

B 9797

ZB 736

Kultur & Technik

Zeitschrift des Deutschen Museums

Verlag C.H.Beck, München

3/1999

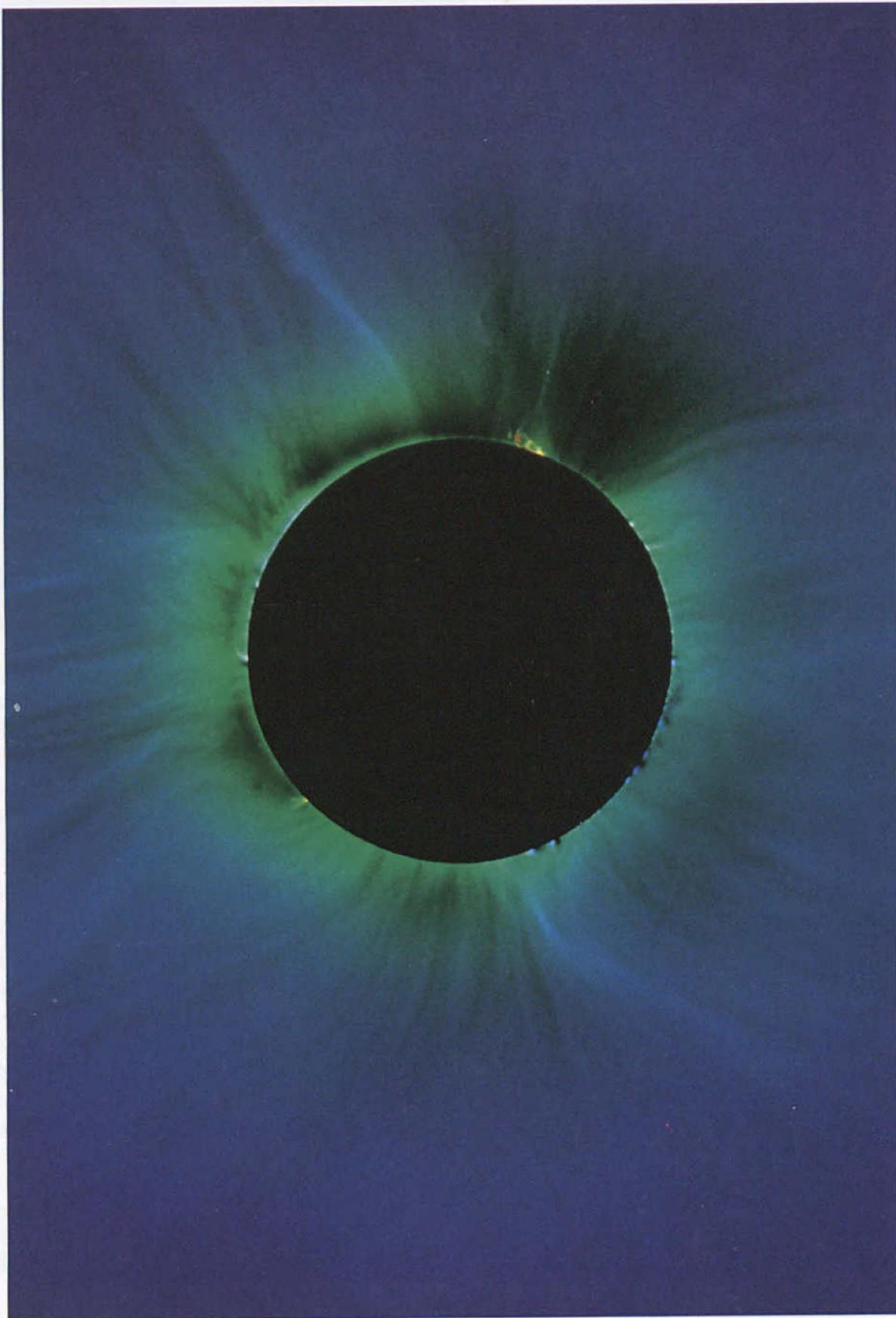
DIE SONNE

Sonnenforschung
in Deutschland

Sonnenfinsternis
am 11.8.1999

Die Sonne
in der Kunst

Heliostat und
Sonnenteleskop
im Deutschen
Museum



**DEUTSCHES
MUSEUM**
Der Sonnen-
uhrengarten

ESSAY
Naturzeit –
Kulturzeit

LUFTFAHRT
Die treibende Kraft



BMW Mobile Tradition.



Willkommen in unserer Welt. BMW – das sind nicht nur die faszinierenden Automobile und Motorräder unserer Zeit. Das ist auch eine lange, spannende Geschichte technischer Pionierleistungen, die vor über 80 Jahren im Münchner Norden begann. Legendäre Flugzeugmotoren, berühmte Rennwagen und eindrucksvolle Rekorde gehören dazu ebenso wie kühne Designstudien und Experimente mit Zukunftstechnologien. Im BMW Museum können Sie das alles erleben – live, multimedial und aus erster Hand. Es ist die Begegnung mit einer Welt, in der sich fast ein ganzes Jahrhundert spiegelt. Einfach sehenswert!

BMW Museum
Petuelring 130
80788 München
am Olympiapark
Tel. 0 89/3 82-2 33 07
täglich 9–17 Uhr geöffnet
Einlaß bis 16 Uhr

U3 Haltestelle
Olympiapark

BMW Museum.



Freude am Fahren

INHALT

ZUM TITELBILD: SONNENFINSTERNIS AM 31. JULI 1981; FOTO: S. KOUTCHMY, INSTITUT ASTROPHYSIQUE, CNRS, PARIS.

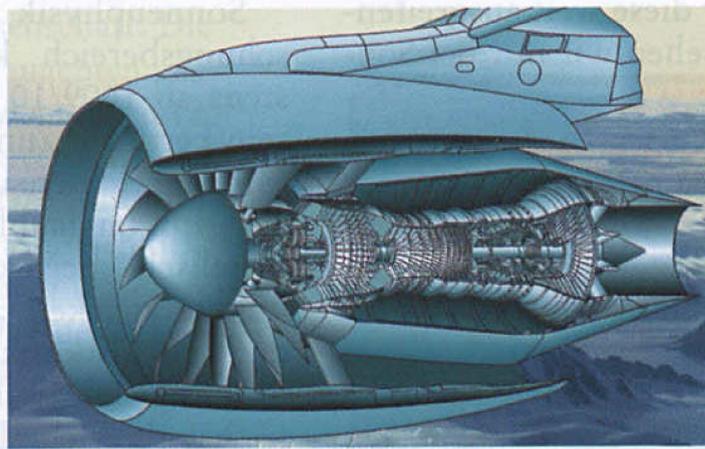
EDITORIAL 4	ZEIT-GEIST 44
Die Sonne, unser nächster Stern <i>Jürgen Teichmann</i>	Naturzeit – Kulturzeit <i>Peter Janich</i>
Das Deutsche Museum und die Sonnenfinsternis	Fragen nach dem Charakter und dem Inhalt von Zeit
KULTUR & TECHNIK RUNDSCHAU 6	LUFTFAHRT 51
Nachrichten zu technischer Kultur <i>Christiane und Hans-Liudger Dienel</i>	Die treibende Kraft <i>Ingo Petermann</i>
	Triebwerk-Ausstellung in der Flugwerft Schleißheim
DIE SONNE FORSCHUNG 10	DR. PROFS TECHNODROM 54
Der Stern, von dem wir leben <i>Wolfgang Mattig</i>	Diesmal: Dr. Profs Heliodrom
Sonnenforschung in Deutschland	Die Sonne, Kraftwerk für die Erde
DIE SONNE FINSTERNIS 18	DEUTSCHES MUSEUM BONN 56
Wenn uns der Mond die Sonne nimmt <i>Gerhard Hartl</i>	Feste in der Museumsmeile <i>Alexandra Bora</i>
Die Totale Sonnenfinsternis am 11. August 1999	Die enge Zusammenarbeit von fünf Bonner Museen
DIE SONNE INTERNET 25	GEDENKTAGE TECHNISCHER KULTUR 58
Surfen mit und ohne Sonne <i>Gerhard Hartl</i>	Daten zur Technikgeschichte <i>Sigfrid von Weiher</i>
Empfehlenswerte Webseiten zur Sonnenfinsternis	
DIE SONNE KUNST 26	KULTUR UND TECHNIK RÄTSEL 61
„Ach, wie schön ist dieses Gelb!“ <i>Cornelia Kemp</i>	Was wir schon immer wissen wollten
Die Sonne in der bildenden Kunst	Fragen zu den wichtigsten Dingen des Lebens
DIE SONNE MERKWÜRDIG 32	DEUTSCHES MUSEUM 62
Winkeldrucker, Wunderzeichen <i>Ernst H. Berninger</i>	Nachrichten und Veranstaltungen <i>Andrea Lucas</i>
Himmelserscheinungen auf frühen Einblattdrucken	
DIE SONNE DEUTSCHES MUSEUM 34	SCHLUSSPUNKT 65
Die Treppe zur Sonne <i>Rolf Jurk</i>	Der Weltraumfriedhofs-Orbit <i>D.B.</i>
Sonnenteleskop und Heliostat im Deutschen Museum	Hilfreiche Tricks gegen feindliche Sternpopulationen
DIE SONNE LITERATUR 37	VORSCHAU / IMPRESSUM 66
Wenn die Sonne schwarz wird <i>Thomas Gill</i>	
Bücher zur Sonnenfinsternis	
ZEITMESSUNG 38	
Wer macht die Zeit? <i>Hartmut Petzold</i>	
Der Sonnenuhrgarten im Deutschen Museum	

SONNENFINSTERNIS

Am 11. August dieses Jahres wird es am helllichten Tag für kurze Zeit dunkel sein: Auch in München ist das Jahrhundert-Ereignis einer Totalen Sonnenfinsternis zu sehen. Das Deutsche Museum hat sich gut darauf vorbereitet. **SEITE 18**



ZEITMESSUNG Der Sonnenuhrgarten im Deutschen Museum zeigt Uhren von höchster Raffinesse. Hier wird Zeit greif- und daher begreifbar. **SEITE 38**



LUFTFAHRT Anlässlich des 30. Geburtstags der MTU München zeigt die Flugwerft Schleißheim eine Ausstellung über die Geschichte des Baus von Triebwerken. Im Bild das Modell eines Triebwerks, das trotz höheren Schubs weniger Treibstoff als bislang verbrauchen soll. **SEITE 51**

DIE SONNE, UNSER NÄCHSTER STERN

Das Deutsche Museum und die Jahrhundert-Sonnenfinsternis

Aus Anlaß der Sonnenfinsternis am 11. August 1999, die für Süddeutschland ein Jahrhundertereignis ist, ist dieses Heft von *Kultur & Technik* dem Thema Sonne gewidmet. Außerdem hat das Deutsche Museum ein farbiges Heft in der Reihe „Wissen Vertiefen“ herausgegeben, das sich mit der Sonne beschäftigt. Und was sich sonst noch um das aktuelle Thema Sonne dreht und was das Deutsche Museum seinen Besuchern dazu anbietet: Sie lesen es in dieser Ausgabe von *Kultur & Technik*.

Die Sonne ist ein faszinierender Himmelskörper – eigentlich noch faszinierender als unsere Erde. Sie ist – in unserem alltäglichen Sinn – gar kein Körper, sondern ein Gasball. Ball ist auch nicht das richtige Wort – er hat gar keine exakten Grenzen. Das heiße Gas strömt, schießt, explodiert weit in das Weltall hinaus, sehr unregelmäßig, immer dünner und dabei doch heißer werdend, bis zu Millionen Grad. Aber diese weit ausgreifende Gaskorona sehen wir nur bei Sonnenfinsternissen.

Sonnenfinsternisse vorherzusagen, gelang schon in der babylonischen Astronomie. Manche Wissenschaftshistoriker sind der Ansicht, die erste Naturwissenschaft, die Astronomie, entstand in der Tat in Babylon und nicht erst bei den Griechen ab dem 4. Jahrhundert vor Christus. Sicher ist, daß die babylonische Astronomie noch bis in das 2. Jahrhundert vor Christus den Lauf der Gestirne genauer berechnen konnte als die griechische.

Die Sonne spielte natürlich in allen frühen Hochkulturen eine dominante Rolle, als Zeitregulator beziehungsweise als Licht- und Wärmespender meist göttlich verehrt. Es gibt keine frühe Hochkultur in nördlicheren Breiten, die Sonnenenergie war eben wesentlich! Die ägyptische Kultur hat uns den besten Sonnenkalender gelie-

fert (die amerikanischen Hochkulturen waren aber wohl nicht schlechter), der über Julius Caesar als Julianischer Kalender mit Schalttagen etc. in unsere Moderne übergang. Und sie hat uns die ersten großen Kunstwerke überliefert, die die Sonne zentral darstellen – über ihren „ketzerischen“ Verehrer, den Pharao Amenophis IV. im 14. Jahrhundert vor Christus, der sich selbst Echnaton („nützlich der Tagessonne Aton“) nannte.

Aus Griechenland (aus dem 7. Jahrzehnt vor Christus) kennen wir den ersten Computer der Geschichte: natürlich ein mechanischer, kein elektronischer. Er war ein unglaublich komplexes Räderwerk, erst die Uhren der Renaissance ab 1400 – um 1300 war die Räderuhr mit Gewichtsantrieb erfunden worden – waren wieder aus lauter Zahnrädern zusammengesetzt. Es ist ein Analog-Computer zur Berechnung von Sonnen- und Mondbahn. Eine Rekonstruktion gibt es in der Ausstellung Astronomie des Deutschen Museums (Bereich Sonne).

Sonnenphysik als eigenen Forschungsbereich können wir frühestens ab 1609/10 datieren, als Galilei sein Fernrohr zum ersten Mal auf den Himmel richtete und unter anderem – ein ganz unglaublicher Makel am aristotelisch perfekten Firmament – dunkle Flecken auf der Sonne entdeckte. Mitkonkurrenten der Entdeckung haben sie deshalb auch zunächst als Kleinplaneten vor der Sonne wegdiskutieren wollen. Nicht so Galilei natürlich!

Heute wissen wir viel mehr darüber, zum Beispiel daß die Sonnenflecken nicht dunkel sind, im Gegenteil nur etwas weniger heiß als die Umgebung und noch ungeheuer strahlend – es scheint uns nur anders. Schon wieder eine Frage der Optik (das heißt eigentlich unseres Sehvorgangs). Wir wissen, daß die Sonnenflecken Zentren riesiger Magnetfelder sind.

Wir kennen auch Zeugen aus dem tiefsten Inneren der Sonne, in dem das

Kernfusionskraftwerk – bei 15 Millionen Grad Hitze – operiert. Es sind die rätselhaften Neutrinos, von denen eine Handvoll auf ihrem Weg bis zur und durch die Erde einzufangen aller- teuerste Großforschung verlangt.

Die Sonne ist der einzige Stern unter den mehreren 100 Milliarden unserer Milchstraße (und gar den Aber-Billionen des Kosmos), den wir wissenschaftlich recht detailliert erforschen können, weil er uns so nahe ist. Er liegt, als Modellstern für viele andere, sozusagen auf dem Labortisch.

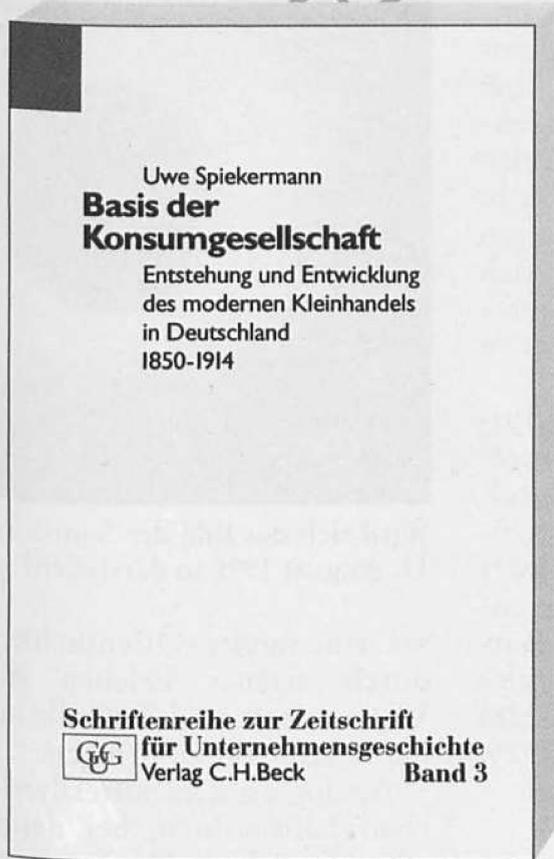
Und selbst Sonnenfinsternisse muß man nicht mehr wissenschaftlich sehnlichst erwarten (wie das noch 1919 war, als man die von Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie vorhergesagte Krümmung der Lichtstrahlen von Fixsternen am Rande der schweren Sonne nachwies). Sie können in jedem Sonnenteleskop, insbesondere auch auf den aktuellen Sonnensatelliten künstlich durch Ablendung der Sonnenscheibe erzeugt werden.

In der Geschichte der Kunst spielten Sonnenfinsternisse eine geringe Rolle – mitunter zum Beispiel bei der Darstellung von Christi Tod, wie die Bibel als Vorlage berichtete. In der abendländischen Kunst „malte“ der Künstler vor allem mit dem Sonnenlicht, bis hin zu den sonnendurchfluteten Landschaften eines Vincent van Gogh. Aber auch die Symbolrolle der Sonne, die es noch in der europäischen Neuzeit gab (etwa beim „Sonnenkönig“ Ludwig XIV.), war Anregung für künstlerische Gestaltung.

Aus dem Heft *Die Sonne, unser nächster Stern* (Deutsches Museum, 44 Seiten, 54 zum großen Teil farbige Abbildungen, DM 10,-) macht das Kapitel „Die Sonne in der Kunst“ Appetit auf weiteres Lesen und Lernen über diesen uns so nahen – und doch so fernen – Fixstern; siehe Seite 26.

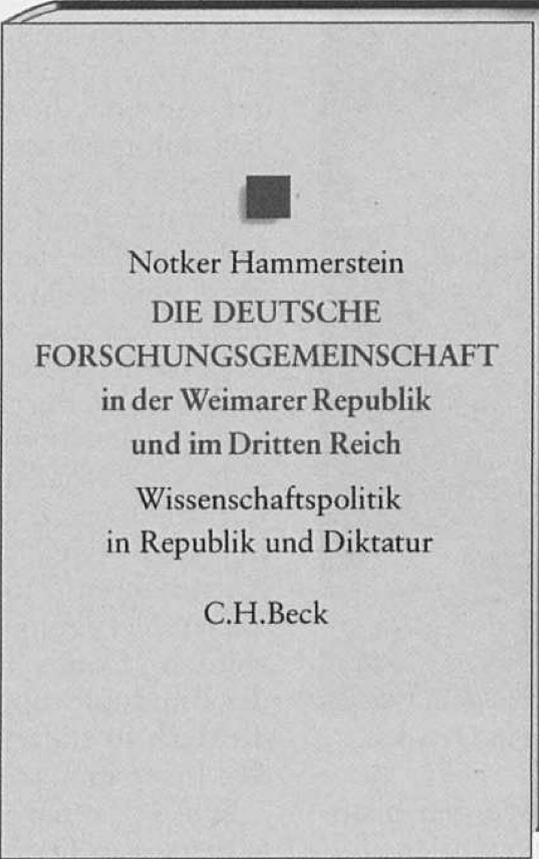
Und genau das haben wir uns vorgenommen: entweder Sie der Sonne – oder die Sonne Ihnen näherzubringen.

Jürgen Teichmann



1999. 786 Seiten mit 107 Abbildungen und 167 Tabellen. Broschiert DM 198,-
Band 3 der Schriftenreihe

Ohne Konsum keine Industriegesellschaft – ohne Einzelhandel keine Industrialisierung. Diesen einfachen Zusammenhang rückt die vorliegende Gesamtdarstellung der Geschichte des Einzelhandels im 19. Jahrhundert erstmals systematisch in den Mittelpunkt historischer Analyse. Vor dem Hintergrund eines tiefgreifenden Wandels von Zahl, Form und Betrieb erweist sich der Handelssektor als Vorreiter moderner Dienstleistungen, als unverzichtbare Basis der entstehenden Konsumgesellschaft.



1999. 582 Seiten mit 52 Abbildungen.
 Leinen DM 98,-

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft, gegründet unmittelbar nach dem Ersten Weltkrieg, erwies sich in der Weimarer Republik als eine unentbehrliche Einrichtung zur Förderung der Wissenschaft. Die Nationalsozialisten machten aus der DFG eine der wichtigsten Einrichtungen ihrer Universitäts- und Forschungspolitik. Der Autor stellt nicht nur diese Wandlungen der DFG dar, er bietet erstmals eine allgemeine Geschichte der NS-Wissenschaftspolitik.

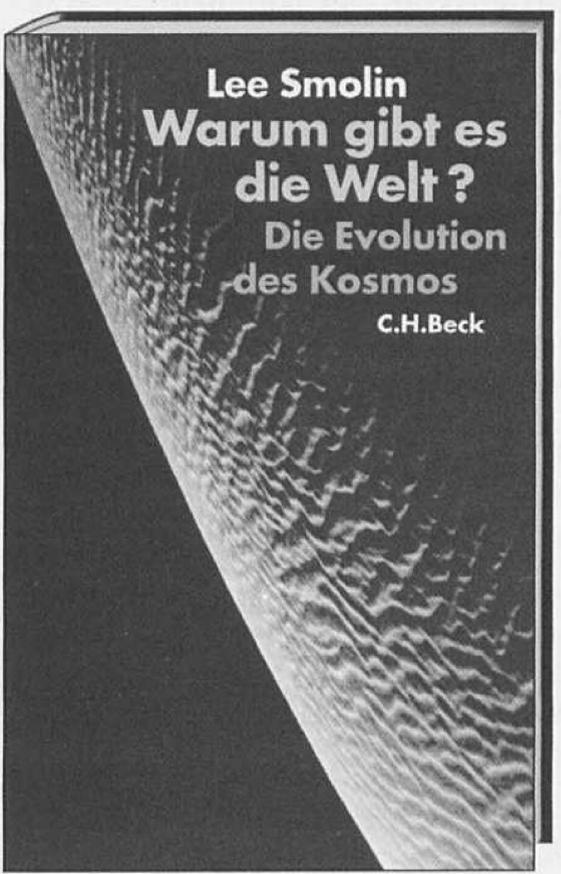
Ist es denkbar, daß nicht nur das Leben, sondern unser ganzes Universum das Resultat eines evolutionären Vorganges ist? Warum ist überhaupt etwas – und nicht nichts? Lee Smolin erklärt in seinem Buch nicht nur, wie unser Kosmos entstanden sein könnte, sondern vor allem, warum er so ist, wie er ist.

1999. 428 Seiten mit 4 Abbildungen.
 Gebunden DM 58,-



1999. 480 Seiten mit 20 Schaubildern und 49 Abbildungen. Leinen DM 68,-

Die Fraunhofer-Gesellschaft mit ihren rund 50 Instituten gilt als eine überaus flexible und hocheffiziente Forschungseinrichtung. Das Buch stellt im ersten Teil die Entwicklung der 1949 gegründeten Gesellschaft im Kontext der deutschen Nachkriegsgeschichte dar. Der zweite Teil untersucht ihre Organisation, ihre Entscheidungsprozesse und ihre wissenschaftlichen Leistungen.



VERLAG C.H.BECK

BASF

VON CHRISTIANE UND HANS-LIUDGER DIENEL



Geplante gläserne Endmontage von VW-Autos mitten in Dresden.

DIE GLÄSERNE AUTO-FABRIK IN DRESDEN

Saubere Stadtautos will der Volkswagen-Konzern in einer Art Schaufenster mitten in Dresden und vor den Augen der Stadtöffentlichkeit endfertigen lassen. Selbstabholer sollen ab 2000 ihren Wagen im gläsernen Schauturm wählen können. Die geplante „gläserne Manufaktur“ in Dresden korrespondiert mit einem ähnlichen Projekt, das in Wolfsburg rechtzeitig zur Expo 2000 eröffnen soll: die „Autostadt Volkswagen AG“. Auf einer Fläche von 25 Hektar und vor der Kulisse des alten Werks soll eine neue Autowelt aus Schautürmen und Kundencentern, einem Automuseum und Kongressräumen und anderen informativen und absatzfördernden Komponenten entstehen und von einer Garten- und Wasserlandschaft umgeben werden.

Das Dresdner Projekt jedoch soll eben nicht auf der grünen Wiese seinen Platz finden, sondern als Schaufabrikation in innenstadtnahen verglasten Werkshallen. Am gewählten Standort, im östlichen Zentrum und am Eingang zum Großen Garten, wird ein gläserner Winkel mit jeweils 150

Metern Seitenlänge den historischen Straßenverläufen folgen. Täglich sollen in Dresden 150 Kraftfahrzeuge auf zwei Etagen zusammengesetzt werden. Vom Großen Garten aus wird dies von Stadtpaziergängern zu beobachten sein.

100.000-DÄCHER-PROGRAMM FÜR SOLARENERGIE

Am 1. Januar 1999 trat das neue 100.000-Dächer-Solarenergie-Programm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie in Kraft. Sein Ziel ist eine zukunftsichere, wettbewerbsfähige und umweltschonende Energieversor-



Ansicht eines Doppelhauses, das die Sonnenenergie nutzt.

gung, bei der erneuerbare Energien einen wichtigen Platz haben. Es will die Serienfertigung von Photovoltaik-Anlagen und damit Kostensenkungen anregen und in Deutschland ein deutliches Signal für den Ausbau dieser Zukunftstechnologie setzen.

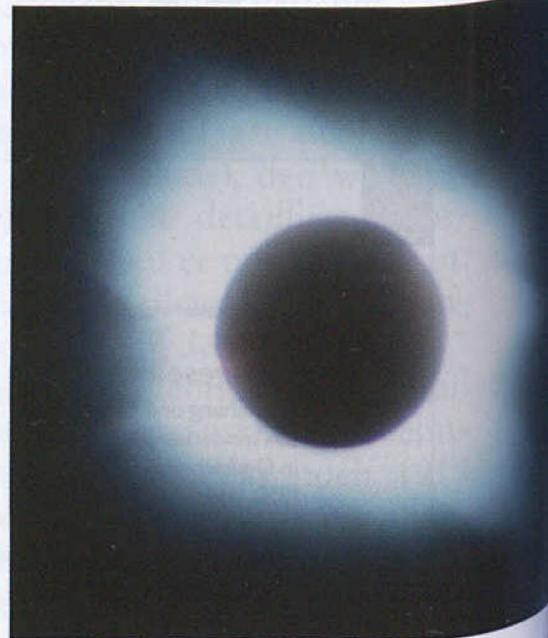
Durch das Programm unterstützt der Bund in den Jahren 1999 bis 2004 den Einsatz von Photovoltaik-Anlagen ab einer installierten Spitzenleistung von circa ein Kilowatt. Die Förderung erfolgt durch zinsverbilligte Darlehen der Kreditanstalt für Wiederaufbau, bei Kreditlaufzeiten von zehn Jahren und zwei tilgungsfreien Anlaufjahren. Zusätzlich kann die letzte Tilgungsrate erlassen werden. Damit beteiligt sich der Bund mit rund 1,1 Milliarde Mark zu etwa 40 Prozent an den Investitionskosten.

Seit 1. Januar können Privatpersonen Darlehens-Anträge bei ihren Hausbanken stellen. Kleine und mittlere Unternehmen und Freiberufler sind ebenfalls antragsberechtigt. Weitere Einzelheiten: Bürgerinformation neue Energietechniken (BINE), Tel. (0228) 923790, Fax (0228) 9237929, email: bine@fiz-karlsruhe.de

EIN SONNENMARKT ZUR SONNENFINSTERNIS

Bei einem Wissenschaftsjahrmarkt anlässlich der Totalen Sonnenfinsternis am 11. August 1999 kann der interessierte Besucher auf einem der

schönsten Plätze in der Innenstadt von Stuttgart, dem Karlsplatz, vom 9. bis 13. August 1999 seine wissenschaftlichen Erkenntnisse auffrischen. Die Stadt Stuttgart lädt die Wissenschaften ein, als Kernstück des Sonnenfestivals einen „Wissenschafts-Jahrmarkt“ zu veranstalten. Es geht darum, aus Anlaß eines seltenen Ereignis-



Wird sich das Bild der Sonne am 11. August 1999 so darstellen?

ses eine breite Öffentlichkeit durch eigenes Erleben mit Wissenschaft und Technik näher in Kontakt zu bringen.

Analog zu den mittelalterlichen Jahrmärkten, bei denen aller Handel von Schaustellungen durch Gaukler, Taschenspieler und Musikanten begleitet und belebt wurde, wird der Wissenschafts-Jahrmarkt eine temperamentvolle Selbstdarstellung unterschiedlichster wissenschaftlicher Institute, Institutionen und von forschenden Unternehmen sein. Sie zeigen neue Forschungsergebnisse, Vorführungen, effektvolle Präsentationen und auch Gags.

Ihre Teilnahme bereits zugesagt haben unter anderen die Firmen ABB, Carl Zeiss, das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg.

ASTROMISCHES JUGENDLAGER

Anlässlich der totalen Sonnenfinsternis bietet die Vereinigung der Sternfreunde e. V. allen interessierten Jugendlichen die Chance, 1999 genau auf der

Fortschritt durch Forschung.

Auf der Suche nach einem Medikament gegen Gefäßerkrankungen weckte der Blutegel das Interesse der BASF-Forscher. Denn sein Speichel enthält ein Protein, das die Blutgerinnung verhindert. Durch chemische Veränderung ist es den Forschern gelungen, einen neuen

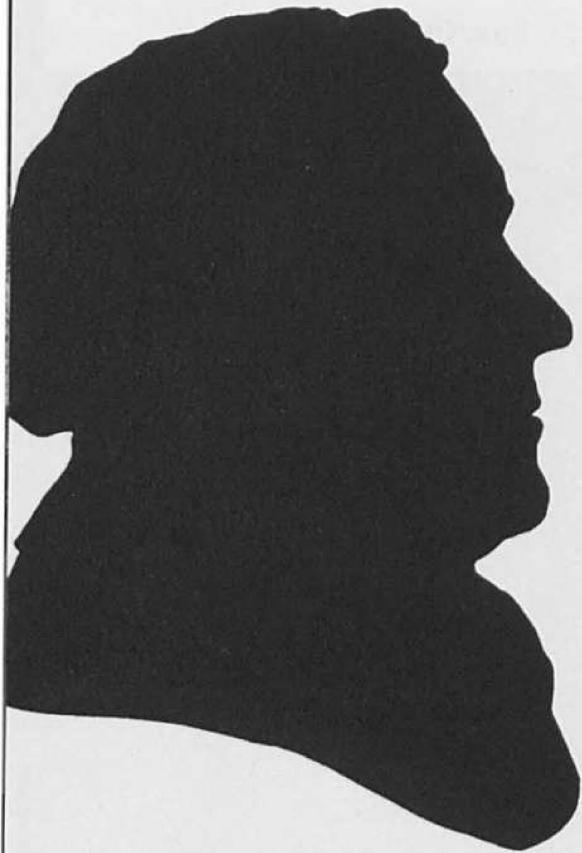
Arzneistoff zu entwickeln. PEG-Hirudin, das deutlich länger wirkt. Erste klinische Tests lassen hoffen, daß bald ein neues, wirksames Medikament verfügbar ist. Wenn Sie mehr wissen möchten, schreiben Sie uns: BASF Aktiengesellschaft, ZOA/KU Unternehmenswerbung, 67056 Ludwigshafen, www.basf.de, **Fax: 06 21/6 09 33 44.**

Innovativ denken, verantwortlich handeln.



**Er zeigt uns einen Weg im Kampf
gegen Herzinfarkt.**

BASF



Scherenschnitt von Adalbert Stifter (1805-1869)

Zentrallinie der Finsternis bei dem größten astronomischen Jugendlager, das es je gab, dabei zusein. In den zwei Wochen des Jugendlagers (Termin: 31. Juli bis 14. August 1999) werden sich die Teilnehmer neben der Vorbereitung auf die Sonnenfinsternis mit verschiedenen Themen aus Naturwissenschaft, Technik und Kreativität befassen. Dazu werden Arbeitsgruppen zur Astronomie, Raumfahrt, Sonnenenergie, Naturkunde und zum Thema Zeichnen angeboten. Zentraler Bestandteil des Zeltlagers sind die astronomischen Arbeitsgruppen, in denen Beobachtungen geplant, durchgeführt und ausgewertet werden.

Zusätzlich wird es Vorträge zu den Themen Astrofotografie, Kometenbeobachtung und Raumfahrt geben.

Teilnehmen können Jugendliche und junge Erwachsene zwischen 14 und 24 Jahren, die sich für Astronomie interessieren. Astronomische Kenntnisse sind nicht Voraussetzung. Die Teilnahmegebühr für Unterkunft, Verpflegung, Programm und Exkursionen wird für Nicht-VdS-Mitglieder voraussichtlich 550,- Mark betragen. Die Anreise ist in diesem Preis nicht enthalten. Kontakt

und Camp-Organisation: Uwe Reimann (VdS-Jugendreferent), Granitweg 3, D-73760 Ostfildern, Tel. (0711) 3482397, email: uwe.reimann@gmx.net

Vereinsadresse: Vereinigung der Sternfreunde e. V (VdS), Geschäftsstelle, Am Tonwerk 6, D-64646 Heppenheim, Tel./ Fax: (06252) 787154, HYPERLINK <http://www.vds-astro.de>

ADALBERT STIFTERS SICHT DER SONNENFINSTERNIS VON 1842

Die bedeutendste literarische Sonnenfinsternis im deutschen Sprachraum war diejenige in Wien am 8. Juli 1842. Adalbert Stifter, einer der wichtigsten Vertreter des poetischen Realismus, beschrieb sie in bleibenden Worten und kann damit schon einmal einen Vorgesmack auf das Ereignis dieses Sommers geben. Einige Ausschnitte aus dem umfangreichen Text mögen Lust auf die vollständige Lektüre machen, die in einer illustrierten Neuausgabe von 1992 erhältlich ist: Adalbert Stifter: Die Sonnenfinsternis am 8. Juli 1842, illustriert und herausgegeben von Richard Pils, Weitra 1992. Sonst ist der Text in jeder Stifter-Ausgabe, meist innerhalb der Sammlung „Die Mapppe meines Urgroßvaters“, zugänglich.

„Ich habe immer die alten Beschreibungen von Sonnenfinsternissen für übertrieben gehalten, so wie vielleicht in späterer Zeit diese für übertrieben wird gehalten werden; aber alle, so wie diese, sind

weit hinter der Wahrheit zurück. Sie können nur das Gesehene malen, aber schlecht, das Gefühlte noch schlechter, aber gar nicht die namenlos tragische Musik von Farben und Lichtern, die durch den ganzen Himmel liegt – ein Requiem, ein Dies irae, das unser Herz spaltet, daß es Gott sieht und seine teuren Verstorbenen, daß es in ihm rufen muß: „Herr, wie groß und herrlich sind deine Werke, wie sind wir Staub vor dir, daß du uns durch das bloße Weghauchen eines Lichtteilchens vernichten kannst und unsere Welt, den holdvertrauten Wohnort, in einen fremden Raum verwandelst, darin Larven starren!““

FLUGHAFEN TEMPELHOF ALS MYTHOS: EUROPA DER LÜFTE

Denkmalpfleger in Berlin, Liverpool und Paris werden in den kommenden drei Jahren ein gemeinsames Projekt zum Thema „Flughäfen der 30er Jahre in Europa“ durchführen. Im Rahmen des Kultur-Programms RAPHAEL stellt die Europäische Union rund eine halbe Million Mark an Fördermitteln für ihr grenzüberschreitendes Projekt „Das Europa der Lüfte“ zur Verfügung.

Der Flughafen in Speke in Liverpool ist seit längerer Zeit stillgelegt und seither ungenutzt. Er befindet sich am Rande einer Industriebrache, die zur Neuentwicklung ansteht. Der Pariser Flughafen Le Bourget ist seit den 70er

Jahren schrittweise stillgelegt worden. Die Flughafengebäude und diverse Hangars werden heute von dem Musée de l'Air benutzt.

Der Zentralflughafen Tempelhof, der erste europäische Großflughafen und damit ein Meilenstein in der Geschichte der Luftfahrt, ist in seiner Monumentalität einzigartig und sogar auf Satellitenbildern aus dem Weltraum leicht zu erkennen. Er ist gleichzeitig Teil nationalsozialistischer Repräsentationsarchitektur und exponiertes Beispiel für die sachliche Formensprache der modernen Architektur der späten 20er Jahre. Er ist noch in Betrieb, auch wenn von politischer Seite eine Schließung oder zumindest eine starke Verringerung des Flugverkehrs geplant ist.

Im Rahmen des EU-Projekts werden für solche Pläne die Rahmenbedingungen abgesteckt. In drei Treffen in Liverpool, Berlin und Paris wollen die Forscher von 1999 bis 2001 Kriterien für die Bewertung und den Schutz der noch bestehenden Flughäfen der 30er Jahre in Europa und Konzepte für die Weiternutzung innerstädtischer Flughäfen entwickeln.

WISSENSCHAFT UND TECHNIK DREISPRACHIG

Liebe zu Fremdsprachen und Neigung zur Naturwissenschaft – ein Gegensatz? Das muß nicht sein, demonstriert das Forum „Wissenschaft und Technik“ des Deutsch-Französischen Jugendwerks. Das letzte Projekt dieser Art fand vom 5. bis 7. Dezember 1998 in Toulouse statt. Auf Einladung des Deutsch-Französischen Jugendwerks trafen sich mehr als 300 deutsche und französische Jugendliche mit tschechischen Gästen, um eigene Projekte vorzustellen und mit Fachleuten und Astronauten zu diskutieren.

Das Deutsch-Französische Jugendwerk, will mit dieser Art von Veranstaltungen die Kooperation von Gruppen bei der naturwissenschaftlichen Ju-



Flughafen Berlin Tempelhof: die Rollfeldseite.

gendbildung verbessern und die exemplarische Zusammenarbeit von Jugendlichen in Deutschland und Frankreich in Europa vorstellen. Sponsoren in Toulouse waren *Électricité de France* (EDF), *Aérospatiale*, *DaimlerChrysler Aerospace Airbus*, *Siemens*, das französische, deutsche und tschechische Jugendministerium, das Auswärtige Amt in Bonn und viele weitere Einrichtungen.

Das Deutsch-Französische Jugendwerk hat bereits ähnliche Foren in Prag und Dresden organisiert, um damit die grenzüberschreitende Verständigung Jugendlicher in Europa zu fördern. Das nächste Treffen wird voraussichtlich Ende des Jahres 1999 stattfinden. Im August 1999 wird außerdem ein deutsch-französisches Projekt zum Thema „Sonnenfinsternis“ mit deutschen und französischen Jugendverbänden durchgeführt.

Teilnehmen können Schülergruppen, Vereine und Clubs mit Mitgliedern zwischen sechs und 27 Jahren, die Projekte im naturwissenschaftlich-technischen Bereich mit interessierten Gleichgesinnten disku-

tieren wollen. Fremdsprachenkenntnisse sind zwar von Vorteil, aber keine Voraussetzung; es sind genügend Jugendliche und Betreuer da, die bei Bedarf übersetzen können.

Kontakt: Deutsch-Französisches Jugendwerk, Röhndorfer Str. 23, 53604 Bad Honnef, Tel. (02224) 1808-0, Fax -52. Internet: HYPERLINK <http://www.dfjw.org>

SCHWEBEBAHN UND EIFFELTURM

Finanziert von Bund EU und dem Land Nordrhein-Westfalen wird die berühmte Wuppertaler Schwebebahn derzeit grundsaniert. Ein Hauptbefürworter für die Sanierung ist der Wuppertaler und neue Bundespräsident Johannes Rau. Nicht erst das durch die Baumaßnahmen verursachte Unglück am 12. April 1999, das fünf Menschenleben forderte, hat zur Kritik auch der Sanierungsmaßnahmen geführt.

Die Wuppertaler Schwebebahn bildet seit ihrer Inbetriebnahme 1901 die Hauptschlagader des öffentlichen Personennahverkehrs in der Stadt



Die Wuppertaler Schwebebahn von Barmen nach Elberfeld, 1908.

und hat ihre Betriebsweise in diesen fast 100 Jahren praktisch nicht verändert. Sie ist von den Kölner Ingenieuren Eugen Langen und Anton Riepel entworfen und zwischen 1898 und 1903 gebaut worden. Die innovative, komplett aus Eisen gefertigte Konstruktion besteht aus einer gespreizten Stützenkonstruktion, die das Tragwerk der Schwebebahn unterfängt. Das Fahrzeug hängt unter der Schiene und pendelt in Kurven frei.

Neuere Gutachten kamen zu dem Schluß, das Gerüst müsse vollständig abgerissen und erneuert werden, während in älteren Gutachten aus den 60er und 70er Jahren „bei guter Pflege“ eine wesentlich längere Lebensdauer der Stahltrasse angenommen wird.

Aus denkmalpflegerischen Gründen wendet sich insbesondere der Bergische Geschichtsverein gegen den Abriss der Trasse, die anschließend nur noch in Teilbereichen nach dem historischen Vorbild wieder aufgebaut werden würde. Der Bund der Steuerzahler monierte, daß die Gutachten, die den Neubau fordern, nicht für die Bürger zugänglich sind. Das kunstge-

schichtliche Institut der Ruhr-Universität Bochum wandte sich sogar in einem offenen Brief an die Stadt und den Oberbürgermeister, um „die Vernichtung eines kulturhistorischen Denkmals ersten Ranges“ zu verhindern, und verwies dabei auf den Eiffelturm als Beispiel für die technische Realisierbarkeit der Erhaltung historischer Eisenbauten.

Doch bisher steht die historische Schwebebahn nicht einmal unter Denkmalschutz. Und der schwere Unfall vom April wird eher zu noch stärkeren technischen Eingriffen führen.

EIN BEDEUTENDER GEOLOGE

Aus Anlaß des 250. Geburtstags von Abraham Gottlob Werner (1749-1817) wird an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg vom 19. bis 24. September 1999 unter dem Titel „Abraham Gottlob Werner und seine Zeit“ ein internationales wissenschaftshistorisches Symposium stattfinden.

Kontakt: TU Bergakademie Freiberg, Dr. Roland Ladwig, Tel. (03731) 39-2825, Fax -2832, Email ladwig@iwtg.tu-freiberg.de □

DIEBE IM MUSEUM: DER GESTOHLENE SONNENSEXTANT

Zwischen Januar 1995 und März 1996 wurde ein kleiner Sonnensextant aus dem Schloß Oberschwappach des Museums Maintal-Steigerwald gestohlen. Der Sextant war eine Leihgabe des Deutschen Museums für die Ausstellung „Herrschaft und Untertanen“. Das Fehlen des Instruments wurde erst Ende 1998 bemerkt.

Der Sextant ist unsigniert, trägt aber, im oberen Teil eingraviert, ein markantes, dreiteiliges Bischofswappen, welches nicht näher bestimmt ist. Am Stativfuß ist in weißer Ölfarbe die Inventarnummer des Deutschen Museums 2579 aufgemalt. Die Maße des Instruments: 136 x 118 x 235 Millimeter; Radius des Sextanten: 170 Millimeter.



Der Sonnensextant, etwa Mitte des 18. Jahrhunderts.

Das Deutsche Museum ist dankbar für Hinweise auf den Verbleib des Sonnensextanten.

DER STERN, VON DEM WIR LEBEN

Sonnenforschung in Deutschland

VON WOLFGANG MATTIG

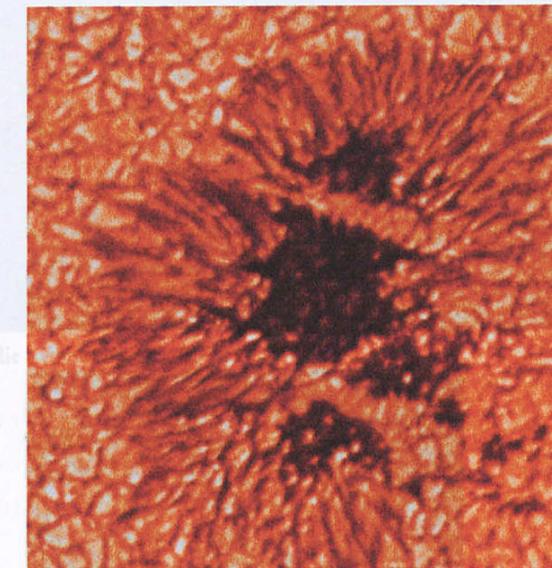
Die Sonnenforschung in Deutschland hat eine lange Tradition. Die Wiege der modernen physikalischen Entwicklung steht in Potsdam auf dem Telegraphenberg und ist über 100 Jahre alt. Das 1874 eingeweihte Astrophysikalische Observatorium war ursprünglich nur als Sonnenobservatorium geplant. Die Erweiterung der Aufgabenstellung läßt die Bedeutung erkennen, die der Wechselwirkung zwischen der stellaren Physik und der Sonnenphysik zukommt. Die Sonne ist als nächster Stern der Prototyp aller leuchtenden Sterne am nächtlichen Himmel. Die Erkenntnisse der Sonnenforschung sind auf die überwiegende Anzahl der Sterne übertragbar.

Das ausgehende 19. Jahrhundert war die Zeit des Umbruchs zur modernen Physik. Die wichtigsten Vertreter Max Planck (1858-1947) und Albert Einstein (1879-1955) haben das Tor zu ihrer revolutionären Entwicklung weit aufgestoßen.

Das erste große Sonnenteleskop in Europa, der Einsteinturm (siehe Seite 12), wurde 1924 in Potsdam mit dem Hauptziel in Betrieb genommen, Vorhersagen der Einsteinschen Allgemeinen Relativitätstheorie (1916) experimentell zu prüfen. Dieses Instrument ist aber nicht nur wegen seiner wissenschaftlichen Ergebnisse weit über die Landesgrenzen bekannt geworden, sondern auch wegen der architektonischen Gestaltung des Gebäudes durch Erich Mendelsohn (1887-1953).

Die mehr oder weniger systematische Beobachtung der Sonnenober-

fläche fällt mit der Entdeckung des Fernrohres zusammen. Unter den vier Gelehrten, die unabhängig voneinander in den Jahren 1610/11 die Sonnenflecken entdeckten, findet man zwei deutsche. Neben Galileo Galilei (1564-1642) aus Padua und dem Briten Thomas Harriot (1560-1621) sind das der Pfarrerssohn Johannes Fabricius (1587-1616) aus Osteel in Ostfriesland und der Jesuitenpater Christoph Scheiner (1573-1650) aus Ingolstadt.



Sonnenfleck mit seiner fadenförmigen Struktur in der Penumbra und den Inhomogenitäten in der Umbra.

