

gesch. 400
ZB 7361

B 9797

Kultur & Technik

Zeitschrift des Deutschen Museums

Verlag C. H. Beck, München

1/1999

12/4

SCHWERPUNKT WELTRAUM

Seit 12. April 1961: Menschen im All

INTERVIEW

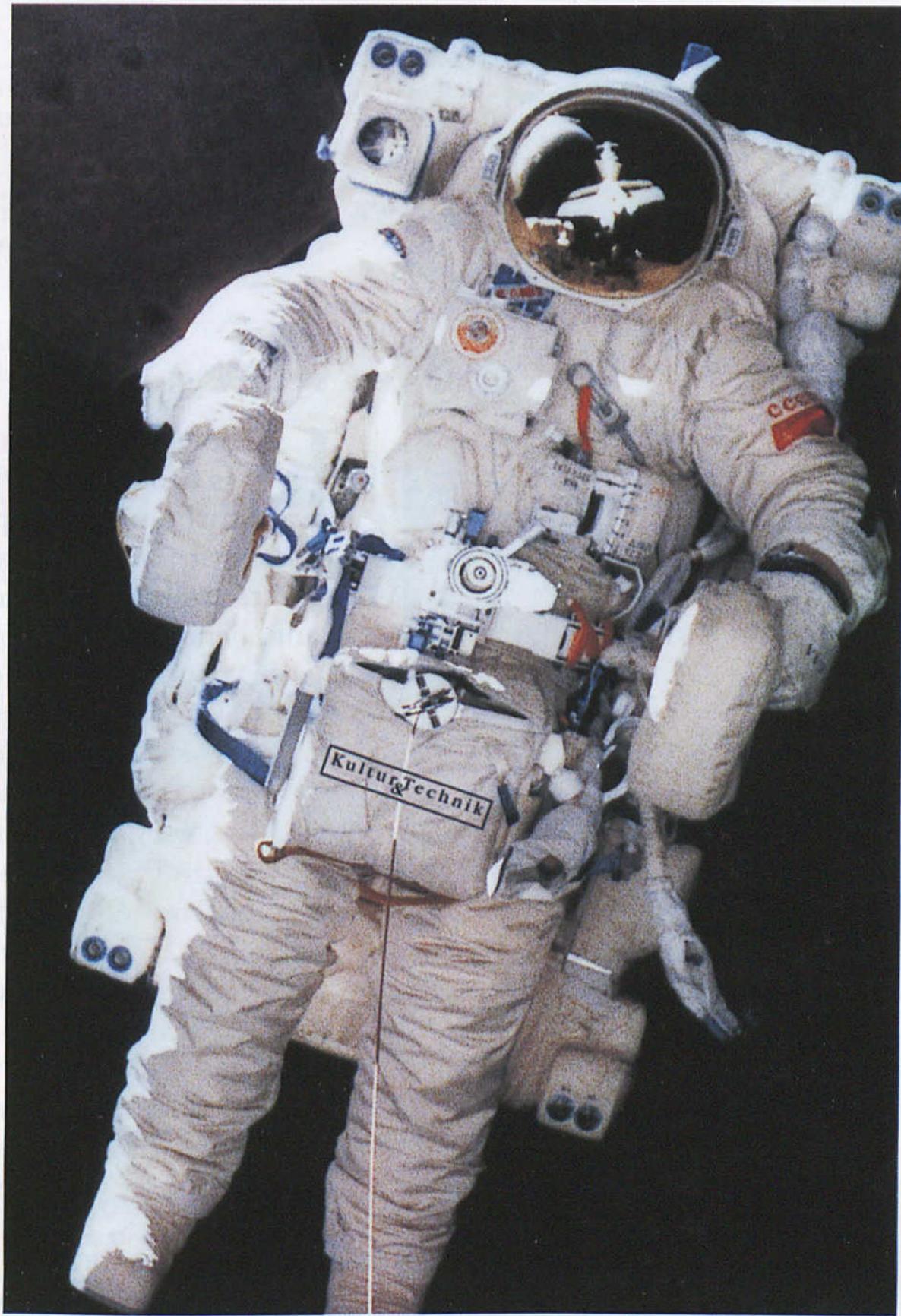
Kosmische
Spaziergänge
mit Joachim
Trümper

K&T JUNIOR

Technodrom:
Marsmenschen
und Raketen

TECHNIK

Vom irdischen
Nutzen der
Raumfahrt



FORSCHUNG

Sternstunden
der Astronomie

DIE ERDE

Wie Satelliten
den Blauen
Planeten sehen

AUTOMOBILE

„Ein Maybach“:
Die Traumautos
und Autoträume
Karl Maybachs
– und die seiner
Kunden

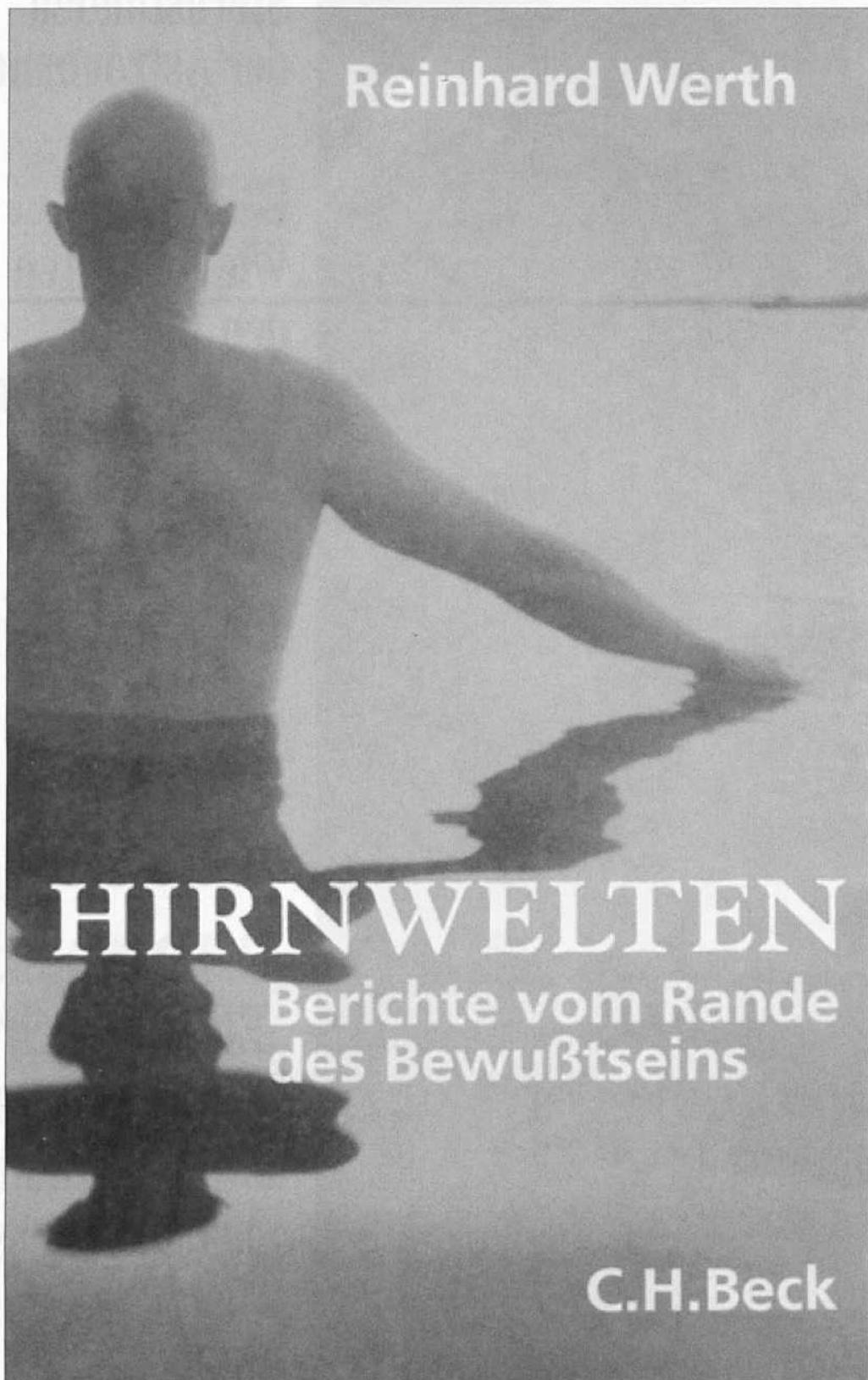
MERKWÜRDIG

Die Würzburger
Lügensteine



C.H.BECK
C.H.BECK
C.H.BECK
C.H.BECK

NACHRICHTEN VOM RANDE DES BEWUSSTSEINS



Können Sie sich vorstellen, was es bedeutet, sich eines Morgens nicht mehr im Spiegel erkennen zu können? Oder wie es einem Kind ergeht, das zwar alle Buchstaben lesen kann, dem sich aber der Sinn eines Wortes dennoch nicht erschließen will? „Hirnwelten“, der sehr persönliche Bericht eines Kliniklers und Neurowissenschaftlers über die Erforschung des Bewußtseins und seine Begegnungen mit hirngeschädigten Patienten, vermittelt einen ungewöhnlichen Einblick in die eigentümlichen Welten des menschlichen Erlebens, Denkens und Handelns.

„Ein fesselnder, ein mitreißender Erfahrungsbericht von stellenweise schonungsloser Offenheit.“
ACHIM BAHNEN, FAZ

1998. 231 Seiten, 11 Abbildungen. Gebunden
DM 38,- / sFr 35,- / öS 277,- ISBN 3-406-44076-2

VERLAG C.H.BECK

INHALT

TITELBILD: RAUMSPAZIERGANG EINES ASTRONAUTEN. FOTO: NASA.

EDITORIAL	4	AUTOMOBILE	46
Neue Horizonte Oder: Perspektiven für <i>Kultur & Technik</i>	<i>Dieter Beisel</i>	Distanz zur Masse Karl Maybachs extravagante Autokonstruktionen	<i>Michael Graf Wolff Metternich</i>
KULTUR & TECHNIK RUNDSCHAU	6	MERKWÜRDIG	52
Nachrichten zu technischer Kultur und Technikgeschichte	<i>Christiane und Hans-Liudger Dienel</i>	Die Würzburger Lügensteine Ein Nachtstück im barocken Wissenschaftsbetrieb	<i>Ernst. H. Berninger</i>
RAUMFAHRT	10	DOKTOR PROFS TECHNODROM	55
Jules Vernes Erben Menschen im All – Ein historischer Rückblick	<i>Matthias Knopp</i>	Mensch Marsmensch – und andere Weltraumbeobachtungen	<i>Christof Gießler und Annette Noschka-Roos</i>
FORSCHUNG	18	KULTUR & TECHNIK RÄTSEL	57
Sternstunden der Astronomie Extraterrestrische Grundlagenforschung	<i>Hans-Joachim Blome</i>	Was wir schon immer wissen wollten Fragen zu den wichtigsten Dingen des Lebens	
TECHNIK	28	GEDENKTAGE TECHNISCHER KULTUR	58
Vom Nutzen der Raumfahrt Innovationen für irdische Anwendungen	<i>Beate Warneck</i>	Daten zur Technikgeschichte	<i>Sigfrid von Weiher</i>
ERDERKUNDUNG	30	DEUTSCHES MUSEUM	62
Professionelle Überflieger Satelliten entdecken die Erde neu	<i>Volker Liebig und Wolfgang Steinborn</i>	Nachrichten und Veranstaltungen	<i>Andrea Lucas</i>
INTERVIEW	38	SCHLUSSPUNKT	65
Kosmische Spaziergänge Gespräch mit Joachim Trümper	<i>Jürgen Teichmann</i>	Jede Straßenbeleuchtung ist verwerflich Eine moraltheologische Betrachtung von 1819	<i>Anonymus</i>
BILDER AUS DER TECHNIKGESCHICHTE	44	VORSCHAU / IMPRESSUM	66
Blicke ins unsichtbare All Das Röntgenteleskop ROSAT	<i>Gerhard Hartl</i>		



WELTRAUM Mit Hilfe einer Vielzahl von Raumsonden und Teleskopen auf der Erde und im Orbit versuchen Wissenschaftler, Entstehung und Struktur des Weltraums zu verstehen. 1999 soll der hier abgebildete neue Röntgenastronomie-Satellit XMM gestartet werden. **SEITE 18**

AUTOMOBILE Ein „Maybach“ war der Traum der Reichen und Schönen in der Weimarer Republik. Man sprach nicht darüber, man hatte ihn. Die Exklusivität des Besitzes schuf eine sichere „Distanz zur Masse“. **SEITE 46**



INTERVIEW Die wissenschaftliche Leitung für Planung, Bau und Betrieb des Röntgensatelliten ROSAT lag bei Professor Dr. Joachim Trümper, Direktor am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik. *Kultur & Technik* hat mit ihm über Fragen der Weltraumforschung gesprochen. **SEITE 38**



NEUE HORIZONTE

Oder: Perspektiven für *Kultur & Technik*

Die künftigen Hefte von *Kultur & Technik* werden durch Schwerpunktthemen geprägt sein. Das Thema, mit dem wir beginnen wollen, das Thema dieses Heftes heißt „Weltraum“. Dahinter steht die Überlegung, daß nicht allzu viele Menschen wissen, wie breit gestreut die menschlichen Aktivitäten im Weltraum sind. Sie reichen vom Blick in die Nanosekunden nach der Entstehung des Universums über die Erkundung anderer Planeten des Sonnensystems bis hin zur Betrachtung der Erde aus dem Orbit: sei es aus militärischen oder Gründen des Umweltschutzes.

