihr Zentrum frei vor unseren Augen liegt. Die uns nächste



Der Andromedanebel ist ein Sternsystem, das etwa zwei Millionen Lichtjahre entfernt ist. Wie unser Milchstraßensystem liegen die meisten Sterne in einem flachen, linsenförmigen Raumbereich, den wir schräg von der Seite sehen. Wie in unserem System zeigt die Scheibe eine spiralförmige Struktur. Mehrere Spiralarme winden sich um das Zentrum.

größere Galaxie ist der Andromedanebel. Bei ihm sehen wir schräg von außen auf den Kern, merken aber nur, daß im Zentrum ein helles, punktförmiges Gebilde steht.

Es gibt aber Galaxien mit aufregenderen Mittelpunkten. Bei ihnen gehen vom Zentrum scharfe Strahlen nach außen, Gasströme, die mit großer Geschwindigkeit in den Raum schießen. Das Zentrum einer sonst unscheinbaren Galaxie im Sternbild Schwan (*Cygnus*) feuert zwei Gasstrahlen (Jets) mit Geschwindigkeiten von etwa 17.000 km/s in entgegengesetzte Richtungen in den Raum. Die in diesen Jets gespeicherte Energie übersteigt unser Vorstellungsvermögen. Man muß schon die Tatsache zu Hilfe nehmen, daß nach Einstein Energie auch Masse ist, daß etwa die Energie, die das Unheil von Hiroshima angerichtet hat, in Materie ausgedrückt nur etwa einem Gramm entspricht.

In den Strahlen der Radioquelle im Cygnus (Cyg A) entspricht die Energie in den Strahlen einer 37stelligen Anzahl von Gramm Materie – und alle diese Energie kommt aus dem Zentrum! Dort scheint ein Kraftwerk verborgen zu sein, von einer Art, wie es die Astronomen vorher nie geahnt hatten. Seit Ende der 50er Jahre fragen sich daher die Astrophysiker, welche exotische Gebilde in den Zentren dieser Galaxien stehen, die in einem kleinen Raumgebiet unvorstellbare Mengen von Energie freisetzen können.

Demgegenüber ist das Zentrum unseres Milchstraßensystems trotz der Radiostrahlung, die wir von dort erhalten, recht unscheinbar. Tragen nur einige wenige Galaxien in ihren Herzen rätselhaft Kraftwerke wie die Cygnus-Galaxie? Oder haben nahezu alle Sternsysteme in ihren Zentren Kraftwerke, die aber nicht immer eingeschaltet sind? Steht eines auch im Zentrum unseres Systems und ist es vielleicht im Augenblick nur vorübergehend außer Betrieb?

Als man im Jahre 1974 an der Radiosternwarte von Greenbank in den USA zwei Teleskope im Abstand von 35 Kilometern miteinander kombinierte und auf das Sternbild Sagittarius richtete, entdeckte man in der aus diesem Teil des Himmels kommenden Strahlung eine Quelle, die nur einen kleinen Winkelbereich des Himmels einnimmt. Spätere Untersuchungen

zeigten, daß die Quelle immer schärfer erscheint, je kürzere Wellenlängen man benutzt. Das ist ein Zeichen dafür, daß es sich wahrscheinlich um eine punktförmige Quelle handelt. Es ist die Quelle Sagittarius A* (Sag A*), von der man heute glaubt, daß sie das Zentrum unseres Sternsystems ist.

Die Radiostrahlung der Quelle ähnelt in der Verteilung der Energie über die verschiedenen Wellenlängen der Strahlung der Kerne anderer Galaxien. Sie ändert ihre Strahlungsleistung im Laufe von mehreren Monaten unregelmäßig, ein typisches Zeichen, daß die Quelle nicht größer sein kann als einige Lichtmonate. Wäre sie nämlich größer, müßten Intensitätsänderungen, die von verschiedenen Stellen der Quelle kommen, über einen längeren Zeitraum verschmiert sein, da die Strahlung von verschiedenen Stellen der Quelle verschieden lange zu uns unterwegs wäre. Selbst mit modernen Techniken beobachtet erscheint Sag A* nur als ein Punkt.

Doch was ist die Quelle, von der wir nur wissen, daß sie Radiostrahlung aussendet, Strahlung, die entsteht, wenn nahezu mit Lichtgeschwindigkeit sich bewegende Elektronen in einem starken Magnetfeld ihre Bahnen ziehen? Bei den kürzeren Wellenlängen des infraroten Lichtes, also im Bereich von Hundertstel- bis Tausendstel-Millimetern, können wir einzelnen Sterne erkennen, die das Gebiet des galaktischen Zentrums umgeben. Es sind Sterne, die hauptsächlich sichtbares Licht ausgesandt haben, das aber durch die Staubschichten, die es auf seinem Weg zu uns durchdringen mußte, zum größten Teil auf der Strecke geblieben ist. Nur der infrarote Anteil erreicht uns. Doch das genügt, um mehr über die Sterne dort und über die geheimnisvolle Radioquelle Sag A* zu erfahren.

Die Sterne in unserem Milchstraßensystem stehen nicht still, sie bewegen sich in verschiedenen Bahnen um das Zentrum. Von der Sonne aus beobachtet, gibt es Sterne, die sich uns nähern und andere, die sich von uns entfernen. Von unserem Sonnensystem aus gesehen bewegen sich die Sterne auch in seitliche Richtungen. Das hatte schon der englische Astronom Halley im 17. Jahrhundert bemerkt, als er feststellte, daß sich der Stern Sirius seit der Zeit, zu der in

Griechenland die ersten Sternkataloge angefertigt wurden, also innerhalb von etwa 1000 Jahren, um eine Vollmondbreite gegenüber den schwachen Hintergrundsternen bewegt hatte. Die Bewegung der Sterne quer zu unserer Blickrichtung nennen die Astronomen die Eigenbewegung eines Sterns. Sie wird dadurch bestimmt, daß man den Ort eines helleren (näheren) Sterns relativ zu den nahezu unbeweglichen Hintergrundsternen über Jahre hinweg genau vermisst. Die Eigenbewegungen der Sterne sind sehr klein. Nur etwa 500 Sterne legen im



Aus dem Zentrum der Galaxie M87 im Sternbild Jungfrau (*Virgo*) kommt aus dem Zentrum ein im sichtbaren Licht erkennbarer scharfer Strahl. Ein viel schwächerer Strahl, der in die entgegengesetzte Richtung weist, ist im Bild nicht zu erkennen.

Laufe von 2000 Jahren mehr als eine Vollmondbreite am Himmel zurück.

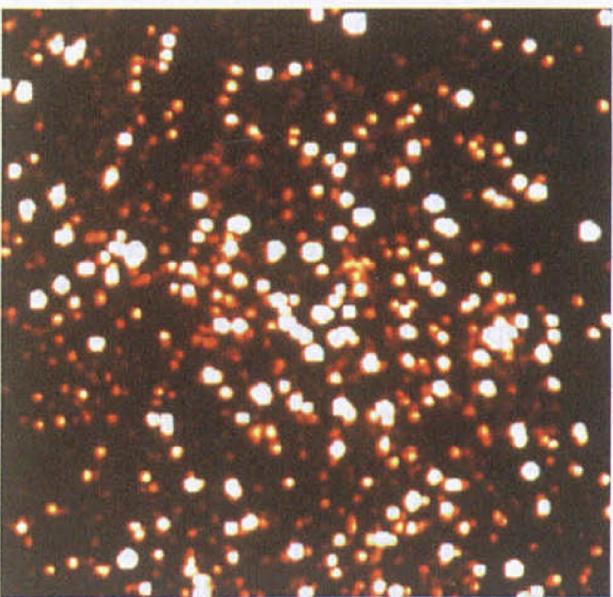
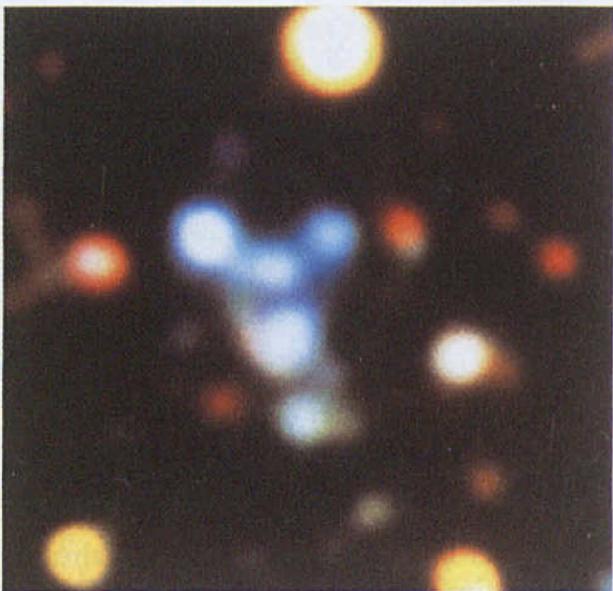
Ganz anders bestimmt der Astronom die Bewegung eines Sterns auf uns zu oder von uns weg. Dazu muß er das Licht des Sterns in einem Spektralapparat untersuchen, wo es in einem Spektrum, das heißt in Streifen nach Wellenlängen vom kurzwelligen Blau zum langwelligen Rot, geordnet wird. Die Atome in den Atmosphären der Sterne verschlucken Licht bei ganz bestimmten, für sie charakteristischen Wellenlängen. Das Spektrum ist dann an diesen Stellen dunkel.

Wenn sich der Stern auf uns zu oder von uns weg bewegt, erscheinen die dunklen Stellen im Spektrum bei anderen Wellenlängen. Das ist die Folge des Dopplereffekts, der uns auch den Ton des Martinshorns eines auf uns

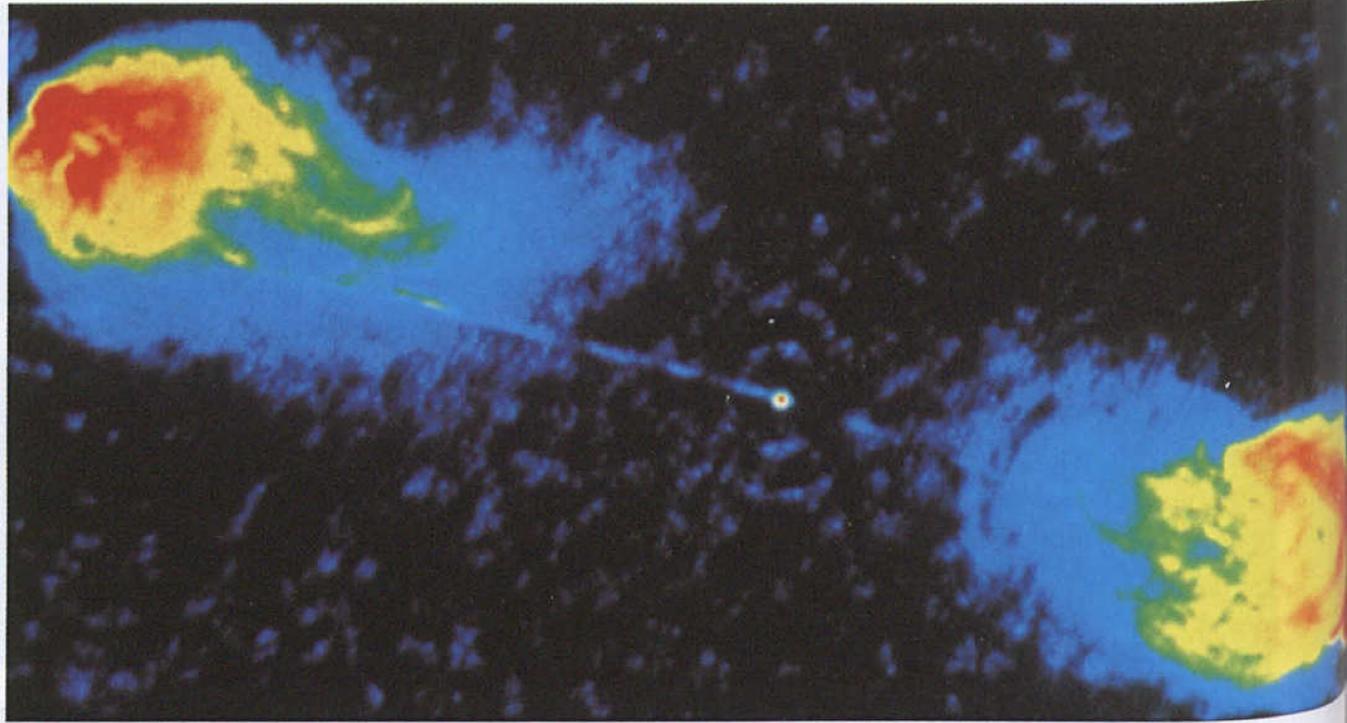
zu kommenden Autos höher klingen läßt als den des Horns eines unbewegten Wagens oder gar eines sich von uns entfernenden. Wenn die Tonquelle auf uns zu kommt, erscheint uns der Schall kurzweiliger als wenn die Tonquelle ruht oder sich von uns entfernt.

Das gleiche gilt für das Licht. An der Verschiebung der dunklen Stellen in den Spektren, den sogenannten Absorptionslinien nach längeren oder kürzeren Wellen, kann man die Geschwindigkeiten der Sterne messen. Zum Unterschied zur quer zur Beobachtungsrichtung weisenden Eigenbewegung nennt man die Geschwindigkeit eines Sterns in Blickrichtung die Radialgeschwindigkeit.

Doch was interessieren uns, die wir etwas über das geheimnisvolle Zentrum der Milchstraße erfahren wollen, die Sterne? Sie können uns einiges über das geheimnisvolle Zentrum ver-



Die infraroten Sterne im Sternbild Schütze (*Sagittarius*). Oben: beste Aufnahme vor der Entwicklung der Garchinger Kamera SHARP, unten eine Aufnahme mit SHARP. Der durch die Kamera erzielte Fortschritt in der Auflösung ermöglichte es, die Geschwindigkeiten der Sterne in der Nähe des Zentrums der Milchstraße zu bestimmen.



Die Strahlen, die bei der Radioquelle Cyg A* von einer im sichtbaren Licht unscheinbaren Galaxie ausgehen (Falschfarbenbild). Dort wo die beiden scharfen Strahlen ihre Energie an das Gas zwischen den Galaxien abgeben, entstehen zwei im Radiobereich extrem helle Flecken, von denen im sichtbaren Licht nichts zu erkennen ist.

raten. Wenn Körper in der Nachbarschaft eines anderen stehen, wird ihre Bewegung durch die Schwerkraft beeinflusst. Das ist auch in jedem Planetensystem der Fall. Je größer die Masse einer Sonne, um so rascher können sich die an sie gebundenen Körper bewegen, ohne ihrer Schwerkraft zu entfliehen.

Ein Raumfahrer aus einer anderen Welt, der sich in die Nähe unseres Sonnensystems verirrt hat, könnte aus den Abständen und den Geschwindigkeiten der Planeten um die Sonne ihre Masse bestimmen. Auch die Bewegungen der Sterne in der Nähe des Zentrums der Milchstraße verraten uns seine Masse.

Schon vor längerer Zeit haben Radioastronomen in der Nähe des Zentrums Wolken entdeckt, deren Gas Moleküle enthält. Auch aus ihrem Spektrum kann man die Geschwindigkeit in Blickrichtung mit Hilfe des Dopplereffekts bestimmen. Im Abstand von etwa 100 Lichtjahren vom Zentrum – das ist nur etwa ein Prozent des Durchmessers der gesamten Scheibe – bewegen sich Wolken mit 220 km/s. Wenn sie durch die Schwerkraft der weiter innen liegenden Materie am Entweichen gehindert werden, dann müssen sie von der Schwerkraft einer Masse von etwa 10 Millionen Sonnenmassen in Richtung des Zentrums gezogen werden. Dann aber müßte dort die Sterndichte etwa 10.000 Mal so groß sein wie in der Sonnenumgebung.

Doch Gaswolken sind nicht die besten Indikatoren zum Abschätzen der Masse im Zentrum, denn sie bewegen sich nicht allein unter dem Einfluß der Schwerkraft. Ihre Bewegung wird auch durch den Druck des Gases bestimmt. Die Bewegung der Sterne aber läßt mit größerer Sicherheit auf die Masse im Zentrum schließen als das Strömen der Gase.

Es sind vor allem die Arbeiten der Gruppe um Reinhard Genzel am Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik in Garching (MPE), die in letzter Zeit Aufsehen erregten. Im Institut wurde eine Kamera entwickelt, mit der es nun gelingt, im infraroten Licht besonders scharfe Bilder herzustellen. Der beziehungsreiche Name SHARP ist die Abkürzung für *System for High Angular Resolution Pictures*. Der besondere Trick der Kamera besteht darin, daß man mit ihr die Aufnahmen der Sterne, die infolge der ungleichmäßigen Brechung in der Luft verwaschen erscheinen, nachträglich wieder scharf machen kann.

Es gelang der Gruppe, in den Spektren der Sterne an den Linien des Elements Helium mit Hilfe des Dopplereffektes die Radialgeschwindigkeiten der Sterne zu messen. Mit einem Großteleskop der Europäischen Südsternwarte in Chile beobachteten sie über 200 Sterne bis zu einem Abstand von wenigen Lichtmonaten zu Sag A* und fanden, daß die Radialgeschwindigkeiten bei den zentrumsnächsten

Sternen bei 180 km/s liegen. Die Kamera SHARP kann den Ort eines infraroten Sterns in der Nähe von Sag A* auf etwa 0.15 Bogensekunden genau angeben, das entspricht bei Sternen in der Nähe des galaktischen Zentrums einer Genauigkeit von etwa einer Lichtwoche.

Bei dieser Genauigkeit lassen sich auch die Eigenbewegungen der Sterne in der Nachbarschaft von Sag A* messen, denn innerhalb der letzten fünf Jahre bewegten sich diese Sterne um mehrere Bogensekunden gegeneinander. Damit gelang es zu zeigen, daß das galaktische Zentrum von einem Schwarm von Sternen umgeben ist, die sich mit Geschwindigkeiten von mehreren 100 Kilometern pro Sekunde um das Zentrum bewegen.

Ein Mückenschwarm von Sternen umkreist die Radioquelle Sag A*. Aus ihrer Bewegung folgt, daß im Zentrum dieses Sternhaufens ein Objekt stehen muß, dessen Masse die der Sonne um das 2,5millionenfache übertrifft. In einem Raumbereich von nur

wenigen Lichtwochen Durchmesser, wenn nicht auf noch kleinerem Raum, muß die Masse von Millionen Sonnen zusammengepfercht sein! Beachten wir, daß in der Sonnenumgebung der uns nächste Stern mehr als vier Lichtjahre entfernt ist.

Steht im Zentrum ein Riesen-Super-Stern vom Millionenfachen der Masse der Sonne? Nach allem, was wir wissen, sind solche Sterne nicht stabil. Sie würden früher oder später in sich zusammenfallen. Ihre Schwerkraft an der Oberfläche würde so groß werden, daß selbst das Licht, das sie nach außen senden, durch die Schwerkraft zurückgebogen, wieder auf ihre Oberfläche zurückfällt.

Man nennt solch ein Gebilde ein Schwarzes Loch. Daß es solche Gebilde geben kann, folgt aus Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie. Doch erst als man merkte, daß in den Zentren mancher Galaxien unvorstellbare Mengen Energie freigesetzt werden, überlegte man sich, ob solche Körper, von deren Oberfläche kein Licht zu

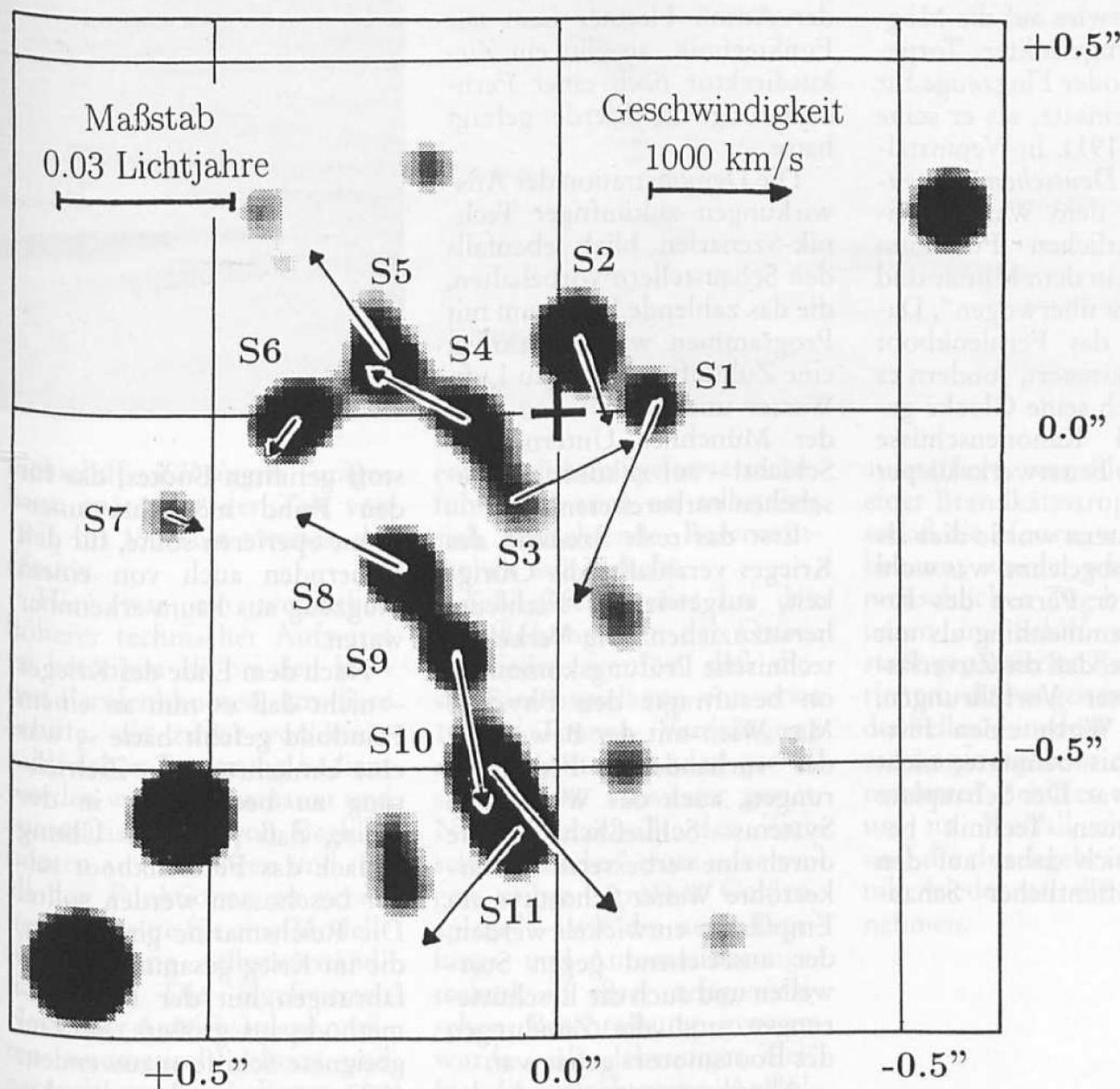
uns dringen kann, in der Natur wirklich existieren.

Ein Schwarzes Loch, das wir nicht mehr sehen können, weil es kein Licht aussendet, ist keineswegs aus unserer Welt verschwunden. Durch seine Schwerkraft zieht es die Materie in seiner Umgebung an. Planeten und Sterne können um das unsichtbare Gebilde ihre Bahnen ziehen. Wenn aber Materie in das Schwarze Loch fällt, dann erhitzt sie sich, ehe sie in seinem Inneren auf Nimmerwiedersehen verschwindet, so stark, daß sie Licht und Röntgenstrahlen aussendet. Von der Umgebung eines Schwarzen Loches, in das Materie strömt, werden große Mengen Energie abgestrahlt.

Wenn in den Zentren der Galaxien Schwarze Löcher stehen, warum gehen von einigen, wie von Cygnus A, energiereiche Gasstrahlen in den Raum, während die Schwarzen Löcher im Zentrum des Andromedanebels oder unserer Milchstraße nur mit Mühe nachweisbar sind? Ein Schwarzes Loch für sich allein ist unsichtbar. Nur wenn Materie einströmt, also nur wenn es gefüttert wird, geht von seiner Umgebung Strahlung aus. Strömt keine Materie ein, bleibt das Schwarze Loch unscheinbar.

So sprechen die Astrophysiker von einem hungernden Schwarzen Loch, das möglicherweise im Zentrum unserer Milchstraße sitzt und nur darauf wartet, daß früher oder später eine Gaswolke oder ein Stern in seinen Schlund fällt und das Zentrum unseres Sternsystems hell erstrahlen läßt.

Die Entdeckungen der Gruppe am MPE haben das Bild vom hungernden Schwarzen Loch im Herzen unseres Sternsystems bestätigt. □



Wie sich die Sterne in der Nähe des galaktischen Zentrums (+) bewegen. Das Ergebnis nach fünf Jahren Messungen von Eigenbewegungen mit Hilfe der Garching Infrarotkamera SHARP.

DER AUTOR

Rudolf Kippenhahn, geboren 1926, Dr. phil. nat., Professor für Astrophysik, war bis zu seiner Emeritierung im Jahr 1991 Direktor des Instituts für Astrophysik am Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik in München. Mit seinen populärwissenschaftlichen Sachbüchern zu astrophysikalischen Themen ist Kippenhahn einem großen Leserkreis bekannt. Für seine wissenschaftlichen Arbeiten erhielt er zahlreiche Auszeichnungen.

„TECHNIKWUNDER“ UNTER BESCHUSS

Zielspiele der Militärs mit einem „unbemannten“ Schiff

VON JOBST BROELMANN

Das ferngelenkte, automatisierte Zielschiff *Hessen* entstand 1936-37 aus einem ehemaligen Linienschiff der kaiserlichen Marine. Der drahtlosen Fernsteuertechnik zugrunde lagen die Experimente und Vorschläge eines Physiklehrers.

Lehrer der Jahrhundertwende fanden neben der Erziehung des jungen Staatsbürgers gelegentlich noch die Muße, sich privat dem physikalischen Experiment zu widmen. Falls sie bei dieser spielerischen Neugier auch den Fortschritt der Technik im Auge hatten, fiel es ihnen allerdings nicht immer leicht, die Obrigkeit vom Nutzen ihrer Vorschläge zu überzeugen. Zu erinnern ist an Christian Hülsmeier, der 1904 eine Art Radarverfahren vorführte, das Tirpitz mit der Bemerkung abgetan haben soll, dasselbe leisteten seine Offiziere mit den Augen.

Ähnlich erfolglos blieb der Nürnberger Physiklehrer Christoph Wirth, der einen „elektrischen Wellensendeapparat“ gebastelt hatte, um „mittels Hertzscher Wellen“ ein unbemanntes Boot zu steuern. Bei den Erprobungen dieses Fern-

lenkschiffchens auf städtischen Gewässern ging es um mehr als die bis heute erhaltene Gepflogenheit von Modellbauern, mit minutiösen martialischen Modellen zu manövrieren und harmlose Enten zu irritieren.

Wirth verwies auf die Möglichkeit ferngelenkter Torpedos, Boote oder Flugzeuge für den Kriegseinsatz, als er seine Erfindung 1911 in Veranstaltungen des *Deutschen Flottenvereins* auf dem Wannsee einem öffentlichen Publikum vorführte, „in dem Militär und Marine stark überwogen“. Dabei wurde das Fernlenkboot nicht nur gesteuert, sondern es wurden auch seine Glocke geläutet und Kanonenschüsse oder nachts Feuerwerkskörper abgefeuert.

Marineintern wurde dies als „laienhaft“ abgelehnt, was wohl eher mit der Person des Erfinders zusammenhing als mit der Tatsache, daß die Zuverlässigkeit dieser Vorführungen, bei denen Wirth einen Fritter als Relais benutzte, nicht sehr hoch war. Der Schauplatz solcher neuen Technik beschränkte sich daher auf den Rahmen öffentlicher Schau-

stellerei. Bereits 1910 war im Londoner Hippodrom ein ferngelenktes Luftschiffmodell gekreist, Wirth führte dann 1914 ein ähnliches in einem Berliner Zirkus vor. Der Zirkus schien diesen neuen Tricks eher aufgeschlossen zu sein. Der Erfinder Anton Flettner kam zur Funktechnik, als ihn ein Zirkusdirektor nach einer Fernsteuerung für Pferde gefragt hatte.

Die Demonstration der Auswirkungen zukünftiger Technik-Szenarien blieb ebenfalls den Schaustellern vorbehalten, die das zahlende Publikum mit Programmen wie „Weltkrieg, eine Zukunftsschlacht zu Luft, Wasser und Land“ – so 1913 der Münchner Unternehmer Schichtl – auf zukünftiges Geschehen vorbereiteten.

Erst das reale Szenario des Krieges veranlaßte die Obrigkeit, ausgewiesene Fachleute heranzuziehen. Die Verkehrstechnische Prüfungskommission beauftragte den Physiker Max Wien mit der Bewertung der vorhandenen Fernsteuerungen, auch des Wirthschen Systems. Schließlich konnte durch eine verbesserte Verstärkeröhre Walter Schottkys ein Empfänger entwickelt werden, der ausreichend gegen Störungen und auch die Erschütterungen und die Zündungen des Bootsmotors gefeit war.

Allerdings erwies sich der Einsatz der neuen Fernlenktechnik an der Küste Flanderns als problematisch, da die Bewegungen des mit Spreng-

stoff gefüllten Bootes, das für den Feind möglichst unerkennbar operieren sollte, für den Steuernden auch von einem Flugzeug aus kaum erkennbar waren.

Nach dem Ende des Krieges – nicht daß es nun an einem Feindbild gefehlt hätte –, war eine Umkehrung der Zielrichtung zu beobachten, in der Weise, daß jetzt zur Übung einfach das Fernlenkboot selber beschossen werden sollte. Die Reichsmarine ging daran, die im Krieg gesammelten Erfahrungen mit der Fernlenkmethode auf größere, als Ziel geeignete Schiffe anzuwenden. 1927 wurde das ehemalige Li-

Foto: Wilhelm Schäfer, Kiel/Deutsches Museum



nienschiff *Zähringen* umgebaut, später, in der Zeit von 1936 bis 1937 ein zweites, die *Hessen*.

Hier war ein wesentlich höherer technischer Aufwand zu betreiben als bei den kleinen Fernlenkbooten, um diese Schiffe, die zuvor von einer zahlreichen Besatzung bedient worden waren, unbemannt und automatisch nur von Begleitbooten aus zu fahren und mit all den Funktionen zu versehen, die heute für eine Modellfernsteuerung selbstverständlich sind. Die ölgefeuerten Kessel der Antriebsanlage mußten automatisch geheizt und geregelt werden, ebenso die

entsprechende Speisewasserzufuhr, und auch an selbsttätig sich aufrichtende Reserveantennen war gedacht.

Schließlich mußte bei den Schießübungen in der Ostsee vermieden werden, daß dieses Riesenspielzeug von etwa 10.000 Tonnen Verdrängung außer Kontrolle oder gar in schwedische Gewässer geriet. Nicht zuletzt sollte das „Zielschiff-Wunder“ trotz oder wegen seiner „großen Gehirn-anlage“ – wie die neue Regelungs- und Automatisierungstechnik in einer zeitgenössischen Beschreibung genannt wurde – als „lebendiges Ziel“ für die gefechtsnahe Ausbildung auch schußfest und für alle Fälle sinksicher sein.

Hierfür wurde die *Zähringen* mit großen Mengen Kork

ausstaffiert, was allerdings zu einer Brandkatastrophe führte, sodaß die *Hessen*, was weniger bekannt wurde, wieder einen menschlichen Zug bekam: Tief unten im Schiff wurde ein stark gepanzerter Raum eingerichtet, der sogenannte „Heldenkeller“, in dem einige Besatzungsmitglieder des „unbemannten“ Schiffes ausharrten, um im Notfall einzugreifen und die durchgebrannte Technik wieder an die Zügel zu nehmen. □

Das Zielschiff *Hessen*, das dazu diente, die Zielgenauigkeit ferngesteuerter Torpedos zu erproben. Als Christoph Wirth 1911 ein Fernsteuerungsgerät vorstellte, wurde er von den Militärs nicht ernstgenommen.

REISE ZU DEN HIMMELSKÖRPERN

Paul Klees Werk der Militärdienstzeit in der Fliegerschule Gersthofen

VON WILFRIED WURTINGER

Nachdem *Kultur & Technik* 2/1997 mit der Ausstellung „Paul Klee in Schleißheim“ Klees Bilder jener Zeit vorgestellt hat, wird hier ein Einblick in den inhaltlichen Reichtum und die formale Vielfalt der Werke aus Klees letzten Kriegsjahren in Gersthofen gegeben. Einige dieser Werke werden in der Ausstellung in Schleißheim gezeigt (bis 30. September 1997).

Die Zeit von Paul Klees Militärdienst am Flugplatz Schleißheim von August 1916 bis Januar 1917 und insbesondere in der Fliegerschule Gersthofen von Januar 1917 bis Ende 1918 spielt innerhalb seiner künstlerischen Entwicklung eine besondere Rolle. Er selbst stellte mit einer verwunderten Frage fest: „Ob meine Arbeit bei gelassenem Weiterleben auch so schnell emporgeschossen wäre wie Anno 1916/17?“

1992 wurde im Paul-Klee-Gymnasium in Gersthofen eine Werkübersicht gezeigt, deren Anlaß die Stationierung Paul Klees in der neu errichteten Fliegerschule V in Gersthofen vom 16. Januar 1917 bis Weihnachten 1918 war. Diese Zeit schloß sich direkt an den Dienst in Schleißheim an. Nach anfänglichem Einsatz in einem Baukommando kam der Künstler, der als Intellektueller



Über Bergeshöhe, 1917/75, Aquarell auf Papier, 31 x 24,1 cm, Gemeentemuseum, Den Haag.

galt, schon nach wenigen Wochen in die Schreibstube der Kassenverwaltung, wo er bis über das Ende des Ersten Weltkrieges hinaus tätig war.

Die Werke der Jahre 1917 und 1918 zeichnen sich durch eine außerordentliche thematische und formale Vielfalt aus. Obwohl der mit Klee befreundete Kunsthistoriker Will Grohmann 1954 in seiner ersten großen Biographie die Bedeutung dieser Zeit für Klees Entwicklung hervorgehoben hat, finden sich wenige Bildbeispiele in seinem Buch. Die jüngere Klee-Literatur hat in aufschlußreichen Beiträ-

gen einzelne Aspekte der Militärzeit des Künstlers genauer untersucht. Doch fehlt bislang ein Überblick über die Inhalte und stilistischen Besonderheiten der Werke dieser Zeit, die zwischen der für die Malerei Klees entscheidenden Tunisreise 1914 und seiner Hinwendung zur Ölmalerei 1919 eine Schlüsselstellung einnimmt.

Beim Versuch, einen solchen Überblick zu geben, zeigt sich, daß einige Themen immer wiederkehren und sich zu Gruppen zusammenfassen lassen: Architektur; Schöpfungspläne und Natur; Kosmos; Nachtigallen und Vogelflugzeuge; Traum- und Nachtlandschaften; Lechauenbilder;

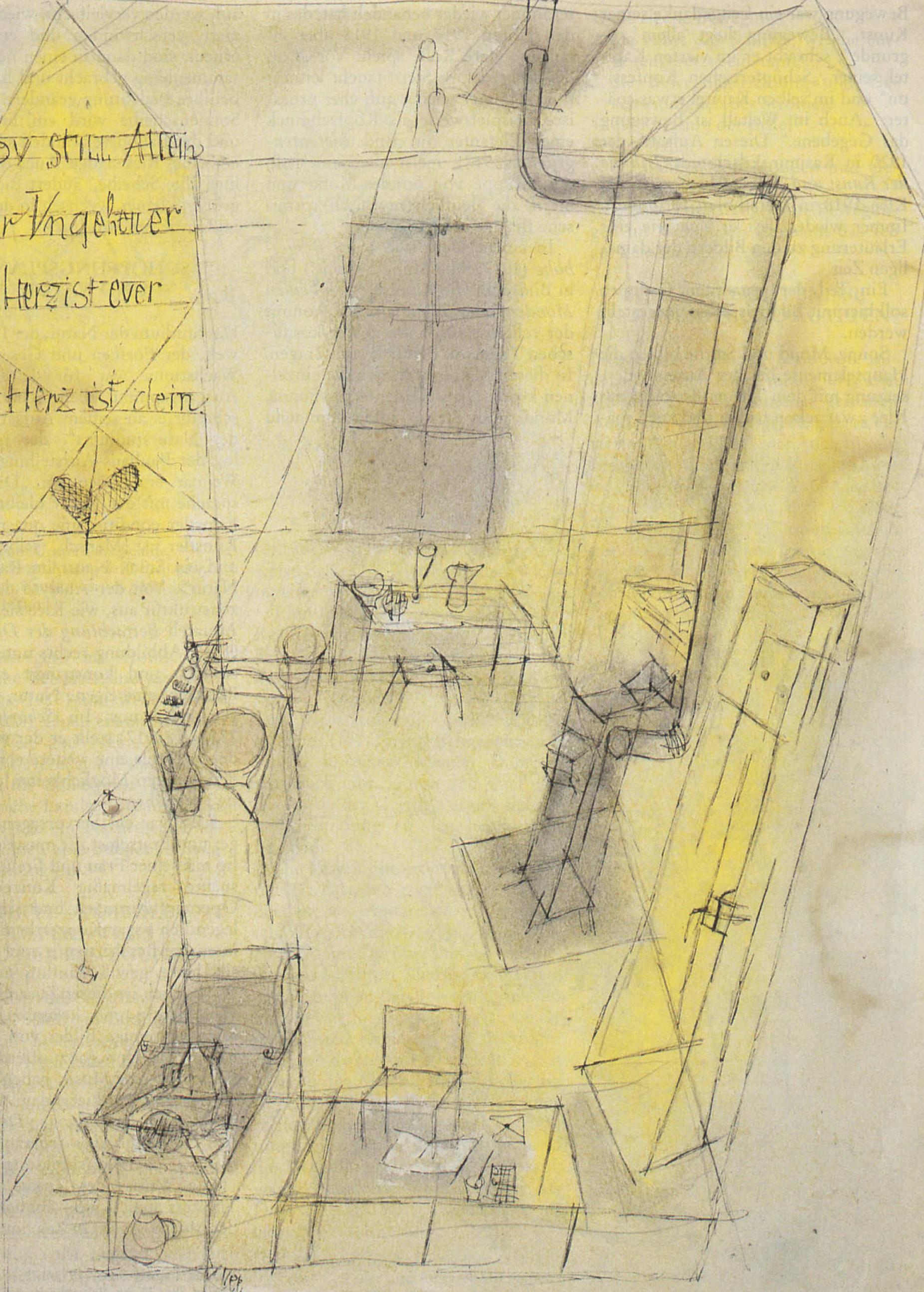
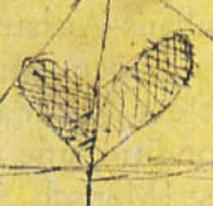
Erinnerungen an Tunesien und Bezüge zu Ägypten; die Welten der Musik, des Zirkus und des Theaters; profane und sakrale Geister; Kinder; Schiffe; Qualen, Kreuze und Heldentod; Zahlen, Buchstaben und geheimnisvolle Zeichen.

Diese Gruppenbildungen sind nicht als starre Kategorisierungen zu verstehen. Die Übergänge zwischen den einzelnen Bildgruppen sind meist fließend. Ein ständiger Wandel von Inhalt und Form ist charakteristisch für die Werke Klees, denn permanente

Gedenkblatt (an Gersthofen), 1918/196, Tusche und Aquarell auf van-Geldern-Papier, 28,5 x 21 cm, Privatbesitz Schweiz, Inventar-Nr. 37.

NS FORSTLICHES KANTONAMT
Burgdorf
Kantonsrat
Gemeinde
auf
am

Du still Allein
Ihr Angehöriger
mein Herz ist ever
mein Herz ist dein



Bewegung war ein Leitgedanke seiner Kunst. „Bewegung liegt allem zugrunde“, schreibt er im vierten Kapitel seiner „Schöpferischen Konfession“ und im selben Kapitel etwas später: „Auch im Weltall ist Bewegung das Gegebene.“ Diesen Aufsatz, der 1920 in Kasimir Edschmids *Tribüne der Kunst und Zeit* erschienen ist, hat Klee 1918 in Gersthofen formuliert. Immer wieder liest er sich wie eine Erläuterung zu den Bildern der damaligen Zeit.

Ein Teil der genannten Gruppen soll hier mit Bildbeispielen vorgestellt werden.

Sonne, Mond und Sterne bilden die Hauptelemente bei der Auseinandersetzung mit dem Thema Kosmos, das Klee zwar schon früher und auch spä-

ter immer wieder behandelt hat, das in den Jahren 1917 und 1918 aber eine besondere Rolle spielt. Vor allem der sechszackige Stern taucht leitmotivisch immer wieder auf, eher prosaisch beispielsweise als Kopfschmuck eines Elefanten im Bild *Elefantengruppe* (1917), meist aber innerhalb der Gruppe von Sonne, Mond und Stern, die deutlich mythisch-kosmische Bezüge setzt.