Fabricius gebührt das Verdienst, seine Beobachtungen als erster in der Schrift *De maculis in Sole observatis etc.* 1611 in Wittenberg veröffentlicht zu haben. Scheiner dagegen hat die Sonnenflecken am intensivsten und mit Ausdauer und Sorgfalt beobachtet und seine Ergebnisse in dem großen Werk *Rosa Ursina* 1630 veröffentlicht.

Die Sonne im Röntgenlicht. Sowohl die Feinstrukturierung der Korona in Dichte und Temperatur als auch die magnetisch bedingte Bogenstruktur sind deutlich erkennbar.

SONNENFORSCHUNG IN DEUTSCHLAND

Darin sind bereits Wahrnehmungen enthalten, die erst im 19. Jahrhundert ihre volle Würdigung gefunden haben.

Bis in den Zweiten Weltkrieg hinein war der Potsdamer Einsteinturm das einzige größere deutsche Instrument zur Sonnenbeobachtung. Die mit dem Auftreten von Sonnenflecken verbundenen Einflüsse auf die Erdatmosphäre, insbesondere die möglichen Störungen im Funkverkehr, führten zur Gründung mehrerer neuerer Sonnenbeobachtungs-Stationen. Das *Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik* in Freiburg und die sonnenphysikalische Abteilung der Universitäts-Sternwarte in Göttingen sind aus diesen Kriegsgründungen hervorgegangen. Wissenschaftler aus Freiburg, Göttingen, Potsdam und Würzburg betreiben heute gemeinsam die deutschen Teleskope in den Bergen von Teneriffa (siehe Seite 14).

Ein erster Blick auf die Oberfläche der Sonne zeigt, daß diese bei weitem nicht so makellos ist, wie oft vermutet. Am auffälligsten sind dabei die Sonnenflecken, deren tägliche Positionsänderung sofort anzeigt, daß die Sonne rotiert; eine Umdrehung dauert etwa 24 Tage.

Die genauere Betrachtung der Oberfläche zeigt aber noch andere Auffälligkeiten. So ist ihre Helligkeit nicht konstant über die Scheibe hinweg, sie zeigt vielmehr eine deutliche Abnahme zum Rande hin. Dies ist die Folge einer Temperaturänderung in der kleinen Schicht der uns erreichenden Son-

nenstrahlung, in der Photosphäre. Die mittlere Temperatur der Photosphäre beträgt etwa 5.700 Kelvin, aber in dem kleinen Höhenbereich von 400 Kilometern fällt die Temperatur von etwa 7.000 auf 4.000 Kelvin nach außen ab. Die Strecke von 400 Kilometern ist in der Tat eine kleine, denn der Sonnenradius mißt 700.000 Kilometer.

Dieser großräumigen Helligkeitsänderung auf der Sonnenscheibe ist eine kleinräumige Fluktuation überlagert. Nur unter guten Beobachtungsbedingungen ist die körnige Struktur, die Granulation, erkennbar. Aufsteigende helle und absinkende dunkle Gasballen führen zu dieser Strukturierung. Die Temperaturdifferenzen zwischen den hellen und dunklen Gebieten betragen etwa 1.000 Kelvin. Die Erforschung der Granulation mit ihrem Strömungsverhalten ist einer der Forschungsschwerpunkte mit den Teleskopen auf den Kanarischen Inseln.

Die technische Schwierigkeit bei der Beobachtung ist das Erreichen der notwendigen räumlichen Auflösung, denn der Abstand der einzelnen „Granulationselemente“ übersteigt nur selten den extrem kleinen Winkel von einer Bogensekunde. Was bedeutet eine Bogensekunde? Ein irdisches Beispiel soll es verdeutlichen: Beobachtet man von München/Berlin aus ein in Stuttgart/Hannover stehendes Auto, dann beträgt der Abstand der beiden Autoscheinwerfer etwa eine Bogensekunde. Um die einzelnen Autoscheinwerfer oder die einzelnen „Granulationselemente“ getrennt voneinander und dabei meßbar beobachten zu können, benötigt man leistungsfähige Instrumente und hervorragende Bedingungen in der Erdatmosphäre.

Der Bau und der Betrieb größerer Teleskope ist dabei das einfachere Problem; schwieriger ist es schon, den störenden Einfluß der Erdatmosphäre zu vermeiden, zumindest zu minimieren. Die deutschen Sonnenphysiker haben sich in den letzten Jahren intensiv darum bemüht, ihre Beobachtungsmöglichkeiten von der Erde aus zu verbessern. So wurde in internationaler Zusammenarbeit nach einem

Der Einsteinturm in Potsdam, erstes europäisches Turmteleskop zur Beobachtung der Sonne, erbaut von Erwin Finlay Freundlich (1885-1964) und dem Architekten Erich Mendelsohn (1887-1953). Es ist seit 1924 in Betrieb.

Ort in Europa gesucht, der beste atmosphärische Bedingungen aufweist; er wurde in den Bergen von Teneriffa und La Palma gefunden. In den Observatorien des *Instituto de Astrofísica de Canarias* haben astronomische Institute aus vielen europäischen Ländern ihre Teleskope aufgestellt und demonstrieren damit die gute internationale Zusammenarbeit in diesem Forschungszweig.

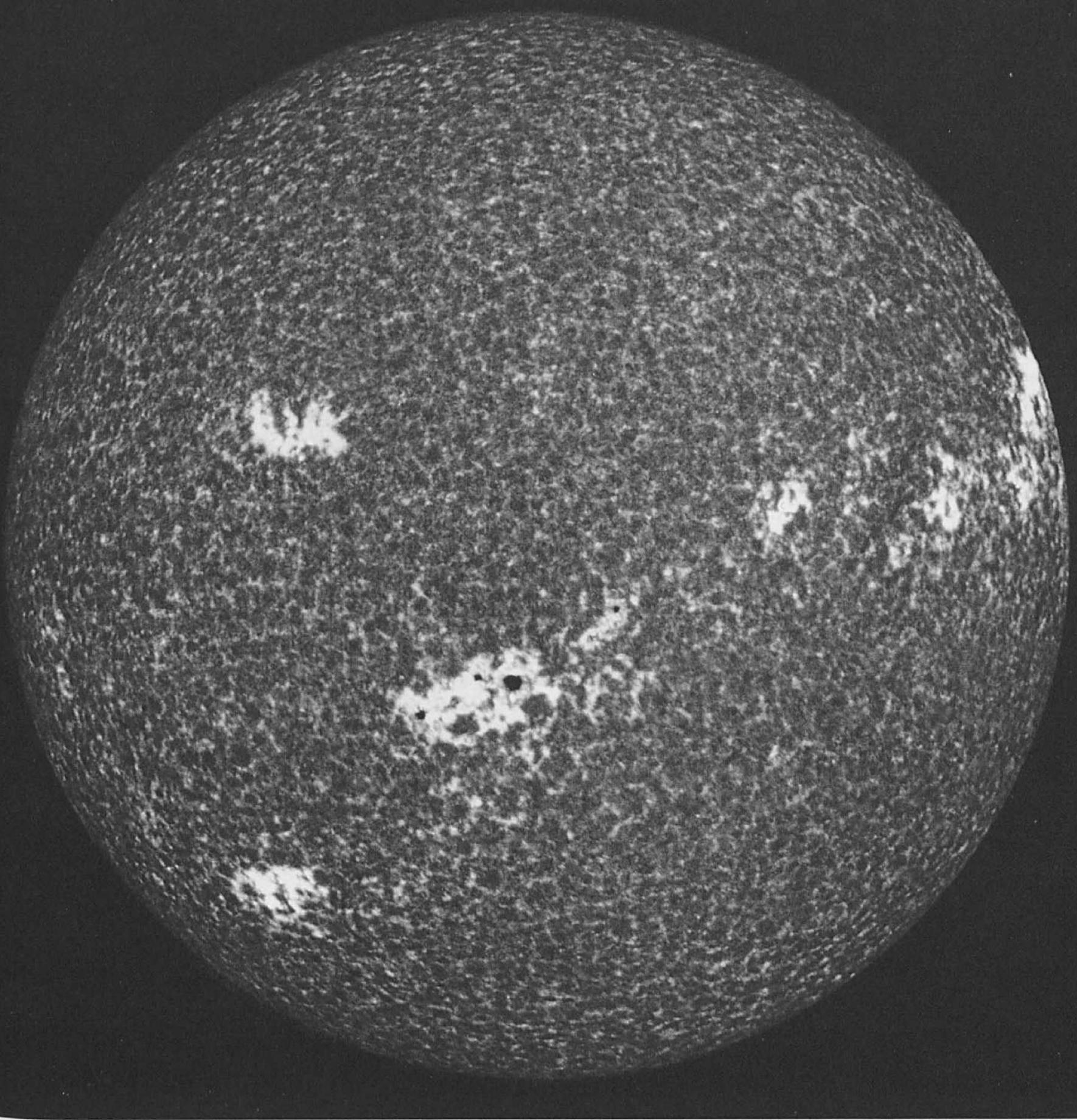
Neuere Beobachtungen auf Teneriffa haben die Kenntnisse über das physikalische Verhalten der Sonnengranulation wesentlich verbessert. Dazu wurden zum großen Teil neu entwickelte Verfahren eingesetzt, die entweder versuchen, die atmosphärischen Störungen mittels zusätzlicher Optik im Instrument zu kompensieren, oder später im Computer zu korrigieren. Zur Erreichung einer immer besseren Bildauflösung wird das wohl der zukünftige Weg der bodengebundenen Sonnenbeobachtung sein.

Die Sonnenflecken sind kein homogenes Gebilde. Der Kern, die Umbra, dessen Temperatur etwa 2.000 Grad niedriger ist als die der umgebenden Atmosphäre, zeigt Inhomogenitäten in Form vieler heller extrem kleiner Strukturen. Die den Kern umgebende Penumbra zeigt fadenförmige Gebilde, die so schmal sind, daß sie unterhalb der bisher möglichen Auflösungsgrenze liegen. Neben dieser Feinstrukturierung sind Sonnenflecken Sitz starker lokaler Magnetfelder und systematischer Strömungen.

Die Erforschung der Wechselwirkung zwischen Strahlung, Magnetfeld und materieller Strömung ist eines der Forschungsgebiete sowohl im experimentellen als auch im theoretischen Bereich. Ziele sind, eine umfassende Theorie zu entwickeln, mit der die physikalischen Vorgänge verstanden werden können, und die Beobachtungen mit Computerprogrammen zu simulieren. Das gilt nicht nur für die Sonnenflecken, sondern ganz allgemein. Das Auftreten von Magnetfeldern ist nicht auf die Sonnenflecken beschränkt, die ganze Sonnenoberfläche ist mit Magnetfeldern übersät, und zwar in kleinsten räumlichen Bereichen, den Flußröhren.

Die Sonnenflecken treten nicht einzeln auf, sie sind meist in Gruppen angeordnet und haben eine Lebensdauer von Tagen bis zu wenigen Mo-





Die Sonne im Licht des ionisierten Kalziums. Neben dem allgemeinen Netzwerk erkennt man die hellen Aktivitätsgebiete, im hellsten auch einen Sonnenfleck.

naten, wobei die extrem langlebigen nur sehr selten auftreten. Die Häufigkeit des Auftretens von Sonnenflecken unterliegt einer zeitlichen Variabilität, die 1843 von Heinrich Schwabe (1789-1875) aus Dessau entdeckt wurde; die Periode beträgt etwa elf Jahre. Die detaillierte Beschreibung des elfjährigen Sonnenfleckenzyklus mit seinen vielfältigen Erscheinungen ist Gegenstand intensiver Forschung auf dem Gebiet der Magnetohydrodynamik. Die Grundstrukturen eines „solaren Dynamos“ sind erkannt und formuliert, es gibt allerdings noch einige Elemente, wo Theorie und Beobachtung noch nicht in völliger Übereinstimmung miteinander sind.

Die Sonnenflecken sind nur Teil der allgemeinen Sonnenaktivität, deshalb spricht man besser von einem elfjährigen Aktivitätszyklus. Die Vielfalt der Sonnenaktivität ist im weißem Licht bei der Beobachtung mit einem einfachen Fernrohr nur schwer auszumachen. Wenn auf Beobachtungen von Satelliten aus verzichtet werden muß, ist die Beobachtung in ausgewählten Fraunhoferlinien mit Spektrographen oder engen Farbfiltern eine gute Wahl. Die Kerne der starken Fraunhoferlinien, insbesondere die der Wasserstofflinie α oder der Linie des ionisierten Kalziums K, entstehen in größeren Höhen der Sonnenatmosphäre, in der Chromosphäre, wo sich die solare

Aktivität verstärkt bemerkbar macht. Außerhalb der Aktivitätsgebiete, die sich um die Sonnenfleckengruppen herum herausbilden, zeigt die ungestörte Sonnenoberfläche eine ganz andere Struktur und ein anderes Verhalten. Von der Granulation, die die Photosphäre beherrscht, ist in den höheren Schichten nichts mehr zu spüren.

In den höheren solaren Schichten spielt das Magnetfeld eine wesentlich größere Rolle als in der Photosphäre: Es beherrscht das Geschehen. So ist den im Wasserstofflicht gewonnenen Bildern der Sonne direkt anzusehen, wie sich die Materie entlang den Kraftlinien des Magnetfeldes anordnet. Noch auffallender ist dies an der

Sonnenforschung mit dem Vakuum-Turm-Teleskop auf Teneriffa

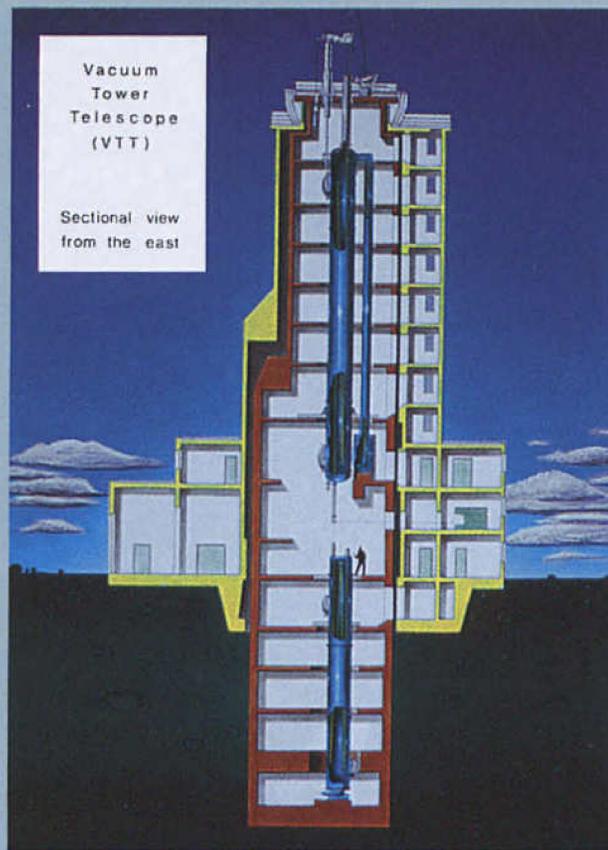
Vor zehn Jahren, im Frühjahr 1989, wurde das in Izaña auf der kanarischen Insel Teneriffa errichtete deutsche Vakuum-Turm-Teleskop (VTT) zur wissenschaftlichen Erforschung der Sonne in Betrieb genommen. Hier ein kleiner Einblick in die Arbeit am VTT.

Neben dem guten Standort mit geringen großräumigen Störungen in der Erdatmosphäre ist bei Beobachtungen mit Sonnentelestopen wichtig, daß keine lokale Turbulenz im Sehstrahl entsteht: Daher sind alle Bauteile weiß gestrichen, und das Sonnenlicht wird in großer Höhe in das Teleskop geleitet. Der Turm des VTT hat etwa 40 Meter Höhe, und zusätzlich ist das Innere des Teleskops luftleer gepumpt. Das Teleskop ist ein Spiegelteleskop, da nur damit in allen Farben gleichzeitig ein scharfes Bild erreichbar ist.

Ein ebenfalls senkrecht aufgestellter Spektrograph zur Zerlegung des Lichtes in die Spektralfarben, erstreckt sich fünf Stockwerke tief im Fundament des Gebäudes; im ersten Stockwerk existieren zusätzlich Labors, in die das Sonnenbild abgebildet werden kann.

Das Teleskop steht in der Regel von Mitte April bis Mitte Dezember jeden Jahres Sonnenphysikern zur Verfügung. Die Nutzungszeit geht vertraglich zu 20 Prozent an die spanischen Kollegen, auf deren Grund das Teleskop steht, und zu fünf Prozent an internationale Gruppen. Die restliche Beobachtungszeit teilen sich meistens Gruppen vom Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik (KIS) in Freiburg, der Universitäts-Sternwarte Göttingen, vom Astronomischen Institut an der Universität Würzburg und vom Astrophysikalischen Institut Potsdam. Zusätzlich nehmen oft ausländische Kollegen als Gäste auch an deutschen Projekten teil.

Das Schwergewicht der Forschungen im vergangenen Jahrzehnt lag auf der Erfassung von Zeitserien von Spektren der solaren Granulation, al-



Schnitt durch das Vakuum-Turm-Teleskop.

so der Gasballen von circa 1.000 Kilometern Durchmesser, die überall auf der Sonne zu beobachten sind. Ihre Veränderungen etwa in der Gestalt, Temperatur und der Lage von Magnetfeldern darin sind heute in Computern so modellierbar, daß die künstliche Granulation von der beobachteten kaum zu unterscheiden ist.

EINE FÜLLE VON FORSCHUNSAUFGABEN

Es wurden natürlich weiterhin Sonnenflecken im Detail beobachtet. Insgesamt ist deren Verständnis aber noch unbefriedigend: Die Sonnenflecken enthalten immer starke Magnetfelder und man kann deren Stärke und Richtung durch Analyse der Intensitäts- und Polarisationsverteilung in den dort gebildeten Fraunhoferschen Linien messen. Warum aber einige Flecken schnell anwachsen und die typische „Penumbra“ mit ihrer radialen, faserigen Struktur ausbilden, während andere nur kurz als „Poren“ auftauchen und wieder verschwinden, ist noch ungeklärt. Hier ist Forschung notwendig.

Ebenso sind Verlauf und Details des etwa elfjährigen Aktivitätszyklus

der Sonne, in dem die Zahl und Lage der Sonnenflecken auf der Sonne stark variiert, noch unbefriedigend verstanden und das heißt heute: im Computer noch nicht gut modellierbar.

Seit 1996 sind mehrere Beobachtungsprojekte am VTT parallel zu dem Sonnensatelliten SOHO (Solar Heliospheric Observatory) durchgeführt worden – zum Beispiel zur Erforschung der Protuberanzen oder von Schwingungsvorgängen in der unteren Korona und ihren Zusammenhängen mit Erscheinungen in der Photosphäre.

Das VTT war ursprünglich für photographische Beobachtungen geplant, aber schon in der Aufbauphase wurden erste Halbleiterdetektoren (CCD) als Empfänger getestet. Heute ist schon eine dritte Generation solcher Detektoren im Einsatz, deren Bildelemente bei 20 Mikrometern Größe liegen und die bis zu 2048mal 2048 einzelne Bildelemente pro Kamera umfassen. Die Belichtungszeiten für Bilder sind einige Millisekunden, die für Spektren liegen bei etwa einer Sekunde. Insbesondere wegen dieser noch recht langen Belichtungszeiten sind zusätzliche Bildstabilisierungen und Maßnahmen der Korrektur restlicher Wellenfrontstörungen wichtig. Hierzu werden derzeit neue opto-elektronische Systeme entwickelt.

Die Erfassung zweidimensionaler Intensitäts- und Geschwindigkeitsfelder geschieht neuerdings mit Fabry-Perot-Systemen, mit denen ein schmaler Filterbereich in wenigen Sekunden durch den vollen Farbbereich einer Spektrallinie getaktet wird. So werden simultane Messungen der vollen Spektralparameter in zweidimensionalen Gebieten auf der Sonne möglich, die denen großer Sonnenflecken entsprechen.

Allerdings kann derzeit nur durch nachträgliche Korrekturen am Rechner der unvermeidlichen Bildversetzungen eine räumliche Auflösung von unter 1.000 Kilometern erreicht werden.

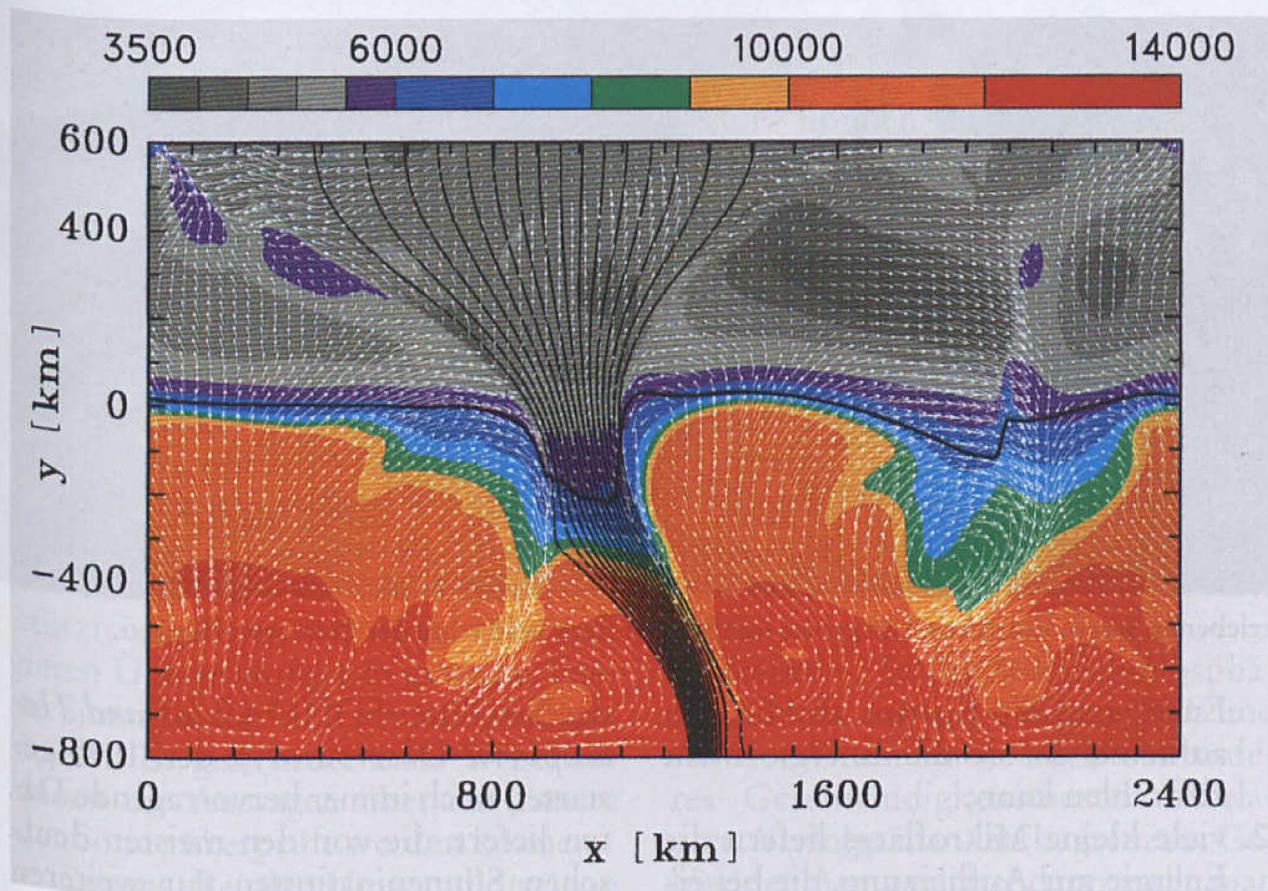
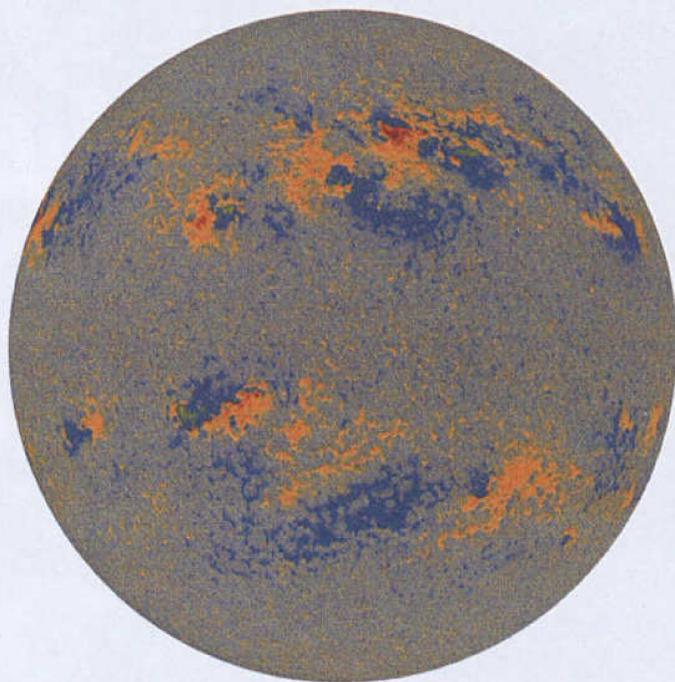
Hubertus Wöhl

Form der Protuberanzen zu erkennen, die oft viele 10.000 Kilometer über den Sonnenrand hinausragen.

Während die Aktivitätsgebiete eine Lebensdauer von Wochen bis Monaten haben, sind die plötzlich auftretenden Leuchterscheinungen, Eruptionen oder *flares* genannt, von kurzer Dauer: Minuten bis maximal eine Stunde. Hier wird ein Teil der in den Magnetfeldern existierenden Energie in Strahlung umgesetzt, die auch die physikalischen Zustände der höheren Erdatmosphäre beeinflussen können. Bei größeren Eruptionen werden energiereiche Teilchen emittiert, die eben-

werden. Die an diesem Tage in Süddeutschland sichtbare totale Sonnenfinsternis wird zeigen, daß ein leuchtender Kranz, die Korona, die vom Mond verdeckte Sonnenscheibe umgibt.

Die Helligkeit der Sonnenkorona ist gegenüber der normal leuchtenden Sonnenscheibe zu gering, um sich außerhalb von Finsternissen gegenüber dem Himmelsstreulicht (Himmelsblau) durchzusetzen. Von Satelliten aus ist die Sonnenkorona leicht beobachtbar, dort dann auch in den Wellenlängenbereichen, die vom Boden aus nicht zugänglich sind.



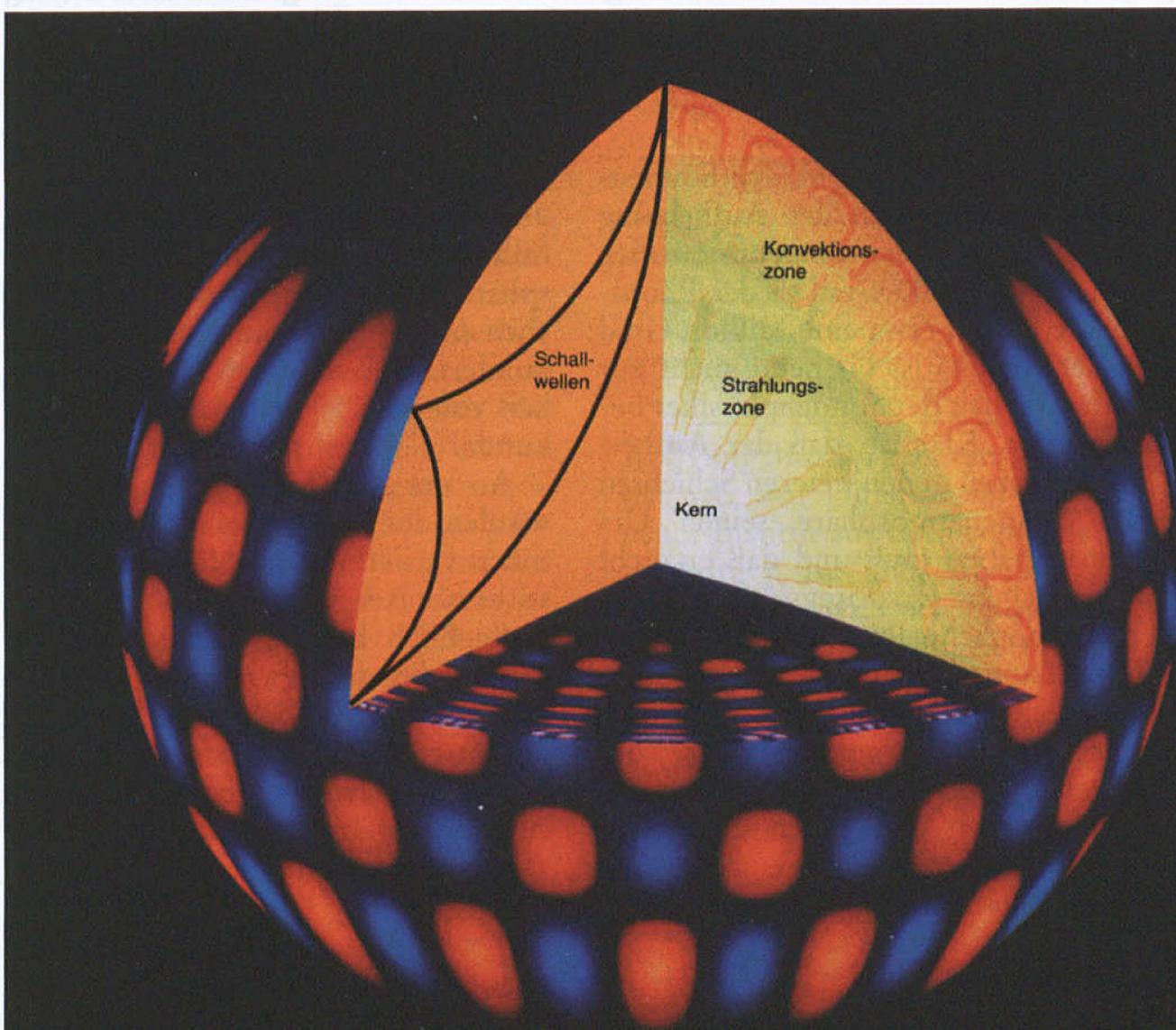
Die Verteilung der Magnetfelder auf der Sonne. Die unterschiedlichen Farben gelb und blau geben die unterschiedliche Polarität an, die roten Bereiche besonders starke Magnetfelder.

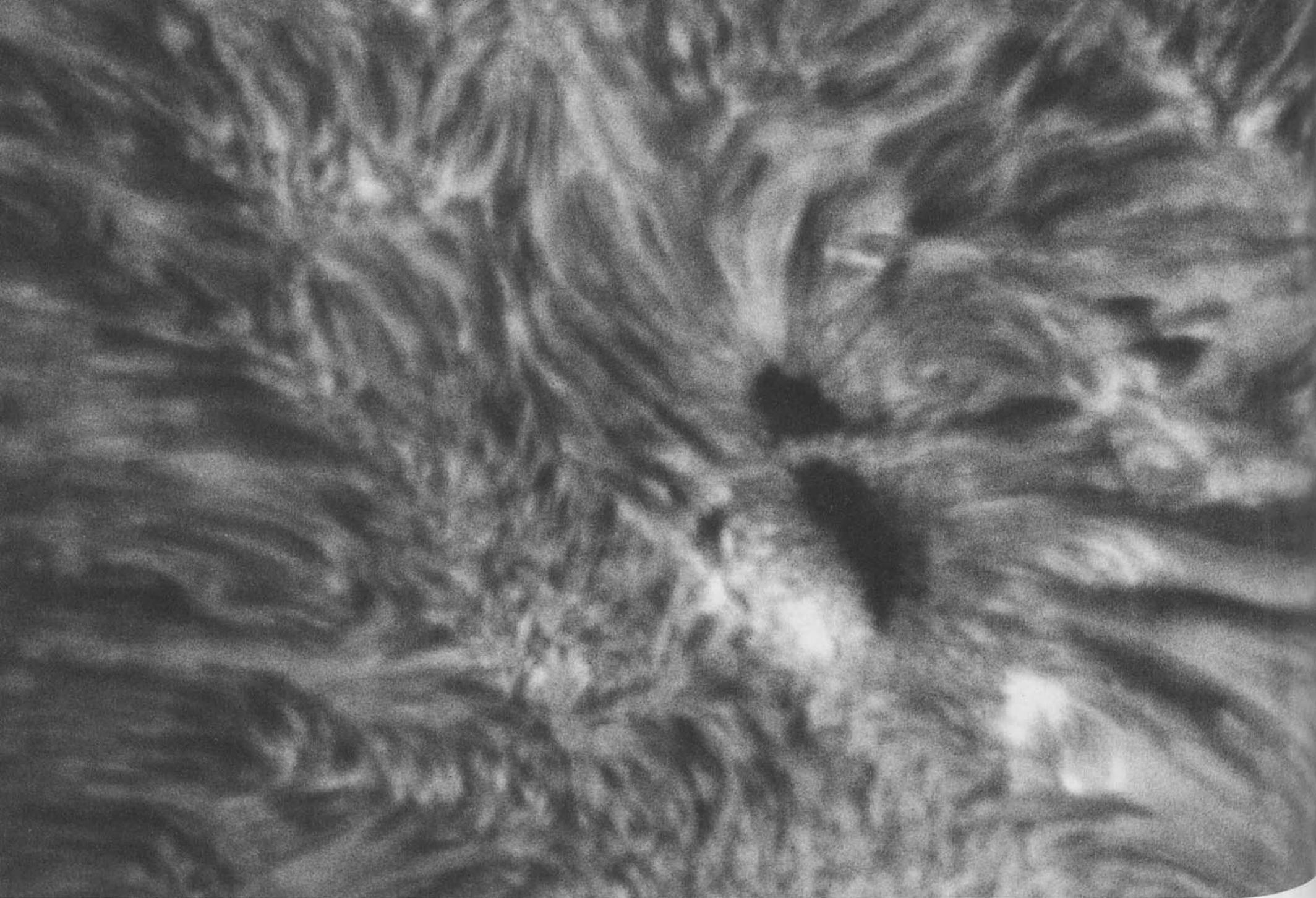
Von herausragender Bedeutung ist die in der Korona herrschende hohe Temperatur von etwa einer Million Grad, die über besonders aktiven Gebieten und bei Eruptionen sogar noch weit übertroffen werden kann. Da totale Sonnenfinsternisse nur wenige Minuten dauern, war es früher nicht möglich, dynamische Prozesse in der Korona wahrzunehmen. Mit dem Beginn der Weltraumforschung hat sich die Situation grundsätzlich verändert. Heute kann die Korona praktisch ununterbrochen beobachtet werden, und zwar auch vor der normalen Sonnenscheibe. Insbesondere der Bereich der

Oben: Numerische Simulation des Verhaltens von Magnetfeldern in einer konvektiven Atmosphäre. Die weißen Pfeile geben die Strömungsgeschwindigkeit und -richtung an. Die dicke schwarze Linie zeigt an, bis in welche Schicht man von oben sehen kann. Rechts: Ein Muster der solaren Oszillation. Rote und blaue Bereiche demonstrieren auf- und abwärts gerichtete Bewegungen. Die Überlagerung tausender solcher Muster verschiedener Größe ergeben das reale Beobachtungsbild auf der Sonnenoberfläche.

falls die Erdatmosphäre erreichen können. Die Erforschung der physikalischen Prozesse dieser *flares* ist in den letzten Jahren weitgehend von den Weltraumforschungsinstituten übernommen worden.

Der uns scharf erscheinende Sonnenrand ist nicht die äußere Grenze des Gasballs Sonne. Am 11. August dieses Jahres wird dies wieder ganz deutlich für jedermann erkennbar





Die Sonne ist ein von gewaltigen Energien umtriebener Stern: Ein Aktivitätsgebiet mit Sonnenfleck im Lichte der Wasserstofflinie α .

Röntgenstrahlung ist zum Verstehen der Strukturierung der Korona von Bedeutung. Diese Strahlung zeigt deutlich die Inhomogenität der Koronamaterie – Dichte und Temperatur variieren selbst auf kleinsten Skalen. Das solare Magnetfeld, das von den photosphärischen Schichten bis weit in die Korona reicht, ist auch hier die alles beherrschende Größe.

Eine der Kernfragen der Sonnenphysik ist die nach der Aufheizung der Korona. Der Temperaturanstieg von einigen 1000 Grad in der Photosphäre bis auf etwa eine Million Grad in der Korona ist bis heute nicht zur Zufriedenheit der Sonnenphysiker beantwortet. Klar ist, daß der Aufheizungsprozeß in den tieferen Schichten der Sonnenatmosphäre seinen Ursprung haben muß und daß er nicht thermischen Ursprungs sein kann. Zwei mögliche Prozesse sind in der Diskussion:

1. Druckwellen, in der Konvektionszone erzeugt, werden wegen der geringeren Dichte in der Korona zu Stoßwellen und geben dabei ihre

Energie an die Korona ab, die sich aufheizt, da sie die Energie nicht abstrahlen kann;

2. viele kleine Mikroflares liefern die Energie zur Aufheizung, die bei einer Verbindung oder Umordnung ihrer Magnetfelder frei wird.

Die Korona ist kein statisches Gebilde. Von ihr geht ein permanenter Partikelstrom aus, der Sonnenwind, der den ganzen Raum zwischen Sonne und Erde und auch darüber hinaus erfüllt. Den oberen Rand der Erdatmosphäre treffen etwa 400 Millionen Teilchen pro Quadratzentimeter und Sekunde, dies mit einer Geschwindigkeit von etwa 500 Kilometern pro Sekunde.

An der Erforschung des Sonnenwindes, der stark mit der solaren Aktivität variiert, ist das Max-Planck-Institut für Aeronomie in Lindau/Harz maßgeblich beteiligt. Hier wird der Zusammenhang zwischen der Sonnenforschung und der Erforschung des interplanetaren Plasmas besonders deutlich. So hat das genannte Institut auch ein eigenes Instrument an Bord

des Satelliten SOHO (*Solar and Heliospheric Observatory*), der, 1995 gestartet, noch immer hervorragende Daten liefert, die von den meisten deutschen Sonneninstituten zur weiteren Erforschung von Chromosphäre und Korona benutzt werden.

Die seit über fünf Milliarden Jahren von der Sonne ausgesandte Strahlung hat das Leben auf unserem Planeten Erde überhaupt erst möglich gemacht. Es ist deshalb nur zu natürlich, daß die Frage, wie die Sonne diese gewaltige Energie erzeugt, immer gestellt wurde. Ihre Beantwortung ist eng verbunden mit der Kenntnis des inneren Aufbaus der Sonne, denn die Energie kann nur in ihrem Inneren erzeugt werden. Von kleinen Korrekturen abgesehen, kann diese Frage heute als beantwortet angesehen werden.

Nachdem bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts die Grundlagen für die Existenz und die mechanische Stabilität der Sonne erarbeitet wurden, gelang es in den 30er Jahren Hans Bethe und Carl Friedrich von Weizsäcker, Prozesse anzugeben, wie Ster-

ne ihre Energie erzeugen und über Milliarden von Jahren aufrecht erhalten können. Bei den in den Kernen der Sonne und der Sterne herrschenden hohen Temperaturen und Drücken $T_{\text{Sonne}} = 14.6$ Millionen Kelvin, $P_{\text{Sonne}} = 240$ Milliarden Atmosphären – wird durch Kernfusion Wasserstoff im Helium umgewandelt.

Wasserstoff ist das häufigste Element, aus denen die Sterne aufgebaut sind. Da ein Heliumkern leichter ist als seine Bestandteile (vier Wasserstoffkerne), steht die frei werdende Masse in Form von Energie zur Verfügung, die dann vom Stern in den Weltraum abgestrahlt werden kann. Bei diesem Prozeß verringert sich laufend der Wasserstoffgehalt der Sonne, während der des Heliums wächst. Infolge des schon beträchtlichen Alters der Sonne von etwa 4,6 Milliarden Jahren ist der Massenanteil des Wasserstoffs im Sonnenkern bereits auf unter 40 Prozent gesunken, während er an der Sonnenoberfläche, wo keine Kernreaktionen stattfinden, 73 Prozent beträgt.

Bis vor etwa 20 Jahren wurden die Aussagen über den inneren Aufbau der Sonne nur von der Theorie gestützt; experimentelle Hinweise auf deren Überprüfung gab es nicht. Diese Situation hat sich grundlegend geändert. Es gibt heute zwei Wege, auf denen die Aussagen über das Innere der Sonne überprüft werden können.

Erstens. Bei der Umwandlung von Wasserstoff in Helium wird nicht nur Energie in Form von Strahlung frei, es werden auch Elementarteilchen freigesetzt, die grundsätzlich auf der Erde nachgewiesen werden können: die Neutrinos. Bei dem bisher am längsten laufenden Experiment, bei dem durch das Einfangen von Neutrinos Chlor in Argon umgewandelt wird, werden allerdings nur etwa ein Drittel der erwarteten Reaktionen gemessen. Aufgrund der Kenntnisse über den inneren Aufbau der Sonne kann eine solche Reaktionsrate berechnet werden.

Dieses unbefriedigende Ergebnis warf die Frage auf, ob unsere Vorstellungen über den inneren Aufbau der Sonne richtig sind, oder ob die Neutrino-Physik einer Korrektur bedarf. In beide Richtungen wurde und wird geforscht. Neue Experimente wurden ersonnen. Bei dem GALLEX-Experi-

ment, wo Gallium in Germanium umgewandelt wird, ist das Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg maßgeblich beteiligt. Wie die Messungen der letzten Jahre ergeben haben, gibt es auch hier keine Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Theorie, obwohl die Differenzen kleiner sind. Die Nichtübereinstimmung wird durch einen anderen Versuch bekräftigt, bei dem die Wechselwirkung zwischen Neutrinos und Elektronen untersucht wird.

Im Rahmen der Sonnenforschung sind bisher alle Versuche fehlgeschlagen, die genannten Diskrepanzen zwischen Theorie und Experiment zu beseitigen. Änderungen an den Annahmen über den inneren Aufbau der Sonne können keine Übereinstimmung mit den drei verschiedenen Neutrino-Ergebnissen erzwingen. Darüberhinaus würde man mit den Ergebnissen eines anderen, direkt auf der Sonne gemessenen Effekts in Widerspruch geraten. Aus sonnenphysikalischer Sicht muß demnach vermutet werden, daß die Neutrino-Physik in dem Sinne korrekturbedürftig ist, daß die Neutrinos doch eine endliche Ruhemasse besitzen; es gibt Hinweise dafür.

Zweitens. In der Sonnenatmosphäre ist dem unregelmäßigen Auf und Ab der Granulation noch ein anderes Geschwindigkeitsmuster überlagert. Verfolgt man ein begrenztes Gebiet der Atmosphäre, dann stellt man fest, daß dieses sich systematisch auf und ab bewegt, und zwar mit einer mittleren Periode von etwa fünf Minuten; ein anderes Gebiet zeigt die gleiche Periode, aber zu anderen Zeiten.

Bei einer einmaligen Beobachtung ist diese Oszillation von der Granulation nur sehr schwierig zu unterscheiden, Zeitserien sind erforderlich. Nicht zuletzt deshalb ist dieses oszillatorische Verhalten erst in den 60er Jahren entdeckt worden. Sehr intensive Beobachtungen und eine aufwendige Analyse haben dann zu der Erkenntnis geführt, daß es sich bei dieser Fünf-Minuten-Oszillation um ein komplexes Schwingungsverhalten des ganzen Sonnenkörpers handelt. Wird der Sonnenkörper zu solchen Schwingungen angeregt, dann kann mit Hilfe der Kenntnis über seinen inneren Aufbau das beobachtbare Schwin-

gungsmuster an der Oberfläche berechnet werden.

Es handelt sich hierbei um eine ähnliche Prozedur wie der Erforschung der Struktur des Erdinneren, bei der aus Beobachtungen von Erdbebenwellen auf den Aufbau des Erdinneren geschlossen wird. So spricht man bei der Sonne analog von Helioseismologie.

Wenn man von kleinen Korrekturen absieht, dann kann das klassische Standardmodell des inneren Aufbaus der Sonne das oszillatorische Schwingungsverhalten der Sonne voll erklären. Es kann darüberhinaus auch Aussagen über das Rotationsverhalten im Sonneninneren machen. Es ist eines der Ziele des Satelliten SOHO, das Schwingungsverhalten der Sonne detaillierter und über lange Zeiten hinweg zu studieren.

Es haben sich also in den letzten Jahren mit zunehmender Genauigkeit zwei Verfahren entwickelt, die in der Lage sind, Aussagen über das Sonneninnere zu machen. Dabei ist von Bedeutung, daß das Neutrino-Problem nicht durch eine Änderung der Vorstellung über den inneren Aufbau der Sonne gelöst werden kann, zumindest nicht mit den zur Zeit zur Verfügung stehenden Kenntnissen.

All die neueren Erkenntnisse wären nicht möglich geworden ohne den Einsatz neuer Techniken, hier insbesondere durch den Bau neuer größerer Instrumente und die Entwicklung größerer und schnellerer Rechenanlagen. Dem Einsatz letzterer verdanken die Sonnenforscher nicht zuletzt die Aussage, daß die Sonne zwar ihren Zustand laufend verändert, daß aber noch einige Milliarden Jahre vergehen werden, ehe die Änderung so groß sein wird, daß sie dann als Riesenstern das Leben auf der Erde auslöscht. □

DER AUTOR

Wolfgang Mattig, geboren 1927, Dr. rer. nat., war Direktor am Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik in Freiburg i. Br. und Professor für Astrophysik an der Freiburger Universität. In den wichtigen astronomischen Zeitschriften ist er mit rund 100 Beiträgen vertreten, im Verlag C. H. Beck hat er 1995 den Band *Die Sonne* veröffentlicht.



Sonnenfinsternis über dem Deutschen Museum. Die Fotomontage zeigt, was am 11. August 1999 in München zu sehen sein wird – einen wolkenlosen Himmel vorausgesetzt.

WENN UNS DER MOND DIE SONNE NIMMT

Die Totale Sonnenfinsternis am 11. August 1999

VON GERHARD HARTL

Am Mittwoch, dem 11. August 1999 werden wir – vorausgesetzt der Himmel ist nicht bewölkt und wir befinden uns innerhalb des Sichtbarkeitsgebiets – Zeugen eines astronomischen Jahrhundertsspiels: einer Totalen Sonnenfinsternis. München liegt innerhalb der etwas über 100 Kilometer breiten Totalitätszone, welche sich quer durch Süddeutschland zieht. Das ist eine große Seltenheit. Die letzte von München aus zu sehende Totale Sonnenfinsternis war 1706, die nächste wird erst wieder im Jahre 2151 zu sehen sein!