Mit einem der großen Erforscher des Weltraums, mit Joachim Trümper am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik (MPE) in Garching, hat *Kultur & Technik* ein Gespräch geführt, das wir ab Seite 38 wiedergeben. Er faßte zusammen, was für Erdenbewohner von erkenntnisleitendem Interesse ist:

„Die Weltraumforschung kümmert sich um alles, was draußen ist, außerhalb der Atmosphäre. Dazu gehören das ganze Sonnensystem, also die Sonne, die Planeten und die Monde, und das, was dazwischen ist – auch die Kometen. In diesem Bereich hat man in den letzten 20 Jahren mit *In-situ*-Forschung angefangen. Das heißt, man fliegt zu den Objekten und macht Messungen an Ort und Stelle: Mars, Mond, die Planeten,

Atmosphären, die Oberflächen und so weiter.

Die Astrophysik beschäftigt sich mit allen Phänomenen jenseits unseres Sonnensystems, die nur mit Fernerkundungsmethoden anzuschauen sind. Hier muß die Strahlung analysiert werden, die aus den fernsten Bereichen kommt. Die Informationen reichen heute vom Radiobereich bis zum hochenergetischen Gammabereich – wir reden daher von Multiwellenlängen-Astronomie.

Früher gab es nur die optische Astronomie, einen ganz schmalen Spektralbereich. Heute sind Radio-, Mikrowellen-, Infrarot-, UV-, Röntgen- sowie Gamma-Astronomie und so weiter hinzugekommen.

In diesen verschiedenen Spektralbereichen sieht der Himmel ganz verschieden aus, und wir sehen verschiedene Aspekte. Im Infrarot sehen wir das kalte Universum, im Röntgenbereich das heiße Universum, und das, was wir in sichtbarem Licht sehen, das sind unsere Sterne am Himmel, mit Temperaturen zwischen ein paar 1.000 Grad und zigtausend Grad mittelheiß.

Und dann gibt es noch die Neutrino-Astronomie, möglicherweise in einigen Jahren die Gravitationswellen-Astronomie.

Für den Laien, der immer nur so ein Bröckchen mal hier oder da zu sehen bekommt, mag das alles ein bißchen verwirrend sein. Doch aus wissenschaftlicher Sicht ist es ganz einfach: Wir schauen uns den Himmel in allen Fre-

quenzen an, und wir müssen alle diese verschiedenen Informationen zusammennehmen, wenn wir hoffen wollen zu verstehen, was da außen vorgeht, weil wir in einem bestimmten Spektralbereich immer nur einen gewissen Ausschnitt aus der Wirklichkeit sehen.“

Neben den Schwerpunktthemen sollen die allgemein interessierenden Magazin-Themen, die bislang das Gesicht von *Kultur & Technik* prägten, nicht vernachlässigt werden, auch wenn sie nur noch einen Teil des Heftes ausmachen werden.

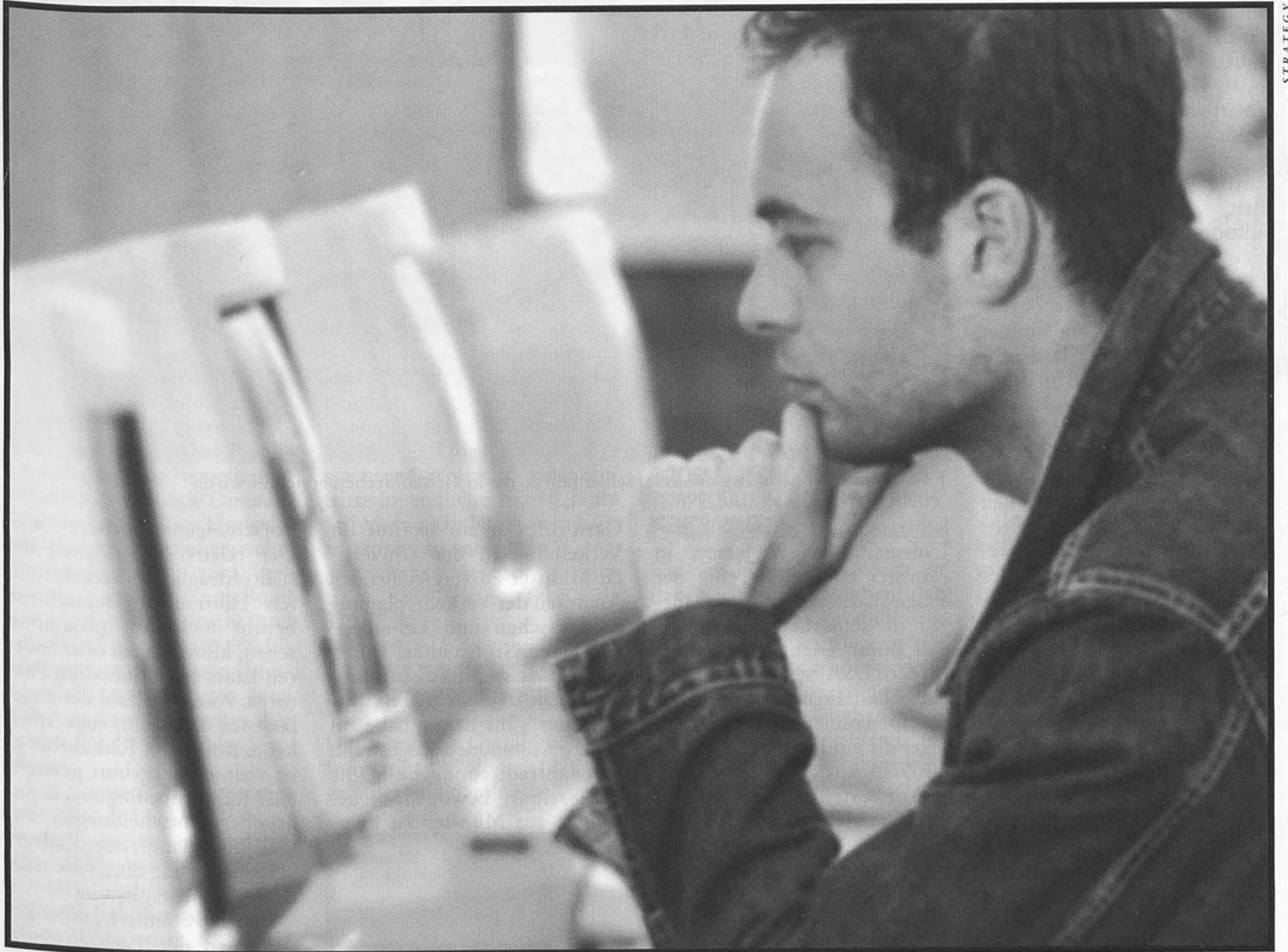
Sehr viel stärker als bisher werden sich die Aktivitäten des Deutschen Museums in den Inhalten von *Kultur & Technik* widerspiegeln – sei es in direkter Berichterstattung oder im Abdruck von Vorträgen, der eine gute Tradition hat.

Neu in diesem Heft sind die Seite für Kinder und Jugendliche (Seite 55) und die Rubrik MERKWÜRDIG (Seite 52), die Holzwege der Naturwissenschaft und Technik nachzeichnet.

Vor allem aber wünschen wir uns, daß *Kultur & Technik* nicht nur ein Informationsmedium ist, sondern zum Diskussionsforum wird. Das *Kultur & Technik*-Rätsel (Seite 57) scheint dafür nicht der enigmatischste Ansatz zu sein.

Dieter Beisel

Deutschland braucht ein Lernprogramm.



STRATEGY

Deutschland muß innovativer werden, wenn es seine führende Rolle unter den Industrienationen behaupten will. Nur durch neue Patente, neue Technologien, neue Produkte und Verfahren bleiben wir konkurrenzfähig und können neue Arbeitsplätze schaffen. Dafür braucht Deutschland ein Lernprogramm.

Rufen Sie nicht nach dem Staat. Ergreifen Sie selbst die Initiative. Mit einer Spende an den Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft folgen Sie dem großartigen Beispiel von 4000 Persönlichkeiten und Unternehmen, die als starke Gemeinschaft unsere Wissenschaft und Forschung unterstützen. Damit Deutschland weiterhin im Wettbewerb bestehen kann!

Wir wollen Sie anstiften.

**Stifterverband
für die Deutsche Wissenschaft**

Barkhovenallee 1 · 45239 Essen · Fax 02 01/84 01-304

VON CHRISTIANE UND HANS-LIUDGER DIENEL

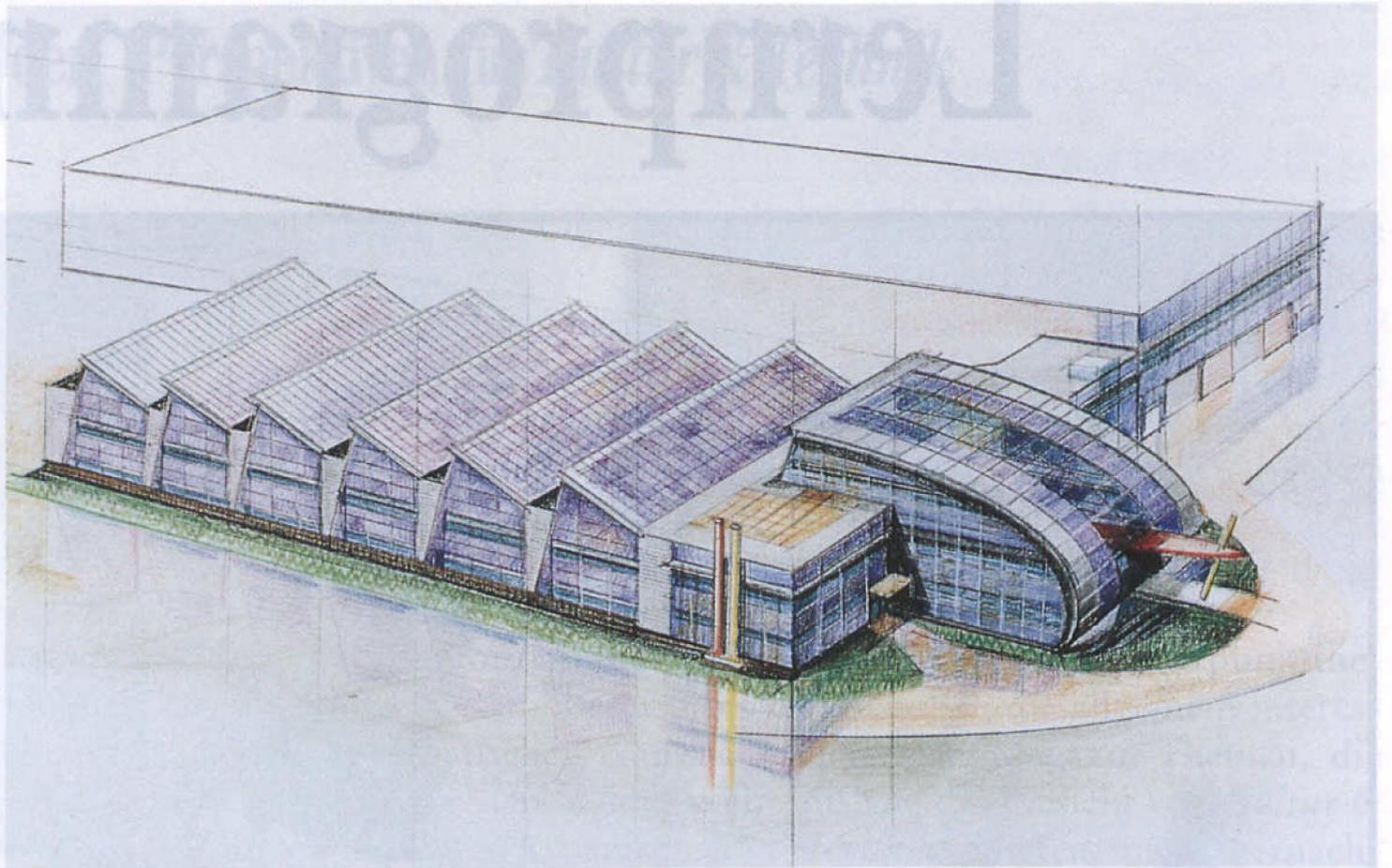
HEIMWEH NACH DEUTSCHLAND: RÜCKKEHR DER PRODUKTION

Führt die Globalisierung zur schleichenden Auszehrung der Produktion in Deutschland und zum Ende des sekundären Sektors der Volkswirtschaft? In den frühen 1990er Jahren schien das so, als viele bekannte deutsche Unternehmen Produktionsstätten in Osteuropa errichteten und auch zukunftssträchtige industrielle in High-Tech-Branchen, wie die Solarzellenproduktion, ganz aus Deutschland abzuwandern drohten. Doch inzwischen hat sich das Bild deutlich gewandelt. Arbeitsorganisation, -kultur und hoher technologischer Standard führen dazu, daß in vielen Branchen die Lohnstückkosten in Deutschland niedriger liegen als in den meisten Ländern, die in den letzten Jahren deutsche Tochterbetriebe aufgenommen haben. Die Folge ist: Die Produktion wandert teilweise wieder zurück. Eine Studie des Karlsruher *Fraunhofer Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung* hat diesen Trend jetzt erstmalig untersucht und die größere Flexibilität der Produktion (Termine, Lieferfähigkeit), die Produktqualität, die geringeren Koordinationskosten und die Kapazitätsauslastung als wichtige Gründe für die Rückverlagerung identifiziert. Ein deutliches Zeichen ist die Rückkehr der Solarzellenproduktion nach Deutschland. Die im Bau befindlichen Solarzellenfabriken in Gelsenkirchen, Rudisleben und Alzenau sollen mehr als 30% der Weltproduktion an Solarzellen herstellen.