In einem Werk wie *Über Bergeshöhe* (1917; Abbildung Seite 18) und in Bildtiteln wie *Altar mit den beiden Monden* oder *Himmelssäule* kommt der religiöse Gedanke in der kosmischen Thematik deutlich zum Tragen. In diesen Blättern tauchen die einzelnen kosmischen Elemente wie Sonne, Mond und Sterne bildbestimmend

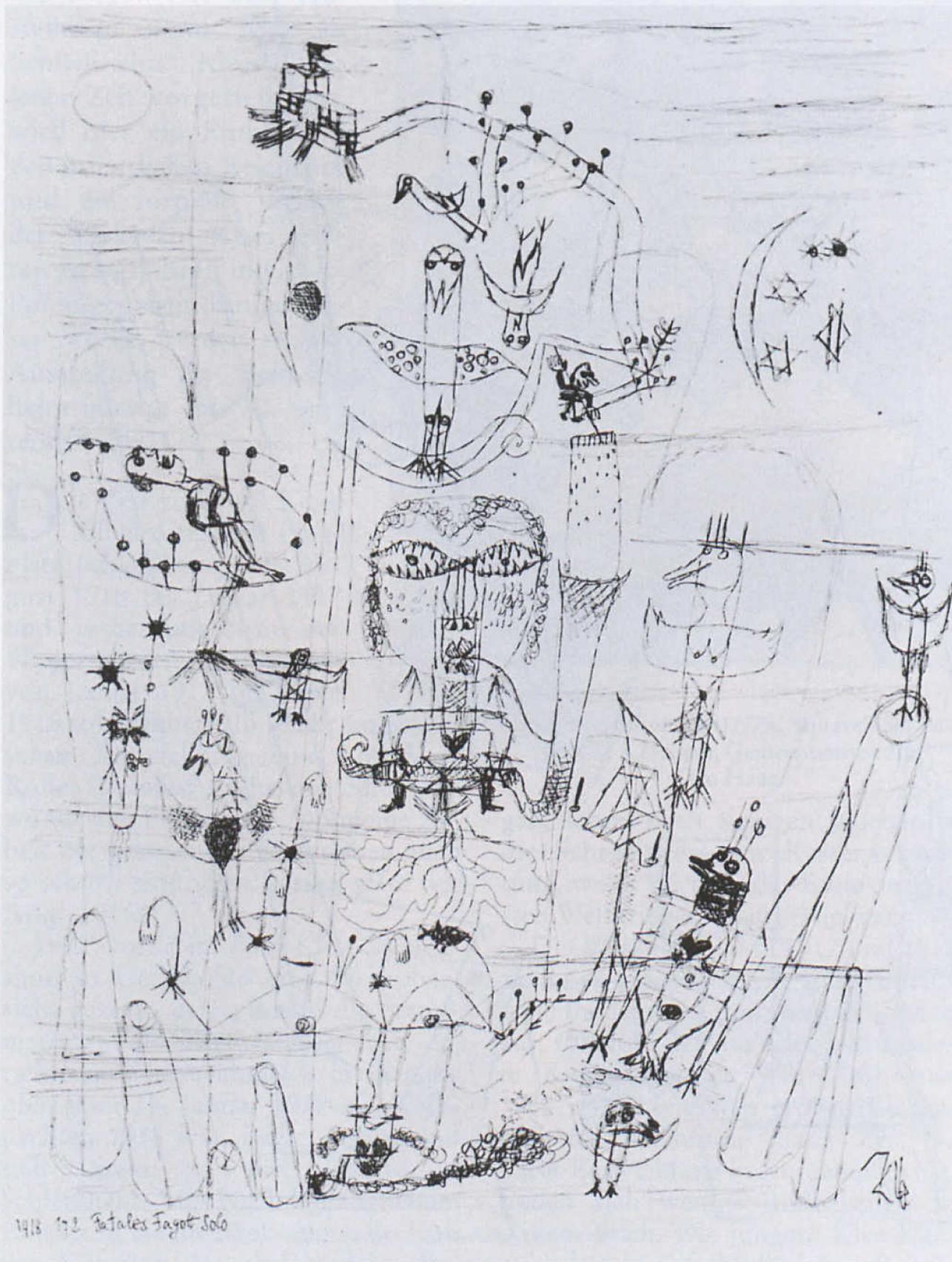
auf, werden vervielfacht, wieder reduziert, verschwinden und erscheinen erneut, sind dann in einen neuen Zusammenhang gebracht und haben dabei ihre Bedeutung geändert. Aus der Sonnenscheibe wird ein Freiballon, und der Ballon verwandelt sich in ein einzelnes Riesenauge. Auch die Form, hier die Scheibe, ändert sich, wird größer, kleiner, wechselt in der Farbe, im Umriß, im Ausdruck.

SCHÖPFUNGSPLÄNE UND NATUR

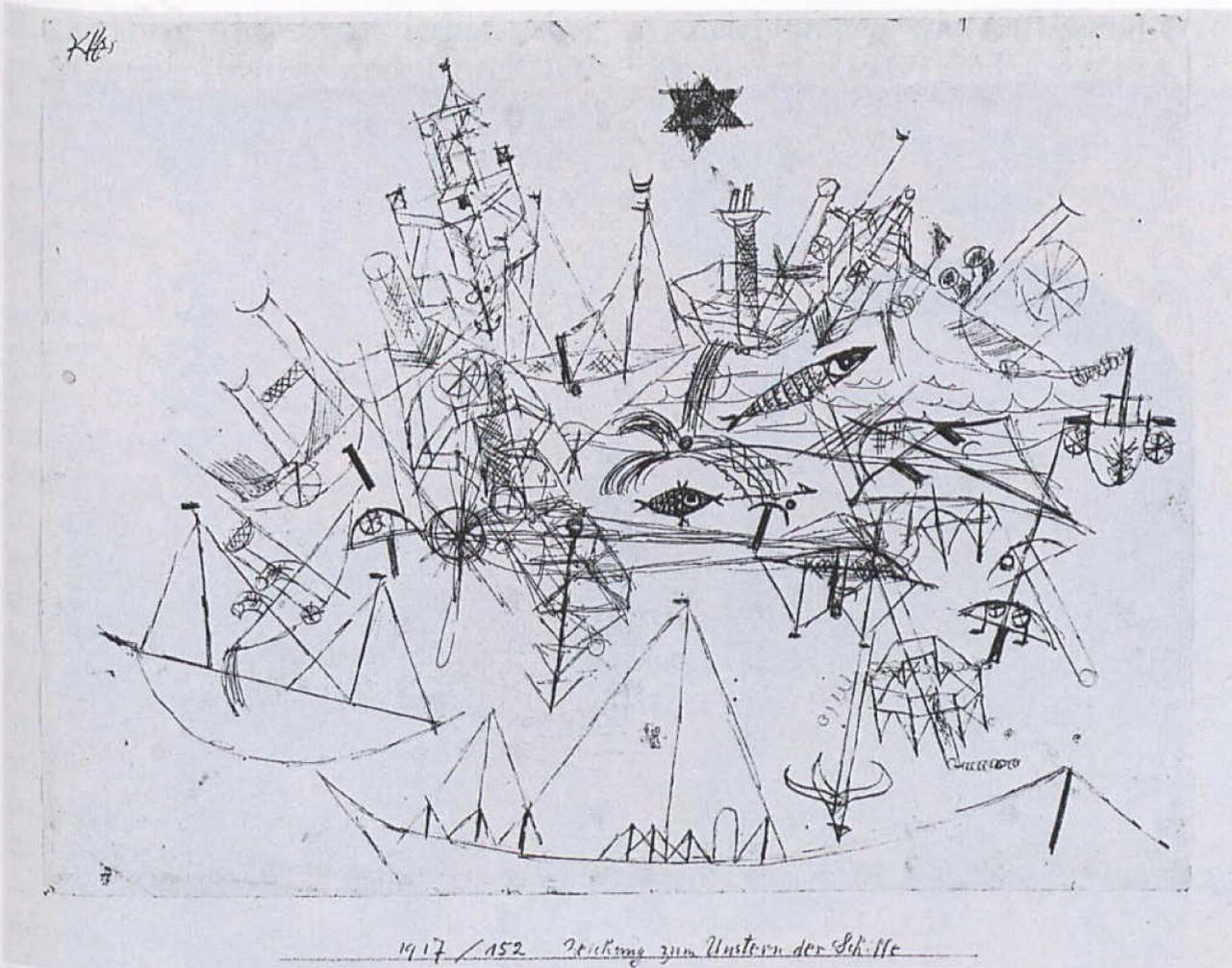
Das Studium der Natur, der Pflanzenwelt, der Formen und Gesetze ihres Wachstums war für Klee immer Ausgangspunkt allen Schaffens. So schreibt er in seinem Aufsatz „Wege des Naturstudiums“, der im Katalog der Bauhaus-Ausstellung 1923 in Weimar erschienen ist: „Die Zwiesprache mit der Natur bleibt für den Künstler *conditio sine qua non*. Der Künstler ist Mensch, selber Natur und ein Stück Natur im Raume der Natur“. Von der Analyse der Pflanzenstruktur aus, wie Klee sie etwa im Aquarell *Betrachtung der Distelblüte* (1918; Abbildung rechts unten) zeigt, entwirft und konstruiert er eigene Pflanzen, eine eigene Natur, einen eigenen Kosmos: Im *Schöpfungsplan 27523R* (1917) stellt er der vorgefundenen Natur eine weitere von tausenden anderen Möglichkeiten ebenbürtig gegenüber.

Klee war ein hervorragender Geiger und Bratschist. Er musizierte häufig mit seiner Frau und Freunden, besuchte regelmäßig Konzerte und Opernaufführungen und schrieb gelegentlich sogar Konzertkritiken. Die intensive Beschäftigung mit der Musik hatte gewiß Einfluß auf Klees Werk; doch ist dieser Zusammenhang vielschichtig und kompliziert. Hier seien nur einige Bilder von 1918 genannt, die eine ganz offensichtliche Beziehung zur Musik haben und das Thema mit karikierendem Unterton behandeln: *Hornklänge*, *Der Fagottist*, *Hoffmanneskes Scherzo* und *Fatales Fagott-Solo* (Abbildung links).

Die Welten des Zirkus und des Theaters stellt Klee – ähnlich wie die der Musik – meist in Zeichnungen vor



Fatales Fagott-Solo, 1918/172, Feder auf Papier, 29 x 22 cm, Privatbesitz USA.



Zeichnung zum Unstern der Schiffe, 1917/152, Federzeichnung auf Briefpapier, 21,5 x 27,4 cm, Kunstmuseum Bern, Paul-Klee-Stiftung.

und ebenso gern mit Ironie. Aufschlußreiche Beispiele sind *Jämmerlicher Circus* (1917) und *Welttheater = Varieté* (1918). Doch erweist er dieser anderen Welt auch seine hochachtungsvolle Reverenz, wie das Blatt *Irma Rossa, die Bändigerin* (1918) beweist. Manche Landschaften bot Klee dem Blick wie ein Naturtheater dar, indem er ihnen eine bühnenvorhangartige Rahmung gab.

SCHIFFE – SYMBOLE DES FERNWEHS UND DER BEWEGUNG

In allen Phasen des Schaffens von Paul Klee ist das Schiff ein Bildmotiv und Thema von herausragender Bedeutung. Zwei Arten fallen dabei besonders auf: das Dampfschiff mit Kamin und seitlich angebrachten Schaufelrädern und die Segelschiffe.

Die *Zeichnung zum Unstern der Schiffe* (1917; Abbildung oben) präsentiert eine Vielzahl von Dampf- und Segelschiffen in mindestens 16 Varianten und verschiedenen Ansichten: von der Seite, von vorn, liegend oder auf dem Kopf stehend. Dieses Blatt diente auch als Vorlage für eine farbige Aus-

führung von 1919, was darauf hinweist, daß es für Klee besonders wichtig war.

Eine humorvoll mit verschiedenen Realitätsebenen spielende Variante ist die Zeichnung *Ein Schiff will aus dem Kanal* (1917; Abbildung in *Kultur & Technik* 2/97, Seite 17), während Klees Aquarell *Kosmische Reise zu Schiff* (1917) seiner Sehnsucht nach Reisen in einem kleinen Dampfer Ausdruck gibt. Durch den Titel und das Motiv der Gestirne ergibt sich eine Verbindung zu den kosmischen Bildern.

Die Verknüpfung der Schiffsthematik mit Fernweh zeigt sich 1918 zudem in drei Aquarellen mit den Titeln *Hafenbild*, *Reisebild* und *Plan einer Reise*. Darüber hinaus verkörpert das Schiff bei Klee ganz allgemein das Phänomen der Bewegung bis hin zur Bewegung im Kosmos, wie er im sechsten Kapitel seiner „Schöpferischen Konfession“ darlegt: „Ein Mensch des Altertums als Schiffer im Boot, so recht genießend und die sinnreiche Bequemlichkeit der Einrichtung würdigend. Dementsprechend die Darstellung der Alten. Und nun: was ein moderner Mensch, über das Deck eines Dampfers schreitend, erlebt:

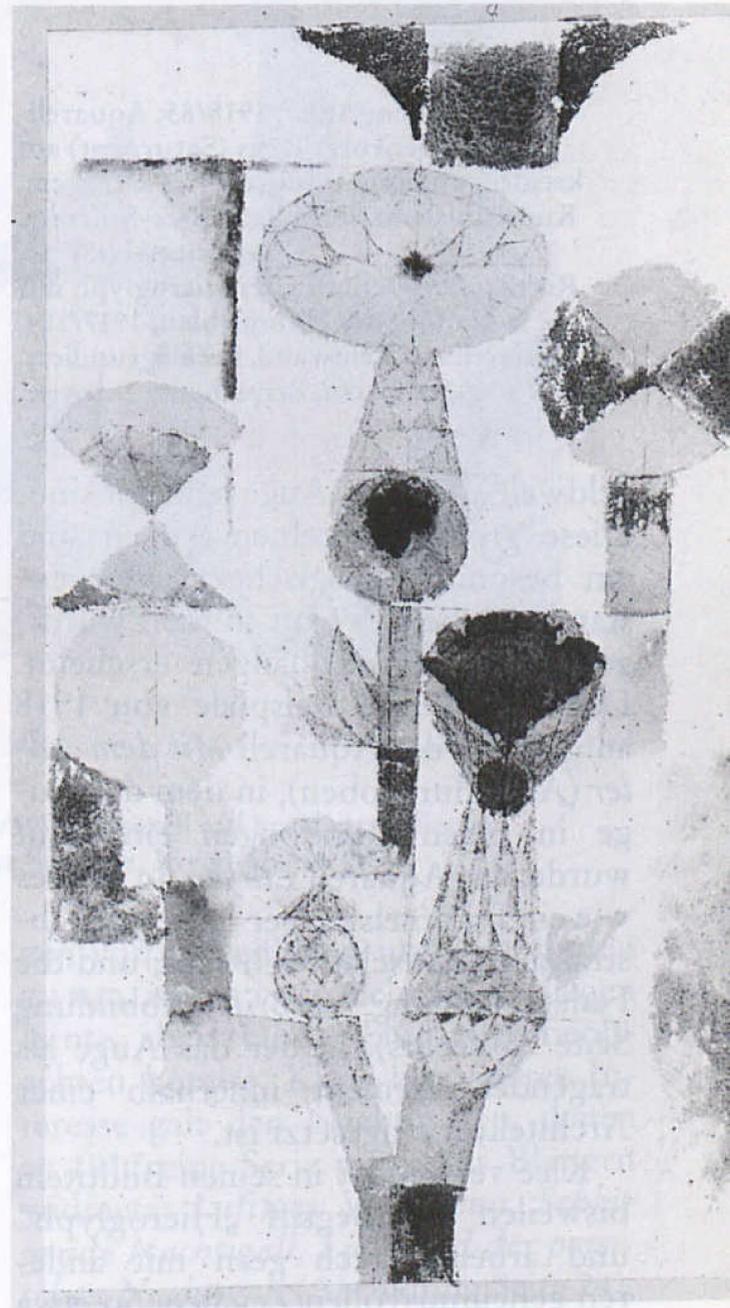
Betrachtung der Distelblüte, 1918/86, Feder und Aquarell auf Papier, 27,7 x 15,7 cm, Privatbesitz.

1. die eigene Bewegung,
2. die Fahrt des Schiffes, welche entgegengesetzt sein kann,
3. die Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit des Stromes,
4. die Rotation der Erde,
5. ihre Bahn,
6. die Bahnen von Monden und Gestirnen drum herum.

Ergebnis: ein Gefüge von Bewegungen im Weltall, als Zentrum das Ich auf dem Dampfer.“

SCHLÜSSELERLEBNISSE IN TUNESIEN UND ÄGYPTEN

Neben einer kleinen Serie von Bildern, in denen Klee Anfang 1918 den Stil der 1914 in Tunesien gemalten Aquarelle wieder aufgreift, gibt es ein viertes Aquarell, das man auch für ein Erinnerungsbild halten könnte: *Kleine Vignette an Ägypten*. Paul Klee besuchte Ägypten zwar erst 1928/29, hat sich jedoch ab 1917 offensichtlich mit der altägyptischen Kultur auseinandergesetzt. Anzeichen sind die großen Dreiecke, die Pyramiden und die Riesenaugen, die in der ägyptischen





Oben: *Mit dem Adler*, 1918/85, Aquarellfarben über roter Basis (Saturnrot) auf kreidegrundiertem Ingres, 17,3 x 25,6 cm, Kunstmuseum Bern, Paul-Klee-Stiftung, Inventar-Nr. F 16.

Rechts: Landschaftliches Hieroglyph mit Betonung des Himmelblau, 1917/104, Aquarell auf Leinwand, kreidegrundiert, 16,5 x 17 cm, Privatbesitz Schweiz.

Bildwelt als Udjat-Auge bekannt sind. Diese großen einzelnen Augen sind ein besonders magischer Bildgegenstand, der bei Klee oft in merkwürdigen Bildzusammenhängen erscheint. Dazu seien drei Beispiele von 1918 aufgeführt: das Aquarell *Mit dem Adler* (Abbildung oben), in dem das Auge in einen Rundbogen eingebaut wurde; das Aquarell *Libyen*, in dem es wie ein Himmelskörper über einer abstrakten Landschaft schwebt; und die Federzeichnung *Inschrift* (Abbildung Seite 25 rechts), in der das Auge als tragendes Element innerhalb einer Architektur eingesetzt ist.

Klee verwendet in seinen Bildtiteln bisweilen den Begriff „Hieroglyph“ und arbeitet auch gern mit anderen geheimnisvollen Zeichen. So etwa



Buchstaben, die zwar lesbar, aber nicht immer deutbar sind. Durch Teilung, Reduzierung oder Addition erweisen sie sich für Klee als wunderbare Gestaltungselemente, die in vielfältiger Weise einsetzbar sind.

Zwei Beispiele demonstrieren gegensätzliche Verwendungsformen: In der Zeichnung *Inschrift* (Abbildung Seite 25 rechts) sind Buchstaben beziehungsweise buchstabenähnliche Elemente konstruktiv wie Bausteine in einer Architektur aufeinander gesetzt. Eine mehr inhaltliche Verwendung finden die Buchstaben als bestimmendes Element im Aquarell *E* (Abbildung rechts). Wofür steht dieses große E? Welches Geheimnis steckt dahinter? – Nein, der Buchstabe steht für nichts, er soll nur geheimnisvoll wirken.

Dies wird an einem Vorläuferbild noch deutlicher, dessen Titel eine solche Interpretation explizit anspricht: *E, Rätsel einer Landschaft* (1918/63).

Nachdem Klee in der Schreibstube der Fliegerschule Gersthofen gewzungenermaßen mit Zahlen umgehen mußte, setzte er sie auch künstlerisch ein. Wenn ihm die Rechnerei zur Qual wurde, kompensierte er dies, indem er *Die Zahlenhöhle* (1918) zeichnerisch darstellte. Die Zahlen in Klees Bildern von 1917 und 1918 sind auch ein Hinweis auf die Zeiten knappen Materials. Bereits verwendetes Schreibpapier diente da als willkommenes Arbeitsmaterial, und vorhandene Zahlenkolonnen wurden einfach in die Zeichnung miteingebaut, wie wiederum im Bild *Inschrift* zu beobachten ist.

**BETROFFENHEIT IM KRIEG:
HELDENTOD IM
ZEICHEN DES KREUZES**

Obwohl die Front weit weg war, zeigt Klees Werk, wie sehr ihn der Erste Weltkrieg betroffen machte. Die gelegentlichen Flugzeugabstürze mit tödlichen Folgen in der Umgebung der Fliegerschule kommentierte er sarkastisch und zugleich distanziert. Einige Blätter haben deutliche Bezüge zu Krieg, Tod und Schmerz: Das *Gedenblatt mit dem Eisernen Kreuz* (1918; Abbildung Seite 26) spielt direkt auf den Heldentod an, der mit dem Stempel des Eisernen Kreuzes auf der Militärakte besiegelt wurde.

Zeichnungen wie *Luftkampf* (*Höhenkampf*) (1917) und *Pisch der Gequälte* (1918) zeigen Kämpfende, Gequälte und Quälende. Mit ihrer Häufung von Kreuzen gehören Klees Friedhöfe, von denen der *Kinderfriedhof* (1918) ein besonders beklemmendes Beispiel ist, zur gleichen Thematik.

Kreuze verwendet Klee oft in seinen Bildern. Doch wäre es falsch, die-

Werk legt dies nahe. Dabei sind es wieder zwei Untergruppen, die in den Jahren 1917 und 1918 von besonderer Bedeutung waren: die Nachtigallen und die geometrisch konstruierten Vögel, die Klee selbst als *Vogel-Flugzeuge* bezeichnet (Abbildung siehe Inhalt Seite 3).

Die Verbindung von Vögeln und Flugzeugen hat sehr sicher etwas mit Klees Dienstzeiten auf den Flugplät-



„E“ (fragmentarisches Aquarell), 1918/199, Aquarell auf kreidegrundiertem Papier, 22 x 18 cm, Privatbesitz Schweiz, Inventar-Nr. 889.

ses Zeichen immer als Symbol von Schmerz und Tod zu deuten. Aus dem Grabkreuz kann schnell ein Fensterkreuz oder ein abstraktes Konstruktionselement werden.

Unter den Tieren dürften Vögel auf Klee die größte Faszination ausgeübt haben. Die immense Zahl von Vogelgestaltungen in seinem gesamten

Werk legt dies nahe. Dabei sind es wieder zwei Untergruppen, die in den Jahren 1917 und 1918 von besonderer Bedeutung waren: die Nachtigallen und die geometrisch konstruierten Vögel, die Klee selbst als *Vogel-Flugzeuge* bezeichnet (Abbildung siehe Inhalt Seite 3).

*Drei schwarze Nachtigallen und Per-
sische Nachtigallen.* 1918 folgte das
Bild *Vogelbegegnung*.

In der Klee-Literatur wird darauf
hingewiesen, daß Klees Bilder jener
Zeit durch Goethes *Westöstlichen Di-
wan* angeregt worden seien. Es gab
aber sicher noch eine weitere Inspira-
tionsquelle für Klee: die Nachtigallen
in den Lechauen. Wenn es ihm mög-
lich war, suchte Klee nach Dienst-
schluß den Auwald auf: „Das herrli-
che Wetter tut gut, jeden Abend bin
ich in meinem Wald drüben und glau-
be, ich bin irgendwo freiwillig auf
dem Land in guter Pension“, schrieb
er am 23. Mai 1917 an seine Frau Lily.

Die Lechauen waren für Klee nicht
nur ein Ort der Erholung, sondern

auch und sogar in erster Linie ein Ort
für seine künstlerische Arbeit. In ei-
nem Brief vom 9. September 1917 be-
richtete er seiner Frau Lily: „In ein-
samster Gegend packte ich meinen
Aquarellkasten aus, und nun ging's
los. Bis zum Abend hatte ich fünf
Aquarelle, darunter drei ganz vorzüg-
liche, die mich selber ergreifen. Das
letzte, am Abend gemalte enthielt
ganz den Klang der Wunder um mich
herum, ist zugleich ganz abstract und
zugleich ganz Lechau.“

Von diesen fünf Aquarellen kann
man drei mit großer Sicherheit identi-
fizieren: *Farbige und graphische Win-
kel* (1917/100), *Spiel der Kräfte einer
Lechlandschaft* (1917/102) und *Land-
schaftliches Hieroglyph mit Betonung*

des Himmelblau (1917/104; Abbil-
dung Seite 22 unten).

All diese Blätter sind auf weiß
grundierter Flugzeugleinwand gemalt.
Sie werden von kräftigen, farbigen
Winkeln durchzogen, die manchmal
zweifach oder dreifach parallel ge-
führt sind, sich aber auch überschnei-
den.

Nach diesen Stilmerkmalen könnte
man den Lechauenbildern noch drei
weitere Arbeiten zuordnen, in de-
nen Pflanzliches und auch Tiere mit
größerer gegenständlicher Deutlich-
keit dargestellt sind und schwarze
Blitze zucken: *Landschaft mit prä-
historischen Tieren* (1917), *Erlebnis
in den Lechauen, mit der Schlange*
(1918) und besonders das Bild mit
dem Titel *Der Schwarze Blitz* (1917).

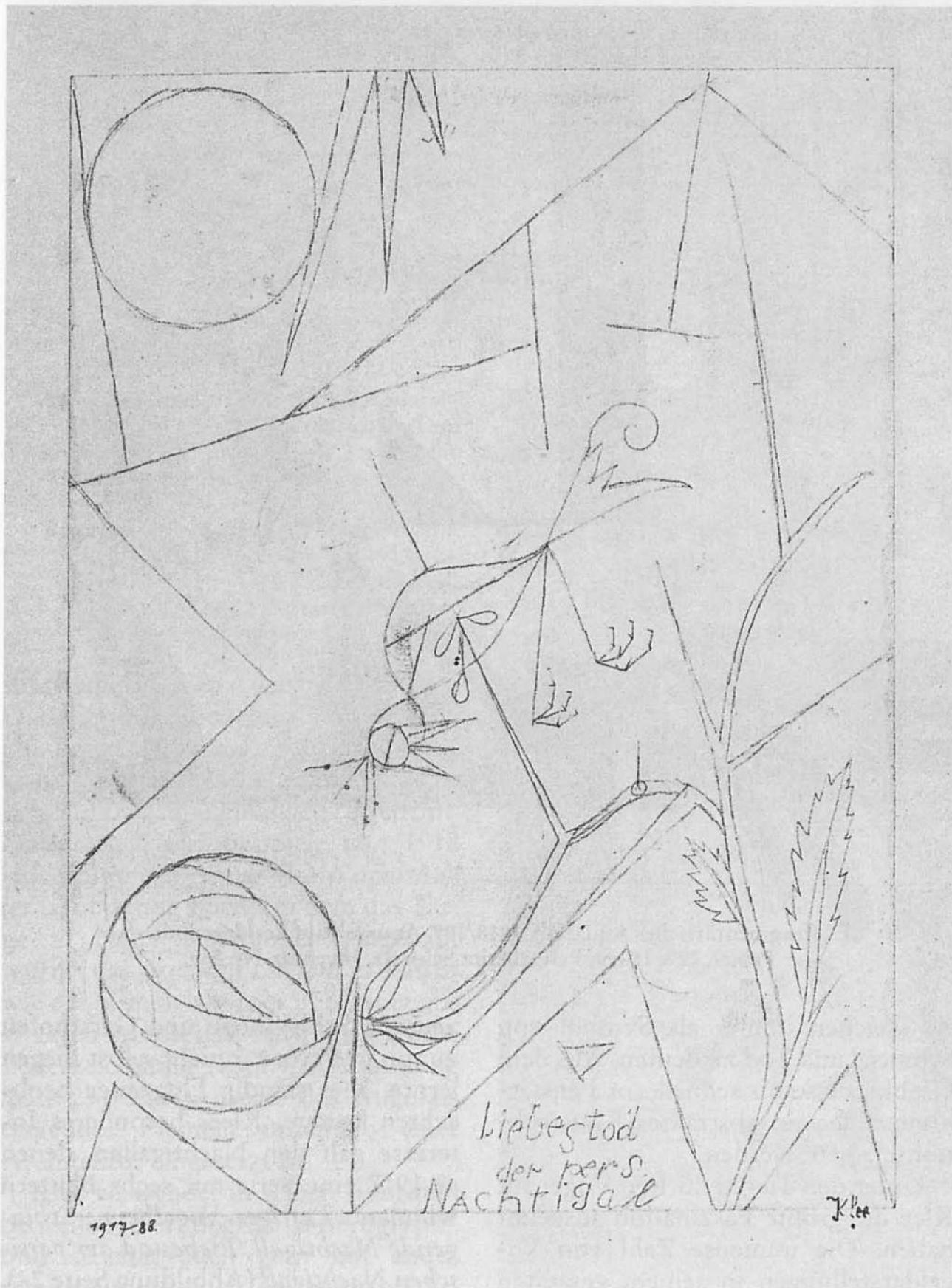
Klee leitet die energische Zickzack-
form nicht nur von einem Gewit-
terblitz ab, sondern auch von der Be-
wegung, dem Hin und Her eines ja-
genden Tieres, wie er später in seiner
Bauhauslehre demonstriert.

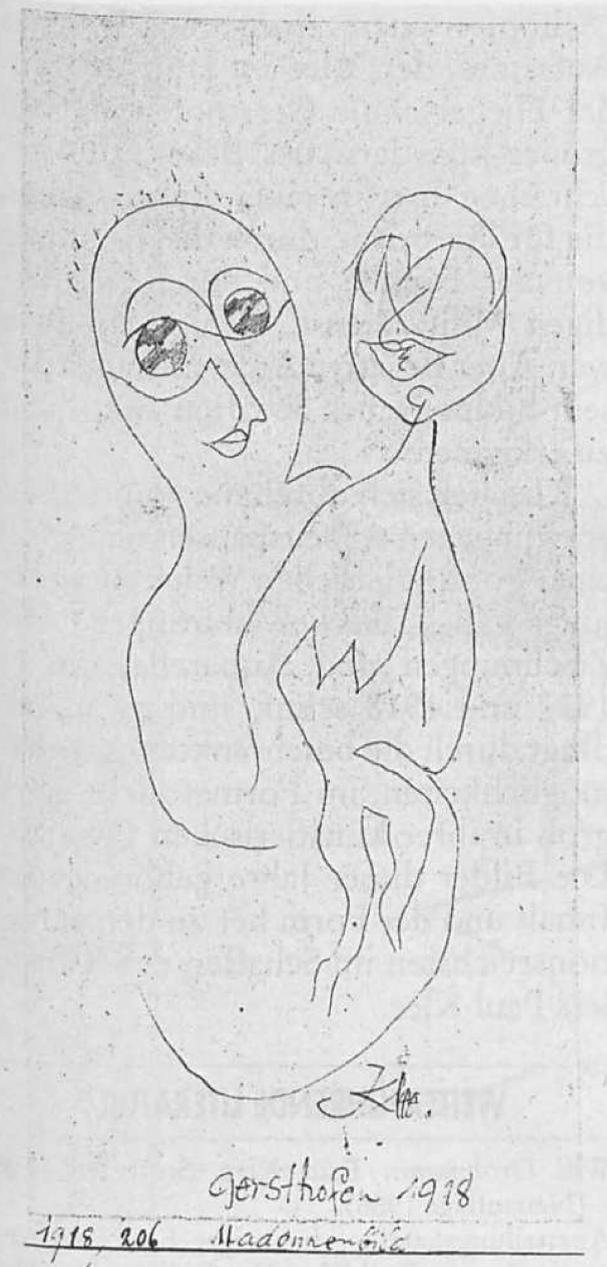
DIE AUF DEN KOPF GESTELLTE WELT

Ein Kennzeichen mancher Bilder der
Gersthofener Zeit ist der Zackenrand,
der sich andeutungsweise auch in
den Lechauenbildern findet. Es han-
delt sich um eine Randgestaltung aus
unregelmäßigen Dreiecken in hellen,
aber auch dunklen Farben, wie bei
dem Bild *Über Bergeshöhe* (Abbil-
dung Seite 18). Umlaufende Randge-
staltungen können aber auch gegen-
ständlich sein. Wie im Aquarell *E*
(Abbildung Seite 23) ragen dann Häu-
ser, Pflanzen und Figuren von der Sei-
te her oder kopfstehend von oben ins
Bild.

Diese umlaufende Randgestaltung
in Bildern der Gersthofener Zeit ist
ein Hinweis auf die beengten Ar-
beitsverhältnisse Klees. Er malte und
zeichnete nach eigener Angabe des öf-
teren in der Schublade seines Schreib-
tisches in der Zahlmeisterstelle. Und
da er dabei nicht frei von allen Seiten
an seinen Bildern arbeiten konnte,
wird er sie möglicherweise in der
Schublade gedreht und auf den Kopf
gestellt haben. Durch diese Art der

Liebestod der persischen Nachtigall,
1917/83, Bleistiftzeichnung auf Leinenpapier,
19,4 x 14 cm, Kunstmuseum Bern,
Paul-Klee-Stiftung.





Madonnenbild, 1918/206, Federzeichnung auf Briefpapier, 19,4 x 8,9 cm, Kunstmuseum Bern, Paul-Klee-Stiftung.

Gestaltung haben einige Bilder einen teppichartigen Charakter erhalten.

Weder leidet die formale Qualität der Werke, noch wird ihr Inhalt unverständlich, wenn man sie auf den Kopf stellt. Beim Bild *Mystische Landschaften mit Gestirnen und Kreuz* (1918) sind zwei Kreuze fast punktsymmetrisch angeordnet, so daß sie geradezu zu einer Drehung um 180 Grad auffordern. Auch bei der Betrachtung der *Versunkenen Landschaft* (1918) fühlt man sich animiert, das Blatt vor sich hinzulegen und dann zu drehen. Dabei stellt sich das Gefühl ein, einen Teich zu umwandern und in der Tiefe des Wassers eine versunkene Landschaft zu erblicken.

IN MEMORIAM GERSTHOFEN

Es gibt drei Bilder von 1918, in denen Klee den Ort ihrer Entstehung ausdrücklich genannt hat. Das erste und wohl berühmteste ist das *Gedenkblatt an Gersthofen* (Abbildung Seite 19),

eine farbig unterlegte Zeichnung, die Klees Wohn- und Arbeitsraum in Gersthofen abbildet. Klee, der lange in der seit 1917 neu errichteten Fliegerschule zusammen mit seinen Kameraden in einer Baracke hausen mußte, bekam erst ab Herbst 1918 eine eigene Stube zugeteilt und war sehr glücklich darüber.

Er beschreibt zeichnerisch sein Zimmer ganz genau und stellt sich selbst liegend auf seinem Bett dar, mit dem Zeichenstift in der linken Hand. Die Perspektive ist kühn. Der Betrachtungsstandpunkt liegt erhöht außerhalb des Raumes. Man blickt schräg von oben in das Zimmer. Diese Art der perspektivischen Darstellung wird erst in den Jahren 1921 und 1923 wieder aufgenommen und weiterentwickelt.

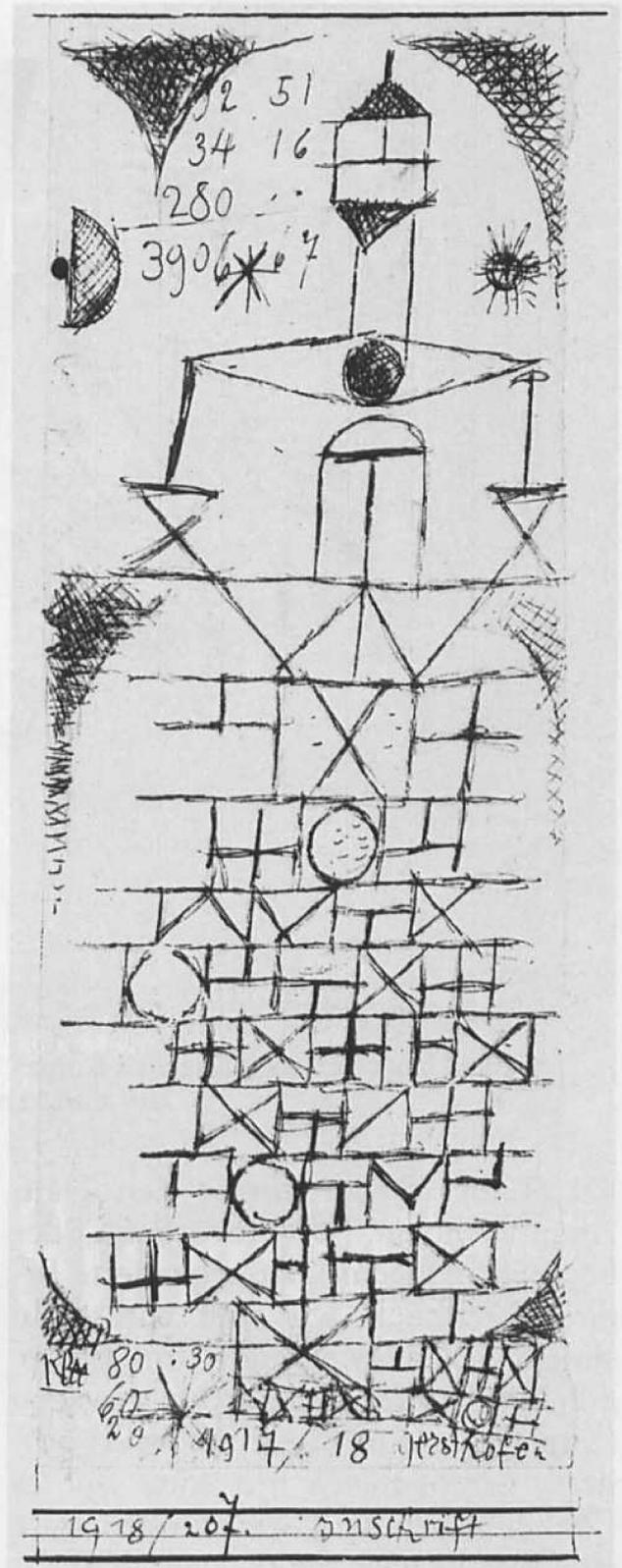
Ein besonderes Rätsel gibt das *Madonnenbild* (Abbildung links) auf. Die Zeichnung ist außer mit der üblichen Titelzeile innerhalb des Blatt-randes mit „Gersthofen 1918“ beschriftet, ohne daß ein Bezug zu diesem Ort erkennbar wäre. Auch ist unklar: Wieso ist das Christuskind weiblich? Gibt es ein Vorbild dafür, oder ist dies eine Erfindung Klees? Das Blatt muß für Klee eine eigene Bedeutung gehabt haben, denn er kopierte es später und gestaltete eine farbige Version des Bildes. Formal ähneln die Figuren durch die sparsame Verwendung der Linie den Engelsgestalten von 1939 und 1940.

Eines der letzten Blätter, die in Gersthofen entstanden sind, vielleicht sogar das letzte überhaupt, ist die Federzeichnung *Inschrift* (Abbildung rechts). Klee hat für seine Zeichnung – wie auch sonst des öfteren – bereits benutztes Schreibpapier verwendet. Zu Rechnungen zusammengestellte Zahlen sind am oberen und unteren Rand zu lesen. Klee hat sie nicht überzeichnet und dadurch unkenntlich gemacht, sondern bewußt in seine Komposition eingebaut, so daß sie gut erkennbar sind. An den unteren Rand des Blattes hat er „Gersthofen“ geschrieben und davor „1917/18“, also genau die beiden Jahre, die er in der Fliegerschule und ihrer Schreibstube verbrachte.

Zu dieser Zeichnung gibt es einen Vorläufer: *Schrift-Architektonisch*, ein frühes Aquarell von 1918, und einige Nachfolgebilder, darunter eine Einla-

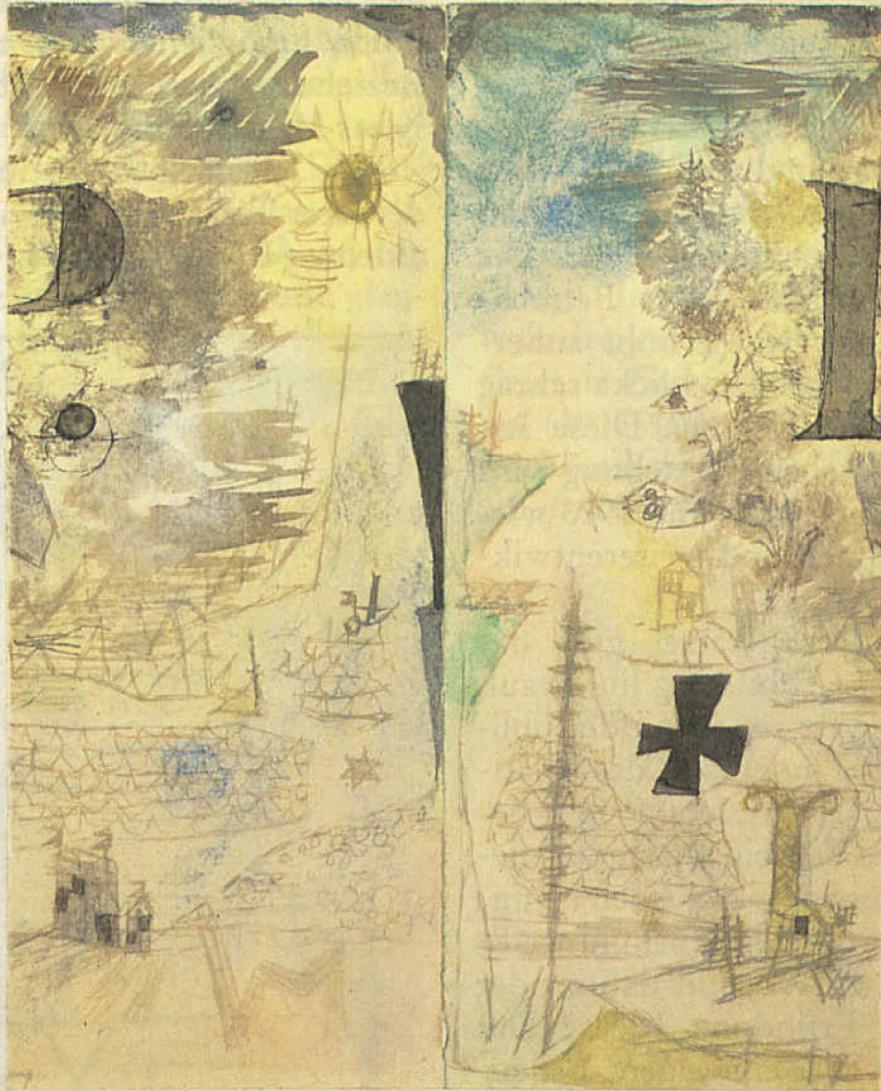
dungskarte zur Bauhausausstellung von 1923. Bei diesen Werken fehlt die Turmspitze der Architekturkomposition. Gerade sie hat Ähnlichkeit mit den in der Gersthofener Gegend verbreiteten Wassertürmen und stellt neben der Beschriftung „1917/18 Gersthofen“ möglicherweise eine weitere Beziehung zur letzten Station von Klees Militärdienst her.