Die Sonne wird bei der Sonnenfinsternis am 11. August 56 Grad über dem Horizont stehen und für etwas mehr als zwei Minuten vom Mond ganz verdeckt sein. Es wird fast dunkel, die Luft kühlt merklich ab, der Horizont glimmt nur noch in fahlem, gelblichem Licht. Hellere Sterne und die Planeten Venus und Merkur werden plötzlich am blau-schwarzen Firmament sichtbar; um die Sonne erscheint ein Strahlenkranz, die Korona, die äußere Atmosphärenschicht der Sonne. Mit Ferngläsern und Fernrohren kann man am Sonnenrand sogar pinkfarbene Flammenzungen, die Protuberanzen, erkennen.

WAS IST EINE SONNENFINSTERNIS?

Bei einer Sonnenfinsternis schiebt sich, von der Erde aus gesehen, der Mond vor die Sonne. Der Mond steht auf der sonnenzugewandten Seite, die Sonne wird direkt verdeckt. Nicht zu verwechseln ist die Sonnenfinsternis

mit der Mondfinsternis. Bei dieser steht der Mond an der sonnenabgewandten Seite. Er läuft durch den Schatten der Erde und wird dadurch verdunkelt. Von einer *Partiellen Sonnenfinsternis* spricht man, wenn die Verdeckung der Sonne durch den Mond nur teilweise geschieht. Bei einer *Totalen Sonnenfinsternis*, wie der am 11. August 1999, verschwindet die Sonne für einige Minuten vollständig hinter dem Mond. Es wird dabei fast dunkel (siehe Grafik Seite 22).

Eine Sonnenfinsternis kommt dann zustande, wenn der relativ kleine Mond (Durchmesser 3.500 Kilometer) die riesige, gleißend helle Sonne (Durchmesser 1.400.000 Kilometer) abdeckt. Die Sonne ist zwar 400mal größer als der Mond, aber auch 400mal weiter von uns entfernt. Dadurch erscheinen uns beide am Himmel gleich groß – nämlich unter einem Winkel von einem halben Grad.

Eine Sonnenfinsternis ist nur möglich, wenn der Mond zwischen Sonne und Erde tritt. Dies ist im Prinzip bei jedem Neumond der Fall. Da die Mondbahn aber um 5 Grad gegenüber der Erdbahnebene (Ekliptikebene) geneigt ist, läuft der Mond in der Neumondphase meist oberhalb oder unterhalb der Sonnenscheibe vorbei. Der Mond verfinstert, von der Erde aus betrachtet, nur dann die Sonne, wenn die Neumondposition in oder nahe bei einem der beiden Schnittpunkte (Knotenpunkte) der Mondbahn mit der Ekliptik steht.

Der Mond wirft im Licht der Sonne einen maximal knapp 300 Kilometer breiten Kernschatten auf die Erde. Dieser Kernschatten verharrt aber nicht an einem Ort. Vielmehr rast er mit einer Geschwindigkeit von über

Abbildung: Deutsches Museum

2.000 Kilometern pro Stunde in einem viele 1.000 Kilometer langen Streifen über die Erdoberfläche – genauer: Eigentlich dreht sich die Erdoberfläche aufgrund der Erdrotation durch den Schatten. Nur in diesem schmalen, langen Korridor ist die Finsternis total (siehe Seite 23 oben).

Die Totalität dauert an einem Ort nur solange, bis der Schattenfleck darüber hinweggerast ist. Außerhalb der Totalitätszone sieht man nur eine teilweise abgedeckte Sonnenscheibe. Die Breite dieses Halbschattengebietes mißt bis zu 7.000 Kilometern.

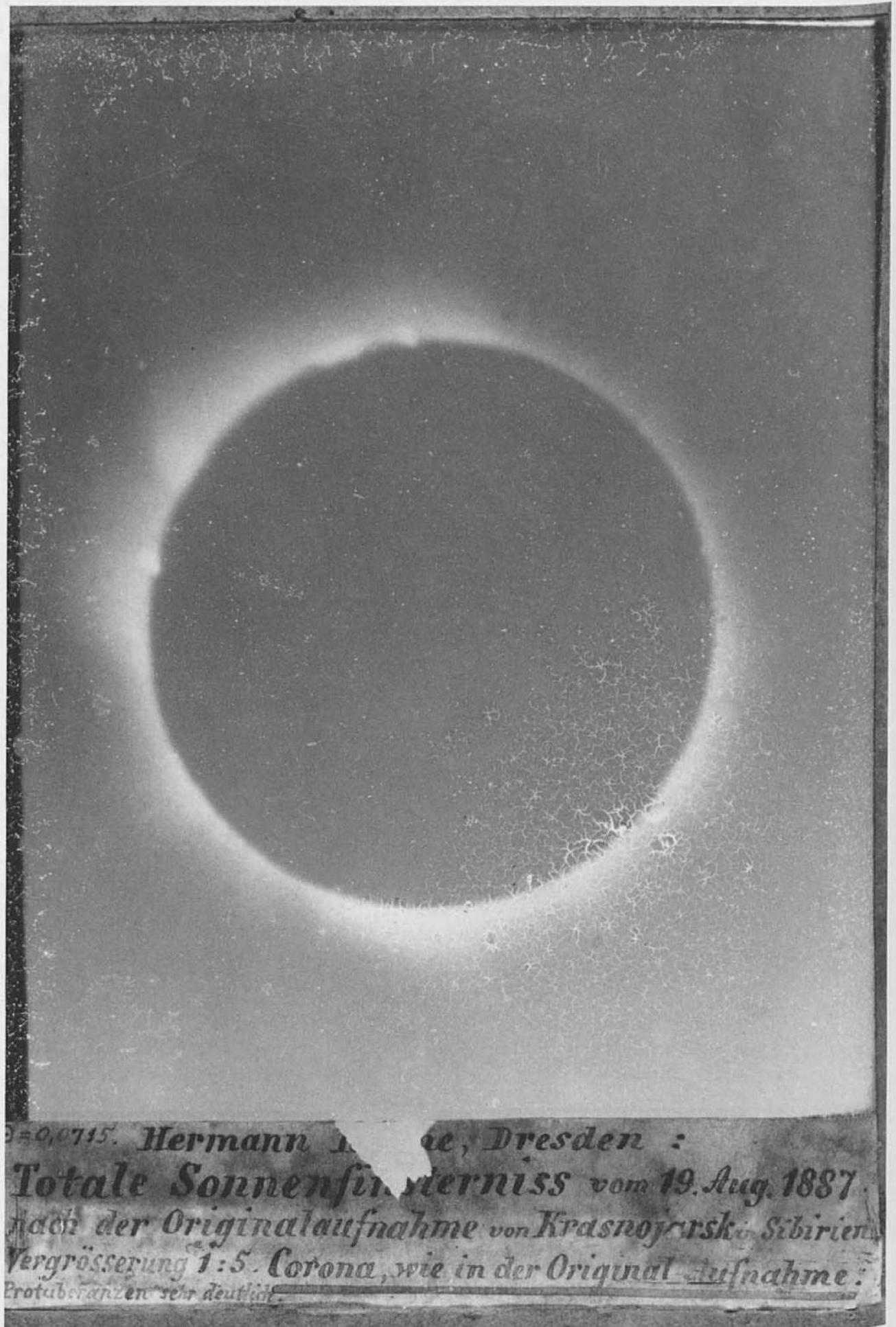
TOTAL, PARTIELL ODER RINGFÖRMIG?

Für Beobachter, die sich innerhalb des Kernschattenfleckes befinden, erscheint die Sonne ganz abgedeckt. Trifft der Kernschattenkegel des Mondes nicht die Erde, sondern streicht knapp an unserem Globus vorbei, spricht man von einer partiellen Sonnenfinsternis. Ein Teil der Erde liegt dann im Halbschatten des Mondes.

Unter bestimmten Bedingungen erscheint die Sonne auch innerhalb des Kernschattengebietes nicht ganz verdeckt, ein schmaler Ring der Sonne bleibt um die Mondscheibe sichtbar. Man spricht dann von einer ringförmigen Sonnenfinsternis. Der Mond ist in diesem Fall „zu klein“, um die Sonne ganz abzudecken, da er von der Erde weiter weg steht.

Da sowohl die Erde um die Sonne als auch der Mond um die Erde auf elliptischen Bahnen laufen – und damit während eines Umlaufes ihr Abstand variiert – sind die scheinbaren Größen von Sonne und Mond nicht konstant. In geringstem Erdbabstand (Perigäum) erscheint der Mond unter einem Winkel von $33^{\circ}32''$, in größtem Erdbabstand (Apogäum) unter einem Winkel von $29^{\circ}14''$.

Hat andererseits die Erde auf ihrer Bahn den geringsten Sonnenabstand erreicht (Perihel), sehen wir die Sonnenscheibe mit einem Winkeldurchmesser von $32^{\circ}32''$, im Bahnpunkt des größten Sonnenabstandes (Aphel) sehen wir sie unter einem Winkeldurchmesser von $31^{\circ}28''$. Letztendlich entscheiden diese geringfügigen Unterschiede der Scheibendurchmesser, ob eine zentrale Sonnenfinsternis total oder ringförmig erscheint.



Eine der ersten Fotografien einer Totalen Sonnenfinsternis, aufgenommen von Hermann Krone, Dresden, am 19. August 1887.

DAUER DER TOTALITÄT UND PHÄNOMENE WÄHREND EINER SONNENFINSTERNIS

Die Dauer der Totalitätsphase an einem Ort hängt vom Fleckdurchmesser des Mondkernschattens und von der Geschwindigkeit ab, mit der dieser den Ort überstreicht. Bei Kernschattenflecken mit Durchmessern von 100 bis maximal 300 Kilometern und Geschwindigkeiten von über 2.000 bis 2.500 Kilometern pro Stunde ergibt

sich bei Totalen Sonnenfinsternissen eine Dauer von etwa zwei bis sieben Minuten.

Während einer Sonnenfinsternis gibt es eigentümliche Lichtsituationen, meteorologische Phänomene und Reaktionen der Natur.

- **Lichtphänomene.** Wird die Sonne nur teilweise vom Mond verdeckt – bei einer partiellen Finsternis oder in den Phasen zunehmender beziehungsweise abnehmender Bedeckung vor und nach der Totalität –, ist das auf

der Erdoberfläche einfallende Sonnenlicht entsprechend dem Grad der momentanen Bedeckung abgeschwächt. Dies bewirkt eine eigenartige Lichtsituation, die wir vom Sonnenuntergang her kennen – nur daß dazu der Einstrahlwinkel nicht paßt. Während dieser beim Sonnenuntergang flach ist, ist er bei Finsternissen, wie zum Beispiel am 11. August 1999, meist viel steiler. Dieser steile Lichteinfall bei geminderter Lichtintensität widerspricht unserer Alltagserfahrung und löst bei vielen Menschen ein beklemmendes Gefühl aus.

• **Die Natur.** Bei Eintritt der Totalität wird das Restlicht plötzlich so sehr vermindert, daß die Situation mit einer Vollmondnacht vergleichbar wird: Der Horizont glimmt nur noch in fahlem, gelblichem Licht, das Firmament erscheint blau-schwarz und helle Sterne und eventuell am Himmel stehende Planeten werden sichtbar.

Die Vollmondnacht-ähnliche Phase wird begleitet von verschiedenen Re-

aktionen der Natur: Tiere legen sich zur Ruhe, Vögel verstummen, Blumen schließen ihre Blütenkelche. Es kühlt merklich ab, ein leichter Luftzug – der Finsterniswind – streicht über die Landschaft, Tau bildet sich. Aber schon nach wenigen Minuten endet diese „Nacht bei Tage“, und alles kehrt sich langsam wieder zur Normalität.

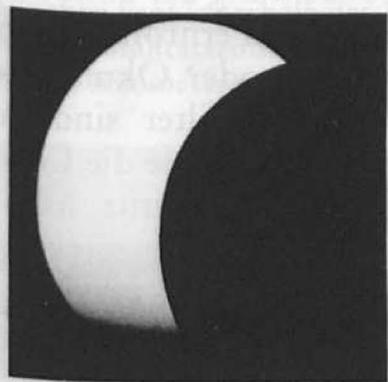
• **Der Mond.** In der partiellen Bedeckung sieht man die Sonne als helle Sichel. Der davor stehende Mond ist als Scheibe kaum wahrzunehmen, da

er vom Restlicht der Sonne überstrahlt wird. An der Innenseite der Sonnensichel sieht man aber das Relief des Mondrandes mit Bergen und Tälern. Zu Beginn und Ende der totalen Bedeckung streicht das letzte beziehungsweise erste Sonnenlicht durch die Täler des Mondes; helle Lichtpunkte am Rand der dunklen Mondscheibe gaben dieser Erscheinung ihren Namen: Perlenketten- oder Diamantring-Effekt.

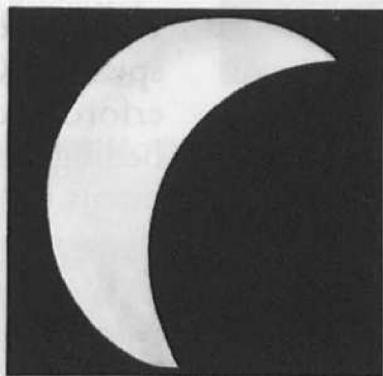
• **Die Sonne: Korona und Protuberanzen.** In der kurzen Phase der

LETZTE UND NÄCHSTE SONNENFINSTERNISSE IN MÜNCHEN

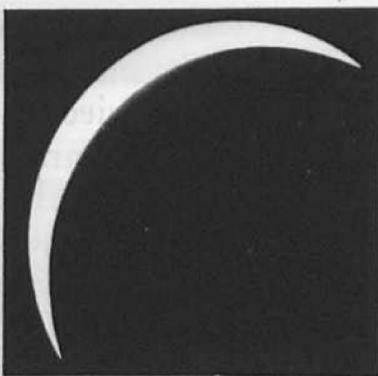
Letzte Totale Sonnenfinsternis in München:	12. Mai 1706
Letzte Totale Sonnenfinsternis in Deutschland, die in München partiell zu sehen war:	19. August 1887
Letzte Partielle Sonnenfinsternis in München:	12. Oktober 1996
Nächste Partielle Sonnenfinsternis in München:	21. Mai 2003
Nächste Totale Sonnenfinsternis in Deutschland, die in München partiell zu sehen sein wird:	3. September 2081
Nächste Totale Sonnenfinsternis in München:	14. Juni 2151



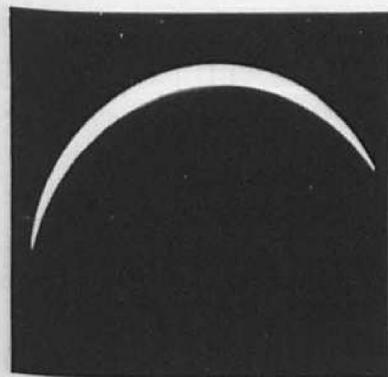
8.12 Uhr



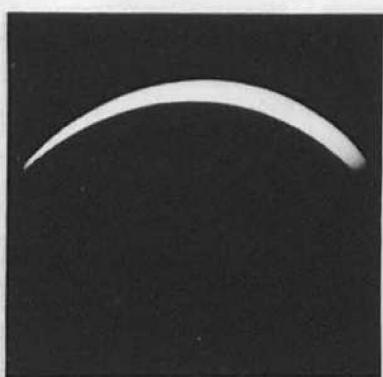
8.21 Uhr



8.40 Uhr



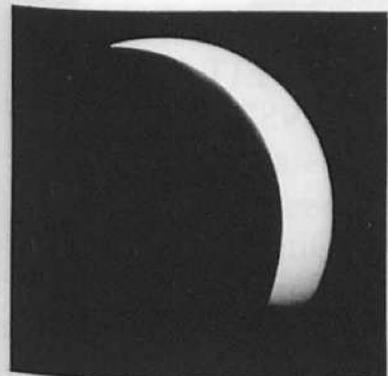
8.43 Uhr



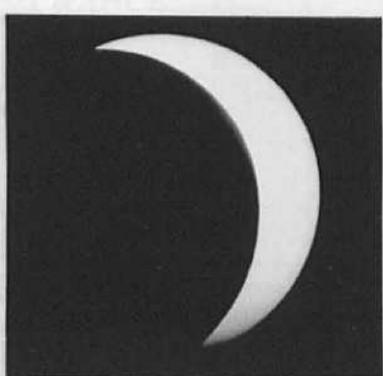
8.49 Uhr



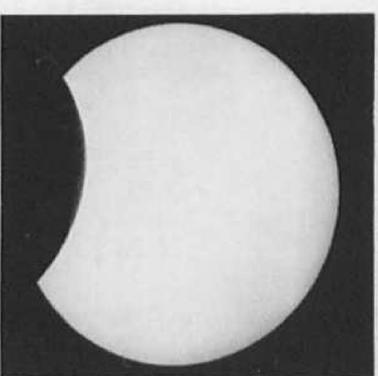
8.51 Uhr



8.55 Uhr



8.58 Uhr

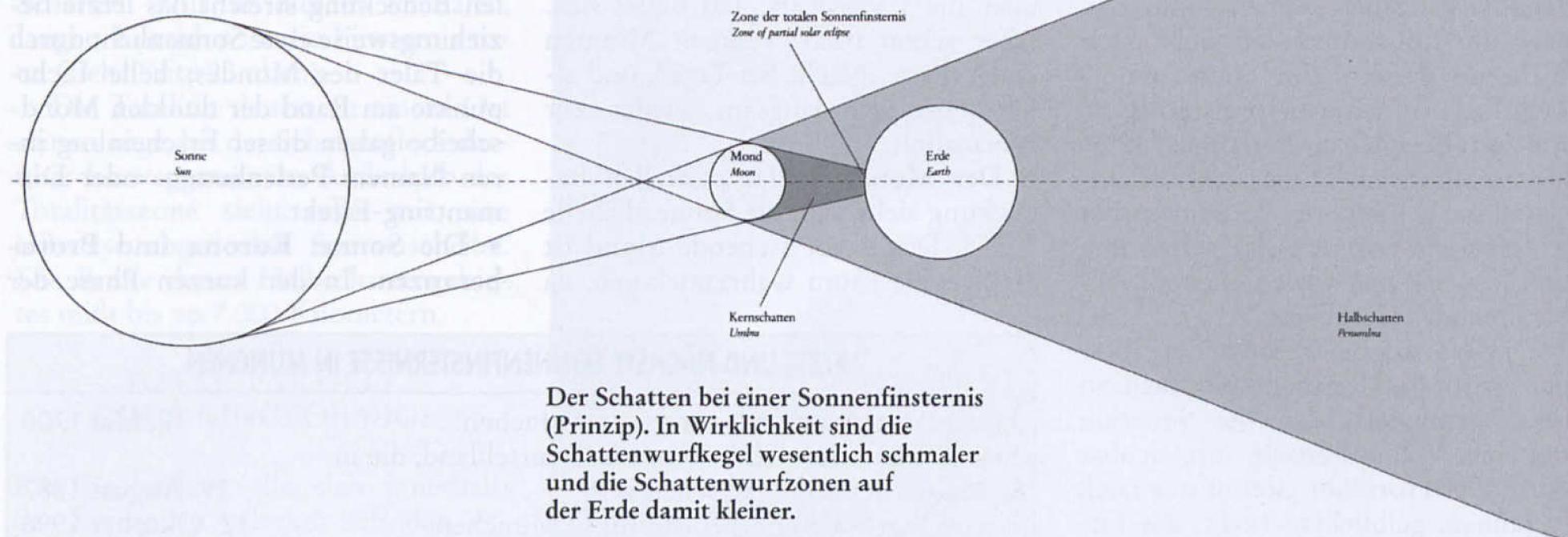


9.40 Uhr

totalen Abdeckung der Sonne durch den Mond werden Details der Sonne sichtbar, die dem Auge normalerweise verborgen bleiben. Die Sonnenkorona besteht aus sehr heißem, dünnem ionisiertem Gas. Ihre Form wird durch das Magnetfeld der Sonne bestimmt. Die Korona wird normalerweise von der Strahlung der sichtbaren Sonnenoberfläche, der Photosphäre, überstrahlt. Während einer Totalen Sonnenfinsternis ist sie aber sichtbar – mit einem Trick gelingt dies aber auch ohne Totale Sonnenfinsternis: mit Hilfe einer Kegelblende, welche in einem Fernrohr genau die Sonnenscheibe abdeckt.

Aber noch ein zweites Detail der Sonne zeigt sich, während die Sonnenscheibe ganz vom Mond abgedeckt wird: rötlich gefärbte Flammzungen oder Bögen am Rand der Sonne, die Protuberanzen. Dabei handelt es sich um Sonnenmaterial der Chromosphäre – im wesentlichen Wasserstoff – welches mit Geschwindigkei-

Wenn Sie, wie der Autor, mittleren Alters sind, werden Sie sich vielleicht noch daran erinnern: Am Vormittag des 15. Februar 1961 sah man von München aus eine partielle Sonnenfinsternis mit 95prozentiger Bedeckung. Die Aufnahmen stammen vom Projektionsschirm am Zeiss-Refraktor der Sternwarte West des Deutschen Museums.



Der Schatten bei einer Sonnenfinsternis (Prinzip). In Wirklichkeit sind die Schattenwurfkegel wesentlich schmaler und die Schattenwurfzonen auf der Erde damit kleiner.

ten bis zu 700 Kilometern pro Sekunde aus der Sonne bis in große Höhen hinausgeschleudert wird. Diese Erscheinung ist an der nicht verfinsterten Sonne nur mit speziellen Filtern, während einer Totalen Sonnenfinsternis aber für das bloße Auge sichtbar (sofern sich zur Zeit der Finsternis gerade eine Protuberanz am Rand ausgebildet hat).

WIE IST EINE SONNENFINSTERNIS ZU BEOBACHTEN?

Die eigentliche Totalitätsphase verfolgt man am besten nur mit freiem Auge, ohne Fernglas oder Fernrohr,

an einem Ort mit möglichst ungestörtem Blickfeld. Die plötzlich eintretende Dunkelheit, die Sonnenkorona und auch die Protuberanzen am Sonnenrand sind gefahrlos auch ohne Filter zu beobachten.

Die etwa je eineindrittel Stunden dauernden Phasen der langsam zunehmenden und wieder abnehmenden Verdeckung der Sonne, in denen sie als abnehmende beziehungsweise zunehmende Sichel zu sehen ist, beobachtet man als Laie mit einer Finsternisbrille oder einem Stück Filterfolie. Das viel zu intensive Sonnenlicht wird durch sie so weit abgeschwächt, daß die Sonne beobachtbar wird. Doch

Vorsicht: Die Folie darf nicht beschädigt sein, denn sonst könnten die Augen durch nicht abgeschwächtes Sonnenlicht – eventuell irreparabel – geschädigt werden!

- Für die Beobachtung der Sonne mit Feldstechern oder Fernrohren sind spezielle Objektiv- oder Okularfilter erforderlich. Objektivfilter sind unbedingt vorzuziehen, da sie die Lichtintensität schon bei Eintritt in die

Vorsicht! Für die Beobachtung der Sonne mit optischen Instrumenten sind spezielle Sonnenfilter erforderlich. Nicht abgeschwächtes Sonnenlicht kann die Augen irreparabel schädigen!

Geräteoptik abschwächen. Okularfilter mindern die Lichtintensität erst kurz vor Austritt aus dem Gerät, wodurch sie sehr heiß werden. Filter und verkittete Okulare können durch die hohe Temperatur platzen. Bei Spiegelteleskopen sollten ausschließlich Objektivfilter verwendet werden.

- Finsternisbrillen und Filterfolien sind bei Optikern oder im Astrohandel erhältlich.

HÄUFIGKEIT VON SONNENFINSTERNISSEN

Sonnenfinsternisse sind relativ häufige Ereignisse. Im Durchschnitt verdeckt der Mond, von der Erde aus gesehen, die Sonne zweimal pro Jahr. Dies ist aber jeweils nur in einem sehr begrenzten Gebiet auf der Erde zu sehen. Die Sichtbarkeit einer Sonnen-

ABLAUF DER TOTALEN SONNENFINSTERNIS AM 11. AUGUST 1999 FÜR MÜNCHEN			
	Uhrzeit MESZ	Azimut	Höhe
Mondaufgang (am Osthorizont):	05:46	-115°20'	—
Sonnenaufgang (am Osthorizont):	06:02	-114°28'	—
Beginn der partiellen Finsternisphase (1. Kontakt: der Mond beginnt sich vor die Sonne zu schieben):	11:16	- 48°14'	48°37'
Beginn der Totalität (2.Kontakt):	12:37	- 18°22'	56°06'
Ende der Totalität (3.Kontakt):	12:39	- 17°31'	56°12'
Ende der partiellen Finsternisphase (4.Kontakt: der Mond gibt den Blick auf die Sonne wieder ganz frei):	14:00	+ 17°56'	56°08'
Sonnenuntergang (am Westhorizont):	20:35	+114°10'	—
Monduntergang (am Westhorizont):	20:44	+112°21'	—

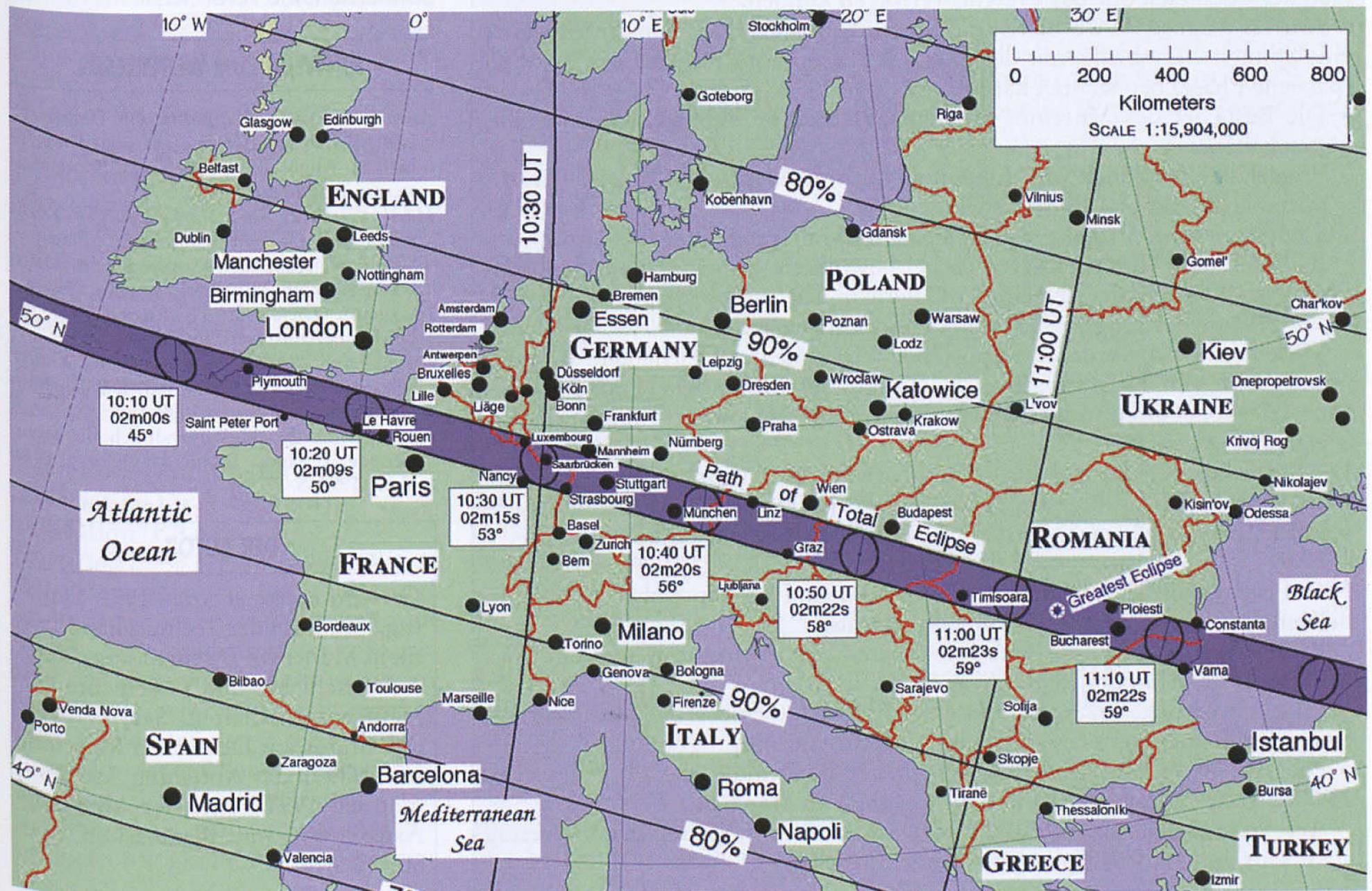
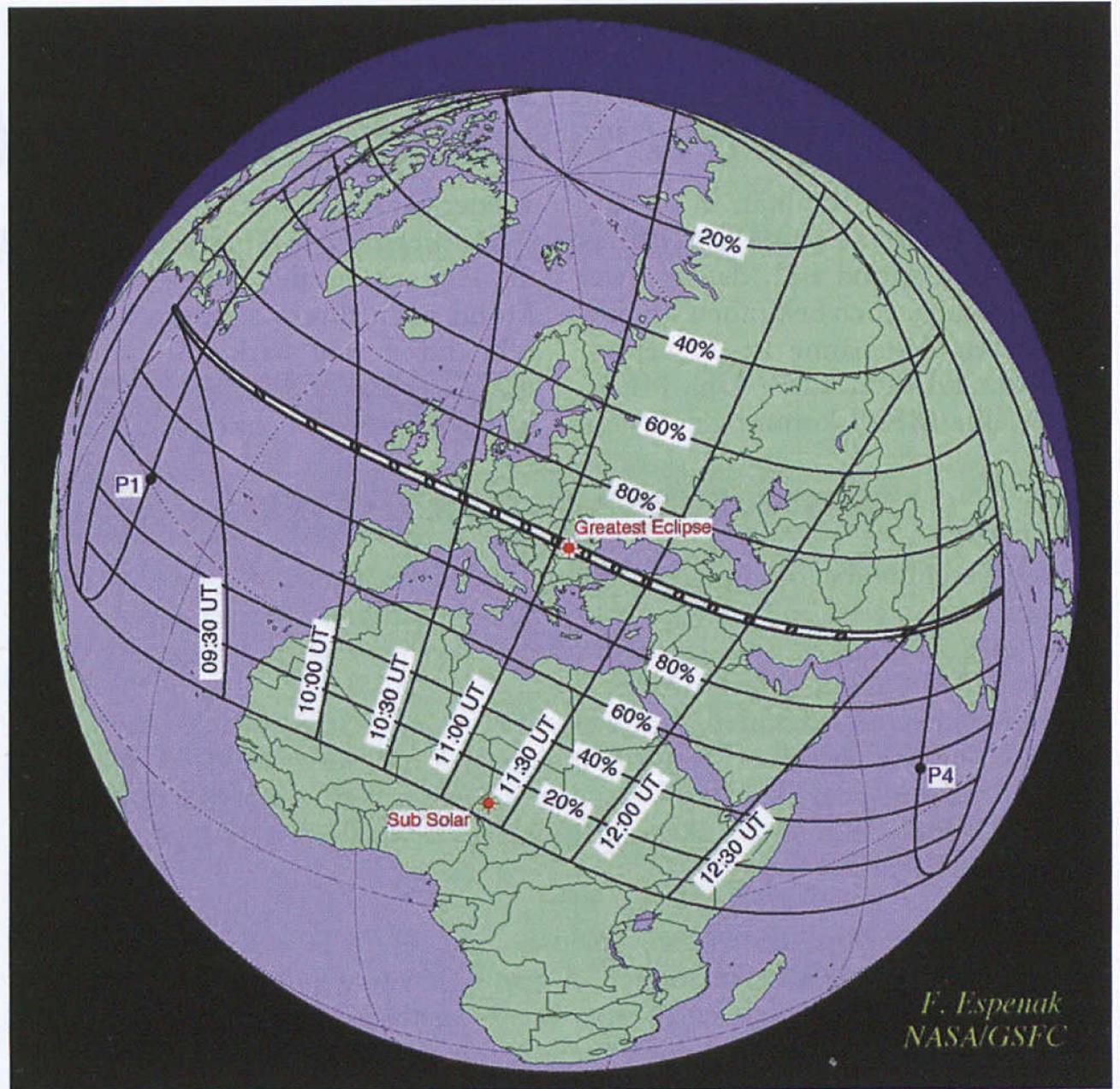
Der Azimutwinkel gibt die Himmelsrichtung an; Süden ist dabei 0°, Ost -90°, West +90°. Der Höhenwinkel gibt die Höhe über dem Horizont an.

finsternis für einen bestimmten Ort ist deshalb relativ selten, eine Totale Sonnenfinsternis ist noch seltener. Es kann mehrere Jahrhunderte dauern, bis der Kernschatten des Mondes wieder auf dieselbe Stelle der Erdoberfläche fällt.

DIE SONNENFINSTERNIS AM 11. AUGUST 1999 IN MÜNCHEN

Nach Sonnenaufgang steht der Mond schon nahe bei der Sonne. Da er aber in dieser Phase noch von der Sonne überstrahlt wird, bemerken wir ihn erstmals, wenn er beginnt, die Sonne zu bedecken. Dies geschieht um 11.16 Uhr Mitteleuropäischer Sommerzeit (MESZ beziehungsweise 10.16 Uhr Mitteleuropäischer Zeit, MEZ). Innerhalb von einer Stunde und 21 Mi-

Rechts: Verlauf der schmalen Totalitätszone der Sonnenfinsternis vom 11. August 1999 auf dem Erdglobus. – Unten: Verlauf der Totalitätszone der Sonnenfinsternis vom 11. August 1999 über Europa. München liegt innerhalb der 109 Kilometer breiten Totalitätszone und nur etwa 30 Kilometer südlich der Zentrallinie.



SONNENFINSTERNIS AM 11. AUGUST 1999

nuten schiebt sich der Mond nun vor die Sonne. Um 12.37 Uhr Mittel-europäischer Sommerzeit (11.37 Uhr MEZ) hat der Mond die Sonne ganz verdeckt.

Die Phase der Totalität, in der die Sonne im wahrsten Sinne des Wortes „hinter dem Mond ist“, dauert zwei Minuten und sieben Sekunden. In dieser kurzen Zeitspanne ist es weitgehend dunkel. Um 12.39 Uhr MESZ (11.39 Uhr MEZ) kommt die Sonne

wieder hinter dem Mond hervor, und innerhalb von einer Stunde und 21 Minuten wandert der Mond wieder aus der Sonnenscheibe. Um 14.00 Uhr MESZ (13.00 Uhr MEZ) ist die Sonne wieder ganz zu sehen.

Bei bewölktem Himmel sieht man die Abdeckung der Sonne durch den Mond nicht direkt sondern nur indirekt durch eine starke Abdunkelung des Tageslichtes. Die mittlere Bewölkungswahrscheinlichkeit für München

am 11. August liegt bei 53 Prozent. Die Wahrscheinlichkeit, das Ereignis in vollem Umfang beobachten zu können, liegt also nur bei 47 Prozent.

WO AUF DER ERDE IST DIE FINSTERNIS ZU SEHEN?

Erstmals trifft der Kernschatten des Mondes unsere Erde im Atlantik vor der Ostküste Amerikas. Der Schattenfleck rast dann über den Atlantik und erreicht Europa an der Südspitze Englands. Über Frankreich, Deutschland, Österreich und Ungarn geht es weiter nach Rumänien. Dort liegt das Finsternismaximum mit der längsten Dauer von 2 Minuten 23 Sekunden und der größten Breite der Totalitätszone von 112 Kilometern. Weiter zieht sich die Totalitätszone über die Türkei, den Iran, Pakistan und Indien, bevor sie schließlich vor der indischen Küste im Meer endet.

Partiell ist die Sonnenfinsternis jeweils etwa 3.500 Kilometer nördlich und südlich der Zentrallinie zu sehen. Mit zunehmendem Abstand nimmt der Bedeckungsgrad ab. In Hamburg werden nur noch etwa 85 Prozent der Sonnenscheibe verdeckt. □

DAS DEUTSCHE MUSEUM UND DIE SONNENFINSTERNIS

An größeren Beobachtungseinrichtungen stehen im Museum zur Verfügung:

- Ein Sonnenteleskop mit Sonnenprojektion (Bild Durchmesser 0,9 m) und Life-Spektrum des Sonnenlichts (mit den Fraunhoferschen Absorptionslinien) in der Ausstellung Astronomie;
- ein 40-cm-Goerz-Lichtenknecker-Reflektor in der Sternwarte Ostkuppel;
- ein 30-cm-Zeiss-Refraktor mit Sonnenprojektion oder direkter Okularbeobachtung (optional Ha-Filter vorschaltbar) in der Sternwarte Westkuppel;
- ein 7,5-Meter-Radio-Teleskop im Freigelände mit Beobachtungsstation in der Luftfahrthalle.

Das Deutsche Museum und die Beobachtergruppe Sternwarte Deutsches Museum bieten zur Totalen Sonnenfinsternis 1999 folgenden Service:

- Im Internet: eigene Infoseiten über die Sonnenfinsternis im DM-Angebot (<http://www.deutsches-museum.de/eclipse.htm>); während der Sonnenfinsternis Übertragung von Life-Bildern ins Netz, damit auch Interessenten außerhalb der Totalitätszone das Ereignis verfolgen können.

- Am 11. August 1999 erhalten die Museumsbesucher mit der Eintrittskarte eine Sonnenschutzbrille, mit der man die Phasen vor und nach der Totalität (partielle Phase) beobachten kann.

- Die Besucher des Museums werden verschiedene Beobachtungsmöglichkeiten haben:

- Freigelände im Süden und Innenhof, wo vom Deutschen Museum transportable Teleskope aufgestellt werden;
- Sonnenteleskop (Projektion und Spektrum) im Treppenhaus 3.-5.OG;
- Radioteleskop (funktioniert auch bei bewölktem Himmel!), die Beobachtungsstation befindet sich auf der Galerie in der Luftfahrthalle;
- Freigelände der Flugwerft Schleißheim, dem Zweigmuseum des Deutschen Museums. Dort werden transportable Teleskope des Deutschen Museums aufgestellt sein. Es ist für auswärtige Gäste aber auch möglich, dorthin eigene Teleskope mitzubringen und im Kreise von Amateurastronomen das Ereignis zu genießen.

Die Sternwarte Ostkuppel ist für Besucher am 11. August nicht zugänglich. Dort wird die Beobachtergruppe der Sternwarte Deutsches Museum wissenschaftliche Beobachtungen durchführen und das Ereignis dokumentieren.

Eine Planetariumsshow, welche im Zeitraum Juni bis September 1999 läuft, behandelt speziell das Thema Sonnenfinsternis.

Es gibt ein Informationsblatt zum Thema Sonnenfinsternis und ein Themenheft „Sonne“ in der Reihe „Wissen Vertiefen“.

Eine Astrowoche im Kerschensteiner-Kolleg (geschlossene Veranstaltung) bietet den Teilnehmern ein einwöchiges Veranstaltungsprogramm.

Die Abteilung Museumspädagogik bietet für Kinder am 11. August ab 13.30 Uhr eine Malwerkstatt und die Lesung von Märchen an.

Am Vortag, dem 10. August, findet um 19 Uhr ein öffentlicher Vortrag statt: Tips und Informationen zur Sonnenfinsternis.

HINWEISE ZUM WEITERLESEN

Astronomie und Raumfahrt im Unterricht, Heft 49, Februar 1999, 36. Jahrgang. Themenheft: 11. August 1999 – die Totale Sonnenfinsternis in Süddeutschland.

Hartl, Gerhard, Karl Märker, Jürgen Teichmann und Gudrun Wolfschmidt: Planeten, Sterne Welteninseln. Astronomie im Deutschen Museum. München, Stuttgart 1993.

Herrmann, Dieter, B.: 11. August 1999, die Jahrhundertfinsternis, Berlin 1999.

Kippenhahn, Rudolf, und Wolfram Knapp: Schwarze Sonne, roter Mond. Die Jahrhundertfinsternis. Stuttgart 1999.

Roth, Günter D. (Hg): Handbuch für Sternfreunde, 2 Bände, Berlin, Heidelberg, New York, 1994, S. 87-94.

DER AUTOR

Gerhard Hartl, geboren 1951, Dipl.-Ing., Studium der Technischen Physik in München; Zweitstudium Neuere Geschichte und Geschichte der Naturwissenschaften. Seit 1977 ist er Kurator am Deutschen Museum, seit 1983 in der Abteilung Astronomie, seit 1994 Leiter der Abteilung Astronomie mit Planetarium und Sternwarte.

SURFEN MIT UND OHNE SONNE

Empfehlenswerte Webseiten zur Sonnenfinsternis

Deutsches Museum München

<http://www.deutsches-museum.de/eclipse.htm>

Informationen über die Seltenheit des Ereignisses (die letzte und die nächste totale und partielle Sonnenfinsternis in München und in Deutschland), den zeitlichen Verlauf der Sonnenfinsternis in München, Landkarte mit Angaben zur Sichtbarkeit in Süddeutschland und die Veranstaltungen des Deutschen Museums.

Bayerische Volkssternwarte München

<http://www.lrz-muenchen.de/~t7121bl/astro/sofi.html>

Die Seite enthält neben dem Programmangebot der Bayerischen Volkssternwarte und Links zu den anderen Münchener SOFI-Veranstaltern einen Überblick über die Kontaktzeiten von Orten im Umfeld Münchens.

Bild der Wissenschaft (BdW)

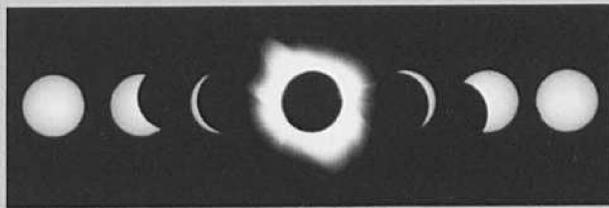
<http://www.wissenschaft.de/bdw/sofi99/index.html>

Rund um die Sonnenfinsternis werden viele Veranstaltungen angeboten. Dieser ständig aktualisierte Veranstaltungskalender listet die Informationsveranstaltungen, Vorträge, Seminare und Konferenzen auf, welche über das bevorstehende Naturspektakel informieren.

Astronomy online – European Association for Astronomy Education (EAAE)

<http://www.eso.org/aol/eclipse99/>

Besonders geeignet für Schüler und Lehrer mit einer Einführung zum Thema, Sonnenfinsternis – wo, wann, und wie ist eine Sonnenfinsternis zu beobachten, wie ist sie zu fotografieren? Ferner werden sieben Experimente für Schüler (unter anderen Bestimmung der Mondentfernung, Grad der Finsternis, Sonnenrotationsdauer, meteorologische Phänomene) be-



Ablauf der Sonnenfinsternis am 11. Juli 1991.

schrieben und die dazu erforderlichen Unterlagen angeboten. Weitere Sonnenfinsternis-Links, sortiert nach allgemeinen Infos, Beobachtungstips, Fotodokumentation und Fotoausrüstung und Links zu Astroausbildungsprojekten in elf europäischen Ländern machen die Seite zur Fundgrube für den schulischen Bereich.

Vereinigung der Sternfreunde (VdS)

<http://iphcip1.physik.uni-mainz.de/~astro/eclipse99/>

Allgemeine Informationen über Sonnenfinsternisse, Neuigkeiten, Lehrer-Infos, Zeitplan zur Sonnenfinsternis, die Finsterniszone, das Wetter, Beobachtungsorte und Sternwarten in der Finsterniszone und Hinweise auf andere Finsternisseiten (in verschiedenen Sprachen).

NASA, Goddard Space Flight Center, Fred Espenak

<http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/TSE1999/TSE1999.html>

Die sicher renommierteste Sonnenfinsternis-Seite mit einer Fülle an Daten zur Sonnenfinsternis 99. Aus dieser Quelle haben wohl die meisten der mit dem Thema befaßten Autoren ihre Informationen entnommen (auch der Autor dieses Artikels).

Dr. Strickling's Homepage

<http://home.t-online.de/home/Dr.Strickling/sunlinks.htm>

Über 200 Links zu folgenden Punkten: Allgemeines zur Sonne, aktuelle Sonnenbilder, Sonnenfinsternisse und Planetendurchgänge, Daten, Zahlen, Fakten zur Sonne, Amateurastronomie-Links in aller Welt, Profi-Ob-

servatorien, Weltraum-Observatorien und Satelliten, allgemeine Astro-Links. Die Seite bietet eine überwältigende Fülle an Informationen und Hinweisen. Sie ist ein idealer Ausgangspunkt für den Astro-Surfer.

Live! Eclipse 99

<http://www.solar-eclipse.org/>

Die Autoren dieser Seite haben es sich zum Ziel gesetzt, die Astronomie über das Internet populärer zu machen. Anlässlich der Finsternis sollen Live-Veranstaltungen die Spannung und Aufregung, welche die Sonnenfinsternis begleitet, in alle Welt transportieren. Dies geschieht insbesondere durch die Einspeisung von Live-Bildern – aufgenommen mit Web-Kameras – aus verschiedenen Ländern direkt ins Netz. Die Autoren geben an, daß es zwei Wege gibt, Mitglieder der *Live!-Eclipse*-Gruppe zu treffen: Der erste Weg ist, direkt vor Ort an die Plätze der Totalität zu reisen, der zweite ist, einfach diese WEB-Seite zu besuchen und so die Finsternis zu erleben.

Verein der Amateurastronomen des Saarlandes e.V.

<http://www.astronomie.de/sofi/index.htm>

Eine Seite, mit der man sich umfassend über das Phänomen Sonnenfinsternis informieren kann. Angebotene Themen: Einführung (Historisches, Entstehung einer Finsternis, Saroszyklus, Literatur, Diskussions-Board), Erlebnisberichte von Sonnenfinsternissen (Photographische Aufnahmen Bolivien 1994, Sibirien 1997 und Malaysia 1998), praktische Beobachtung einer Sonnenfinsternis (Sonnenfilter, photographische Grundlagen, Belichtungszeiten, Sonnenprojektionsschirm, Tabellen) und der 11. August 1999 (wichtige Vorbereitungsmaßnahmen auf das Ereignis und Verlaufskarten für das Saarland).

„Ach, wie schön ist dieses Gelb!“

Die Sonne in der bildenden Kunst

VON CORNELIA KEMP

Als Quelle des Lichtes und der Wärme ist die Sonne von elementarer Bedeutung für alles Leben auf der Erde. Seit jeher hat sich deshalb der Mensch diesem Gestirn besonders zugewandt und in Bild und Schrift immer neue Versuche unternommen, die besonderen Qualitäten der Sonne zu erfassen, zu umschreiben und zu würdigen.

Der zeitliche Bogen der künstlerischen Annäherung reicht von den ersten Piktogrammen in den Höhlenmalereien der Steinzeit bis zu den sonnendurchfluteten Landschaften Vincent van Goghs. Immer wieder gewinnen in den verschiedenen Epochen neue Facetten in der Betrachtung der Sonne an Bedeutung.