USA IMPORTIEREN DAS WORT „FAHRRADSTRASSE“

Die amerikanische Verkehrswissenschaftler haben ein neues Fremdwort aus dem Deutschen eingeführt: die Fahrradstraße. Diese sprachliche Neuerwerbung geht auf einen Forschungsaufenthalt von Professor John Pucher, einem Ver-

Der Fahrradparkplatz beim Hauptbahnhof Münster.



Konstruktionszeichnung der Solarzellenfabrik, die in Gelsenkirchen errichtet wird.

kehrsspezialisten der Rutgers-Universität, New Jersey, in Münster zurück. Er ging der Frage nach, warum das Fahrrad in deutschen Städten einen Boom erlebt, während es in den USA seit Jahrzehnten ein Schattendasein fristet: Die Stadtbewohner legen dort weniger als ein Prozent der Wege per Velo zurück.

Antworten auf seine Fragen fand Pucher, der sich unter anderem durch zahlreiche Forschungsprojekte für das amerikanische Verkehrsministerium, die kanadische Regierung und europäische Verkehrsministerien einen Namen gemacht hatte, in Münster. Er nutzte eine

Gastprofessur am Institut für Verkehrswesen der Universität Münster zu vergleichenden Analysen der Verkehrsplanung in deutschen und US-amerikanischen Großstädten. In der Radverkehrspolitik sei diese Stadt „unangefochtener Spitzenreiter“. Ihr Erfolg habe auf andere Kommunen ausgestrahlt und fahrradfreundliche Städte wie Freiburg bewogen, Neuerungen aus Münster zu übernehmen: unechte Einbahnstraßen, Kombispuren für Bus und Rad, Fahrradschleusen und eigene Ampeln für Radler an Kreuzungen, Radwegenetz und ausgeschilderte Fahrradrouten. Das interessante Ergebnis der

Forschungen Puchers war: Der relativ hohe Anteil des stadtverträglichen Verkehrsmittels Fahrrad in Deutschland beruht nicht auf geographischen, klimatischen oder anderen kaum beeinflussbaren Faktoren. Auch die Zahl der zugelassenen Kraftfahrzeuge spielt keine Rolle. Der Radfahrboom ist vielmehr Ergebnis gesetzlicher Rahmenbedingungen, politischer Entscheidungen vor Ort und handfester Radverkehrsförderung durch die städtische Verkehrsplanung.

Pucher resümierte, unter anderem in der Fachzeitschrift *Transportation Quarterly*, aber auch in Berichten in der *New York Times* und der *Washington Post*: „Mit den richtigen politischen Vorgaben kann der Radverkehrsanteil praktisch überall außerordentlich gesteigert werden.“

ALLES ÜBER DIE UMWELT AUF CD-ROM

Als Hilfestellung für Recherchen zu Umweltthemen produziert und vertreibt die Bundesdruckerei zusammen mit dem Umweltbundesamt schon seit 1997 eine Umwelt-CD-ROM. Die neueste Version (Ausgabe III/98) verspricht ei-





ne Optimierung der Benutzerführung. Durch ein Schlagwortregister ist es selbst dem ungeübten Nutzer bei etwas Geduld möglich, dem Datenträger Informationen zu entlocken, auch wenn die etwas umständlichen Suchformulare und „Trunkierungs“-Vorschriften eher auf den Profi zugeschnitten sind.

Inhaltlich bietet die CD-ROM jedoch komprimierte Fachinformation: einen Überblick über die Literatur ebenso wie über laufende Forschungsvorhaben im Bereich Umwelt, Referenzdaten zum Umweltschutz, Fragen der Umweltsprechung, Rechts- und Verwaltungsvorschriften von Bund und Ländern, EU-Recht und Umweltvölkerrecht. 195.000 Literaturbelege zu Umweltfragen allein in den letzten zehn Jahren sind ein eindrucksvoller Beweis für die Breite der Forschung.

Die Umwelt-CD ist zum Preis von 265,- DM (Jahresabonnement mit vier Updates: 800,- DM) bei der Bundesdruckerei GmbH, Sparte Elektronische Publikationen, zu beziehen: Oranienstr. 91, 10958 Berlin, Telefon (030) 2598-1307, Fax -1306.

METEORIT IN ESSEN EINGESCHLAGEN

Die Ruhrmetropole Essen hat seit Herbst letzten Jahres ihr Science Center, den Meteoriten im RWE-Park, den der Energieriese anlässlich seines 100. Geburtstags der Öffentlichkeit übergab. Mit einem Lichtdom, einem Bilderdom als begehbarem Kaleidoskop aus Tausenden von Spiegeln, einem Schattenkabinett, einer *Transflow* ge-

Lichtdom im Essener Science Center „Meteorit“.

nannten interaktiven Musikmaschine, einer Blitzkugel und vielem mehr soll der Meteorit eine „Zeche des Staunens“ sein. Auf 15.000 größtenteils unterirdischen Quadratmetern konnte der Wiener Künstler André Heller Wunderkabinette und Schaustücke verwirklichen, die es sonst wohl in keinem anderen deutschen Technik-Center zu erleben gibt.

Der Meteorit ist täglich von 10 bis 20 Uhr geöffnet. Erwachsene zahlen 15 DM Eintritt, Jugendliche bis 18 Jahre 5 DM, für Kinder ist kein Eintrittspreis zu entrichten.

Kontakt: Meteorit, Grillostr. 1, 45141 Essen, Tel (0201) 320 67 500.

WEBSITES FÜR K&T-LESER: INDUSTRIEARCHAOLOGIE

Die flämische Gesellschaft für Industriearchäologie, 1978 gegründet und damit eine der äl-

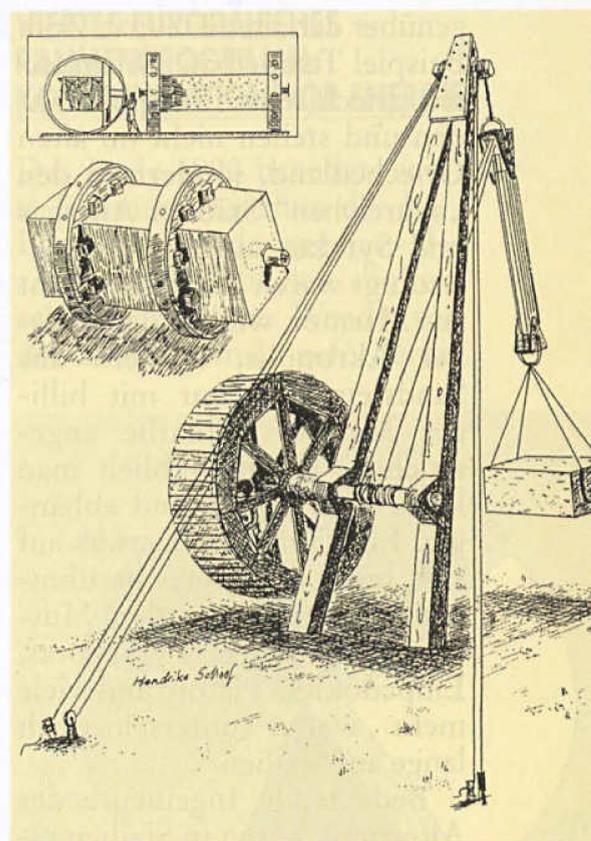
testen fachspezifischen Vereinigungen in Europa, ist seit kurzem mit einer Homepage im Internet vertreten. Die Seite enthält eine Liste der flämischen industriearchäologisch interessanten Stätten, der Technikmuseen und Links zu fast allen industriearchäologischen Websites in Europa.

<http://www.conservare.be/via/vviahome.htm>

Im Foyer des Alten Zeughauses in Berlin, dem Sitz des Deutschen Historischen Museums, kann der Besucher das deutsche Kulturerbe auch via Internet erkunden, in die Welt der virtuellen Museen und Galerien und der kunsthistorischen Datenbanken eintauchen. Der Einstieg wird ihm durch Bedienungshinweise leicht gemacht.

GRÖßER, SCHÖNER, BILLIGER: TEMPELBAU IN GRIECHENLANDS NEUER WELT

Ein wenig fühlt man sich an das Verhältnis zwischen den Vereinigten Staaten und dem alten Europa zu Beginn des 20. Jahrhunderts erinnert, wenn man die Wechselwirkungen und Beziehungen zwischen den Städten Großgriechenlands auf Sizilien und ihren altgriechischen Mutterstädten betrachtet.



Antiker Flaschenzug zum Heben von Blöcken. Das Tretrad wurde von zwei Sklaven bewegt.

Dieser Vergleich drängt sich auch den Ausstellungsmachern einer großen Schau im Kölner Römisch-Germanischen Museum vom Sommer 1998 auf: „Die Neue Welt der Griechen – Antike Kunst aus Unteritalien und Sizilien“ wurde vom 21. März bis 23. August 1998 gezeigt und veranschaulichte den auftrumpfenden Stil der Neusiedler ge-

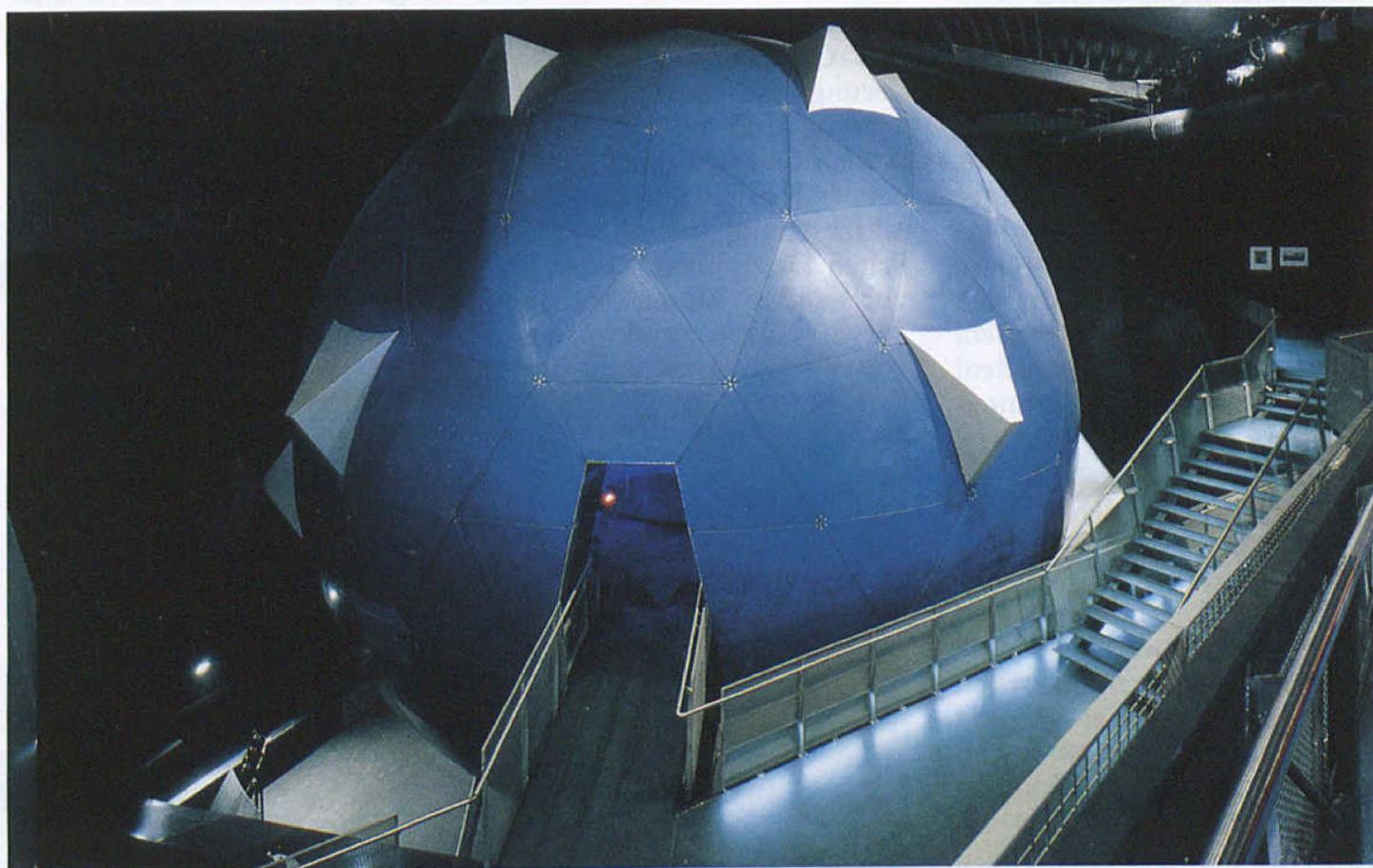
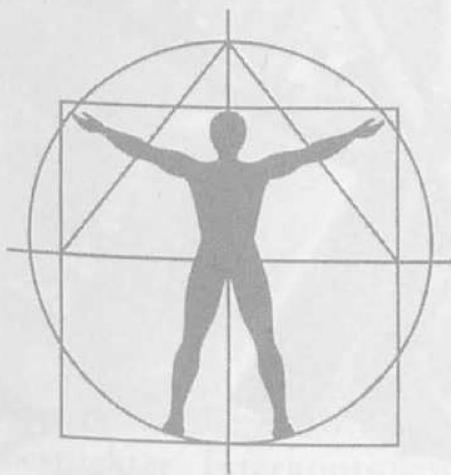


Abb.: Umwelt-Bundesamt (l.o.); Giuseppe di Giovanni, aus: Agrigento, Das Tal der Tempel, Das Landesmuseum (r.o.); Jörg Hempel, Aachen (u.)