Von Klee selbst existiert ein wunderbarer Text, in dem er anhand einer „kleinen Reise“ eine Wegweisung zur



Inschrift, 1918/207, Nadelritzzeichnung und Tinte auf Papier, 21 x 7,5 cm, Privatbesitz Schweiz.

Gestaltung und auch zur Betrachtung eines Bildes gibt. Diese „kleine Reise“ erscheint wie eine Wanderung durch die Lechauen: „Über den toten Punkt hinweggesetzt sei die erste bewegliche



Gedenkblatt (mit dem Eisernen Kreuz), 1918/125, Aquarell und Tusche auf Papier, 20,7 x 16,5 cm, Privatbesitz.

Tat (Linie). Nach kurzer Zeit Halt, Atem zu holen. (Unterbrochene oder bei mehrmaligem Halt gegliederte Linie.) Rückblick, wie weit wir schon sind (Gegenbewegung). Im Geiste den Weg dahin und dorthin erwägen (Linienbündel). Ein Fluß will hindern, wir bedienen uns eines Bootes (Wellenbewegung). Weiter oben wäre eine Brücke gewesen (Bogenreihe).

Drüben treffen wir einen Gleichgesinnten, der auch dahin will, wo größere Erkenntnis zu finden. Zuerst vor Freude einig (Konvergenz), stellen sich allmählich Verschiedenheiten ein (selbständige Führung zweier Linien). Gewisse Erregung beiderseits (Ausdruck, Dynamik und Psyche der Linie).

Wir durchqueren einen ungepflügten Acker (Fläche von Linien durchzogen), dann einen dichten Wald. Er verirrt sich, sucht und beschreibt einmal gar die klassische Bewegung des laufenden Hundes.

Ganz kühl bin ich auch nicht mehr: über neuer Flußgegend liegt Nebel (räumliches Element). Bald wird es indessen wieder klarer.

Korbflechter kehren heim mit ihren Wagen (das Rad). Bei ihnen ein Kind mit den lustigsten Locken (die Schraubenbewegung). Später wird es schwül und nächtlich (räumliches Element). Ein Blitz am Horizont (die Zickzacklinie). Über uns zwar noch Sterne (die Punktsaat). – Dieser Text findet sich im zweiten Kapitel der

„Schöpferischen Konfession“, jenes Aufsatzes, den Klee im Jahre 1918 in der Fliegerschule Gersthofen als sein großes künstlerisches Bekenntnis geschrieben hat; in einer Lebensphase, die für ihn privat, durch die Trennung von der Familie und durch den leidigen Militärdienst, wenig erfreulich war. Aber negative Auswirkungen auf sein bildnerisches Schaffen sind nicht zu erkennen.

Klee ließ sich durch die vom Dienst erzwungenen Arbeitspausen nicht von einer kontinuierlichen Weiterentwicklung seines Werkes abbringen. Die Zeichnungen und Aquarelle, die er 1917 und 1918 schuf, sind zwar, bedingt durch die beschränkten Arbeitsmöglichkeiten, im Format klein, aber groß in ihrer künstlerischen Qualität. Die Bilder dieser Jahre gehören vom Inhalt und der Form her zu den variationsreichsten im Schaffen des Künstlers Paul Klee. □

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

Will Grohmann: Paul Klee. Stuttgart 1954 (Neuaufgabe 1966).

Ausstellungskatalog, herausgegeben von Armin Zweite: Paul Klee. Das Frühwerk 1883 - 1922 (Städtische Galerie im Lenbachhaus München 1979/1980). München 1979.

Günter Regel (Hrsg.): Paul Klee. Kunstlehre. Leipzig 1987. (Darin neben anderen Schriften Paul Klees die „Schöpferische Konfession“ wiederabgedruckt.)

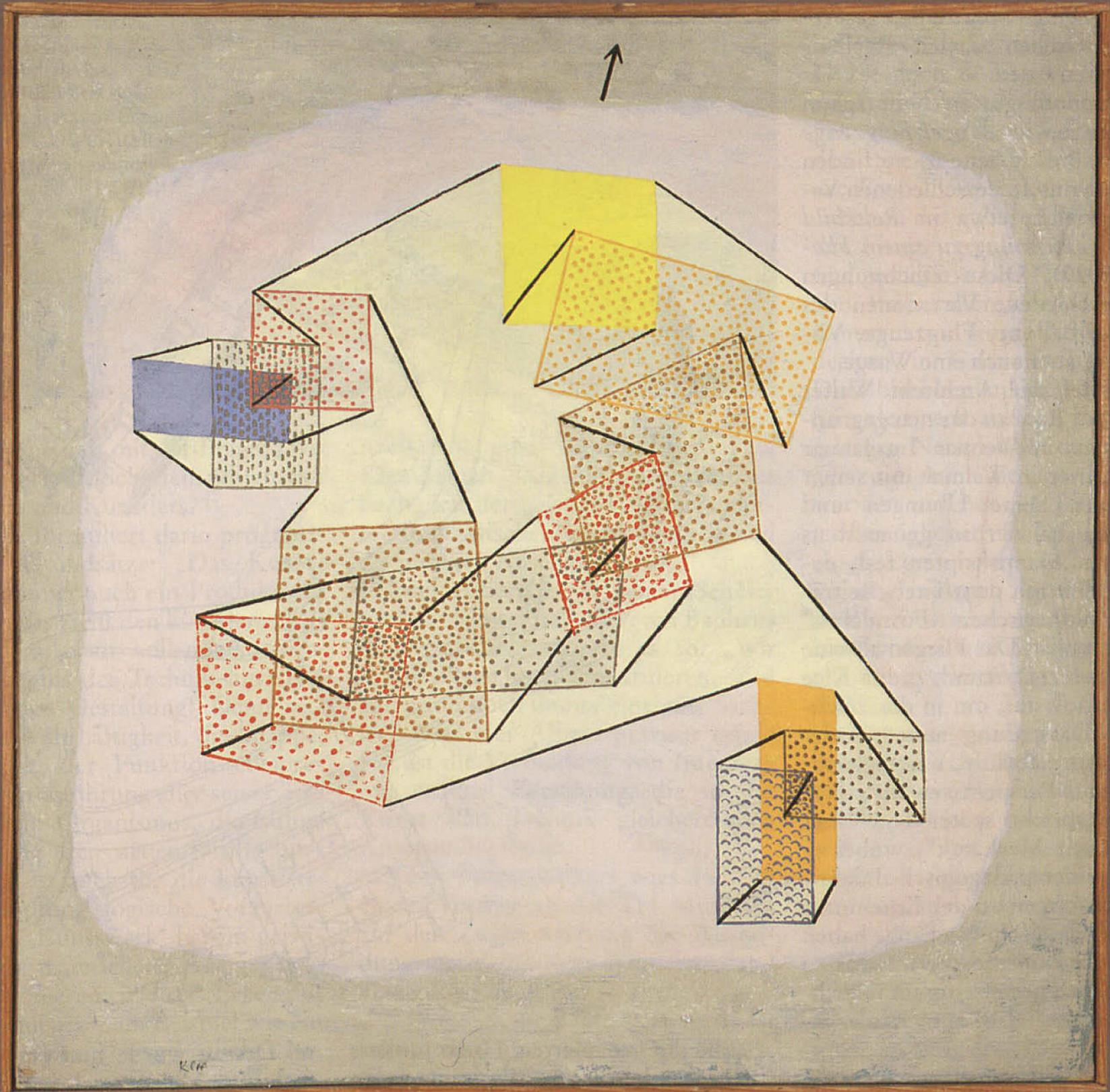
Ausstellungs-Katalog, herausgegeben vom Paul-Klee-Gymnasium Gersthofen: Paul Klee in Gersthofen. Gersthofen 1992.

Ausstellungs-Katalog, herausgegeben von Wolfgang Kersten und Osamu Okuda: Paul Klee. Im Zeichen der Teilung (Kunstsammlung Nordrhein-Westfalen Düsseldorf und Staatsgalerie Stuttgart 1995). Stuttgart 1995.

Ausstellungs-Katalog, herausgegeben von Uta Gerlach-Laxner und Ellen Schwinzer: Paul Klee. Reisen in den Süden. Stuttgart 1997.

DER AUTOR

Wilfried Wurtinger, geboren 1949, Studium an der Akademie der bildenden Künste München und Ergänzungsstudium der Kunstgeschichte an der Universität Augsburg. Oberstudienrat für Kunsterziehung und Geschichte am Paul-Klee-Gymnasium Gersthofen. Arbeitete an verschiedenen Ausstellungen mit, konzipierte und baute 1992 zusammen mit Günter Utz die Ausstellung „Paul Klee in Gersthofen“ auf.



Schwebendes (vor dem Anstieg), 1930/220 (S 10), Öl auf Leinwand, 84 x 84 cm,
Kunstmuseum Bern, Paul-Klee-Stiftung, Inventar-Nr. B14.

„Auf einem Stern unter Sternen“

Paul Klee, Hugo Junkers und das Fliegen

VON HELMUT ERFURTH

Das Thema „Fliegen“ spielte für Paul Klee auch nach dem Ende seiner Militärdienstzeit auf den Flugplätzen von Schleißheim und Gersthofen noch eine Rolle. Vor allem die Beziehungen des Bauhauses in Dessau mit den dort ansässigen Flug-

zeugwerken von Hugo Junkers belebten die im Ersten Weltkrieg gemachten Erfahrungen neu. Das Bauhaus interessierte sich für Technik, und die Techniker der *Junkerswerke* waren für künstlerische Gestaltung aufgeschlossen.

Als Klee Ende 1918 von seinem Militärdienst in Gersthofen nach München zurückkehrte, war er ein allgemein anerkannter Künstler. Klee selbst markiert diesen Abschnitt seines Lebens mit der Beendigung seines seit 1898 geführten Tagebuchs, in dem

er sich über seinen Weg zu den gesetzten künstlerischen Zielen Rechenschaft gegeben hatte.

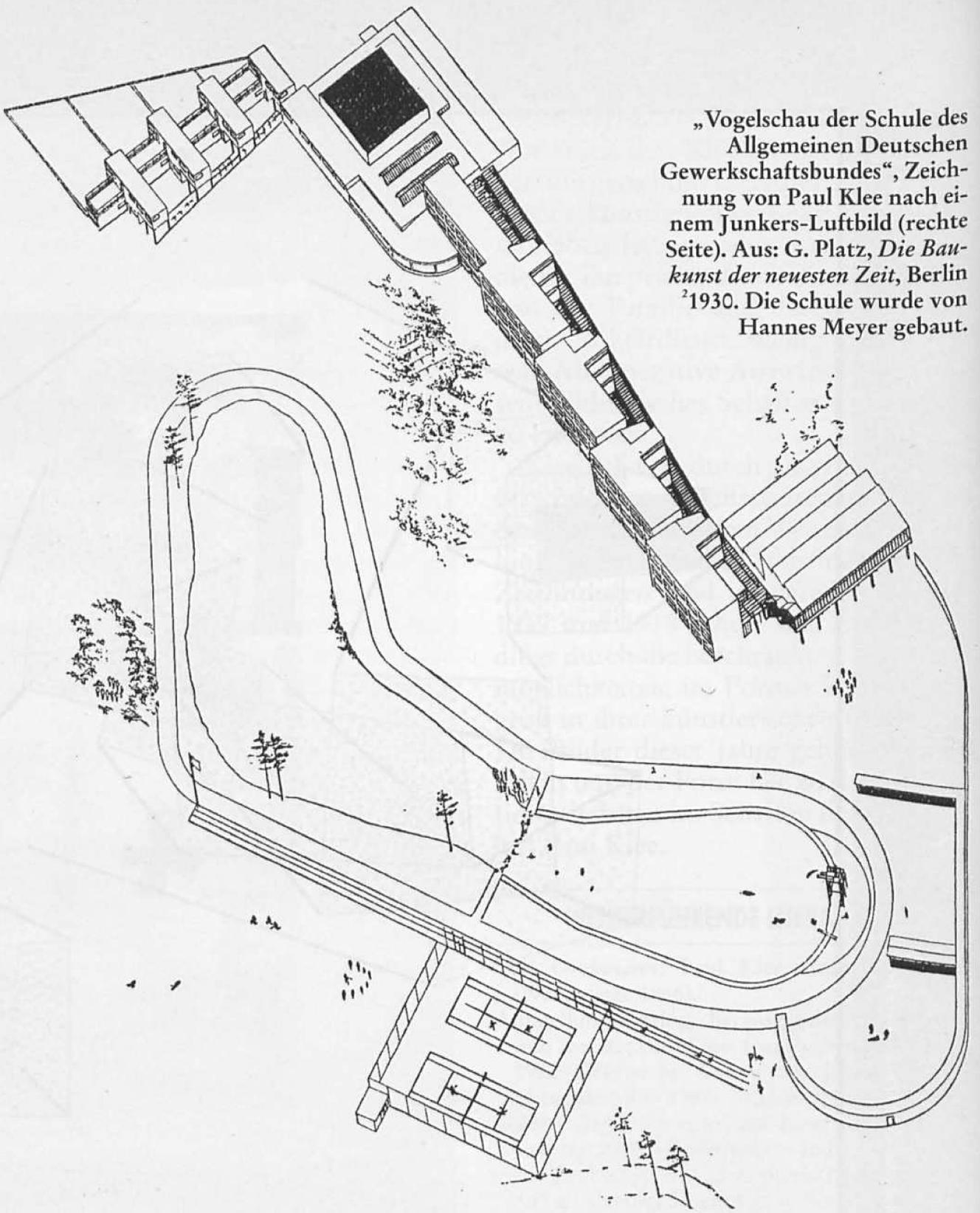
Vogel- und Flugmotive, die schon in Werken wie *Vogel-Flugzeuge* (1918, siehe Inhalt Seite 3) zu finden sind, kehren nun in verschiedenen Variationen wieder, etwa in *Reisebild* (1919) und *Zeichnung zu einem Fliegerbild* (1920). Diese Zeichnungen zeigen verschiedene Variationen des Schwebens: Ballone, Flugzeuge, Vögel, Wolken, aber auch eine Waage.

1920 berief der Architekt Walter Gropius Paul Klee an das neu gegründete Bauhaus in Weimar. Im Januar 1921 begann er in Weimar mit seiner Lehrtätigkeit. Seine Übungen und Vorlesungen hält er in genauestens ausgeführten Manuskripten fest, deren erstes Heft mit dem Titel „Beiträge zur bildnerischen Formlehre“ überschrieben ist. Das Fliegen als eine Form höchster Dynamik greift Klee hier wiederholt auf, um in der zeichnerischen Darstellung unter anderem Bewegungsabläufe, Kräftegleichgewichte und Perspektiven zu erläutern. Klee spricht später von einer „bildnerischen Mechanik“, wobei er aufgrund seiner pädagogisch-didaktischen Erfahrungen zu der Erkenntnis kommt, „dynamische Vorgänge haben innerhalb der Kunst insofern etwas zu tun, als sie sich gegenseitig im Gleichgewicht halten, also zur Statik gehören“.

In seinem 1925 veröffentlichten *Pädagogischen Skizzenbuch*, einem Extrakt seiner *Beiträge zur bildnerischen Formlehre*, gelingt es Klee in anschaulicher Weise, seine künstlerischen Erfahrungen unter Beachtung naturwissenschaftlicher Kenntnisse so zu verallgemeinern, daß eine Kunstlehre entsteht, die eine Vielfalt von kreativen Möglichkeiten zuläßt.

Mit der Übersiedlung des Bauhauses von Weimar nach Dessau erhielt auch Paul Klee ab 1925 eine neue Wirkungsstätte. Dessau, eine Haupt- und Residenzstadt mit reichen Kulturtraditionen, das 1926 errichtete Bauhausgebäude, die Meisterhäuser, eine junge dynamische Industrie mit innovativen Technologien prägten einen neuen Stil.

Neben der Auenlandschaft von Elbe und Mulde, die Klee in seinem künstlerischen Schaffen inspirierte, waren es aber auch technische Din-



„Vogelschau der Schule des Allgemeinen Deutschen Gewerkschaftsbundes“, Zeichnung von Paul Klee nach einem Junkers-Luftbild (rechte Seite). Aus: G. Platz, *Die Baukunst der neuesten Zeit*, Berlin 1930. Die Schule wurde von Hannes Meyer gebaut.

ge, die ihn faszinierten. Hugo Junkers hatte durch seine revolutionierenden Technologien im Flugzeugbau und weitere technische Leistungen die Stadt weltbekannt gemacht. Zwischen Bauhaus und den *Junkerswerken* kam es zu einem schöpferischen Gedankenaustausch auf verschiedenen Gebieten, so des modernen Designs aber auch der Anwendung von rationalen Baumethoden in Architektur und Wohnungsbau. Die Begegnung der Künstler des Bauhauses mit den Technikern der *Junkerswerke* schloß ein, daß fachspezifische Ansichten und Vorstellungen zur Sprache kamen und lebhaft diskutiert wurden.

„Wir Junkersleute engagierten uns natürlich sofort. Das Bauhaus war Fortschritt, es brachte neue Ideen. Das war auch unser Element. Vielleicht war für die Wahl Dessaus nicht ganz ohne Einfluß, daß hier Professor Junkers wirkte und ein fortschrittliches und großzügiges Klima herrsch-

te. Dessau wurde nun erst recht für viele zum Mekka“, schrieb Hans Bongers, einer der leitenden Mitarbeiter von Hugo Junkers.

Marianne Brandt charakterisierte als Bauhüslerin die Berührung mit der fortschrittlichen Technik näher: „Regelmäßige Exkursionen führten uns in die verschiedenen Junkerswerke, wohin wir auch Gäste des Bauhauses mitnahmen. ... Besonders die Flugzeugmontage war für uns beeindruckend, aber auch die scheinbar monoton wirkende Bandarbeit der Gas-thermenfertigung war interessant, da wir nachfolgende Arbeitsgänge wiederholt beobachten konnten.“

Das veranlaßte vermutlich auch Walter Gropius, sich in einem Schreiben vom 23. Juli 1925 an Hugo Junkers zu wenden, um dessen persönliche Unterstützung bei der Veröffentlichung eines Artikels zu erhalten. Im März 1926 erschien der Beitrag von Gropius in der *Werkbund-Zeitschrift*

PAUL KLEE UND DAS FLIEGEN



Die Form, betitelt mit der Frage: „Wo berühren sich die Schaffensgebiete des Technikers und Künstlers?“

Gropius formuliert darin programmatische Grundsätze: „Das Kunstwerk ist immer auch ein Produkt der Technik. Was zieht den künstlerischen Gestalter zu dem vollendeten Vernunftprodukt der Technik hin? Die Mittel seiner Gestaltung! Denn seine innere Wahrhaftigkeit, die knappe, phrasenlose, der Funktion entsprechende Durchführung aller seiner Teile zu einem Organismus, die kühne Ausnutzung der neuen Stoffe und Methoden ist auch für die künstlerische Schöpfung logische Voraussetzung. Das ‚Kunstwerk‘ hat im geistigen wie im materiellen Sinne genauso zu ‚funktionieren‘ wie das Erzeugnis eines Ingenieurs, zum Beispiel wie ein Flugzeug, dessen unerbittliche Bestimmung es ist zu fliegen. In diesem Sinne kann der künstlerisch Schaffende in ihm ein Vorbild sehen und aus der Vertiefung in seinen Entstehungsvorgang wertvolle Anregungen für sein eigenes Werk empfangen.“

„Wir konstruieren und konstruieren und doch ist Intuition immer

noch eine gute Sache“, lehrte Paul Klee seinen Studenten am Bauhaus bezüglich der geistigen Auseinandersetzung zwischen künstlerischen und technischen Anschauungen.

Josef Albers, einer seiner Schüler und ab 1926 selbst Lehrer am Bauhaus in Dessau, formulierte es so: „Wir konstruieren und konstruieren, weil Intention noch immer eine gute Sache ist.“ Was hier Albers präziser erfaßt hat, ist die Verbindung von Intention mit exakter Forschung, die in der Kunst und Technik gleichermaßen Anwendung findet.

Auch Hugo Junkers wies 1930 in einem Vortrag an der TH München auf den Zusammenhang der Ausbildungsmethoden von Künstlern und Technikern hin.

So wie sich die Bauhäusler verstärkt künstlerisch mit technischen Dingen auseinandersetzten, ließen sich die Techniker in den *Junkerswerken* auch von künstlerischen Aspekten inspirieren.

1926 stellten die Junkers-Ingenieure mit dem Bau der G 31 eine völlig neue Generation von Verkehrsflugzeugen vor. Zwar war der formale

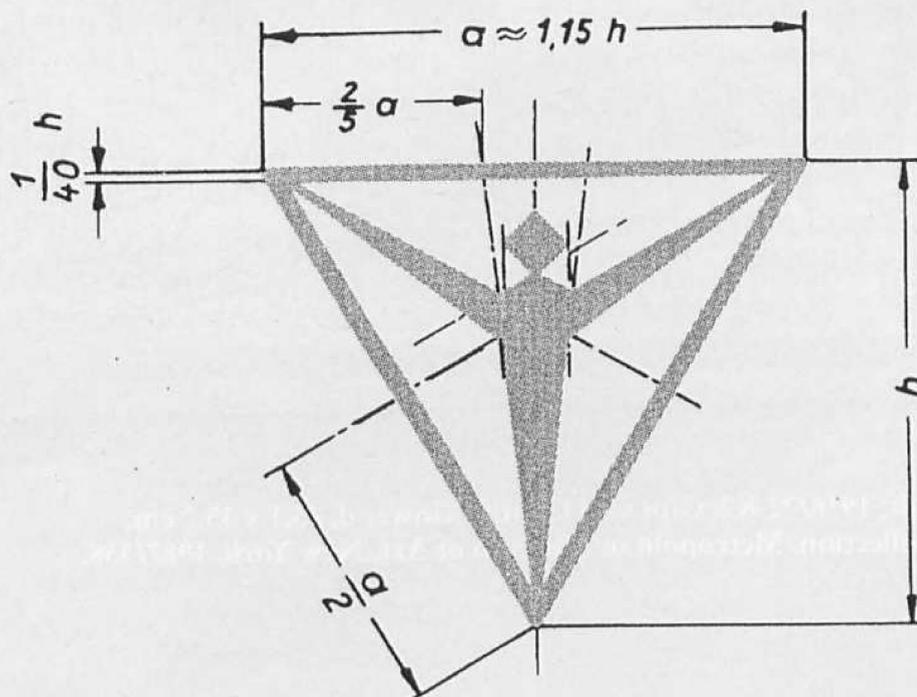
Ausgangspunkt die Weiterentwicklung des älteren dreimotorigen Typs G 24, doch dominierten die technischen und gestalterischen Neuerungen so sehr, daß von einem „fliegenden Speise- und Schlafwagen *par excellence*“ gesprochen wurde.

Schon das äußere Erscheinungsbild des Flugzeuges ließ die technischen und gestalterischen Neuerungen erahnen. Beibehalten wurde die bewährte Konstruktion eines freitragenden Tiefdeckers in Ganzmetallbauweise mit Duralblechbeplankung. Das doppelte Seitenleitwerk war eine der aerodynamischen Neuerungen der Junkers-Ingenieure. Auch die Fensteranordnung war neu und bot den Passagieren den größtmöglichen Sichtraum. In ihrer bandartigen, betont rechteckigen Gestaltung erinnern diese Fensterreihen an die Fensterformen am Bauhausgebäude, dessen Errichtung zeitgleich mit der Entwicklung des Flugzeuges stattfand.

Gegenseitige Inspiration sowie analoge wissenschaftlich-technische Fortschrittsideen, verbunden mit pädagogischen Bestrebungen, die am Dessauer Bauhaus und in den *Junkerswerken* inhaltlich nahezu deckungsgleich waren, brachten auf verschiedenen Gebieten für beide Seiten Gewinn.

Die Inneneinrichtung der G 31 gibt hierfür ein anschauliches Beispiel. Der beheizbare Passagierraum für 15 Personen war in drei Abteile mit einem durchgehenden Mittelgang unterteilt. Eine Bordküche und ein zusätzlicher Waschraum erhöhten den Komfort. Neuartige Flugzeugsitze, die teilweise wie eine Klappcouch in Liegen verwandelt werden konnten, sowie leichte Tischkonstruktionen bestimmten das Bild der Inneneinrichtung. Der

Eines der interessantesten Firmensignets der 20er Jahre, der Ikarus der *Junkerswerke*, wurde von Friedrich Peter Drömmer entworfen. Ähnliche Gestaltungsüberlegungen könnten Paul Klee angeregt haben, *Der mechanische Mensch* beziehungsweise *Tanzmeister* zu zeichnen (Seite 31) – ein Dankeschön an Hugo Junkers für das Erlebnis des Fliegens.





Betroffene Stadt, 1936/22 K2, Gips und Öl auf Leinwand, 45,1 x 35,2 cm.
The Berggruen Collection, Metropolitan Museum of Art, New York, 1987/358.

Bauhausmeister Marcel Breuer hat für diesen Flugzeug im Frühjahr 1926 Sitze entworfen, die jedoch nicht zur Ausführung kamen.

So ist es nicht verwunderlich, daß in dem künstlerischen wie pädagogischen Werk von Paul Klee aus der Dessauer Zeit auch technische Symbole zu finden sind. Ein charakteristisches Beispiel ist die Federzeichnung *Wunder der Zukunft* von 1928. Übrigens ist diese Zeichnung ein besonderes Blatt, da es Klee nach seiner Fertigstellung in zwei Teile zerschnitt und danach etwas versetzt auf Karton aufzog. Das Blatt vermittelt den Eindruck eines Elektroschaltplanes beziehungsweise eines vergrößerten Mikrochips.

FORMELEMENTE DER GRAPHIK

„Kunst gibt nicht das Sichtbare wieder, sondern macht sichtbar. Das Wesen der Graphik verführt leicht und mit Recht zur Abstraktion“, charakterisierte Paul Klee die Art seines Schaffens. Er führte diesen Grundgedanken seiner ästhetischen und philosophischen Anschauungen weiter aus: „Je reiner die graphische Arbeit, das heißt mehr Gewicht auf die der graphischen Darstellung zugrunde liegenden Formelemente gelegt ist, desto mangelhafter die Rüstung zur realistischen Darstellung sichtbarer Dinge.“

Formelemente der Graphik sind bei Klee Punkte, Linien und Flächen unter Beachtung des Raum- und Zeitgefühls. Die strenge Herleitung dieser Elemente, wie Klee sie in seiner „Schöpferischen Konfession“ 1920 und später in seiner Bauhauslehre dargelegt hat, orientiert sich an naturwissenschaftlichen Vorgehensweisen. Immer legte Klee Wert auf die Nachvollziehbarkeit der Gestaltung für den Betrachter.

Ein besonderes Flugereignis sollte zu Paul Klees 50. Geburtstag am 18. Dezember 1929 stattfinden. Durch Studenten initiiert, erhielt er seine Geschenke überraschenderweise aus der Luft, von einer Junkers F 13 per Fallschirm über seinem Meisterhaus abgeworfen.

„Drei Studenten der Textilwerkstatt“, schrieb später Josef Albers, „charterten in den nahen Junkerswerken ein kleines Flugzeug, um die

Geschenke für diesen mystischen Lehrmeister, der stets in einer jenseitigen Welt zu schweben schien, vom Himmel herabschweben zu lassen. ... Die Geschenke für Klee sollten in einem großen Paket in Gestalt eines Engels ankommen, für das Anni (Albers) Locken aus schimmernden Bronzespänen fabrizierte. Die Geschenke stammten von verschiedenen Mitgliedern des Bauhauses: darunter eine Graphik von Lyonel Feininger, eine Lampe von Marianne Brandt, einige kleinere Objekte aus der Holzwerkstatt. Was Anni von dem Flug an einem kalten Tag ... noch am deutlichsten vor Augen steht, ist die neue optische Dimension, die sich ihr unerwartet eröffnete. Sie hatte die Welt bisher aus der Horizontalen wahrgenommen und sah sie nun plötzlich aus einem anderen Blickwinkel. Das Geschenk selbst landete etwas hart, erregte aber allgemeines Aufsehen im Bauhaus.“

Die Freude über die originelle Geschenkpräsentation war groß, wie die über die kostenlose Bereitstellung des Flugzeuges und die übermittelten Glückwünsche. Klee dankte:

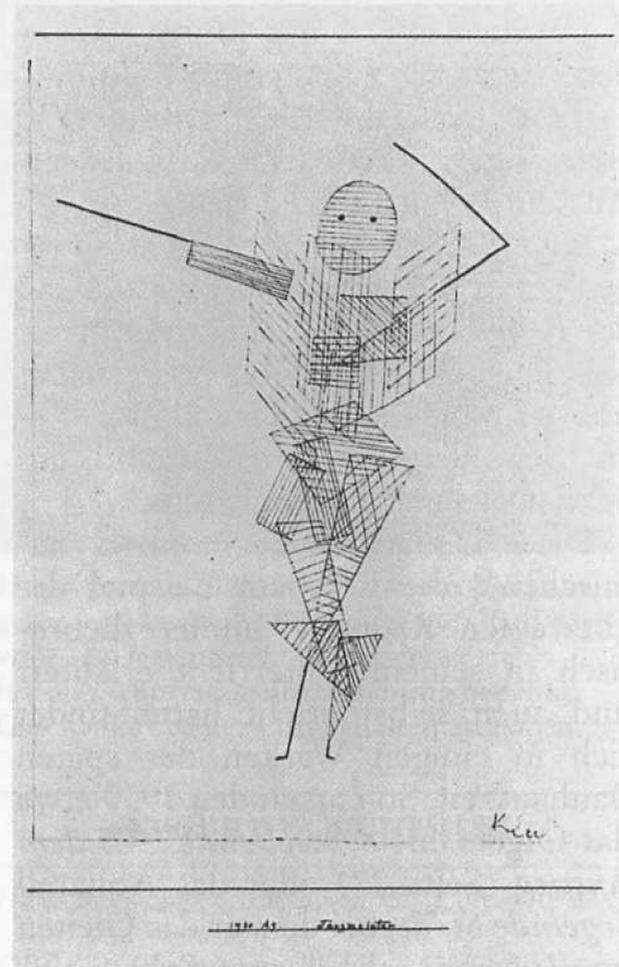
„Sehr verehrter Herr Professor,
Sehr verehrte Frau Junkers!
Für Ihr liebenswürdiges Telegramm zum ‚Fünfzigsten‘, das mich sehr ehrt, sage ich Ihnen meinen ganz herzlichen Dank. Ich hatte auch anderweitig Anlaß, Ihrer an diesem Tag zu gedenken, als mir eines Ihrer Flugzeuge die Bauhausgeschenke überbrachte.
Mit größter Hochachtung
Ihr Klee.“

Nach mündlicher Überlieferung hat der Künstler dem Stifter Hugo Junkers als Dank entweder für diesen Transportflug oder für eine später angebotene Gelegenheit zum Mitfliegen die Zeichnung *Der mechanische Mensch* übereignet.

Sie kann als eine Referenz an das Firmenzeichen des fliegenden Ikarus der *Junkerswerke* gesehen werden, das 1923 vom Leiter der Werbeabteilung der *Junkerswerke* in Dessau, Friedrich Peter Drömmel, gestaltet worden war.

Das Firmenignet ist eine exakt axial-symmetrische Figur mit streng stilisierten, sich spitz verjüngenden Kör-

pernteilen (Seite 29). Drömmel, der vor seiner Tätigkeit bei Junkers der expressionistischen Künstler-Gruppe *Kieler Maler* angehörte und durch seinen Freund Karl Peter Röhl bereits die Verbindung zum Bauhaus in Weimar besaß, erarbeitete nach einer Anregung von Hugo Junkers eines der



Tanzmeister beziehungsweise Der mechanische Mensch, 1930/169, Feder, 44 x 32 cm, Privatbesitz. Klee hat das Blatt als Dank für Hugo Junkers gezeichnet, der ihm das Fliegen zum Erlebnis machte.

interessantesten Firmensignets seiner Zeit: In stilisierter Form versucht der „fliegende Mensch“ Ikarus, mit seinen weit ausgestreckten Armen vom Boden abzuheben. Im Moment des „Schwebens“ hat ihn der Künstler im Bild festgehalten.

Im Gegensatz dazu ist *Der mechanische Mensch* von Klee eine Figur, die durch verschiedene, ineinander greifende Flächen miteinander verbunden ist. Wie bei dem Junkersignet ist die eine Hand weit ausgestreckt, so als ob sich die Figur vom Boden abheben möchte. Jedoch ist der zweite Arm gebeugt, was technisch auf eine Drehbewegung hindeutet.

Da von Paul Klee eine ähnliche Zeichnung mit dem Titel *Der Tanzmeister* existiert, ist die gewählte Haltung verständlich. Signalisiert wird ein dynamischer Vorgang: Im Tanz verkörpert sich der Traum vom Fliegen, da die Empfindung des Schwebens in

die studierendenvertretung

Handwritten notes:
Junker Plötzinger hat
zuerst von Prof. Dr. Klee
mitteilt. hi 12/12. 29.
12/12/29

anschrift: bauhaus dessau, die studierendenvertretung.

herrn
professor dr.ing.e.h.
h u g o - j u n k e r s,
d e s s a u
albrechtstrasse 109.

dessau, 9. dezember 1929

hochverehrter herr professor,

unser bauhausmeister, herr professor paul k l e e, feiert am 18. dezember seinen 50. ten geburtstag. die studierendenschaft des instituts hat in ihrer letzten versammlung beschlossen, herrn professor klee zu diesem anlass eine besondere ehrung auf zeitgemäßem weg darzubieten.

wir dachten daran, dass ein f l u g z e u g nach einigen ehrenrunden unsere geschenke in einem sack auf das haus des herrn professor klee, burgkühnauer allee 7, abwerfen sollte. -- diese besondere art der überreichung würde herrn professor klee grosse freude bereiten.

wir gestatten uns, bei ihnen, sehr geehrter herr professor, anzufragen, ob sie uns zu diesem zwecke das nötige "flug-zeug" "leihen" würden?

bei einer bejahung unserer bitte wären wir ihnen zu sehr grossem dank verpflichtet. -- dürfen wir sie noch um eine baldige stellungnahme in dieser angelegenheit bitten?

mit vorzüglicher hochachtung
und in grosser verehrung:

die studierendenvertretung:

Handwritten signature: Plötzinger Inedentisch

der Tanzbewegung einen ihrer Ausgangspunkte hat.

Ein musikalisches Ständchen, von Paul Klee in Form eines Violinsolos zum 70. Geburtstag von Hugo Junkers am 3. Februar 1929 dargebracht, soll nach Aussagen von Bauhausstudenten Anregung gewesen sein, daß Klee eine Einladung zu einem Rundflug erhielt. Mit einer Junkers W 34 der Abteilung Junkers Luftbildfotografie erlebte Paul Klee im Juni 1930 erstmalig die Faszination des Fliegens. An seine Frau Lily schrieb er am 27. Mai 1930: „Ich bin noch nicht geflogen“, doch nur wenige Tage später sah der Künstler die Welt aus einer anderen Perspektive, erlebte Landschaft und Himmel aus ungewohnter Distanz und spürte den Zustand des Schwebens und Dahingleitens.

Diese Dimension des „rein Dynamischen“, die Klee am Beispiel des „bewegten Raumes“ immer theoretisch in seinem Unterricht erläutert und auch selbst erlebt hatte, findet sich in einigen Werken der späten Bauhauszeit. So entstanden 1930 etwa das Ölgemälde *Schwebendes vor dem Anstieg* (Seite 27) oder das Aquarell *Segelnde Stadt*, bei dem er das Gleiten im Zustand scheinbarer Schwerelosigkeit in seiner für ihn typischen Form künstlerisch umsetzte: Wie ein musikalisches Wechselspiel der Gefühle breiten sich die Farben aus, durchdringen sich scheinbar und geben ein Bild dessen, was ein Passagier



Brief der Bauhaus-Studentenvertretung an Hugo Junkers mit der Bitte, zu Klees Geburtstag ein Flugzeug zur Verfügung zu stellen (oben). Paul Klee im Jahr 1927 (links).

während eines Fluges empfindet oder empfinden könnte. Klee muß von diesem Flugerlebnis sehr fasziniert gewesen sein – anders hätte er es wohl kaum in einem so farbintensiven Gemälde beziehungsweise Aquarell verarbeitet.

„Das bildnerische Werk entsteht aus der Bewegung, ist selber festgelegte Bewegung und wird aufgenommen in der Bewegung (Augenmuskeln)“, sagt Paul Klee. Wie eine Kamera nimmt das Auge die vorbeischwebenden beziehungsweise dahingleitenden Bildfolgen auf, verarbeitet sie im Gehirn und setzt das entstandene geistige Bild in der Bewegung (Armmus-

keln) intuitiv schöpferisch um. In den Federzeichnungen *Spiegelkanon (auf vier Ebenen)* und *Doppelthema* von 1931 greift Klee erneut diese bildnerische Darstellung auf. Von diesem naturwissenschaftlichen Ansatz aus gelangt er zur philosophischen Sichtweise und Darstellung eigener Welten: „Der heutige Künstler ist mehr als eine verfeinerte Kamera, er ist komplizierter, reicher und räumlicher. Er ist Geschöpf auf der Erde und Geschöpf innerhalb des Ganzen, das heißt Geschöpf auf einem Stern unter Sternen.“

Im Zusammenhang mit dem Erlebnis des Fliegens ist auch Klees 1930 entstandene Zeichnung der Schule des *Allgemeinen Deutschen Gewerkschaftsbundes* in Bernau bei Berlin (Seite 28) zu erwähnen. Klee hat sie nach einer Junkers-Luftbildfotografie

angefertigt. Mit hoher Wahrscheinlichkeit ist es die einzige „reine“ Architekturzeichnung im technischen Sinne, die im Gesamtwerk von Paul Klee zu finden ist.

1931 verließ Paul Klee das Bauhaus, um eine Professur an der Düsseldorfer Akademie zu übernehmen. Nur zwei Jahre später, 1933, wurde ihm als „entartetem Künstler“ von den Nationalsozialisten die Lehrberechtigung entzogen. Zur gleichen Zeit wurde auch Hugo Junkers unter Androhung eines Landesverratsprozesses zum Ausscheiden aus seinem Flugzeug- und Motorenwerk gezwungen. In dieser Zeit schuf Klee die Zeichnung *Auswandern*, in der zwei Menschen versuchen, einander Schutz zu gewähren.

Hugo Junkers beschreibt in seinem Tagebuch die politischen Zustände in Deutschland mit den Worten: „Die politischen Wogen gehen hoch. Mensch kämpft gegen Mensch ... Hass und Rachsucht sind schlechte Kutscher, sie führen in den Abgrund.“

Unter diesen Vorzeichen entstand 1936 Klees Gemälde *Betroffene Stadt* (Seite 30), in dem er symbolhaft mit einem nach unten zeigenden schwarzen Pfeil – Bote des Unheils – die Vision einer kriegsbedrohten Stadt durch Bombenflugzeuge sinnfällig machte.

Das Fliegen erhielt im „Neuen Deutschen Reich“ des Nationalsozialismus eine Dimension, die jenseits von künstlerischen und technischen Anschauungen lag. □



Hugo Junkers (1859-1935) hat das Bauhaus gefördert. Links die Briefkarte von Paul Klee vom 22. Dezember 1929, mit der er sich für die Geburtstagsüberraschung bedankt, Geschenke aus der Luft erhalten zu haben.

From D + G + J + K + L + M + N + O + P + Q + R + S + T + U + V + W + X + Y + Z

Sehr verehrter Herr Professor,
Sehr verehrte Frau Junkers!

• Für Ihr liebenswürdiges Telegramm zum Feiertag, das mich sehr ehrt, sage ich Ihnen mein ganz herzliches Dankwort. Ich hatte auch an diesem Anlass, Ihren an diesem Tag zu danken, als mir eines Ihrer Flugzeuge die Bauhausgeschenke überbrachte.