Zu den ältesten Zeugnissen für die Beobachtung und Verehrung der Sonne in Europa gehören die monumentalen Kultstätten aus der Jungsteinzeit, wie etwa der gigantische Steinkreis im südenglischen Stonehenge, dessen Hauptachse auf den Sonnenaufgangspunkt zur Zeit der Sommer Sonnenwende ausgerichtet ist und damit bereits die Kenntnis des Kalenders voraussetzt.

Am Beginn der künstlerischen Aneignung der Sonne steht die kultische Verehrung des Gestirns, wie sie für die europäische Kunstgeschichte in der goldenen Scheibe auf dem Sonnenwagen von Trundholm in Dänemark um 1200 v. Chr. zum Ausdruck kommt. Die reiche Ornamentik, in

der sich das Rund der Sonne vielfältig wiederholt, und der von einem Pferd gezogene sechsrädrige Wagen geben Zeugnis von einem untergegangenen nordischen Mythos, in dem die Sonne auf Wagen und Schiffen den Himmel überquerte.

In den frühen Hochkulturen wie auch in den indianischen Kulturen wurde die Sonne in den Stand einer Gottheit erhoben und in vielerlei Ge-

nengottes Aton als einziger Gottheit unterdrückt. Waren die älteren Sonnengötter Horus und Re noch in Menschengestalt und mit attributiv beigegebener Sonnenscheibe dargestellt worden, so erscheint die Gottheit Aton nur mehr als Sonnenscheibe, die ein dichtes Strahlenbündel, oft in kleine Hände endend, aussendet und damit die lebensspendende Wirksamkeit der Sonne symbolisch zum Ausdruck bringt.

Die griechische und die römische Mythologie verehrten die Sonne in Gestalt des Gottes Helios/Sol, der seinen von feurigen Rossen gezogenen Sonnenwagen über den Himmel lenkt. Die antiken Göttersagen berichten aber vor allem von der zerstörenden Kraft der Sonne: Phaeton, der Sohn des Helios, vermag es nicht, den Sonnenwagen in der Bahn zu halten und stürzt mit der verderbenbringenden Glut auf die Erde zu; auf der Flucht aus dem Labyrinth in

Kreta wagt sich Ikaros mit seinen wächsernen Flügeln zu nahe an die Sonne heran und muß diesen Übermut mit seinem Tod bezahlen.

Die Vorstellung von der göttlichen Natur der Sonne blieb auch während des Mittelalters in der Astrologie lebendig. Unter den sieben Planeten, zu denen Sonne und Mond im Mittelalter gezählt wurden, nimmt die Sonne den

Durch eine dramatische Lichtregie setzt Albrecht Altdorfer den Kampf der Griechen und Perser in der „Alexanderschlacht“, 1529, mit dem kosmischen Geschehen in Beziehung.



Der bronzene Sonnenwagen von Trundholm, um 1200 vor Christus, bezeugt, daß die Sonne bereits in der Frühzeit der Menschheit kultisch verehrt wurde.

stalt personifiziert. Die reichste Ausprägung hat dieser Sonnenglaube in Ägypten erfahren, wo der Sonnengott Re im 3. Jahrtausend v. Chr. zum Reichsgott aufstieg und die Pharaonen ihre Herkunft direkt von ihm ableiteten.

Unter Amenophis IV., dem späteren Echnaton (1370-1345 v. Chr.), schließlich wurde die Verehrung aller bisherigen Götter zugunsten des Son-

ALEXANDER M. D. AR. V. S. V. P. A. T.
C. A. S. I. N. A. C. I. E. P. E. R. S. A. R. P. E. D. I. T. C. A. M. I. Q. V. I. T.
V. I. R. O. A. M. I. N. T. E. R. E. C. T. I. S. M. A. T. R. E. Q. U. O. Q. U. E.
C. O. N. I. Y. G. E. L. I. B. E. R. I. S. D. A. R. I. R. E. G. U. M. M. H. A. V. D.
A. M. P. L. I. V. S. E. Q. V. I. T. I. B. E. V. A. D. I. L. A. P. S. C. A. P. T. I. S.



ersten Platz ein. Sie, wie auch die übrigen Planeten, verfügt nach alter Vorstellung über magische Kräfte, die sich den Menschen, den Planetenkindern, die unter diesem Zeichen geboren wurden, mitteilen. Als beherrschendes Gestirn des Himmels wird die Sonne vom Löwen als dem Sternbild, in dem sie „regiert“, begleitet; ihre Kinder sind auch zum Herrschen bestimmt, es sind glückliche und zufriedene Menschen, die der Musik und den Annehmlichkeiten des Lebens zugewandt sind und sich in Kampf und Wettstreit erproben.

Auch in der Alchemie, der „Schwester des Sternglaubens“, in der sich das Wissen über die frühe Kunst der Metallverarbeitung mit magisch-hermetischen Vorstellungen der geistig-seelischen Läuterung verbindet, spielt das Bild der Sonne eine wichtige Rolle. Sie kann für das Element des Feuers stehen, das im alchemistischen Prozeß mit den übrigen Elementen zusammenwirkt, auch vertritt sie den flüchtigen, männlichen Schwefel, der mit dem festen, weiblichen Quecksilber, dem Merkur, häufig in der Gestalt von Luna, eine Verbindung eingeht, um schließlich im konkreten wie auch im übertragenen Sinn in einem vielschichtigen Prozeß der Verwandlungen, den „Stein der Weisen“, die *prima materia*, zu erzielen. Nicht zuletzt symbolisiert die Sonne auch das Gold, das mit Hilfe dieses Steins der Weisen aus unedlem Metall hervorgebracht werden soll.

DIE SONNE IN DER CHRISTLICHEN KUNST

Die christliche Kunst des Mittelalters stützte sich in ihrer Ikonographie vor allem auf die biblische Überlieferung. So berichtet die Genesis im Schöpfungsbericht am vierten Tag über die Erschaffung der Gestirne: „Und Gott machte zwei große Lichter; ein groß Licht, das den Tag regiere, und ein klein Licht, das die Nacht regiere, dazu auch Sterne“ (1. Moses 1,16). Bei der Kreuzigung Jesu lesen wir im Markus-Evangelium von einer Sonnenfinsternis: „Und nach der sechsten Stunde ward eine Finsternis über das ganze Land bis um die neunte Stunde. Und die Sonne verlor ihren Schein“ (Markus 15,33). In der mittelalterlichen Kunst sind deshalb Sonne und

Mond häufig als Köpfe oder Büsten zu Seiten des Kreuzes dargestellt, wobei sie zum Zeichen ihrer Trauer ihre verhüllten Hände an die Wangen legen. In späterer Zeit wurde dieser Bericht aus der Passion Jesu auch als Zeugnis einer Sonnenfinsternis interpretiert und in realistischer Form von Künstlern wie Matthias Grünewald, Jacopo Tintoretto, Anthony van Dyck und Peter Paul Rubens dargestellt. Zugleich verknüpft das Evangelium in diesem Ereignis das Sterben des Gottessohnes mit der Astrologie und folgt damit einer antiken Tradition, nach der der Tod großer „leuchtender“ Männer, wie des Romulus, des Gründers von Rom, und Cäsars, von einer Sonnenfinsternis oder einem anderen stellaren Wunderzeichen begleitet wurden.

In seiner Offenbarung schließlich berichtet der Apostel Johannes: „Und es erschien ein groß Zeichen am Himmel: ein Weib, mit der Sonne bekleidet, und der Mond unter ihren Füßen, und auf ihrem Haupt eine Krone von zwölf Sternen. Und sie war schwanger, und schrie in Kindesnöten, und hatte große Qual zur Geburt“ (Offenbarung 12,1-2). Diese Vision des apokalyptischen Weibes wurde in der christlichen Ikonographie zunächst als Sinnbild der Kirche interpretiert und dann seit dem Mittelalter häufig mit Maria gleichgesetzt.

DIE SINNBILDKUNST DES 16. BIS 18. JAHRHUNDERTS

Mit einem ganzen Kosmos an Bedeutungen wurde die Sonne in der Impresen- und Sinnbildkunst des 16. bis 18. Jahrhunderts belegt. Diese Kunstgattung hatte zum Ziel, persönliche Vorhaben oder Bekenntnisse oder auch allgemeine moralische Gesetze und religiöse Glaubensinhalte in verschlüsselter Manier geistreich und witzig in Bild und Text vorzutragen. Soweit die Sonne hier für sich allein steht, verkörpert sie meist das göttliche Prinzip oder auch den Regenten als die höchste weltliche Instanz – hier sei nur an die Sonnensymbolik unter Ludwig XIV., dem Sonnenkönig, erinnert.

Meist aber ist die Sonne in ein Bezugssystem gestellt, so etwa, wenn sich die Sonnenblume der Sonne zuwendet und dieses Verhalten als das Streben nach Höherem oder auch als die

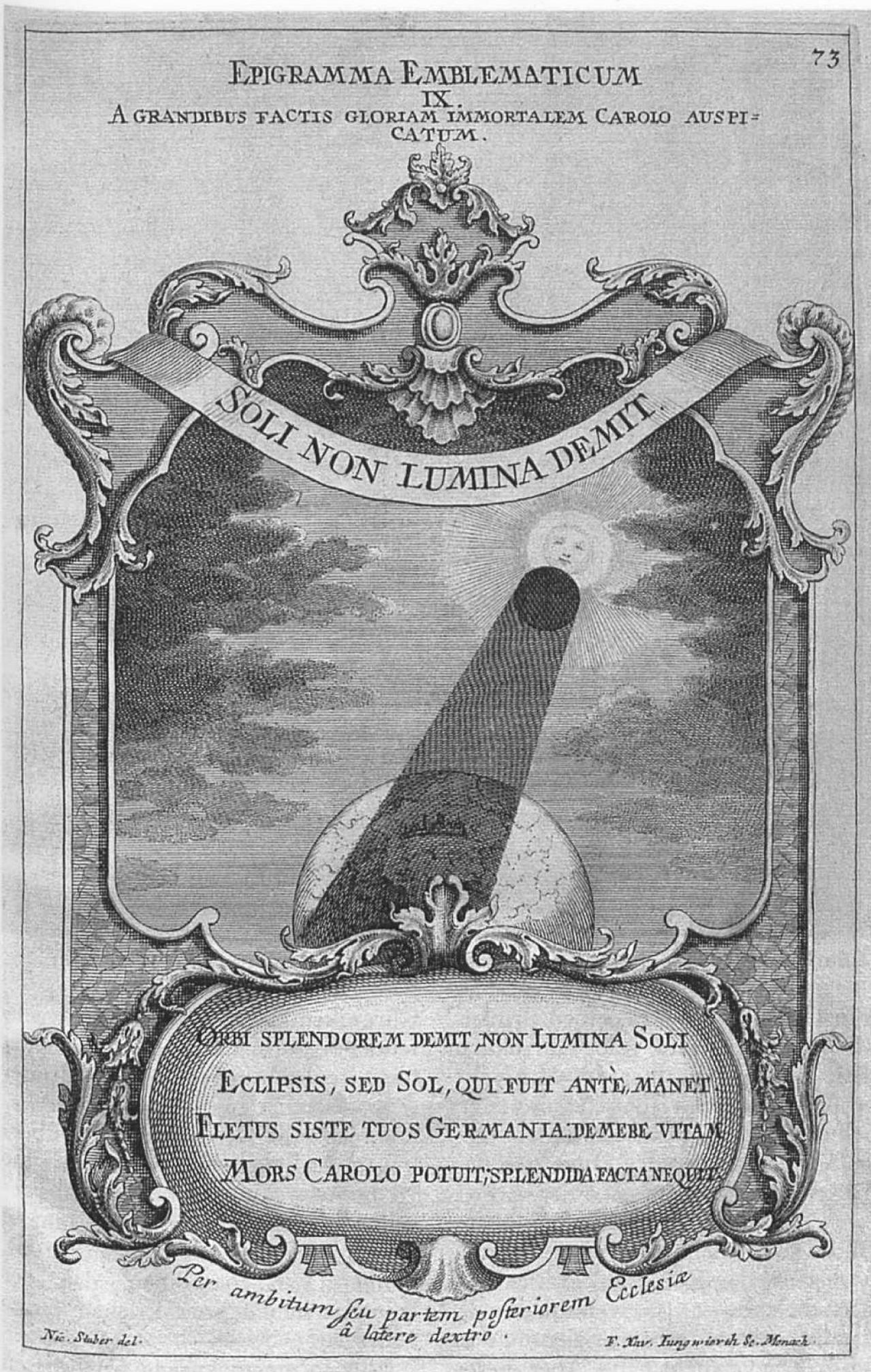
Sehnsucht des Liebenden nach der Geliebten gedeutet wird. Werden hier Licht und Wärme der Sonne als Wohltat verstanden, so kann andererseits die Sonnenglut auch in ihrem verderblichen Aspekt gedeutet werden, etwa als Sinnbild für die zerstörerische Wirkung einer übermäßigen oder nicht erwiderten Liebe. Die schwarze Sonne in der Hand des prahlerischen Heuchlers steht für sein vergebliches Bemühen, Licht in die Dunkelheit seiner Eitelkeit zu bringen.

DIE WISSENSCHAFT ENTDECKT DIE SONNE

Mit dem wachsenden Interesse an wissenschaftlichen Fragestellungen in der Renaissance und gefördert durch den aufkommenden Buchdruck nimmt der Wunsch zu, mehr über die Sonne zu wissen. Freilich interessierten hierbei besonders ungewöhnliche Konstellationen, wie etwa eine Sonnenfinsternis oder das Auftreten von Nebensonnen. An die Stelle einer schematischen Wiedergabe der Sonnenfinsternis im Jahreslauf der zwölf Tierkreissternbilder, wie sie ein Holzschnitt um 1500 noch nach vorkopernikanischer Vorstellung wiedergibt oder der mythischen Darstellung des „Finsternisdrachens“, der den verfinsterten Planeten verschlingt, um ihn später wieder auszuspeien, tritt nun das konkrete Ereignis, das genau zu datieren und zu lokalisieren ist.

Vor allem die illustrierten Flugblätter des 16. und 17. Jahrhunderts, die als Vorläufer der Presse auch über aktuelle Ereignisse berichteten, bieten hier ein reiches Bildmaterial. Die Kommentare zu den Beobachtungen enthalten jedoch keine naturwissenschaftlichen Erklärungen, sondern zielen in erster Linie darauf ab, die Erscheinungen als Vorzeichen des göttlichen Strafgerichtes und damit als Aufruf zu Buße und Umkehr zu deuten. So wird auch die am 28. Januar 1664 in dem österreichischen Fürstentum Krain beobachtete Sonnenfinsternis sogleich als Vorzeichen bevorstehender kriegerischer Ereignisse gedeutet und damit in traditioneller Manier ausgelegt. Mit den Mönchen als Augenzeugen wird die Situation der Chronisten mit ins Bild gesetzt und damit die Wahrhaftigkeit der Situation nachdrücklich belegt.

In dem Emblembuch *Triumphus Virtutum in funere Caroli VII.*, München 1745, wird der verstorbene Kaiser Karl VII. mit der Sonne verglichen, die zwar durch den Mond (= Tod) verschattet wird, aber dennoch ihr Licht (= Nachruhm) bewahrt.



DIE SONNE IN DER LANDSCHAFTSMALEREI

Das Interesse an der physischen Natur der Sonne rückt zunehmend in den Blickpunkt, und es bleibt zu fragen, in welchem Maße dieser realistische Aspekt auch in der bildenen Kunst aufgegriffen wurde. Mit dem Aufkommen der Landschaftsmalerei als Staffage des Bildhintergrundes und schließlich auch als eigenes Bildthema in der Renaissance sollte man wohl er-

warten, daß die Sonne nun zumindest als Quelle des Lichtes eine autonome Behandlung erfährt.

Tatsächlich waren die Künstler jedoch viel mehr an der Qualität des Lichtes interessiert, das die Gegenstände in unterschiedlicher Weise zur Geltung bringt, als an der Darstellung der Sonne selbst. So bemerkt Leonardo da Vinci in seinem Traktat über die Malerei: „Landschaften sollten in der Weise dargestellt werden, daß die Bäume halb beleuchtet, halb im Schat-

ten sind; aber noch besser macht es sich, wenn die Sonne von Wolken bedeckt ist und die Bäume dann von dem allgemeinen Licht des Himmels erhellt werden.“ Anders als die Darstellung des Mondes, der eine nächtliche, damit meist eher ungewöhnliche, oft auch unheimliche Szene beleuchtet, ist die Sonne als Quelle des Tageslichtes aus der Sicht des Künstlers also nur insoweit von Bedeutung, als ihr Stand am Morgen und Abend oder auch besondere Wetterverhältnisse für eine ganz spezifische Stimmung im Bild sorgen.

Eines der herausragendsten Beispiele einer dramatischen Lichtregie finden wir in der *Alexanderschlacht* (1529) von Albrecht Altdorfer, in der die Sonne umgeben von bedrohlichen Wolkenformationen rot glühend hinter den blauen Bergen am Horizont versinkt (siehe Seite 27). Das Kampfgetümmel der Schlacht im Vordergrund wird auf diese Weise in das kosmische Geschehen eingebettet, der Mikrokosmos des Menschen dem Makrokosmos des Universums gegenübergestellt.

Die Auseinandersetzung mit dem Licht in der Landschaftsmalerei läßt sich weiter exemplarisch an den heroischen Landschaften von Claude Lorraine im 17. Jahrhundert verfolgen und führt über die intensiven Lichtstudien John Constables zu Romantikern wie William Turner und Caspar David Friedrich, die das Sonnenlicht mythisch überhöhen und damit zu ganz singulären Bildleistungen gelangen.

DAS SONNENLICHT BEI DEN IMPRESSIONISTEN

Für die Impressionisten im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts schließlich stand die Farbigkeit des Lichtes im Zentrum ihres künstlerischen Programms und damit das Bestreben, auf die wechselnden Stimmungen des Lichtes durch eine immer neue Auswahl der Farbpalette zu antworten. Ihre Maltechnik, die kleine Farbflecke nebeneinandersetzt, war in besonde-



Rudolf von Alt (1812-1905): Sonnenfinsternis 1842. Ein literarischer Bericht über dieses Ereignis stammt von Adalbert Stifter (1805-1868).

rem Maße dazu geeignet, das Zerfließen der Formen unter dem Flirren des Lichtes wiederzugeben.

Die Stimmung der sonnengetränkten südlichen Landschaft ins Bild zu setzen, ist wohl keinem so überzeugend gelungen wie Vincent van Gogh. Während seines, von schweren psychischen Krankheitsphasen unterbrochenen Aufenthaltes in Arles 1888/89 schreibt er an seinen Bruder Theo: „Jetzt haben wir hier eine glorreiche, gewaltige Hitze ohne Wind, das ist etwas für mich. Eine Sonne, ein Licht, das ich mangels besserer Bezeichnungen nur gelb, blasses Schwefelgelb, blasses Zitronengelb nennen kann. Ach, wie schön ist dieses Gelb!“ In verschiedenen Studien zu dem Motiv des „Sämanns“ finden wir die Sonne als große Scheibe über einem Feld mit violetten Erdschollen. Im Bild der „Ernte“ endlich ist das ganze Bild von gelber Farbe durchtränkt, das Wogen des Kornes und das Pulsieren des Lichtes beschwören eine beinahe unheimliche Stimmung.

Van Gogh schreibt an seinen Bruder: „Die Studie ist ganz gelb, schrecklich dick aufgetragen, aber das Motiv ist schön und einfach. Ich sehe in diesem Schnitter – einer unbestimmten Gestalt, die in sengender Hitze wie der Teufel dreinhaut, um mit der Arbeit fertig zu werden –, ich sehe in ihm ein Bild des Todes in dem Sinne, daß die Menschen das Korn sind, das er niedersichelt. Es ist also, wenn man will, das Gegenstück zu dem Sämann, den ich früher versucht habe. Aber dieser Tod hat nicht Trauriges, das geht bei hellem Tageslicht vor sich, mit einer Sonne, die alles mit feinem Goldlicht überflutet.“

REALISTISCHE SCHILDERUNGEN

Eigenständige realistische Darstellungen von Himmelserscheinungen, wie einer Sonnenfinsternis, werden wir in der Kunst bis ins 19. Jahrhundert vergeblich suchen. Soweit wir Darstellungen besitzen, blieben diese auf

Chroniken beschränkt, die mit wachsender wissenschaftlicher Genauigkeit über Beobachtungen berichten, oder sie wurden in den tradierten Bilderkanon, etwa die Kreuzigung Jesu übertragen. Lediglich aus der Art, wie die verdunkelte Sonnenscheibe wiedergegeben und der gesamte Bildraum in ein fahles Dämmerlicht getaucht ist, können wir entnehmen, daß der Künstler hier eigenes Erleben verarbeitet hat.

Nur in einem kurzen fruchtbaren Moment, in dem das seltene Ereignis bei den Künstlern auf ein waches Interesse an der Dokumentation und der realistischen Naturschilderung stieß, hat eine Sonnenfinsternis auch in der Kunst nachhaltige Resonanz erzeugt. Es war dies die totale Sonnenfinsternis in Wien am 8. Juli 1842, die von verschiedenen Künstlern in Gemälden festgehalten wurde. Adalbert Stifter hat in einem berühmt gewordenen Aufsatz die unheimliche Faszination dieses Ereignisses zu umschreiben versucht:

„Farben, die nie ein Auge gesehen, schweiften durch den Himmel; – Der Mond stand mitten in der Sonne, aber nicht mehr als schwarze Scheibe, sondern gleichsam halb transparent wie mit einem leichten Stahlschimmer überlaufen, rings um ihn kein Sonnenrand, sondern ein wundervoller, schöner Kreis von Schimmer, bläulich, rötlich, in Strahlen aus einander brechend, nicht anders, als gösse die oben stehende Sonne ihre Lichtflut auf die Mondeskugel nieder, daß es rings aus einander spritzte – das Holdeste, was ich je an Lichtwirkung sah! ... Auch wurde die Wirkung auf alle Menschenherzen sichtbar. Nach dem ersten Verstummen des Schrecks geschahen unarticulierte Laute der Verwunderung und des Staunens: Der Eine hob die Hände empor, der Andere rang sie leise vor Bewegung, Andere ergriffen sich bei denselben und drückten sich – eine Frau begann heftig zu weinen, eine andere in dem Hause neben uns fiel in Ohnmacht, und ein Mann, ein ernster, fester Mann, hat mir später gesagt: daß ihm die Tränen herabgeronnen. Ich habe

immer die alten Beschreibungen von Sonnenfinsternissen für übertrieben gehalten ... aber Alle, so wie diese, sind weit hinter der Wahrheit zurück.“

VON DER KUNST ZUR FOTOGRAFIE

Die Sonnenfinsternis von 1842 fällt mit der Einführung der Fotografie zusammen, die erstmals eine „objektive“ Dokumentation der Wirklichkeit ermöglichte.

Die Astronomie machte sich diese neue Technik der Bildaufzeichnung unmittelbar nach ihrer Erfindung zunutze: 1840, ein Jahr nach Bekanntgabe der „Daguerreotypie“, entstand eine erste Aufnahme des Mondes, 1845 wurden die ersten Sonnenaufnahmen und 1851 die Aufnahme einer Sonnenfinsternis gemacht. Doch erst mit der Einführung der Trockenplatte ab 1871 und den erfolgreichen Versuchen, Phasen eines Bewegungsprozesses in einzelnen Momentaufnahmen festzuhalten, wurde es möglich, Ereignisse wie eine Sonnenfinsternis in

DIE SONNE IN DER KUNST

ihren verschiedenen Stadien aufzuzeichnen.

Der französische Astronom Jules Janssen konstruierte für die Dokumentation des Venusdurchgangs durch die Sonne am 8. Dezember 1874 einen fotografischen „Revolver“, der 48 Aufnahmen im zeitlichen Abstand von 1,5 Sekunden ermöglichte. Im gleichen Jahr nahm der deutsche Fotopionier Hermann Krone im Auftrag der Norddeutschen Bundes an der Expedition zu den Auckland-Inseln im Pazifischen Ozean teil, um hier dasselbe Ereignis auf 115 Platten zu dokumentieren. Auf Seite 20 dieses Heftes ist eine Foto Hermann Krones von der Totalen Sonnenfinsternis am 19. August 1887 abgebildet. □

DIE AUTORIN

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

»Online-Banking?«

»Mit unserem Service-Paket.«

Per PC können Sie Ihre Bankgeschäfte günstig und bequem von zuhause erledigen – von früh bis spät. Außer einem Computer brauchen Sie nur ein Modem und die passende Software. Beides können Sie auch über uns bekommen. Besuchen Sie uns.

Leben Sie. Wir kümmern uns um die Details.

HypoVereinsbank

WINKELDRUCKER, WUNDERZEICHEN

Himmelserscheinungen auf frühen Einblattdrucken

VON ERNST H. BERNINGER

Welch unheimlicher Abend. Da unten ist Alles still und da oben wechseln und ziehen die Wolken und der Sonnenschein geht und kommt wieder. Sieh, was seltsame Gestalten sich dort jagen, sieh die langen weißen Schatten mit den entsetzlich mageren Beinen und Fledermausschwüngen und Alles so rasch, so wirr – und da unten rührt sich kein Blatt, kein Halm. Die Erde hat sich ängstlich zusammengeschnitten, wie ein Kind – und über ihre Wiege schreiten die Gespenster.

GEORG BÜCHNER. *Leonce und Lena*, 1836.

In der Frühgeschichte der graphischen Techniken kommt an der Wende vom Mittelalter zur Neuzeit den Einblatt- drucken für die Information der Gesellschaft eine besondere Bedeutung zu. Einblatt- drucke nennt man einzelne meist ein- seitig mit Bild und Text bedruckte Papier- bogen, die von einem Ereignis abschlie- ßend berichten. Themen der Einblatt- drucke waren zuerst religiöse, weltliche und politische Ereignisse, aber schon sehr bald auch außergewöhnliche und deshalb bemerkenswerte Naturerscheinungen.

Mit der Erfindung des Holzschnittes (Ende des 14. Jahrhunderts), des Holzta- feldrucks (Anfang des 15. Jahrhunderts) und des Buchdrucks (Gutenberg, 1450) konnten die Nachrichten in großer Auf- lage und zu einem wohlfeilen Preis unter Volk gebracht werden. Das erklärt bei den Einblatt- drucken die volksnahe Darstel- lung in Bild und Wort. Sie werden daher zur Kategorie „Populäre Druckgraphik“ gezählt.

Das einfache Volk hing in jener Zeit noch fast ausnahmslos dem Wunderglau- ben, der Gleichheit der Gedanken, der selbstverständlichen Unterordnung unter die kanonischen Lehren der Kirche an. Die auf der individuellen Erkenntnis be- ruhenden „Neuen Naturwissenschaften“ waren noch bis weit ins 18. Jahrhundert hinein, bis zum Zeitalter der Aufklärung, das Feld einzelner Gelehrter oder her- ausgehobener und abgegrenzter Gesell- schaftgruppen. Der Einblatt- druck war im 16. und 17. Jahrhundert das Informations- medium des Volkes.

Seine Herstellung geschah in drei Ar- beitsgängen:

1. Formschnitt der Abbildung und Druck vom Holzstock aufs Papier mit der Buchdrucker- presse;
2. Satz und Druck des Textes und
3. Kolorierung des Holzschnittes.

Schnell mußten die Einblatt- drucke zum Kauf angeboten werden – solange die dar- gestellten Ereignisse noch interessant, die Nachrichten noch aktuell waren. In einer Offizin, einer Druckerei, in der umfang- reiche Bücher gedruckt wurden, hätten die zu diesem Behufe fein abgestimmten Arbeiten nun für die eilige Herstellung ei- nes Einblatt- druckes unterbrochen wer- den müssen, was größere Schwierigkeiten für den geplanten Arbeitsablauf zur Folge gehabt hätte. Deshalb war die Produktion der Einblatt- drucke die Domäne der kleinen Druckereien, der Winkel- drucker; heute hat sich daraus der Geschäfts- zweig der Akzidenz- druckereien entwickelt.

Es ist bezeichnend, daß diese Drucker fast immer ihren Namen und meist auch die Adresse ihrer Druckerei angeben. Die Formschnitzer werden dagegen, auch wenn sie mit dem Drucker nicht identisch sind, in der Regel nicht eigens genannt. Gerade diese waren aber eine recht ausge- prägte „künstlerische Zunft“.

Nur gläubige Zeichner konnten die eindrucksvollen Darstellungen auf den Holzstock bringen: Die dräuend über In- golstadt schwebende Sonne mit den zwei Nebensonnen, oder die verängstigte Men- schengruppe, die die mit der partiellen Sonnenfinsternis einhergehenden „schrök- lichen Wunderzeichen“ in Oberlaibach beobachtete. Wir haben das Empfinden, der Zeichner spürte selbst das gewisse Grauen, wenn er zeichnete; er sah die Er-

scheinung selbst, oder der Bericht der Au- genzeugen hatte auch ihn völlig überzeugt und gefangen genommen. Das Gleiche gilt für die Autoren der Texte. Sie waren keine individuellen, in die Zukunft weisenden Geister wie Descartes oder Kepler, sie be- fanden sich vielmehr immer im *consensus omnium* mit den, durch irrationale Ängste geplagten, Wunderzeichen- kindern ihrer Zeit.

Nur spärlich sind bisher diese für ihre Zeit authentischen und charakteristischen Zeugnisse in die historische Forschung – Geschichte der Astronomie und Meteorolo- gie – eingegangen. Obwohl Einblatt- drucke im allgemeinen nicht des Aufhe- bens für wert gehalten wurden, haben sich einige durchaus beachtliche Sammlungen erhalten.

Je ein Beispiel von einer meteorologi- schen und von einer astronomischen Him- melserscheinung sollen hier vorgestellt wer- den.

I. Nachricht von Nebensonnenerscheinungen über Ingolstadt am 6. März 1554, morgens zwischen acht und neun Uhr, über Regensburg am 9. März 1554, nachmittags zwischen ein und vier Uhr, und über Nürnberg am 23. März 1554, nachmittags um ein Uhr

Mit dem Titel „Wahrhaftte Zeitungen / Die etlich hundert Menschen Am Himel zu Ingelstat / zu Regenspurg Und Zu Nürnberg gesehen ...“ hat der Briefmaler, Formschnitzer und Drucker Hans Adam, ansässig in der Reichsstadt Nürnberg, 1554 auf einem typischen Einblatt- druck über das meteorologische Phänomen der Nebensonnen berichtet.

Die Nebensonnen sind eine ziemlich seltene Ausbildung des Halos, des Sonnenhofes. Sie erscheinen beiderseits der Sonne als leuchtende Flecken, biswei- len mit einem nach außen gerichteten Schweif, und entstehen wie der Halo durch Brechung der Sonnenstrahlen an Eiskristallen in der Atmosphäre. Da das Licht gebrochen wird, erscheinen die Ne- bensonnen in der Regel farbig, wobei das

langwellige Rot der Sonne zugewandt ist. Mit wachsender Sonnenhöhe entfernen sich die Nebensonnen immer mehr von der Sonne, wobei ihre Leuchtkraft abnimmt, bis sie schließlich etwa bei 55° Sonnenhöhe nicht mehr zu beobachten sind.

Hans Adam hat die drei Ereignisse vom März des Jahres 1554 auf seinem Einblattdruck simultan dargestellt:

1. Am oberen Bildrand die Erscheinung der Nebensonnen in Ingolstadt am 6. März morgens zwischen acht und neun Uhr, auf einem Ring von 22° in den Regenbogenfarben schimmernd.
2. Drei Tage später kam eine ähnliche Erscheinung den Regensburgern nachmittags zu Gesicht; sie dauerte fast drei Stunden lang und ist unten in der Mitte des Bildes dargestellt. Eine helle Lichtsäule richtete sich von der zentralen Sonne zum Horizont hinunter; jede Nebensonne wurde von einem Fragment des Ringes von 22° durchschnitten.
3. Noch einmal zwei Wochen später, am Karfreitag, wurden die Bürger Nürnbergs von einem ähnlichen Himmelschauspiel in Atem gehalten. Diese Nebensonnenkonstellation

hat Hans Adam mit der von Ingolstadt im oberen Bildteil kombiniert. Da der Text nicht ganz klar ist, läßt sich auch nicht eindeutig entscheiden, welche Abbildungsteile zum Ingolstädter und welche zum Nürnberger Ereignis gehören.

Als in den folgenden Jahrhunderten immer häufiger Expeditionen in nördliche Regionen unternommen wurden, berichteten die Forschungsreisenden von Nebensonnen als Vorboten von Schneestürmen. Das mag der Grund dafür sein, daß der Altphilologe und Dichter Wilhelm Müller (1794-1827) in seiner Gedichtsammlung „Aus den hinterlassenen Papieren eines reisenden Waldhornisten“ das Gedicht „Die Nebensonnen“ verfaßt hat:

*Drei Sonnen sah ich am Himmel stehen
Hab lang und fest sie angesehen
Und sie auch standen da so stier,
Als wollten sie nicht weg von mir.
Ach meine Sonnen seid ihr nicht!
Schaut andern doch ins Angesicht!
Ja, neulich hatt' ich auch wohl drei
Nun sind hinab die besten zwei.
Ging nur die dritt' erst hinterdrein!
Im Dunkeln wird mir wohler sein.*

Franz Schubert (1797-1828) hat das Gedicht in den Liederzyklus „Die Winterreise“ aufgenommen.

II. Partielle Sonnenfinsternis, beobachtet am 28. Januar 1664 zu Oberlaibach im österreichischen Fürstentum Krain

Mit dem Titel „Wahrhafter und glaubwürdiger Bericht / eines erschrecklichen Wunderzeichen / so sich den 28. Januari dieses 1664. Jahrs / früe um 8. Uhr / an der Sonnen erzeiget ...“ hat wiederum ein Nürnberger, der Kunsthändler Paul Fürst, einen Einblattdruck publiziert. Daß diese bildlich sehr hübsch wiedergegebene partielle Sonnen-

finsternis mit bloßem Auge sichtbar war, ist außer dem durch die frühe Jahres- und Tageszeit bedingten Tiefstand der Sonnenscheibe unzweifelhaft einer damals herrschenden dunstigen Witterung zu verdanken. Es wird berichtet, daß sechs Franziskanerpatres (Kapuziner) bei ihrem Morgenspaziergang in der Umgebung ihres Klosters „Zum Heiligen Kreuz“ in der Nähe von Oberlaibach von einem Bürger der Stadt auf das Schauspiel, das am Himmel zu sehen war, aufmerksam gemacht worden sind. Die Augenzeugen haben dabei fünf Phasen unterschieden, die der Künstler – von I. bis V. numeriert – eigens dargestellt hat.

Im Text werden die bewegten Szenen genau beschrieben. Mit Ausnahme der statischen Szene III. (große und kleine Kirche), verläuft die Bewegung der Bilder von rechts nach links; Szene I., II., IV. und V. haben einen martialischen Inhalt; Krieger, Reiter und Kriegstruppen ziehen vorüber.

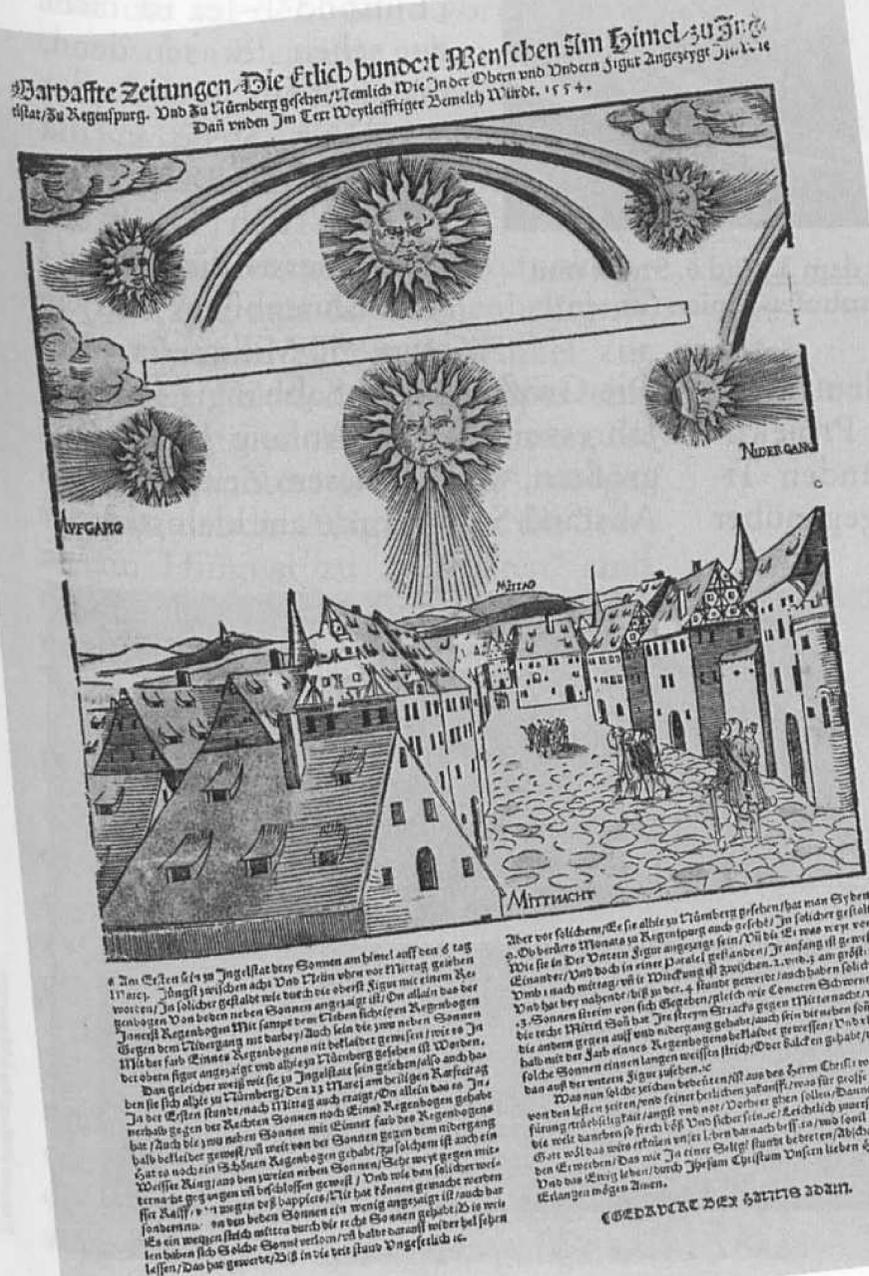
Der Verleger des Einblattdruckes in Nürnberg hatte sicher nur durch Hörensagen Kunde von dem entfernten Geschehen. Zur Förderung seines Geschäfts hat er das reportierte Geschehen dramatisch zugespitzt. Außerdem drohten den Christen gerade in den österreichischen Erblanden und in den anschließenden Regionen Süddeutschlands immer wieder Kriege durch die nach dem Westen vorrückenden „heidnischen“ Türken.

Zur Erklärung für die Schreckszenen soll noch einmal auf die angenommene diesige, leicht nebelige Witterung hingewiesen werden. Es ist wohl wahrscheinlich, daß sehr hohe, vor der durch den Mond teilweise abgedunkelten Sonnenscheibe durchziehende Wolkenketten dort die „Zeichnungen“ hervorgerufen haben, die dann von den Beobachtern phantasievoll gedeutet wurden.

Wie wird das Ereignis am 11. August 1999 gedeutet werden? □

LITERATUR UND HINWEISE ZUM THEMA

- Wilhelm Heß: Himmels- und Naturerscheinungen in Einblattgedrucken des XV. bis XVIII. Jahrhunderts. Leipzig 1911. Bemerkenwerte Sammlungen (Auswahl) von naturgeschichtlichen Einblattgedrucken befinden sich in
- der Bayerischen Staatsbibliothek München,
 - der Staatsbibliothek Bamberg,
 - der Staatlichen Graphischen Sammlung München,
 - der Zentralbibliothek Zürich (Sammlung Wikiana).



Himmelsphänomene im März 1554 über Ingolstadt, Regensburg und Nürnberg.

DIE TREPPE ZUR SONNE

Sonnenteleskop und Heliostat im Deutschen Museum

VON ROLF JURK

Die Besucher des Deutschen Museums haben die Möglichkeit, auf einem kleinen Tisch im dritten Stock des Haupttreppenhauses das Bild der Sonne mit eventuell vorhandenen Sonnenflecken zu betrachten. Und im fünften Stock wird das Spektrum des Sonnenlichtes gezeigt – live! Für beides wird Sonnenschein natürlich vorausgesetzt.

Das Sonnenteleskop ist senkrecht zwischen dem 3. und dem 6. Stock in das Treppenhaus eingebaut und besteht aus einem Objektiv mit 11,15 Metern und einem Projektiv mit 551 Millimetern Brennweite. Ähnlich wie bei einem Fernrohr wird durch das Objektiv ein Bild der Sonne erzeugt und mit einem Projektiv – und das ist der Unterschied zu einem Fernrohr, bei dem dieses Bild mit einer „Lupe“, also



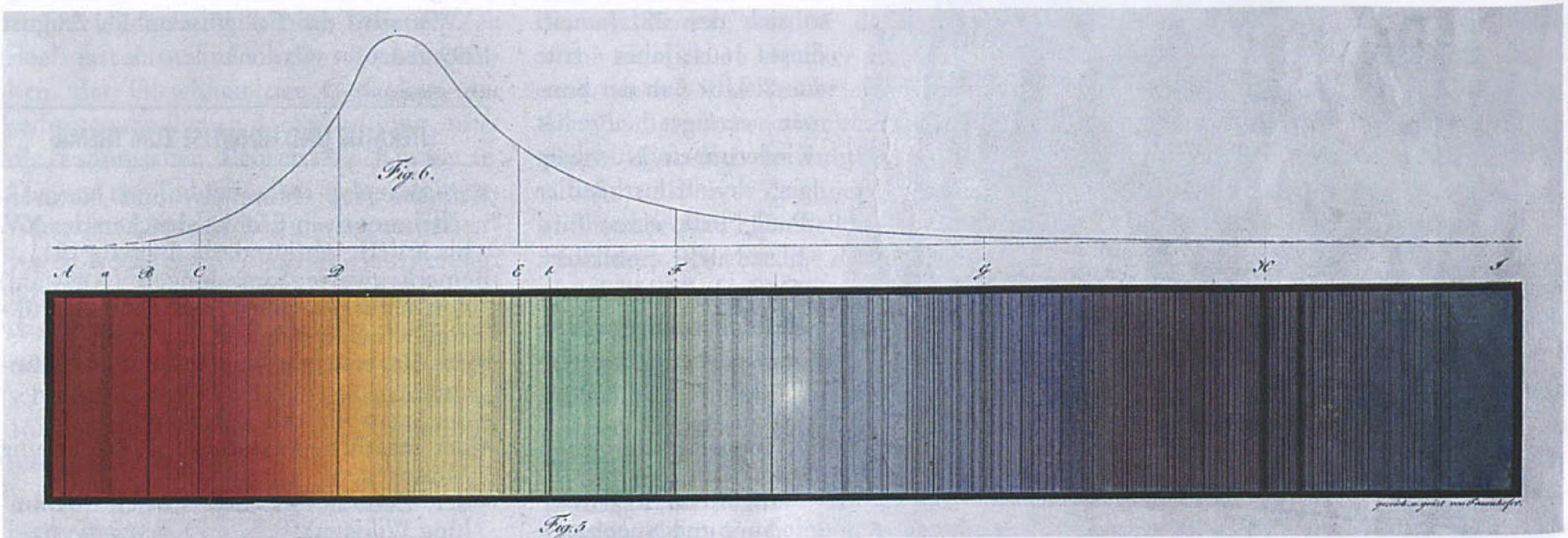
Das Sonnenteleskop im Treppenhaus zwischen dem 3. und 6. Stock und das Spektrum des Sonnenlichtes mit den Fraunhofer-Linien (unten).

einem Okular, direkt mit dem Auge betrachtet wird – auf eine Projektionsfläche in Form eines runden Tisches projiziert. Das hat gegenüber

dem normalen Fernrohr den Vorteil, daß das Sonnenbild ohne zerstörende Wirkung für die Augen und von mehreren Betrachtern gleichzeitig gesehen werden kann.

Das erste Bild der Sonne – dazu unsere Graphik rechts –, also das vom Objektiv OV erzeugte, hat einen Durchmesser von etwa 110 Millimetern und entsteht zwischen dem halbdurchlässigen Spiegel (HS; über ihn weiter unten mehr) und dem Projektiv PV. Das Projektiv PV bildet das hier entstehende „Luftbild“ – es ist nicht zu sehen, es sei denn, man hält ein Stück Papier an dieser Stelle in die Lichtbahn – vergrößert auf dem Tisch (TI) ab; der Durchmesser dieses zweiten Sonnenbildes beträgt etwa 950 Millimeter.

Die Größe ist leicht abhängig von der Jahreszeit: Sie ist Anfang Januar am größten, weil zu diesem Zeitpunkt der Abstand Sonne-Erde am kleinsten ist.



Anfang Juli ist das Sonnenbild wieder am kleinsten; der Unterschied beträgt etwa 3,5 Prozent.

DAS SPEKTRUM DES SONNENLICHTES

Um das Spektrum des Sonnenlichts sichtbar zu machen, wird ein Teil von ihm mit Hilfe eines halbdurchlässigen Spiegels (HS) aus dem Strahlengang des Turmteleskops abgezweigt und auf einen schmalen Spalt (SP) gelenkt. Dieser ist zusammen mit einem Hohlspiegel (HSG), auf dem ein sehr feines Gitter eingeritzt ist, und einem kleinen, gekrümmten Projektionsschirm (PS) auf einem Kreis angeordnet, dem sogenannten „Rowland-Kreis“, benannt nach dem amerikanischen Physiker Henry Rowland (1848-1901).

Der Hohlspiegel (HSG) bildet den Spalt (SP) auf dem Projektionsschirm (PS) ab, das Beugungs-Gitter auf dem Hohlspiegel läßt auf diesem Schirm das Spektrum des Sonnenlichtes erscheinen, zusammen mit den von Joseph von Fraunhofer (1787-1826) im Jahre 1814 erstmals sichtbar gemachten Absorptionslinien des Spektrums („Fraunhofer-Linien“), die Aufschluß über die auf der Sonne vorhandenen chemischen Elemente geben.