IDEALE DER MENSCHHEIT IM GEBLÄSEHAUS DER ALTEN VÖLKLINGER HUTTE

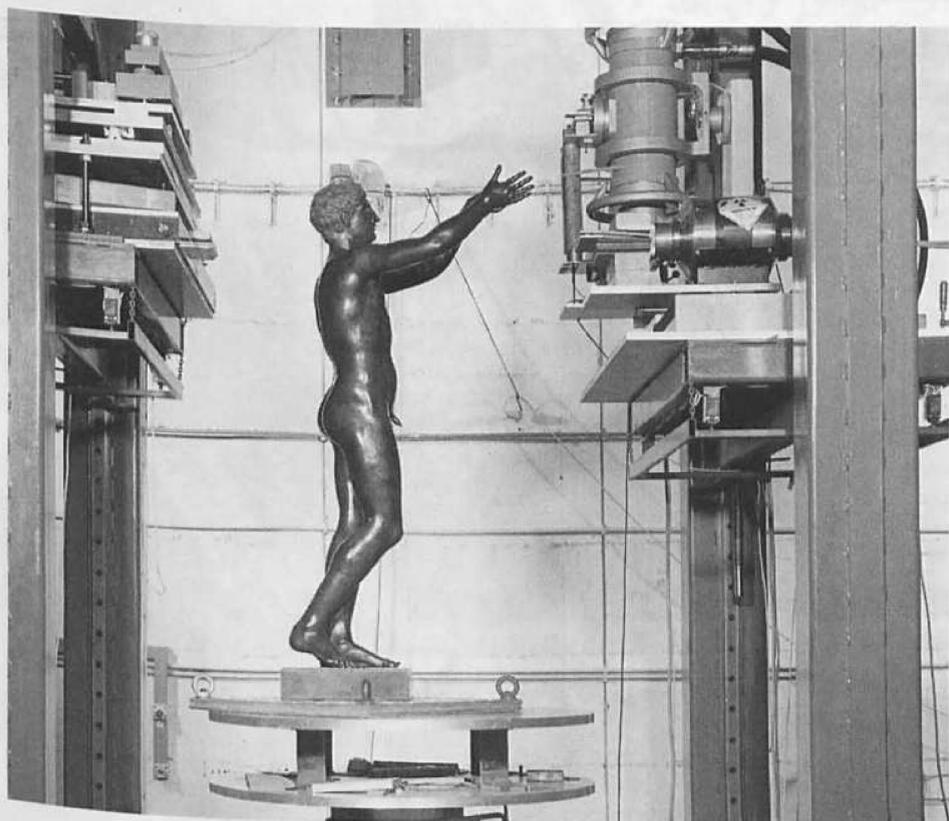
Am Ende des zweiten Jahrtausends mehren sich ambitionierte Bilanzen über den zurückgelegten Weg. In der alten Völklinger Hütte im Saarland haben die dortige Stiftung Industriekultur und das Deutsche Historische Museum aus Berlin von September bis November 1998 eine großangelegte Ausstellung „Menschen. Bilder. Visionen. Prometheus“ gezeigt. Die Ideale der Menschheit wandeln sich, sie widersprechen einander, sie werden mit Wehmut erinnert und immer wieder bemüht. Die Ausstellung zeigt Visionen zur Schönheit, Bewegung und Kraft des Menschen, zu Liebe, Erotik und Sexualität, zu Helden, Militär und Naturbeherrschung, zu Tod und Unsterblichkeit.

Die Ausstellung gewinnt ihren Reiz nicht nur durch die dargestellten Bilder und Visionen, sondern auch durch den *genius loci* des Stahlwerks, das die ausgestellten prometheischen Ideale eindrücklich versinnbildlicht und unterstreicht.

MEGABYTES UND ALTE MEISTER - FORSCHUNG FÜR DIE KUNST

Die Rettung, Erhaltung und Vermittlung von Kunst und Kulturgütern ist ein wichtiger Forschungsantrieb für Wissenschaft und Technik. 30 einschlägige Forschungsvorhaben allein aus den Berliner Hochschulen präsentierten sich vom 17. bis 27. September 1998 auf dem diesjährigen Berliner Schaufenster der Wissenschaft. Dazu gehören neue Techniken und Methoden zur Alters- und Herkunftsbestimmung von Artefakten, neue Restaurierungs- und Konservierungsverfahren und – geradezu boomartig gewachsen – neue Anwendungen innovativer Internetangebote zur Erschließung und Vermittlung des Kulturerbes. Der Besucher des Schaufensters der Wissenschaft konnte eintauchen in die Welt der virtuellen Museen und Galerien, in

Die Bronzestatue „Betender Knabe“, die vor der Restaurierung computertomographisch untersucht wurde.



kunst- und technikhistorische Datenbanken und in Bildverzeichnisse.

GELD VERDIENEN MIT DER ACKERSCHMALWAND

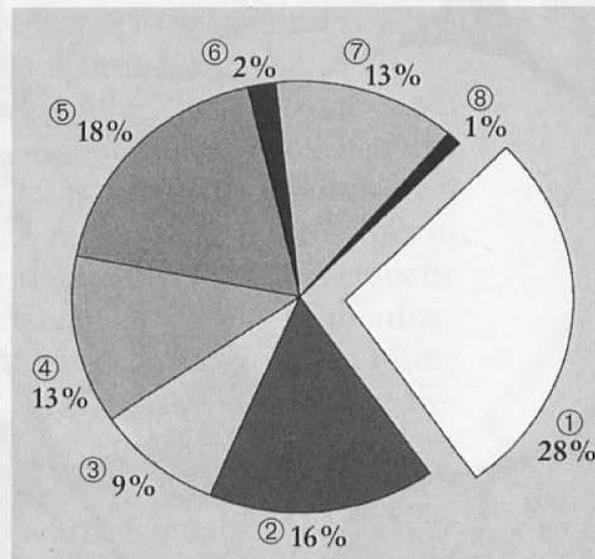
Die Ackerschmalwand, lateinisch *Arabidopsis thaliana*, ist die am häufigsten verwendete Pflanze für die pflanzen genetische Forschung, weil sie zum einen recht klein ist – auch in ausgewachsenem Zustand findet sie in einem Reagenzglas Platz – und zudem die Regenerationszeit mit 8 bis 10 Wochen recht kurz und die Zahl der Nachkommen ausgesprochen groß ist. Sie ist die *Drosophila* der Pflanzenforschung, und fast alle der rund 25.000 Gene dieser Pflanze sind inzwischen bestimmt. Die Forschung konzentriert sich nun auf die Bestimmung der Funktionen der Gene. Dazu werden systematisch Mutanten der Ackerschmalwand erzeugt, bei denen nach Möglichkeit nur ein einziges Gen verändert ist, und anschließend systematisch auf Veränderungen auf der Protein-Ebene hin untersucht.

Wissenschaftler des Münchner Max-Planck-Instituts für molekulare Pflanzenphysiologie haben nun eine ganz neue Methode zur Analyse von Genfunktionen entwickelt, nämlich über die Beobachtung der Veränderungen im Stoffwechsel der Pflanze. Die vielen Untersuchungen über die Wechselwirkungen zwischen Genmanipulation und Stoffwechselveränderung haben eine Reihe von Gesetzmäßigkeiten zutage gebracht. Auf diese Weise sind inzwischen sogar Vorhersagen über die Veränderung der Stoffwechsel-Leistung der genetisch veränderten Pflanze möglich.

Das Verfahren ist wirtschaftlich so interessant, daß eine Gruppe von Wissenschaftlern aus dem Institut eine Firma gegründet hat, die *Metanomics GmbH*, um in den nächsten Jahren die Spitzenposition im internationalen Wettlauf um die Aufklärung der Genfunktionen von Pflanzen in klingende Münze umzuwandeln.

VIERTES EUROPÄISCHES RAHMENPROGRAMM: KOMMUNIKATION VOR ENERGIE

Das Ende 1998 beendete vierte Rahmenprogramm der EU-Forschungsförderung hat – das zeigt der Rückblick – die forschungspolitische Wende von der bisher primär geförderten



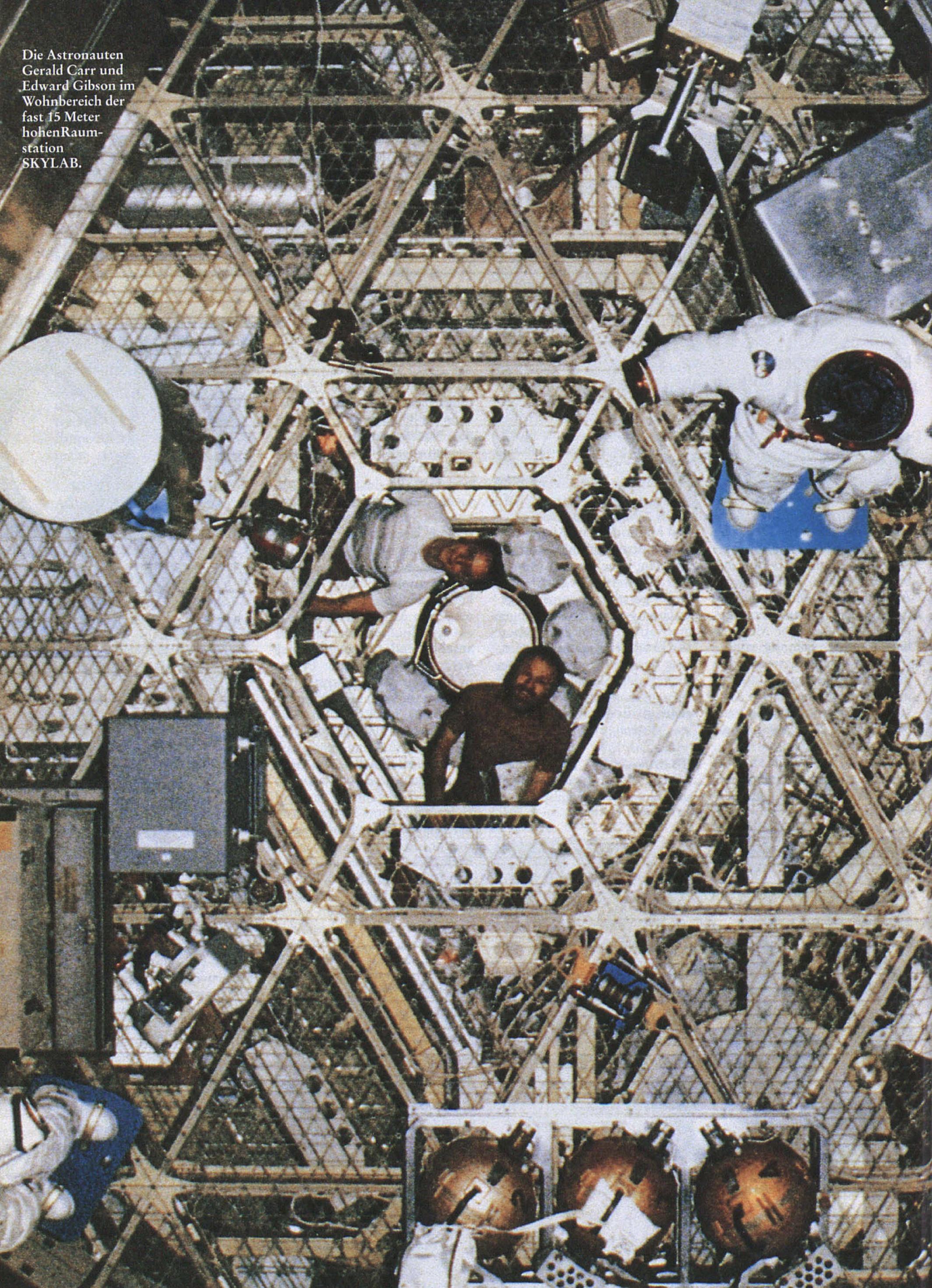
Budget insgesamt 13,215 Mill. ECU

- ① Informations- und Kommunikationstechnologie
- ② Industrielle Technologie
- ③ Umwelt
- ④ Lebenswissenschaften und Technologien
- ⑤ Energie (inklusive Euratom)
- ⑥ Verkehr
- ⑦ andere (Aktionsbereiche 2-4)
- ⑧ Sozio-ökonomische Schwerpunktforschung

Energie- zur Informations- und Kommunikationstechnik gebracht. 28 Prozent der Forschungsmittel gingen in diesen Bereich, während rund 10 Prozent weniger, nämlich 18 Prozent, im Bereich der Energieforschung – insbesondere der Kernenergieforschung – aufgewendet wurden.