Mit grösster Hochachtung
Paul Klee

Dessau 22. Dez. 1929

HINWEISE ZUM WEITERLESEN

- Hans M. Bongers: Es lag in der Luft. Düsseldorf und Wien 1971.
- Olaf Groehler/Helmut Erfurth: Hugo Junkers. Berlin 1989.
- Helmut Erfurth: Hugo Junkers und das Bauhaus in Dessau. In: *Bauwelt* Nr. 1/2, Berlin 1991.
- Helmut Erfurth: Im Rhythmus der Zeit - Hugo Junkers und die Zwanziger Jahre. Dessau 1994.
- Paul Klee: Briefe an die Familie 1893-1940. 2 Bände. Köln 1979.
- Paul Klee: Tagebücher 1898-1918. Leipzig und Weimar 1980.
- Paul Klee: Kunst-Lehre. Leipzig 1987.
- Diether Schmidt (Hrsg): Manifeste, Manifeste 1905-1930, Schriften deutscher Künstler des 20. Jahrhunderts, Band 1. Dresden 1965.

DER AUTOR

Helmut Erfurth, geboren 1948 in Dessau, Diplom-Ingenieur, interessierte sich schon früh für die Stadt- und Regionalgeschichte seiner Heimatstadt, insbesondere für die Auseinandersetzung um Hugo Junkers und das Bauhaus Dessau. Er war 1984 Mitinitiator der 1. Junkersausstellung der DDR. 1992 gründete er mit anderen Interessenten einen Förderverein „Technikmuseum Dessau“, dessen Aufbau er seitdem wissenschaftlich betreut.



Vase aus Hämatinonglas mit Flächenschliff. Hämatinonglas war schon in der Antike bekannt.

„Du denkst, du wüßtest was vom Glas...“

Eine Geschichte der Kunst, rote Gläser herzustellen

VON ALBRECHT SCHNEIDER



Roter Obsidian aus Mexiko.

Rot ist für die Menschen allemal eine besonders begehrte Farbe gewesen. Es ist die Farbe des Blutes, Sinnbild der Liebe, des Lebens und der Macht. Das Purpurrot des Altertums war Ausdruck höchster Macht und Würde. Purpur trugen die höchsten Beamten der römischen Kaiser; Purpur tragen bis heute die Kardinäle. Politisch bedeutet Rot Revolution, Sozialismus und Kommunismus. Rot ist Signalfarbe: Es bedeutet Gefahr und Halt.

Schon unter den ältesten Gläsern finden sich auch rote. Rotes Glas kommt sogar in der Natur vor. Die Abbildung auf dieser Seite zeigt ein Stück roten Obsidians aus Mexiko. Obsidian ist ein vulkanisches Glas, ein Aluminiumsilikatglas. Die meisten Abarten sind schwarz, aber es gibt auch rote, orangefarbene und grüne.

Alle Gläser – natürlich oder künstlich – lösen sich in geologisch kurzen Zeiträumen in Wasser auf. Natürliches Glas kommt darum nur in erdgeschichtlich jungen Gesteinen vor. Obsidian findet man bis etwa zum Tertiär, also bis vor rund 70 Millionen Jahren; davor nicht. Es wurde zu Waffen, Schmuckstücken, Amuletten, Statuen und Gebrauchsgegenständen verarbeitet und gehört mit Salz und manchen Schmucksteinen zu den frühesten Gütern des Fernhandels.

Heute sind viele Möglichkeiten bekannt, Glas rot zu färben. Diese Betrachtung soll sich auf die drei Glasfarbstoffe beschränken, welche die größte wirtschaftliche Bedeutung erlangt haben, nämlich Kupfer, Gold und Selen.

Kupfer und Gold gehören zu den sieben schon im Altertum bekannten Metallen (Kupfer, Gold, Silber, Blei, Quecksilber, Eisen, Zinn). Kupferrote und Goldrubingläser haben eine Geschichte, die bis ins Altertum zurückreicht.

KUPFERROTE GLÄSER

Kupfer ist einer der vielseitigsten Glasfarbstoffe. Man kann mit Kupfer rote, gelbe, grüne und blaue Farbtöne im Glas erzielen. Hier sollen nur die roten Färbungen behandelt werden. Man kann vier verschiedene Arten der Rotfärbung durch Kupfer unterscheiden.

1. Kupferrubin ist ein tiefrotes, durchsichtiges Glas. Die färbenden Pigmen-

te sind bei diesem Glas kolloidal verteilt.

2. Unter Hämatinon versteht man ein opakrotes Glas. Die farbgebenden Teilchen bilden dabei mikroskopisch kleine Kristalle.

3. Im Aventuringlas sind Kupferkristalle zu einer Größe angewachsen, die sie mit bloßem Auge erkennbar macht.

4. Die Kupferbeize ist eine Oberflächenfärbung des Glases, die durch Diffusion und anschließende Reduktion entsteht.

Die opakroten, leberroten oder siegellackroten Kupfergläser gehören zu den ältesten Gläsern überhaupt. Es gibt Funde aus antiker Zeit aus Ägypten und Mesopotamien, und es ist wahrscheinlich, daß die Herstellung dieser Gläser mit der Metallschmelze von Kupfer zusammenhing. Die leberroten Schlacken der Kupferproduktion waren wahrscheinlich die Vorläufer der roten Kupferglasuren und -gläser.

Die erste Analyse antiken Glases stammt von Martin Heinrich Klaproth, dem Entdecker des Urans, vom Anfang des 19. Jahrhunderts. Sie ergab Kupfer als Farbstoff eines opakroten Glases aus einem römischen Mosaik von Capri. Die gründlichste Untersuchung des opakroten Glases ist Max von Pettenkofer zu verdanken. Es ist die einzige Arbeit, die dieser vor allem wegen seiner Verdienste um die Hygiene angesehene Forscher

über Glas veröffentlicht hat. Der kunstliebende König Ludwig I. von Bayern hatte 1844 eine Kommission nach Pompeji entsandt. Ihre Aufgabe bestand unter anderem darin, die künstlerische Technik der Alten zu erforschen.

Auf diesem Weg erhielt Pettenkofer in München eine prächtig rote



Zwei Zapfen aus Kupferrubinglas. Der rechte hat sich durch sehr langsames Abkühlen zu Hämatinon entwickelt.

Glasprobe zur Analyse. Er erkannte sie als das von Plinius d. Ä. in seiner Naturgeschichte (36. Buch, 26. Kapitel) beschriebene Hämatinon. Plinius sagt da: „Man macht auch für Speisegeschirre in einer Art der Färbung ein Obsidianglas, welches ganz rot und nicht durchscheinend ist, das sogenannte Blutrot.“ Pettenkofer analysierte in seiner Probe 11 Prozent Kupferoxid. Es gelang ihm, das Hämatinonglas zu reproduzieren. Auf einer Münchner Ausstellung wurde sein wiederentdeckter Hämatinon 1854 mit einem Preis ausgezeichnet. In der Folge haben es verschiedene Glashütten hergestellt.

In der Biedermeierzeit taucht das Hämatinonglas unter den Bezeichnungen Hyalith und rothwelsches Glas als Erzeugnis südböhmischer

Hütten auf. Die Glasgeschichte zählt diese Gläser wegen ihres mineralienähnlichen Aussehens zu den sogenannten Steingläsern. Meist wurde durch einen Flächenschliff der Effekt von Achat oder Marmor verstärkt. Ein vor wenigen Jahren aus einer Versuchsschmelze des Verfassers hergestelltes Exemplar zeigt die Abbildung auf Seite 34.

Unter anderem solche Hyalithgläser dienten Friedrich Egermann als Rohlinge für seine berühmten, durch Einbrennen von Beizen hergestellten Lithyalingläser.

Seit der Zeit von Klaproth und Pettenkofer hat die Analytik außerordentliche Fortschritte gemacht. Heute genügt ein Glassplitter für eine vollständige Analyse. Allerdings bedeutet eine Analyse noch nicht, daß es auch gelingt, das Glas zu reproduzieren. Das gilt in besonderem Maße für die roten Gläser.

Ihr Zustandekommen hängt von so vielen Faktoren ab, daß sie zu den am schwierigsten herzustellenden Gläsern gehören. Zusammensetzung, Reduktionsmittel, Schmelzbedingungen und Wärmebehandlung müssen aufeinander abgestimmt sein, um zum Erfolg zu führen. Auch darin liegt die Faszination dieser Gläser. Sie bergen eine Fülle wissenschaftlich interessanter Probleme, von denen manche bislang nicht vollständig gelöst sind.

Heute liegt eine Vielzahl von Analysen historischer Hämatinongläser vor. Die meisten weisen Kupferoxidgehalte zwischen 1 und 10 Prozent auf und damit weit mehr als die für Kupferrubin typischen 0,2 Prozent. Tatsächlich kann man aber durch besonders langsames Abkühlen auch eine gewöhnliche Kupferrubinschmelze in Hämatinon überführen.

Links in der Abbildung links ist ein „normaler“ Zapfen Kupferrubin zu sehen, rechts ein Zapfen Kupferrubin, der längere Zeit im Kühlofen getempert wurde, so daß die Kristalle genügend Zeit zum Wachstum hatten. Auffällig ist dabei die charakteristische Maserung, die im Anschliff die erwähnte Steinstruktur hervortreten lassen würde.

Pettenkofer hat bei seinen Untersuchungen über den Hämatinon das Aventuringlas mitentdeckt. Zur gleichen Zeit wurden in Frankreich große Anstrengungen unternommen, den

Aventurin herzustellen. Das Rezept war für Unsummen aus Italien gekauft worden. Damals galt Aventurin als ein Geheimnis italienischer Glasmacher. Wenn es auch in der Folgezeit nach Pettenkofers Veröffentlichung vereinzelt hergestellt worden ist, kann es doch heute wieder als Spezialität italienischer Glashütten gelten.

Wie es möglich ist, eine Kupferrubinschmelze durch geeignete Temperaturbehandlung in Hämatinon zu überführen, so kann eine Hämatinonschmelze durch sehr ausgedehntes Kühlen zu Aventurin erstarren. Der Name wird oft auf das italienische *avventura*, den Zufall, zurückgeführt. Tatsächlich ist es leicht vorstellbar, daß der Aventurin seine Entdeckung einem Zufall verdankt.

Vielleicht haben die Schmelzer einmal beim Hafenwechsel oder bei einer Ofenreparatur Aventurin vorgefunden, der aus einer kupferroten Schmelze langsam auskristallisiert war. Aventurin wird ausschließlich als Dekorglas verwendet. In kleinen Stückchen wird er beim Ausarbeiten von Hohlglas aufgeschmolzen, oder er wird wie ein Schmuckstein verarbeitet. Die Herstellung von Hohlgläsern aus Aventuringlas ist nicht möglich, weil die Abkühlzeiten dabei zu kurz sind.

Kupferrubin entsteht, wenn ein Gemengesatz, der Kupfer und Zinn enthält, unter reduzierenden Bedingungen geschmolzen wird. Bei den üblichen Herstellungsverfahren ist Kupferrubin schon in dünner Schicht extrem dunkel, beinahe schwarz, weshalb er fast ausschließlich als Überfang verarbeitet wird. Ein Beispiel zeigt die Abbildung rechts. Die roten Gläser in den bleiverglasten Fenstern französischer gotischer Kirchen waren Kupferrubinüberfänge.

Die Chinesen konnten Kupferrubin massiv und dennoch durchsichtig machen. In neuerer Zeit hat man sich in Indien mit Erfolg um diese Technik bemüht, um die Einfuhr des teuren Selens als Farbpigment für rote Gläser zu sparen.

Johannes Kunckel galt lange Zeit als der Erfinder des Goldrubinglases. Er hat aber auch Mühe auf die Herstellung des Kupferrubins verwendet. Seine *Ars vitraria experimentalis, oder vollkommene Glasmacherkunst* von 1679 ist das erste Standardwerk der

Glastechnologie der Neuzeit. Kunckel griff damit auf die Vorschriftensammlung des Florentiner Priesters und Chymisten Antonio Neri zurück, die erstmals 1612 erschienen war. Er probierte sämtliche Rezepte Neri durch und kommentierte sie in eigenen „Anmerkungen“.

Nach dem Erkalten einer Kupfer-rubinschmelze ist das Glas zunächst weitgehend farblos. Die rote Färbung bildet sich erst nach nochmaligem Anwärmen, dem sogenannten Anlaufen. Es ist Kunckels Verdienst, die Notwendigkeit eines solchen Temperaturprogramms erkannt zu haben. Er schreibt (Anmerkungen zu Neri 128. Kapitel): „Dieses Glas hat eine wunderliche Art an sich, denn so dasselbe gerieben und damit auf die Goldarbeiter Art gemahlt und eingebrannt wird, so kommt es nicht roth, sondern nur gelblich aus dem Feuer: so man es aber über etliche trockene Birkenreiser räuchert, so kriegt es seine schöne durchsichtig rothe Farbe, wie denn dieses Kunststücklein schon unterschiedlichen Goldarbeitern bekannt, welche es in dem Gebrauch oder Erfahrung also befunden haben.“

Dies ist die erste Beschreibung des Anlaufvorgangs. Bis dahin war er geheimgehalten worden. Wie aber genau der Kupferrubin herzustellen sei, darüber schweigt sich Kunckel beharrlich aus, wie er ja auch sein Verfahren für den Goldrubin nicht bekanntgemacht hat.

So erfährt man in seinen Anmerkungen zu Neri 58. Kapitel: „Ich habe hierinnen überaus grosse Mühe angewandt und kann auch, Gott Lob, neben dem schönsten Rubin das feinste Roth machen; weil es mir aber gar viel Zeit, Müh und Arbeit gekostet und eine sehr rare Sache ist, als wird mich niemand verdencken, daß ichs vor dißmahl nicht gemein mache.“

Heute ist die Herstellung von Kupferrubin keine Kunst mehr. Der Kupferrubin ist billiger als das moderne Selenrot und ist für rot überfangene Hohlgläser weit verbreitet. Dennoch sind noch nicht alle seine Geheimnisse gelüftet. Auch nach neuesten Untersuchungen besteht noch keine Übereinstimmung in der Frage nach dem färbenden Pigment. In Frage kommen Kupfer und Kupfer-I-Oxid. Leider

erlauben es die modernen Methoden der Röntgenspektroskopie nicht, zwischen beiden zu unterscheiden.

Die letzte der kupferroten Färbungen ist die Rotbeize. Die Abbildung auf Seite 38 unten zeigt eine rotgebeizte Vase aus Böhmen, um 1830 entstanden. Rotgebeizte Gläser werden im allgemeinen durch Gravur weiter veredelt, wobei die hauchdünne rote Schicht abgetragen wird. Solche Gläser werden auch als Egermanngläser bezeichnet.

Friedrich Egermann aus Haida in Böhmen hat die Glasveredlung um viele neue Techniken bereichert. Die Rotbeize ist zur wirtschaftlich wichtigsten Erfindung Egermanns geworden. Er arbeitete daran seit 1816; aber erst 1830 entdeckte er das Grundprinzip, und damit begann die Massenerzeugung.

Das rotgebeizte Glas, durch Gravur veredelt, wurde um die Mitte des 19. Jahrhunderts zum bedeutendsten Ausfuhrartikel Böhmens.

Die Technik der Rotbeize ist komplizierter als die der verwandten Gelbbeize. Sie erfordert mindestens zweimaliges, oft dreimaliges Einbrennen. Zuerst wird ein Brei aus Kupfersalz, Ocker und Wasser auf das Glas aufgetragen und im Muffelofen eingebrannt. Hierbei diffundieren Kupferionen in die Glasoberfläche ein. Das Glas sieht nach diesem Brennvorgang gelb, grün oder blau aus.

Bei einem anschließenden zweiten Brand muß das Kupfer reduziert werden. Danach haben die Gläser eine schwarze, metallisch glänzende Oberfläche. Nach einem dritten Brand, der wieder unter oxidierenden Bedingungen geführt wird, erscheint die rubinrote Färbung.

Ob die Rotbeize befriedigend ausfällt, hängt stark von der Grundglaszusammensetzung ab.

GOLDRUBIN

Seit dem frühesten Altertum gibt es eine Überlieferung von der Möglichkeit, Glas mittels Gold rot zu färben. Die erste gesicherte schriftliche Erwähnung des Goldrubins stammt aus dem 14. Jahrhundert aus Italien. Damals entstanden Schriften, die sich mit der Herstellung farbiger Kirchenfenster befaßten.

Bei den Alchemisten des 15. Jahrhunderts tauchen Behauptungen auf, daß mit Gold der Stein der Weisen herzustellen sei. Stein der Weisen oder Karfunkel ist die mystische Bezeichnung für den künstlichen Rubin. Der Stein der Weisen sollte nicht nur den Alchemistentraum erfüllen, unedle Metalle in Gold zu verwandeln, sondern er sollte auch Heilkräfte besitzen. Das echte Goldglas sollte den darin aufbewahrten Flüssigkeiten die Tugenden des Karfunkels übermitteln.



Schale mit Kupferrubinüberfang.

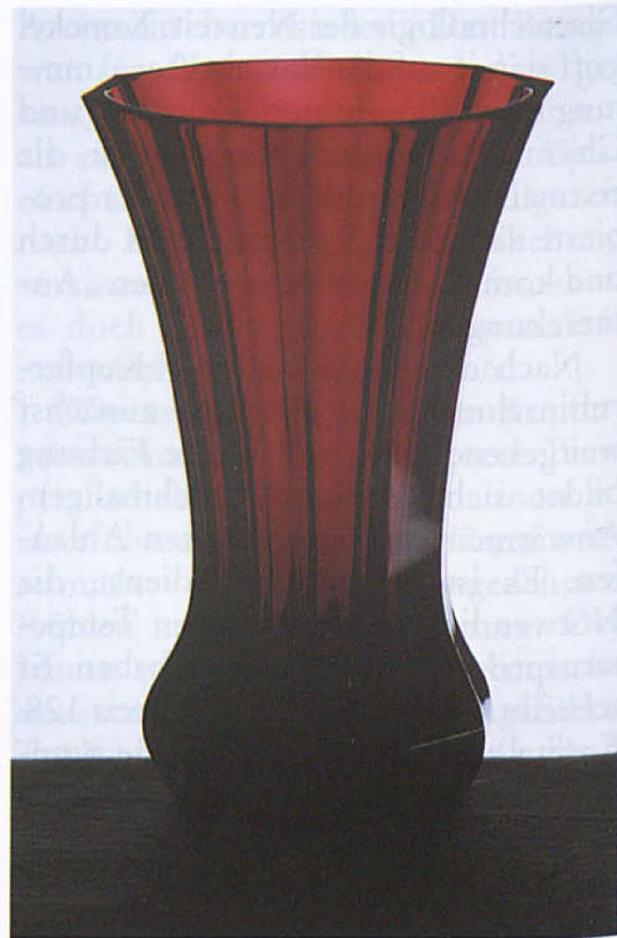
Was die Alten am Goldrubinglas faszinierte, war nicht so sehr nur seine prachtvolle Farbe als vielmehr der Umstand, daß die Farbe den hohen Temperaturen der Glasschmelze standhielt.

Es ist das Verdienst Kunckels, ein Verfahren für die Herstellung von Hohlglas aus Goldrubin ausgearbeitet und wirtschaftlich ausgestaltet zu haben. Bei ihm kamen drei Umstände zusammen: die gründliche Kenntnis der alchemistischen Literatur, die Tradition einer alten Glasmacherfamilie und die barocke Energie zu schöpferischer und wirtschaftlich lohnender Betätigung.

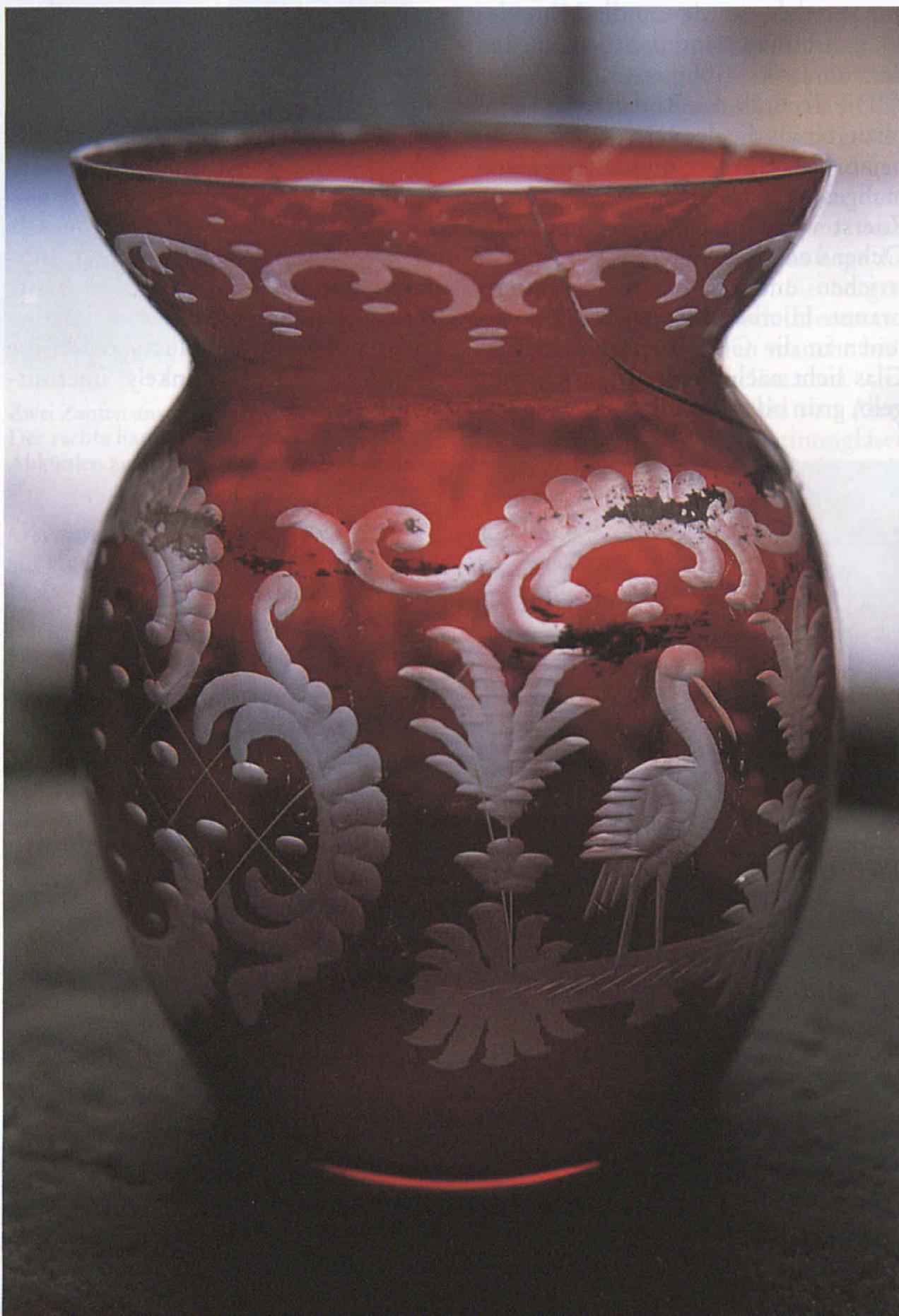
Es war die Zeit des Großen Kurfürsten Friedrich Wilhelm I. (1620-1688), in dessen Dienst Kunckel als Glasmacher 1678 eingetreten war. Um seine geheimnisvollen Experimente

vor Neugierigen zu schützen, arbeitete Kunckel auf der Pfaueninsel im Wannensee. Vor 20 Jahren haben Chemiker der Technischen Universität Berlin Grabungsfunde aus Kunckels dortiger Hütte untersucht. Sie fanden in den Goldrubinscherben einen Goldgehalt von 0,08 Prozent, das entspricht 1 Teil Gold auf 1280 Teile Glasfritte. Von genau diesem Goldgehalt hat Kunckel in seinem Werk *Laboratorium Chymicum* gesprochen.

Kunckel hat sein Rezept nicht veröffentlicht. In seinen Anmerkungen zu Neris 129. Kapitel in der *Ars vitraria* bestreitet er, daß man mit Neris Vorschrift Goldrubin erhalten kann. Heute wissen wir, daß diese Behauptung nicht stimmt. Kunckel hat hier zu verschleiern versucht. Dennoch ist sein Verfahren nicht lange geheim geblieben. Kurz darauf wurden in



Oben: Becher aus massivem Goldrubinglas mit Flächenschliff. – Links: Rotgebeitztes Glas aus Böhmen, um 1830.



Freising Goldrubingläser hergestellt; und wahrscheinlich ist um diese Zeit auch einem anderen bedeutenden Werkstoffwissenschaftler, Johann Friedrich Böttger aus Dresden, dem Entdecker des Porzellans, die Herstellung von Goldrubinglas gelungen.

Böttger scheint aber, anders als Kunckel, den Goldrubin nur zu Überfang verarbeitet zu haben. Jedenfalls werden vier rubinrote Überfangflaschen und ein Kelch, die man im Grünen Gewölbe in Dresden sehen kann, Böttger zugeschrieben.

Etwa gleichzeitig mit Böttger, zu Anfang des 18. Jahrhunderts, sollen auch die Chinesen schon Goldrubin hergestellt haben. Eine schöne Sammlung chinesischer Goldrubingläser aus dem 18. Jahrhundert ist im Museum für Kunsthandwerk in Frankfurt am Main zu sehen.

Die Technik der Goldrubinherstellung ging dann zwar nicht verloren, doch kam das Farbglass außer Mode, bis im Biedermeier die Lust an der Farbe wieder aufflammte. 1833 setzte der preussische Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes auf die Herstellung des Goldrubins aus dem Cassiusschen Goldpurpur einen Preis aus. Die Verleihung des Preises an die schlesische Hütte in Hoffnungsthal würdigt keine Neuerfindung, sondern



Oben: Schale aus massivem Goldrubinglas, hergestellt in Millefioritechnik. Die Goldrubinelemente sind teils rot, teils blau angelaufen.

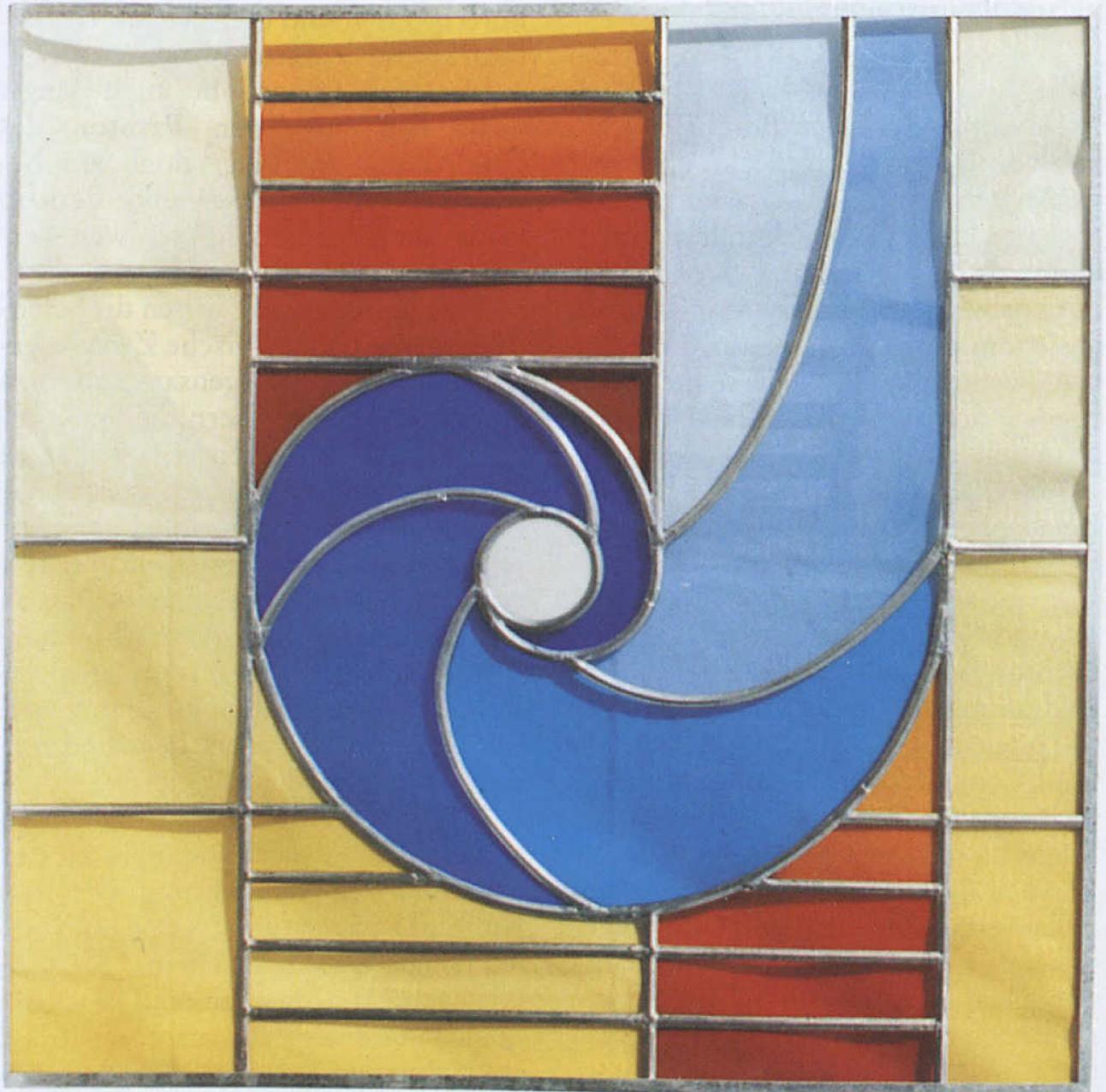
Rechts: Bleiverglastes Fenster. Alle gelben, orangen und roten Bestandteile sind Selenrubingläser derselben Zusammensetzung, bei denen die unterschiedlichen Farbtöne durch gezielte Temperaturbehandlung erzeugt wurde.

eine Wiederbelebung und praktische Verbesserung.

Das Goldrubinglas ist ziemlich empfindlich gegen kleine Ungenauigkeiten beim Anlaufvorgang. Die Herstellung massiver Goldrubingläser ist bis heute keine einfache Sache. Einen fehlerfreien Goldrubinbecher zeigt die Abbildung links oben. Bei zu heißem oder zu langem Anlaufenlassen wird das Glas lebrig (leberfarben, opak) und hat dann eine unansehnlich opakbraune Farbe.

Ein Übergangszustand zwischen rot und lebrig ist blauer Goldrubin. Er dürfte kaum planmäßig herzustellen sein, sondern ist ein seltenes Zufallsergebnis. Die Abbildung oben zeigt das Beispiel einer in Millefioritechnik hergestellten Schale, bei der einige der Goldrubinteile rot, andere blau angelaufen sind. Violette Zwischentöne kommen häufiger vor. Die Farbänderungen sind das Ergebnis des Wachstums kolloidaler Goldteilchen.

Bis 1962 galt Kunckel als der erste, dem Hohlgläser aus Goldrubin ge-



lungen sind. Dann fand sich beim Abnehmen des Fußes des berühmten Lykurgosbechers aus dem Britischen Museum ein kleines Bruchstück, das für eine Analyse freigegeben wurde. Dabei ergab sich, daß es sich um ein

Soda-Kalk-Glas mit 40 ppm Gold und 300 ppm Silber handelt. So war der Lykurgosbecher als massives Goldrubinglas identifiziert. Also muß die Technik den römischen Glasmachern des 4. Jahrhunderts bekannt gewesen sein.

Nicht nur das, sie kamen auch mit einem viel geringeren Goldgehalt als Kunckel aus. Die Besonderheit des Bechers ist der Lykurg-Effekt: Das Glas ist in der Aufsicht olivgrün, in der Durchsicht rubinrot. Dieser Dichroismus wurde der gleichzeitigen Anwesenheit von kolloidalem Gold und Silber zugeschrieben.

Allerdings ist über diese Deutung noch nicht das letzte Wort gesprochen, und bis heute hat trotz aller Bemühungen niemand den Effekt an einem Hohlglas von neuem hervorbringen können.

Auch zu römischer Zeit müssen solche Gläser extrem selten gewesen sein, sonst müßte man mehr Fragmente dieser Art kennen; es sind aber bisher weniger als zehn dichroische Glasfragmente aufgefunden worden.



Deutsches Reichspatent von 1892 für Franz Welz auf die Erfindung des selenroten Glases.

Auch hier gibt es also noch interessante Forschungsaufgaben und Raum für Wiederentdeckungen.

SELENRUBIN

1817 wurde das Selen durch Jöns Jacob von Berzelius entdeckt, aber seine Anwendbarkeit als Glasfarbe blieb bis zum Ende des Jahrhunderts unerkannt. In den 80er und 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts trat erstmals das cadmiumgelbe Glas auf. Erfinder war wahrscheinlich derselbe Josef Riedel, der auch das gelbe Uranglas erfunden hat.

Gut 100 Jahre alt ist ein Deutsches Reichspatent (Abbildung oben), das Franz Welz aus Klostergrab in Böhmen auf seine Erfindung des Selenrosas und Selenrubins erhielt. Der rosa Farbton entsteht ohne Zusatz von Cadmiumsulfid, gelbe, orange und rote Töne entstehen mit ihm. Außerdem wird dem Gemenge Zinkoxid zugesetzt, um die lästige Verdampfung des Selen zu mindern.

Auch das Selenrubin ist wieder ein Anlaufglas, aber es bedarf im allgemeinen keines gesonderten Anlaufvorgangs mehr, sondern die Gläser sind nach der Verarbeitung fertig gefärbt. Allerdings kann eine weitere Temperaturbehandlung zu einer Vertiefung des Farbtons führen.

Alle gelben, orangefarbenen und roten Teile in dem bleiverglasten Fenster auf Seite 39 unten besitzen dieselbe Zusammensetzung; sie unterscheiden sich nur in der Temperaturbehandlung, der sie unterzogen wurden.

Am schwierigsten sind die orangefarbenen Farbtöne zu erhalten. Man muß den Anlaufvorgang rechtzeitig unterbrechen und eine genaue Temperaturkontrolle durchführen.

Hat der Selenrubin auch längst nicht den begehrten Farbton des Goldrubins, so ist er doch am bequemsten herzustellen und deshalb heute auch für Hohlgläser weit verbreitet.

Große Bedeutung haben die Selenrubingläser für technische Zwecke erlangt, weil sie im Gegensatz zu Gold- und Kupferrubingläsern die Spektralfarben mit kürzeren Wellenlängen praktisch vollständig ausfiltern. Die Lage der Absorptionskante kann zwischen rot und gelb eingestellt werden. So liefert Selenrubin sehr reine Farben für Filtergläser aller Art (Abbildung auf der Inhaltsseite 3), rote Signalgläser für Verkehrsampeln, Bahn und Schifffahrt und orangefarbene und rote Fotofilter sind Selenrubingläser.

Die Geschichte der roten Gläser ist an dieser Stelle natürlich nicht zu Ende. Aber die Betrachtung der drei Kolloidfarben Kupfer, Gold und Selen zeigt, daß das Thema für den Glasfachmann faszinierend ist und noch keineswegs als wissenschaftlich abgeschlossen gelten kann. Das erinnert an ein Glasmachergedicht, das gerade auf die roten Gläser besonders zutreffen scheint:

*Du denkst dir dies, du denkst dir das,
Du denkst, du wüßtest was vom Glas.
Doch wirst du allzu oft belehrt,
Daß diese Ansicht grundverkehrt.*

*Du denkst vielleicht: Erlernt man nur
Die Theorie der Glasstruktur,
Dann löst man spielend und bequem
Jedwedes Silikat-Problem.*

*Und wenn du noch so gut strukturst,
Der Schmelze ist das alles wurst.
Und du bleibst weiter gramgebeugt,
Wie jeder Mensch, der Glas erzeugt.*

HINWEISE ZUM WEITERLESEN

- Anonym:* Zwei Bahnbrecher der Glasveredelungstechniken in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Sprechsaal, Vol. 121, No. 9, 1988.
- Bezborodov, M. A.:* Chemie und Technologie der antiken und mittelalterlichen Gläser. Mainz 1975.
- Caley, E. R.:* Analyses of ancient glasses 1790-1957. The Corning Museum of Glass Monographs, Vol. I, 1962.
- Chirside, R. C.:* The Rothschild Lycurgus Cup: An Analytical Investigation. In: Comptes Rendus II, VIIe Congrès International du Verre, Bruxelles, 1965, No. 222, S. 1-6.
- Fetzer, W.:* Johann Kunckel. Ilmenau, 1977.
- Gabbert, G.:* Chinesisches Glas. Museum für Kunsthandwerk, Frankfurt am Main, 2. Auflage, 1980.
- Ganzenmüller, W.:* Beiträge zur Geschichte des Goldrubinglases. In: Ganzenmüller, W.: Beiträge zur Geschichte der Technologie und der Alchemie. Weinheim/Bergstraße 1956.
- Kunckel, J.:* Ars vitraria experimentalis. Nachdruck der Ausgabe Frankfurt und Leipzig 1689, Hildesheim, New York, 1972.
- Pazaurek, G.E. und Philippovich, E. v.:* Gläser der Empire- und Biedermeierzeit. Braunschweig, 1976.
- Patentschrift No. 63558, ausgegeben den 1. Juli 1882, Kaiserliches Patentamt: Verfahren zur Herstellung rosenrothen und orangeröthen Glases.
- Pettenkofer, M.:* Über einen antiken rothen Glasfluss (Hämatinon) und über das Aventurin-Glas. In: Abhandlungen der naturwissenschaftlich-technischen Commission bei der Königl. Bayerischen Akademie der Wissenschaften in München, erster Band, S. 123-146. München, 1857.
- Schulze, G.:* Kunckels Glaslaboratorium auf der Pfaueninsel - Bericht über chemische Untersuchungen an einigen Fundobjekten. Medizinhistorisches Journal, Band 11, 1976, S. 149-156.

DER AUTOR

Albrecht Schneider, geboren 1950, Dr. rer.-nat., studierte Biologie in München und Schottland. Nach Jahren der Tätigkeit in der chemischen Industrie arbeitet er heute beim Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft in Essen.

EIN MILITÄRARZT IN DER PHYSIK

Vor 150 Jahren: Die Formulierung der Energieerhaltung durch Hermann Helmholtz

VON STEFAN L. WOLFF

Um die Mitte des 19. Jahrhunderts begann sich die Erkenntnis durchzusetzen, daß mit der Energie eine Größe existiert, die bei allen Naturvorgängen konstant bleibt. Dazu hat eine ganze Reihe von Forschern beigetragen. Helmholtz gelang die wohl umfassendste Formulierung dieses Naturgesetzes.

Der erst 25jährige Militärarzt Hermann Helmholtz fuhr am Freitag, dem 23. Juli 1847, wieder einmal von seinem Heimat- und Arbeitsort Potsdam nach Berlin. Er wollte dort über die Ergebnisse seiner jüngsten Forschungen vortragen. Als Forum diente ihm die außerhalb des akademischen Rahmens angesiedelte *Berliner Physikalische Gesellschaft*. Es handelte sich um einen interdisziplinär ausgerichteten Verein, der nicht nur Naturwissenschaftler, sondern auch Techniker wie den Offizier Siemens oder den Universitätsmechaniker Halske zu seinen Mitgliedern zählte.

Eine wichtige Gruppe bildeten außerdem die Physiologen, denen es darum ging, der Medizin eine wissenschaftliche Grundlage zu verschaffen. Das bedeutete, die verschiedenen Lebensvorgänge auf chemische und physikalische Prozesse zurückführen zu können. Insoweit betrieben die Physiologen in ihrem Selbstverständnis eine Art „organischer Physik“. Helmholtz war einer von ihnen und gehörte



Hermann Helmholtz (1821-1894)
als 40jähriger Professor.

der Gesellschaft seit ihrem Gründungsjahr 1845 an.

In seiner Jugend hatte er ursprünglich einmal die Absicht gehabt, Physiker zu werden, aber die ökonomischen Zwänge seiner Familie brachten das älteste von sechs Kindern zu dem Broterwerb der Medizin.

Hermann Helmholtz war 1821 in der stark von Militär und Adel geprägten Garnisonsstadt Potsdam zur Welt gekommen, wo sein Vater am örtlichen Gymnasium unterrichtete und bald vom Oberlehrer zum Professor aufstieg. Zu dessen Schülern gehörte dann auch sein Sohn Hermann, der nach dem Abitur 1838 eine medizinische Ausbildung beim Militär begann. Es ermöglichte jedes Jahr etwa 80 bis 90 jungen Männern, die zuvor in einer Aufnahmeprüfung ausgewählt wurden, ein kostenfreies vierjähriges Studium. Als Gegenleistung mußten sie sich verpflichten, anschließend acht Jahre dem Militär zu dienen.

Der Soldatenkönig hatte in Berlin mehrere Einrichtungen für die Ausbildung von Militärärzten geschaffen, darunter auch die Charité zum klinischen Training. Eine weitere Institution in diesem Rahmen stellte die 1795 gegründete *Pepinière* dar, die 1818 den Namen *Königlich medizinisch-chirurgisches Friedrich-Wilhelms-Institut* erhielt. Helmholtz bezog dort eine Stube und führte ein streng reglementiertes Leben.

Die mehr als 40 Stunden des wöchentlichen Unterrichts erteilten in manchen Fächern auch Professoren der Universität.

Der für seine weitere Entwicklung wohl wichtigste von ihnen war der Lehrstuhlinhaber für Anatomie und Physiologie Johannes Müller. Er ver-

knüpfte die naturwissenschaftlich-experimentelle Forschung mit der klinischen Praxis, wenngleich er sich von der alten Vorstellung einer besonderen Lebenskraft nicht ganz zu lösen vermochte. Es handelte sich um die Idee von einer nicht lokalisierbaren Kraft, die im Tode spurlos verschwindet und dadurch die zuvor unterdrückten physikalisch-chemischen Prozesse der Fäulnis wirksam werden läßt.