DER MIT ALLEN RAFFINESSEN VERSEHENE HELIOSTAT

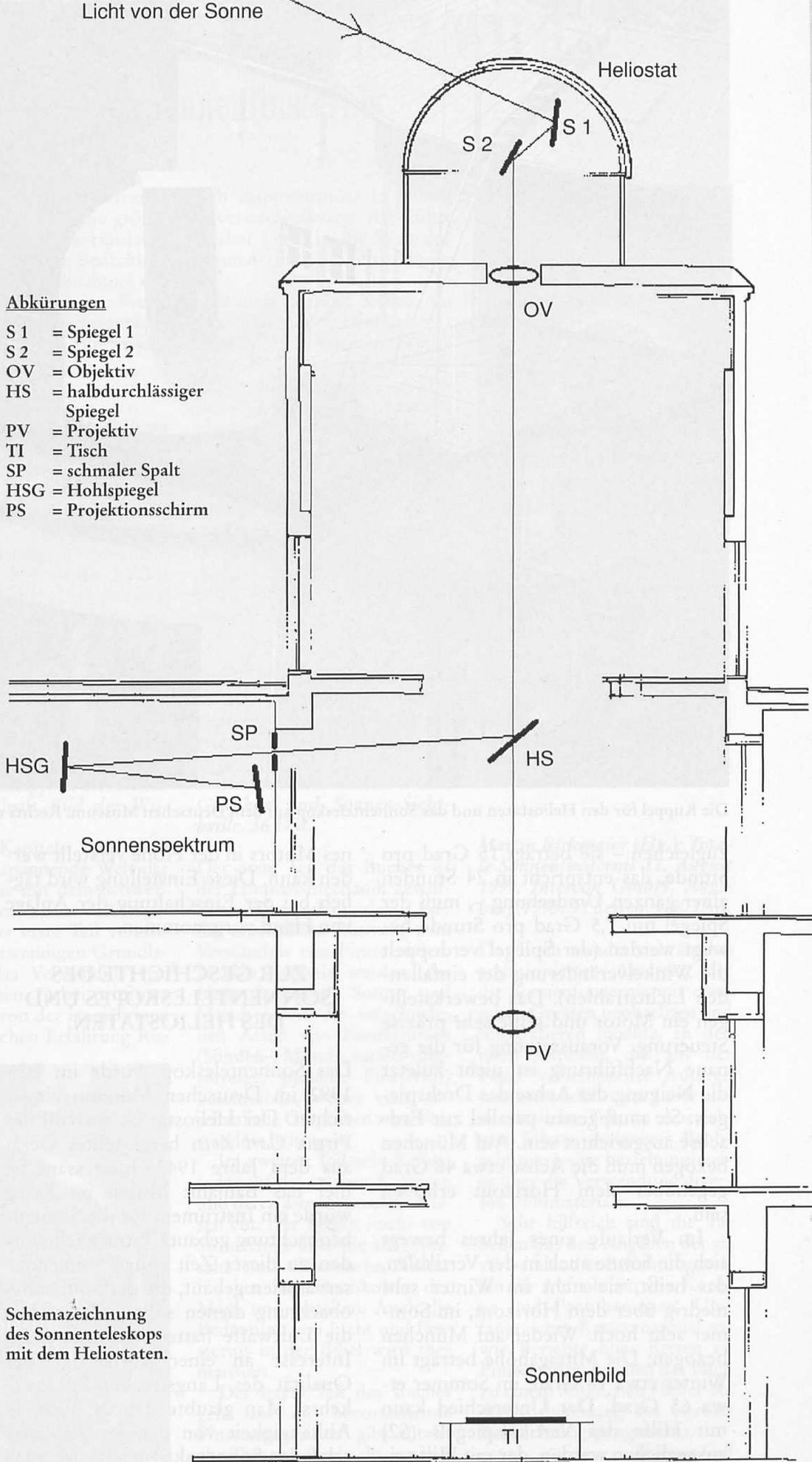
Damit das Sonnenteloskop funktionieren kann, darf das Sonnenlicht niemals in einem schrägen Winkel zur optischen Achse des Teleskopes einfallen. Um dies zu gewährleisten, ist ein sogenannter „Heliostat“ vorgeschaltet, der die Aufgabe hat, die Sonne am Himmel zu „verfolgen“ und das Licht der Sonne immer zum Sonnenteloskop, also senkrecht in das Treppenhaus, zu leiten.

Dafür sind zwei Spiegel angebracht: Der erste Spiegel (S1) ist ein um eine Achse beweglicher Spiegel, der mit Hilfe eines Motors so zur Sonne ausgerichtet wird, daß er über den zweiten Spiegel (S2) die Strahlen ständig zum Sonnenteloskop reflektiert.

Die Sonne zieht täglich ihren Tagesbogen und bewegt sich von Ost nach West. Die scheinbare Bewegung der Sonne wird durch die Drehung der Erde um ihre eigene Achse hervorgerufen. Um diese Bewegung aus-

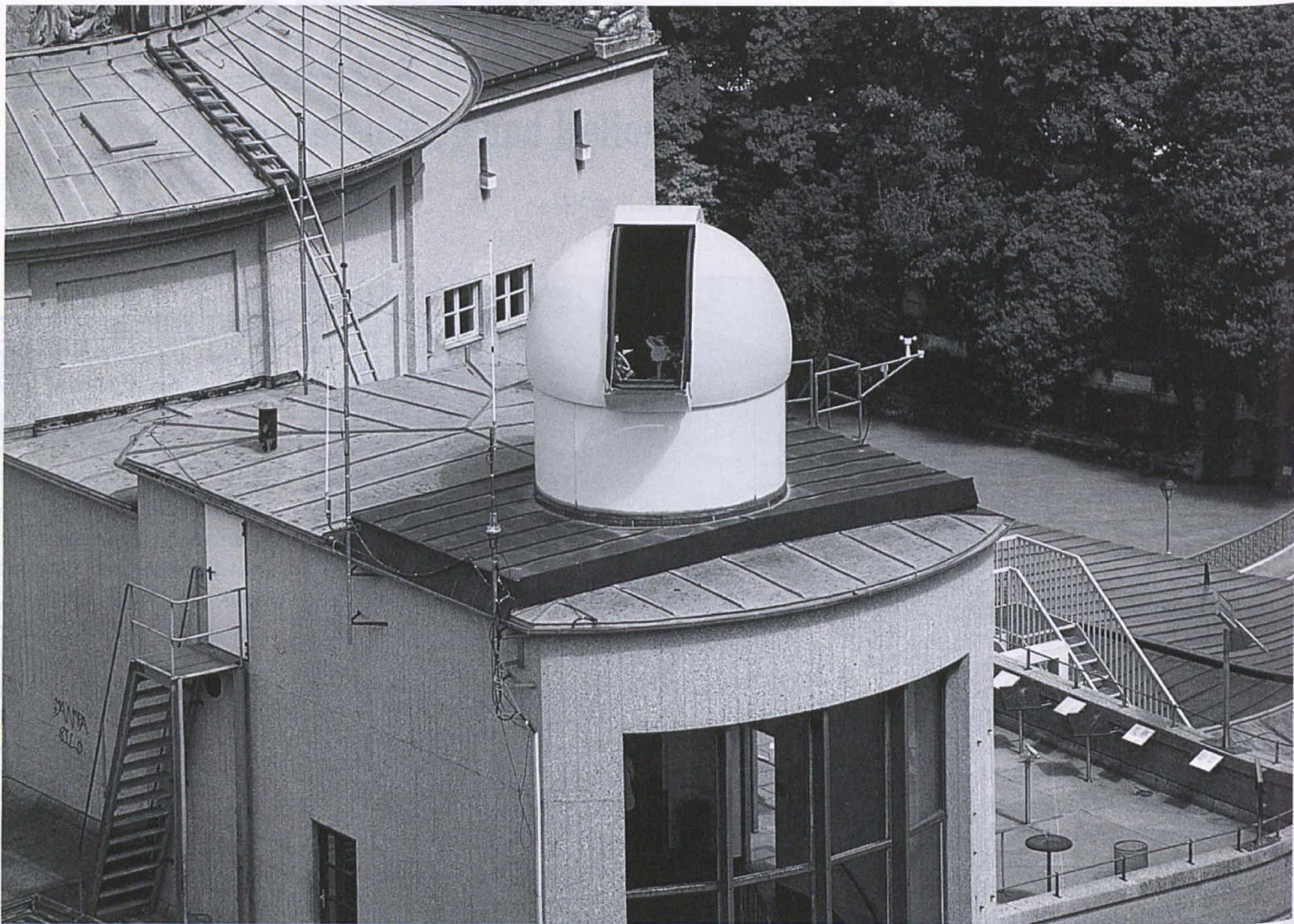
Abkürzungen

- S 1 = Spiegel 1
- S 2 = Spiegel 2
- OV = Objektiv
- HS = halbdurchlässiger Spiegel
- PV = Projektiv
- TI = Tisch
- SP = schmaler Spalt
- HSG = Hohlspiegel
- PS = Projektionsschirm



Schemazeichnung
des Sonnentelops
mit dem Heliostaten.

SONNENTELESKOP UND HELIOSTAT



Die Kuppel für den Heliostaten und das Sonnenteleskop auf dem Deutschen Museum. Rechts unten ein Eck des Sonnenuhrgartens.

zugleichen – sie beträgt 15 Grad pro Stunde, das entspricht in 24 Stunden einer ganzen Umdrehung –, muß der Spiegel um 7,5 Grad pro Stunde bewegt werden (der Spiegel verdoppelt die Winkelveränderung der einfallenden Lichtstrahlen). Das bewerkstelligen ein Motor und seine sehr präzise Steuerung. Voraussetzung für die genaue Nachführung ist nicht zuletzt die Neigung der Achse des Drehspiegels: Sie muß genau parallel zur Erdachse ausgerichtet sein. Auf München bezogen muß die Achse etwa 48 Grad gegenüber dem Horizont erhoben sein.

Im Verlaufe eines Jahres bewegt sich die Sonne auch in der Vertikalen, das heißt, sie steht im Winter sehr niedrig über dem Horizont, im Sommer sehr hoch. Wieder auf München bezogen: Die Mittagshöhe beträgt im Winter etwa 18 Grad, im Sommer etwa 65 Grad. Der Unterschied kann mit Hilfe des Vertikalspiegels (S2) ausgeglichen werden, der mit Hilfe ei-

nes Motors in der Höhe verstellt werden kann. Diese Einstellung wird täglich bei der Einschaltung der Anlage von Hand vorgenommen.

ZUR GESCHICHTE DES SONNENTELESKOPES UND DES HELIOSTATEN

Das Sonnenteleskop wurde im Jahr 1992 im Deutschen Museum eingerichtet. Der Heliostat ist ein von der Firma *Carl Zeiss* hergestelltes Gerät aus dem Jahre 1942. Interessant ist hier das Baujahr: Mitten im Krieg wurde ein Instrument für die Sonnenbeobachtung gebaut? Tatsächlich wurden zu dieser Zeit einige Sonnenobservatorien gebaut, die der Sonnenbeobachtung dienen sollten. Besonders die Luftwaffe hatte ein bedeutendes Interesse an einer Vorhersage der Qualität des Langstrecken-Funkverkehrs. Man glaubte damals noch, in Abhängigkeit von den jeweils herrschenden Sonnenaktivitäten, also auch

der Sonnenflecken, eine derartige Prognose aufstellen zu können. Das ist aber selbst heute nur in sehr eingeschränkter Form möglich.

Das Gerät hatte zuletzt dem Wendelstein-Observatorium – eine Einrichtung der Ludwig-Maximilians-Universität – zur Sonnenbeobachtung gedient; es wurde dem Museum von der Universität gestiftet. Das Gerät mußte den baulichen Gegebenheiten im Deutschen Museum – vor allem optisch – angepaßt werden.

Das Sonnenteleskop wird den Besuchern des Deutschen Museums für die Beobachtung der Sonnenfinsternis am 11. August 1999 zur Verfügung stehen. □

DER AUTOR

Rolf Jurk, Jahrgang 1935, ist Diplom-Ingenieur im Ruhestand und Mitglied in der Beobachtergruppe Sternwarte Deutsches Museum.

Wenn die Sonne schwarz wird

Bücher zur Sonnenfinsternis

Schwarze Sonne über Europa. Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart 1999. 12 Seiten und Sonnenfinsternis-Brille. 9,95 DM.

Das Band bietet in kompakter Form die wichtigsten Fakten zum Verständnis und zur Beobachtung



der Sonnenfinsternis am 11. August 1999 (Aufbau der Sonne, Eruptionen, Sonnenflecken, Himmelsmechanik, Sternenhimmel während der Totalität). Die ansprechend konzipierte, faltbare Hochglanzbroschüre enthält viele liebevoll gestaltete Graphiken und Fotos, die den knappen Text des Wissenschaftsjournalisten und Verfassers zahlreicher Bücher zu astronomischen Themen, Hermann-Michael Hahn, illustrieren. Zur Verdeutlichung des Zustandekommens von Finsternissen ist ein kleines dreidimensionales Modell des Systems Sonne-Erde-Mond enthalten, mit dessen Hilfe der Leser das Ereignis nachstellen kann.

Einen breiten Raum nehmen die Karten ein, die für den deutschsprachigen Raum und ganz Europa den Verlauf der

Finsternis zeigen. Ergänzende Tabellen geben für alle größeren Städte die Finsternisdauer und den Grad der Bedeckung an. Tips zur Handhabung der beiliegenden Brille, zur Beobachtung und zum Fotografieren der Finsternis runden das Werk ab.

Rudolf Kippenhahn, Wolfram Knapp: Schwarze Sonne, roter Mond. Die Jahrhundertfinsternis. DVA, Stuttgart 1999. 231 Seiten. 68,- DM.

Dem astronomisch interessierten Leser dürften die beiden Autoren hinlänglich bekannt sein. Rudolf Kippenhahn war lange Jahre Direktor des Max-Planck-Instituts für Astrophysik in Garching bei München. Mit der Vielzahl seiner Veröffentlichungen zur Astronomie hat er sich nicht nur in Fachkreisen einen Namen gemacht. Wolfram Knapp ist Redakteur der Zeitschrift *Bild der Wissenschaft*.

In elf Kapiteln wird dem Leser die spannende Welt der Astronomie mit dem Schwerpunkt Finsternisse nähergebracht. Der erste Teil vermittelt die notwendigen Grundlagen für das Verständnis von Finsternissen. Dabei profitiert das Buch von der langjährigen publizistischen Erfahrung Ru-



dolf Kippenhahns. In seiner unverwechselbaren Art führt er den Leser in die Welt der Sonnen- und Mondforschung ein.

Weitere Kapitel stellen die Grundlagen der Himmelsmechanik, der Finsternisvorhersagen und die Geschichte der Finsternisberechnung dar. Dabei wird auch auf die Finsternis von 1919 eingegangen, mit deren Hilfe Einsteins Relativitätstheorie bestätigt wurde. In den letzten drei Kapiteln geht es um die Beobachtung, den Verlauf und das Fotografieren der Finsternis am 11. August 1999. Das lesenswerte Buch erhält durch den umfangreichen Kartenteil im Anhang zusätzlichen Wert.

Werner Raffetseder: Sonnenfinsternis: Das Mysterium der reisenden Nacht. Hugendubel Verlag, München 1999. 198 Seiten mit zahlreichen Fotos, Grafiken und Sonnen-Sichtbrille. 36 DM.

Der erste Teil des Buches ist der Himmelsmechanik gewidmet. Hier erhält der Leser das unerläßliche Rüstzeug zum Verständnis von Finsternissen. In acht Kapiteln werden „die Hauptdarsteller“ Sonne und Mond, sowie die verschiedenen Arten von Finsternissen (Sonnen-, Mond-, totale, ringförmige, partielle Finsternis) beschrieben, wobei viele anschauliche Graphiken zum Verständnis beitragen.

Im zweiten Teil geht Raffetseder auf die antiken Kulturen und deren astronomisches Wissen ein. Der Bogen reicht von Stonehenge über die altägyptische und chinesische Kultur bis hin zur Hochkultur der Maya und Azteken. Auch die Bedeutung von Licht und Finsternis in der Bibel wird thematisiert.

Der letzte Teil des Buches geht auf die bevorstehende Finsternis ein und gibt nützliche Tips zur Beobachtung und



zum Fotografieren des Ereignisses, einschließlich der Wetterprognosen für den 11. August 1999.

Durch das breite Spektrum an dargebotenen Informationen ist das Buch eine empfehlenswerte Bereicherung für alle, die über den naturwissenschaftlichen Aspekt von Finsternissen hinaus Kenntnisse erwerben wollen.

Martin Birkmaier (Hg.): Totale Sonnenfinsternis 11. August 1999. Intercon GmbH, Augsburg 1999. 91 Seiten. 9,80 DM.

Das Buch wendet sich an den ambitionierten Amateur, der die Sonnenfinsternis mit optischen Geräten beobachten und fotografieren möchte. In den neun Kapiteln, die aus der Feder verschiedener Autoren stammen, erfährt der Leser viele nützliche Tips zu Auswahl und Schutz geeigneter Beobachtungsgeräte beziehungsweise über die Verwendung diversen Filmmaterials.

Sehr hilfreich sind die Tabellen mit den Angaben der zu verwendenden Belichtungszeiten für Aufnahmen von Korona und Protuberanzen. Umfangreiches Kartenmaterial sowie Berichte über Reisen zu Finsternissen machen das Buch zu einem nützlichen Helfer bei der Vorbereitung des eigenen Beobachtungsprogramms.

Thomas Gill



Y. Opizzo entwickelte diese Nordweiseruhr. Auf einer drehbaren Platte ist sowohl eine Sonnenuhrspinne mit senkrechtem Schattenstab als auch eine Horizontaluhr mit erdachs-parallelem Stab angeordnet. Dreht man die Platte so, daß beide Uhren die gleiche Mitteleuropäische Zeit anzeigen, ist sie genau in Nord-Süd-Richtung orientiert.

WER MACHT DIE ZEIT?

Der Sonnenuhrgarten im Deutschen Museum

VON HARTMUT PETZOLD

Die seit Jahren anhaltenden Bemühungen um eine Neugestaltung der ständigen Ausstellung „Zeitmessung“ im Deutschen Museum haben zu einem ersten Erfolg geführt: Am 24. Juni des letzten Jahres, dem vielerorts mit Sonnwendfeuern begangenen Johannistag, wurde auf der Ostterrasse des Hauptgebäudes der Sonnenuhrgarten als erster Teil des zukünftigen Ausstellungskomplexes eröffnet.

Bei der „Zeitmessung“ handelt es sich ganz offensichtlich um ein zeitlos interessantes Thema. Auf der Skala naturwissenschaftlicher und technischer Forschungstätigkeit ist der außerordentlich weitläufige Problembereich nach wie vor in unterschiedlichster Gestalt zu finden. Dabei geht es um Grundlagenforschung, wie sie in der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt oder an verschiedenen Max-Planck-Instituten betrieben wird, ebenso wie um immer wieder neue, ganz praktische Probleme des Alltags. Zeitmessung ist gleichermaßen Thema in der Medizin wie in den Sozial- und Geisteswissenschaften.

Naturgemäß kann der Mikrokosmos des Deutschen Museums die ver-

Als das Deutsche Museum gegründet wurde, lag die Einführung der Mitteleuropäischen Zeit in Deutschland noch nicht allzu lange zurück. Die damalige Aktualität der Sonnenuhrdemonstration auf der Dachterrasse des ersten Gebäudes in der Maximilianstraße (dem heutigen Völkerkundemuseum) dürfte deshalb von den Besuchern deutlich empfunden worden sein. Das Foto entstand 1910. Die vierkantige Säule links wirft ihren Schatten um 12 Uhr Wahre Ortszeit auf den breiten, in den Boden eingelassenen Meridianstreifen. Auf der Tafel ist für jeden Monat die entsprechende Mitteleuropäische Zeit angegeben. In der Mitte befindet sich die von der Münchner Telegrafenfabrik F. Reiner präzise und robust aus Messing nach englischem Vorbild gebaute Äquatorialsonnenuhr.

gangene und aktuelle komplexe wissenschaftlich-technische Welt nur in einigen ausgewählten Aspekten mittels repräsentativer Objekte widerspiegeln. Jede der präsentierten Uhren, die mechanischen ebenso wie die Quarz- und die Atomuhren, und eben auch die Sonnenuhren spiegeln einzelne Aspekte unserer Kultur, unserer weltanschaulichen und religiösen Ideen und unseres beruflichen Alltags. Auch wenn die konservatorische Arbeit im Museum das Ziel hat, die Uhren möglichst unverändert zu erhalten, so verschieben sich doch die Sichtweisen, Interessenlagen und Wertungen der Besucher unablässig. Der Sonnenuhrgarten trägt selbst dazu bei, daß sich die Einstellung der Besucher und der Öffentlichkeit zu den Sonnenuhren verändert.

Das Deutsche Museum hat der Zeitmessung von Anfang an eine Ausstellung gewidmet, die, wenn auch

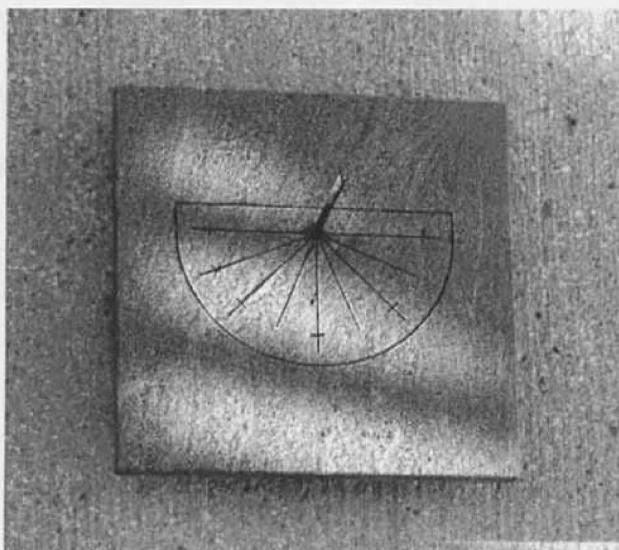
mehrfach verändert, bis auf die Kriegsjahre immer bestanden hat. Oskar von Miller hatte die Aufgabe im Gründungsjahr 1903, also vor einem knappen Jahrhundert, dem Geheimrat und Industriellen Arthur Junghans anvertraut, der sich damals rühmen konnte, in Schramberg im Schwarzwald die größte Uhrenfabrik der Welt zu betreiben. Er stiftete dem Museum aus seiner eigenen Sammlung einen Grundbestand an historischen mechanischen Uhren und Sonnenuhren.

Die Übernahme der Instrumentensammlung der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, die Miller veranlassen konnte, brachte neben einer wertvollen Beobachtungsuhr des genialen Abraham Louis Breguet und anderen spektakulären Stücken ebenfalls eine größere Zahl von Sonnenuhren ins Deutsche Museum. Weitere Einzelstücke wurden im Verlauf der Jahre gestiftet oder angekauft.

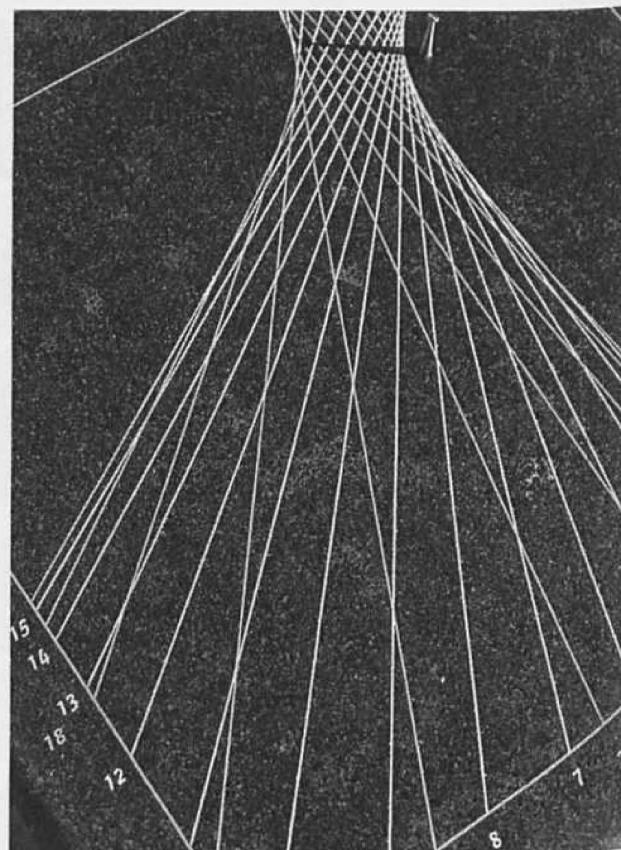


Die Sonnenuhren sind heute in mehreren Sammlungsbereichen inventarisiert; darin kommt zum Ausdruck, daß die nackte Messung der Zeit die Ausnahme, die Zeitmessung für bestimmte unmittelbar angewandte Zwecke jedoch die Regel war und auch heute noch ist. Dies gilt insbesondere für die Astronomie oder die Navigation von Schiffen, aber auch der immer schneller werdenden Flugzeuge und heute sogar der Automobile. Das heute allgegenwärtige GPS-System (*Global Positioning System*) zur genauen Ortsbestimmung beruht auf höchst genauen Messungen von Signallaufzeiten mit Atomuhren. Hier und da erlaubt sich das Deutsche Museum auch die Präsentation eigener Interpretationen, etwa wenn in der Ausstellung „Informatik“ eine Sonnenuhr als analog rechnendes mathematisches Instrument präsentiert wird.

Das Erfolgskonzept des Deutschen Museums beruhte nicht nur auf der Attraktivität historischer Originalobjekte. Von Beginn an bot es den Besuchern die Möglichkeit zur handgreiflich-praktischen Auseinandersetzung mit den Themen. Ein Foto aus dem Jahr 1910 (Siehe Seite 39) dokumentiert, daß auf der Dachterrasse des alten Museumsgebäudes in der Maximilianstraße, dem heutigen Völkerkundemuseum, einige Sonnenuhren unter



Die Konstruktion der Kanonischen Sonnenuhr ist nach mathematisch-astronomischen Gesichtspunkten unzulänglich. Trotzdem ist sie die über Jahrtausende wohl am meisten verbreitete Sonnenuhr.



Die Sternzeituhr besteht nur aus Geraden und kann in der Zeit der Sonnwenden nur ungenau abgelesen werden.

freiem Himmel vorgeführt wurden. So nimmt der neue Sonnenuhrgarten eine alte Tradition wieder auf.

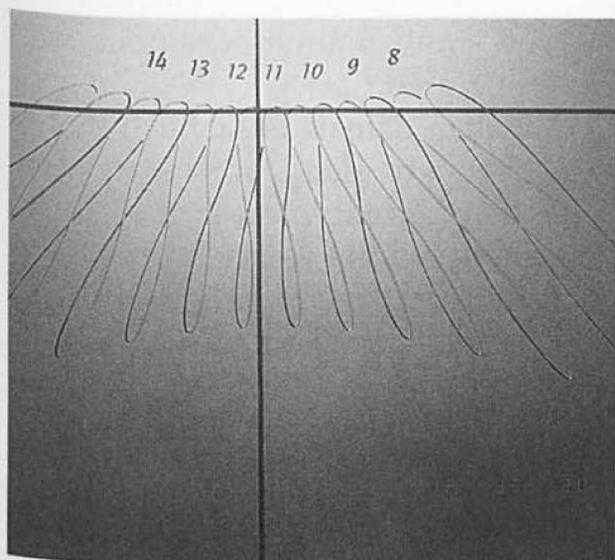
Die bereits sichtbare Resonanz des Sonnenuhrgartens bei den Besuchern und auch bei den Medien läßt

erkennen, daß die Thematik einen Nerv getroffen hat. Erstaunlich ist, wer alles im Gespräch bekennt, sich auch schon einmal am Bau einer Sonnenuhr versucht zu haben – nicht selten mit beachtlichem Erfolg. Die bescheidene Zurückhaltung der seit langem aktiven Gemeinschaft der Sonnenuhrfreunde wurde von der Öffentlichkeit in der Zeit medienwirksamer Events leicht übersehen oder auch belächelt.

Das Interesse an der Ableitung der Zeit aus der Position der Sonne mittels einer besonderen Uhr führte wahrscheinlich seit Jahrtausenden an vielen Stellen der Erde zu Sonnenuhr-Konstruktionen. Von manchen haben wir vielleicht nie etwas erfahren. Man darf jedoch getrost annehmen, daß der Erfindungsreichtum in unserer heutigen Zeit breiter und leicht zugänglicher naturwissenschaftlicher Kenntnisse und leicht verfügbarer

Die von Yves Opizzo mit höchster Präzision berechneten Linien sind auf Spezialfolien gezeichnet und auf die Flächen des Steins aufgeklebt. Der Bildhauer Christian Tobin schneidet sie mit dem Skalpell aus und hängt die Steinplatten zum Präzisionsstrahlen auf.





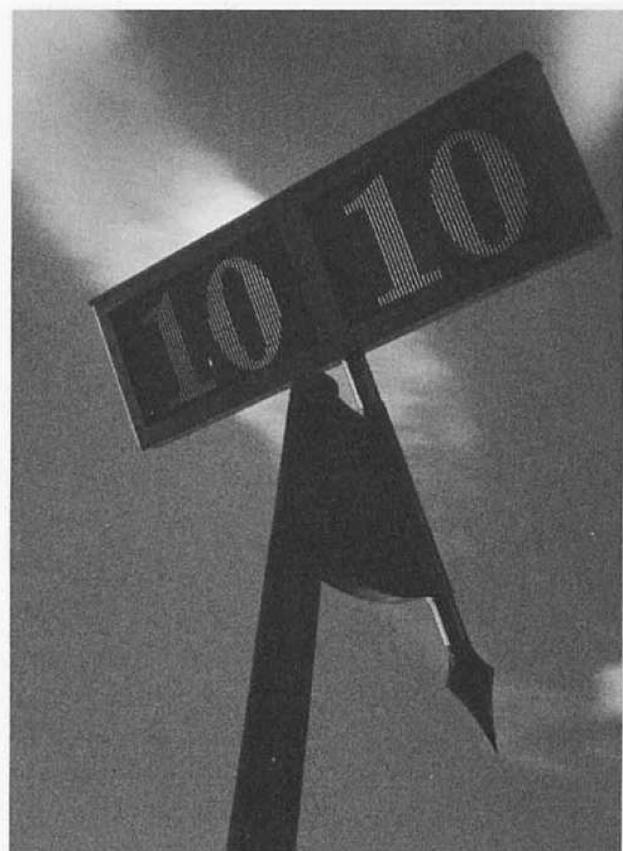
Das Schattenkreuz auf der Glasscheibe der Bifilaren Sonnenuhr entsteht aus den Schattenlinien von Drähten, die sich selbst nicht berühren. In den Tagen der Wintersonnwende fällt das Schattenkreuz auf das obere Ende der Stundenschleifen.

Die Einführung der gemittelten Zeiten innerhalb der 24 Zeitzonen, mit der die als Wahre Ortszeit (WOZ) bezeichnete genaue Sonnenzeit außer Kraft gesetzt wurde, war ebenfalls ein politischer Akt. Bedenkt man, daß die Einführung dieser Zonen durch den sich ausbreitenden Eisenbahnverkehr unumgänglich erschien, wobei die Dampflokomotive das Tempo bestimmte, dürfte die zunehmende Rolle des WorldWideWeb, in dem Informationen mit Lichtgeschwindigkeit um den Globus geschickt werden, neue Veränderungen erwarten lassen. Der Zeit kommt kein eigenes Dasein zu, wirklich sind nur die Bewegungen in der Natur, lehrte bereits Aristoteles. Andere haben das anders gesehen.

Trotz der großen Bedeutung, die das künstliche Licht am Ende unseres Jahrhunderts gewonnen hat, bestimmt der Lauf der Sonne auch heute noch den Tages- und Jahresablauf der meisten Menschen. So erscheint es nur legitim, der Messung der Zeit mit der Sonnenuhr einen bedeutenden Platz im Gesamtkonzept einer neuen Ausstellung „Zeitmessung“ in diesem großen technisch-naturwissenschaftlichen Museum zu widmen.

Eindrucksvoller als die Sammlung historischer Sonnenuhren in der bisherigen Vitrine, aber auch als die einzelne öffentliche Sonnenuhr über der Ostzufahrt zum Museum wird die Bewegung der Sonne und damit die von ihr „gemachte“ Zeit durch das Ensemble der 21 Sonnenuhren im neuen Sonnenuhrgarten wahrnehmbar. Stellt die Sonne nur das Maß für die Zeit bereit oder „macht“ sie die Zeit selbst? In einer ausreichend hellen Mondnacht zeigen die gleichen Uhren die Mondzeit.

Heute ist es kein Problem, die eine Zeit in die andere mit hoher Genauigkeit umzurechnen. Bekanntlich führt die Umrechnung zwischen der von der Sonne unmittelbar angegebenen Wahren Ortszeit zu unserer Mitteleuropäischen Zeit über die Mittelung der Schwankungen der Wahren Ortszeit über das ganze Jahr und über ein in der Praxis oft überschrittenes Gebiet zwischen 15 Längengraden. Bedenkenswert erscheint es, daß diese Mittelungen auch Ergebnis des Vorhandenseins einer ungeheuren Zahl von leicht transportierbaren mechanischen und elektronischen Uhren sind,



Die digitale Sonnenuhr von Hans und Daniel Scharstein zeigt auf fünf Minuten genau die Wahre Ortszeit. Das Foto wurde bei Vollmond aufgenommen und läßt noch zwei Sterne erkennen.

die es erlauben, auch ihre selbst gemachte Zeit überall hin mitzunehmen. Im Gegensatz dazu gibt es nach wie vor für alle gemeinsam nur eine einzige Sonne.

Noch ein anderer Aspekt berührt die Auseinandersetzung mit der Wahren Ortszeit im neuen Sonnenuhrgarten: Sie kann auch als Übung in ökologischem Denken verstanden werden, bestimmt doch der Lauf der Sonne an jedem Ort die Dynamik der gesamten Natur, sowohl über den Tag hinweg als auch über das Jahr. Die Biologen und Physiologen sehen in den von den Zeitperioden der Umwelt abweichenden inneren biologischen Uhren der Lebewesen, die sie als „Circa-Uhren“ bezeichnen, eine Einrichtung der Natur zum Zweck, „mit den Schwierigkeiten des Lebens fertigzuwerden“, indem sie sich von der Umwelt nicht abkapseln, sondern sich auf sie einregeln. So interpretierte dies Jürgen Aschoff, einer der Pionierforscher für dieses Gebiet. Die schnell akzeptierte Bezeichnung „Garten“ weist darauf hin, daß die verschiedenen Sonnenuhren wie die Pflanzen in einem botanischen Garten von der Sonne abhängig sind.

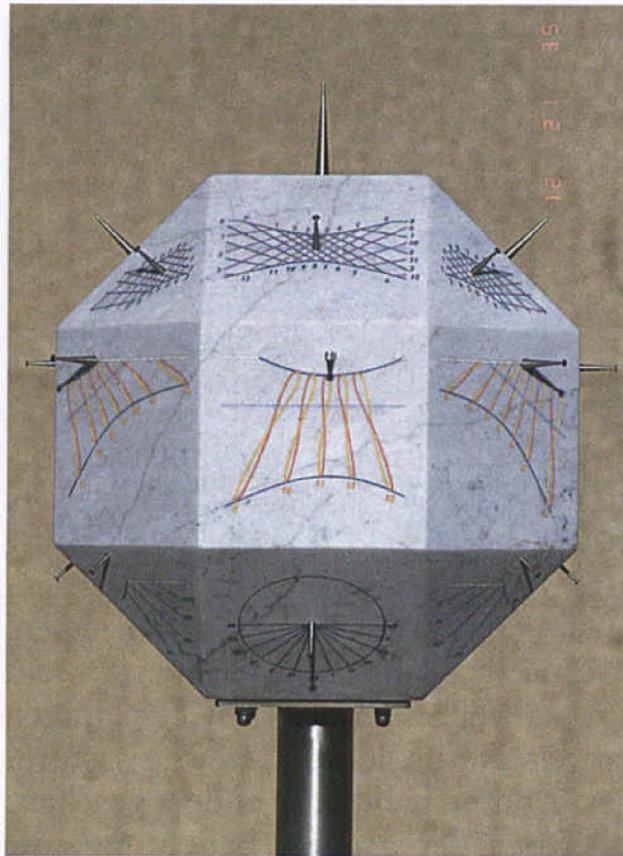
technischer Möglichkeiten größer ist als jemals zuvor. Fest steht, daß niemals in der Geschichte gleichzeitig mit so großem Aufwand und Erfindungsreichtum neben rein mechanischen Uhren, Quarzuhren und Atomuhren auch Sonnenuhren in so großer Zahl neu entwickelt wurden.

VERSCHIEDENE ZEITEN FÜR VERSCHIEDENE ZWECKE

Wer sich auch nur kurze Zeit mit der vielfältigen Gestaltung der Uhren und den Methoden und Instrumenten zur Messung der Zeit beschäftigt, kommt zu der Erkenntnis, daß es in der Geschichte der Zeitmessung nicht nur um immer höhere Genauigkeit auf einer abstrakten Zeitachse ging und geht. Wenn die Sonnenuhr eine andere Zeit anzeigt als die Armbanduhr, dann muß nicht unbedingt eine davon falsch sein. Wir haben längst gelernt, mit verschiedenen Zeiten zu leben und sei es nur die Mitteleuropäische Sommer- und Winterzeit (MESZ und MEZ), deren Wechselspiel unsere Politiker beschlossen haben.



Die Globussonnenuhr zeigt, daß die Sonne den gelben Greenwichmeridian bereits um eine Viertelstunde überschritten hat. Der rote Punkt zeigt die geografische Position von München. Er befindet sich am obersten Punkt der Kugel, direkt unter dem Zenit.



Auf dem Polyeder mit 26 Flächen sind 25 verschiedene Sonnenuhren angeordnet.

DER SONNENUHRENGARTEN IM DEUTSCHEN MUSEUM

Der Vorschlag zur Errichtung eines Sonnenuhregartens im Deutschen Museum stammt von dem professionellen Gnomoniker Yves Opizo aus Haigerloch und dem Bildhauer Christian Tobin aus Diessen. Sie haben ihn auch realisiert. Beide arbeiten seit längerer Zeit zusammen und planen weitere gemeinsame Sonnenuhrprojekte. Sie berechneten und gestalteten 19 nach verschiedenen Prinzipien funktionierende Sonnenuhren vollständig neu und nahmen zusätzlich die um 1965 von Martin Bernhardt entwickelte Präzisionssonnenuhr und die erst vor einigen Jahren von Hans Scharstein und seinen Mitarbeitern erdachte und angefertigte digitale Sonnenuhr in ihr Ausstellungskonzept auf.

Die einzelnen Sonnenuhren des Sonnenuhregartens sind in der historischen Abfolge des Entstehens ihrer abstrakten Funktionsprinzipien angeordnet, wobei diese durch die Realisierung mit modernen technischen Mitteln in neuer Gestalt und höchster Präzision in neuer Qualität zur Gel-

tung gebracht wurden. Einige dieser Funktionsprinzipien waren nach unseren heutigen Erkenntnissen seit mehreren Jahrtausenden, andere seit einigen Jahrhunderten bekannt. Einige wurden vor wenigen Jahrzehnten, einige erst in den letzten Jahren erfunden. Obwohl die Uhren selbst alle gleich alt sind, ist der Rundgang durch den Sonnenuhregarten auch ein Gang durch die Geschichte des Umgangs der Menschen mit der Zeit.

Wie alle historischen Objekte im Deutschen Museum sind auch die Sonnenuhren nicht allein durch die Geschichte, die keine Fehler macht, legitimiert. Sie müssen auch nach aktuellen Fragestellungen und Wertungen beurteilt werden können. Von besonderem Interesse ist deshalb die sogenannte Kanonische oder auch Kanoniale Sonnenuhr. Dieser sehr einfache Typ war nicht nur im christlichen Abendland, sondern auch im arabischen Kulturgebiet seit Jahrtausenden weit verbreitet, entspricht jedoch im Gegensatz zu allen anderen gezeigten Uhren nicht unseren modernen mathematisch-naturwissenschaftlichen Vorstellungen. Deshalb sah man in diesem Typ oft einen Rückschritt ge-

genüber ähnlich alten oder noch älteren Prinzipien.

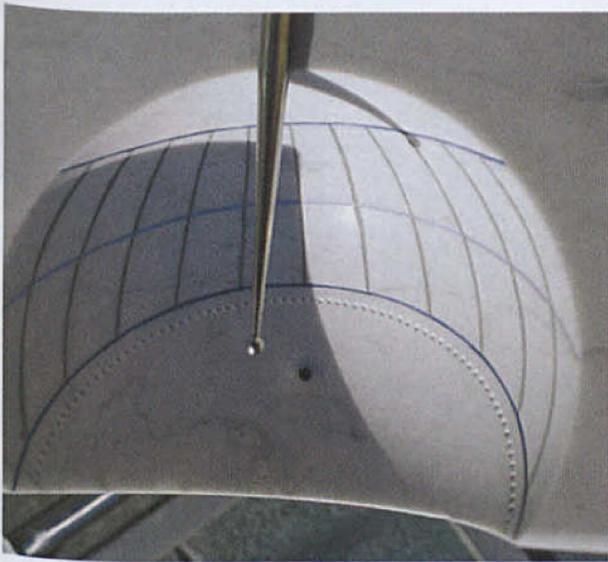
War man damals tatsächlich dumm und begnügte sich mit einem falsch gehenden Uhrentyp? Konnte sich ein so großer Teil der Menschheit so lange Zeit einem Irrtum hingeben? Oder ergaben sich aus dem damals üblichen Umgang mit der Zeit andere Anforderungen? In diesem wohl zutreffenden Fall erscheinen die in der Antike erfundenen Hohlsonnenuhren, die Skaphen, in einem besonderen Licht, da sie auch den heutigen Anforderungen vollständig gerecht werden.

Ähnliches gilt für die ungewohnten Temporalstunden, die zu unseren heute standardisierten Stunden einen prinzipiellen Gegensatz bilden. Sie ergeben sich aus der Unterteilung des lichten Tags zwischen Sonnenaufgang und -untergang in zwölf gleichlange Stunden, wobei sich ihre Dauer jedoch im Verlauf des Jahres mit der Länge des lichten Tags stark verändert. Man hat jahrhundertlang damit gelebt und hat wohl auch nicht selten seinem Mißmut über die immer gleichlangen Stunden der sich seit dem Mittelalter ausbreitenden mechanischen Kirchturmuhren geäußert.

Im Sonnenuhregarten können die Besucher auch die Situation in einer Zeit ohne planmäßig verkehrende Eisenbahnen oder Flugzeuge erahnen, in der die Frage der Gleichzeitigkeit zwischen geografisch weit voneinander entfernten Orten höchstens von akademischem oder auch theologischem Interesse war. Man lebte nach der Wahren Ortszeit, und nur Astronomen nahmen bei der Beobachtung der Gestirne die Ortsabhängigkeit dieser Zeit wahr.

Geblichen ist dagegen der Sachverhalt, daß die Natur nach der von der Sonne dem jeweiligen Ort unmittelbar mitgeteilten Zeit lebt. Nach Mitteleuropäischer Zeit öffnen sich die Blumen in München früher als jene in Augsburg oder in Stuttgart, wobei jedoch jeweils die gleiche Wahre Ortszeit besteht.

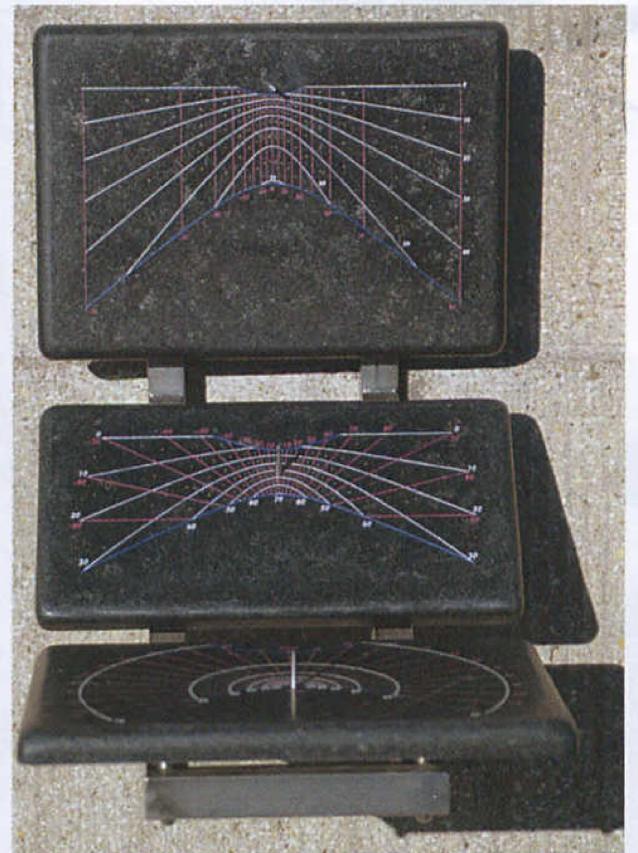
Eine Globusuhr aus weißem Marmor demonstriert den Zusammenhang zwischen Geografie und Zeit besonders einleuchtend. Die Besucher können ablesen, über welchem Meridian und über welchem Breitengrad die Sonne gerade steht. Der Abstand zum Münchner Meridian kann in geo-



Die Römische Skaphe besteht aus einer Hohlkugel, an deren Oberseite der Schattenstab angebracht ist. Zum Zeitpunkt der Aufnahme im frühen Januar kurz nach der Wintersonnwende beginnt gerade die zehnte der 12 Temporalstunden.



Der millimetergenau eingemessene Kupfernagel für den Tag der Sommersonnwende wurde dunkelblau umrandet. Genau um 15 Uhr fällt der durch eine Lochblende erzeugte Sonnenpunkt auf diesen Datums-punkt. Die Kupfernägel sind für jeden zweiten Tag eingemessen. Die beiden heller blauen Punkte bezeichnen den 1. Juni links und den 1. Juli rechts. Die Abstände der Datums-punkte werden mit zunehmender Entfernung von der Sommersonnwende größer.



Die dreiteilige Sonnenuhr zeigt Azimut und Höhe der Sonne.

grafischen Längengraden und -minuten oder auch in Stunden oder Zeitminuten abgelesen werden.

Der komplizierte Zusammenhang zwischen der Wahren Ortszeit, der sogenannten Mittleren Ortszeit, und den Zonenzeiten nach dem Greenwichsystem wird durch die täglichen Werte der sogenannten Zeitgleichung beschrieben. Man findet sie im Sonnenuhrgarten sowohl als Tabelle als auch in Form der typischen Achterschleifen, welche auf den Sonnenuhren für Weltzeit oder Mitteleuropäische Zeit die einzelnen Stundenlinien ersetzen.

Alle flachen Uhren wurden aus dunklem Granit, alle dreidimensionalen aus weißem Marmor hergestellt. Die Farben der Linien können über eine gemeinsame Farblegende aufgeschlüsselt werden, so daß die gleichen Parameter bei sämtlichen Uhren durch gleiche Farben erkennbar sind.