Das im Jahr 1999 startende fünfte Rahmenprogramm hat die alten Förderbereiche neu definiert und wird die Projekte und Ausschreibungen nun in vier Querschnittsthemen gruppieren: eine deutliche Verbesserung der Lebensqualität, eine nutzerfreundliche Informationsgesellschaft, nachhaltiges Wachstum und Erhaltung der Ökosysteme. □

Die Astronauten
Gerald Carr und
Edward Gibson im
Wohnbereich der
fast 15 Meter
hohen Raum-
station
SKYLAB.



JULES VERNES ENKEL

Menschen im All – Ein historischer Überblick

VON MATTHIAS KNOPP



Zweiter Start einer N-1-Rakete
am 3. Juli 1969.

Der durch die Entwicklung atomar bestückter Interkontinentalraketen angeheizte „Kalte Krieg“ zwischen den beiden damaligen Supermächten USA und UdSSR hatte mit dem ersten bemannten Start in den Weltraum eine neue, nichttechnische Komponente bekommen: den Astronauten oder Kosmonauten, wie man Raumfahrer noch heute bei den Russen nennt. Die bis dahin im Vordergrund stehende Technik mit ihren Meßdaten und Leistungsparametern trat in den Hintergrund, denn jetzt gab es Menschen, die man über ihre subjektiven Erfahrungen im All direkt befragen konnte.

Am 12. April 1961 meldete Radio Moskau: „Der 27jährige sowjetische Fliegermajor Juri Gagarin ist um 9.07 Uhr Moskauer Zeit mit einer WOSTOK-Kapsel in den Weltraum gestartet und 1 Stunde und 48 Minuten später nach einer Erdumkreisung sicher bei Saratow an der Wolga gelandet.“ Nur wenige epochemachende Ereignisse der Geschichte der Entdeckung unserer Erde lassen sich so genau auf die Minute festlegen wie das Vordringen des Menschen in den Weltraum.

War früher die Landnahme bei neu erschlossenen Gebieten im Namen der betreffenden Königreiche oder Regierungen vorrangig, galt es im Weltraum zunächst, technische Überlegenheit und Nationalprestige zu zeigen. Mit den ersten Raumfahrern war aber auch plötzlich der direkte menschliche Bezug zu dem bis dahin nur abstrakt oder über Naturerscheinungen wahrgenommenen Weltraum gegeben. Diese neue Wahrnehmung des Weltraums durch die Öffentlichkeit machte den Weltraumflug so wichtig für

das Prestige der betreffenden Nationen.

Gleichzeitig wurde mit den ersten bemannten Weltraumflügen deutlich, welche enormen finanziellen und technischen Ressourcen dafür notwendig waren. Diese hohen Anforderungen gelten bis heute uneingeschränkt. Sie sind der Hauptgrund dafür, daß es bis auf den heutigen Tag nur zwei Länder gibt, die in der Lage sind, selbst Menschen in den Weltraum zu befördern: die USA und Rußland.

Die Geschichte der bemannten Raumfahrt in diesen beiden Ländern zeigt viele Parallelen. Nachdem mit wissenschaftlicher Akribie zunächst mit Tieren experimentiert wurde, kam die Raumfahrt nach dem ersten Einsatz von Menschen immer mehr in den Einflußbereich nationaler Interessen.

Nicht nur neue Errungenschaften von Naturwissenschaft und Technik steuerten und prägten die ersten Jahre der bemannten Raumfahrt, sondern

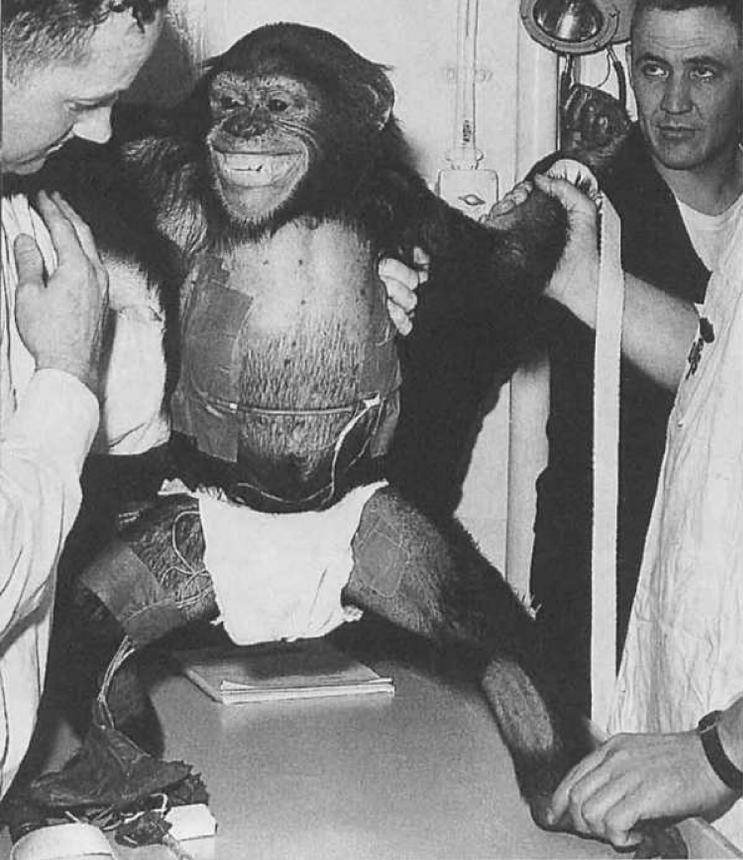
auch politische Entscheidungen im Zeichen des Kalten Krieges.

Eine der großen Fragen, die es zu lösen galt, bevor man Menschen ins All schickte, war das Verhalten von Lebewesen in der Schwerelosigkeit. Man unternahm daher viele Versuche mit Säugetieren, die mit Höhenforschungsraketen senkrecht in den Himmel geschossen wurden. Für erste Erfahrungen mit der Schwerelosigkeit sandten die Amerikaner Schimmelsporen, Fruchtfliegenlarven und Mäuse für kurze Zeit ins Weltall. Von diesen Lebewesen erwartete man nur, daß sie wieder heil zur Erde zurückkamen.

Später flogen Affen ins All, die intelligent genug waren, einfache Aufgaben durchzuführen. Fast 20 Schimpansen trainierten genauso hart wie die ersten Astronauten, um den körperlichen Anforderungen eines Weltraumfluges gewachsen zu sein. Bei den kurzen Flügen mit ballistischen Raketen in die Hochatmosphäre – etwa 100 Kilometer hoch – mußten die Tiere Beschleunigungen bis zur 18fachen Erdbeschleunigung aushalten.

Die amerikanische Öffentlichkeit karikierte die angehenden Astronauten gerne als „Schüler von Affen“. In der Tat tauchten erhebliche Probleme bei den sieben Astronauten des ersten amerikanischen bemannten Programms MERCURY auf. Sie wollten sich nicht in die Rolle eines passiven Beobachters versetzt sehen. Der Vergleich mit den Affen traf sie empfindlich. Doch sie setzten sich durch, und die erste MERCURY-Raumkapsel bekam schließlich ein Fenster und eingeschränkte Steuerelemente für den Piloten.

Die Russen machten keine Versuche mit Affen, sondern verließen sich auf das zuverlässigste Haustier des



Der Schimpanse HAM nach seinem Raumflug am 31. Januar 1961. Ärzte entfernen die verschiedenen Meßfühler.

Menschen: den Hund. Schon seit 1951 experimentierten sie mit Hunden, die sie mit Höhenforschungsraketen bis auf eine Höhe von 200 Kilometern brachten.

Die Flugzeit der Raketen betrug meist um 20 Minuten. Nach Brennschluß der Raketen trennte sich der Kopfteil ab und landete später wieder am Fallschirm. Mit diesen ballistischen Flügen konnte man etwa zehn Minuten lang Schwerelosigkeit erreichen. Die Flüge erbrachten eine Fülle von Meßdaten über die oberen Atmosphärenschichten und über das Verhalten der Versuchstiere in der Schwerelosigkeit.

Am 3. November 1957 brachte eine russische Rakete das erste Lebewesen in eine Erdumlaufbahn: die Hündin Laika. Das Raumschiff mit der Bezeichnung SPUTNIK-2 hatte eine Masse von mehr als einer halben Tonne und schockierte die Amerikaner, die bis dato vergeblich versucht hatten, ihren nur 1,5 Kilogramm schweren VANGUARD-Satelliten zu starten. Die USA mußten erkennen, daß die UdSSR in der Lage war, Atombomben bis über den gegnerischen Kontinent zu transportieren.

Von der UdSSR als weiterer großer Prestigeerfolg gefeiert, war das Unternehmen Laika, wie später bekannt wurde, ein Fiasko: Aufgrund einer fehlerhaften Isolierung erhitze sich das Kapselinnere, und Laika starb qualvoll.

Die Tierversuche zeigten, daß es vom medizinischen Standpunkt aus

möglich sein sollte, Menschen für kurze Zeit in den Weltraum zu bringen. Die Zeit war reif für den ersten bemannten Flug.

Der erste Flug von Juri Gagarin war nur kurz: er dauerte eine Erdumrundung. Die Landung war äußerst sportlich. Bevor die Rückkehrkapsel noch relativ schnell am Fallschirm zu Boden schwebte, katapultierte sich Gagarin mit einem Schleudersitz aus der Kapsel heraus. Erst später bekamen die Kapseln Bremsraketen, so daß auf das Schleudersitzmanöver verzichtet werden konnte.

Die Kapseln waren Kugeln von etwa 2,50 Metern Durchmesser. Da man keine aerodynamischen Kenntnisse über die Phänomene beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre hatte, ging die UdSSR kein Risiko ein und wählte für ihre Rückkehrkapseln die einfachste geometrische Form: die Kugel. Die Form wurde später nur einmal für die glockenförmige SOJUS-Kapsel abgeändert, so daß durch den entstehenden Auftrieb die enormen Bremskräfte auf etwa das Vier- bis Fünffache der Erdbeschleunigung reduziert werden konnten.

Hier wird ein Prinzip der russischen Raumfahrt deutlich: Hat man ein gut funktionierendes Prinzip entwickelt, wird das Verfahren perfektioniert und angewandt, ohne durch Weiter- oder Neuentwicklungen Zeit zu verlieren. Beispiele sind die SOJUS-Kapseln oder auch die SOJUS-Trägerraketen, die bis heute weit über 1000mal erfolgreich gestartet sind. Man könnte dies als Beispiel für russische Unflexibilität in Sachen Innovationsfreudigkeit interpretieren – gleichzeitig muß man aber die überragende Sicherheit der russischen Systeme konstatieren.

Welche Rolle spielten die ersten Raumfahrer ihrer Nation, Juri Gagarin und John Glenn? Sie wurden gleichsam über Nacht nationales Kulturgut und bekamen Startverbot für weitere Weltraummissionen. Hochdekoriert reisten die neuen Nationalhelden durch die Welt, um das Prestige ihrer Länder zu fördern. Doch auch die Handvoll russischer und amerikanischer Kollegen, die innerhalb der

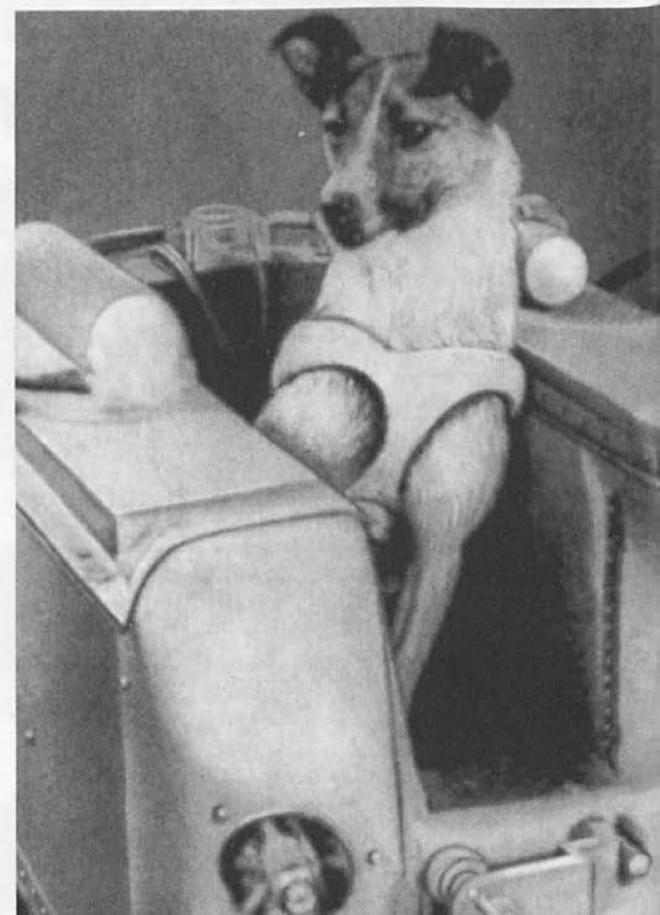
Die Hündin Laika in ihrem Behälter mit dem Lebenserhaltungssystem vor ihrem aufsehenerregenden Weltraumflug.