Helmholtz begann im November 1841 mit einer Doktorarbeit bei Müller. Mit einem aus eigenen Ersparnissen erworbenen Mikroskop untersuchte er die Struktur des Nervensystems wirbelloser Tiere. Dabei entdeckte er, daß die Nervenfasern ihren Ursprung in den Ganglienzellen haben. Müller zeigte sich von dem Ergebnis sehr angetan, riet aber noch zu einer Ausdehnung auf weitere Tierarten, wofür er Helmholtz einen Arbeitsplatz im Anatomischen Museum zur Verfügung stellte, eine Auszeichnung, die besonders talentierten Studenten vorbehalten blieb. Schließlich promovierte Helmholtz am 2. November 1842 zum Doktor der Medizin.

Am 30. September hatte mittlerweile schon das obligatorische Jahr in der Charité angefangen, wo er als Chirurg verschiedene Abteilungen durchlief. Der mehr als zwölfstündige Dienst ließ zunächst wenig Zeit für die Fortsetzung der wissenschaftlichen Arbeit, die er deshalb erst wieder ab Februar 1843 in Müllers Laboratorium aufnehmen konnte.

PHYSIOLOGISCHE FORSCHUNGEN

Helmholtz untersuchte die physikalisch-chemischen Grundlagen der Fäulnis und der Gärung. Es ging ihm hier unter anderem auch darum, die Existenz einer besonderen Lebenskraft überflüssig erscheinen zu lassen. Allerdings erfüllten die Resultate diese Erwartung nicht unbedingt, da es sich zeigte, daß lebende Organismen die Fäulnis beeinflussen konnten – die Gärung stellte ein Beispiel dafür dar.

Nach der Zeit in der Charité erreichte Helmholtz seine Versetzung nach Potsdam. Dort diente er von Oktober 1843 bis Mai 1847 als Stabschirurg und Assistent des Regiments-

arztes den königlichen Gardehusaren, einer Kavallerieeinheit mit mehr als 500 Soldaten und eigenem Krankenhaus. In jenem Zeitabschnitt gab es zwar keine kriegerischen Auseinandersetzungen, aber dennoch viele Krankheitsfälle, von denen einige sogar tödlich endeten. Insgesamt war Helmholtz dadurch jedoch nicht allzu sehr beansprucht und in der Lage, seine Forschungen fortzusetzen.

Zu diesem Zweck richtete er sich ein kleines Laboratorium in einer Armeebaracke ein und fuhr gelegentlich nach Berlin. Nun interessierte ihn die ebenfalls mit der Lebenskraft verknüpfte Frage, ob die Aktivität der Muskeln mit physiologischen Veränderungen einhergeht. Dazu experi-

mentierte Helmholtz seit dem Frühjahr 1844 mit Fröschen, deren präparierte Schenkel er durch die Funken einer Leydener Flasche in Zuckungen versetzte. Er konnte nachweisen, daß es dabei zu einer Erhöhung von Stoffmengen in den Muskeln kommt.



Die von Helmholtz in mehreren Untersuchungen verwendete elektrische Stimulation von Froschen ging auf Galvani zurück, dessen Anordnung hier zu sehen ist.

mentierte Helmholtz seit dem Frühjahr 1844 mit Fröschen, deren präparierte Schenkel er durch die Funken einer Leydener Flasche in Zuckungen versetzte. Er konnte nachweisen, daß es dabei zu einer Erhöhung von Stoffmengen in den Muskeln kommt.

Von diesem Gegenstand gelangte er zu der Problematik der tierischen Wärme, also der Entstehung von Wärme im lebenden Organismus. Helmholtz verfaßte einen ausführlichen Handbuchartikel über den gesamten

Themenkomplex. Nach der Schilderung der verschiedenen Möglichkeiten der Temperaturbestimmung und einer Diskussion der Ergebnisse bei den verschiedenen Tierarten ging er in einem besonderen Abschnitt auf den Ursprung der Wärme ein.

DIE NATUR DER WÄRME

Die Vorstellungen vom Wesen der Wärme, also von dem, was Wärme ausmacht, befanden sich in einem Übergangsstadium. Bereits in seinen Vorlesungen hatte Helmholtz von zwei konkurrierenden Ideen gehört, die noch immer nebeneinander existierten, da keine der beiden die Gesamtheit der Phänomene bis dahin

befriedigend zu erklären verstand. Seit der Mitte des 18. Jahrhunderts fand das besonders anschauliche Konzept von einem Wärmestoff große Verbreitung. So nimmt das Eis die Wärme nur zur Verflüssigung auf, ohne dabei seine Temperatur zu erhöhen. Eine Substanz schien eingesogen worden zu sein und blieb dann offenbar innerhalb des Wassers verborgen, weshalb man von latenter Wärme sprach. Auch im Verlauf aller anderen Phasenumwandlungen trat

dasselbe Phänomen auf. Die für bestimmte Temperaturerhöhungen jeweils erforderlichen Wärmemengen sind stets gleich und von der Substanz abhängig, was mit dem Begriff der spezifischen Wärme beschrieben wurde.

In diesen Vorgängen sah man eine Analogie zu chemischen Prozessen, bei denen sich die Stoffe in festgelegten Proportionen miteinander verbinden. Folgerichtig führte Lavoisier die Wärme 1789 als chemisches Element ein. Die von Rumford und Davy um die Jahrhundertwende bei Reibungsvorgängen gefundene Erzeugung von offenbar unbegrenzten Wärmemengen legte zwar eine entscheidende Schwachstelle des Stoffkonzeptes bloß, führte aber keineswegs zu dessen Verdrängung.

Das lag daran, daß auch die alternative Betrachtungsweise, die Wärme mit Bewegung in Zusammenhang brachte, keineswegs alle Phänomene erklären konnte. Beispielsweise erschien eine Deutung der latenten Wärme so zunächst gar nicht möglich. Die Durchsetzung der Wellentheorie des Lichts und die sich ab etwa 1830 erweisende Analogie von Licht- und Wärmestrahlung konkretisierte die Idee der Bewegung in Form einer Wellentheorie der Wärme.

So entsprach es völlig der Konvention, wenn Helmholtz in seinem Aufsatz die beiden alternativen Konzepte von der Wärme mit den Begriffen „eigenthümlicher Stoff“ oder „Bewegung der kleinsten Körpertheile“ vorstellte und zunächst die Stofftheorie erörterte. Er leitete daraus die Konsequenz ab, daß einem Organismus allein durch die latente Wärme der von ihm aufgenommenen Stoffe Wärme zugeführt werden könne. Dann wandte er sich der anderen Idee von der Wärme zu, die nach seiner Überzeugung die materielle Theorie aufgrund neuerer Erkenntnisse letztlich ganz verdrängen mußte.

Als Argument erwähnte er neben der Analogie von Licht- und Wärmestrahlung die Entstehung von Wärme, zu der es nicht nur im Fall von Reibung, sondern auch beim Ausgleich elektrischer Spannungen kommt. Helmholtz betonte, daß die Wärme demzufolge als Produkt von Umwandlungsprozessen keine Erhaltungsgröße sein könnte. Das brachte

ihn zu dem Ausdruck „Aequivalent von Wärme“, bei dem es sich aufgrund der Gesetze der Mechanik um eine Konstante handeln müsse.

Im letzten Abschnitt des Artikels diskutierte er schließlich die einer Temperaturerhöhung im lebenden Organismus zugrundeliegenden physikalisch-chemischen Prozesse.

DAS PERPETUUM MOBILE

Im Oktober 1845 kehrte Helmholtz für einige Monate an die Charité zurück, um dort seine Staatsprüfung abzulegen. In Potsdam setzte er dann 1846 die Beschäftigung mit der Muskelarbeit fort. Er wollte herausfinden, welche Vorgänge für die dabei auftretende Erwärmung verantwortlich sind. Die experimentell aufwendigen Untersuchungen zogen sich bis in den Herbst 1847 hin. Daneben vertiefte sich Helmholtz in das physikalische Schrifttum über die Wärme.

Dies hing nicht zuletzt mit seiner neuen Aufgabe zusammen. Er war einer der Berichterstatter der kommentierten Jahresübersicht der aktuellen naturwissenschaftlichen Publikationen, die unter dem Namen *Fortschritte der Physik* von der *Berliner Physikalischen Gesellschaft* herausgegeben wurde. Helmholtz interessierte sich vor allem für die Prozesse, bei denen es zu einer Veränderung der Wärmemenge, also zu Umwandlungen kam, denn für die physiologischen Bilanzierungen waren diese natürlich von besonderer Bedeutung. So stieß er unter anderem auf die Arbeit von Sadi Carnot aus dem Jahr 1824, der die Erzeugung von mechanischer Arbeit durch Wärme, die von einem Körper mit höherer zu einem anderen mit niedrigerer Temperatur übergeht, auf der Grundlage der Stofftheorie untersucht hatte. Dessen Ausgangspunkt war die Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile gewesen.

Seit mehreren Jahrhunderten geisterte die Idee von einer solchen Maschine, die unbegrenzt Energie produzieren könnte, durch die technische Literatur. Viele Erfinder hatten sich durch ihre aufwendigen, aber vergeblichen Konstruktionsversuche finanziell ruiniert, weshalb die französische Akademie seit 1775 die Annahme von vermeintlichen Lösungen dieses Problems prinzipiell verweigerte.

In der Mechanik war die zur Erkenntnis gewachsene Erfahrung, daß die Existenz eines Perpetuum mobile ausgeschlossen sein mußte, schon früher zu Widerspruchsbeweisen genutzt worden. In einem Buch von 1605 begründete Stevin auf diese Weise, daß sich eine um ein Prisma gelegte Kette, deren herabhängende Enden miteinander verbunden waren, im Gleichgewicht befindet. Eine Bewegung nach einer Seite hin würde die Anordnung überhaupt nicht verändern und hätte daher niemals Anlaß aufzuhören.

Auch Galilei wandte eine ähnliche Art der Beweisführung an, um zu zeigen, daß die von einem Körper beim Fall auf einer beliebigen Bahn erlangte Geschwindigkeit nur von dem vertikalen Abstand der Anfangs- und Endlage abhängt. Wäre diese Aussage unrichtig, so könnte man eine Möglichkeit finden, den Körper durch die Wirkung der eigenen Schwere auf eine größere Höhe zu heben, indem man ihn auf einer gewissen Bahn fallen und auf einer anderen, entsprechend geeigneten, wieder aufsteigen ließe. Dieser Vorgang könnte beliebig oft wiederholt werden und würde dann ein Perpetuum mobile darstellen.

Bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts war daraus ein grundlegender, streng beweisbarer Erhaltungssatz der Mechanik entstanden. Von Verlusten bei der Reibung oder dem unelastischen Stoß abgesehen, kann kinetische Energie, damals „lebendige Kraft“ genannt, nur umgewandelt, keinesfalls jedoch vernichtet werden.

DIE ERHALTUNG DER KRAFT

Am Anfang des Jahres 1847 fand Helmholtz Gelegenheit, diese Thematik, die ihn schon lange beschäftigte, einmal in ihrem ganzen Umfang aufzuarbeiten. Im Februar hatte er einen ersten Entwurf des mit *Erhaltung der Kraft* betitelten Artikels fertiggestellt. Der Begriff „Kraft“ wurde hier im Sinn der auf Leibniz zurückgehenden Terminologie für den heutigen Ausdruck „Energie“ verwendet. Mitte Juni lag schließlich die endgültige Fassung vor.

Das Jahr 1847 hatte Helmholtz bereits einige Veränderungen beschert. Neben der am 1. Juni erfolgten Ver-

setzung zu einem anderen Regiment in Potsdam war dies vor allem die am 11. März geschlossene Verlobung mit Olga von Velten, der 20jährigen Tochter eines früh verstorbenen Oberstabsarztes. Helmholtz erwuchs daraus auch beruflich eine weitere Stimulans, denn sein Gehalt als Militärarzt erschien ihm im Hinblick auf die angestrebte Heirat unzureichend. So hoffte er sich von den Aktivitäten in der Forschung eine Verbesserung seines sozialen Status. Am 23. Juli fuhr er nach Berlin, um der *Physikalischen Gesellschaft* die neuen Betrachtungen über die Energieerhaltung vorzustellen.

Nach seinen bisherigen Veröffentlichungen, die physiologische Probleme behandelten, wandte sich Helmholtz mit dem Thema der Energieerhaltung erstmals ausdrücklich an ein physikalisches Fachpublikum. Er ging von zwei grundlegenden Annahmen aus, deren Äquivalenz er irrtümlich nachzuweisen meinte: Der generelle Ausschluß der Existenz eines Perpetuum mobile sowie die Aussage, daß alle Kräfte zwischen Massenpunkten nur von deren Abstand abhängen, also Zentralkräfte seien. Aus jeweils beiden konnte das Prinzip der Erhaltung der lebendigen Kraft (der kinetischen Energie) abgeleitet werden.

Die Form dieses Prinzips verallgemeinerte Helmholtz in einer Weise, die eine Übertragung von der Mechanik auf alle anderen Bereiche der Physik möglich machte. Dazu führte er anstelle der Arbeit die davon nur im Vorzeichen unterschiedene Quantität der Spannkräfte ein, die der potentiellen Energie entspricht. Die Energieerhaltung ließ sich dann einfach ausdrücken: Die Summe von lebendigen und Spannkräften bleibt konstant. Die Leistungsfähigkeit dieses neuen, zunächst nur formalen Rahmens zeigte Helmholtz bei der Anwendung auf die Vielfalt der physikalischen Phänomene.

Während es nach dem schon länger existierenden Konsens eine Erzeugung von Energie nicht gab, wurde deren Vernichtung bei Vorgängen wie dem unelastischen Stoß oder der Reibung bis dahin nicht in Frage gestellt. Das neue Prinzip verlangte nun aber eine Kompensation. Von molekularen Veränderungen und elektrischen Effekten abgesehen, identifizierte Helm-

holtz diese hier mit der dabei entstandenen Wärme, die er nach der Ablehnung der Stofftheorie als eine nicht genau zu bestimmende Art von Bewegung interpretierte. Die freie und latente Wärme fanden so eine Deutung als lebendige Kraft jener Bewegung beziehungsweise als Spannkräfte, die auf eine von ihr bewirkte Veränderung der Molekülanordnung zurückgingen.

Die gegenseitige Umwandlung von mechanischer Energie und Wärme warf die von Helmholtz schon früher angeschnittene Frage nach dem mechanischen Wärmeäquivalent auf. Er verwies allein auf die experimentellen Ergebnisse von James Prescott Joule, aber die numerischen Resultate spielten für ihn in diesem Kontext keine so entscheidende Rolle. Die Arbeiten von Julius Robert Mayer, der 1842 einen Wert dafür berechnet hatte, kannte Helmholtz damals noch nicht. In den letzten, umfangreichsten Kapiteln diskutierte er elektrische und magnetische Erscheinungen, um schließlich mit den organischen Prozessen zu enden.

Helmholtz faßte seine Intentionen in den Worten zusammen: „Ich glaube durch das Angeführte bewiesen zu haben, dass das besprochene Gesetz keiner der bisher bekannten Thatsachen der Naturwissenschaften widerspricht, von einer großen Zahl derselben aber in einer auffallenden Weise bestätigt wird. ... Der Zweck dieser Untersuchung, der mich zugleich wegen der hypothetischen Theile derselben entschuldigen mag, war, den Physikern in möglichster Vollständigkeit die theoretische, practische und heuristische Wichtigkeit dieses Gesetzes darzulegen, dessen vollständige Bestätigung wohl als eine der Hauptaufgaben der nächsten Zukunft der Physik betrachtet werden muss.“

NEUINTERPRETATION VORHANDENEN WISSENS

Helmholtz präsentierte also keine neuen Fakten, sondern eine Neuinterpretation des vorhandenen Wissens. Durch seine Formulierung des Energiekonzeptes konnten ganz verschiedene Bereiche der Physik unter einem gemeinsamen Gesichtspunkt behandelt werden. Darin lag die wesentliche Differenz zu den Ansätzen aller ande-

ren Pioniere des Energieerhaltungssatzes, die Helmholtz methodisch zu einem Wegbereiter der sich erst Jahrzehnte später in Deutschland etablierenden theoretischen Physik werden ließ.

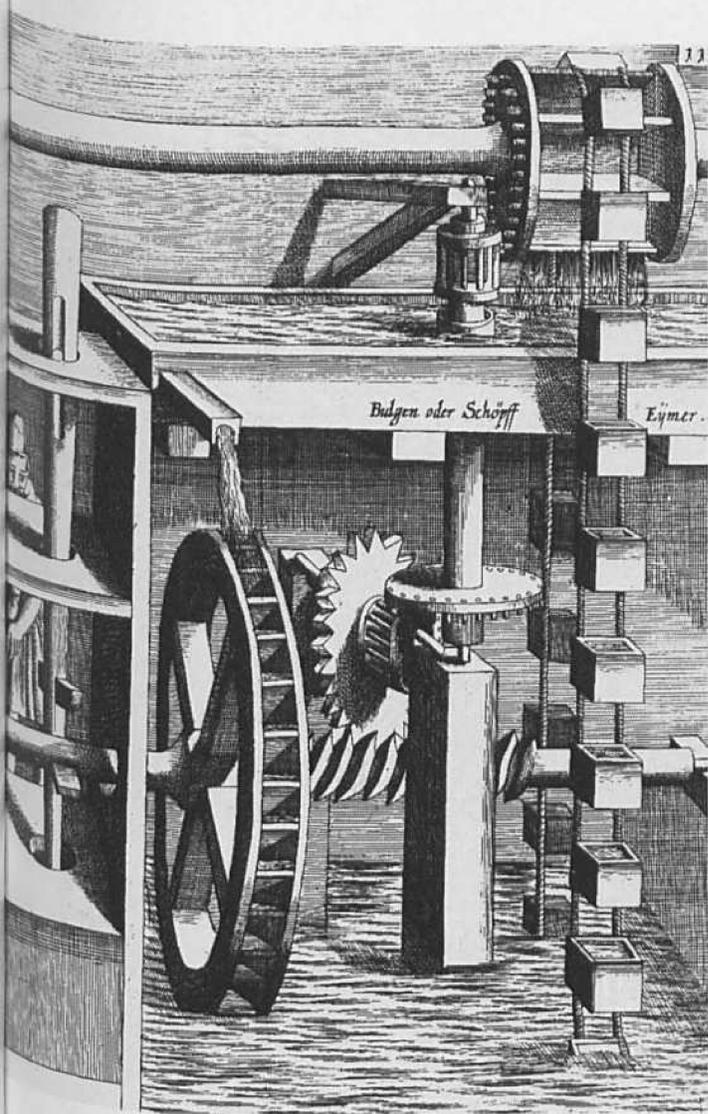
Diese Stärke der Arbeit war in den Augen einiger maßgeblichen Wissenschaftler aber auch ihre entscheidende Schwäche. Erkenntnisse erwartete man vor allem von neuen Experimenten. Aus solcher Perspektive verblieb Helmholtz auf einer eher spekulativen Ebene. Deshalb lehnte Poggendorff, der Herausgeber der *Annalen der Physik und Chemie*, einer der wichtigsten damaligen Zeitschriften, die Veröffentlichung der „theoretisirenden“ Schrift ab. Daraufhin brachte Helmholtz sie wenig später als separate Broschüre in einem Berliner Verlag heraus.

DIE VERBREITUNG DER IDEE

Der in der Erhaltung der Kraft enthaltene wissenschaftliche Fortschritt, der in der Auffindung eines Prinzips lag, dem sich alle Naturerscheinungen unterzuordnen hatten, setzte sich nur allmählich durch. Mit der Karriere kam Helmholtz dagegen nun rasch voran. Im folgenden Jahr übernahm er die Dozentur für Anatomie an der Kunstakademie sowie eine Assistentenstelle an Müllers Anatomischen Museum. Dem Eintreten Alexander von Humboldts verdankte er es, sich deshalb schon drei Jahre vor Ablauf der eingegangenen Verpflichtung vom Militär verabschieden zu können.

Im Frühjahr 1849 erhielt er einen Ruf auf die außerordentliche Professur für Physiologie in Königsberg. Vor dem Hintergrund der gesicherten beruflichen Situation heiratete er am 29. August 1849 seine Verlobte. Nach zwei weiteren Jahren avancierte er zum Ordinarius, hatte also die Spitze der akademischen Hierarchie erreicht. In seiner aktiven Forschung fand die Arbeit über die Energieerhaltung zwar keine Fortsetzung, aber als Rezensent der *Fortschritte* blieb er bis 1859 für die Wärmetheorie zuständig, die mit diesem Thema eng verknüpft war.

Im Rahmen der Bemühungen, naturwissenschaftliche Erkenntnisse mit populären Vorträgen auch einem breiteren Publikum zugänglich zu machen, brachte Helmholtz 1854 die



Perpetuum mobile mit Becherwerk und Wasserrad nach Strada à Rosberg, um 1629.

gehensweise. An die Stelle der unfruchtbaren Suche nach einer Kombination von Kräften, die ein solches ermöglichen sollten, trat die Frage, wie die Beziehungen zwischen den Naturkräften beschaffen sein müssen, wenn die Existenz eines Perpetuum mobile ausgeschlossen ist. Alle bekannten Gesetze fügten sich dieser Bedingung, und alle neu gefundenen Beziehungen konnten, soweit überprüft, bestätigt werden.

Helmholtz berührte in seinem Vortrag noch einige Aspekte, die in seiner Untersuchung von 1847 nicht enthalten gewesen waren. Ihn interessierten die kosmischen Konsequenzen des von ihm gefundenen Erhaltungssatzes. Der gesamte in der Natur vorhandene Energievorrat bleibt demnach wie die Quantität der Materie auf ewig unverändert.

Der in Gestalt von Wärme vorliegende Anteil läßt sich jedoch nicht vollständig in Arbeit umwandeln, da hierfür stets eine Temperaturdifferenz benötigt wird. Aus dem Prinzip der Energieerhaltung folgt diese Einschränkung nicht, sondern erst aus dem davon unabhängigen zweiten Hauptsatz der Wärmelehre, den Rudolph Clausius 1850 formuliert hatte. Als ersten Hauptsatz bezeichnet man die durch das mechanische Äquivalent festgelegte gegenseitige Konversion von Arbeit und Wärme, die einen Spezialfall der Energieerhaltung darstellt. Helmholtz verstand es, die begrenzte Umwandlungsfähigkeit der Wärme in einer sehr anschaulichen Weise auszudrücken. Er wies auf die Existenz eines Zeitpunktes hin, an dem die verfügbaren Ressourcen in Wärme übergegangen und die Temperaturunterschiede verschwunden sein werden.

Alle Naturprozesse müßten zu einem Stillstand kommen, „kurz das Weltall wird von da an zu ewiger Ruhe verurteilt sein.“ Helmholtz brachte damit den sogenannten Wärmetod des Weltalls in die Diskussion.

Daneben präsentierte er eine Überlegung zur Erzeugung der Sonnenenergie. Während andere Autoren in der kinetischen Energie der auf die Sonne stürzenden kosmischen Massen eine mögliche Wärmequelle gesehen hatten, hielt Helmholtz eine Kontraktion der Sonne für wahrscheinlicher und fand, daß die Gravitation schon bei

einer Verringerung des Sonnenradius um 10^4 für 2100 Jahre Strahlungsenergie liefern würde. Da sämtliche Kraftquellen auf der Erde von der Sonne stammten, wäre die Gravitation dann letztlich die Ursache aller Wirkungen in der Natur.

Die Anerkennung für das von Helmholtz formulierte Prinzip wuchs im Laufe der Zeit stetig. Am Ende des 19. Jahrhunderts wurde es gar in den Rang eines Marksteins in der Entwicklung der Physik erhoben. Die von Ostwald herausgegebene Reihe klassischer wissenschaftlicher Texte begann 1889 mit der *Erhaltung der Kraft* als erstem Band.

Helmholtz gelang währenddessen eine einzigartige Karriere. Er wechselte auf Professuren in Bonn (1855) und Heidelberg (1858) bevor er 1871 in die neue Reichshauptstadt Berlin zurückkehrte. Dort hatte man ihn auf den Lehrstuhl für Physik berufen.

Im Jahr 1888 übernahm er die Präsidentschaft der neugegründeten *Physikalisch-Technischen Reichsanstalt*. Als zentrale Persönlichkeit des deutschen Wissenschaftsbetriebes starb er am 5. September 1894. □

HINWEISE ZUM WEITERLESEN

David Caban (Hrsg.): Letters of Hermann von Helmholtz to His Parents: The Medical Education of a German Scientist, 1837-1846. Stuttgart 1993.

David Caban: Hermann von Helmholtz and the Foundations of Nineteenth-Century Science. Berkeley/Los Angeles/London 1993.

Christa Kirsten (Hrsg.): Dokumente einer Freundschaft, Briefwechsel zwischen Hermann von Helmholtz und Emil du Bois-Reymond. Berlin 1973.

Leo Königsberger: Hermann von Helmholtz, 3 Bände. Braunschweig 1902-03.

Richard L. Kremer (Hrsg.): Letters of Hermann von Helmholtz to His Wife, 1847-1859. Stuttgart 1990.

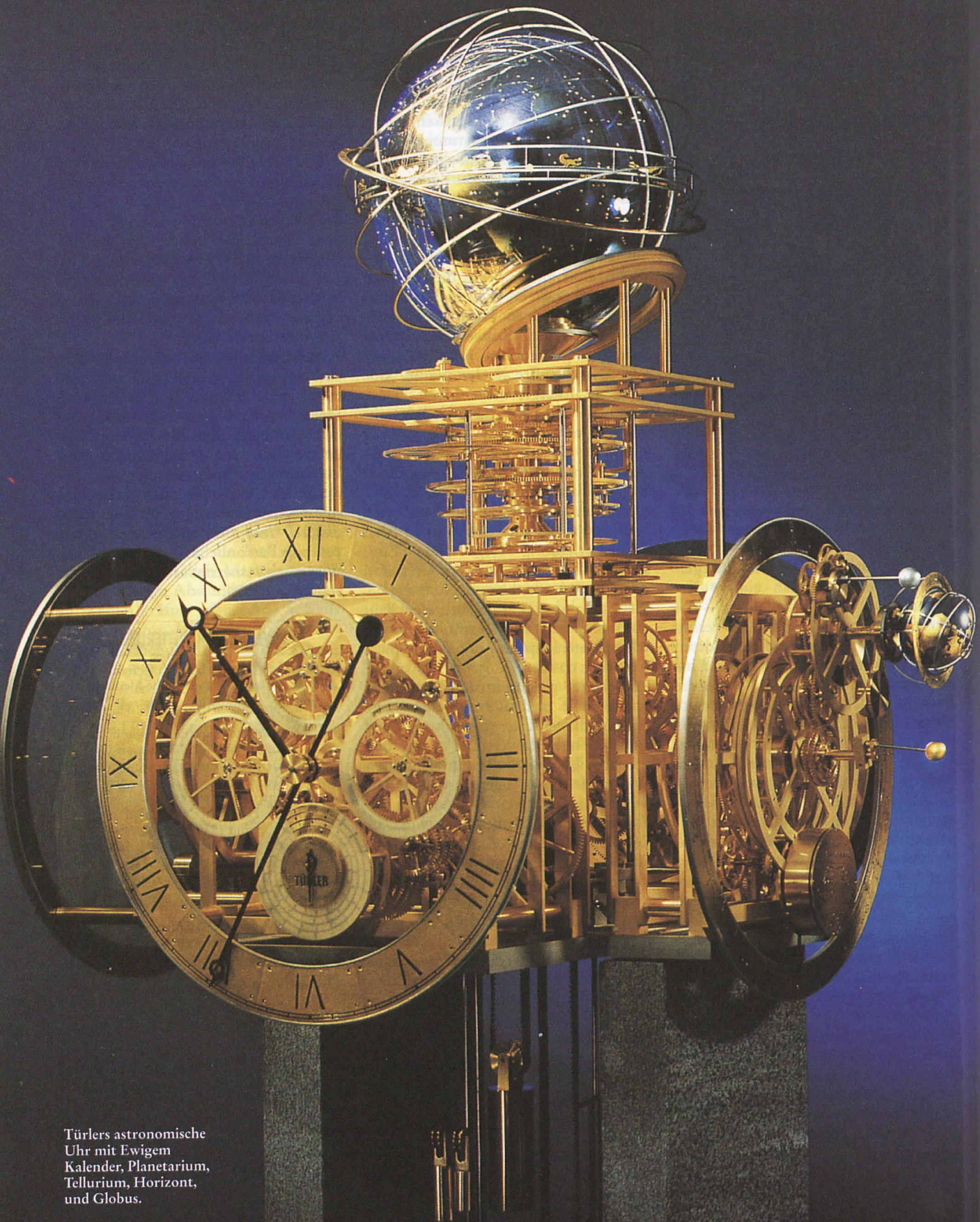
Helmut Rechenberg: Hermann von Helmholtz, Bilder seines Lebens und Wirkens. Weinheim 1994.

DER AUTOR

Stefan L. Wolff, geboren 1952, Diplomphysiker, Studium der Wissenschaftsgeschichte und promoviert zum Dr. rer. nat. Forschungsprojekte über physikhistorische Themen aus dem 19. und 20. Jahrhundert. Lehrbeauftragter der LMU München.

wesentlichen Gedanken zur Energieerhaltung einschließlich einiger Erweiterungen in eine andere, fast prosaische Form. Die Kontroversen über das Perpetuum mobile bildeten wiederum den Ausgangspunkt. Eine der Wurzeln für den Glauben an die Existenz solcher Maschinen meinte Helmholtz in dem Unverständnis lebender Organismen ausmachen zu können. Da der Zusammenhang von Nahrungsaufnahme und Lebensenergie lange nicht erkannt wurde, schienen sie selbst ein Vorbild für das Perpetuum mobile darzustellen. Anhand von Beispielen aus dem Alltag des aufbrechenden Industriezeitalters erläuterte Helmholtz, daß Maschinen keine Triebkraft erzeugen, sondern die Arbeitskraft der Natur, sei es fallendes Wasser, Wind oder Muskelkraft, nur wieder ausgeben.

Ließ sich die Unmöglichkeit des Perpetuum mobile in der Mechanik noch streng beweisen, so konnte dies in den anderen Bereichen der Physik nicht von vornherein ausgeschlossen werden. Den entscheidenden Fortschritt sah Helmholtz in der zuerst von Carnot und später von ihm allgemeiner durchgeführten Umkehrung der von den Konstrukteuren eines Perpetuum mobile verfolgten Vor-



Türlers astronomische
Uhr mit Ewigem
Kalender, Planetarium,
Tellurium, Horizont,
und Globus.

DER HIMMEL AUF ERDEN

Die Türler-Uhr in Zürich: Ein Modell des Kosmos

VON MANFRED FRITZ, LUDWIG OECHSLIN, JÖRG SPÖRING UND FRANZ TÜRLE

Am Anfang stand der Wunsch, ein uhrmacherisches Werk zu schaffen, eine astronomische Uhr entstehen zu lassen, wie es bislang noch keine gegeben hat. Von Fachleuten schon als die letzte große astronomische Uhr unserer Zeit bezeichnet, hat die mit 7,5 Millionen Mark teuerste Uhr der Welt inzwischen auch ihren Platz im Guinness-Buch der Rekorde gefunden.

Am 17. September 1986 konfrontierte Franz Türler den Uhrmachermeister Jörg Spöring in seinem Luzerner Atelier mit dem Vorschlag, eine astronomische Uhr mit bislang nicht verwirklichten Anzeigen zu bauen. Jörg Spöring zog den Wissenschaftler Ludwig Oechslin hinzu, der sich auf dem Gebiet astronomischer Uhren einen Namen gemacht hatte. Dies war der Beginn einer intensiven Zusammenarbeit, die sich bis zur Fertigstellung der Türler-Uhr über fast neun Jahre erstreckte.

Bis der gemeinsame Traum Gestalt annahm, durchlebten die drei Männer alle Stadien der Euphorie und der Zweifel. Ein langer Atem war nötig, denn das ehrgeizige Ziel bestand darin, das getreueste „Modell des Kosmos“ zu schaffen, das es je gab.

Franz Türler, 50, Inhaber des seit 1883 auf Uhren und Schmuck spezialisierten Familienunternehmens mit Hauptsitz am Zürcher Paradeplatz, hat sich mit dem Projekt einen lange gehegten Wunsch erfüllt.

Als Uhrenliebhaber kennt er die Faszination feiner Mechanik. „Aber ich wollte nicht nur bewahren, was bereits meine Vorfahren produziert haben“, meint er, „denn das macht jedes Museum.“ Weil sich seine Neugier



Erdkugel mit Mond und Sonne, mit Sternenhimmel und Ekliptik.

von Jugend an auf astronomische Phänomene richtete und sich seine sammlerische Leidenschaft deshalb auch auf ältere Uhren mit astronomischen Anzeigen erstreckte, wollte er auf diesem Gebiet einen eigenen Beitrag leisten.

Die Türler-Uhr ist konkretes Produkt des Credo ihres Initiators: „Uhren sind mehr als Gebrauchsgegenstände; sie verkörpern persönlichen Stil und das Kostbarste, das wir haben – unsere Zeit.“

DIE MACHER DER ASTRONOMISCHEN UHR

Der wissenschaftliche Betreuer des Projekts, Ludwig Oechslin, 43, studierte Archäologie, Alte Geschichte, Griechisch und – als Zweig der theoretischen Physik – Astronomie. Philosophie und Geschichte der Naturwissenschaften gehören zu seinen abgeschlossenen Studien. Der Wissenschaftler aus Luzern arbeitet eng mit Museen zusammen, und er ist an der Eidgenössischen Technischen Hoch-

schule in Zürich habilitiert. Neben den akademischen Studien hat er sich als Handwerker und Uhrmachermeister ausgebildet.

Wissenschaft und Handwerk ergänzen sich in Oechslins Arbeiten. Als kreative Umsetzung dessen, was er bei der Untersuchung von Uhren und astronomischen Automaten im Vatikan sowie in verschiedenen Museen Deutschlands, Österreichs und Tschechiens gelernt hatte – er hat auch darüber publiziert –, entstanden zunächst astronomische Armbanduhren. Sein größtes und umfassendstes Werk wurde die Türler-Uhr.

Was jede Konstruktion Oechslins auszeichnet, ist der Verzicht auf alle überflüssige und daher störanfällige Technik, insbesondere in Form von komplizierten Hebeln.

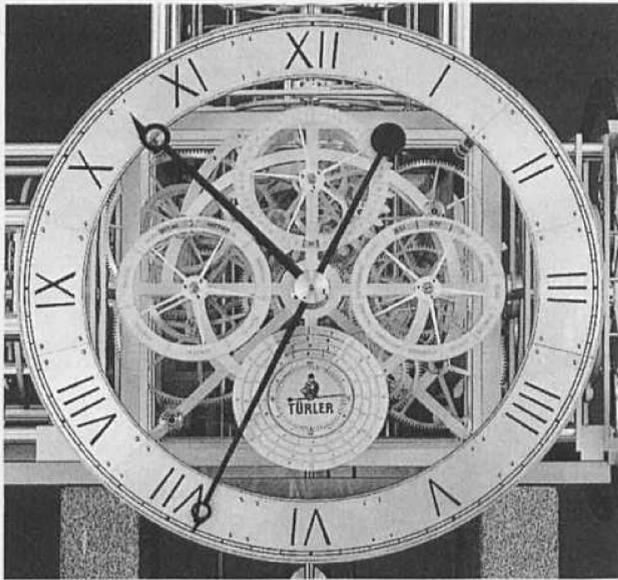
Die Optimierung der Anzeigen der Türler-Uhr erforderte einen beträchtlichen Rechenaufwand. Oechslins Erfahrung und Intuition beim Spiel mit Zahlen hielten den Aufwand in Grenzen. Erfindungen und Kreativität in der Präsentation der Anzeigen zeichnen Oechslins Werk aus.

Jörg Spöring, 61, eidgenössisch diplomierter Uhrmachermeister, hat sein Ladengeschäft in Luzern vor vielen Jahren aufgegeben, um sich ganz der klassischen Uhrmacherei zu widmen. Zeitweise war er Lehrmeister von bis zu zehn Lehrlingen, die eine Stelle bei ihm suchten. Denn es hatte sich herumgesprochen, daß man bei Spöring das traditionelle Handwerk lernen konnte.

Aus Spörings Atelier in Luzern sind bedeutende Entwicklungsarbeiten für Uhrenfirmen hervorgegangen. Als Franz Türler mit seiner Idee zu ihm kam, war ihm sofort klar, daß dieses Projekt noch einen dritten, wis-

senschaftlich gebildeten Kopf brauchte: Ludwig Oechslin eben, mit dem er vorher schon zusammengearbeitet hatte. Ein halbes Jahr lang wurde diskutiert und gerechnet, wurden Möglichkeiten erwogen und verworfen – darunter so extreme wie die Anzeige von „Ebbe und Flut“ auf dem Zürichsee.

Eines Morgens kam Oechslin bei Spöring zur Tür herein und sagte lapi-



Der Ewige Kalender zeigt neben der „normalen“ Zeit Jahr, Monatstag, Wochentag und Sekunde.

dar: „Ich hab's.“ Das konkrete Konzept für ein außergewöhnliches „Modell des Kosmos“ und damit für die Türler-Uhr war geboren.

Die ersten Teile – zunächst für das Kalendarium und dann für das Tellurium – fertigte Spöring noch nach Handskizzen. Doch schon bald kam eine moderne CAD-Anlage hinzu, die der Computerspezialist Martin Fry bediente. Der Designer Bruno Hotz wirkte zeitweise an der äußeren Gestaltung der Uhr mit.

251 RÄDER AUF 155 ACHSEN MIT 200 KUGELLAGERN

1,2 Tonnen Messing sind für den Bau der Türler-Uhr verarbeitet worden. Davon sind rund 150 Kilo tatsächlich in der Uhr enthalten: in Form von Platinen und in Gestalt der 251 Räder auf 155 Achsen. Die Einzelteile wurden von Louise Spöring, der Ehefrau des Uhrmachermeisters, sorgfältig finisziert, alle Messingteile wurden zusätzlich vergoldet.

Die gesamte Mechanik – mit Ausnahme der Hemmung des Uhrwerks – läuft vollkommen ohne Fette und Öle

auf rund 200, teilweise speziell gefertigten Kugellagern, was den Wartungsaufwand stark reduziert. Diese Technik setzt feinmechanische Präzision voraus.

„Die Türler-Uhr ist mein Beruf geworden“, sagt Jörg Spöring. Er könnte sich gut vorstellen, einen Teil der Uhr noch einmal zu bauen: dann nämlich, wenn jemand käme und unbedingt eine Uhr haben wollte, die zum Beispiel den Horizont mit dem präzisen Sonnen- und Mondverlauf von Abu Dhabi oder Buenos Aires anzeigen soll. Das „Opus 1“ allerdings bleibt, wo es jetzt steht: in Zürich am Paradeplatz.

DIE TÜRLE-UHR: EIN MECHANISCHER KOSMOS

Als Abbild des Kosmos lädt die Türler-Uhr zu einer imaginären Reise in das Sternensystem ein, das den Menschen seit Jahrtausenden zu Beobachtungen, Schlußfolgerungen und Modellen anregt. Die technische und didaktische Funktion der Uhr sollte nach dem Willen ihrer Erfinder ein zeitloses, ein philosophisch-kulturelles Kunstwerk sein und zum Nachdenken über die Abhängigkeit des Menschen von kosmischen Abläufen, zum Begreifen dessen herausfordern, wie Menschen in kosmische Zusammenhänge eingeordnet sind.

Diesem Ziel sind Aufbau und Ableseanordnungen der Türler-Uhr verschrieben. Die Grenzen der mechanischen Darstellbarkeit von stellaren Abläufen wurden mit teilweise neuen mechanischen Abbildern der Sternen- und Planetenbewegungen ausgeschöpft und erweitert.

Der Kosmos, das größte existierende Objekt, das der Menschenverstand erfassen möchte, geht uns direkt an. Allein schon deshalb, weil seine Bewegungen und Gesetzmäßigkeiten die wesentlichen menschlichen Zeitabläufe wie Tag und Nacht und damit die moderne Zeiteinteilung bestimmen, oder in unseren Breiten auch die wechselnden Jahreszeiten. Er wirft seit den Sternenbeobachtungen der Inkas und der alten Ägypter, seit Kopernikus und Kepler bis zu Hubble oder Hawking die Frage nach dem universalen Bauplan auf und berührt damit zwangsläufig die Denkgebäude

von Philosophie und Theologie. Die Astronomen der Frühzeit und des Altertums suchten mit ihren bescheidenen Beobachtungsmöglichkeiten zu ergründen, wie die kosmischen Abläufe funktionieren. Erinnerung sei an die Diskussion um die Kugelgestalt der Erde.

In der Renaissance kam die Diskussion darüber hinzu, ob das geo- oder das heliozentrische Weltbild die kosmische Wirklichkeit besser beschreibe. Heute glaubt die moderne Astro- und Quantenphysik, einer Antwort auf die Frage nach der Entstehung des Weltalls auf der Spur zu sein. Die Tür zu dieser neuen Dimension der Erkenntnis hatte Albert Einstein geöffnet, während er in Zürich tätig war.