Obwohl die Linien mit dem Computer mit höchster Genauigkeit berechnet und mit einem Präzisions-sandstrahlverfahren in den Stein gefräst wurden, erfordert das genaue Ablesen auf etwa zehn oder sogar fünf Minuten eine nicht immer einfache

Interpolation zwischen den Linien. Sie wird weiter erschwert, da die Schattenstäbe nicht beliebig dünn oder spitz ausgeführt werden konnten, ist jedoch prinzipiell immer möglich. Bei der Präzisionsuhr für 14 Uhr MEZ, beziehungsweise 15 Uhr MESZ wurde für jeden zweiten Tag des Jahres ein Kupfernagel in den Terrassenboden eingebracht, dessen Ort mit einem Lasertheodoliten mit maximaler Präzision eingemessen wurde. Hier kann mit einer Genauigkeit von einer halben Minute oder noch weniger abgelesen werden.

Der Zeitpunkt des höchsten Sonnenstands, des Wahren Mittags, wird zu einem Ereignis, wenn durch einen sehr schmalen Schlitz die Sonne für etwa eine Minute die auf dem Boden verlaufende violette Meridianlinie erleuchtet. Eine senkrecht zu dieser Linie verlaufende hellblaue gerade Linie markiert den Weg des durch eine Lochblende erzeugten Lichtpunkts an den beiden Tagundnachtgleichen.

Eine besondere rechnerische, künstlerische und handwerkliche Leistung des Teams Opizzo/Tobin ist ein Polyeder aus weißem Marmor mit 26 Flächen, wobei 25 mit einer Sonnen-

uhr versehen sind. Vielfächersonnenuhren haben eine lange Tradition, es dürfte jedoch kaum eine zweite mit der hier gezeigten Komplexität und Genauigkeit geben. Die schrägen Flächen sind nicht sämtlich symmetrisch mit gleichem Winkel geneigt, sondern entsprechend der geografischen Breite des Deutschen Museums. Auf diese Weise entstand ein Gürtel aus polaren Sonnenuhren, deren Flächen parallel zur Erdachse orientiert sind.

Erst in den letzten Jahren entwickelt wurde die inzwischen patentierte digitale Sonnenuhr, welche die Stunden- und Minutenzahl der Wahren Ortszeit direkt anzeigt. Auch die Sonnenuhr hat damit den Schritt in das digitale Zeitalter geschafft. □

DER AUTOR

Hartmut Petzold, geboren 1944, Ingenieur und promovierter Historiker, ist Abteilungsleiter für Informatik, Automatik und Zeitmessung am Deutschen Museum. 1992 erschien sein Buch *Moderne Rechenkünstler*, eine Arbeit zur Geschichte der Rechenmaschinen und Computer.



NATURZEIT – KULTURZEIT

Fragen nach dem Charakter, dem Ursprung und dem Inhalt von Zeit

VON PETER JANICH

„Was ist Zeit?“ scheint eine Frage ganz zeitloser Aktualität zu sein und die geheimnisvolle Aura zu verbreiten, man könne diese Frage um so weniger beantworten, je öfter sie gestellt wird. Wer die Unbegreiflichkeit der Zeit nicht als Selbstauskunft behaupten möchte, beruft sich auf Augustinus, der nur dann wissen wollte, was Zeit sei, wenn man ihn nicht danach frage, danach befragt aber sein Nichtwissen zugeben müsse.

Etwas respektlos ließen sich die ungezählten philosophischen Traktate über Zeit in zwei Gruppen einteilen, solche nämlich, die sich gleichsam dem Augustinischen Bekenntnis verpflichtet fühlen und Fragen über Fragen, Probleme über Probleme aufwerfen, um endlich alles in metaphysischem Dunkel zu belassen; und andererseits solche Philosophien, die antreten, Probleme zu lösen.

Gerne berufen sich, wie erstere auf Augustinus, letztere auf Aristoteles. Er hat, in seiner Physik-Vorlesung, eine explizite Definition gegeben: Zeit sei die Zahl (an anderer Stelle heißt es: das Maß) der Bewegung hinsichtlich früher und später. Auch moderne Sprachphilosophen, Wissenschafts- und Erkenntnistheoretiker können dieser Definition eine wichtige Klärung abgewinnen, zumal wenn man sie in Anwendung auf die aristotelische Diskussion des berühmten Paradoxons von Achilles und der Schildkröte sieht: Im bekannten Argument Zenons, daß der schnelle Läufer Achilles die langsame Schildkröte nie einholen könne, weil er dazu erst die erste Hälfte des Abstandes zu ihr zurückzulegen habe, während die Schildkröte einen neuen Vorsprung gewinne, zeigt, wie Aristoteles seine Definition gemeint hat: Zwei Bewegungen, die von Achilles und die der

Schildkröte, werden miteinander verglichen. Und wie jeder Mensch aus dem Alltagsleben weiß, lassen sich zwei Bewegungen – in sorgfältiger Formulierung: relativ zum Erdboden – nach Geschwindigkeit, nach den zurückgelegten Strecken und den dafür benötigten Dauern vergleichen.

In der aristotelischen Erläuterung, der schnellere Achilles teile die Zeit, die langsamere Schildkröte die Strecke, ist das Rezept eines solchen Vergleichs enthalten: Wer formuliert, „Diejenige Dauer, die Achilles für die erste Hälfte des Vorsprungs der Schildkröte benötigt, erlaubt der Schildkröte einen neuen Vorsprung“, hat das zeitliche Maß der Bewegung des Achilles nach dem früher und später an seinem Lauf abgenommen, um daraus im Bewegungsvergleich eine Strecke zu finden, die gleichzeitig von der Schildkröte zurückgelegt wird.

Modern gesprochen: Zeit ist nach der aristotelischen Definition ein Mittel, zwei gleichzeitige Bewegungen beliebigen Geschwindigkeitsverhältnisses miteinander zu vergleichen. Wählt man als eine dieser beiden die Bewegung eines Uhrenzeigers, oder antik, den Umschwung des Himmels, wie er uns ja durch den Uhrenzeiger angezeigt wird, so liegt auch nach modernen Maßstäben eine brauchbare Definition bei Aristoteles vor.

Die Zuweisung von Aristoteles und Augustinus zu problemlösenden und problemschaffenden Philosophien ist freilich ungerecht. Findet sich bei Aristoteles nicht nur manche dunkle Bemerkung über die Existenz der Zeit im Verhältnis zu ihren Modalitäten Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft, so hat andererseits Augustinus – aus moderner Sicht – viel Klärendes gerade über die Zeitmodi gesagt: Das Vergangene sei uns in der Erinnerung gegenwärtig, das Gegenwärtige im Erleben und das Künftige im Erwarten, Hoffen und Fürchten. In heuti-

ger erkenntnistheoretischer Formulierung: Es ist unser bewußtes Handeln und Erleben, das für uns Zeit konstituiert.

Leider bleiben solche fairen Urteile über historische Autoren davon abhängig, wie gut (im Sinne ausdrücklicher begrifflicher Klärungen) der Sprachgebrauch des Interpreten selbst ist. Die deutsche Alltags- und Bildungssprache stellt uns ja fraglos alle die Wörter bereits zur Verfügung, mit denen wir Texte philosophischer und wissenschaftlicher Herkunft über die Zeit lesen. Dabei ist es in einer auf den Uhrengebrauch angewiesenen, technisch hoch zivilisierten Kultur zur Selbstverständlichkeit geworden, was, etwa ab dem 13. Jahrhundert, erst allmählich zum Zeitbegriff der klassischen Physik geführt hat: Aus der Darstellungsform der Geometrie bei Euklid, die, etwa für eine Konstruktionsaufgabe, „gegebene“ Strecken einfach neben das entsprechende Textstück als gerade Striche aufweist, wird ab dem 13. Jahrhundert (zum Beispiel von Oresme) Zeitdauer ebenfalls graphisch, durch gerade Strecken dargestellt. Heute lernt jedes Schulkind über das Uhrenzifferblatt die Darstellung von Zeit auf einer Zahlengeraden.

ZEIT IN DER PHYSIK UND DIE MENSCHLICHE ERFAHRUNG VON ZEIT

Zeit ist der wichtigste, grundlegende Parameter einer naturwissenschaftlichen Beschreibung von Körperbewegungen und damit der klassischen Physik, die ihrerseits die Leitdisziplin für eine moderne, naturwissenschaftliche Betrachtung der Welt wird. Man hört und liest, wie in Uhren, von der mechanischen Pendeluhr bis zur Quarz- und Atomuhr, Naturgesetze wirken, um im Gleichklang mit astronomischen Bewegungen wie Erd-

rotation und Planetenlauf Zeit zu messen – sozusagen als Naturgegenstand, für die es die einschlägigen Naturgesetze aus den Natur- und Technikwissenschaften zu lernen gäbe. Interesse an Fragen nach der Entstehung des Lebens oder gar des Universums tun ein übriges: Die Evolutionsbiologie oder die naturwissenschaftliche Kosmologie erscheinen als die zuständigen Zeit-Wissenschaften.

Zugleich tauchen in den letzten Jahren, nicht ganz unabhängig von mancherlei Widerständen gegen eine technisch-naturwissenschaftliche Zivilisation, sozialwissenschaftliche und lebensstilbezogene Einwände auf, die von erlebter Zeit, der Entdeckung der Langsamkeit, verschiedenen Zeitverständnissen in verschiedenen Kulturen oder Perioden der abendländischen Geschichte und so weiter berichten. Damit ist ein philosophisches Problem aufgeworfen, das sich kurz in die Frage fassen läßt: Ist Zeit ein Natur- oder ein Kulturgegenstand, oder gibt es gar beides, Naturzeit und Kulturzeit?

Eine Antwort auf diese Frage soll auf folgendem Weg gewonnen werden: Ausgangspunkt sollen entschiedene Behauptungen der Naturwissenschaften sein, etwas über Anfang oder Entstehung der Zeit im Urknall zu wissen, über Zeitmessung in der Physik mit ihren paradox anmutenden Aussagen der Relativitätstheorie, in der Entstehungsgeschichte des Lebens auf der Erde und über die Zeitforschungen naturwissenschaftlicher Physiologie etwa zur Hirnforschung, zur „biologischen Uhr“ und zur Zeitwahrnehmung in psychologischen Experimenten.

Im Nachweis, daß alle diese Theorien bereits die wichtigsten Unterscheidungen in zeitlicher Hinsicht als bekannt und geklärt in Anspruch nehmen müssen, wird in einem zweiten Schritt das Gewinnen dieser Unterscheidung im Heranwachsen des Menschen und seiner Lerngeschichte von Handeln und Reden nachgezeichnet, um die Abhängigkeit aller naturwissenschaftlichen Zeittheorien von einer Konstitution der Zeit durch Handeln und Erleben nachzuweisen.

Den Schluß wird die Frage bilden, ob nicht *das* Zeitproblem jeder nur gewünschten und betriebenen Klärung zugeführt werden kann.

NATURZEIT: VOM URKNALL ZUR BIOLOGISCHEN UHR

Gegen religiöse Schöpfungsmythen ist die moderne Physik angetreten, ihr exzellentes Laborwissen in Verbindung mit hochentwickelter astronomischer und astrophysikalischer Beobachtungskunst zu mathematischen Modellen zu entwickeln, die eine Geschichte des Universums beschreiben sollen. An die Stelle des göttlichen Schöpfers, der die Handwerkskunst beherrschte, aus dem Nichts die Welt zu fabrizieren, wie wir sie vorfinden oder uns paradiesisch ausmalen, ist der Urknall getreten.

Dem Laien werden dabei keine geringeren Phantasieleistungen abverlangt als beim Schöpfergott; er soll sich eine „Singularität“ vorstellen, in der die gesamte Materie des Universums in einem einzigen Punkt unendlicher Dichte versammelt war. Nach dem gesunden Pragmatismus der Physik, Zeit sei, was Physiker mit Uhren messen, oder auch im Sinne des aristotelischen Pragmatismus, wonach Zeit etwas an der Bewegung sei, „beginnt“ die Zeit im Urknall. Stephen W. Hawking schreibt in seinem Buch *Eine kurze Geschichte der Zeit*:

„Zu diesem Zeitpunkt, den wir Urknall nennen, wären die Dichte des Universums und die Krümmung der Raumzeit unendlich gewesen. Da die Mathematik mit unendlichen Zahlen im Grunde nicht umgehen kann, bedeutet dies, daß die allgemeine Relativitätstheorie einen Punkt im Universum voraussagt, an dem die Theorie selbst zusammenbricht. Dieser Punkt ist ein Beispiel für das, was Mathematiker eine Singularität nennen ... Also könnte man sich, selbst wenn es Ereignisse vor dem Urknall gegeben hat, bei der Bestimmung dessen, was hinterher geschehen ist, nicht auf sie beziehen, weil die Vorhersagefähigkeit am Urknall endet. Entsprechend können wir keine Aussagen über das machen, was vorher war, wenn wir, wie es der Fall ist, nur wissen, was seit dem Urknall geschehen ist ... Wir müssen sie (nämlich ‚Ereignisse vor dem Urknall‘) deshalb aus dem Modell des Universums ausklammern und sagen, daß die Zeit mit dem Urknall begann.“

Wer seine eigenen Wörter noch beisammen hat, wird mit Erstaunen

lesen, daß „die Vorhersagefähigkeit am Urknall endet“, weil einerseits Vorhersagen sich auf die Zukunft richten, der Urknall aber in der Vergangenheit gedacht wird. „Beckmesserei“ würde der philosophiefreudliche Hawking wohl antworten. Aber jeder Laie wird soviel Logik in seiner Sprache behalten wollen, daß es ihm schwerfällt, einerseits von „Ereignissen vor dem Urknall“ zu reden und andererseits im Urknall der Zeit einen Anfang zuzuschreiben.

Vorher und nachher, das aristotelische früher und später, reichen offensichtlich hinter den Anfang von Zeit zurück – oder Hawking hat nicht darüber nachgedacht, zu unterscheiden zwischen dem, was physikalische Theorien behaupten, und dem, was menschliche Urheber und Vertreter solcher Theorien von diesen unabhängig wissen und können müssen.

Kurz, noch nicht einmal Hawking selbst ist bereit, seine alltagsprachlichen zeitlichen Unterscheidungen seiner eigenen Urknalltheorie zu opfern, oder er könnte sie nicht einmal erfunden haben, formulieren und polemisch gegen philosophische Fragen verteidigen. Ein Wissen über die Zeit aus physikalischen oder naturwissenschaftlichen Theorien ableiten, herausdestillieren zu wollen, verkennt, daß in diese Theorien und um so mehr in die Verteidigung ihrer Geltung etwas investiert werden muß, was nicht mehr durch die Theorie selbst widerlegt werden kann. Kurz, die Diskussion des Urknall-Modells mit zeitlichen Unterscheidungen liefert nicht, sondern verlangt begriffliche Klarheit.

Will ein Physiker die naturwissenschaftlichen Theorien der Entstehung des Universums gegen den Vorwurf verteidigen, hier handle es sich nicht weniger um dunkle Metaphysik als bei religiösen Weltentstehungsmythen, müßte er darauf verweisen, daß die modernen mathematischen Modelle auf solidem Experimentalwissen beruhen. Dort ist Zeit, was Physiker mit Uhren messen. Deshalb sei jetzt der zweite Blick auf „Zeit als Naturgegenstand“ zu der Frage gebracht, wie Naturwissenschaften Zeit messen. Wieder wird man sich dieser Frage vorsichtig gegenüber den allzu vertrauten Seiten unserer vom Uhrengebrauch dominierten Zivilisation nähern müssen.

Für die organisatorischen Aufgaben des Alltags wie auch für die meisten Zeitmessungen im High-tech-Bereich genügt die Annahme, daß Uhren nur der bequemerer Ablesung eines gleichmäßigen Naturvorgangs wie der Erdrotation dienen. Wie genau immer das Funktionsprinzip von Uhren für spezielle Verwendungszwecke sein mag, die Antwort der Naturwissenschaft auf die Frage, was ein Gerät zu einer Uhr mache, lautet: die ihre Funktion beherrschenden Naturgesetze. Der physikalische Laie mag hierbei an das Gesetz der Pendelschwingung für die Pendeluhr denken.

Diese Antwort ist erkenntnistheoretisch nicht weniger fragwürdig als die, Menschen zu vergessen, die Urknalltheorien erfinden und mit dem Anspruch auf Geltung vertreten wollen: Naturgesetze, oder harmloser, anerkannte Resultate moderner Naturwissenschaften können nie hinreichen zu erklären, was eine brauchbare Uhr ist. Uhren jeglichen Typs können nämlich, wie kein Mensch bestreitet, auch defekt oder gestört sein.

Kommt solches vor, wird nicht etwa angenommen, diese Uhren seien nun ausgeschert aus der Menge der Weltgegenstände, für die Naturgesetze gelten. Vielmehr werden Fehler behoben und Uhren repariert gerade in Übereinstimmung mit den sogenannten Naturgesetzen. Mit anderen Worten: Naturwissenschaftliches Wissen gilt für brauchbare wie für unbrauchbare Uhren, für die perfekt funktionierende ebenso wie für die stehengebliebene. Ob eine Uhr brauchbare Meßergebnisse liefert oder nicht, hängt nur von der menschlichen Zwecksetzung der Zeitmessung ab. Zeitmessung ist eine Kunst, ist das Können, mit technischen Mitteln die von Menschen selbst erst kulturgeschichtlich nach und nach entwickelten Zwecke des Vergleiches von Dauern zu erreichen.

Wie aber steht es, in einem dritten Blick auf die Zeit als Naturgegenstand, mit der evolutionsbiologischen These, wir Menschen seien als Produkt der Evolution angepaßt auch hinsichtlich unseres Zeitsinnes an ein Naturgeschehen? Wären wir es nicht, hätten wir nicht überlebt. Unser Zeitsinn, Ereignisse nach dem früher und später zu ordnen, hinsichtlich ihrer Dauer zu vergleichen und dabei über

Gegenwart, Vergangenheit und Zukunft zu sprechen, sei also ein Produkt der Naturgeschichte. So jedenfalls lauten Thesen der „evolutionären Erkenntnistheorie“, die, je nach philosophischer Bildung ihres Vertreters, entweder als Widerlegung philosophischer Erkenntnistheorie etwa im Sinne Kants, oder als deren naturwissenschaftliche Erklärung vorgetragen wird. Was bei Kant als „innerer Sinn“ zu den „Bedingungen der Möglichkeit von Erfahrung“ gerechnet wird, soll, so die griffige Formulierung von Konrad Lorenz, als Bedingung der Möglichkeit individueller Erfahrung ein Produkt der Stammesgeschichte sein.

Wieder hat eine schöne, nämlich auf den ersten Blick höchst eingängige Theorie die Rechnung ohne den Wirt, bildlich genauer, die Suppe ohne den Koch gemacht: Evolutionsbiologen waren nicht dabei, als die Evolution geschehen ist. Evolutionsbiologie ist Geschichtsschreibung über ein Naturgeschehen, das nur im Lichte heutigen Wissens hypothetisch aus Indizien rückgeschlossen wird.

Alle selbstverständlich hier nicht in Zweifel zu ziehenden Erkenntnisse der Erdgeschichtler, der Paläontologen, der Entwicklungsbiologen und so weiter sind Wissensbestände, die von Menschen gewonnen und als solche begründet werden, die ihrerseits im Besitz des Vermögens sein müssen, aus der Ordnung ihrer eigenen Handlungen und Erlebnisse nach vergangen, gegenwärtig und künftig, nach früher und später oder nach ihrer Dauer Evolutionsbiologie zu treiben. Selbst wenn es, was noch aussteht, der Evolutionsbiologie gelänge, die historische Entstehung der zeitlichen Unterscheidungen zu erklären, die benötigt werden, um eben diese Evolutionsbiologie als Forscher zu betreiben und ihre Resultate zu behaupten, blieben ersichtlich solche Erklärungen in ihrer Geltung abhängig davon, daß die in sie investierten zeitlichen Strukturen des Wissenschaft treibenden Menschen anerkannt sind. Nicht die Evolutionsbiologie sichert die Geltung unserer Meinungen von der Zeit, sondern umgekehrt unsere Meinungen von der Zeit machen Evolutionsbiologie möglich.

Wer immer noch nicht den entscheidenden Fehler naturalistischer Erklärungen der Zeit durchschaut

NATURZEIT – KULTURZEIT

hat, kann in einem vierten Blick auf „Zeit als Naturgegenstand“ versucht sein, das Funktionieren unseres Organismus, unseres zentralen Nervensystems und unseres Stoffwechsels für die Quelle aller Eigenschaften wahrgenommener Zeit zu halten. Allerdings braucht man sich nur die hierfür angebotenen Theorien über biologische Uhren, zerebrale Rhythmen und Synchronizitäten oder auch über wahrnehmungspsychologische Experimente anzusehen: Selbstverständlich verwenden diese „Naturwissenschaftler vom Menschen“ in Experimenten und Beschreibungen ihrer Resultate Uhren, das heißt, den Zeitbegriff der klassischen Physik. Und selbstverständlich muß dafür jeder Wissenschaftler – siehe oben – immer schon unterscheiden können, ob seine Uhren richtig oder falsch gehen.

Kurz: Auch hier zeigt sich, daß jedes Wissen über das zeitliche Funktionieren organischer Vorgänge nicht die Eigenschaften der Zeit erzeugt, sondern einen souveränen Umgang mit ihnen durch die Forscher bereits von Anfang an benötigt. Die Geltung jeder Aussage über biologische Uhren hängt von der Brauchbarkeit der in sie investierten zeitlichen Unterscheidungen ab.

Zusammenfassend läßt sich daraus lernen, daß „Naturzeit“ zunächst nur ein Wort für das Programm ist, Zeit in den Zuständigkeitsbereich der Naturwissenschaften zu holen. Weil es sich dabei aber um Wissenschaften handeln soll, also um eine Bemühung, die Wissen schafft und nicht etwa Mythen, muß für die Gewinnung dieses Wissens und für den Ausweis, daß es sich um Wissen und nicht um Mythen oder Märchen handelt, schon ein Wissen über Zeit verfügbar sein. Naturwissenschaften sind eben – wie sehr auch viele Naturwissenschaftler hoffen, sich und ihr Tun naturwissenschaftlich zu begreifen – selbst kein Naturstück, sondern Kulturleistungen. In ihnen spielen kulturhistorisch entstandene Regeln, sprachliche und nicht-sprachliche Festlegungen und nicht zuletzt das Handeln von Menschen eine entscheidende Rolle.

Deshalb soll nun der Mißerfolg naturalistischer Zeitauffassungen mit einem „kulturalistischen“, methodisch geordneten Gegenentwurf konfrontiert werden.

KULTURZEIT: VOM ALLTAGSERLEBEN ZUR WISSENSCHAFT

„Was ist Zeit?“ ist eine von traditioneller Philosophie irreführende Formulierung einer Frage, die sich in jeder erdenklichen Antwort zunächst nur darauf richten kann, zu fragen, was wir mit dem Wort „Zeit“ zum Ausdruck bringen wollen. Läßt man hierfür die üblichen Meinungen und Sprechweisen als ersten Hinweis gelten, so zeigt sich eine Hinterhältigkeit der Grammatik: Wir haben ein Substantiv, in deutscher Terminologie ein Dingwort, „Zeit“, was suggeriert, Zeit sei ein Ding (oder zumindest ein Ereignis) oder eine Substanz (oder mindestens die Veränderung einer Substanz), gleichsam unabhängig von uns wahrnehmenden Menschen existierend.

Diese „realistische“, weil eine dingliche Realität vorgaukelnde Suggestion läßt sich aber aufklären, wenn wir sie mit anderen Substantiva für natürliche oder künstliche Dinge oder Ereignisse vergleichen. Wir können „Zeit“ nicht verwenden wie einen Eigennamen für ein Naturding (zum Beispiel „Vesuv“) oder Naturereignis („der letzte Ausbruch des Vesuvs“) oder für ein Kulturding (zum Beispiel „Eiffelturm“) oder ein Kulturereignis (zum Beispiel „Die Pariser Weltausstellung“). Wir können „Zeit“ aber auch nicht verwenden wie einen Prädikator für natürliche oder künstliche Dinge oder Ereignisse (Vulkan, Vulkanausbruch, Turm, Ausstellung).

„Wir können nicht“ heißt hier, daß sich bei solchen Verwendungen keine in unserer Sprache sinnvollen Sätze ergäben. Also muß das Wort „Zeit“ eine andere Rolle spielen. Denn daß wir es in vielfacher Verwendung zur Verfügung haben und nicht beliebig verschenken wollen, steht außer Frage.

Deshalb folgender Vorschlag: Das Wort „Zeit“ bringe nichts anderes zum Ausdruck, als daß wir in „zeitlichen“ Unterscheidungen erfolgreich kommunizieren. Dies ist kein definitorischer Taschenspielertrick, weil „zeitlich“ (zum Beispiel als Unterscheidung zu „räumlich“) selbst als ein Wort zur Einteilung unserer Wörter verwendet werden kann. Wir würden etwa Stunde, Tag, früher, später,

jetzt, Augenblick, vergangen, zukünftig und viele andere zu den zeitlichen Wörtern rechnen, nicht jedoch zum Beispiel rund, glatt, Würfel, Meter, Winkel und so weiter. Bei Wörtern wie gleich, vor, schnell und langsam, oder auch langweilig, kurzweilig würden wir zögern, weil einerseits ein zeitlicher Aspekt und andererseits ein zusätzlicher Aspekt im Spiel ist.

Nun könnte jedes Kind Listen von Wörtern aufschreiben, die wir als „zeitlich“ einstufen, im Unterschied zu anderen. Über „Zeit“ zu reden heißt dann nichts anderes, als zeitliche Wörter sinnvoll zu verwenden. Zeit ist damit ein „Reflexionsterminus“, das heißt also ein Wort, mit dem wir auf unser eigenes sprachliches Handeln reflektieren. Die Einführung dieses praktischen Wortes erzeugt weder einen neuen Gegenstand noch irgendwelche neuen Sachverhalte. Tiefsinnige Fragen wie, ob Zeit eine Richtung oder einen Anfang hätte und so weiter, sind keine neuen Sachverhalte, sondern müssen immer durch andere zeitliche Wörter beziehungsweise Aussagen ersetzt werden können.

Damit besteht die philosophische Aufgabe der Klärung des Zeitbegriffs darin, einen möglichst geordneten Überblick über die zeitlichen Wörter und ihre Verwendungsweisen zu geben. Um das Ergebnis einer solchen Bemühung mit einer Einteilung vorwegzunehmen: Wir unterscheiden einen modalen, einen ordinalen und einen durativen Aspekt der Zeit, wenn wir Wörter für die Zeitmodi vergangen, gegenwärtig und zukünftig, für eine Ordnung von Ereignissen (Handlungen, Erlebnissen und Naturgeschehen) nach früher und später, und schließlich einen Vergleich von Ereignissen nach dem Verhältnis ihrer Dauer vornehmen.

Eine schier uferlose Literatur rankt sich um Probleme, wie diese Aspekte voneinander abhängen. Werden solche Versuche im naturalistischen oder realistischen Mißverständnis unternommen, ganz gleich, ob dies Philosophen, Naturwissenschaftler oder Geisteswissenschaftler tun, beruhen sie auf Mißverständnissen – wie gezeigt. Größere Erfolgsaussichten hat eine sprachphilosophische und handlungstheoretische Annäherung an dieses Problem. Wir dürfen ja feststellen, daß jeder normale, sozial und geistig

hinreichend kompetente Erwachsene über alle sprachlichen Mittel verfügt, mit diesen drei Aspekten bestens zu rechtzukommen. Also müssen wir es gelernt haben.

Nun wären wir keine Menschen in dem Sinne, daß wir als Mitglieder menschlicher Gemeinschaften (welcher Kultur auch immer) unser Leben führen könnten, wenn wir nicht gelernt hätten zu handeln – Handeln ist hier im Unterschied zu bloßem Verhalten zu verstehen. Wer erschrickt, niesen muß, stolpert, bei einem Dauerlauf seinen Atem beschleunigt und so weiter, handelt nicht, sondern verhält sich. Wer dagegen ein Fenster öffnet, eine Mahlzeit zubereitet, einen Freund grüßt, einen Brief schreibt, der handelt. Er tut, was er auch unterlassen könnte, tut, was ihm gelingen oder mißlingen kann, weil er etwas falsch gemacht hat oder die Umstände widrig waren, und geht damit sprachlich so um, daß nach den Üblichkeiten zu solchen Tätigkeiten aufgefordert werden kann.

Handeln zu lernen, ist der wichtigste und im Lebensvollzug unablässig in Anspruch genommene Aspekt unseres Menschseins. Wer nicht unterscheiden kann zwischen dem, was ihm als Schuld oder Verdienst zugerechnet wird, von dem, was an ihm gleichsam naturgesetzlich passiert, landet im Gefängnis oder in der Psychiatrie – wenn er überhaupt geschickt genug ist, ein Leben bis zum straffähigen Alter zu führen.

Handeln hat aber als solches modale Struktur: Man handelt, um einen Sachverhalt herbeizuführen, zu vermeiden oder aufrechtzuerhalten, der ohne die Handlung nicht bestünde, der eintreten würde oder sich ändern müßte. Das heißt: Handeln in der Gegenwart ist immer auf einen zukünftigen Sachverhalt gerichtet, soll einen künftigen Zweck realisieren. Und nur der, der selbst den Vollzug von Handlungen beherrscht, also etwa eine Tür zu öffnen, um ein Zimmer betreten oder verlassen zu können, kann auch die Handlungen erlernen, über Handlungen handelnd zu reden. Die Kommunikation mit einem Kleinkind und dessen Spracherwerb haben es zentral mit der Unterscheidung der Eltern zu tun, Aufforderungen ergehen zu lassen, Unterlassungen zu fordern oder über Dinge und Ereignisse zu spre-

chen, die im gemeinsamen Handeln eine Rolle spielen, ohne selbst Handlungen zu sein.

Dabei werden wir über das Gelingen und Mißlingen das Handeln lernen, um für künftige Fälle aus Erfahrung, das heißt aus vergangenem Handeln sprachlich unsere Wahl von Mitteln zu bedenken. Kurz: Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft sind durch die spezifisch menschliche Kompetenz, Zwecke zu setzen und für ihr Erreichen Mittel zu wählen, erst implizit als Handlungskompetenz erworben, dann explizit als Beschreibungskompetenz erlernt.

Gehen wir beim Reden über Handlungen und Ereignisse, die uns zustoßen, von unserer eigenen Redesituation des Hier und Jetzt ab, so kommen wir zum ordinalen Aspekt der Zeit, der Anordnung von Ereignissen nach früher und später. Ist die Verwendung von Wörtern wie jetzt, vorher, nachher (oder auch früher in dem Satz „Früher war alles besser“) ein Indiz dafür, daß die Geltung der geäußerten Aufforderungen oder Behauptungen unmittelbar auf die Redesituation bezogen ist, so sind Ordnungsbeziehungen von der Redesituation unabhängig. Daß der Dreißigjährige Krieg früher war als der Siebenjährige, die Seeschlacht von Salamis früher als die Punischen Kriege, sind Aussagen, die vom Zeitpunkt ihres Äußerns unabhängig sind.

Der durative Aspekt schließlich, die Zeitmessung, geht wieder vom subjektiven, auf die Redesituation bezogenen Schätzen auf interpersonal kontrollierbare Aussagen über. Dabei tritt aber ein Sonderproblem auf, das den Unterschied von alltäglicher und naturwissenschaftlicher Zeitmessung betrifft. Die Organisationszwecke, die historisch mit der Zeitmessung zunächst verbunden waren, bezogen sich auf Naturereignisse – etwa bei der Entwicklung von Kalendern zur Festlegung bäuerlicher Aktivitäten wie Aussaat und Ernte, oder bei der Einteilung des Lichttages mit Hilfe von Wasseruhren. Auch religiöse Vorschriften jahres- und tageszeitlicher Art von der ägyptischen Antike bis zu den christlichen Kirchen- und Ordensregeln nahmen den Lauf von Sonne, Mond und Sternen als Bezugsereignisse. Die religiöse Auffassung der griechischen Antike von der Gött-



NATURZEIT – KULTURZEIT

lichkeit der Himmelskörper wurde aber durch die Klassische Physik, nach der Planetenbewegungen prinzipiell nicht verschieden von den irdischen Bewegungen einer Kanonenkugel sind, sowie von der Entdeckung entthront, daß die Erdrotation nicht gleichmäßig sein kann.

Kant wird das Argument zugeschrieben, die Gezeitenreibung bremse die Erdrotation ab. Heute kennt die Naturwissenschaft weit über 100 verschiedene Einflüsse auf den Gleichgang der Erdrotation, so daß sich das Problem ergeben hat, welche Bewegung für die Zeitmessung geeignet sei. Denn zu sagen, die Erdrotation sei nicht gleichmäßig, ist unvollständig. Sie bedarf einer gleichmäßigeren Bewegung, relativ zu welcher die Erdrotation schwankt.

Die Naturwissenschaften konnten dieses Problem nicht lösen, weil sie bei naturalistischen Erklärungen verblieben, und darin ist ihr die empiristische Wissenschaftstheorie unseres Jahrhunderts gefolgt. Wird dagegen das Zeitmessen in den Naturwissenschaften als menschliches Handeln begriffen, kann nach den Zwecken gefragt werden, die schließlich den Unterschied von ungestörten und unbrauchbaren Uhren definieren.

Diese Zwecke sind weder beliebig noch dogmatisch noch metaphysisch ausgezeichnet. Vielmehr ist es auch dem tatsächlichen Selbstverständnis der Naturwissenschaften angemessen, bestimmte Forderungen an die Qualität von Zeitmeßresultaten und damit von Uhren zu erheben. So wird zum Beispiel von Uhren verlangt, daß sie nicht einen natürlichen Nullpunkt oder eine natürliche Zeiteinheit auszeichnen. Wie es für die Längenmessung unerheblich ist, ob die Meßstäbe in Zentimetern oder Zoll geeicht sind, so ist es unerheblich, welche Sekundendefinition vereinbart wird. Es geht nämlich dem Erkenntniszweck nach in den Naturwissenschaften nur um Verhältnisaussagen, bei denen sich, in den Resultaten die Zeiteinheiten „herauskürzen“ lassen.

Aber auch die Unabhängigkeit von einer individuellen Uhr (wie von einer individuellen Person des Ablesers) ist ein methodologisches Postulat. Daß dieses in den Naturwissenschaften tatsächlich ernstgenommen wird, erkennt man daran, daß es einen nicht

auf eine individuelle Königsuhr, sondern einen universellen Parameter bezogenen Zeitbegriff in den Naturwissenschaften gibt. Die Ersetzbarkeit jeder Uhr durch jede andere ist also eine stillschweigend praktizierte Norm.

Damit ist auch der Kern einer protophysikalischen Theorie der Zeitmessung umrissen: Vom Gangverhältnis zweier Geräte, das sich allein mit geometrischen Mitteln, also uhrenfrei ermitteln läßt, wird verlangt, daß dieses bei Wiederholung gleich, konstant und unabhängig von einer Verschiebung der Anlaufpunkte bei Wiederholung ist. Jeder Laie kann etwa anhand seiner Erwartungen an eine Stoppuhr feststellen, daß es auch für ihn genau diese Eigenschaften sind, die für ihn Zeitmessung definieren. Ein natürlicher Standard, das heißt ein ausgezeichnetes Naturereignis wie zum Beispiel die Erdrotation wird hierbei nicht benötigt.

Steht Zeitmessung technisch und theoretisch so weit gesichert zur Verfügung, daß die Verhältnisse von Dauern zweier Ereignisse (zu verschiedenen Zeiten) mit beliebig durch einander ersetzbaren Uhren festgestellt werden können, sind alle weiteren Untersuchungen etwa in den Naturwissenschaften damit durchführbar. Aber auch kulturzeitliche Probleme – Zeitwahrnehmung des europäischen Großstädtlers etwa im Verhältnis zu einem mediterranen Bauern – haben damit einen transsubjektiven Bezugsgegenstand. Kulturpsychologische, soziologische, ethnologische und historische Untersuchungen, die etwa Thesen von der Gegenwartsschrumpfung in einer schnellebigen, die Anmutungsqualität des Vertrauten verlierenden Zeit (H. Lübke) betreffen, bauen auf explizit verfügbaren Zeitstrukturen durch die geklärte Verwendung modalen, ordinalen und durativer Unterscheidungen auf.

Die Opposition, Zeit als Naturgegenstand oder Kulturprodukt zu sehen, hat sich damit in eine methodische Ordnung der Rekonstruktion aufgelöst. „Methodisch“ heißt diese Ordnung insofern, als es menschliche Handlungen sind, die in Handlungsketten auf bestimmte Reihenfolgen der Durchführung verwiesen bleiben,

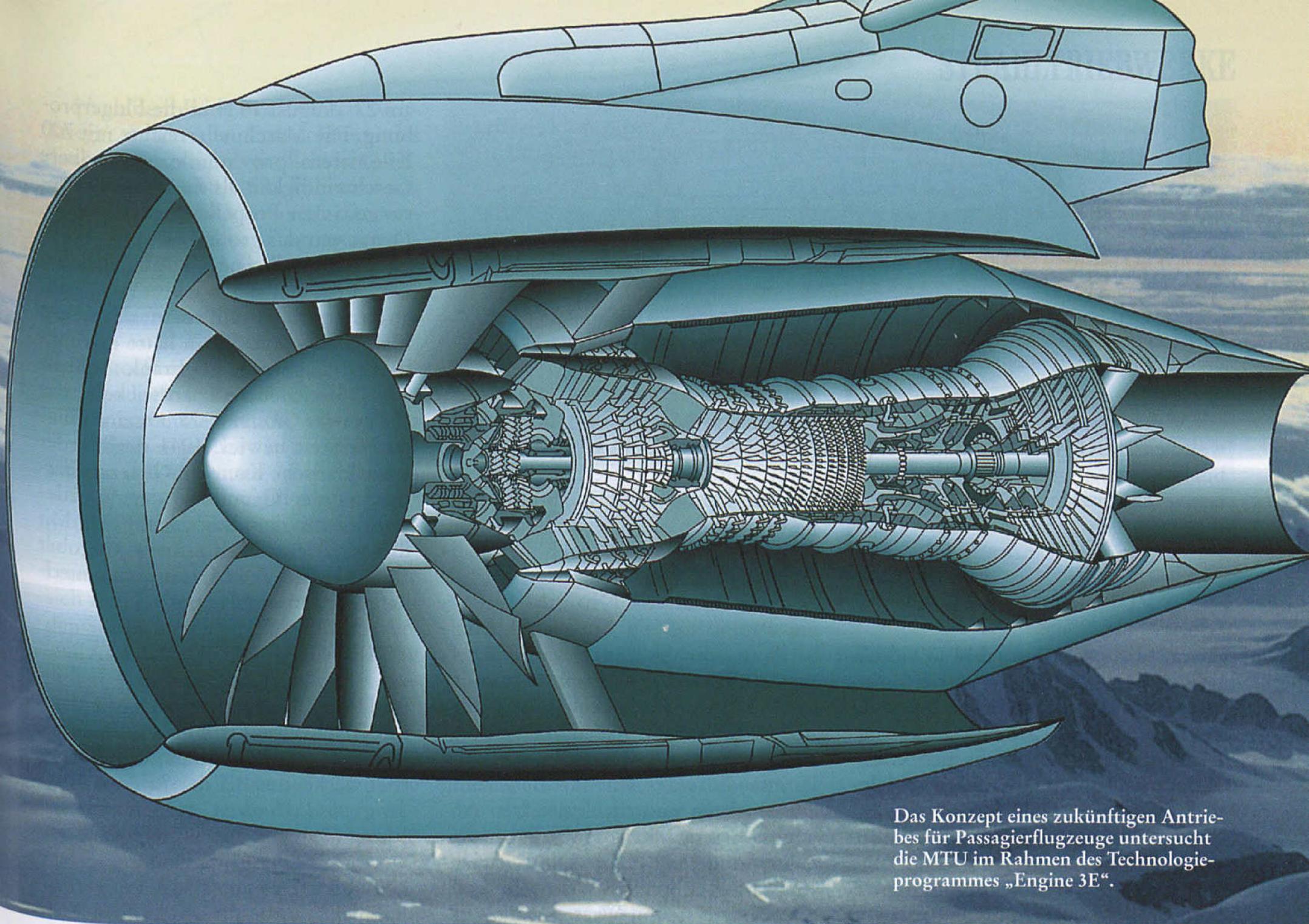
sollen sie nicht ihren Zweck verfehlen. Wo Philosophie über solche Handlungsketten des erfolgreichen zeitlichen Unterscheidens spricht, verfehlt sie die Wahrheit in beschreibenden, den Erfolg in vorschreibenden Fassungen dieses Handelns, wenn sie diese methodische Reihenfolge im Übergang vom Handeln zum Reden nicht einhält.

Methodisch primär hat sich damit Modalzeit als Strukturmerkmal unseres Handelns schlechthin erwiesen, das auf dem Weg in intersubjektive, vom erlebenden Beobachter unabhängigen Beschreibungen zur Zeitordnung und Zeitdauer von Ereignissen geführt hat. Die lebensweltliche, auf die Erdbewegung bezogene Kalenderrechnung und Zeitmessung wird in den Naturwissenschaften durch technische Normen des ungestörten Uhrengangs normativ verschärft und technisch nach Bedarf hinreichend gut realisiert.

Damit ist eine Grundlage auch für kulturwissenschaftliche Forschungen des Zeiterlebens und der Zeitorganisation der Öffentlichkeit gewonnen. „Das“ Zeitproblem hat sich damit verflüchtigt. Eine begriffliche Klärung unseres Redens von Zeit in den Praxen des täglichen Lebens, der wissenschaftlichen Forschung und der philosophischen Reflexion sind damit so klar wie nur immer gewünscht. Daß damit ein Begreifen der Zeit möglich wird, das den Menschen zum Herrn der eigenen Lebenszeit macht, und damit ein Stück „Aufklärung“, das im geistesgeschichtlichen Sinne nicht nur eine Emanzipation aus dunklen Mythen, sondern auch aus selbst verschuldeten Zwängen bedeutet, ist die praktisch-moralische Bedeutung einer methodisch-kulturalistischen Philosophie von der Zeit. □

DER AUTOR

Peter Janich, geboren 1942, Dr. phil., ist Professor für Philosophie an der Universität Marburg. Viele seiner Veröffentlichungen gelten der Philosophie der Naturwissenschaften. Im Verlag C. H. Beck erschienen unter anderem „Was ist Wahrheit? Eine philosophische Einführung“ (1996) und „Kleine Philosophie der Naturwissenschaften“ (1997).



Das Konzept eines zukünftigen Antriebes für Passagierflugzeuge untersucht die MTU im Rahmen des Technologieprogrammes „Engine 3E“.

DIE TREIBENDE KRAFT

Triebwerk-Ausstellung in der Flugwerft Schleißheim

VON INGO PETERMANN

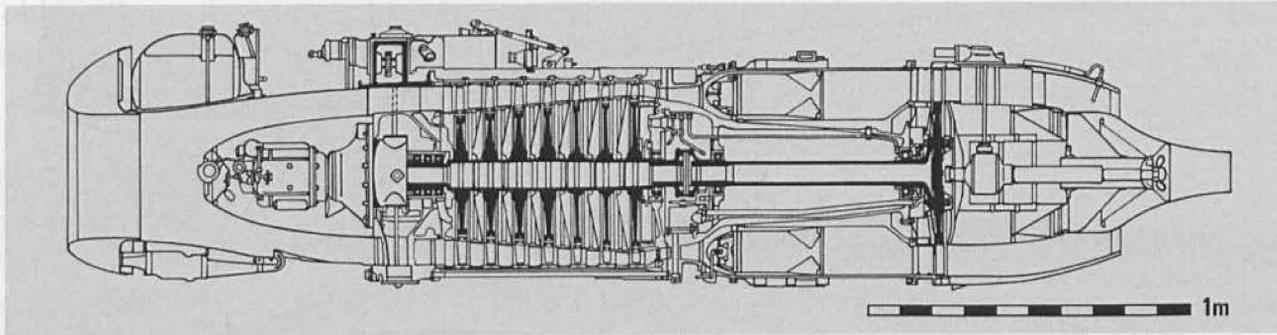
Unter dem Titel „Die treibende Kraft“ präsentiert die MTU *Motoren- und Turbinen Union München GmbH* in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Museum in der Flugwerft Schleißheim eine Sonderausstellung über die Geschichte des Triebwerksbaus. Anlässlich der 65jährigen Tradition im Triebwerksbau und dem 30. Geburtstag der MTU München sind hier vom 2. Juli bis zum 26. September 1999 besonders ausgefallene Exponate zu sehen. Zur Ausstellung erscheint ein Katalog.

Das Spektrum der Technik reicht bei der Ausstellung „Die treibende Kraft“ vom Flugmotor Daimler D IIIa aus dem ersten Weltkrieg, über das Eurofighter-Triebwerk EJ200 bis hin zu High-Tech-Trends der Zukunft.

Das erste Düsenflugzeug der Welt, die *Heinkel He 178*, flog am 27. August 1939 zum ersten Mal. Mit dieser Pionierleistung des Turbostrahlantriebs konnten die Leistungen der Flugzeuge weit über die Grenzen des Propellerantriebs hinaus gesteigert werden. Geschwindigkeiten bis in den Überschallbereich und der Massen-

luftverkehr mit Großraumflugzeugen wurden möglich. Die ersten Ideen, einen schnellen Gasstrahl als Antrieb für Flugzeuge zu nutzen, tauchten schon zu Beginn dieses Jahrhunderts auf. Spätere Patente beschäftigten sich dann damit, den Gasstrahl mit einem Turbinenmotor zu erzeugen.

Mitte der 30er Jahre entstanden in Deutschland und England die ersten experimentellen Turbostrahltriebwerke. Nach den erfolgreichen Flügen der *He 178* setzte in Deutschland die staatlich geförderte Entwicklung von serienmäßigen Kampfflugzeugen mit Strahltrieb ein. Seit Ende des Zwei-



BMW 003: Die Entwicklung des Turbinenstrahltriebwerkes BMW 003 begann 1939 und führte ab 1944 zur Serienfertigung der Baureihen A1 und E1 für die Flugzeugmuster *Arado 234* und *Heinkel He 162*.

ten Weltkriegs hat sich dieser Antrieb weltweit durchgesetzt und den Kolbenmotor bei größeren Flugzeugen fast völlig verdrängt. Das Turbostrahltriebwerk gehört zu den großen Innovationen der Luftfahrttechnik.

ZÜNDENDE IDEEN

Schon Mitte der 30er Jahre war deutlich geworden, daß das Antriebsprinzip mit Kolbenmotor und Propeller bei den immer höheren Geschwindigkeiten an seine physikalischen Grenzen stoßen mußte. Mehr als 800 Kilometer pro Stunde sind kaum zu schaffen, weil dann die Propellerspitzen Schallgeschwindigkeit erreichen und ihre Wirkung verlieren.