WOSTOK- und MERCURY-Projekte für einen Raumflug trainierten, wurden zu Helden der Nation hochstilisiert.

In den USA vereinnahmte die Illustrierte *LIFE* per Exklusiv-Vertrag die MERCURY-Astronauten samt Familie. Die Ehefrauen hatten exakt dem Vorbild einer typischen amerikanischen Familie zu entsprechen.

In schneller Folge kassierte die UdSSR Anfang der 60er Jahre weitere Ersterfolge in der bemannten Raumfahrt. Der erste gemeinsame Raumflug mit WOSCHOD, die erste Frau im Weltraum, Valentina Tereschkowa, der erste Weltraumspaziergang von Alexander Leonow 1965. Diese Erfolge führten durch ihre weltweite Verbreitung in den Medien zu einem immer stärker werdenden Druck auf die USA. Amerika konnte es nicht hinnehmen, in einem bestimmten Technologiebereich von den Russen „vorgeführt“ zu werden. So zeichnete sich in der bemannten Raumfahrt für die USA eigentlich nur ein Ziel ab, bei dem es eine realistische Chance gab, die Russen zu schlagen: der Mond.

Präsident John F. Kennedy erklärte in seiner historischen Rede am 25. März 1961, es sei höchstes nationales Ziel, bis zum Ende des Jahrzehnts einen Menschen auf den Mond zu befördern und ihn wieder gesund zur Erde zurückzubringen. Das amerikanische Raumfahrtprogramm GEMINI war ganz der Vorbereitung dieses Ziels gewidmet. Mit zweisitzigen Raumschiffen wurden alle wesentlichen Probleme des bemannten Raumfluges und der Kopplung von Raumschiffen erprobt. Der Weg zum APOLLO-Mondprogramm war frei.



Trotz ihrer Ersterfolge im Welt- raum standen die Zeichen für die UdSSR schlecht. Die Verantwortlich- keit für Raumfahrtaktivitäten war nicht durch eine zentrale Behörde geregelt, sondern auf viele verschiedene Schul- tern verteilt. Die technische Entwick- lung oblag sogenannten Konstruktionsbüros (OKBs), die untereinander hart konkurrierten. Die USA hatten Ende der 50er Jahre ähnliche Probleme, die sie aber mit der Gründung der zivilen Raumfahrtbehörde *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) in den Griff bekamen.

In der UdSSR kristallisierten sich 1964 zwei bemannte Mondflugpro- gramme heraus: Eine vom sogenann- ten OKB-52 unter der Leitung von Tschelomej favorisierte Mondumrun- dung auf der Basis der PROTON- Trägerrakete und eines neu zu ent- wickelnden Mondraumschiffes. Das ehrgeizige Konkurrenzprojekt stamm- te vom OKB-1 unter der Leitung von Koroljow, das auch für die erfolgrei- chen WOSTOK- und WOSCHOD- Flüge verantwortlich war. Es sah die Mondlandung eines Kosmonauten vor. Erforderlich waren dafür eine neue Su- perrakete, ähnlich der amerikanischen SATURN V, und die Entwicklung der neuen Raumschiffgeneration SOJUS.

Mondlander und Mutterschiff soll- ten gekoppelt zum Mond fliegen und dort in eine Umlaufbahn einschwen- ken. Nach der Trennung sollte der Lander mit einem Kosmonauten auf dem Mond landen und später wieder zum Mutterschiff zurückkehren. Ganz so, wie die Amerikaner später ihre APOLLO-Mondflüge absolvierten.

Das Mondumrundungsprogramm sah eine Reihe von unbemannten Test- flügen vor, die unter dem Namen ZOND bekannt wurden. Nach vielen Fehlstarts und Pannen gelang im Sep- tember 1968 mit ZOND 5 ein erfolgrei- cher Flug: Pflanzen, Kleinlebewe- sen und Insekten umkreisten den Mond, kehrten zur Erde zurück und landeten im Indischen Ozean. An eine bemannte Mondumrundung war aber noch nicht zu denken. Die Systeme waren insgesamt noch zu anfällig.

Ein weiterer Testflug, ZOND 6, brachte neue Probleme. Trotzdem wur- de der ZOND-5-Flug in den USA als russischer Erfolg gewertet, und die Wahrscheinlichkeit einer unmittelbar bevorstehenden bemannten Mondum-

rundung erschien den Amerikanern hoch. Unter diesem Druck entschied die NASA, im Gegensatz zu dem ge- planten Zeitplan und nach nur einem Testflug, eine erste APOLLO-Mann- schaft im Dezember 1968 den Mond umkreisen zu lassen.

Die 11tägige APOLLO-8-Mission wurde zu einem historischen Meilen- stein: Weihnachten 1968 umkreisten die drei amerikanischen Astronauten Frank Borman, James Lovell und Wil- liam Anders den Mond. Die UdSSR reagierte: Das Mondumrundungspro-

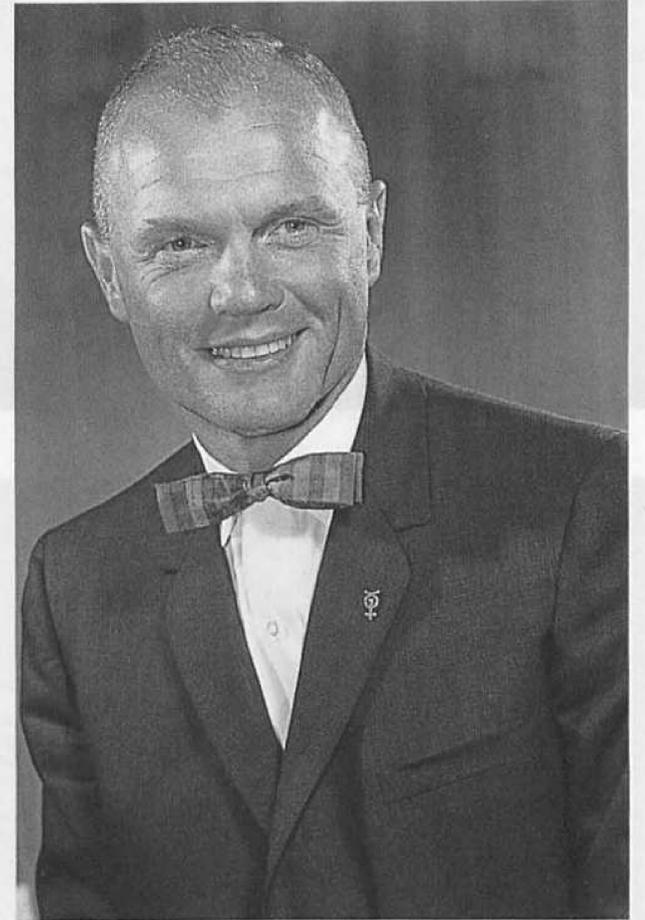


Der Kosmonaut Juri Gagarin, der 1961 als erster Mensch in den Weltraum flog.

gramm wurde inoffiziell gestoppt, und man konzentrierte sich auf die Mond- landung mit Hilfe der vom OKB-1 entwickelten neuen Superrakete N-1 und der neuen SOJUS-Raumschiffe.

Die Testflüge der neuen SOJUS- Raumschiffe waren indessen von Fehl- schlägen gekennzeichnet. Ganz entge- gen den eisernen Grundsätzen des 1966 verstorbenen Koroljow fand im April 1967 ohne ausreichende Tester- fahrung der erste bemannte SOJUS- Flug mit dem Kosmonauten Wladi- mir Komarov statt. Der Flug verlief problematisch. Beim Landevorgang schließlich öffnete sich der Hauptfall- schirm nicht richtig, und die Kapsel zerschellte am Boden. Von Komarov fand man nicht mehr viel, seine Arm- banduhr wird heute als Reliquie aus- gestellt.

Auch die Erprobung der neuen Ra- kete N-1 stand unter keinem günsti- gen Stern. Beim ersten Start explo- dierte die über 100 Meter lange und 2.500 Tonnen schwere Rakete. Wei- tere katastrophale Fehlstarts folgten. Die Sowjets erkannten, daß das Ren- nen um die erste bemannte Mondlan- dung endgültig verloren war. Dieses Prestigeerfolgs beraubt, bekam die be- mannte Mondlandung keine Priorität mehr bei den staatlichen Stellen. Offi- ziell aber stellte man das streng gehei- me Programm erst 1976 ein.



Astronaut John H. Glenn, der als erster Amerikaner die Erde umkreiste, 1962.

Das amerikanische APOLLO-Pro- gramm wurde anfangs ebenfalls von einer Tragödie überschattet. Bei einem Bodenversuch am 27. Januar 1967 for- derten Konstruktionsfehler und Män- gel den Tod der drei Astronauten Chaffee, White und Grissom durch den Brand der APOLLO-1-Kapsel auf dem Startgelände in Cape Cana- veral. Der Unfall warf das APOLLO- Programm um mehr als eineinhalb Jahre zurück. Abgesehen von dieser Katastrophe war das APOLLO-Pro- jekt aber für die Amerikaner sehr er- folgreich und blieb von weiteren fata- len Fehlschlägen verschont.

Schlüssel zum Erfolg war die extra für das Mondprogramm entwickelte SATURN-V-Rakete. Sie verschaffte ih- rem Konstrukteur Wernher von Braun die lang ersehnte unumschränkte An-



ger-Raumschiff wurde die bewährte APOLLO-Kapsel verwendet, die aber außer den Astronauten keine größeren Nutzlasten transportieren konnte. SKYLAB war wegen fehlender Triebwerke auch nicht in der Lage, seine Umlaufbahn langfristig zu stabilisieren.

Die Station wurde 1973 und 1974 insgesamt 171 Tage lang von drei Astronauten-Crews bemannt. Am 12. Juli 1979 tauchte SKYLAB über dem Indischen Ozean in die Erdatmosphäre ein und brach in etwa 19 Kilometern hellglühend auseinander. Die Trümmer gingen über dem Ozean und im westaustralischen Buschland nieder.

Während die Amerikaner eine Mission nach der anderen zum Mond schickten, entwickelten die Russen zielstrebig Pläne für eine bemannte Raumstation. Schon im April 1971 wurde ein erstes zylinderförmiges Modul von 14 Metern Länge und 19 Tonnen Masse erfolgreich auf eine nahe-

Die beiden Raumkapseln GEMINI 6 und GEMINI 7 kamen sich am 15. 12. 1965 bis auf zwei Meter nahe. Es war das erste Mal, daß sich zwei bemannte Raumschiffe im Weltraum trafen. Die Aufnahme von GEMINI 7 machte der Astronaut Thomas Stafford von GEMINI 6 aus.

erkennung und machte seinen unruhmliehen Part als Waffenkonstrukteur in Deutschland und den USA vergessen.

Daß die erste erfolgreiche Mondlandung am 21. Juli 1969 kein Produkt aus Zufall und Glück war, bewiesen die fünf weiteren darauffolgenden Mondlandungen. Die fehlgeschlagene APOLLO-13-Mission zeigte, wie wichtig das Vorhandensein redundanter Systeme im Unglücksfall ist; die Vorsicht und Weitsicht der Ingenieure hatte sich bezahlt gemacht.

Die letzte bemannte Mondlandung mit APOLLO 17 fand im Dezember 1972 statt und markiert einen Wendepunkt in der bemannten Raumfahrt. Ein Wissenschaftler, der Geologe Harrison Schmitt, durfte mitfliegen und selbst Mondfelsen in Augenschein nehmen. Ein neuer Wortbegriff tauchte auf: der Wissenschaftsastronaut. Während die erste Mondlandung ganz im Zeichen amerikanischen Pioniergeistes stand, rückte bei den späteren Missionen die Wissenschaft immer stärker in den Vordergrund.