Die Türler-Uhr erfüllt alle Voraussetzungen der vielen berühmten astronomischen Uhren und Meßgeräte – angefangen vom „Astrario“ eines Dondi bis zu der unter anderen von der Schaffhauser Uhrmacherdynastie Habrecht gefertigten Straßburger Münsteruhr. Und sie tut dies mit einer früher niemals erreichten Präzision.

Anders als vorangegangene Konstruktionen macht sie auf vier mechanisch bewegten „Bildern“, die alle einen gemeinsamen Präzisionsantrieb haben, die Einordnung unserer irdischen Existenz in die Zusammenhänge des Sonnensystems in logischen Etappen transparent. Die grundsätzliche Konzeption Ludwig Oechslins, ein nachvollziehbares Bild des Kosmos vor dem Betrachter entstehen zu lassen und nicht nur Fakten anzudeuten, ist verwirklicht.

ASTRONOMISCHE REISEN UND SPAZIERGÄNGE IM KOSMOS

Ein Rundgang um die fünf Anzeigenblöcke entspricht entweder einer gedanklichen Reise vom direkten Beobachtungspunkt Zürich ins All, oder – umgekehrt – aus dem Universum bis zum präzise errechneten Beobachtungsort vor dem nachgebildeten Horizont von Zürich. Die Sichtweise ist vergleichbar einem Blick durch ein imaginäres Zoom-Fernrohr mit einer grenzenlosen Auflösung.

Die fünf Anzeigenblöcke sind das Kalendarium (als zeitlich meßbares Resultat der kosmischen Abläufe), der Horizont, das Tellurium, darüber der

Globus und schließlich das Planetarium. Die Bilder für Kalender, Globus und Horizont wurden in dieser Form völlig neu entwickelt. Tellurium und Planetarium folgten.

KALENDARIUM UND HORIZONT

Die „irdische“, bürgerliche Zeit wird vom Kalendarium auf einem großen und vier kleinen Zifferblättern angezeigt: Sekunden, Minuten, Stunden, Wochentag, Monat, Jahr, Jahrhundert, Jahrtausend. Die nach dem Gregorianischen Kalender vorgesehenen Schalttage im Februar sind natürlich berücksichtigt – einschließlich der alle 100 Jahre ausfallenden, abweichend davon aber alle 400 Jahre eingefügten Sonderschalttage; der nächste somit im Jahr 2000.

Entsprechend dem geistigen Konzept der Uhr folgen die Kalender- und Zeitangaben – davon ausgenommen nur die Monatsschaltungen und die Sekunde – dem tatsächlichen, fließenden Zeitablauf. Es läßt sich also direkt und sinnlich wahrnehmbar ablesen, ob sich eine Zählleinheit am Beginn, in der Mitte oder am Ende ihrer Periode befindet.

Die eigentliche Reise ins All beginnt auf dem Boden der Erde, in Zürich. Wenn dort die Sonne oder der Mond aufgehen, dann läßt sich das bei klarem Wetter beobachten. Auf der

Türler-Uhr lassen sich aber auch bei verhangenem Himmel die wechselnden Positionen von Sonne und Mond zueinander bildhaft verfolgen – vor der miniaturisierten 360°-Stadtkulisse, wie sie über dem Standort der Uhr, genauer: vom Dach des Gebäudes aus, zu sehen ist. Die Türler-Uhr zeigt somit auch als einzige Uhr in Zürich – Sonnenuhren ausgenommen – die astronomisch richtige, nämlich die „mittlere Sonnenzeit“, die von der normierten Zeitonenzeit abweicht.

Als zeitliche Orientierungshilfe und zur Bestimmung der wechselnden Auf- und Untergangszeiten dient ein 24-Stunden-Zifferblatt. Die vom Standpunkt Erde aus wahrnehmbaren Bewegungen der beiden für uns wichtigsten Himmelskörper ist exakt auf den Standort berechnet. Aus ihrer Stellung zueinander können auch Mond- und Sonnenfinsternisse abgelesen werden. Zusätzlich zu seiner Bewegung auf der Erdumlaufbahn zeigt der zweifarbige dargestellte Mond durch die jeweilige Stellung zur Sonne seine von hier aus wahrnehmbare Lichtgestalt.

DER GLOBUS MIT STERNENHIMMEL

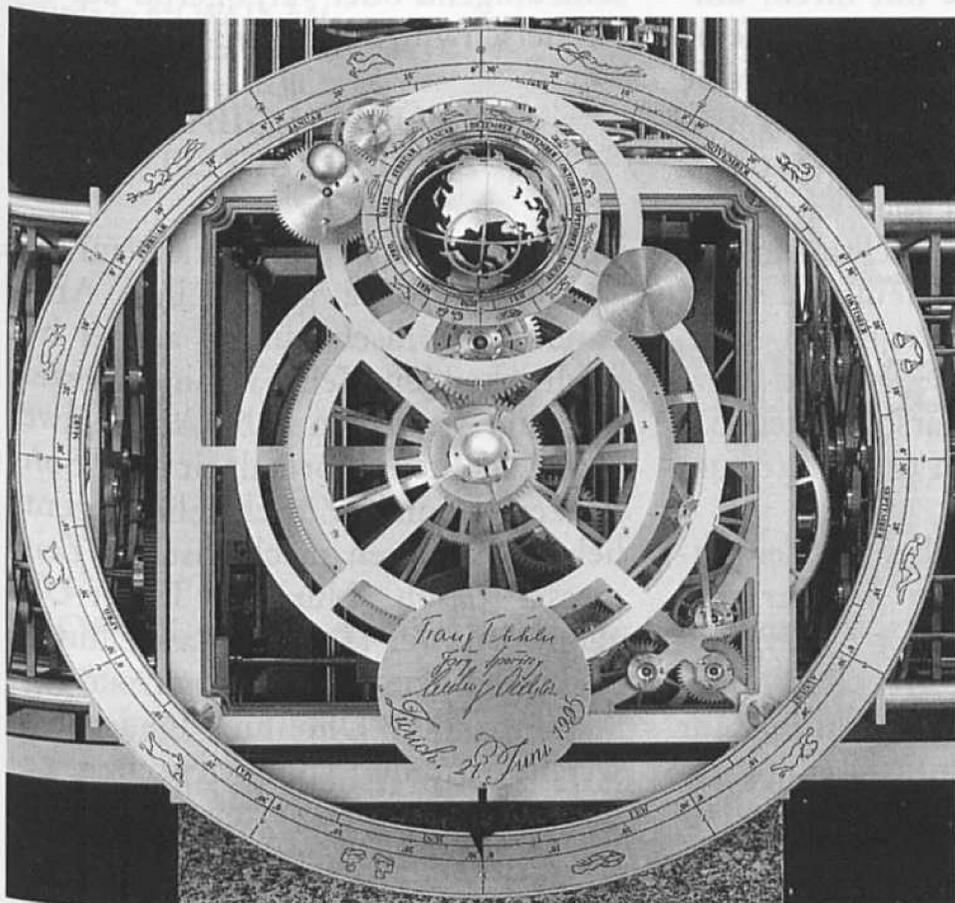
Von der Froschperspektive des Erdbewohners ein großer Sprung in den Weltraum: Die optisch überraschendste, technisch aber auch komplexeste

Anzeige ermöglicht der Globus, das Kopfstück der Türler-Uhr. Das faszinierende Gebilde besteht aus sechs beweglichen Schalen und bietet eine bisher einmalige geozentrische Darstellung der Erde, unseres Sonnensystems und des Universums. Als feste Orientierung dient das äußere Drahtgestell mit Horizont, Ortsmeridian, Zenit, Wende- und Polarkreis. Die Ekliptik mit Tierkreis als zweite Schale ist ebenfalls als Drahtgestell gearbeitet.

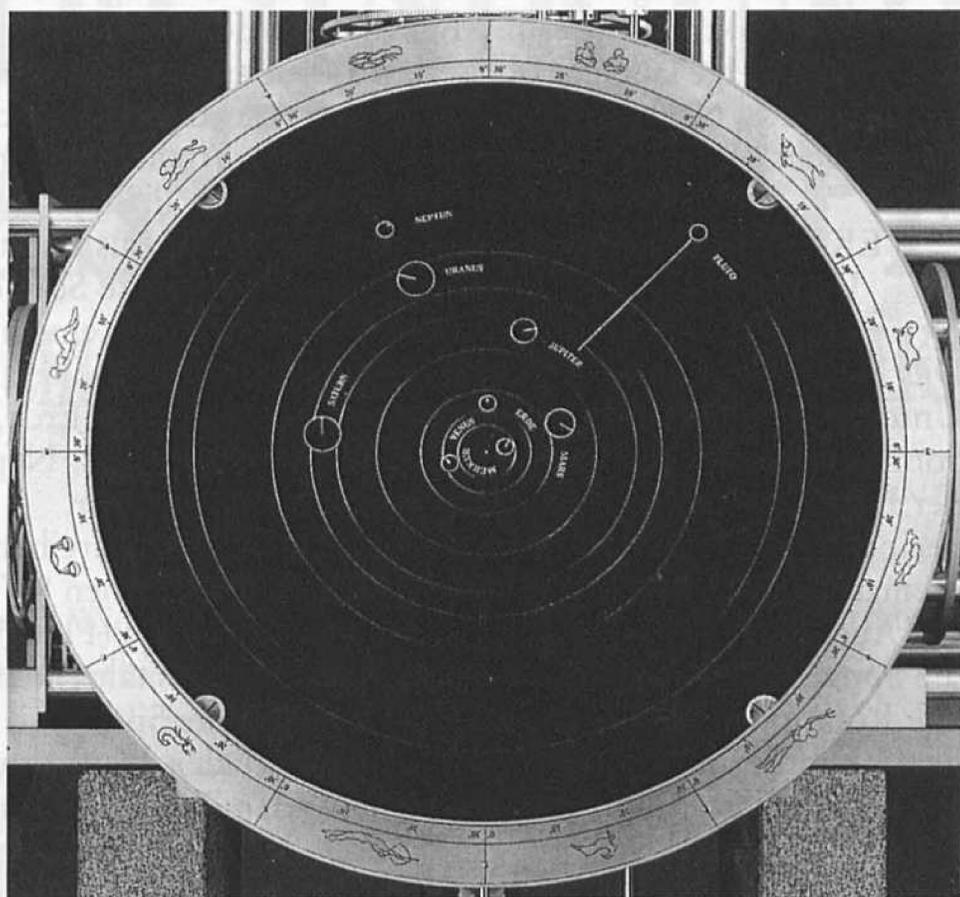
Die nächste Schale trägt den Sternenhimmel auf einer Glaskugel, wie man ihn von einem kosmischen Punkt weit außerhalb sehen würde. Die Sternbilder erscheinen aus dieser Perspektive deshalb seitenverkehrt. Jeder Stern ist als kleines Goldplättchen in eine Vertiefung der speziell geblasenen Glaskugel eingelassen.

Die vierte, zweifarbige Schale ist der Sonne vorbehalten und zeigt gleichzeitig die Tag- und Nachtgrenze an. Darin eingebettet ist eine weitere Glaskugel mit dem Mond und schließlich, als Kern, der Erdglobus mit den Kontinenten und denselben Orientierungslinien wie auf der äußeren Schale.

Erde und äußerer Horizont drehen sich synchron um ihre schräggestellte Achse mit einer Umdrehung in einem Sternentag. Über dem Horizontkreis läßt sich erkennen, was von der Erde aus am Himmel zu beobachten ist.

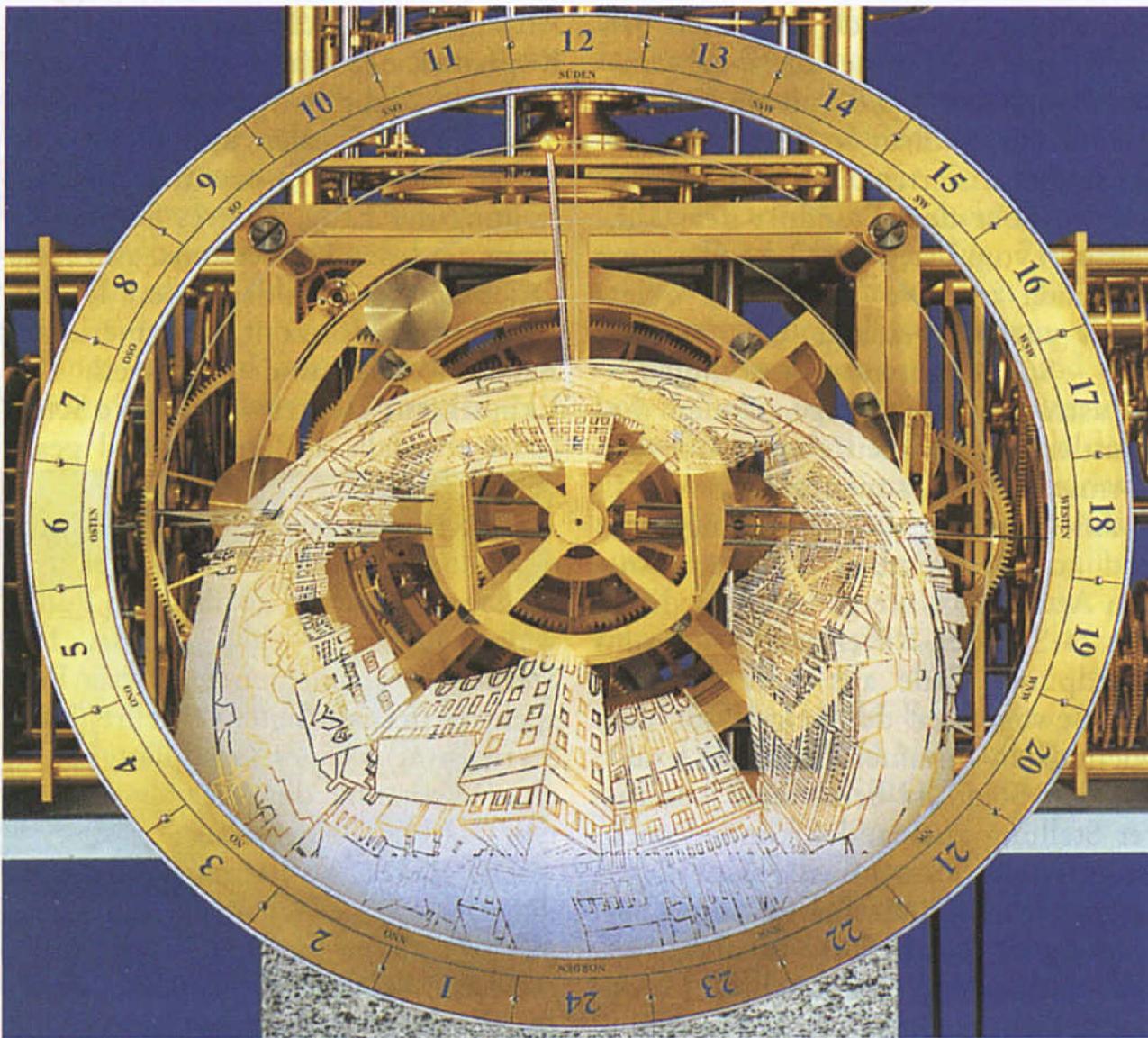


Das Tellurium zeigt die gegenseitigen Bewegungen von Sonne, Erde und Mond im Verhältnis zueinander.



Das Planetarium zeigt die Bahn der Planeten um die Sonne. Merkur braucht 87 Tage, Pluto 247 Jahre.

DIE TÜRLE-UHR



Der Horizont entspricht der Stadtkulisse, die vom Standort der Uhr aus zu sehen ist. Im Horizont erscheinen der jeweilige Stand von Sonne und Mond und ihr Auf- und Untergehen an der gleichen Stelle wie in der Wirklichkeit.

Die Sonne dreht sich gegenüber der Ekliptik einmal im Jahr und hebt, beziehungsweise senkt sich dabei bis zu den Wendekreisen. Die Zweifarbigkeit der Kugel zeigt die Schattengrenze auf der Erde und damit den Sonnenauf- und -untergang an einem bestimmten Punkt der Erde an. Mit Hilfe dieser Anzeige läßt sich ablesen, wo gerade heller Nachmittag oder aber Mitternacht ist.

EKLIPTIK, TELLURIUM UND PLANETARIUM

Die Mondbahn mit ihren Über- und Unterschneidungen gegenüber der Sonne läßt eine genaue Beobachtung der Erde und ihres Trabanten zu. Die beeindruckende mechanische und mathematische Leistung, die hinter dieser Anordnung steht, wird noch auf die Spitze getrieben durch die einmalige Rotation des Sternenhimmels vor der Ekliptik in einem Platonischen Jahr, das heißt in 25.794 Sonnenjahren.

Vor dem Bezugssystem der Ekliptik mit den Tierkreiszeichen und einem Monatsring wird im Tellurium –

als kosmischer Ausschnitt – die gegenseitige Bewegung von Sonne, Erde und Mond zueinander gezeigt. Anders als beim Globus ist die Sonne hier nun im Zentrum (heliozentrisch) und um diese kreisen, als figürliche Darstellung, die Erde mit ihrem umlaufenden Mond. Mechanisch eine überaus delicate, dreidimensionale Anordnung, die der Vorstellung von den Abläufen sehr entgegenkommt.

Das Planetarium schließlich erweitert den Ausschnitt des Telluriums auf das gesamte Sonnensystem und stellt, auf jeweils einem beweglichen Ring, die Bahnen aller Planeten, von Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun und Pluto, um die Sonne dar.

Sie beschreiben dabei in Zeiträumen zwischen 87 Tagen (Merkur) und 247 Jahren (Pluto) auf der Anzeigenebene annähernd keplersche Ellipsen um die Sonne, so daß die Türler-Uhr auf der Planetariums-Darstellung jeden Tag ein anderes, sich nie wiederholendes Bild zeigt.

Im Kosmos gibt es nirgendwo Hebel. Dafür aber Dreh- und Rotationsbewegungen. Auch in der Türler-Uhr

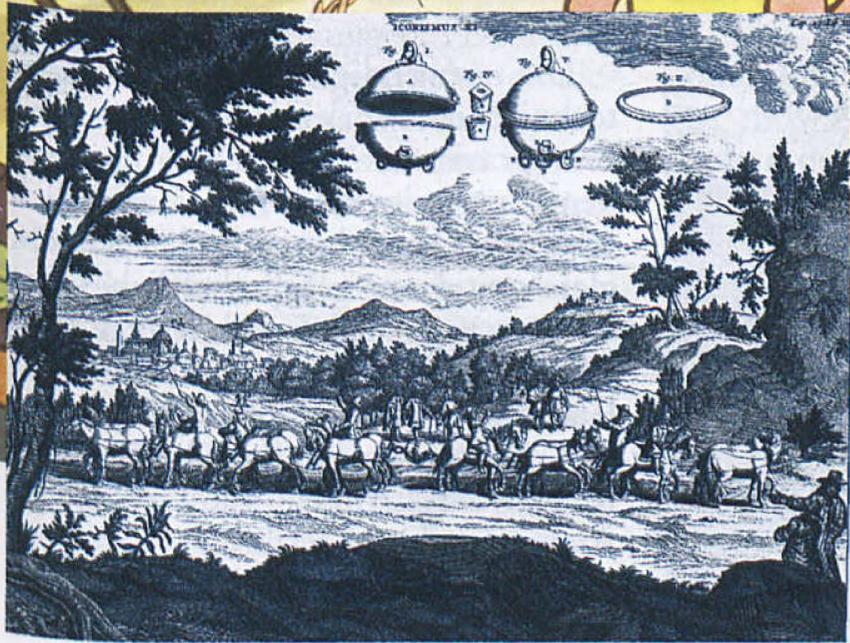
werden deshalb fast alle Funktionen über Drehbewegungen gesteuert. Sämtliche bisher beschriebenen Bewegungen werden aus einer 24-Stunden-Ausgangsdrehung aus dem Kalenderwerk abgeleitet, über Gestänge und Umlenkgetriebe an die einzelnen Module weitergegeben und dort über Getriebe für die verschiedenen Zwecke weiterverzweigt.

Der eigentliche Antriebsmotor ist die Sonne. Kollektoren auf dem Dach des Gebäudes wandeln Sonnenlicht in elektrische Energie um. Damit wird – nach Erreichen einer vorbestimmten Fallhöhe – alle vier Stunden von einem Elektromotor in der Bodenplatte das große Gewicht der Uhr automatisch hochgezogen. Von da an verläuft dann alles weitere rein mechanisch: Das große Gewicht zieht jede Minute ein kleines Gewicht auf, das lediglich die hochfeine Gangpartie, bestehend aus Grahamhemmung und Sekundenpendel, mit Kraft versorgt. An die Hemmung direkt gekoppelt ist als Anzeige lediglich die kleine Sekunde. Alle anderen Indikationen werden über das große Gewicht in Minutenschritten bewegt.

Der Gang der Türler-Uhr wird mit Hilfe der vom deutschen Zeitzeichensender DCF77 empfangenen Sekundenmarken mit dem Gang der Weltzeit (UTC) synchronisiert. Hierzu wirkt ein im Bodenteil befindlicher Elektromagnet je nach Bedarf beschleunigend oder verzögernd auf die Pendelschwingungen ein.

IN ZÜRICH GIBT ES ZWEIERLEI ZEIT

Besucher können, bevor sie auf die kosmische Reise gehen, ihre Armband- oder Taschenuhren an der beeindruckenden Zeitmaschine einstellen, und sie haben dabei sogar zwei Möglichkeiten: Normalzeit oder Sonnenzeit. Denn in Zürich gehen eigentlich alle anderen mechanischen Zeitmesser falsch. Nur die Türler-Uhr zeigt – auf der Horizontdarstellung – exakt die „mittlere Sonnenzeit“ am Standort der Uhr an. Und diese weicht von der vom Menschen genormten, schematisierten Zeitzonezeit ab. In Zürich etwa um eine halbe Stunde. Aber damit werden die meisten Zürcher auch in Zukunft leben müssen. □



Guerickes Versuch mit den „Magdeburger Halbkugeln“ wurde in MOSAIK 54/1961 „In des Harzes finstren Gründen“ dargestellt.

TECHNIK UND KLASSENKAMPF

Technikgeschichte im DDR-Comic „MOSAIK“

VON THOMAS KRAMER

MOSAIK war die einzige durchgängig als Comic konzipierte Zeitschrift der DDR. Zwischen 1955 und 1990 streiften deren Helden in 403 Heften auf 8984 Seiten durch römische Antike oder Wilden Westen, Mittelalter oder Biedermeier. Der Umgang mit Technikgeschichte im MOSAIK ist

in seiner Vielfalt und Widersprüchlichkeit gleichzeitig Zeugnis für den Facettenreichtum des Blickes auf Historie und ihrer Wertung in der DDR. Die Technikserie war nicht systemkonform und mußte ab Mai 1964 nach harten Auseinandersetzungen eingestellt werden.

Weder Sahara noch Erdtrabant, weder Kublai-Khan noch Friedrich Wilhelm IV. waren vor den Comic-Helden aus MOSAIK sicher. Nach einer Startauflage von 120.000 Stück hatte MOSAIK 1989 die Milliongrenze erreicht. Der Bedarf konnte jedoch auch damit nicht gedeckt werden. Indem das Heft breite Le-

serinteressen befriedigte, entwickelte sich MOSAIK zur generationsübergreifenden Lektüre in der DDR mit Kultstatus. So wird bis heute bei Gesprächen, insbesondere unter 30- bis 40jährigen, die Prägung ihres Geschichtsbildes durch diesen Comic hervorgehoben.

Von 1955 bis 1975 stand MOSAIK unter der künstlerischen Leitung von Hannes Hegen. Die Haupthelden der durchgängig nummerierten Hefte waren Dig, Dag und Digidag; zusammengefaßt die Digidags. Schuf Hegen die ersten Hefte lediglich mit Unterstützung zweier Farbgraphiker, so formierte sich 1957 ein Künstlerteam, das „MOSAIK-Kollektiv“.

ANSPRUCH UND REALITÄT BEI DER VERMITTLUNG VON TECHNIKGESCHICHTE

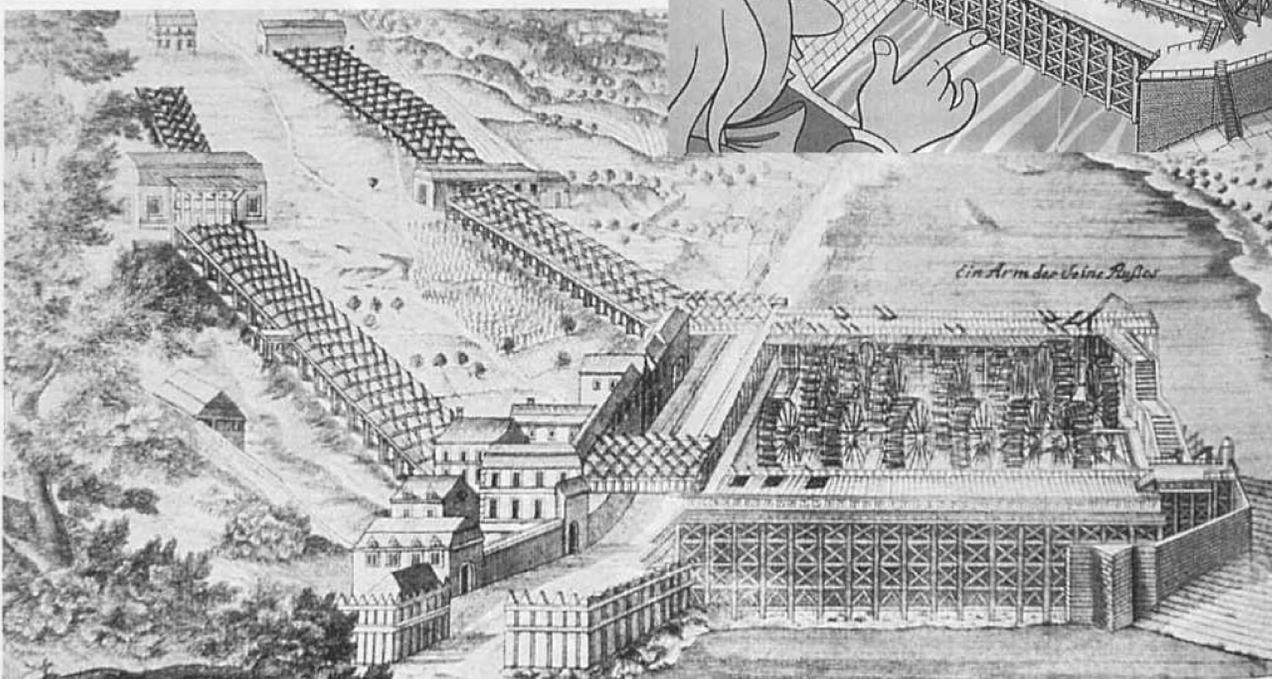
In abenteuerlicher Handlung und populärwissenschaftlicher Wissensvermittlung spiegelte sich nicht nur herrschende sozialistische Ideologie. Aus dem sowohl text- wie bildhermeneutisch leicht nachweisbarem Wechselspiel zwischen Kinderbuchautoren der DDR und Verfassern dickleibiger „Professorenromane“ des 19. Jahrhunderts, populärwissenschaftlich unterfüttert mit einer Mischung aus Walter Kiaulehn und Jürgen Kuczynski, bezog MOSAIK Spannung.

Bei den Zeitreisen durch verschiedene Epochen der Weltgeschichte legten ihre Schöpfer stets Wert auf exakte Darstellung von Verkehrsmitteln und Kostümen, von Waffen und Architektur. Explizit als Gegenstand ausgewiesen, findet sich Technikgeschichte in den Heften 45 bis 89, in den Jahren von 1960 bis 1964.

Die Reihe zeigte einen Comic als spezifisches DDR-Produkt, zeigt die spezifischen Bedingungen, denen die Schöpfer, die in einem bestimmten Kulturkreis aufwuchsen, während der Entstehungszeit ausgesetzt waren. MOSAIK vereinte die von Dietrich Mühlberg beschriebene „große Ehrfurcht vor den Elementen bürgerlicher Hochkultur“ mit starker didaktischer Akzentuierung.

Der DDR-Wissenschaftler Heinz Fried definierte 1966 Ansprüche an marxistische Technikgeschichtsschreibung wie folgt: Technikgeschichte muß „Fakten nennen, die – im Gegen-

Darstellung der Wasserwerke von Marly zur Bewässerung der Gärten von Versailles bei Jacob Leupold (1725) und im Comic „Der König sucht Erfinder“ (55/1961).



satz zur idealistischen Technikphilosophie – gewollt oder ungewollt zumindest zwischen den Zeilen andeuten, daß die kontinuierliche Abfolge von Erfindungen, technischen Errungenschaften und naturwissenschaftlichen Entdeckungen einen historischen Prozeß, ein Ergebnis gesellschaftlicher Arbeit darstellt“.

Bemühten sich die Künstler des MOSAIK, den äußerlichen Schein einer Verbundenheit mit der Lehre der „Dialektik von Produktivkraft und Produktionsverhältnissen“ zu wahren, so wird bei genauerer Text- und Bildanalyse doch die Dominanz eines durchaus nicht marxistisch geprägten Weltbildes der Schöpfer deutlich. Sowohl Teamchef Hannes Hegen als auch Texter Lothar Dräger, Jahrgang 1925 beziehungsweise 1927, sahen sich in bürgerlichen Idealen und Vorstellungen verwurzelt, die sie und ihre Mitarbeiter bekämpfen sollten. Mit viel Geschick und Courage widersetzten sie sich Forderungen nach offener sozialistischer Propaganda.

HOLLYWOOD, KARL MAY UND KIAULEHN

Als Märchenfiguren mit der Peter Pan gegebenen Eigenschaft ewiger Jugend begaben sich Dig und Dag im September 1960 auf eine 2000 Jahre umfassende Zeitreise. Exemplarisch sollen im folgenden ausgewählte Aspekte des Quellenwertes und der Authentizitätsproblematik dargestellt werden.

Die notwendigen wissenschaftlich-technischen Vorleistungen für den Bau praxiswirksamer Dampfmaschinen wurden im MOSAIK ausführlich erläutert. Damit bot sich Gelegenheit, gleichzeitig ein gesellschaftliches Panorama von antiker Sklavenhaltergesellschaft und Feudalismus in Deutschland zu entwerfen. Heft 46 und 47 von MOSAIK eröffneten 1960 den Reigen der Erfinder mit Heron von Alexandria und Ktesibios.

Neben Feldhaus' technikgeschichtlichen Werken und Walther Kiaulehns *Die eisernen Engel* war Conrad Matschoß' *Entwicklung der Dampfmaschine* eine wichtige Quelle für MOSAIK.

Bei der Comic-Umsetzung der Äolipile entschieden sich die Heftmacher für das bei Matschoß abgebildete Modell einer „Heronischen Drehkugel“. Obwohl er auf die idealisierte Darstellung des Heronsballs in der bildzitierten Quelle hinwies, gaben die Künstler der optisch ansprechenderen, im Stil des 17. Jahrhunderts verzierten Abbildung den Vorzug vor der rein auf Funktionalität beschränkten Zeichnung in Feldhaus' Werk *Ruhmesblätter der Technik*. Ästhetische und dramaturgische Überlegungen überwogen bei MOSAIK stets vor absoluter Präzision in Einzelheiten.

Unterschiede zu Darlegungen Kiaulehns zeigten sich in der ideologischen Akzentuierung. 1962 präsentierte Peter Klemm mit dem Sachbuch *Der Weg aus der Wildnis. Geschichten*

aus tausend Jahren Technik im Kinderbuchverlag der DDR eine populäre Technikgeschichte aus marxistischer Sicht. Bild- und Textvorlagen dieses Werkes wurden in wichtigen Teilen Kiaulehn entnommen und neu interpretiert. Kiaulehn, Klemm sowie MOSAIK schilderten gleiche Etappen der Entwicklung der Dampfmaschine. Dabei wurde deutlich, daß der Comic eine Zwischenstellung zwischen dem bürgerlichen Kiaulehn und dem DDR-Autor Klemm einnahm.

Durften die Künstler um Hannes Hegen nicht so unverhohlen bürgerlichen Erfindungsgeist feiern wie der Autor von *Die Eisernen Engel*, so wollten sie auch kein illustriertes Kompendium marxistischer Technikgeschichte schaffen. MOSAIK war vor allem mit Blick auf angestrebte Lesergruppen gezwungen, Persönlichkeiten der Technikgeschichte comictypisch zu individualisieren. So wurden aus Heron und seinem Lehrer Ktesibios zwei befreundete junge Männer, mit denen sich jugendliche Leser besser identifizieren konnten.

1935 beschrieb Kiaulehn Ktesibios' Weltbild: „Der Gedanke, die Preßluft anders auszunutzen, etwa in Hilfsgeräten für den Bergbau, kam ihm gar nicht. Die Arbeit wurde von Sklaven verrichtet, und Sklaven gab es genug.“ DDR-Autor Klemm erläuterte 1962: „Die Sklaven waren für die herrschende Klasse, und dazu gehörten die Gelehrten, keine Menschen, und eine aufs Praktische gerichtete Tätigkeit – das aber ist eben die Technik – galt als unwürdig.“ Seine Begründung fußte in der marxistischen Auffassung gesellschaftlicher Arbeitsteilung: „Mit den Klassengegensätzen wurde auch die Kluft zwischen Entdecken und Erfinden, zwischen Theorie und Praxis immer tiefer.“

Im Unterschied zu Kiaulehn und Klemm zeigten sich Heron und Ktesibios im MOSAIK – historisch unrichtig – an Erleichterungen für ausgebeutete Klassen interessiert. MOSAIK ließ die beiden alexandrinischen Erfinder zur Regierungszeit von Ptolemaios II. Philadelphos (285-246 vor Christus) agieren. Waren die Lebensdaten Herons und Ktesibios auch umstritten, so herrschte doch Konsens darüber, daß sie nicht im Neuen Ägyptischen Reich wirkten. MOSAIK orientiert sich jedoch bis in Einzel-

heiten an der Ausstattung des Hollywood-Films *Die 10 Gebote* von 1956 mit Charlton Heston und Yul Brunner. Architektur, Mobilar des königlichen Thronsaales, Hoheitszeichen, Waffen und Alltagsgegenstände stammen so sämtlich aus der Ramsesidenzeit 1350 bis 1200 vor Christus.

Bei der Darstellung historischer Persönlichkeiten stützte sich MOSAIK auf das auch später häufig benutzte Buch Wolfgang Bruhns und Max Tilkes *Das Kostümwerk*. Ptolemaios erschien nach dieser Bildvorlage als ein König des Neuen Reiches mit blauer Perücke, Diadem mit Uräusschlange und den zwei Insignien Geißel und Krummstab; ganz ähnlich wie in dem 1963 entstandenen französischen Comic *Asterix und Kleopatra*, der sich an dem Film *Cleopatra* von 1962 orien-

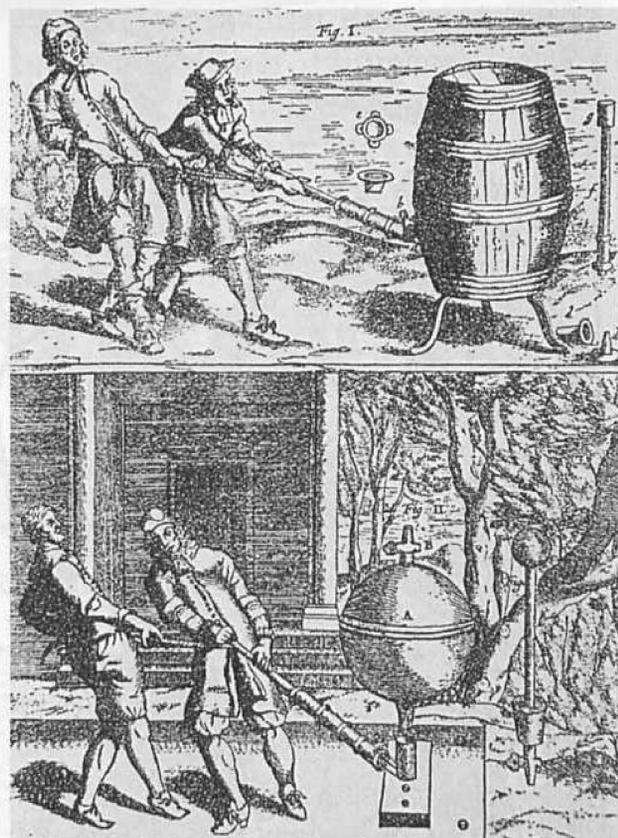
tierte, griff MOSAIK auf Stereotypen zurück, die beim Leser als bekannt vorausgesetzt wurden.

Ägypten war 1960 für DDR-Medien ohnehin ein beliebtes Thema. MOSAIK konnte sich bei Angriffen comiceindlicher Zensoren und Funktionäre darauf berufen, die Kulturgeschichte eines befreundeten jungen Nationalstaates darzustellen.

Die Schilderung der Ereignisse der deutschen frühbürgerlichen Revolution des ausgehenden 15. und des 16. Jahrhunderts – Grundtenor: „Die Enkel fechten's besser aus“ – war zentrales Thema auch und besonders der Kinder- und Jugendliteratur der DDR. Programmatisch für eine Sicht, die sich auf die Darstellung direkter revolutionärer Auseinandersetzungen konzentrierte, blieb bis Anfang der



Pumpversuche Guericques an einem Weinfäß und deren MOSAIK-Darstellung in „Die Mission des Obristen vom Ladestock“.



80er Jahre Martin Hellbergs 1956 entstandener DEFA-Film *Thomas Müntzer*. MOSAIK dagegen klammerte den Bauernkrieg aus.

An Bildmaterial griffen die Schöpfer der Digidag-Abenteuer im mittelalterlichen Erzgebirge vor allem auf Illustrationen aus Agricolas 1556 erschienenem Werk *Libri XII de re metallica* (12 Bücher über Metalle) zurück. Einige der 272 Holzschnitte wurden vor allem durch den Künstler Horst Boche comictypisch in den Serienkosmos integriert. Das MOSAIK-Team befand sich mit der Würdigung Agricolas, dem 1955 anlässlich seines

TECHNIKGESCHICHTE IN DER DDR

400. Todestages sogar ein Dokumentarfilm gewidmet worden war, in Übereinstimmung mit der DDR-Sicht auf diesen Humanisten.

Bildzitate von Künstlern der Epoche – von Hans Holbein d. J. über Lucas Cranach bis Jost Amman – zeugten von der intensiven Auseinandersetzung der Graphiker mit der Kunst des 16. Jahrhunderts. Wurden für die Darstellungen bergmännischer Trachten die Holzschnitte bei Agricola benutzt, so stützten sie sich bei mittelalterlichen Bekleidungen wieder auf das Kostümwerk von Bruhn/Tilke.

Dem MOSAIK-Team um Hannes Hegen und Lothar Dräger war seit 1957 klar, daß man für Kinder und Jugendliche Technikgeschichte der Renaissance auch als „Märchenzeit“ im Sinne Arnold Zweigs präsentieren mußte, um Interesse für komplizierte Prozesse zu wecken. Geschichte großer Erfindungen in MOSAIK war deshalb stets auch Literaturgeschichte. Dabei dominierten die persönlichen Vorlieben des Texters, Lothar Dräger, zu denen neben anderen Autoren des 19. Jahrhunderts besonders der in der DDR Jahrzehnte mit Verdict belegte Karl May gehörte.

Hier tat sich eine Parallele in der Stoffwahl zwischen Abenteuer- und Comicautor auf: May hatte sich in der Zeitschrift *Schacht und Hütte* 1875/1876 den „Helden des Dampfes“, neben Heron, Otto von Guericke und anderen, vor allem James Watt zugewandt. In seinen populären Abenteuerromanen nahm er mehrfach zu angewandter Dampfkraft Stellung.

Wie zu DDR-Zeiten immer wieder kritisiert, blieben May, der in der Maschine den Grund sozialer Probleme sah, deren gesellschaftliche Ursachen verschlossen. Er vermochte – in genuin marxistischer Lesart – nicht von der Erscheinung zum Wesen vorzudringen.

Ein Vergleich mit dem etwa 90 Jahre später entstandenen DDR-Comic macht Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Behandlung des Themas in populärer Kultur verschiedener gesellschaftlicher Systeme deutlich: Auf der Rückseite des Oktoberheftes 1962 hieß es in einem erklärenden Text zur Industriellen Revolution in England: „Viele Maschinen wurden damals zerstört, bis die Arbeiter merkten, daß nicht die Technik schuld an ihrem

Elend war, sondern diejenigen, die mit Hilfe der Maschine noch mehr ausbeuten wollten.“ Indem das Heft allerdings diese Ausbeuter nicht ideologisch exakt als „Kapitalisten“ bezeichnete, wandelte MOSAIK auf dem schmalen Grad zwischen bürgerlicher und marxistischer Geschichtsschreibung.