Der Physikstudent Hans Pabst von Ohain war es, der Mitte der 30er Jahre einen ganz neuen Antrieb für Flugzeuge erfand: den Düsenmotor. Zuvor hatte allerdings der Franzose Guillaume in seinem Patent von 1921 die wesentlichen Grundprinzipien des Strahltriebwerkes beschrieben: Ein mehrstufiges Turbogebälde verdichtet die Luft, dahinter folgt die Brennkammer, aus der die heißen Gase in eine ebenfalls mehrstufige Turbine strömen. Während beim Propeller eine große Luftmasse durch die wie Tragflügel gestalteten Blätter nach hinten beschleunigt wird, drückt die Strahltrieburbine einen Gasstrahl mit geringerem Durchmesser, aber mit sehr hoher Geschwindigkeit nach hinten.

Die großen Vorteile des Strahltriebs: Das Strahltriebwerk arbeitet mit rotierenden Teilen und mit kontinuierlicher Verbrennung. Hin- und

hergehende Massen und intermittierende Verbrennungsvorgänge wie beim Kolbenmotor werden dabei vermieden. Deshalb läuft die Strahltrieburbine wesentlich ruhiger und kann bei geringerer Masse sehr viel höhere Leistungen erreichen.

Hans Pabst von Ohain hatte 1935 ein Patent auf ein Turbostrahltriebwerk angemeldet. Noch während seiner Studienzeit in Göttingen baute er mit Hilfe des Automechanikers Max Hahn ein Experimentalgerät. Der Flugzeugunternehmer Ernst Heinkel erkannte die weitreichende Bedeutung dieses neuen und revolutionären Antriebs. Er engagierte Hans Pabst von Ohain und Max Hahn. Die Entwicklungsarbeiten begannen am 15. April 1936. Das erste mit Wasserstoffgas betriebene Strahltriebwerk lief im März 1937 auf dem Prüfstand. Nach weiteren zwei Jahren intensiver Entwicklungsarbeit entstand mit dem Heinkel He S 3 B schließlich das erste flugfähige Turbostrahltriebwerk der Welt.

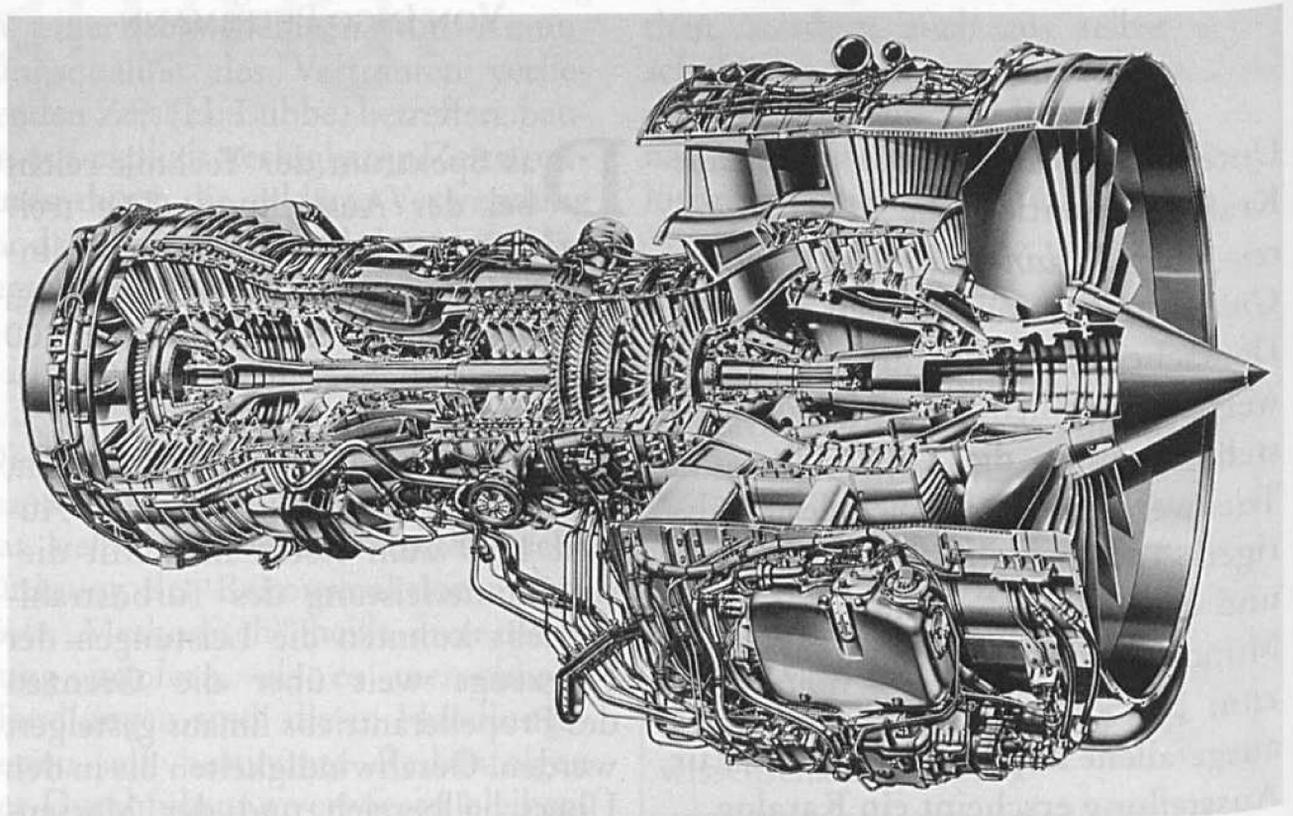
Gleichzeitig ließ Heinkel ein Experimentalflugzeug für das Triebwerk entwickeln. Die *Heinkel He178* ging

am 27. August 1939 in die Flugerprobung. Die Maschine erreichte mit 700 Kilometern pro Stunde eine höhere Geschwindigkeit als die damals in Serie gebauten Propeller-Jagdflugzeuge. Damit war das große Leistungspotential dieses völlig neuen Antriebes bewiesen.

Fast parallel mit dem deutschen Hans Pabst von Ohain hatte der englische Fliegeroffizier Frank Whittle ein Düsentriebwerk entwickelt, das 1941 in der *Gloster E-28/39* seine Flugtauglichkeit bewies. 1941 begann der amerikanische Konzern *General Electric* auf der Grundlage der Whittle-Turbine mit dem Bau der GE-IA. Mit diesem Triebwerk flog am 1. Oktober 1942 die *Bell P-59A*, das erste amerikanische Düsenflugzeug.

DIE STRAHLTURBINEN-ÄRA

Im Herbst 1939 leitete in Deutschland das Reichsluftfahrtministerium große Entwicklungsprogramme für Strahltriebwerke ein. Bei der *Junkers Flugzeug- und Motoren AG* entstand das Jumo 109-004. Ein ähnliches Triebwerk mit der Bezeichnung BMW 109-003 wurde von BMW entwickelt. Parallel dazu begannen die Projektarbeiten an einsatzfähigen Strahlflugzeugen. Das zweistrahlige Jagdflugzeug *Messerschmitt Me 262* flog erstmals am 18. Juli 1942. Es war das erste in Serie gebaute Strahlflugzeug der Welt. Die ersten Strahlflugzeuge waren mit etwa 800 Kilometern pro Stunde allen Propellerflugzeugen jener Zeit an Geschwindigkeit überlegen.



Das V2500-A5 ist ein modernes Zweiwellen-Zweistromtriebwerk für den Schubbereich 100 bis 150 Kilonewton. Es ist ein Gemeinschaftsprodukt von *Pratt & Whitney*, *Rolls-Royce*, *MTU*, *FiatAvio* und *Japanese Aero Engine Corporation* und wird in den Airbussen A320 eingesetzt.

Nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs wurde die Entwicklung des Turbostrahltriebs vor allem in Großbritannien, in den USA, in Frankreich und in der Sowjetunion weiterverfolgt. Die englische Flugmotorenindustrie liefert damals den Antrieb für die *de Havilland Comet*, den ersten Jet-Airliner der Welt. Das war der Anfang vom Ende der großen Kolbenmotorflugzeuge auf den internationalen Luftstraßen.

Die erste Generation von zivilen Strahlflugzeugen bewies in den 50er Jahren, daß der neue Antrieb neben viel höheren Geschwindigkeiten, auch größere Flughöhen und weitere Strecken ermöglichte als die früheren Kolbenmotoren. In den 60er Jahren stellte sich der Luftverkehr sehr schnell auf den Strahltrieb um. Die Düsen-Verkehrsflugzeuge halbierten mit ihren hohen Geschwindigkeiten die Reisezeiten.

Die Entwicklung der besonders leistungsstarken Fan- oder Bläser-Triebwerke machte ab Ende der 60er Jahre den Bau der Großraum-Flugzeuge möglich. Sie beförderten einige 100 Passagiere und leiteten den Mass Luftverkehr ein. Bei diesen Zweikreis-Triebwerken treibt das eigentliche Strahltriebwerk ein großes ummanteltes Schaufelrad, den Fan, an.

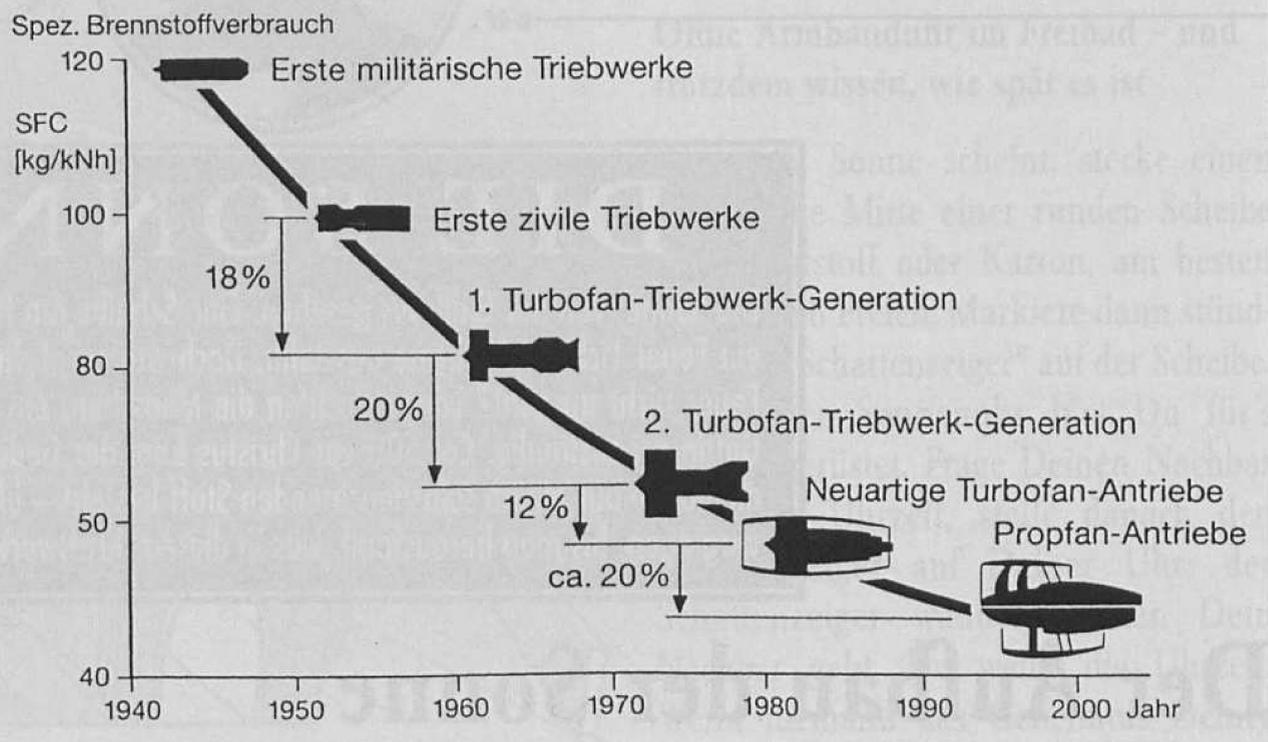
Die Idee des Zweikreistriebwerks mit besseren Wirkungsgraden durch ein zusätzliches, vom Kerntriebwerk angetriebenes Schaufelrad war erstmals 1943 mit dem Daimler-Benz-Versuchstriebwerk DB 109-007 demonstriert worden.

NEUE ENTWICKLUNGSZIELE

Der Antrieb eines Verkehrsflugzeugs wird nach dessen spezifischen Anforderungen konstruiert und optimiert. Wesentliche Gesichtspunkte sind dabei das Gewicht des Antriebes, der Brennstoffverbrauch, die Lebensdauer, die Umwelt- und Wartungsfreundlichkeit sowie die Anschaffungs- und Lebenswegkosten. Dies sind die klassischen Aspekte, die zur Beurteilung des Triebwerks herangezogen werden. Sie haben dazu geführt, daß sich die Gasturbine in der Luftfahrt als Antrieb durchgesetzt hat.

Eigenheiten bei der Entwicklung neuer Triebwerkstechnik zeigen sich bei einem Rückblick auf die nunmehr

Entwicklung des spezifischen Brennstoffverbrauchs von Turbostrahltriebwerken



Entwicklung des spezifischen Brennstoffverbrauchs von Turbostrahltriebwerken.

fast 40jährige Geschichte ziviler Strahltriebwerke. Betrachtet man die zeitliche Entwicklung des schubbezogenen spezifischen Brennstoffverbrauchs und den damit gleichsinnig verlaufenden Kohlendioxydausstoß, zeigt sich, daß bis heute eine Halbierung der ursprünglichen Werte erreicht wurde. Gleichzeitig verlief diese Entwicklung in zirka 10jährigen Generationssprüngen, wobei jedes neue Triebwerkskonzept Verbesserungen von 12 bis 20 Prozent gegenüber der Vorgängergeneration erbrachte. Hier zeigt sich offensichtlich ein Grundmuster der Triebwerksentwicklung. Der Zehn-Jahres-Rhythmus entspricht tatsächlich näherungsweise dem Vorbereitungszeitraum zur Einführung neuer Techniken mit entsprechender Zuverlässigkeit.

Von steigender Wichtigkeit ist in den letzten Jahren die Umweltverträglichkeit. Ein Flugzeugantrieb wird dann umweltverträglicher, wenn seine Lärmemission gesenkt, die Verbrennung schadstoffärmer gestaltet und der Brennstoffverbrauch reduziert werden kann. Im Laufe der Entwicklung wurden in diesen Bereichen große Fortschritte gemacht. Das Triebwerk V2500, an dem die MTU maßgeblich beteiligt ist, zählt zur Klasse der umweltverträglichen Antriebe.

Die Forderungen des Marktes nach neuen Triebwerken mit immer höheren Schubleistungen verlangen von

den Triebwerksherstellern, neue Wege zu gehen. Ein Beispiel dafür ist das Triebwerk PW4084/90/98, das gemeinsam von *Pratt & Whitney*, der MTU München und weiteren Partnern entwickelt wurde und in der *Boeing 777* am 12. Juni 1994 seinen Erstflug absolvierte. Mit einem Startschub von 98.000 Pfund (445 Kilonewton) in der neuesten Version zählt es derzeit zu den schubstärksten und modernsten Triebwerken der Welt.

Noch sind nicht alle Möglichkeiten in der Triebwerksentwicklung ausgeschöpft. Neue Triebwerkskonzepte, wie der ummantelte Propfan, an denen unter anderem im nationalen Technologieprogramm „Engine 3E“ gearbeitet wird, lassen bald nach der Jahrtausendwende einen Technologiesprung erwarten. Es wird beispielsweise mit Brennstoffreduzierungen bis zu 20 Prozent und weiterer Lärminderung gegenüber heutigen Turbofan-Triebwerken gerechnet. □

DER AUTOR

Ingo Petermann, geboren 1943, studierte in München Maschinenbau. Seit 30 Jahren ist er in verschiedenen Funktionen in der Luft- und Raumfahrt tätig, gegenwärtig als Mitarbeiter in der Unternehmenskommunikation der MTU München, einer Tochtergesellschaft der *DaimlerChrysler Aerospace AG*.

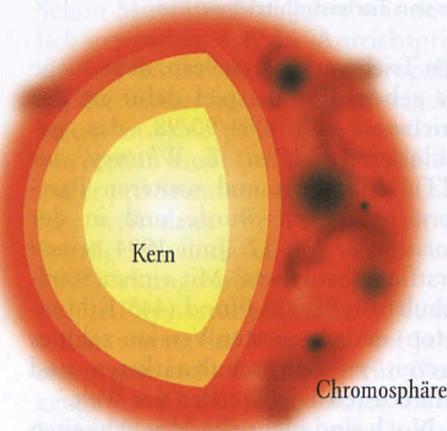


Achtung: Nie mit bloßem Auge oder nur einer Sonnenbrille in die Sonne schauen, man braucht Spezialgläser!!!

DIE SONNE

Die Sonne, von der Erde aus gesehen: Eine Scheibe am Himmel, die wie ein Feuer Licht und Wärme ausstrahlt. Doch wer sorgt dafür, daß dieses Feuer nicht ausgeht? Lange dachten die Menschen, ein Gott oder eine Göttin sei zuständig. Ca. 500 vor Christus kam der Gedanken auf, daß die Sonne aus einem selbstleuchtenden Stoff besteht – über 2000 Jahre vergingen, bis man herausfand, was in diesem Kraftwerk vor sich geht.

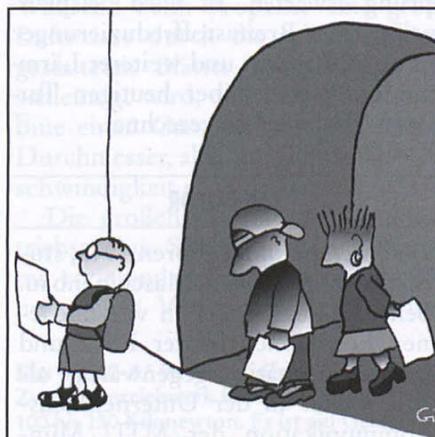
Der Aufbau der Sonne



Chromosphäre

Im Innern der Sonne ist es bis zu 15 Mio. Grad Celsius heiß. Von dort wandert die Strahlungsenergie durch die Schichten an die brodelnde Oberfläche.

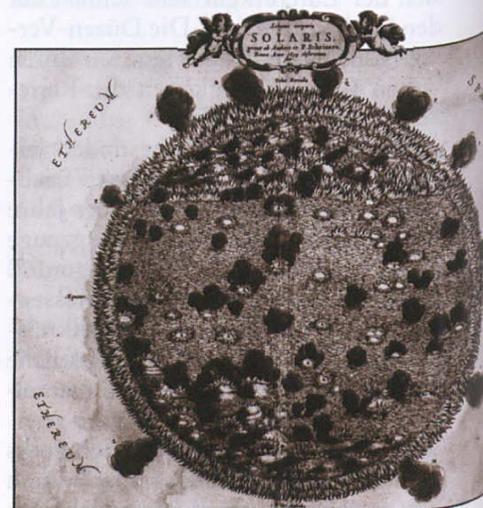
1. Partielle Sonnenfinsternis



28. Juli 1999: Partielle Sonnenfinsternis in Bayern (Zeugnisse)

„Ist mit Ihrem Fernrohr oder Ihren Augen etwas nicht in Ordnung?“ fragen die Leute, als 1611 der Astronom Christoph Scheiner berichtet, daß er dunkle Flecken auf der Sonne gesehen habe. Herschel, der Entdecker des Uranus, meint 1795, die Sonne sei ein in Leuchtwolken gehüllter fester Körper. In kühleren Gebieten darunter lebten Wesen, deren Organe „den Besonderheiten jenes mächtigen Globus angepaßt sind.“

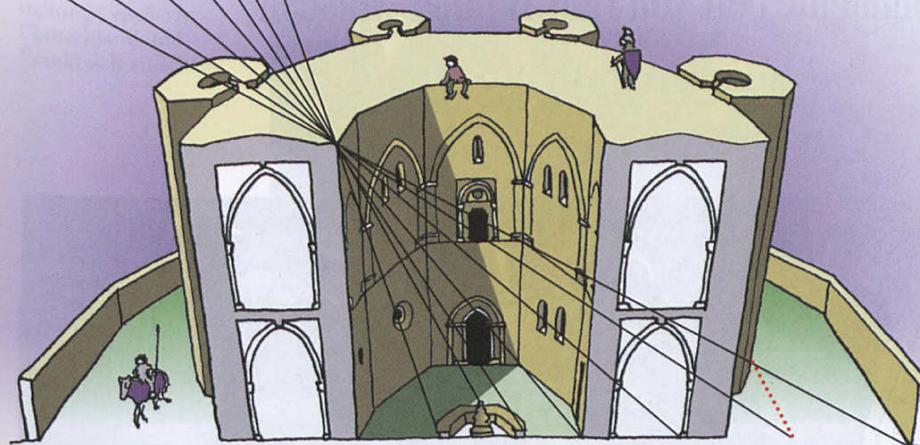
Erst in diesem Jahrhundert erhielt man ein klares Bild, wie die Sonne aufgebaut ist und was sie leuchten läßt: Im Innern der Sonne herrscht ein ungeheurer Druck, der in jeder Sekunde 600 Mio. Tonnen Wasserstoff zu Helium verschmelzen läßt. 4 Mio. Tonnen davon werden in Energie umgewandelt und als Licht und Wärme abgestrahlt – und das schon seit 4,5 Mrd. Jahren!



So zeichnete Scheiner die Sonne mit ihren Flecken. Heute weiß man: Die Flecken sind Stellen, die etwa 2000°C kühler sind als ihre Umgebung.

So groß ist die Erde im Vergleich zur Sonne

Die Sonnenuhr – früher und im Schwimmbad



Castel del Monte – eine Burg als Kalender

Die berühmte Burg in Süditalien wurde so gebaut, daß sie als Jahreskalender dienen konnte. Jeden Monat, wenn die Sonne in das nächste Sternzeichen tritt, reicht um die Mittagszeit der Schatten der Burgsüdseite an folgende Stellen:

- | | |
|------------------------|---|
| Am 21. Juni | an den Rand des achteckigen Brunnenbeckens |
| Am 22. Juli/Mai | bis zur Mitte des Beckens |
| Am 22. August/April | an den gegenüberliegenden Rand des Beckens |
| Am 23. September/März | über die ganze Breite des Hofes |
| Am 23. Oktober/Februar | über die Breite bis zu den Innenräumen |
| Am 22. November/Januar | an den Umriss der Burg mit den Türmen |
| Am 21. Dezember | an die achteckige, die Burg umschließende Mauer |

Brunnen und Außenmauer sind heute zerstört, daher brauchte man lange, bis man entdeckte, daß die Sonne als Architekt des Castel del Monte „hinzugezogen“ wurde.

Ohne Armbanduhr im Freibad – und trotzdem wissen, wie spät es ist

Wenn die Sonne scheint, stecke einen Stift in die Mitte einer runden Scheibe aus Kunststoff oder Karton, am besten draußen im Freien. Markiere dann stündlich den „Schattenzeiger“ auf der Scheibe. Mit dieser Sonnenuhr bist Du für's Freibad gerüstet. Frage Deinen Nachbar nach der Uhrzeit, stelle danach den Schattenzeiger auf Deiner Uhr: der Schattenzeiger wandert weiter, Dein Nachbar geht, Du weißt die Uhrzeit. Wenn niemand das Geheimnis Deiner Uhr kennt, kannst Du daraus ein lustiges Wettspiel machen, nach dem Motto, wer kann am besten die Uhrzeit erraten. Als wahrer Freund kannst Du aber auch eine zweite Zeigerplatte erstellen und verschenken ...



2. Totale Sonnenfinsternis



Zur Sonnenfinsternis am 11. August gibt es im Museum für alle Besucher diese todschicke Beobachtungbrille – und zwar umsonst!

FESTE IN DER MUSEUMSMEILE

Die enge Zusammenarbeit von fünf Bonner Museen

VON ALEXANDRA BORA

Gute Ausstellungen haben Anziehungskraft. Doch mit ihnen alleine ist es nicht getan. „Wir müssen den Besuchern schon etwas bieten“, weiß Dr. Petra Kruse, Leiterin von Medien und Kommunikation der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland. Das geht zusammen mit Partnern besser, als „wenn man alleine vor sich hin wurschtelt“, so Kruse. Also haben sich in Bonn fünf Museen zusammengetan und ziehen gemeinsam an einem Strang: Sie bilden die Museumsmeile.

Inhaltlich sind die Häuser durchaus verschieden: Von Zoologie im Museum Alexander Koenig über Historie im Haus der Geschichte der Bundesrepublik Deutschland, Gemälde und Fotos im Kunstmuseum und wechselnden Themen und Ausstellungen in der Kunst und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland bis hin zu Technik- und Wissenschaftsgeschichte im Deutschen Museum Bonn reicht die Bandbreite, die die Schauplätze an der Friedrich-Ebert-Allee und in der Ahrstraße den Zuschauern bieten.

Trotz aller Verschiedenheit mache die Zusammenarbeit großen Sinn, betonen die Partner – wie auch die Bundesstadt Bonn, die die Museumsmeile als ihr Schmuckstück preist. Einmal im Monat setzen sich Vertreter der fünf Musentempel, des Bonner Presamtes und der Tourismus und Congress GmbH Bonn/Rhein-Sieg an einen runden Tisch, sprechen Inhalte ab und planen Werbung und öffentliche Auftritte.

Wenn beispielsweise das Kunstmuseum in einer Sonderschau zeitgenössische portugiesische Kunst zeigt, dann holt die Kunst- und Ausstellungshalle gleichzeitig Glanzstücke



Im Deutschen Museum Bonn zeigte die GMD – Forschungszentrum Informationstechnik GmbH während des Museumsmeilenfestes 1998 den Roboter „Sir Arthur“.

aus dem Museu Nacional de Arte Antiga in Lissabon an den Rhein. Der Besucher erfährt also mehr zu einem Thema. Oder als das Deutsche Museum Bonn, das als fünfter Meilenstein vor drei Jahren zu den anderen stieß, anhand von Blutspuren Kaspar Hauzers seinem Publikum den genetischen Fingerabdruck erklärte, da bot es auch Anlehnungspunkte an die parallel laufende Ausstellung „Genwelten“ seines Partners an der Museumsmeile. Eine extra entwickelte Broschüre wies dem Besucher den Weg durch das Thema „Gene, Moleküle und die Wissenschaft vom Leben“.

Doch auch die Museumsmacher selber profitieren von der Partnerschaft. Bevor beispielsweise die Kunst- und Ausstellungshalle ihre berühmte Schau „Arktis – Antarktis“ zeigte, bat sie im Museum Koenig um Tips für Transport und Aufbewahrung der teils zoologischen Ausstellungsstücke. Ganz generell entwickeln die fünf Partner gemeinsame Werbeaktionen

und Auftritte bei Messen und ähnlichen Gelegenheiten.

Von Rivalität also keine Spur. „Ich glaube, daß Konkurrenzdenken absolut kontraproduktiv ist“, sagt Petra Kruse. Lieber arbeiten die Musentempel gemeinsam in eine Richtung. Einmal im Jahr läuft diese Kooperation zur Höchstform auf, beim Museumsmeilenfest. Ein verlängertes Wochenende lang, meist von Fronleichnam bis zum darauffolgenden Sonntag, dreht sich in der Bundesstadt – beinahe – alles nur noch um Kunst, Kultur und Technik. Alle Museen locken die Gäste mit Sonderausstellungen, Aktionen zum Mitmachen, Familienprogramm, Podiumsdiskussionen und am Wochenende auch mit Gratiseintritt. Kleinbusse pendeln dann zwischen den nördlichen „Meilensteinen“ an der Friedrich-Ebert-Allee und dem südlichsten der Musentempel, dem Deutschen Museum Bonn.

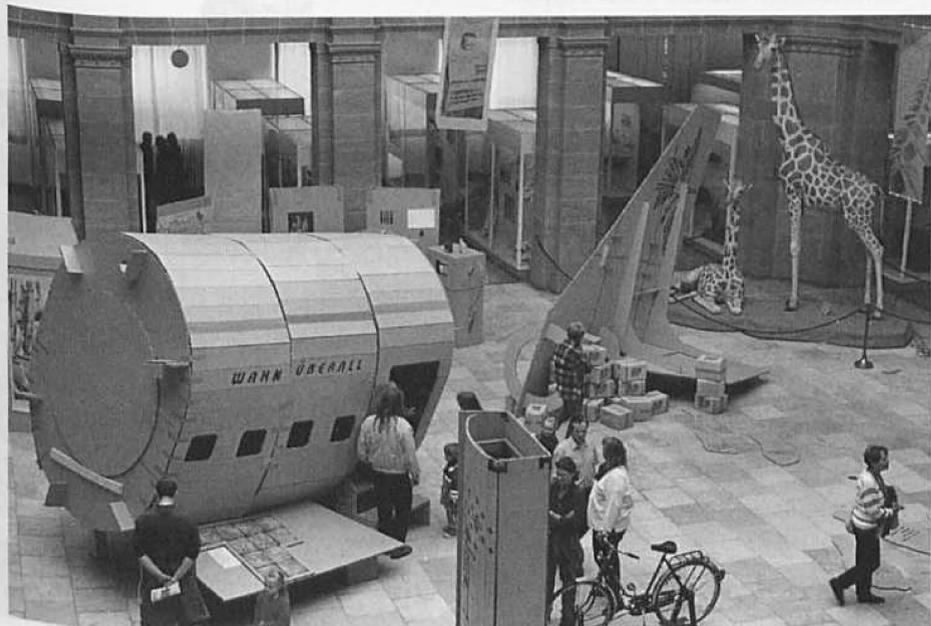
Zu den fünf bestehenden Tatorten kommt dann allerdings noch ein sech-

Impressionen vom Museumsmeilenfest 1998 in Bonn. Im Haus der Geschichte der Bundesrepublik Deutschland war die Sonderausstellung „vis-à-vis: Deutschland und Frankreich zu sehen.



Das Kunstmuseum eröffnete zum Fest eine Ausstellung, welche das fotografische Werk von Karl Lagerfeld vorstellte.

Die Ausstellung „Von Ingres bis Cézanne“ war ein großer Publikumserfolg in der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland.



Im naturkundlichen Museum Alexander Koenig konnten die Gäste die Ausstellung „Von wegen!“ besuchen, die an das ökologische Bewusstsein der Besucher appelierte.

ster hinzu: Eine Bühne, überdacht von einem weißen Zelt, die zwischen Kunstmuseum und Kunst- und Ausstellungshalle aufgestellt wird und auf der an jedem der Festabende und darüber hinaus auch den ganzen Sommer Open-air-Konzerte stattfinden. Pop- und Rockfans kommen dabei genauso auf ihre Kosten wie Freunde klassischer Musik und des Jazz.

Zum fünften Mal hat das Museumsmeilenfest in diesem Jahr stattgefunden, und wieder war es ein echter Erfolg: Knapp 90.000 Neugierige nutzten die Gelegenheit, um alle oder einzelne der fünf Häuser anzuschauen. Es wundert daher wenig, daß die Initiatoren des Festes immer neue Kooperationspartner und Sponsoren finden, die das Spektakel durch ihr Mitwirken bereichern: Im vergangenen Jahr waren es beispielsweise die Deutsche Post AG, die Deutsche Telekom AG oder das Institut Français und viele andere.

Zu Fest-, aber auch zu normalen Zeiten ist die Museumsmeile ein Anziehungspunkt der Bundesstadt. „Ein Großteil der Besucher kommt von außerhalb. Einige kommen aus Belgien, den Niederlanden oder Frankreich, um ein Wochenende in Bonn und in den Museen zu verbringen“, berichtet Petra Kruse. Es wird also viel geboten. □

ADRESSEN DER MUSEEN

Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig
Adenauerallee 160
53113 Bonn
Tel: (0228) 91 220

Haus der Geschichte der Bundesrepublik Deutschland
Adenauerallee 250
53113 Bonn
Tel: (0228) 91 65 -0

Kunstmuseum Bonn
Friedrich-Ebert-Allee 2
53113 Bonn
Tel: (0228) 77 62 60

Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland
Friedrich-Ebert-Allee 4
53113 Bonn
Tel: (0228) 91 71 -200

Deutsches Museum Bonn
Ahrstraße 45
53175 Bonn
Tel: (0228) 302 -255

VON SIGFRID VON WEIHER

2.7.1974

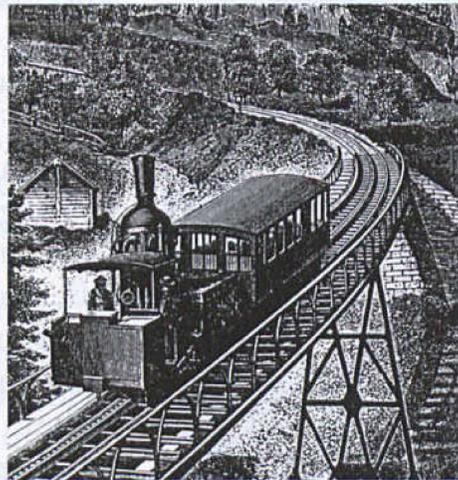
Die Ölförderinsel Graythorpe I wird in der Nordsee, 177 Kilometer östlich von Aberdeen, in Position gebracht; weitere, so auch die *Chris Chenery* von *Blohm & Voss*, Hamburg, folgen. Begonnen wurde der Betrieb maritimer Bohrinseln 1947 im Golf von Mexiko. Die Entsorgung von Bohrinseln ist allerdings ein Streitfall.



Öl-Bohrinsel von *Blohm & Voss*, noch auf der Werft in Hamburg, 1974.

9.7.1899

In Potsdam stirbt in seinem 70. Lebensjahr **Heinrich von Achenbach**. Einer alten Siegerländer Bergmannsfamilie entstammend, war er am Bonner Oberbergamt tätig und hielt an der dortigen Universität bergbauliche Vorlesungen. 1873 wurde er deutscher Minister für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten. Ein Steinkohlenbergwerk in Westfalen erhielt in Anerkennung seiner Verdienste den Namen „Minister Achenbach“.



Riggenbachs Zahnradbahn auf den Rigi, 1871.

15.7.1849

In Frankfurt am Main stirbt im 67. Lebensjahr der Physiker **Christian Ernst Neef**. Zusammen mit dem Mechaniker J. Wagner erfand er einen selbsttätigen Stromunterbrecher, den **Neefschens Hammer**, der in der Frühphase der Elektrotechnik, bedeutungsvoll wurde, insbesondere beim Zeigertelegraphen von Siemens wie auch beim Funkeninduktor von Rühmkorff. Neef gründete 1824 den Frankfurter *Physikalischen Verein*.

25.7.1899

In Olten, Schweiz, verstirbt 82jährig **Nikolaus Riggenbach**. Er ist der Erfinder der Zahnrad-Bergbahnen, die er sich 1863 durch Patent schützen ließ. 1871 wurde nach seinem System der Betrieb der **Rigi-Bergbahn** aufgenommen. Am Ende seines Lebens sah er noch die Fertigstellung der ersten Teilstrecke der Jungfrau-Zahnradbahn.

24.7.1849

In Düsseldorf wird **August Scherl** geboren. Seine Lebensarbeit widmet er dem Aufbau eines bekannten, erfolgreichen Verlags. Mit etwa 60 Jahren publizierte er eine zukunftsweisende Arbeit über *Ein neues Schnellbahnsystem* (1909), in der er sich für die Schaffung einer Einschienenbahn einsetzt. Praktische Versuche in Berlin waren erfolgreich, kamen jedoch nicht zur wirtschaftlichen Reife und ließen daher nicht die projektierte Schnellbahn Berlin-Hamburg entstehen.

29.7.1874

Der amerikanische Ingenieur **Elisha Gray** (1835-1901) in Chicago erhält das britische Patent 2646 auf sein „elektroharmonisches Piano“. Mit diesem Gerät übertrug er seinerzeit ein Konzert auf eine Distanz von 457 Kilometern.

30.7.1849

In London stirbt im Alter von 83 Jahren der Amerikaner **James Perkin**, ein vielseitiger

Erfinder. 1818 trat er mit einem Stahlstichverfahren für Banknotendruck hervor, 1835 mit einer patentierten Äther-Eismaschine. Bemerkenswert waren auch seine Versuche und teilweise verblüffenden Erfolge mit hochgespanntem Heißdampf.

30.7.1874

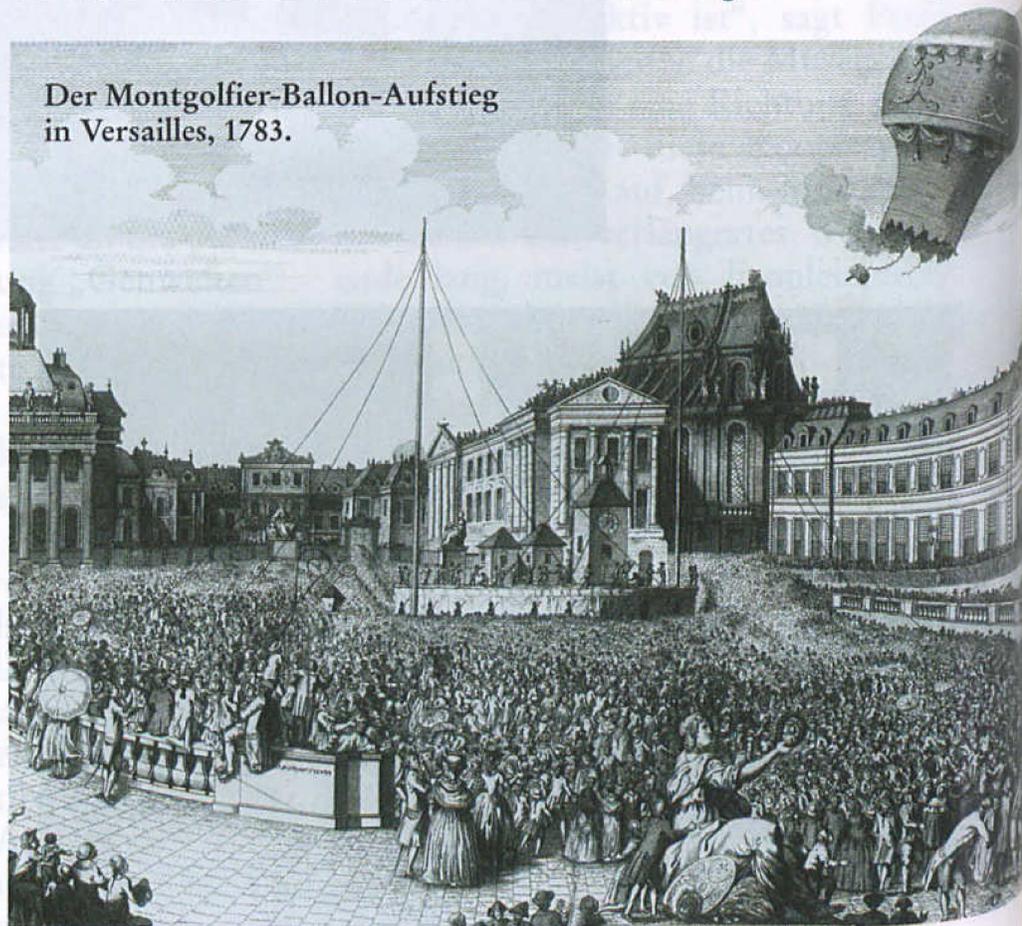
Adolf Bleichert und **Th. Otto** erhalten ein Patent auf ihre Drahtseilschwebbahn. Das erste größere Modell der Bleichert-Schwebbahn wurde bereits am 2. Januar 1873 in Betrieb gesetzt. Der Erst-Erfinder der Drahtseilschwebbahn

war jedoch der Bergmann **Franz Fritz Freiherr von Dücker** 1861 mit Anlagen in Bad Oeynhausen und Bochum.

2.8.1799

In Servières/Frankreich stirbt im 54. Lebensjahr **Jacques Etienne Montgolfier**. Er war, wie sein Bruder Joseph Michael, Tapetenfabrikant in Annonay. Ihre gemeinsame Erfindung des Warmluftballons entsprang keinem Zufall, sondern war wissenschaftlich erarbeitet. Der erste sensationelle Aufstieg einer „Montgolfiere“ mit Tieren an Bord erfolgte am 19. Sep-

Der Montgolfier-Ballon-Aufstieg in Versailles, 1783.



tember 1783 in Versailles vor dem Königlichen Hof.

8.8.1924

Der elektrische Vollbetrieb der **Berliner Stadt-, Ring- und Vorort-Bahnen** wird zunächst zwischen Berlin und Bernau aufgenommen. Bis 1928 ist das gesamte Berliner S-Bahnnetz elektrifiziert.

10.8.1874

In West Branch, Iowa, USA wird **Herbert Clark Hoover** geboren. Ursprünglich Bergbau-Ingenieur wurde er 1929 zum Präsidenten der Vereinigten Staaten gewählt. Seine Promotion erwarb er durch eine in mühsamer Übersetzer- und Recherchierarbeit geschaffene erste englische Ausgabe von **Georg Agricolas De re metallica** (1556), dem ersten großen technischen Druckwerk, das zunächst in lateinisch und deutsch erschien und bis heute ein grundlegendes Werk ist. Durch die vielen ergänzenden wissenschaftlichen Kommentare hat diese angelsächsische Ausgabe einen hohen technikgeschichtlichen Wert.

12.8.1924

In Ammerland am Starnberger See stirbt 70jährig Professor **August Föppl**. Sein Hauptarbeitsgebiet waren Statik und technische Mechanik, die er viele Jahrzehnte an der Technischen Hochschule in München betreute. Seine veröffentlichten meisterhaften Vorlesungen über technische Mechanik waren für Generationen grundlegend.

16.8.1899

In Heidelberg stirbt im 88. Lebensjahr **Robert Wilhelm Bunsen**. Bedeutende Entdeckungen und Erfindungen stammen von ihm. So hatte er 1840 das nach ihm benannte galvanische Element konstruiert, 1845 die Hochofengase analysiert, 1854 den „Bunsenbrenner“ entworfen sowie die elektrolytische Gewinnung von Magnesium und Aluminium beschrieben. Zusammen mit **Gustav Robert Kirchhoff** (1824-1887) entwickelt er die



Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899).

Spektralanalyse und entdeckt mit ihrer Hilfe unter anderem das Caesium und das Rubidium. 1866 untersucht er die seltenen Erden, und 1869 erfindet er die Wasserluftpumpe.

26.8.1974

In Kipahulu, Hawaii, verstirbt 72jährig der Flieger **Charles A. Lindbergh**. Im Mai 1927 gelang ihm als jungem Postflieger in einem einmotorigen Flugzeug der Flug von New York nach Paris. Es war eine Weltsensation aber nicht die erste West-Ost-Überquerung des Atlantiks im Nonstop-Flug; diese gelang bereits **J. Alcock** und **A. Brown** 1919 zwischen Neufundland und Irland. Neben der Fliegerei, die das Leben Lindberghs prägte, wurde sein Name auch durch die erste Kidnapping-Affaire bekannt, durch die er 1932 seinen ersten Sohn verlor. In seinen späten Lebensjahren widmete er sich intensiv Fragen des Natur- und Tierschutzes die er vor den problematischen Folgen von Technik und Wirtschaft zu bewahren suchte.



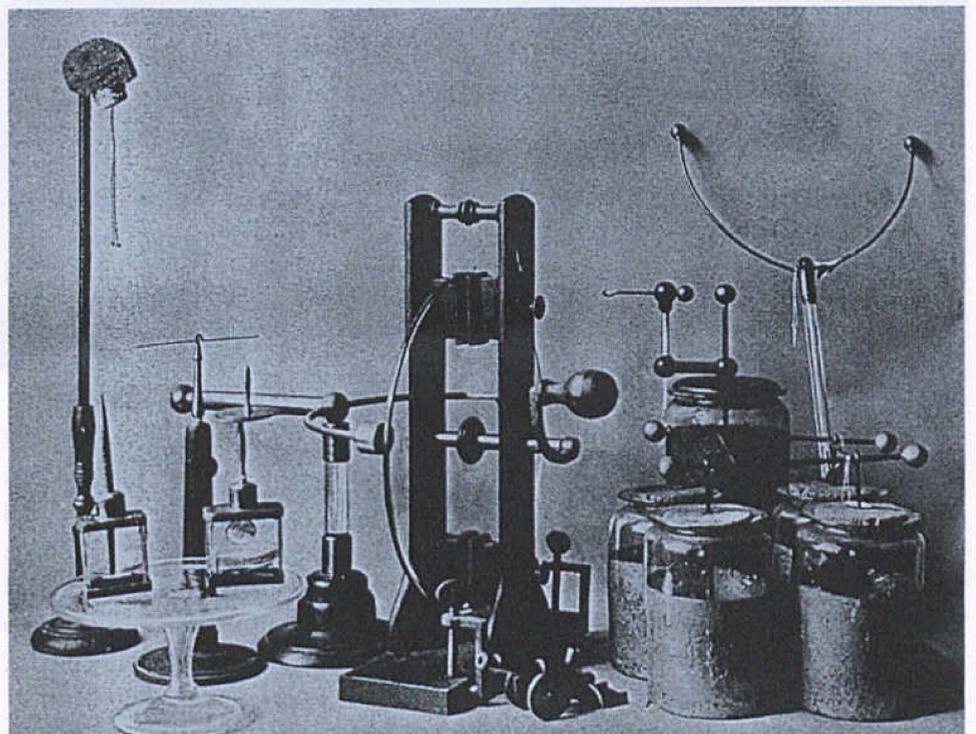
Charles A Lindbergh (1902-1974).

27.8.1874

In Köln wird **Carl Bosch** geboren. Als kreativem Chemiker gelang ihm die großtechnische Anwendung der Haberschen Ammoniaksynthese zur Herstellung von Ammoniak aus dem Stickstoff der Luft. Zusammen mit dem Chemiker **Karl R. F. Bergius**, dem Erfinder des Bergin-Verfahrens, erhielt Carl Bosch hälftig den Chemie-Nobelpreis des Jahres 1931 zuerkannt. Bosch war langjähriger Vorstandsvorsitzender der **IG Farbenindustrie** und Präsident der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften.

30.8.1799

Auf der Saline Königsborn bei Unna wird die erste von **K. F. Bückling** (1750-1812) in Westfalen erbaute Dampfmaschine nach Watts Bauart in Betrieb genommen. Sie lief bis 1932 und wurde dann durch einen elektrischen Motor zum Auspumpen des Wassers im Stollen ersetzt. Im Bergbaumuseum Bochum wurde eine Modellanlage der alten Anlage ausgestellt. Bückling hatte bereits 1785 in Hettstedt Deutschlands erste Dampfmaschine erbaut und war ab 1790 Oberleiter des Maschinenbaus in Preußen.



Johann Wolfgang Goethes elektrische Versuchsgeräte.

28.8.1749

In Frankfurt am Main wird **Johann Wolfgang Goethe** geboren. Goethe ist vor allem als Dichter und weniger als vielseitiger Gelehrter bekannt. Er war jedoch für die Bereiche Naturwissenschaft und Technik sehr aufgeschlossen. Davon zeugen seine **Farbenlehre** und **technische und elektro-physikalische Versuche**, seine Begeisterung für die Entwicklung der Ballon-Luftfahrt, die ihm innerlich schon vorge-schwebt habe, nicht zuletzt seine Funktion als weimarscher Minister, in der er auch der Wegebaukommission, der Bergwerks- und Forstverwaltung vorzustehen und sich kritisch mit ihren Sachproblemen zu beschäftigen hatte.