DAS SALJUT-PROGRAMM DER UDSSR

Raumstation	Start	Bemannter Betrieb	Absturz
SALJUT 1	19.04.1971	24 Tage	11.10.1971
SALJUT 2	03.04.1973	nicht bemannt	28.05.1973
SALJUT 3	25.06.1974	15 Tage	24.01.1975
SALJUT 4	26.12.1974	6 Monate	03.02.1977
SALJUT 5	22.06.1976	8 Monate	08.08.1977
SALJUT 6	29.09.1977	3,5 Jahre	28.07.1982
SALJUT 7	19.04.1982	4 Jahre	07.02.1992

Dennoch war das APOLLO-Programm, das über 24 Milliarden US-Dollar kostete, wissenschaftlich und technisch eine Sackgasse, die keine sinnvolle Weiterentwicklung zuließ. Russen und Amerikanern wurde zu diesem Zeitpunkt klar, daß sich die weitere Entwicklung der bemannten Raumfahrt zunächst auf die Erde konzentrieren würde.

Die NASA entschied, langfristig einen wiederverwendbaren Raumtransporter zu bauen, der vielfältige Aufgaben wahrnehmen sollte. Kurzfristig wurde auf die Schnelle, in Ermangelung eines APOLLO-Nachfolgeprogramms, mit vorhandenen Mitteln und Geräten aus früheren Projekten das Programm SKYLAB konzipiert, das eine Raumstation – bestehend aus einer umgebauten Drittstufe der SATURN-V-Rakete vorsah. Als Zubrin-

zu kreisförmige Erdumlaufbahn gebracht. Die Station hatte einen Adapter, der das Anlegen eines SOJUS-Raumschiffes erlaubte. Die Station und ihre darauffolgenden Versionen erhielten den Namen SALJUT (siehe Kasten oben).

Nach einem ersten vergeblichen Kopplungsversuch gelang einer dreiköpfigen Mannschaft im Juni 1971, die Station SALJUT 1 erstmalig in Betrieb zu nehmen. Doch der UdSSR sollte zunächst kein Erfolg vergönnt sein. Die Mission endete mit einer Tragödie. Nach 23 Tagen landete das SOJUS-11-Raumschiff mit seiner Besatzung in der kasachischen Steppe. Der Schock für die Bergungsmannschaft war groß, als sie feststellen mußte, daß die drei Kosmonauten tot waren, ohne eine Spur von Verletzungen aufzuweisen.

Die pathologischen Untersuchungen ergaben, daß eine plötzliche Dekompression in der Kapsel die Todesursache war. Bei der Trennung von Versorgungseinheit und Raumkapsel kurz vor dem Wiedereintritt in die Atmosphäre schloß ein kleines Ventil nicht richtig und führte zum Entweichen der Atemluft.

Es wäre nicht zur Katastrophe gekommen, hätten die Kosmonauten Raumanzüge getragen. Doch darauf hatten die Russen aus Platzgründen verzichtet, denn die Kapsel hätte sonst nur Platz für zwei Personen gehabt.

Nach diesem Unfall wurde angeordnet, daß Raumfahrer in den kritischen Momenten eines Raumfluges – Start, Kopplung, Landung – Raumanzüge tragen müssen, eine Vorschrift, die heute noch Gültigkeit hat. Erst Ende 1974, nachdem die USA ihr SKYLAB-Programm schon abgeschlossen hatten, gelang den Russen

mit SALJUT 4 ein erster Erfolg. Die SALJUT-Stationen wurden sowohl für militärische Programme (ALMAZ) als auch für wissenschaftliche Zwecke benutzt.

Eine politische, technische und wissenschaftliche Eintagsfliege blieb die 1975 durchgeführte APOLLO-SOJUS-Mission, ein von den USA und der UdSSR am grünen Tisch ausgehandeltes Gemeinschaftsunternehmen. Es sollte noch ganze 20 Jahre dauern, bis Russen und Amerikaner endlich gemeinsame Sache in der bemannten Raumfahrt machen würden.

Die APOLLO-SOJUS-Mission jedoch machte einen weiteren historischen Wendepunkt in der bemannten Raumfahrt deutlich: Sowohl die USA wie auch die UdSSR erkannten Mitte der 70er Jahre die Wichtigkeit internationaler Zusammenarbeit. So entstand das INTERKOSMOS-Programm, das befreundeten Staaten des Ostblocks die Möglichkeit gab, sich am beman-

ten Raumfahrtprogramm der UdSSR zu beteiligen. Die Amerikaner boten den Europäern mit der Entwicklung des Raumlabors SPACELAB die Mitarbeit an ihrem SPACE-SHUTTLE-Projekt an.

Stolz präsentierte die DDR im August 1978 den ersten Deutschen im Weltall: den Major der Luftwaffe Sigmund Jähn. Er durfte für eine Woche die Raumstation SALJUT 6 besuchen und führte verschiedene, vom DDR-Institut für Kosmosforschung entwickelte Experimente aus.

Fünf Jahre später durfte die Bundesrepublik nachziehen. Im November 1983 flog Ulf Merbold als erster Nichtamerikaner mit dem SPACE-SHUTTLE ins Weltall, um das neu entwickelte und in Bremen gebaute europäische Raumlabor SPACELAB zu testen. Die Zusammenarbeit gestaltete sich anfangs sehr schwierig, zu neu war die Situation für die Amerikaner, Know-how und Ingenieurwis-

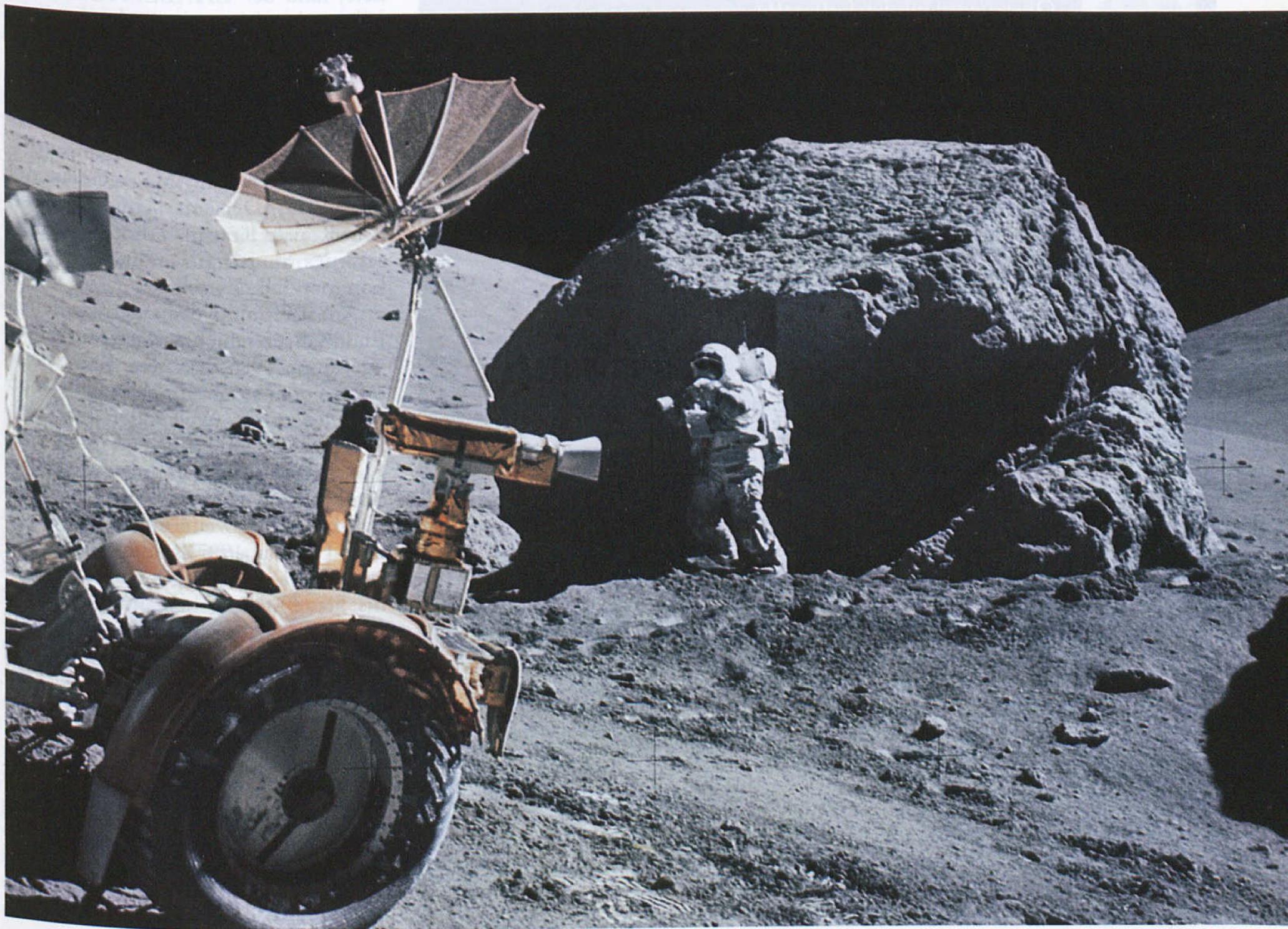


Abb.: NASA/Eugene A. Cernan



Sigmund Jähn, *Physiker, Dr. rer. nat., Generalmajor a.D.*
(Luftstreitkräfte der DDR)

26.8.-3.9.1978 SOJUS 31/SOJUS 29
Besuch der Raumstation SALJUT 6
Gesamtaufenthalt im Weltraum: 7 Tage



Ulf Merbold, *Physiker, Dr. rer. nat., Dr. habil.*

28.11.-8.12.1983 1. SPACELAB-Flug mit Shuttle COLUMBIA; 22.1.-31.1.1992 SPACELAB-Flug mit Shuttle DISCOVERY; 3.10.-4.11.1994 EUROMIR '94, Flug zur Raumstation MIR. Gesamtaufenthalt im Weltraum: 49 Tage



Ernst Messerschmid, *Physiker, Dr. rer. nat., Universitätsprofessor*

30.10.-6.11.1985 SPACELAB-Flug D-1 mit Shuttle CHALLENGER
Gesamtaufenthalt im Weltraum: 7 Tage



Reinhard Furrer, *Berufspilot, Physiker, Dr. rer. nat., Universitätsprofessor*

30.10.-6.11.1985 SPACELAB-Flug D-1 mit Shuttle CHALLENGER
Gesamtaufenthalt im Weltraum: 7 Tage



Klaus Dietrich Flade, *Diplom-Ingenieur, Testpilot, Oberstleutnant der Luftwaffe*

17.-24.3.1992 MIR '92, Flug mit SOJUS-TM 14 zur Raumstation MIR
Gesamtaufenthalt im Weltraum: 7 Tage



Ulrich Walter, *Physiker, Dr. rer. nat.*

26.4.-6.5.1993 SPACELAB-Flug D-2 mit dem Shuttle COLUMBIA
Gesamtaufenthalt im Weltraum: 9 Tage



Hans Schlegel, *Physiker*

26.4.-6.5.1993 SPACELAB-Flug D-2 mit dem Shuttle COLUMBIA
Gesamtaufenthalt im Weltraum: 9 Tage



Thomas Reiter, *Diplom-Ingenieur, Testpilot der Luftwaffe*

3.9.1995-29.2.1996 EUROMIR '95, Flug zur Raumstation MIR
Gesamtaufenthalt im Weltraum: 180 Tage, 2 Weltraumspaziergänge am 20. Sept. 1995 und am 8. Feb. 1996



Reinhold Ewald, *Physiker, Dr. rer. nat.*

10.2.-2.3.1997 MIR '97, Flug zur Raumstation MIR
Gesamtaufenthalt im Weltraum: 20 Tage



Wer wird der nächste neue deutsche Raumfahrer sein?

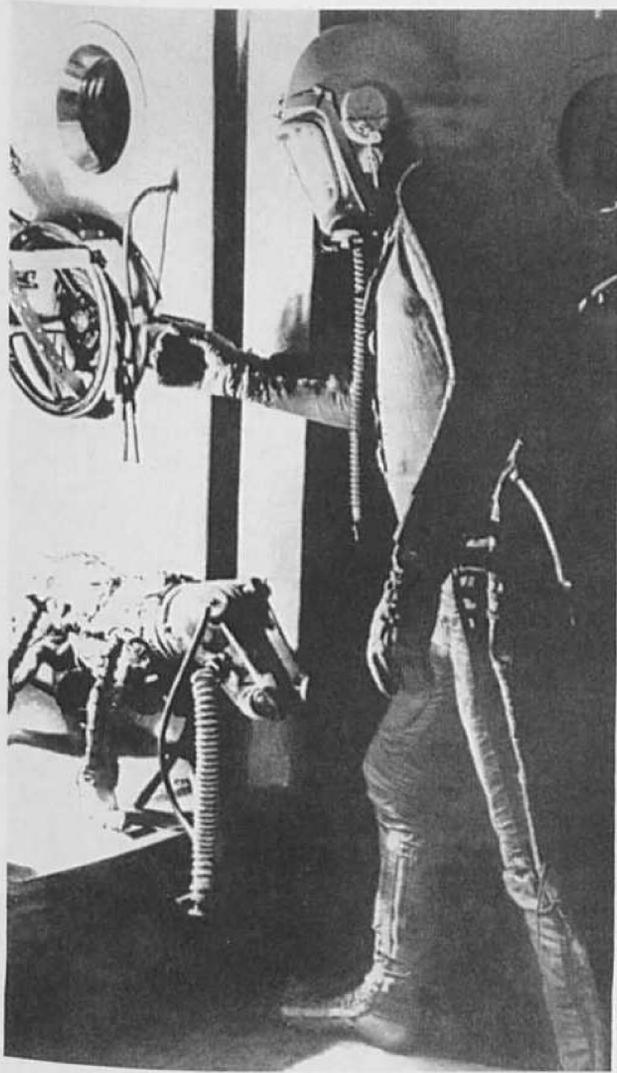
sen zu teilen und auf technischem und organisatorischem Gebiet zu kooperieren.