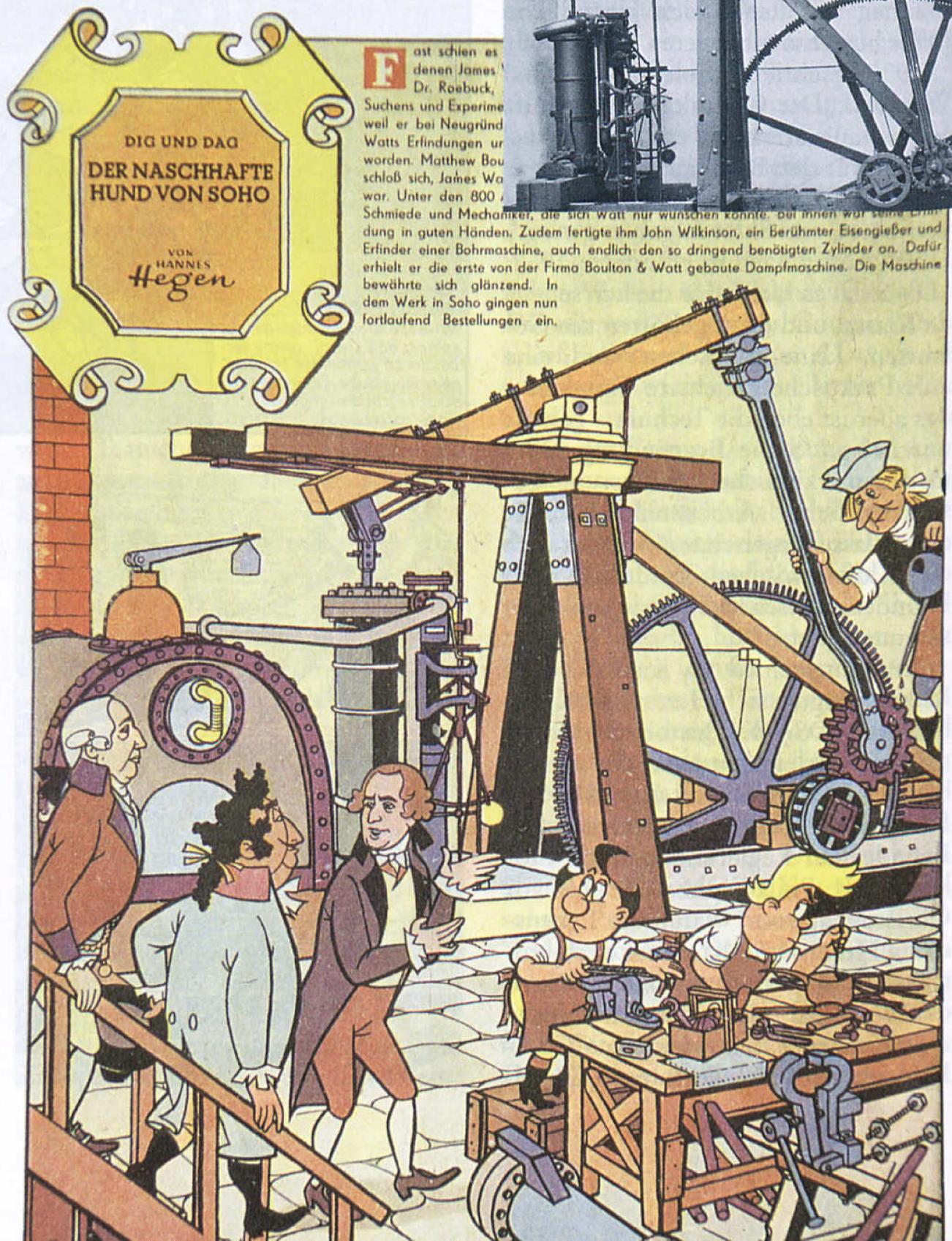
Bereits der Titel des Novemberheftes 1960, „Der Silberschatz in der Bärenhöhle“, assoziierte wildwestmäßige Zustände im Erzgebirge des 16. Jahrhunderts. Er erinnerte an die populären Karl May-Titel *Der Schatz im Silbersee* und *Der Sohn des Bärenjägers*. MOSAIK begab sich an einen beliebten May-„Tatort“. In seinem biographisch gefärbten Kolportageroman mit sozialkritischem Einschlag *Der verlorene Sohn* schilderte der Au-

tor Erlebnisse an den Stätten seiner Kindheit und Jugend. Texter Lothar Dräger war mit den Radebeuler Bearbeitungen *Der Fremde aus Indien* und *Das Buschgespenst* vertraut. Wie in diesen Büchern wurden auch im Comic Pascher auf ihren geheimen Pfaden über die böhmische Grenze belauscht.

WAS IST WAHR IN DEN MOSAIK-COMICS?

In den Heften 53 und 54 zeigte MOSAIK einen Ausschnitt aus dem Leben des Magdeburger Bürgermeisters Otto von Guericke. Die beiden Hefte waren wiederum Ergebnis der Verbindung und Neuinterpretation meh-

Die Wattsche Dampfmaschine in Walther Kiaulehns *Die eisernen Engel* und im MOSAIK-Heft 70/1962.



erer historischer und 1960 zeitgenössischer Quellen. Den technischen Darstellungen lagen die Stiche aus Guericke's 1672 in Amsterdam erschienenem Werk *Neue Magdeburgische Versuche* zugrunde. Bei Aufenthalt in Magdeburg trieben die Künstler „vor Ort“ Studien. Als berühmtester Sohn einer Bezirkshauptstadt und Träger humanistischen Erbes waren in der DDR Guericke's Leistungen anerkannt. Besonders sein 350. Geburtstag 1952 war Anlaß für die Wiederbelebung seiner Würdigung nach dem Krieg.

1956 erschienen in der DDR zwei Romane zu Guericke. Besonders Manfred Jordans *Zwischen Ruhm und Haß* wurde eine Reihe von Handlungsmotiven entliehen. Im Jahr 1654 reiste der Magdeburger Bürgermeister zum Reichstag nach Regensburg. Als Höhepunkt wurde Kaiser Ferdinand III. dort das bekannteste Experiment des Magdeburgers vorgeführt. 16 Pferde versuchten vergeblich, die lediglich vom Luftdruck zusammengepreßten Magdeburger Halbkugeln auseinanderzureißen. Bildmittel und Hintergrund kupferden den Stich aus *Neue Magdeburger Versuche* ab.

Dieser Teil des Comicbildes hielt sich exakt an die Historie. Der gesamte Vordergrund suggerierte dagegen lediglich Authentizität. So war nicht bewiesen, daß Guericke gerade diesen, erstmals von Caspar Schott in seinem Werk *Technica curiosa* 1664 erwähnten Versuch tatsächlich auf dem Reichstag in Regensburg vorführte. MOSAIK folgte der Darstellung in der literarischen Vorlage Manfred Jordans. Wie im Roman waren Kaiser Ferdinand der III., Kurfürst Friedrich Wilhelm von Brandenburg und Herzog Albrecht von Bayern Zeugen der Vorführung.

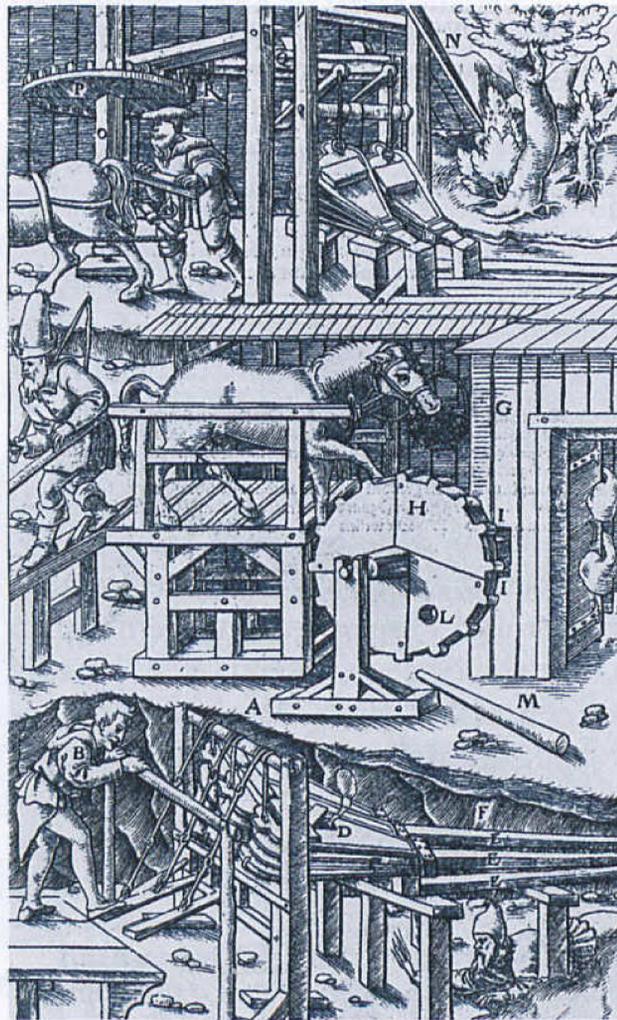
DER KÖNIG SUCHT ERFINDER

Gemäß dem damals in der DDR in der Tradition Franz Mehrings gepflegten Hohenzollernbild wurde der „Große Kurfürst“ als unsympathischer Zeitgenosse präsentiert. Basierend auf einem dem Fürsten schmeichelnden Camphausen-Gemälde, ermöglichte MOSAIK mit einer comicspezifischen Darstellung seiner Züge eine Stigmatisierung.

Das Heft zu Guericke's Reichstagsmission hatte auch einen aktuellen Anlaß: Im Erscheinungsmonat Mai 1961 wurde die 1953 gegründete Magdeburger Hochschule für Schwermaschinenbau in Technische Hochschule „Otto von Guericke“ umbenannt.

Allein vier Hefte widmeten sich Leben und Werk des Erfinders Denis Papin. Die Handlung setzt 1681 ein.

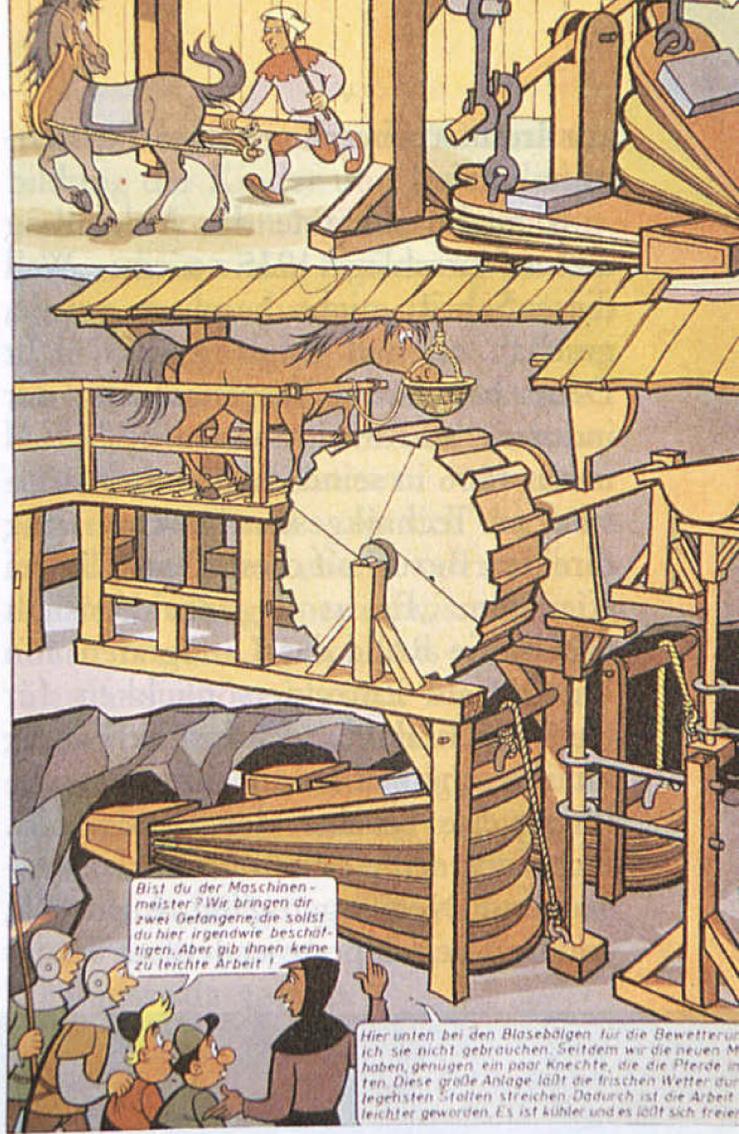
Bewetterung von Bergwerken mit Blasebälgen, zu deren Betrieb Pferde dienten, in Agricolas *De re metallica* und im Heft „Das letzte Fest“ (50/1961).



Christiaan Huygens und dessen Assistent Papin bauten das erste Funktionsmodell einer Huygenschen Pulvermaschine, deren Ausführung sie Ludwig XIV. zur Bewässerung von Versailles vorschlagen wollten. Huygens behauptet in MOSAIK, von einer Konstruktion de Hautevilles inspiriert worden zu sein.

Das Heft mit dem Titel „Der König sucht Erfinder“ folgte der Darstellung Kiaulehns um Projektierung und Bau des Wasserhebwerkes von Marly 1681 bis 1685. Im Kontrast zur ärmlichen Kleidung der Bauern, Fischer und Händler zeigte sich der Sonnenkönig im prunkvollen königlichen Ornat nach der Vorlage des Gemäldes von Hyacinthe Rigaud von 1701.

Wiederum komprimierte MOSAIK Ereignisse mehrerer Jahre: Papin



war seit 1672 Huygens' Assistent. 1673 baute er das erste Modell einer Huygenschen Pulvermaschine. Huygens konnte sich also gar nicht auf Erläuterungen aus Hautevilles Werk gestützt haben, da dieses erst 1678 erschien. Zutreffend war, daß Huygens seine Maschine erst 1681, also in der Planungsphase für Marly, der Öffentlichkeit präsentierte. Da war allerdings Papin, der 1675 nach England übergesiedelt war, nicht mehr Huygens', sondern Robert Boyles Assistent, so daß er auch nicht an Huygens' Seite dessen Pulvermaschine vorführen konnte.

Parallel zur Schilderung Papinscher Erfindungen in MOSAIK, zum Beispiel sein „Schnellkochtopf“, wurde DDR-Hausfrauen in den Medien dessen modernisierte Variante angepriesen. Für die Darstellung technischer Details wurden in MOSAIK Illustrationen der zwischen 1762 bis 1777 entstandenen, mit 3115 Bildtafeln ausgestatteten Diderotschen Enzyklopädie verwandt, die Künstlern ein schier unerschöpfliches Reservoir von Gegenständen aller Lebensbereiche des 18. Jahrhunderts bot. Auf der Rückseite von Heft 59 erhöhte beispielsweise eine nachkolorierte Bildtafel aus dieser Sammlung von einer Werkstatt zur Erzeugung von Schraubstöcken die Authentizität der Denkschrift Papins, in welcher er Karl von Hessen

zur Industrialisierung seines Fürstentums aufrief.

Kiaulehn schätzte die Ablehnung dieser Vorschläge 1935 so ein: „Weil diese Schrift nicht beachtet wurde, geschah es, daß England und nicht Deutschland zum Ausgangspunkt der industriellen Revolution wurde.“ Fried nahm 1966 in seiner Arbeit zu marxistischer Technikgeschichtsschreibung direkten Bezug auf diese Textstelle bei Kiaulehn: „Es ist in jeder Hinsicht falsch, die Rolle des Landgrafen von Hessen als Einzelpersonlichkeit für das Schicksal von Papins Erfindung zu überschätzen ... Mit (seiner) Handlungsweise brachte der Landgraf ... nicht nur seine persönlichen Interessen und Neigungen zum Ausdruck, sondern verkörperte er letzten Endes



Bis jetzt habe ich ein großartiges Geschäft gemacht. Die Kessel werden mir buchstäblich aus der Hand gerissen. Die Sklaven müssen noch schneller arbeiten! Neue Leute bekomme ich nicht, denn der König braucht alles, was Arme und Beine hat, für seine unsrigen Prachtbauten.

Es wird schwer sein, die Sklaven noch stärker anzufeuern, Monopolos. Es sind welche darunter, die schaffen knapp zwei Kessel pro Tag.

ein bestimmtes gesellschaftliches System ... Es gab erst Keimformen der neuen kapitalistischen Produktionsweise und somit keine ernsthaften Interessenten für die Entwicklung von Papins Erfindung zur Kraftmaschine. Es fehlten in Deutschland damals jedoch nicht nur die ökonomischen Bedürfnisse für eine Dampfmaschine, auch die Entwicklung der Produktivkräfte hatte dazu nicht die genügende Reife.“

Von gesellschaftlichen Systemen war in MOSAIK jedoch keine Rede. Der Comic kommentierte Papins Schreiben lapidar: „Der Landgraf lehnte diesen Vorschlag rundweg ab. Er brauchte keine Maschinen, weil er genügend arme Schlucker hatte, die für ihn arbeiteten.“ In MOSAIK pas-

sierte also genau das, was Fried an bürgerlicher Technikgeschichtsschreibung kritisierte: Nicht unreife gesellschaftliche Umstände, sondern die Laune eines Fürsten ließen Papins Pläne scheitern.

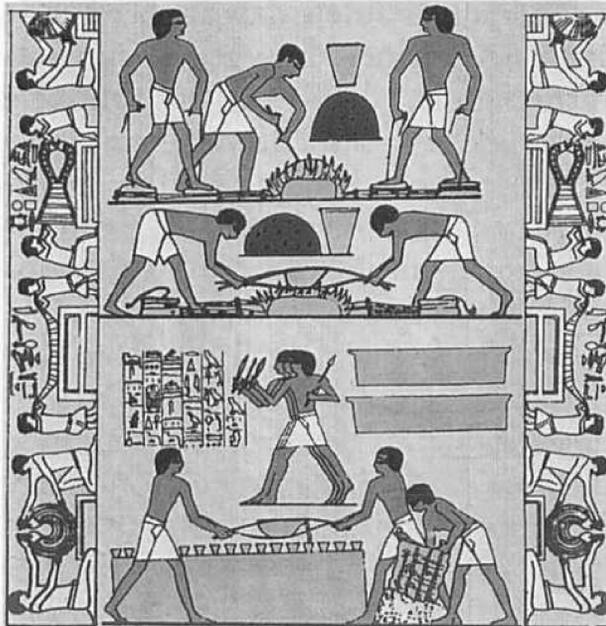
In Heft 61 vom Februar 1963 trafen die Comic-Helden in London 1707 den Bergwerks- und Marineingenieur Thomas Savery, der 1698 das erste Patent für seine Dampfmaschine erhalten hatte. Das Künstlerteam bemühte sich in der Geschichte um Savery, Zeitkolorit einzufangen, wobei es besonders auf William Hogarth zurückgriff.

Die Digidags lernten im Märzheft 1962 Thomas Newcomen kennen. Im MOSAIK finanziert Jonathan Cawley, im Comic ein Newcomen bis dato unbekannter Viehzüchter, den Bau seiner atmosphärischen Dampfmaschine in einer Kohlegrube Wolverhamptons. Tatsächlich war Cawley Glasermeister und papistischer Glaubensbruder Newcomens.

Da sich MOSAIK jener Jahre als umstrittenste Kinder- und Jugendzeitschrift im atheistischen Staat DDR der Erwähnung religiöser Zusammenhänge und Fragen soweit wie möglich enthielt, besiegelte erst der Vertrag über den Bau einer Dampfmaschinenfabrik die Bekanntschaft Newcomens mit seinem Finanzier.

Von Juli bis September 1962 zeigte MOSAIK Leben und Werk James

Metallverarbeitung bei den Ägyptern auf einem Wandgemälde aus der Grabkammer des Rechmires in Theben und im Comic „Erfindungen nicht gefragt“ (46/1960).



Watts. Die Digidags trafen den Erfinder 1766 in Glasgow. Im Interesse spannender Handlung wurden historische Zeiträume erneut komprimiert.

So haben sich die im Heft 68 geschilderten Ereignisse nicht wie in MOSAIK beschrieben, an einem Sommertag 1766, sondern zwischen 1763 und 1765 zugetragen.

Die entscheidende Idee Watts, Zylinder und Dampfkessel zu trennen, kam ihm in MOSAIK nicht während des legendären Sonntagsspaziergangs „zwischen Hirts Haus und Arns Brunnen“ im Mai 1665, sondern im Anschluß an die sofort gelungene Reparatur eines Newcomschen Modells. Im Comic beantragte Watt bereits sein erstes, am 5. Januar 1769 zugelassenes Patent für die neue Dampfmaschine direkt vor dem Unterhaus. Tatsächlich wurde er aber erst am 28. Februar 1775 vor diese Kammer geladen, um seine Bittschrift um Verlängerung des Dampfmaschinenpatentes bis 1800 zu begründen.

Im Hintergrund der Eröffnungsseite des folgenden Heftes war die im Deutschen Museum ausgestellte Wattsche Dampfmaschine mit Sonnen- und Planetenradgetriebe zu bestaunen. Die Serie zur Dampfmaschine endete mit zwei Heften zu Richard Trevithik. Dabei stand dessen Südamerika-Abenteuer im Mittelpunkt des MOSAIK-Geschehens.

Belletristische Intentionen des Texters führten Dig und Dag im Januar- und Februarheft 1963 nach Peru. Der erste Karl-May-Roman, den Lothar Dräger gelesen hatte, war *Das Vermächtnis des Inka*. Nun nahm er die Gelegenheit wahr, ein Erfinderschicksal an Stätten dieser Lieblingslektüre seiner Jugend zu verfolgen. Der inhaltliche Schwerpunkt lag – stärker als in vorangegangenen Heften und damit DDR-angemessener – auf der Darstellung sozialer Konflikte.

Zur Interpretation des südamerikanischen Unabhängigkeitskampfes gegen Spanien im 19. Jahrhundert griff MOSAIK auf eine andere, nicht minder stark didaktisch geprägte Comicserie zurück. Von 1953 bis 1958 stellte in Westdeutschland die Reihe „Abenteuer der Weltgeschichte“ historische Persönlichkeiten und Ereignisse vor. Wichtige Vorlage war für MOSAIK die Folge zu Simon Bolivar.

Ungeachtet der aufwendig gestalteten MOSAIK-Hefte von hohem Informations- und Unterhaltungswert verstärkte sich die Kritik in Verlag und Zentralrat. Der Vorsitzende der

VON SIGFRID VON WEIHER

1.7.1872

In Cambrai/Frankreich kommt **Louis Blériot** zur Welt. Nach seinem Ingenieurstudium wurde er Unternehmer. Früh begeisterte er sich für die **Fliegerei** und gehörte bald zu ihren Pionieren. Am 25. Juli 1909 überflog er mit seinem Modell 11 als erster den Ärmelkanal zwischen Les Baraques bei Calais und Northfall Meadows bei Dover; der Flug dauerte 27 Minuten. Blériots Flugmodell hieß ab sofort „Kanaltyp“ und konnte sich rund fünf Jahre unter den gängigen Maschinen behaupten.

Blériots Aufsehen erregender Flug über den Ärmelkanal 1909 in Calaiser Spitze.



3.7.1897

Auf der im März 1897 eingeweihten **Kaiser-Wilhelm-Brücke** über die Wupper bei Müngsten wird der **Eisenbahnverkehr** aufgenommen. (In *Kultur & Technik* 1/1997, S. 61, ist die Brücke abgebildet, doch wurde das Datum fälschlich mit 1896 ausgewiesen.)

6.7.1897

Professor **Walter Nernst** (1864-1941) erhält auf seine **Zirkon-Oxyd-Freiluft-Glühlampe** ein deutsches Patent. Die so ge-

nannte **Nernst-Lampe**, die 1898 fabriziert wurde, konnte sich wegen der etwas umständlichen Vorwärmung zur Inbetriebnahme in der Praxis jedoch nicht durchsetzen.

7.7.1797

In einem Brief an **Goethe** schreibt **Schiller**, daß er sich mit der Dichtung eines **Glockengießeri** beschäftige und sich dabei über die Technologie in Krünitz' Encyclopädie kundig mache. Dort findet er alle Informationen über den Glockenguß und betont: „Dieses Gedicht liegt mir sehr am Herzen.“ Im *Musenalm* nach auf das Jahr 1800 wird es erstmals gedruckt.

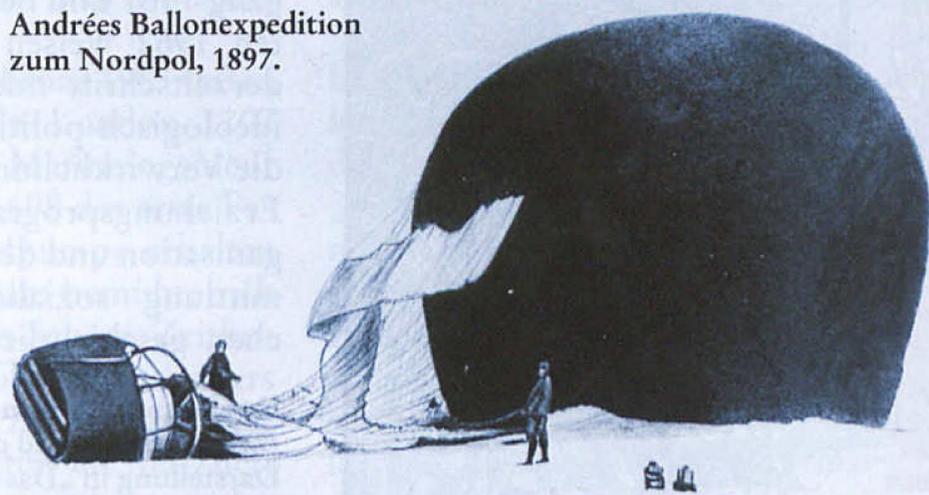
10.7.1872

In Karlsruhe stirbt in seinem 73. Lebensjahr **Wilhelm Eisenlohr**. Als Professor der Physik am Karlsruher Polytechnikum nahm er Anteil am badischen Gewerbeschulwesen und an der Modernisierung der **Schwarzwälder Uhrenindustrie**.

11.7.1897

Der schwedische Ingenieur **Salomon August Andrée** (1854-1897) startet mit Fränkel und Strindberg mit dem **Freiballon**

Andrées Ballonexpedition zum Nordpol, 1897.



Ornen zu einer **Nordpolexpedition**. Er erreicht nördlich von Spitzbergen den 83. Grad, wird dann aber – trotz Segel und Schleppseil – vom Kurs abgetrieben und scheitert auf der Insel Kvitöya im Spitzbergen-Archipel. Die Leichen der drei Männer und das Bordbuch werden erst nach 33 Jahren gefunden.

14.7.1847

In Kranichfeld an der Ilm in Thüringen wird **Carl Bamberg** geboren. Er wurde **Feinmechaniker**, kam 1871 nach Berlin und gründete dort in Friedenau eine präzisionsmechanische Werkstatt. Während des Aufbaus der deutschen Flotte, aber auch bei Landvermessung und Astronomie, konnte er wichtige **Entwicklungsaufgaben** in Auftrag nehmen und kreative Lösungen finden. Sein Unternehmen ging 1892, nach seinem frühen Tod, in den späteren **Askania-Werken** auf.

15.7.1922

Bei der Firma **Hanomag**, die aus dem Erbe **Georg Eggestorffs** (1802-1868) hervorgegangen war, wird im Werk

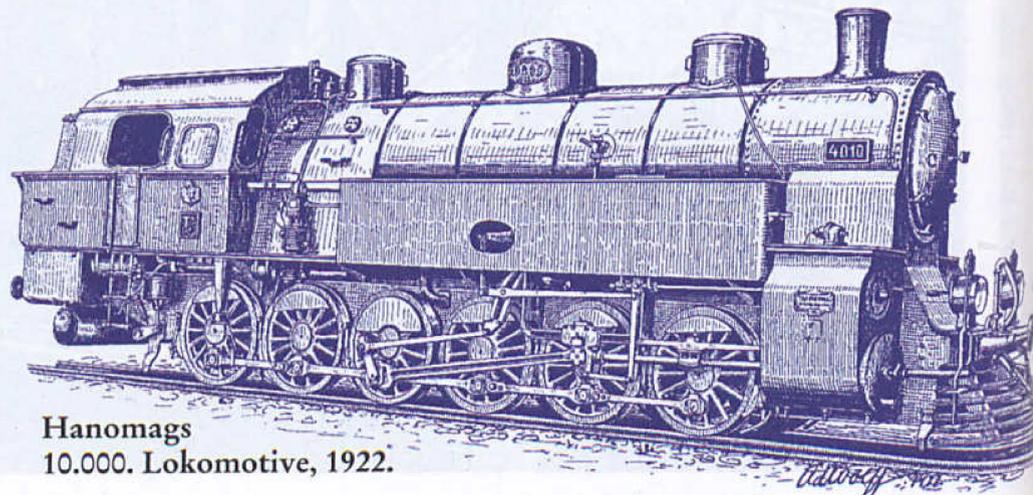
Hannover-Linden die 10.000. **Lokomotive** fertiggestellt. Im Todesjahr des Firmengründers, 1868, war die 100. Lokomotive des Unternehmens an die Braunschweiger Eisenbahn geliefert worden.

16.7.1872

Im norwegischen Boege wird **Roald Amundsen** geboren. Nach Expeditionen im Nordpolarmeer erreichte er 1911 als erster den Südpol. In den 20-er Jahren unternahm er mit einem **Dornier-Wal-Flugboot**, dann auch mit dem Luftschiff **Norge** Forschungen im Nordpolgebiet. Im Mai 1928 kam er beim Rettungsversuch für den italienischen General **Nobile** ums Leben.

23.7.1847

Hermann Helmholtz (1821-1894), Militärarzt aus Potsdam, hält in Berlin vor der **Physikalischen Gesellschaft** seinen ersten wissenschaftlichen Vortrag „Über die **Erhaltung der Kraft**“. Er begründet darin mathematisch die mechanische Wärmetheorie. Nach dem Tode des Physikers **Magnus** (1870) übernahm Helmholtz dessen Professur für Techno-



Hanomags 10.000. Lokomotive, 1922.

logie und Physik an der Berliner Universität; er galt zu seiner Zeit als bedeutendster Physiker Deutschlands.

27.7.1447

Der Rat der Stadt Thun in der Schweiz beantragt bei der Stadtverwaltung in Bern, in Kriegszeiten auf den Bergen **Feuerstellen zum Signalisieren** anzulegen („wortzichen mit füren“). Es handelte sich um eine relativ einfache, auf wenige Zeichen vereinbarte **optische Telegraphie**, die nur für Notfälle unter den Eidgenossen bestimmt war.

31.7.1847

In Czernikau bei Posen wird **Leopold Loewenherz** geboren. Nach einer Steinmetz-Lehre konnte er aufgrund seines ausgeprägten mathematisch-mechanischen Talents an Fachvorlesungen an der Gewerbeakademie in Berlin teilnehmen. 1870 wurde er als Hilfsarbeiter bei der **Normal-**

programmgesteuerten Rechner Z 3, mit dem das Computerzeitalter beginnt.

1.8.1972

In Zollikon bei Zürich stirbt 79jährig Professor **August Karolus**. Der gebürtige Badener hatte 1923 in Leipzig sein Studium der Physik und Elektrotechnik abgeschlossen und dort später experimentell wichtige Beiträge zur **Bildfunk- und Fernsehtechnik** geliefert. Nach dem Zweiten Weltkrieg war Karolus an der ETH Zürich und an der Universität Freiburg besonders mit mikro-mechanischen Arbeiten und der Quarzuhr-Entwicklung beschäftigt. Sein Name lebt in der Fernsehgeschichte fort in der **Karolus-Zelle**.

8.8.1772

In Hehlen bei Braunschweig wird August **Wilhelm Lampadius** geboren. Nach einem Praktikum in einem böhmischen Eisenwerk wurde er

1899), später der Konstrukteur und Erbauer der Rigi-Bergbahn.



August Karolus (1893-1972).

10.8.1872

Die **Schreibmaschine** von **Christopher Latham Sholes** (1819-1890) wird öffentlich bekanntgemacht. Ihre Typen waren an Stangen kreisförmig innerhalb der Maschine angeordnet. Im folgenden Jahr wurden die Rechte an der Erfindung von der Firma **Remington** erworben; von ihr wurde dann die Schreibmaschine weltweit eingeführt und vertrieben.

10.8.1922

Kurz vor Vollendung seines 80. Lebensjahres stirbt in Birmingham, England, Professor **Gisbert Kapp**. 1894 war der in Österreich gebürtige Wissenschaftler in Berlin Generalsekretär des **Verbandes Deutscher Elektrotechniker** (VDE), Redakteur der **Elektrotechnischen Zeitschrift** (ETZ) und, last not least, Dozent für **Elektromaschinenbau** an der TH Charlottenburg geworden. 1905 war er einem Ruf nach Birmingham als Professor für Elektrotechnik gefolgt. Um die Entwicklung des Phasenschiebers und um die Berechnung der Dynamomaschine hatte Kapp sich große Verdienste erworben.

14.8.1872

Auf der 45. **Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte** in Leipzig hält **Emil Du Bois-**

Reymond (1818-1896) seinen Vortrag über die Grenzen des Naturerkennens. Er schloß mit Blick auf die Rätsel, die Materie und Kraft damals stellten, mit der Erkenntnis „**Ignorabimus**“ (wir werden es nie wissen). Dieser Wahrspruch fand Eingang in Büchmanns **Ge-flügelte Worte**.

18.8.1697

Das Kirchenbuch der nordholländischen Gemeinde Sardam (heute: Zaandam) vermerkt, daß **Zar Peter von Rußland** auf einer Schiffbauwerft inkognito die Arbeit als Schiffszimmermann aufgenommen habe. Für nahezu einhalb Jahre war mit dem Zaren eine hochrangige Gesandtschaft nach den Niederlanden und England gekommen, um westliche Kultur und Technik kennenzulernen. Mit der Gründung der Zaren-Stadt **Sankt Petersburg** (1703) wurden der kulturelle und der wirtschaftliche Austausch zwischen Europa und Rußland entschieden vorangetrieben.

22.8.1647

In Blois, Frankreich, wird **Denis Papin** geboren. Nach naturwissenschaftlichen Studien wurde er Assistent des Physikers Huygens. 1687 wandte er sich – als Hugenotte aus seiner französischen Heimat geflohen – nach Marburg, wo er ei-

Der Franzose Denis Papin (1647-1712).



Aichungs-Kommission aufgenommen. Als Gründer der **Zeitschrift für Instrumentenkunde** im Jahr 1881, als Initiator der Einführung von **einheitlichen Schraubengewinden** in Deutschland und als Abteilungsdirektor der 1887 gegründeten **Physikalisch-Technischen Reichsanstalt** hat er der **Feinmechanik** maßgebliche Impulse gegeben.

1.8.1822

In London stellt der Mathematiker **Charles Babbage** (1792-1871) sein Projekt einer **Differenz-Maschine** vor, die nach entsprechender Durchbildung in der Lage sein soll, das Ergebnis der Rechnung auszuwerfen. Nach 20jähriger Entwicklung wurden die Arbeiten abgebrochen. Ein praxisreifes Gerät dieser Art gelingt erst 1941 dem Berliner **Konrad Zuse** (1910-1995) mit seinem

Lampadius-Ehrung auf Briefmarken, Welt-Gaskongreß 1991.

22jährig Professor für metallurgische Chemie in Freiberg, wo er 46 Jahre wirkte. 1811 unternahm er in Freiberg einen ersten Versuch **öffentlicher Gasbeleuchtung** in Deutschland. In der organischen und anorganischen Chemie sowie in der **Hüttenkunde** hat er wesentliche Erkenntnisse zu Naturwissenschaft und Technik beigetragen.

8.8.1847

Zwischen Baden und Zürich wird die **erste Eisenbahn der Schweiz** festlich in Betrieb genommen. Die Eröffnungsfahrt-Lokomotive war von der Karlsruher Fabrik von **Emil Kessler** geliefert worden; der erste Lokführer, ein Mechaniker der Firma Kesslers, war **Nikolaus Riggensch** (1817-



Abb.: Deutsches Museum (S.58 o.); Sammlung von Weither (5)

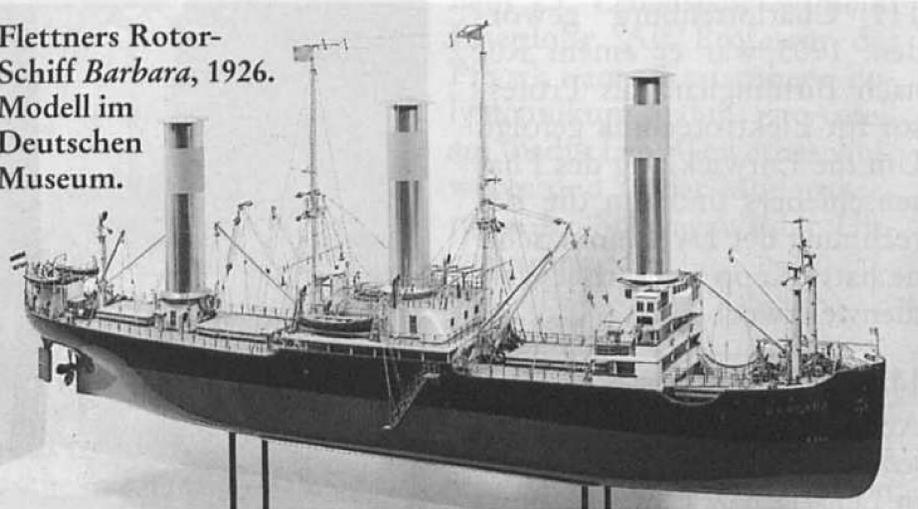
JULI BIS SEPTEMBER 1997

ne Professur für Mathematik übernahm. Zuvor hatte er schon den **Digestor**, den nach ihm benannten papinianischen Dampftopf und im Jahr 1681 das **Dampfsicherheitsventil** erfunden. 1690 schuf er eine erste, primitive atmosphärische **Dampfmaschine**. 1698 entwickelte er daraus seine direkt wirkende Hochdruck-Dampfmaschine ohne Kondensation, die er in Kassel dem Landgrafen Carl vorführte. Nachdem seine Erfindungen aus seiner Sicht nicht den erwarteten Effekt erzielten, wandte er sich 1707 nach England, wo sich 1712 seine Spur verlor. Mit seinen Ideen und Konstruktionen war der geniale Franzose seiner Zeit zu weit vorausgeeilt.

24.8.1772

In Durlach wird **Georg Friedrich von Reichenbach** geboren. An der Militärakademie in Mannheim wurde seine technische Begabung erkannt, und er wurde zur „Erkundung“ der neuen Wattschen Dampfmaschine nach Soho geschickt. 1804 gründete er in München mit Utzschneider und Liebherr ein mathematisch-mechanisches Institut, dem eine von Fraunhofer geleitete optische Anstalt in Benediktbeuern angeschlossen wurde. Besonders **geodätische und astronomische Geräte** waren Reichenbachs Beiträge in dieser Gemeinschaft, ab 1810 auch seine **Wassersäulenmaschine**, mit der die Salzsole von Reichenhall nach Rosenheim befördert wurde. Dampfschiffahrt, Kanalbau und technischer Unterricht hatten in Reichenbach einen frühen Förderer.

Flettner's Rotor-Schiff *Barbara*, 1926. Modell im Deutschen Museum.



29.8.1872

Heinrich Stephan (1831-1897), Leiter des deutschen Postwesens und Gründer des Weltpostvereins, richtet in Berlin an der Leipziger Straße das **Reichspostmuseum** ein. Es ist das erste spezifisch technische Museum der jungen Reichshauptstadt.

1.9.1747

Der vielseitig befähigte Amerikaner **Benjamin Franklin** (1706-1790) veröffentlicht einen wissenschaftlichen Bericht über die **Leidener Flasche**, den ersten Sammler elektrischer Energie. Fünf Jahre später wurde er mit seinem **Blitzableiter** weltbekannt.

1.9.1822

Im **Beuth'schen Gewerbeinstitut**, im Zentrum Berlins, wird die erste **Gewerbe-Ausstellung** eröffnet. Mit 182 Ausstellern und 998 Ausstellungsobjekten war sie noch recht bescheiden. 22 Jahre danach, 1844, hatte **Peter C. W. Beuth** (1781-1853) das Erfolgserlebnis, daß die nun ausgeschriebene **Deutsche Gewerbe-Ausstellung** aus allen Ländern des deutschen Zollvereins beschickt wurde. Mittlerweile waren 3.000 Aussteller vertreten.

3.9.1872

In Dürkheim, Pfalz, stirbt im 78. Lebensjahr **Paul Camille von Denis**. Als Schüler der Pariser **École Polytechnique** war er als Ingenieur im bayerischen Staatsdienst tätig und auf Auslandsreisen, insbesondere nach England, erweiterte er seine technologischen Kenntnisse. Mit besonderen Leistun-

gen trug er zum Kanalbau und zum Eisenbahnwesen bei; 1834/35 baute er **Deutschlands erste Eisenbahn** zwischen Nürnberg und Fürth.

5.9.1872

In Berlin wird **Carl Friedrich Siemens** geboren. Als dritter Sohn des Erfinders Werner Siemens (1816-1892, 1888 nobilitiert) übernahm er früh Aufgaben der Familienunternehmung und wurde ab 1919 als Vorsitzender der Aufsichts-



räte Chef der Firmengruppe **Siemens & Halske/Siemens Schuckert-Werke**. In einer politisch schwierigen Zeit hat er, unter Fortentwicklung sozialpolitischer Maßnahmen und mit kreativer Forschung und Entwicklung, eine erfolgreiche Unternehmung und die **Elektrotechnik** vorgebracht.

11.9.1822

Das **Heilige Officium der katholischen Kirche** in Rom gibt bekannt, daß die Erkenntnis des **Nikolaus Kopernikus**, also die Lehre von der **Bewegung der Erde um die Sonne**, fortan frei verbreitet werden kann. Damit hat sich das moderne, von der Naturwissenschaft geprägte Weltbild gegen das bis dahin starre kirchliche Dogma durchgesetzt.