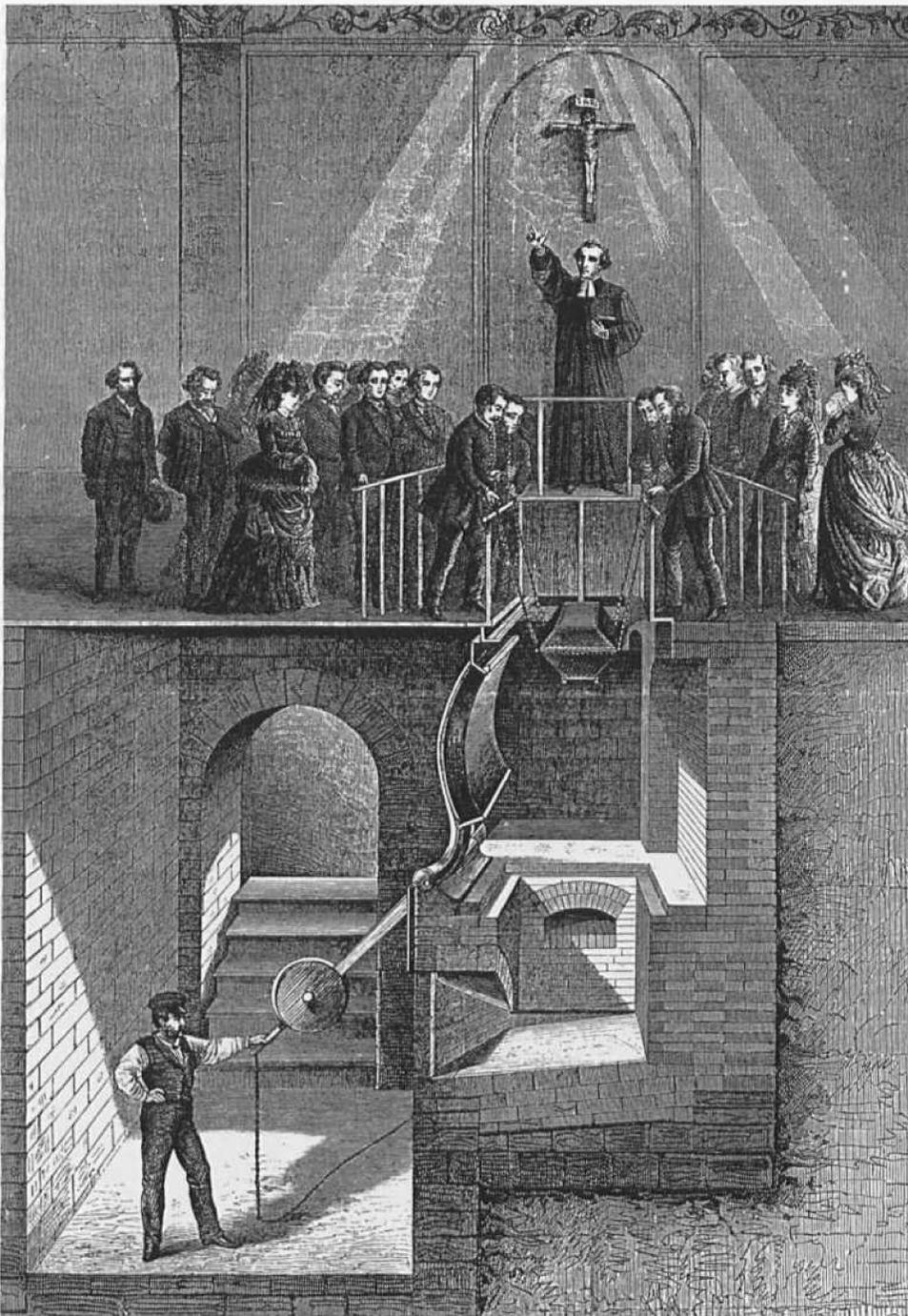
3.9.1899

In Berlin wird durch den Fuhrhalter **Emil Thien** die erste **elektrische Droschke** in Betrieb genommen. Bereits sechs Tage später, am 9. September 1899, wird auch die erste **Benzin-Droschke** in der Reichshauptstadt zugelassen.

7.9.1824

Zwischen Budweis und Linz wird die **erste Personen befördernde Pferde-Eisenbahn** des europäischen Festlandes konzessioniert. Die Linie wurde 1828 bis Kerschbaum (63,5 Kilometer) in Betrieb genommen. Nach Vollendung des gesamten Bahnbaues wurde 1832 auch der Dampflokotivbetrieb auf dieser Strecke eingerichtet.

Abbildungen: Sammlung von Weither (o.l., o.M., r.Mitte, r.u.); Deutsches Museum (l.u., r.o.)



Demonstration einer Feuerbestattung, 1874 (*Die Gartenlaube*).

15.9.1899

In Buffalo, New York, USA stirbt im 70. Lebensjahr **Jacob Friedrich Schoellkopf**. Als schwäbischer Auswanderer hat er 1877 bei den Niagarafällen den Ableitungskanal erworben und wenig später dort das erste elektrische Wasser-Kraftwerk der USA errichtet. Damit begann mit einer technischen Innovation die Industrialisierung im nördlichen Teil des US-Staates New York.

15.9.1899

In Treptow bei Berlin wird ein Unterwasser-Tunnel, der **Spretunnel**, für den Straßenbahn-Betrieb auf einem Gleis dem Verkehr übergeben. Zur Sicherheit des Fahrbetriebs wurde dort das ebenso einfache wie zuverlässige „Stab-System“ eingeführt. Der Wagenführer erhält als Fahrerlaubnis

einen kurzen Stab, der am Ende der Durchfahrt an den Führer des Gegenzuges übergeben wird.

19.9.1824

In Upper Darby, Pasadena, USA, wird **William Sellers** geboren. Er stand seinerzeit im Rufe, „größter Maschinenbauer der Welt“ zu sein. Er entwickelte neuartige Werkzeugmaschinen. Ferner schuf er das Normalschraubengewinde, das „Sellersgewinde“, das von den USA aus schließlich auch in Europa Eingang fand.

21.9.1899

In Bremerhaven wird das „**Kaiserdock**“, ein Trockendock, eingeweiht. Es vermag Schiffe bis zu 226 Meter Länge aufzunehmen. Die Baukosten beliefen sich seinerzeit auf vier Millionen Goldmark.

22.9.1874

Auf der Naturforscher-Versammlung in Breslau wird eine der ersten **Feuerbestattungen** der Neuzeit vorgenommen. Auch in Dresden werden im gleichen Jahre zwei Feuerbestattungen demonstriert. Die Technik wurde von den Brüdern **Friedrich** und **Carl William Siemens** seit 1867 erarbeitet und von dem Mediziner Professor **Karl Reclam** (1821-1887) ärztlicherseits empfohlen und schrittweise in Deutschland eingeführt.

25.9.1749

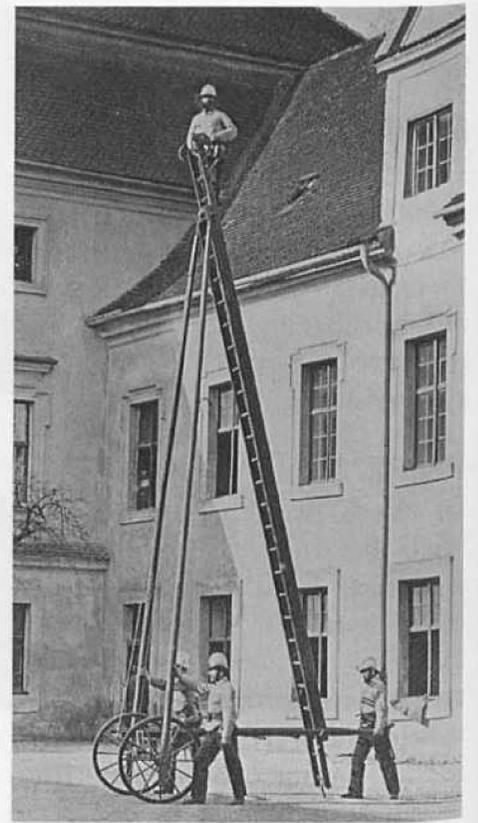
In Wehrau kommt **Abraham Gottlob Werner** zur Welt. Er gilt als der „Vater der **Gebirgskunde**“ (Geognosie). Seit 1775 dozierte er an der Freiburger Bergakademie. Hier trennte er zuerst die Vorträge über Bergbaukunst von denen über Mineralogie. 1785 begründete er die Geognosie als eigene Wissenschaft. Auch die Eisenhüttenkunde machte er zur Wissenschaft. Seine umfassenden Sammlungen, darunter 1.200 Mineralien, wurden von seiner früheren Hochschule übernommen und sind als „Werner-Museum“ der Nachwelt und zur weiteren Erforschung erhalten. Bekannte Namen waren unter seinen Schülern: Freiherr vom Stein, Graf von Reden, Theodor Körner und Alexander von Humboldt.

25.9.1974

Die Frau des früheren Bundespräsidenten, die Röntgenärztin Frau Dr. med. **Mildred Scheel** (1932-1985), gründet die Deutsche Krebshilfe mit Sitz in Bonn. Medizintechnische Früherkennung, Diagnostik und Therapie gehören zu den zentralen Forschungsaufgaben im breitgefächerten Programm der neuen Institution, die von Bürgerinitiativen und Spenden aus allen Bereichen des Volkes getragen werden. Die medizintechnischen Aktivitäten sind besonders in Köln etabliert.

26.9.1824

In Ulm wird **Conrad Dietrich Magirus** geboren, der spätere Gründer der *Magirus-Werke*



Magirus-Drehleiter für Feuerwehrmänner, 1872.

in Ulm, die durch die Entwicklung von Feuerleitern weltbekannt wurde. 1867 nahm Magirus die Herstellung von Schiebeleitern auf, 1872 folgte die Konstruktion der fahrbaren Drehleiter. 1895 schuf er, seiner Zeit vorausweisend, die erste völlig aus Stahl hergestellte Drehleiter, wie sie erst 1931 eingeführt wurde. Die Firma wurde später von der *Klöckner-Humboldt-Deutz AG* übernommen. C. D. Magirus war Mitbegründer des Deutschen Feuerwehrverbandes.

29.9.1899

In Budapest wird **Ladislao Josef Biro** geboren. Als vielseitiger Mann in Kunst und Wissenschaft, selbst malend, war er auch Mitglied der ungarischen Akademie. Auf der Idee einer sich drehenden Stahlkugel zum Linieren, die der Amerikaner **John Loud** bereits 1888 zum Patent angemeldet hatte, basiert die 50 Jahre später einsetzende Entwicklungsarbeit Biros, der nach diesem Prinzip in Verbindung mit einer besonderen Tinte den Kugelschreiber konstruierte. Er erhielt dabei um 1945 Unterstützung durch die britische Luftwaffenbehörde. 1947 wurde in Reading, England, Biros wirtschaftlich erfolgreiche Kugelschreiber-Fabrik etabliert. □

WAS WIR SCHON IMMER WISSEN WOLLTEN

Fragen zu den wichtigsten Dingen des Lebens

Kultur & Technik hat diese Rubrik eingerichtet, um Leserinnen und Lesern ein Forum für Fragen und Gedankenaustausch zu bieten. Was funktioniert wann, wo, wie warum? Wer hat wann, was, wie oder warum getan? Zur Anregung drucken wir eine Frage und die Antwort dazu aus *Nanos Physik-Abenteuer* von Konrad Haase und Dietmar Lehmann, erschienen im Urania Verlag, Leipzig, Jena, Berlin/Aulis Verlag Deubner & Co. KG, Köln 1985.



Wollen Sie ein Experiment mit der Sonne wagen? Nehmen Sie ein Stück rußgeschwärztes Glas, um Ihre Augen zu schützen. Schauen Sie nun durch dieses Glas und probieren Sie, wie oft man die Sonne mit dem Daumen bedecken kann.

Halten Sie dabei den Arm ausgestreckt. Da wir die Entfernung der Erde von der Sonne kennen (rund 150 Millionen Kilometer), sollte es nun nicht mehr so schwerfallen, den Durchmesser der Sonne zu bestimmen. Ein Schneidermaß muß allerdings noch herbei...!

Wozu das Schneidermaß? Das brauchen wir, um die Entfernung von Auge zum Daumen s_{AD} bei ausgestrecktem Arm zu messen. Haben Sie auch gefunden, daß die Sonne etwa viermal auf eine Daumenbreite b_D ($b_D = 4 b_S$) paßt? Erstaunlich? Wir wännen sie größer, aber das ist wohl ein psychologischer Effekt der optischen Wahrnehmung.

Wir gehen von 4 Sonnenbreiten b_S je Daumenbreite b_D aus. Der Strahlensatz führt auf die Formel

$$\frac{1}{4} \frac{b_D}{s_{AD}} = \frac{r_S}{r_{ES}}$$

Darin bedeuten r_S den Sonnenradius und r_{ES} den Abstand des Beobachters (Erde) von der Sonne. Das Verhältnis

$$\frac{b_D}{4s_{AD}} = \frac{1}{110}$$

gleichet die individuellen Unterschiede von Daumenbreite und Abstand Daumen-Auge etwas aus. Für den Sonnendurchmesser $2r_S$ finden wir:

$$\frac{2r_S}{r_{ES}} = \frac{1}{110}, 2r_S = \frac{r_{ES}}{110} = \frac{150 \cdot 10^6}{110} \text{ km} \approx 1,36 \cdot 10^6 \text{ km}$$

Unsere Abschätzung nach dem Strahlensatz führt also auf einen Sonnendurchmes-

ser von $1,36 \cdot 10^6$ km, also rund 107 Erddurchmesser ($2r_E = 12.756$ km). Der mit genauem Gerät gemessene Wert für den Sonnendurchmesser ergibt mit 1.392.000 km rund 109 Erddurchmesser.

Können wir damit unsere Aufgabe nicht als Beweis dafür betrachten, wie wunderschön man über den Daumen peilen kann?

Soweit *Nanos Physikabenteuer*. Wir wollen dazu anregen, Fragen im Bereich *Naturwissenschaft und Technik* zu stellen – und zu beantworten.

Die Spielidee

Leser fragen – Leser antworten. Während wir auf die Frage nach der Uhrzeit an den Polen (K&T 4/1998) relativ viele Antworten erhielten, blieb die Frage nach einem physikalisch zu begründenden oberen Grenzwert der Temperatur (K&T 1/1999) gänzlich unbeantwortet. Dabei würde die Leser von K&T – und natürlich auch uns – interessieren, welche Antwort Sie, etwa Ihrem Arbeitskollegen oder Ihrem Kind, geben würden.

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

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

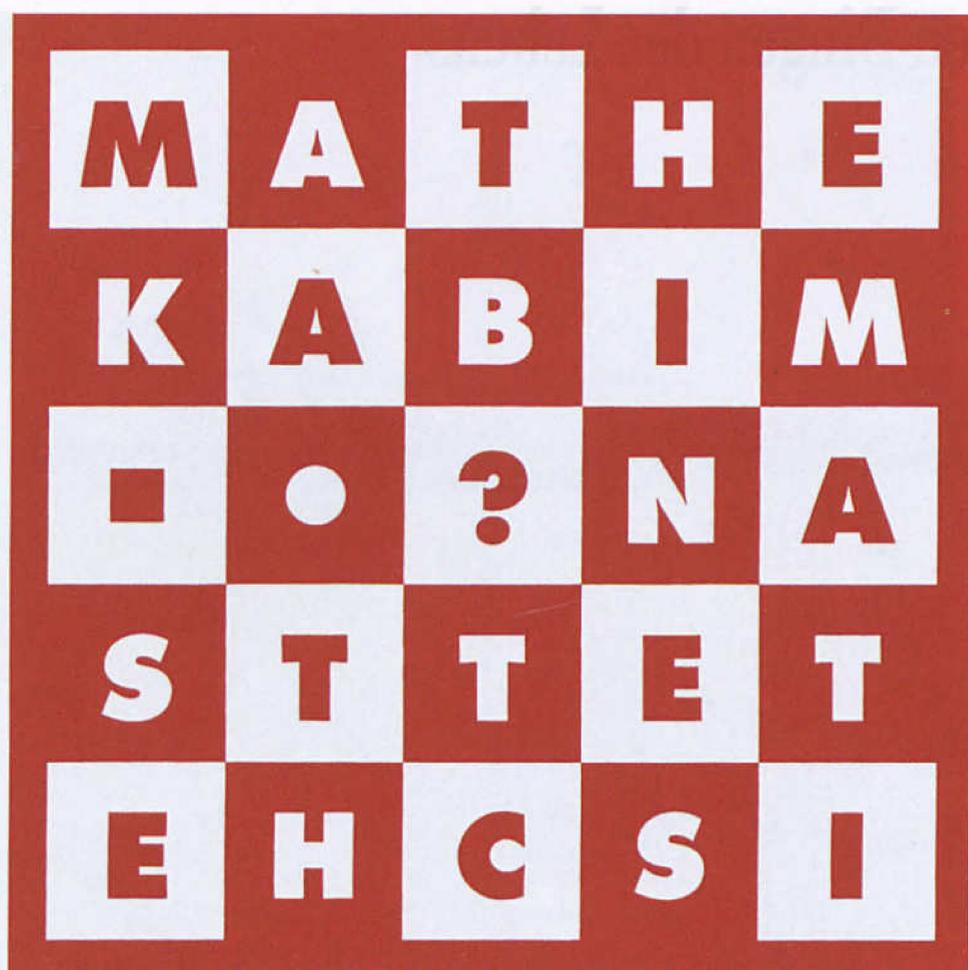
Die Kultur & Technik-Frage

In welcher Relation stehen Neigung einer Wasseroberfläche und Fließgeschwindigkeit? Durchläuft ein Fluß auf seinem Weg ins Meer einen See: Ist dessen Oberfläche nun waagrecht oder geneigt?

Rudolf Kronenberger, Garching

Foto: Dieter Beisel

ZUSAMMENGESTELLT VON ANDREA LUCAS



NEUE AUSSTELLUNG IM DEUTSCHEN MUSEUM: „MATHEMATISCHES KABINETT“

In unmittelbarer Nachbarschaft der Ausstellungen Informatik, Mikroelektronik, Telekommunikation und des Cafés öffnet sich am 27. Mai ein ganz neues Betätigungsfeld für Interessierte. Neugierige können sich verblüffen lassen, Denksportler finden hier einmal mehr reichlich Nahrung für ihre Leidenschaft, und wer dazu neigt, den Dingen auf den Grund zu gehen, kann tieferliegende Gesetzmäßigkeiten entdecken und vielleicht sogar allgemeine Erkenntnisse über das Wesen der Mathematik gewinnen. In jedem Fall aber sollte die Betätigung Spaß machen, auch denen, die in der Schule mit der Mathematik zu kämpfen hatten.

Die zwar kleine, aber sorgfältig überlegte und kompetent gemachte Ausstellung greift aus der Mathematik vier Themen auf, denen jedermann in alltäglicher Erfahrung begegnen kann: Mechanik und Kinematik, Kombinatorik, Raumschauung sowie Komplexität und Virtualität. Zusammengestellt hat sie Friedrich L. Bauer, emeritierter Ordinarius

für Mathematik und Informatik an der Technischen Universität München, ein langjähriger Freund des Museums, der auch schon die Ausstellungen Informatik und Mikroelektronik konzipiert hat.

Viele Bilder weisen darauf hin, daß Mathematik, mathematische Probleme und Symbole zu allen Zeiten nicht nur Mathematiker, sondern auch Künstler angeregt und beschäftigt haben. Sie sind dabei gelegentlich zu ganz anderen Ergebnissen gekommen als die „harten“ Mathematiker. Besucher müssen weder dem einen noch dem anderen Weg folgen. Sie können ihren eigenen finden und anschließend im Café

ZUSAMMENARBEIT DER BIBLIOTHEKEN BEI TECHNIK- UND WISSENSCHAFTSGESCHICHTE

Am 5. Dezember 1997 wurde im Deutschen Museum das „Münchner Zentrum für Wissenschafts- und Technikgeschichte“ (MZWTG) gegründet. Zu diesem Verbund gehören die Technische Universität München, die Ludwig-Maximilians-Universität München, die Universität der Bun-

den möglicherweise rauchenden Kopf kühlen.

In der Ausstellung wird ein Begleitbuch (DIN A 5, 128 Seiten in Farbe) für DM 5,00 angeboten. Der Versandpreis beträgt DM 6,00 plus Porto.

Peter Kunze

WANDERAUSSTELLUNG „GENTECHNIK UND UMWELTSCHUTZ“

Das Deutsche Museum hat diese Ausstellung in Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen erstellt. Sie wurde am 5. Mai 1999 im Staatsministerium eröffnet und war vom 17. bis 26. Mai 1999 im Deutschen Museum zu sehen. Nun wandert sie in den Bayerischen Landratsämtern – zwischen Schweinfurt und Rosenheim, Hof und Bad Tölz.

Neben Hoffnungen auf Verbesserungen besonders im medizinischen Bereich erweckt die Gentechnik, vor allem bei Lebensmitteln, auch Ablehnung und Ängste. Bedingt durch die Komplexität des Themas wird vieles nicht oder falsch verstanden, werden viele unrealistische Hoffnungen und Befürchtungen in diese Wissenschaft und Technologie hineinprojiziert. Es besteht daher ein hoher Bedarf an Information. Die Ausstellung „Gentechnik und Umweltschutz“ will diese Information liefern.

Die Ausstellung beleuchtet nur einen Aspekt der Gentechnik, ihre mögliche Anwendung zum Schutz der Umwelt. Die-

deswehr und das Deutsche Museum mit ihren fachlich einschlägigen Instituten und Archiven im Bereich der Geschichte von Wissenschaft und Technik.

Im März 1999 haben sich erstmals die leitenden Archivare der TU München, der LMU München und des Deutschen Museums getroffen, um den Informationsaustausch zwischen den drei Archiven zu eröffnen. Das er-

NEUERSCHEINUNG: DIE SONNE - UNSER NÄCHSTER STERN

In der Reihe „Wissen Vertiefen“ ist im Juni 1999 die Veröffentlichung *Die Sonne – unser nächster Stern* erschienen (44 Seiten, 54 meist farbige Abbildungen, vierseitige Beilage zur Totalen Sonnenfinsternis am 11. August 1999, 10,- DM). Allgemeinverständlich und reich bebildert wird erklärt, was wir über die Sonne wissen – von Sonnenfinsternissen bis zum Sonnenwind, vom Sonnenmythos bis zur modernen Sonnenforschung. Ein besonderes Kapitel beschreibt „die Sonne in der Kunst“.

Die Veröffentlichung ist erhältlich im Museumsladen des Deutschen Museums, 80306 München, Fax (089) 2904694 und Email 101753.3422@compuserve.com

sen will sie einem breiten Publikum zugänglich machen. Mit Hilfe der Gentechnik ist es möglich, Erbinformation über biologische Artgrenzen hinweg zu übertragen. So können Lebewesen mit Eigenschaften ausgestattet werden, die sie von Natur aus nicht besitzen: zum Beispiel kann man Bakterien dazu veranlassen, Insulin herzustellen, oder Pflanzen dazu verhelfen, sich besser gegen Fraßinsekten zu wehren.

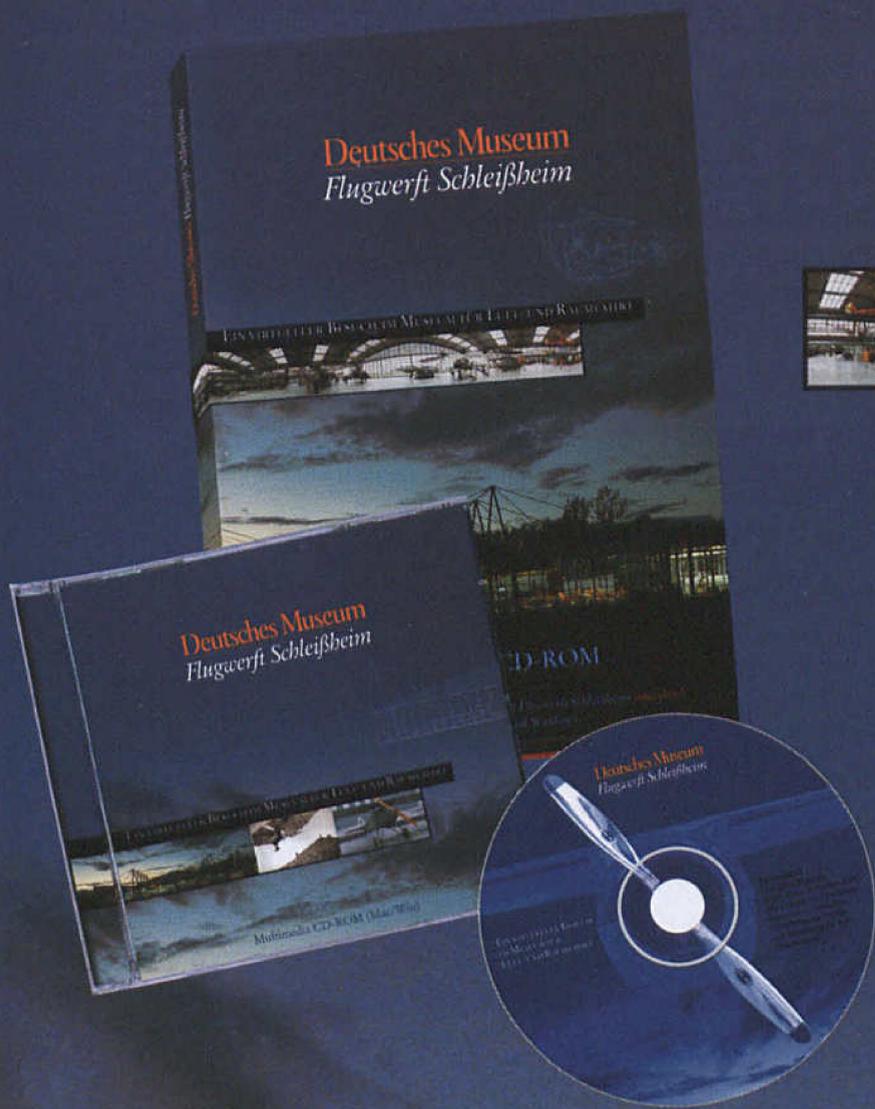
Nicht zuletzt ist es Absicht der Ausstellung, Meinungen

klärte Ziel ist, die Benutzerbetreuung zu verbessern, indem in den einzelnen Archiven möglichst gute Kenntnisse über die Bestände der anderen Einrichtungen vorhanden sind, die an die Benutzer weitergegeben werden können. Die Besucherklientel ist in den drei Archiven häufig die gleiche, da sie zentrale Bestände zur Wissenschafts- und Technikgeschichte enthalten.

Wilhelm Füßl

Multimedia CD-ROM Flugwerft Schleißheim

EIN VIRTUELLER BESUCH IM MUSEUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT



Erleben Sie Geschichte und Ausstellungen der Flugwerft Schleißheim interaktiv!

Über 100 QuickTime VR™ Panoramen lassen Sie die Ausstellungsräume der Flugwerft Schleißheim virtuell erleben.

Wandern Sie durch die Ausstellungshallen an einen Ort Ihrer Wahl, wählen Sie ein Flugobjekt und erfahren Sie in Wort-, Bild- und Tondokumenten alles Wissenswerte.

Erleben Sie die bewegende Geschichte des Flugplatzes und der Flugwerft Schleißheim von den Anfängen der Bayerischen Fliegertruppe bis zur Gestaltung des heutigen Luftfahrtmuseums bei München.

Bestellung:
Werftladen - Flugwerft Schleißheim
Effnerstr. 18
85764 Oberschleißheim
nutleyflightshop@t-online.de
Fax: (0 89) 31 59 88 56



102 QuickTime VR™ Panoramen ermöglichen den virtuellen Besuch der gesamten Flugwerft Schleißheim. Der Lageplan hilft bei der exakten Orientierung.



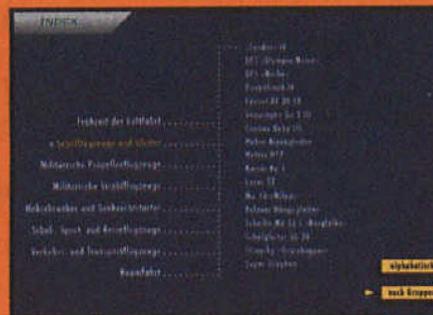
57 Flugobjekte werden mit Fotografien und Filmen, technischen Daten und historischen Dokumentationen beschrieben.



Die Führung stellt die Räume des Luftfahrtmuseums vor und bietet einen Einblick in seine geschichtliche und gegenwärtige Architektur.



Vier Epochen Luftfahrtgeschichte können in einzelnen Abschnitten angewählt und – mit zahlreichen Bilddokumenten illustriert – erlebt werden.



Der Index erlaubt, durch alphabetische oder nach Gruppen sortierte Auflistung, einen sofortigen Zugriff auf jedes Flugobjekt.

Hrsg.: Deutsches Museum, München 1999
ISBN 3-924183-50-3
DM 59,- zzgl. Verpackung und Porto

Produktion und Gestaltung:
SSF Daniel Simon & Willi Stauber, München

Juli · August · September 1999

Neue Dauerausstellung

seit Mai 3. OG **Mathematisches Kabinett**
Mathematik zum Begreifen und Erschauen

Neubeiten-Ecke: »Weg in die Zukunft«

bis 15. Oktober 1. OG **»Unser Vorbild ist die Natur – Die Welt der Biologie und Medizin in plastischen Modellen«**
Ausstellung in Zusammenarbeit mit der Firma Somso Modelle

Sonderausstellungen

- 19. Juli bis 8. August **»Jugend macht Geschichte«**
Preisgekrönte Arbeiten der Körber-Stiftung
»Schüler machen Geschichte«
Wanderausstellung zu »25 Jahre Schülerwettbewerb Deutsche Geschichte« um den Preis des Bundespräsidenten
- bis 1. August 1. OG **»einfach gigantisch – gigantisch einfach«**
Eine Ausstellung über die Geschichte der EXPO
Veranstalter: EXPO 2000
- 27. August bis 18. März 2000 **»Goethe und die Naturwissenschaften«**
Die Ausstellung bringt Goethes naturwissenschaftliche Bemühungen in den Gesamtzusammenhang seiner Lebensgeschichte.
Eingang Bibliothek
- 3. Sept. bis 2. Januar 2000 **»Der Wald und Wir«**
Wanderausstellung des finnischen Science Centers HEUREKA
1. OG, Sonderausstellungsraum

Sonderprogramm

11. August **Sonnenfinsternis**
Abt. Astronomie Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis von 11:16 Uhr bis 14:00 Uhr unter Betreuung durch die »Beobachtungsgruppe Sternwarte«.
Sternwarte Verschiedene Beobachtungsangebote mit Teleskopen werden
Freigelände Verschiedene Beobachtungsangebote mit Teleskopen werden
Flugw. Schleißheim fachkundig betreut.

Flugwerft Schleißheim

- 2. Juli bis 26. September **»Die treibende Kraft – 65 Jahre Triebwerkbau – 30 Jahre MTU München«**
Sonderausstellung der MTU München
- 4. Juli ab 10 Uhr 13 Uhr **9. Internationaler Papierfliegerwettbewerb**
Falten von Papierfliegern unter fachkundiger Anleitung
Beginn des Flugwettbewerbs
Info: Origami e.V., Tel. 0 89/22 45 85
- 11. August **Sonnenfinsternis** (s. oben Sonderprogramm)
- 11./12. Sept. **7. Münchner Drachenfest**
Info: Drachenshop München, Tel. 0 89/29 16 26 20

Ferienprogramm

An den vier Wochenenden im August bietet das Deutsche Museum offene Workshops für Kinder an (Informationen unter Tel. 21 79-4 62).
Themen: Malen wie in der Steinzeit, Wir bauen Sonnenuhren, Das Detektorradio, In der Metall-»Werkstatt«.

Kolloquiumsvorträge

- des Münchner Zentrums für Wissenschafts- und Technikgeschichte*
Montagskolloquien MZWT, 16.30 Uhr Filmsaal Bibliotheksbau, freier Eintritt
- 5. Juli Oswald Spengler: Science, Technology and the Fate of Civilization
Prof. Antonello La Vergata, Università della Calabria
 - 19. Juli Staat und Strom.
Elektrifizierung, Gesellschaft und Politik in Deutschland seit 1890
Dr. Bernhard Stier, Universität Mannheim
Montagsseminar MZWT, 16.30 Uhr, Seminarraum der Institute, freier Eintritt
 - 12. Juli Vergleich von Patentschriften und wissenschaftlichen Veröffentlichungen
Stefan Zech, München

Deutsches Museum

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

von Experten zu Themen wie Lebensmittel der Zukunft, Gentechnik zwischen Segen und Fluch oder Gentechnik und Patente einzuholen, Anregungen zu geben und sich mit dem Thema Gentechnik noch einmal von neuem auseinanderzusetzen. *Sabine Gerber*

VORBILD IST DIE NATUR: ANATOMIE ZUM ANFASSEN

Ungewöhnliche Einblicke in das Wunder Leben bietet Somso vom 20. April bis 15. Oktober 1999. Der weltweit führende Hersteller von anatomischen und biologischen Lehrmodellen zeigt im Rahmen der Neuheitenecke im 1. Obergeschoß eine Auswahl aus den rund 1.000 Objekten, mit denen er Schulen und Universitäten beliefert.

„Mit dieser Sonderausstellung wollen wir einer breiteren Öffentlichkeit die Möglichkeit geben, sich leicht verständlich über die komplexen Funktionen des Körpers zu informieren“, erklärt Professor Wolf Peter Fehlhammer, Generaldirektor des Deutschen Museums. Somso sei dafür der ideale Partner, denn die Firma bildet gemäß ihrem Motto „Unser Vorbild ist die Natur“ alle Modelle präzise nach. Neben Organen und Skeletten werden während der Sonderausstellung auch Modelle aus der Zoologie und Botanik zu sehen sein.

„Wir entwickeln unsere Modelle nach drei Gesichtspunkten: Erstens sollen sie naturgetreu wirken, zweitens einen möglichst hohen didaktischen Wert besitzen und schließlich müssen sie auch ästhetisch anzusehen sein“, erläutert Firmenchef Hans Sommer. Mit dieser Maxime wurde Somso entscheidender Partner bei der Ausbildung an Krankenhäusern, Krankenpflegeschulen, Universitäten und Schulen.

In Thüringen begann vor mehr als 120 Jahren die Firmengeschichte: 1876 gründete Marcus Sommer, der Urgroßvater des jetzigen Firmeninhabers, die erste Produktionsstätte. Schon damals war er über die Landesgrenzen für die exakte Handarbeit bekannt. Nach der Zwangsenteignung 1952 mußte Marcus Sommer Junior die Fertigungsanlagen zurücklassen und baute jen-



Eine Fliege, hergestellt vom Modellspezialisten Somso.

seits der innerdeutschen Grenze im fränkischen Coburg das Werk komplett neu auf.

Mitte der 90er Jahre konnten beide Werke wiedervereinigt werden. Der Firmennamen Somso, eine Kombination aus Sommer und Sonneberg, erinnert an die Anfänge.

„Seit drei Generationen sind wir fasziniert von der Funktionsweise des Lebens“, sagt Hans Sommer. Diese Faszination möchte Somso mit der Sonderausstellung auch für die breitere Öffentlichkeit erlebbar machen. *Sabine Hansky*

»EINFACH GIGANTISCH - GIGANTISCH EINFACH«

1851 war die erste Weltausstellung in London. Die 150jährige Geschichte der Weltausstellungen ist jetzt selbst zu einer spannenden Ausstellung geworden: zur Wanderausstellung der EXPO 2000 „Einfach gigantisch – gigantisch einfach“, die vom 25. Juni bis 1. August im Deutschen Museum zu sehen ist.

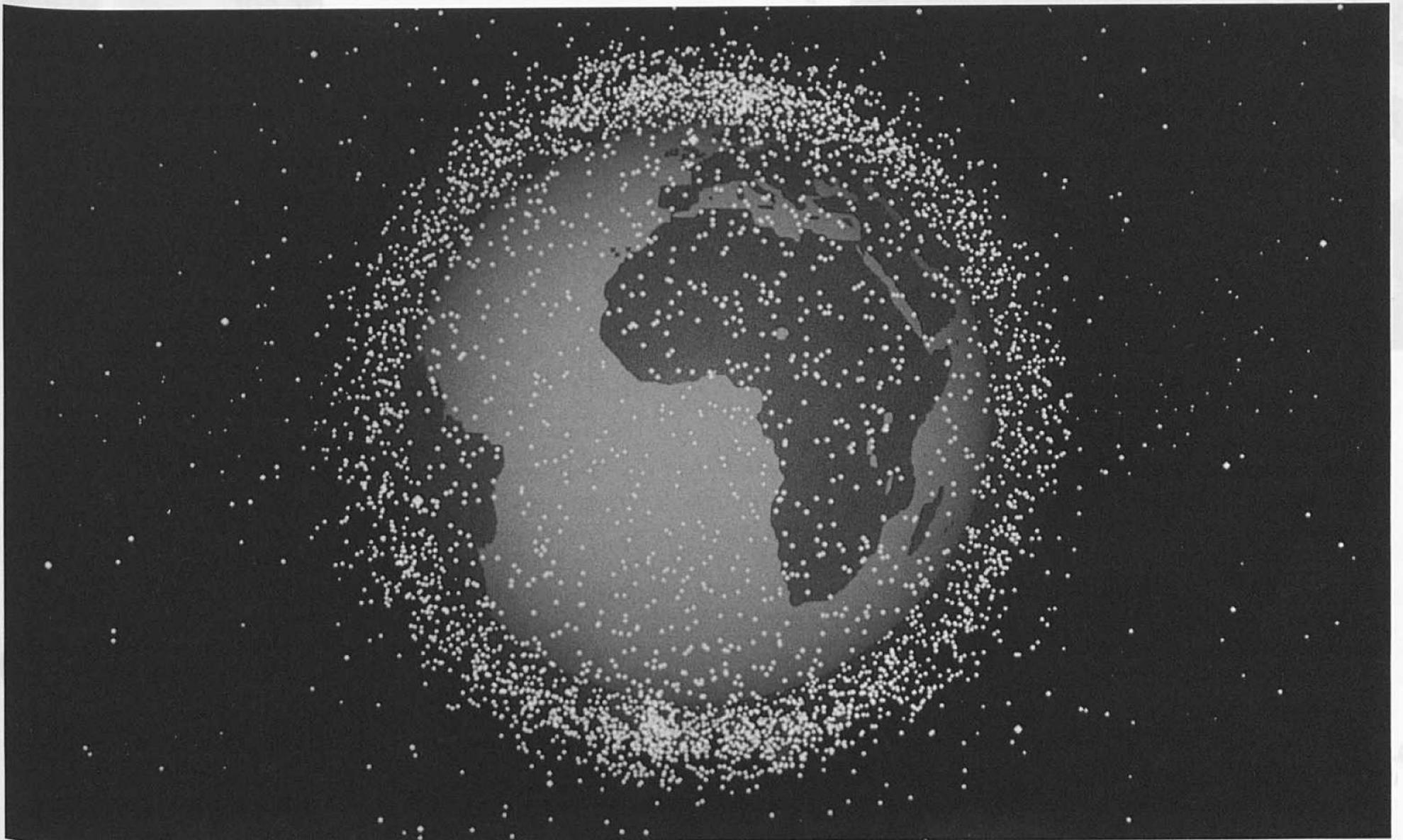
Mit vielen Originalobjekten, Dokumenten, Filmen, Modellen, Prints und Projektionen wird ein wichtiges Stück Kulturgeschichte vergegenwärtigt. Die Veranstalter sprechen von einer „Zusammenschau von Historie und Historien“. Sie leisten sich dabei einen durchaus auch kritischen Rückblick und mitunter auch amüsierten Blick auf Kuriositäten.

Ein Ausblick ist dem Programm der EXPO 2000 gewidmet: Dem Verhältnis von Mensch, Natur und Technik.

Thomas Brandlmeier

DER WELTRAUMFRIEDHOFS-ORBIT

Wie sich die Erde gegenüber feindlichen Sternpopulationen unsichtbar macht



Von den ungefähr 10.000 größeren Objekten, die die Erde umkreisen, sind nur 400 bis 500 funktionsfähige Satelliten.

Die Berichte des Raumschiffes *Enterprise*, deren Wahrheitsgehalt nicht angezweifelt werden kann, haben uns eindeutig bewiesen: Es gibt unendlich feindliche Populationen im Kosmos. Wie kann man die Erde für die Enkel, von der wir sie geliehen haben, schützen? Man muß die Erde tarnen. Darum das irdische Weltraumprogramm!

Seit Glyonen, Katapultonen, Orgamonen, Dotonen, Endoplasmonen und viele mehr Angriffe auf die Erde fliegen, darf nicht mehr geheim bleiben, was Politiker gerne geheimhalten würden: Die Erde soll kapitulieren!

Indessen dauern die Angriffe auf die Erde aus dem Welt-

raum fort. Als sie begannen, haben NASA und danach ESA mit ihrem Weltraumprogramm zielstrebig reagiert. Sie haben ihre Raketenstufen nicht einfach in die Erdatmosphäre zurücksinken lassen, wo sie verglüht wären, sondern sie haben sie auf Orbit gehalten, indem sie sie sprengten. Nun haben wir rund 100.000 Objekte, die größer als ein Kubikzentimeter sind und mit einer flachen Machzahl von 30.000 km/h durch den Orbit flanieren.

Im Orbit sind Rendez-Vous' allerdings nicht ganz so erwünscht wie auf den Pariser Champs-Élysées. Darum sollen jene frühen Zeugen des Schutzes gegenüber Angriffen aus dem Weltraum 300 Kilometer weiter oben auf einem sogenannten Friedhofsorbit geparkt werden.

Wenn man das Bild oben ansieht, ist klar: Der Weltraummüll ist noch nicht so dicht, daß feindliche Hepatidionen nicht durch ihn hindurchsehen und sich etwa die schönsten Frauen oder Männer unserer Erde aussuchen und sie in außerirdische Weiten entführen könnten.

Böse Absichten der Hyperionen zu verhindern, wurde das Weltraumprogramm erfunden. Daß das Ziel erst lückenhaft verwirklicht ist, ändert nichts an dem extrem humanitären Ziel: Zur Tarnung der Erde gibt es noch nicht ausreichend Weltraumschrott.

Nur mit ausreichend Weltraumschrott läßt sich die Erde für Extraterrestrische unsichtbar machen. Wenn nämlich genügend Schrott um sie, die Erde, herumschwirrt, kann

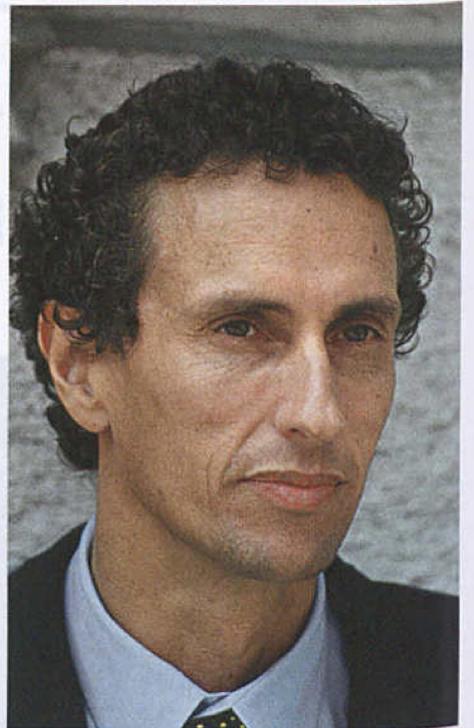
ein Exterrestrischer – aufgrund der Ablenkung aller Strahlen – nicht mehr feststellen, daß es die Erde gibt.

Wenn sich also kritische Stimmen erheben, die ein Ende der Raummissionen fordern, kann man ihnen nur entgegenhalten: Wir brauchen, um die Erde endgültig zu tarnen, viele tausende Missionen mehr. Wo kämen wir denn hin, wenn wir uns der Technik des Tarnens nur darum verweigern würden, weil sie noch nicht perfekt funktioniert?

Anzustreben ist für die Erde ein Zustand, bei dem sie so von Weltraumschrott umgeben ist, daß auch die feindlichste Macht mit den besten Detektoren sie nicht mehr auffinden kann.

Die Erde also sozusagen ein Schwarzes Loch? Bingo! D.B.

Technik ist fast immer mit Risiken behaftet. Täglich 25 Tote nur auf deutschen Straßen werden kaum noch wahrgenommen; das Menetekel von Tschernobyl aber ist nach mehr als zehn Jahren immer noch an der Wand sichtbar. Welche Risiken nimmt eine Gesellschaft hin? Für welche Vorteile? Wie schützt sie sich vor dem, was sie bei der Anwendung von Techniken riskiert? Fragen des Schwerpunktthemas „Risiko“ in *Kultur & Technik* 4/1999. □ In einem Interview mit Julian Nida-Rümelin werden Fragen nach der Ethik und dem ethischen Selbstverständnis von Naturwissenschaften und Technik gestellt. □ Im Erzgebirge gibt es eine Reihe von Schmalspurbahnen, die nicht nur historisches Interesse verdienen und als Museumsbahnen zu überleben versuchen. Ein Bericht. □



WISSENSCHAFTSETHIK. Ein Interview mit Dr. Julian Nida-Rümelin, Professor für Philosophie an der Universität Göttingen und Kulturreferent der Landeshauptstadt München.



RISIKO. Das Zugunglück bei Eschede am 3. Juni 1998, bei dem 101 Menschen starben. Selbst der als sicher geltende Zugverkehr ist nicht frei von Risiken.

lin werden Fragen nach der Ethik und dem ethischen Selbstverständnis von Naturwissenschaften und Technik gestellt. □ Im Erzgebirge gibt es eine Reihe von Schmalspurbahnen, die nicht nur historisches Interesse verdienen und als Museumsbahnen zu überleben versuchen. Ein Bericht. □

BAHNEN. Die Preßnitztalbahn war eine der landschaftlich schönsten Strecken im Erzgebirge.



IMPRESSUM

Kultur & Technik
Zeitschrift des Deutschen Museums
23. Jahrgang

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

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

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

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

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

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

Satz: Belprint, Occamstraße 3, D-80802 München. Telefon und Telefax: (089) 333750.

Repro: Rehbrand, Rehms & Brandl Medien-

technik GmbH, Friedenstraße 18, D-81671 München.

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

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

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

Bestellungen von Kultur & Technik über jede

Buchhandlung und beim Verlag. **Abbestellungen** mindestens 6 Wochen vor Jahresende beim Verlag.

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

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

ISSN 0344-5690



Abbildungen: dpa/Süddeutscher Verlag, Bilderdienst (l.o.); Elisabeth Dörflinger, München (r.o.); André Markes (u.)