17.9.1922

Anton Flettner (1885-1961) erhält für seine Erfindung des **Schiffsrotors** ein deutsches Patent. Sein auf der Grundlage des **Magnuseffekts** entwickel-

ter Schiffsantrieb wird ab 1917 bis 1926 in der Praxis erprobt und bestätigt, kann sich aber gegenüber der konventionellen Technik nicht durchsetzen.

17.9.1922

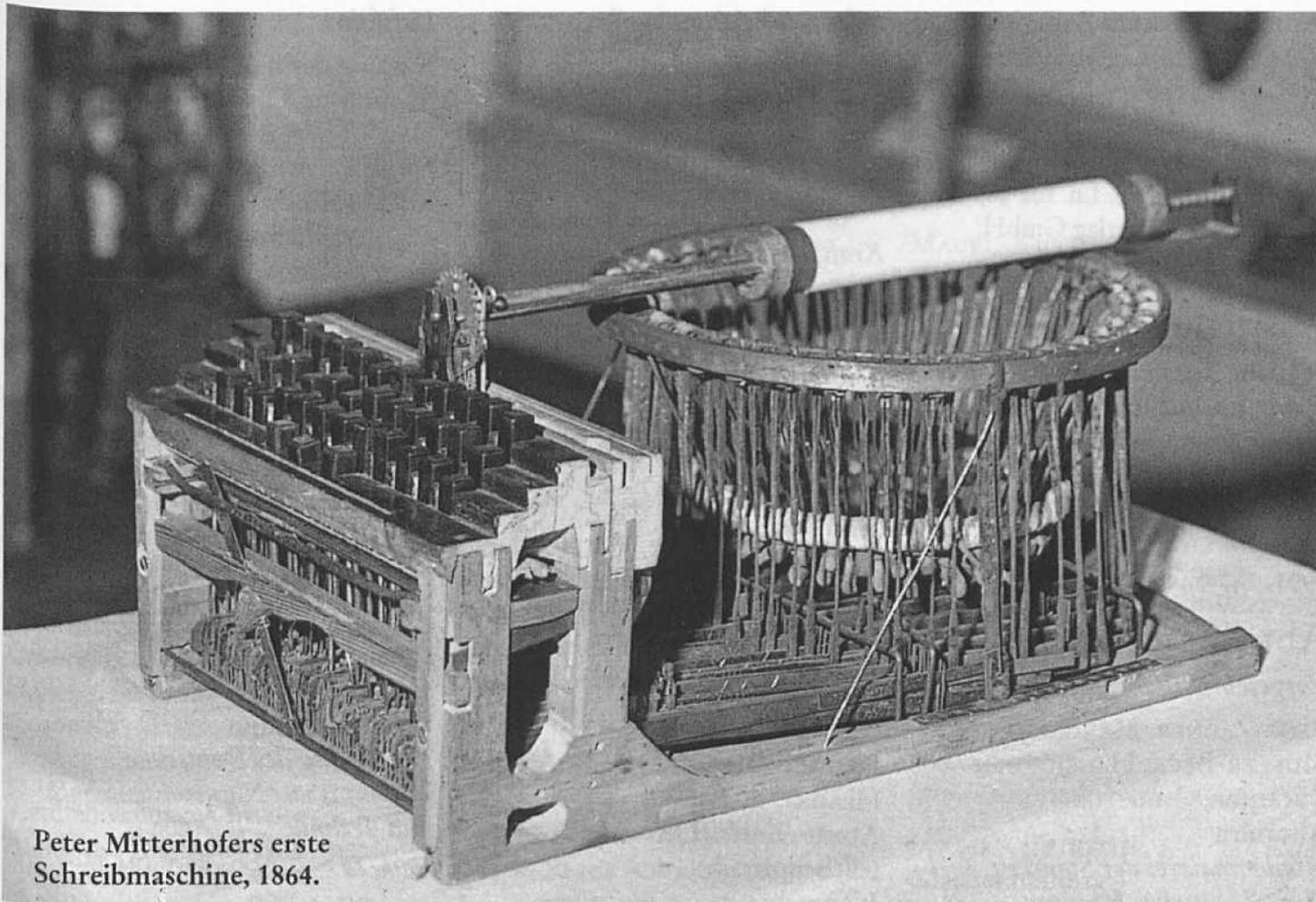
Im Alhambra-Kino am Kurfürstendamm in Berlin führen die drei Erfinder **Hans Vogt, Jo Engl** und **Joseph Massolle** ihren ersten **Triergon-Tonfilm** *Das Leben auf dem Lande* vor. Im Gegensatz zum sehr unpräzisen Nadeltonfilm, wie er seit

Hans Vogt, Joseph Massolle und Jo Engl im ersten, mit Kartoffelsäcken schalldicht gemachten **Tonfilm-Atelier**, 1922.

Jahrhundertbeginn möglich war (Schallplatte und Film), sichert die neue Konzeption des **Lichttonfilms** (Bild und Ton synchron auf Film) die Grundlage der seither üblichen **Tonfilm-Technik**. Durch die damalige Wirtschaftskrise war aber die **deutsche Filmindustrie**, insbesondere die **UFA**, seinerzeit nicht in der Lage, diese Neuerung zu erwerben und praktisch einzuführen. Erst um 1929/30 kam die **Triergon-Erfindung** auf einem Umweg über die Schweiz und die USA nach Deutschland zurück. Geistiger Vater war **Hans Vogt** (1890-1979).

18.9.1822

In Leipzig findet die erste **Versammlung deutscher Naturforscher** statt. Idee, Einberufung und Ausführung gehen auf **Lorenz Oken** (1779-1851)



Peter Mitterhofers erste Schreibmaschine, 1864.

den **Bridgewater Canal** zwischen Worsley und Manchester und begann den **Grand Trunk Canal** zwischen Trent und Mersey im Jahre 1766; die Vollendung dieser sehr wichtigen Wasserstraße im Jahre 1777 hat er nicht mehr erlebt.

27.9.1822

Frederick Louis Fatton erhält das britische Patent Nr. 4707 auf die erste **Stopp-Uhr** für Pferderennen. Dieser Zeitnehmer lief eine Minute und es konnten mit ihm Bruchteile von Sekunden abgestoppt werden. □

Den untenstehenden Brief zur Rubrik „Gedenktage technischer Kultur“ erhielten wir von Erich Neubauer in Gleisdorf, Österreich. Wir geben den Brief mit schmunzelndem Dank den Lesern von *Kultur&Technik* bekannt.

zurück, der sein Konzept in der von ihm redigierten Naturforscher-Zeitschrift *Isis* 1821 bekannt gemacht hatte. Auf den seither jährlichen Zusammenkünften wurden die bedeutsamsten **Fortschritte und Entdeckungen** oft erstmalig veröffentlicht.

20.9.1822

In Partschins bei Meran wird **Peter Mitterhofer** geboren. Als Zimmermann und Tischler baute er nach eigenen Ideen 1864 seine **erste Schreibmaschine**, der auch noch einige weitere Exemplare folgten. Aus wirtschaftlichem, persönlichem Unvermögen gelang es ihm nicht, seine Erfindung industriell zu nutzen. Dies geschah, wenn auch auf der Grundlage anderer, ähnlicher Konstruktionen wenig später in den USA (*Sholes-Remington*).

27.9.1772

In Turnhurst, Großbritannien, stirbt 56jährig **James Brindley**. Als junger Mechaniker hatte er wichtige Verbesserungen zur Newcomen-Dampfmaschine beigetragen. In seiner zweiten Lebenshälfte trat er mit wichtigen **Kanalbauten** hervor. So schuf er 1759/61

EIN BRIEF MIT 1464 GEDENKTAGEN, 443 TODES- UND 470 GEBURTSTAGEN

Betr.: Gedenktage Technischer Kultur.

Sehr geehrte Damen und Herren!

Als Abonnent von K & T seit Beginn, verfolge ich die Gedenktage mit Interesse und stelle fest:

Bis heute wurden 1464 Gedenktage publiziert, davon

443 Todes- oder Sterbetage

470 Geburtstage

100 Tage für Patent- oder Lizenz-Erteilungen.

Der ereignisreichste Monat war der April mit 165 Vorkommnissen, während der März nur 94 davon aufwies.

Die Tages-Spitzenreiter sind der 8. April und 1. Oktober mit je 12 Nennungen.

Elf Tage sind bisher ohne Erwähnung, das sind 27. und 28. Feber, 13. Juni, 19. Juli, 27. September, 26 Oktober, 13. und 27. November sowie 14., 17. und 24. Dezember.

Mit freundlichen Grüßen

Abb.: Deutsches Museum (Seite 60 l. u.); Sammlung von Weither (2)

JULI BIS SEPTEMBER 1997

AUSSTELLUNGEN

Der *Ausstellungsführer durch die Sammlungen* erschließt das Museum auf doppelte Weise. Er dient dem Besucher zunächst als praktische Übersicht und Kurzinformation zu den einzelnen Abteilungen, gibt alphabetische Zusammenstellungen der Sammlungsgebiete, Geschosßpläne, Ratschläge für Rundgänge und viele andere Hinweise. Darüber hinaus liefert er – gegliedert nach den Ausstellungsbereichen – Hinweise zur Entwicklungsgeschichte der einzelnen Wissenschaften und Techniken von ihren Anfängen bis zur Gegenwart.

Ausstellungsführer

1997, 144 S., 223 Abb., meist in Farbe, und 6 Pläne, brosch. DM 5,-

Museum Guide

1997, 144 S., 223 Abb. DM 5,-

Guida del Museo

1997, 144 S., 223 Abb. DM 5,-

Deutsches Museum von A bis Z

Ein lustiger Bilderplan, für Kinder und Jugendliche

1992, DM 10,-

Museen der Welt:

Deutsches Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik

Hrsg. von Otto Mayr
1990, 160 S., 204 Abb., brosch. DM 19,80

Englische Ausgabe:

The Deutsches Museum

1990, 160 S., 204 Abb., brosch. DM 19,80

Das Deutsche Museum gilt als einzigartige Schatzkammer der Naturwissenschaft- und Technikgeschichte. Der reich bebilderte Band bietet einen Überblick über die Museumsgeschichte und die Schwerpunkte der Sammlungen.

Zweigmuseen

Flugwerft Schleißheim

Museum für Luft- und Raumfahrt. Ein Führer durch die Geschichte und die Sammlung der Flugwerft Schleißheim

1994, 144 S., 147 Abb., davon 61 in Farbe, brosch. DM 10,-

Deutsches Museum Bonn

(Katalog) Forschung und Technik in Deutschland seit 1945. Hrsg. von Peter Frieß und Peter M. Steiner
1995, 552 S., 122 farbige, 183 Sw.-Abb., 96 Farbtafeln. Ln. DM 98,-
Deutscher Kunstverlag GmbH, München ISBN 3-422-06159-2

Ausstellungsgestaltung

Texte in Ausstellungen

Hinweise und Anregungen für verständliche Formulierung und besucherfreundliche Gestaltung
Hrsg. von Alfons W. Biermann und dem Deutschen Museum
1995, 147 S., kart. DM 18,-

Abteilungsführer

Vorgeschichtliche Technik

BENZ-ZAUNER, MARGARETA / MÜLLER-BECK, HANSJÜRGEN / ZÜCHNER, CHRISTIAN

Altamira

Höhlenmalerei der Steinzeit
Hrsg. Deutsches Museum
1995, III S., 97 Abb. u. Grafiken, davon 13 in Farbe, kart. DM 15,-

Astronomie

SCHUSTER, BEATE
Neun Planeten und eine Sonne
Planetenweg vom Deutschen Museum zum Tierpark
1995, 20 S., 14 Abb., kart. DM 1,50

HARTL, G. / MÄRKER, K. / TEICHMANN, J. / WOLFSCHMIDT, G.
Planeten - Sterne - Welteninseln
Astronomie im Deutschen Museum
1993, 248 S., 129 Abb., brosch. DM 15,-; Ln. DM 19,95

1993, 248 S., 129 Abb., brosch. DM 15,-; Ln. DM 19,95

Eisenbahn

SCHLETZBAUM, LUDWIG
Eisenbahn
Technikgeschichte im Deutschen Museum
1990, 179 S., 166 z.T. farbige Abb., brosch. DM 14,-

Flugmodelltechnik

WEIDNER, MATTHÄUS
Flugmodelltechnik
Führer durch die Abteilung
1987, 200 S., 565 Abb., kart. DM 18,-

Glas

GLOCKER, WINFRID
Glastechnik
Technikgeschichte im Deutschen Museum
1992, 192 S., 213 Abb., brosch. DM 20,-

Informatik / Automatik

Informatik und Automatik
Führer durch die Ausstellung
Hrsg. von Karl Weinhart
1990, 216 S., 31 Abb., brosch. DM 10,- z. Zt. vergriffen

Kraftfahrzeuge

ECKERMANN, ERIK
Automobile
Technikgeschichte im Deutschen Museum
1989, 165 S., 180 teils farb. Abb., brosch. DM 14,-

Mikroelektronik

Mikroelektronik
Führer durch die Ausstellung
Hrsg. von Karl Weinhart
1992, 96 S., 16 Abb., brosch. DM 8,-

Physik

BRACHNER, A. / HARTL, G. / HLADKY, S.
Atom-, Kern-, Elementarteilchenphysik
Informationen zur Ausstellung
1987, 2. Aufl., 164 S., 88 Abb., kart. DM 15,- z. Zt. vergriffen

Musik

HENKEL, HUBERT
Die Musikinstrumentensammlung im Deutschen Museum
Herbst 1997

Sammlungskataloge

Wissenschaftliche Instrumente

G. F. Brander 1713 - 1783
Wissenschaftliche Instrumente aus seiner Werkstatt
von Alto Brachner, Reinhard Bachmann, Gerhard Hartl, Sylvia Hladky, Anita Kuisle, Max Seeberger, Otto Weber
1983, 395 S., 344 Abb., Ln. DM 30,-

Musikinstrumente

HENKEL, HUBERT
Besaitete Tasteninstrumente
Deutsches Museum - Katalog der Sammlungen
1995, 319 S., 151 Abb., kart. DM 150,-

SEIFERS, HEINRICH

Katalog der Blasinstrumente
1980, 157 S., mit Abb., kart. DM 2,-

Luftfahrt

Katalog der ballonhistorischen Sammlung Oberst v. Brug
Fluglust, Fluges Beginnen, Fluges Fortgang
Katalogbearbeitung:
Elske Neidhardt-Jensen und Ernst H. Berninger
1985, 289 S., 240 Abb., davon 29 in Farbe, Ln., DM 68,-

Bibliothekskataloge

Alphabetischer Katalog und Stichwortkatalog
Mikroficheausgabe. 2 Lfg.
Hrsg. Bibliothek des Deutschen Museums, München
1982, auf Fiches, DM 6800,-

FÜSSL, WILHELM / MAYRING, EVA A.

Eine Schatzkammer stellt sich vor
Das Archiv des Deutschen Museums zur Naturwissenschaft und Technik
1994, 24 S., 7 Abb., kart. DM 3,-

Schifffahrt

BROELMANN, JOBST / WESKI, TIMM
»Maria« HF 31
Seefischerei unter Segeln
1992, 192 S., 167 Abb., 35 Tab., brosch. DM 29,-

Modelltechnik

Die deutschen Motoren für Modelle
Hrsg. von Matthäus Weidner
1994, 214 S., 295 Abb., 5 Tab., kart. DM 18,-

FORSCHUNG

Wissenschaftliche Monographien zur Geschichte der Technik und Naturwissenschaft. Die Wissenschaftlichen Jahrbücher sind Aufsatzsammlungen.

Abhandlungen und Berichte

Neue Folge
Band 1:
FICHTNER, RICHARD
Die verborgene Geometrie in Raffaels »Schule von Athen«
1984, 107 S., 97 Abb., kart. DM 1,-

Band 6:
Wissenschaftliches Jahrbuch 1989
1989, 256 S., 140 Abb., Ppbd. DM 10,-

Band 7:
Wissenschaftliches Jahrbuch 1990
1990, 159 S., 64 Abb., Ppbd. DM 10,-

Band 8:
SCHÜTT, HANS WERNER
Eilhard Mitscherlich
Baumeister am Fundament der Chemie
1992, 200 S., 21 Abb., Ppbd. DM 28,-

Band 9:
SCHWARZ, PETER
Das Molybdänbergwerk Höllental 1907 - 1925
Ringen um einen seltenen Rohstoff
1992, 240 S., 104 Abb., Ppbd. DM 28,-

Band 10: (vergriffen)

Band 11:
WOLFSCHMIDT, GUDRUN
Milchstraße - Nebel - Galaxien
Strukturen im Kosmos von Herschel bis Hubble
1995, 186 S., 52 Abb., Ppbd. DM 35,-

Veröffentlichungen aus dem Archiv des Deutschen Museums

Band 1:
Katalog des wissenschaftlichen Nachlasses von Hermann Staudinger (1881 - 1965)
Bearb. von Stephan Diller, Wilhelm Füßl und Rudolf Heinrich
1995, 421 S., brosch. DM 42,-

Band 2:
KUPCIK, IVAN
MAPPÆ BAVARÆ
Thematische Karten von Bayern bis zum Jahre 1900
1995, 134 S., 80 teils farbige Abb., kart. DM 58,-

BILDUNG

TEICHMANN, JÜRGEN
Wandel des Weltbildes
Astronomie, Physik und Meßtechnik in der Kulturgeschichte
1996, Verlag Teubner - Deutsches Museum, 3. Aufl., 249 S., 116 Abb., DM 24,80

KLEMM, FRIEDRICH
Geschichte der Technik
Der Mensch und seine Erfindungen im Bereich des Abendlandes Sommer 1997, Verlag Teubner - Deutsches Museum.
4. Aufl., 204 S., 71 Abb.

Beiträge zur Technikgeschichte für die Aus- und Weiterbildung

Gefördert mit Mitteln des Bundesministers für Bildung und Wissenschaft

RATHJEN, WALTER
Luftverkehr
Geräte, Häfen, Gesellschaften, Post, Fracht, Passagiere
1990, 2. Aufl., 99 S., 104 Abb., kart. DM 7,50

STRASSL, HANS
Karosserie
Aufgaben, Entwurf, Gestaltung, Konstruktion, Herstellung
1984, 95 S., 121 Abb., kart. DM 7,50

HASEBRINK, JÜRGEN
Drucklufttechnik
Musik, Bergbau, Bauwesen, Verkehr, Produktion, Wehrtechnik
1984, 95 S., 104 Abb., kart. DM 7,50

ALLWANG, KARL
Werkzeugmaschinen
Bohren, Drehen, Fräsen
1989, 91 S., 70 Abb., kart. DM 7,50

KUISLE, ANITA
Brillen
Gläser, Fassungen, Herstellung
1990, 4. Aufl., 87 S., 128 Abb., kart. DM 7,50

BRACHNER, ALTO / ECKERT, MICHAEL / BLUM MARTINA / WOLFSCHMIDT, GUDRUN
Röntgenstrahlen
Entdeckung, Wirkung, Anwendung
1995, 112 S., 60 Abb., kart. DM 9,-

BRACHNER, ALTO
Von Ellen und Füßen zur Atomuhr
Geschichte der Meßtechnik
1996, 80 S., 63 Abb., kart. DM 9,-

BROELMANN, JOBST
Schiffbau
Handwerk, Baukunst, Wissenschaft, Technik
1996, 2. Aufl., 112 S., 103 Abb., kart. DM 9,-

FUCHTMANN, ENGELBERT
Stahlbrückenbau
Bogenbrücke, Balkenbrücke, Fachwerkbrücke, Hängebrücke
1996, 2. überarb. Aufl., 109 S., 105 Abb., kart. DM 9,-

ECKOLDT, CARL
Kraftmaschinen I
Muskelkraft, Windkraft, Wasserkraft, Dampfkraft
1996, 5. Aufl., 96 S., 85 Abb., kart. DM 9,-

MAUEL, KURT
Kraftmaschinen II
Heißluft, Gas, Benzin, Diesel
1996, 2. Aufl., 91 S., 86 Abb., kart. DM 9,-

TEICHMANN, JÜRGEN
Elektrizität
Elektrostatik, galvanische Elemente, Elektromagnetismus, Mathematik und Atomismus, Elektron und Röntgenstrahlen
1996, 3. überarb. Aufl., 80 S., 64 Abb., kart. DM 9,-

Neuauflagen (voraussichtlich Herbst 1997)

JASCHKE, BRIGITTE
Glasherstellung
Produkte, Technik, Organisation, Wissenschaft
2. Aufl., 111 S., 105 Abb., kart.

BERR, FRANZ / PRICHA, WILLIBALD
Atommodelle
Atomismus und Elementenlehre, Gastheorie, Strukturmodelle, Kernphysik, Elementarteilchen
2. Aufl., 102 S., 81 Abb., kart.

BLUMTRITT, OSKAR
Nachrichtentechnik
Sender, Empfänger, Übertragung, Vermittlung
2. Aufl., 102 S., 81 Abb., kart.

BRACHNER, ALTO
Brillen
Gläser, Fassungen, Herstellung
5. Aufl., 87 S., 128 Abb., kart.

Modelle und Rekonstruktionen

HOFFMANN, ALBRECHT
Das Stereoskop
Geschichte der Stereoskopie
1990, 44 S., 11 Pläne, kart. DM 9,-

BOHNSACK, ALMUT
Der Jacquard-Webstuhl
1994, 66 S., 20 Pläne, kart. DM 9,-

EISENBLÄTTER, TH. / HÄUSER, K.
Die Rennspindel
1994, 41 S., 7 Pläne, kart. DM 9,-

ABELE, JOHANNES
Die Lichtbogenlampe
1995, 41 S., 13 Pläne, kart. DM 9,-

WARDERMANN, WINFRIED
Der Page-Motor
1995, 39 S., 15 Pläne, kart. DM 9,-

DIENEL, H.-L. / MEIGHÖRNER, W.
Der Tretradkran
1995, 39 S., 20 Pläne, kart. DM 9,-

POLL, HELMUTH
Der Edisonzähler
1995, 65 S., 13 Pläne, kart. DM 9,-

HÄUSER, KURT
Die Meßschraube
1996, 33 S., 11 Pläne, kart. DM 9,-

ABELE, J. / MENER, G.
Der Tesla-Motor
1996, 39 S., 13 Pläne, kart. DM 9,-

MATTHES, MICHAEL
Die Feilenhaumaschine
1996, 45 S., 25 Pläne, kart. DM 9,-

SCHREIER, WOLFGANG
Die Entstehung der Funktechnik
1996, 36 S., 17 Pläne, kart. DM 9,-

EISENBLÄTTER, TH. / TEICHMANN, J.
Was nützen historische Modelle und Rekonstruktionen
1996, 61 S., kart. DM 9,-

Bezugsbedingungen

Die aufgeführten Veröffentlichungen sind in der Regel nur im Museumsladen im Deutschen Museum erhältlich. Diese Liste enthält die ab Januar 1997 gültigen Preise. Bei Rechnungsbeträgen unter DM 10,- wird eine Bearbeitungsgebühr (ausgenommen Ausstellungsführer) von DM 5,- zuzüglich Versandkosten berechnet. Die Ware bleibt bis zur Bezahlung, gemäß § 455 BGB, unser Eigentum. Sendungen in das Ausland erfolgen nur gegen Vorauszahlung.

Bitte richten Sie Ihre Bestellung an den *Museumsladen im Deutschen Museum*
D-80306 München
Telefon (089) 2999 31
Telefax (089) 2904694
E-Mail:
101 753-34 22 Compu-serve

Juli · August · September 1997

Sonderausstellungen

- bis 31. Dez. »Klebstoff verbindet ...«
Industrieverband Klebstoffe e. V.
- bis 20. August Innovationspreis BASF »Die neue Dimension
Ein Fungizid nach dem Vorbild der Natur«
- Flugwerft Schleißheim**
Effnerstraße 18, D-85764 Oberschleißheim, Tel. (089) 31 57 14-0
6. Juli 7. Internationaler Papierflieger-Wettbewerb
Veranstalter: Origami-München e. V. – René Lucio
- bis 30. Sept. Sonderausstellung »Paul Klee. Und ich flog«
Themen: Stationen in seinem Leben und Werk –
Militärische Luftfahrt im Ersten Weltkrieg –
Klee als Soldat – Klee und die Luftfahrt –
Klee und das Deutsche Museum
6. Juli 14 Uhr **Rahmenprogramm zur Klee-Ausstellung**
»Tarnen, Täuschen, Verschwinden. Tarnung durch Farbe«
Workshop –
Museumspädagogische Abteilung, Deutsches Museum
13. Juli 14 Uhr »Einst dem Grau der Nacht enttaucht –
Wie Klee Gedichte sichtbar macht«
Workshop –
Museumspädagogische Abteilung, Deutsches Museum
20. Juli 14 Uhr »Die Zwitschermaschine Paul Klees«
Filmvorführung mit Kommentar
Prof. Laszlo Glozer, München
27. Juli 14 Uhr »Paul Klee und Gersthofen«
Dia-Vortrag – Wilfried Wurtinger, Gersthofen
Änderungen vorbehalten, Auskunft: Tel. (089) 31 57 14 0
In loser Folge werden Führungen durch die Klee-Ausstellung angeboten.
Bei großer Nachfrage wird das Rahmenprogramm im August und
September wiederholt.
Bitte erkundigen Sie sich unter der obigen Telefonnummer.

Kolloquiumsvorträge

- 16.30 Uhr, Filmsaal Bibliotheksbau, freier Eintritt
7. Juli Im Wettlauf mit Siemens.
Die Entwicklung von numerischen
Steuerungen für den DDR-Werkzeugmaschinenbau
Prof. Dr. Jörg H. Roeseler, Toronto, zur Zeit Berlin
21. Juli »Postmoderne Physik?«
Prof. Dr. Cathryn Carson, Berkeley

Münchner Volkshochschule im Deutschen Museum

- Sonntag Attraktionen im Museum
11 Uhr Führung zu besonders interessanten Exponaten
DM 10,- zuzüglich ermäßigter Eintritt / Keine Einschreibung
Information: Tel. 4 80 06-2 30 · Fax: 4 48 29 39

Museumswerkstatt – Mitmachprogramm
für Kinder und Eltern / Großeltern

Teilnehmerinnen der MVHS-Programme erhalten ermäßigten Eintritt /
Einschreibung erforderlich (Treffpunkt immer Kassenhalle)

28. Sept. Paul Klee und die Fliegerei
14 - 17 Uhr in der Flugwerft Schleißheim
in Oberschleißheim, Effnerstraße 18
Origamiwerkstatt – René Lucio

Deutsches Museum

Museumsinsel 1, D-80538 München, Telefon (089) 21 79-1

Anzeige

PARLAMENTSSITZ

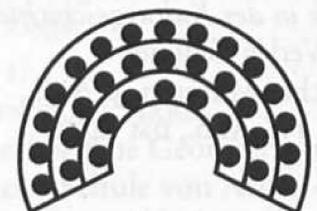
Mit diesen 120 Mark helfen Sie, etwas gegen die zunehmende
soziale Ausgrenzung zu tun: 145 000 Menschen leben auch in
München unterhalb der Armutsgrenze, über 60 000 haben keine
Arbeit, mehr als 6 700 sind obdachlos –Tendenz steigend.

Engagieren Sie sich im
Münchener Spendenparlament!

Für 120 Mark Mitgliedsbeitrag im Jahr erwerben Sie darin Sitz
und Stimme. Das heißt: Sie überweisen nicht nur anonym Ihr
Geld, sondern stimmen in öffentlichen Versammlungen demo-
kratisch mit darüber ab, welche innovativen sozialen Projekte
gegen Armut, Einsamkeit und Obdachlosigkeit
in München unterstützt und gefördert werden sollen.

Infotelefon: Münchener Spendenparlament 089/126991-0

SCHON AB 120,- DM



MÜNCHENER
SPENDEN-
PARLAMENT

Gegen Armut

INTIMKONTAKT ZUR WASCHMASCHINE

Oder: Die Datenautobahn im Eigenheim

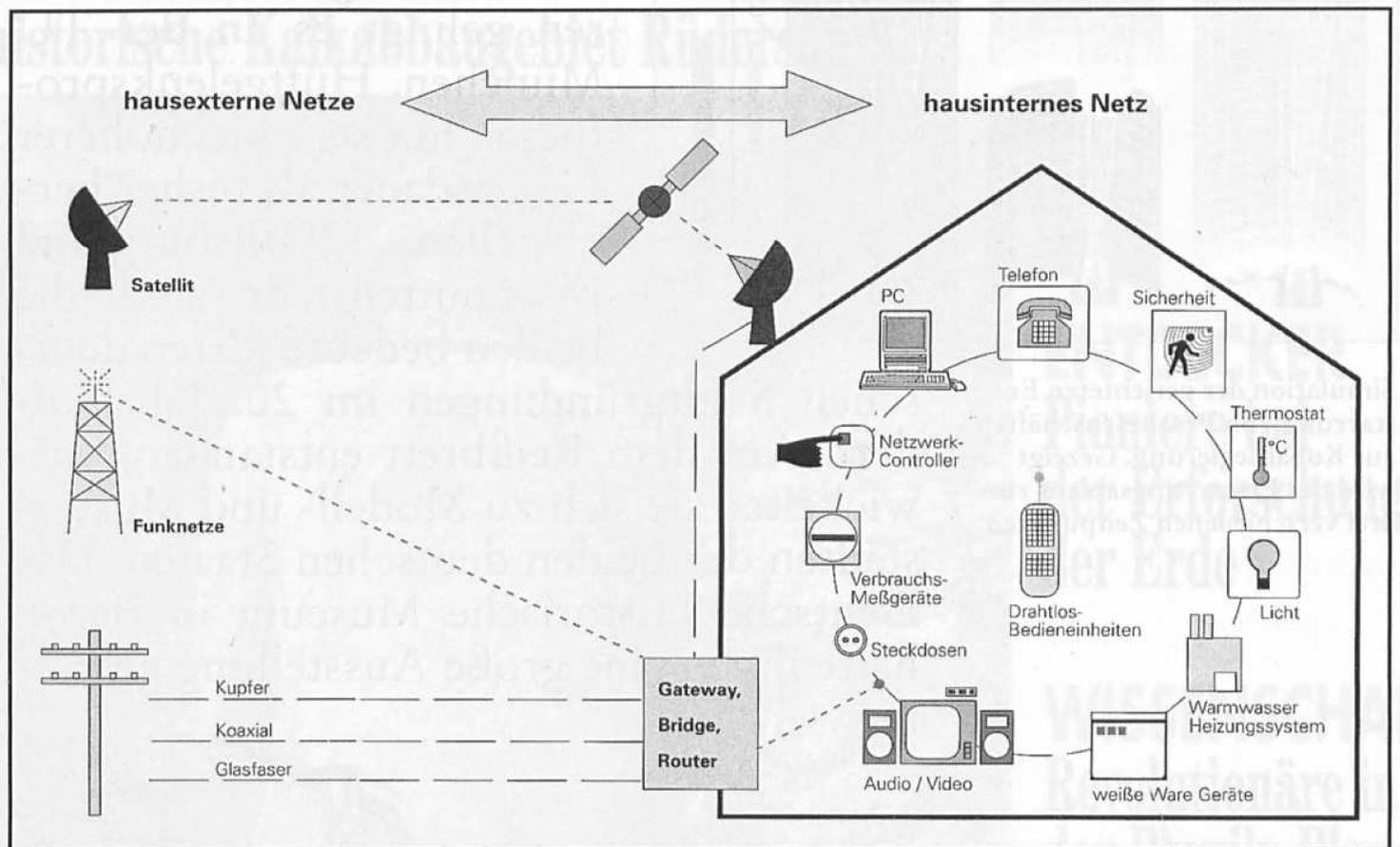
VON DIETER BEISEL

Perfektionsphantasien scheinen unausrottbar in der Natur des Menschen angelegt zu sein. Je perfektere Techniken zur Verfügung stehen, um so subtiler werden die Vorschläge, Menschen von irdischer Schwerkraft zu befreien. Da gibt es vollautomatische Küchen mit chippgesteuerter Rezeptur und „intelligente Häuser“, die ihre Bewohner von jeglichem, früher gewohntem Nachdenken befreien.

Daß Technik das Alltagsleben erleichtert, steht außer Frage. Es ist einfacher, sich eine verpönte Zigarette mit einem Feuerzeug anzuzünden als ein Feuer zu entfachen, dem ein einseitig glühender Ast entnommen werden muß; es ist einfacher, die Wäsche in eine Waschmaschine zu stecken als zum Fluß zu laufen und sie zu walken (wie Umfragen ergeben, kennen die virtuellen Kids Worte wie Walken oder gar Workeln, ganz zu Recht, überhaupt nicht mehr).

Ende der 60er Jahre schon, und keineswegs erst heute, gab es Ausstellungen, die mir suggerierten, ich könne nahezu von Haus zu Haus mit einer individuell programmierbaren Kabinenbahn fahren – anstatt mein Auto oder gar meine Beine zu benutzen. Etwa um die gleiche Zeit, oder vielleicht Anfang der 70er Jahre, kamen die vollautomatischen Küchen auf, unter anderen gestylt von Collani. Doch damals konnte das per Knopfdruck gewählte Rezept noch nicht die Zufuhr von Salz, Pfeffer oder Knoblauch steuern. Eine sehr unvollkommene Sache.

Das heutige virtuelle Kochen kennt solche Unvollkom-



So mancher träumt von der interaktiven Cyber-Villa, die jeden Wunsch erfüllt und per Fernbedienung steuerbar ist. Das ist der Schritt zum rein virtuellen Wohnen nicht mehr weit.

menheiten nicht und wirkt daher geschmacksbildend im öffentlichen Diskurs. Irgendwie aber erinnere ich mich auch an die unvirtuellen Düfte in den Küchen meiner Kindheit, besonders intensiv zu Zeiten der alljährlichen Weihnachtsbäckerei.

Angekommen bei diesen Gedanken, trifft es sich fast zufällig, daß mir die *Fraunhofer-Gesellschaft* unter dem von zukünftigen Intelligenzen zeugenden Titel „Das intelligente Haus“ schreibt: „Die Datenautobahnen, die die Welt zum globalen Dorf vernetzen, ziehen bald auch kreuz und quer durchs Eigenheim: Wenn wir mit der ganzen Welt kommunizieren, warum auch nicht mit der Waschmaschine im Keller und der Solaranlage auf dem Dach? Denn das Haus der Zukunft denkt mit: Es schließt bei Gewitter die Fenster und

schaltet die Lichter aus, wenn wir das Haus verlassen. Und wenn die Bewohner schlafen, dann wacht der elektronische Butler und regiert das Reich der künstlichen Dienstboten.“

Als Student, der nachts im Heidelberger *Cave* gerne Jazz hörte und am nächsten Morgen Vorlesungen zu hören hatte, konstruierte ich mir zu Zeiten, als es im Kaufhaus noch keine Radiowecker zu kaufen gab, eine Weckvorrichtung: Sobald der Wecker läutete, begann mein Radio – wahlweise auch der Plattenspieler – Musik zu spielen; eine Einzelherdplatte, die auf einer Kommode mit Marmorplatte stand, schaltete sich an, so daß ein abends zuvor mit Wasser gefüllter Kessel erhitzt wurde, auf dessen Schnabelende eine Pfeife aufgesetzt war, die laut zu schrillen begann, wenn das Wasser kochte. Das hatte auch

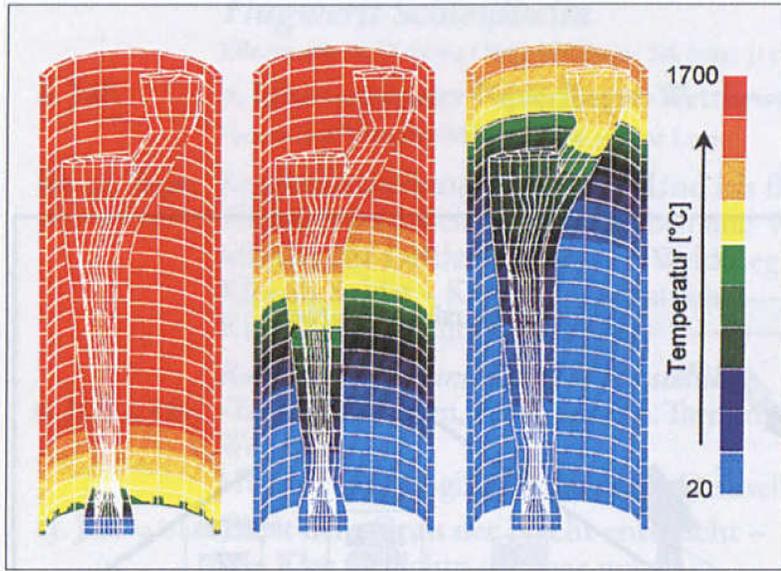
den Vorteil, daß sofort Kaffee aufgegossen werden konnte.

Der Stromkreis für die Geräte wurde von einem Wecker geschlossen. Bei Weckern, die aufgezogen werden, dreht sich der Aufziehknopf, wenn das Läutewerk rasselt. Statt des Läuteknopfs montierte ich ein Rad, auf das sich beim Läuten eine Schnur aufspulte, an deren Ende ein kleines Holzplättchen angebracht war. Es trennte zwei Blattfedern, die als stromführende und als Minusphase dienten, so daß der Stromkreis für den Betrieb der Geräte geschlossen wurde, wenn sich die Schnur beim Läuten des Weckers aufspulte und dadurch das Holzplättchen zwischen den Federn herausgezogen wurde.

Was ich sagen wollte? Niemand soll Mangel leiden, doch nur wer den Mangel kennt, kennt Phantasie. □

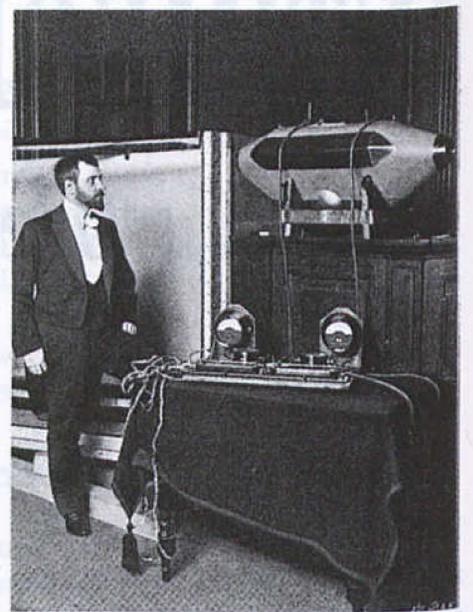
Abb.: aus: Der Fraunhofer 1/1997, S. 4-5

Ende des 19. Jahrhunderts waren die Polarregionen die letzten unerschlossenen Gebiete der Erde. Förderung von Wissenschaft und Technik waren Argumente, Vorstöße und Expeditionen vom Ruch des Abenteuerertums und der Utopie zu befreien. □ Mit Werkstoffforschung und neuartigen Gußverfahren gelingt es an der TU München, Hüftgelenksprothesen mit sehr viel höherer Lebensdauer als bisher herzustellen. □ Wolfsburg und Eisenhüttenstadt sind die beiden bedeutendsten deut-



Simulation der gerichteten Erstarrung von Prothesenschäften aus Kobaltlegierung. Gezeigt wird der Erstarrungsablauf zu drei verschiedenen Zeitpunkten.

schen Stadtgründungen im 20. Jahrhundert. Auf dem Reißbrett entstanden, entwickelten sie sich zu Modell- und Musterstädten der beiden deutschen Staaten. Das Deutsche Historische Museum in Berlin hatte ihnen eine große Ausstellung gewidmet. □



Hermann Anschütz-Kämpfe mit seinem Modell eines Unterseebootes zur Erreichung des Nordpols. Nach einer Fotografie von F. Ritter von Staudenheim.



Arbeiterpaläste in der sozialistischen Stadtneugründung Stalinstadt in der Fürstenberger Region, wo – angeblich – „einst nur Sand und Kiefern waren“.

IMPRESSUM

Kultur & Technik
Zeitschrift des Deutschen Museums

21. Jahrgang

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

Redaktion: Dieter Beisel (verantwortlich), Peter Kunze (Deutsches Museum) Dr. Ernst-Peter Wieckenberg (Verlag C. H. Beck). Redaktionsassistentin: Angelika Schneider. Redaktionsanschrift: Wilhelmstraße 9, D-80801 München, Postfach 400340, D-80703 München. Telefon: (089) 38189-331 oder -414. Telefax: (089) 38189-624.

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

Telefax: (089) 38189-398, Postgirokonto: München 6229-802.

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

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

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

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

Anzeigen: Fritz Lebherz (verantwortlich), Verlag C. H. Beck, Anzeigen-Abteilung, Wilhelmstraße 9, D-80801 München. Postanschrift: Postfach 400340, D 80703 München; Telefon: (089) 38189-602, Telefax: (089) 38189-599. – Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 13. Anzeigenschluß: 6 Wochen vor Erscheinen.

Satz: Belprint, Occamstraße 3, D-80802 Mün-

chen. Tel. (089) 333750, Telefax: (089) 349564, ISDN Mac (089) 34029704.

Repro: Scanlith GmbH, Lörenskogstraße 3 (am neuen Rathaus), D-85748 Garching.

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

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

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

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

Für Mitglieder der Georg Agricola-Gesellschaft zur Förderung der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik e.V. ist der Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag ent-

halten. Informationen bei der GAG-Geschäftsstelle: Am Bergbaumuseum 28, D-44791 Bochum, Telefon (0234) 5877140.

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

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

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

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

ISSN 0344-5690



Abb.: Institut für Werkstoffe und Verarbeitung der TU München (l.); Deutsches Museum (o.); Stadthaus Eisenhüttenstadt (u.)