Der neue amerikanische Raumtransporter SPACE SHUTTLE markierte, technisch gesehen, eine neue Ära in der bemannten Raumfahrt. Über 25 Tonnen Nutzlast und bis zu acht Astronauten konnten in den Erdorbit und zurück transportiert werden. Außerdem landete der Raumtransporter wie ein Flugzeug und reduzierte die körperlichen Anforderungen an Mensch und Material erheblich. Der Raumtransporter wurde für militärische, wissenschaftliche und kommerzielle Zwecke benutzt – bis zur Katastrophe im Januar 1986.

Der Shuttle CHALLENGER explodierte eine Minute nach dem Start in der Luft, acht Astronauten kamen um. Obwohl nicht vergleichbar zum schrecklichen Nedelin-Unfall in Rußland im Jahr 1960 mit 92 Toten durch eine am Boden explodierte Trägerrakete, fand der CHALLENGER-Unfall vor den Augen der Weltöffentlichkeit statt. Zwei Jahre lang führten die Amerikaner keine Raumflüge durch. Der Unfall deckte auf dramatische Weise Mängel des Raumtransporters SPACE SHUTTLE und organisatorische Schwächen im Management der NASA auf. Der amerikanische Präsident Ronald Reagan verbot jeden Einsatz des Shuttle für militärische und kommerzielle Zwecke.

Am Tiefpunkt der amerikanischen Raumfahrtgeschichte startete die Sowjetunion 1986 ihre neue Raumstation mit dem symbolträchtigen Namen MIR (deutsch: Welt oder Frieden). Wichtigster Unterschied zu ihren Vorgängern war die modular angelegte Struktur, die eine nach und nach auszuführende Erweiterung zuließ. Seit dem Februar 1987 ist die Station bis auf eine kurze Unterbrechung 1989 bis heute ständig bemannt. Ihre Gesamtmasse hat sich von anfänglich 20 Tonnen auf etwa 135 Tonnen erhöht. Ende 1999 soll sie nach 13 Jahren Betrieb kontrolliert zum Absturz gebracht werden.

Die letzten zehn Jahre der bemannten Raumfahrt sind von einer zunehmenden Konzentrierung auf Experimente der Grundlagenforschung in der Schwerelosigkeit gekennzeichnet, besonders für die Bereiche der Material- und Lebenswissenschaften. Der



Vorbereitung von Mensch und Hund auf den kosmischen Flug.

Anfang der 70er Jahre geprägte Begriff des Wissenschaftsastronauten bekommt wachsende Bedeutung für die bemannten Raumfahrtmissionen.

Der Wissenschaftler im All muß zwei grundlegende Funktionen erfüllen: Er ist gleichzeitig Experimentator und Versuchsobjekt. Damit ist einer der gravierendsten Unterschiede zu allen anderen Bereichen der Grundlagenforschung markiert.

Wie kaum ein anderes Gebiet der Forschung werden gerade in Deutschland Sinn und Zweck der bemannten Raumfahrt unter dem Kosten-Nutzen-Aspekt diskutiert. Sicher würden sich nur wenige Politiker trauen, Experimente beim CERN ernsthaft in Frage zu stellen. Wie soll man beispielsweise die von theoretischen Physikern konstatierte wissenschaftliche Bedeutung des Nachweises des „Higgs-Teilchens“ und seine Bedeutung für unsere Gesellschaft widerlegen?

Ein Höhepunkt der Diskussionen war 1990 die Entschließung der *Deutschen Physikalischen Gesellschaft* (DPG) gegen die Verwendung von Bundesmitteln für Forschungsprojekte der bemannten Raumfahrt, ein bis dahin einmaliger, aber sehr ernst zu nehmender Vorgang. Es gab auch Pro-

NEUE AUSSTELLUNG ÜBER BEMANNTE RAUMFAHRT IM DEUTSCHEN MUSEUM

Der „Wettlauf zwischen den USA und der UdSSR“ und „Deutsche Forscher im Weltraum“ sind zwei neue Themenbereiche in der Abteilung Raumfahrt im Deutschen Museum. In einer spannenden Gegenüberstellung wird mit einer illustrierten Timeline die Entwicklung der bemannten Raumfahrt und der erbitterte Wettlauf um die Vorherrschaft im Weltraum zwischen den Supermächten UdSSR und USA dargestellt. Der Besucher erfährt, daß nicht nur die Amerikaner Menschen zum Mond schickten, sondern auch die Russen konkrete Pläne für eine Mondmission hatten.

Die Raumfahrer entwickelten sich von hochspezialisierten Testpiloten zu interdisziplinär arbeitenden Wissenschaftsastronauten. Die-

sen ist der zweite Ausstellungsteil mit Schwerpunkt auf den deutschen Aktivitäten gewidmet. Viele Objekte geben dem Besucher einen Eindruck von der faszinierenden Arbeitswelt des Wissenschaftsastronauten.

Die berühmte ostdeutsche Fernerkundungskamera MKF6 der Firma ZEISS, Experimente des ersten Raumfluges von Sigmund Jähn, Versuche aus den deutschen SPACELAB-Missionen – darunter der ROTEX-Robotarm – sind nur einige der zahlreichen Exponate. „Highlights“ sind die sechs Druck- und Raumanzüge, die in einer eigens konstruierten Spezialvitrine ausgestellt sind.

Die neuen Themenbereiche sollen Ende 1998 fertiggestellt sein.

jekte, die versuchten, die bemannte Raumfahrt nicht nur unter dem wissenschaftlichen Blickpunkt, sondern auch unter Bezug auf ihre politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Aspekte zu bewerten – beispielsweise SAPHIR, ein vom Bundesforschungsministerium unterstütztes Projekt zur Technikfolgenabschätzung am Beispiel der bemannten Raumfahrt in Deutschland.

Wichtigste Ereignisse der bemannten Raumfahrt in Deutschland waren ohne Zweifel die beiden SPACELAB-Missionen D1 (1985) und D2 (1993) unter Regie des DLR, des *Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt*, mit eindrucksvollen wissenschaftlichen Ergebnissen. Obwohl von den amerikanischen Partnern viel Lob über die Effizienz der Missionen zu hören war, gehören nationale Alleingänge heute der Vergangenheit an. So setzt auch Deutschland in Zukunft auf die Mitarbeit an internationalen Programmen und beteiligt sich über die ESA weiterhin an der Entwicklung bemannter Raumfahrtprojekte.

Die alten Gegner im Weltraum, Russen und Amerikaner, haben, beschleunigt durch die Wende im Osten, zueinander gefunden. Endlich macht man das, was man schon vor 20 Jahren hätte tun sollen: In Kooperation mit den kleineren Partnerländern wird ei-

ne internationale, gemeinsam betriebene Forschungsplattform im Weltraum errichtet. Wirtschaftliches Eigeninteresse wird aber auch in der neuen Raumstation die Zusammenarbeit einschränken, und die Juristen weisen schon jetzt auf patent- und weltraumrechtliche Probleme hin.

Trotz aller neuen und alten Probleme kann man sagen: 37 Jahre nach dem ersten Flug von Juri Gagarin stehen die Zeichen für die bemannte Raumfahrt und die Arbeit der Forscher im All nicht schlecht. □

HINWEISE ZUM WEITERLESEN

- Douglas R. Lord*: Spacelab / An International Success Story, 1987.
Harro Zimmer: Der Rote Orbit / Glanz und Elend der russischen Raumfahrt, 1996.
DLR (Hrsg.): Scientific Results of the German Spacelab Mission, 1995.

DER AUTOR

Matthias Knopp, geboren 1955, Dr. rer. nat., studierte Physik in Bonn. Nach Forschungstätigkeiten in Straßburg, Bonn, Köln und München kam er 1990 als zuständiger Konservator der Abteilung Raumfahrt ins Deutsche Museum. Seit Mitte 1995 baut er das Online-Informationssystem des Museums auf.



Röntgensatelliten sehen einen anderen Himmel. Die beiden Bilder zeigen denselben Himmelsausschnitt mit dem Sternbild Orion (links über der Bildmitte) mit einer dem menschlichen Auge entsprechenden Optik, rechts mit den Sensoren von ROSAT. Der Vergleich zeigt: Optisch unscheinbare Sterne emittieren eine starke Röntgenstrahlung. Lediglich der Mond, im linken Bild die dominierende Lichtquelle, ist auf dem rechten Foto „mangels Röntgenstrahlung“ fast völlig verschwunden. Das erste abbildende Röntgenteleskop ROSAT „sieht“ von Sonne, Mond und Sternen in nächster Umgebung bis hin zu Quasaren in kosmischen Entfernungen.

STERNSTUNDEN DER ASTRONOMIE

Aspekte der extraterrestrischen Grundlagenforschung

VON HANS-JOACHIM BLOME

Astronomie und mit ihr die Weltraumforschung haben ihre Wurzeln in dem Bestreben, die Stellung des Menschen in der räumlichen Weite und dem zeitlichen Horizont der Geschichte der Natur zu begründen. Die Erforschung ist mit der Hoffnung verbunden, aus einem besseren Verständnis von Ursprung, Aufbau und Entwicklung des Kosmos zugleich Informationen über die Herkunft, Bedeutung und Zukunft unserer Existenz zu erhalten.

Die Forschungen der Astronomie und die Ziele der Weltraummissionen, insbesondere zur Erkundung des Sonnensystems, orientieren sich an Grundfragen nach den kosmischen Vorbedingungen unserer Existenz:

- Wie ist das Universum entstanden?
- Wie bildeten sich Galaxien, Sterne und Planeten?
- Woraus besteht die nicht leuchtende Dunkle Materie im Kosmos?
- Welche Rolle spielt die Schwerkraft für Struktur und Dynamik des Kosmos?

- Wie entwickelte sich das Sonnensystem?
 - Wie kommen wir zu einem angemessenen Verständnis des Planeten Erde – unseres Lebensraums?
 - Gibt es Leben auf anderen Planeten außerhalb unseres Sonnensystems?
- Bei dem Versuch, eine Antwort auf diese Fragen zu finden, erweitert die Weltraumforschung einerseits unser Wissen und öffnet andererseits neue Horizonte für das Selbstverständnis des Menschen; sie trägt damit zum Wachstum und zum Erhalt der wis-

Fotos: MPE/DLR (DARA)

senschaftlichen und technischen Kompetenz bei.

Die Raumfahrt zielte ursprünglich von der Erde weg in den Weltraum zu den Planeten unseres Sonnensystems. Ihre Motivation liegt in dem Impuls des Menschen begründet, den Raum jenseits seiner aktuell erfahrbaren Existenz zu erforschen. Ohne die mit der Raketentechnik möglich gewordene Verwirklichung der Träume von Leonardo da Vinci (1452-1519), Cyrano de Bergerac (1619-1655) oder Jules Verne (1828-1905) wären unsere Informationen über den Kosmos immer auf den sichtbaren Bereich zwischen 400 und 800 Nanometer und auf die Radiostrahlung zwischen einem Millimeter und 30 Metern Wellenlänge beschränkt geblieben, denn die Erforschung des Universums wird irdischen Beobachtern durch Atmosphäre und Ionosphäre erschwert.

DER KOSMOS ALS LABOR

Raumfahrt und Weltraumtechnik haben in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts der extraterrestrischen Grundlagenforschung und ihren Teildisziplinen Astronomie und Planetologie neue und erheblich erweiterte Forschungsmöglichkeiten eröffnet.

Die Naherkundung fast aller Planeten, mit Ausnahme des Pluto und der *In-situ*-Messungen bei Venus, Mars, Jupiter und dem Halleyschen Kometen, ermöglichten die Anwendung geowissenschaftlicher Untersuchungsmethoden. Der Erdmond war im Zeitraum 1969-1972 das Ziel von Expeditionen im Rahmen des amerikanischen APOLLO-Programms der NASA (*National Aeronautics and Space Administration*).

Heute steht den Astronomen, erdgebunden und vom Weltraum aus, eine Vielfalt von Teleskopen und Detektoren zur Verfügung, mit denen sie die Strahlung der Himmelskörper im gesamten Spektrum der elektromagnetischen Wellen – von der Radiofrequenzstrahlung über den infraroten, den optischen und den ultravioletten Bereich bis zu den hochenergetischen Röntgen- und Gammastrahlen – erforschen können (siehe das obere Bild auf Seite 22).

Weitere Informationen über das Universum beziehen wir aus den

hochenergetischen Partikeln der kosmischen Strahlung und aus der Erforschung von Meteoriten. Daneben versucht man auch Neutrinos zu registrieren, die aus dem Zentrum der Sonne kommen oder bei Supernovae-Detonationen in ungeheurer Zahl in den Weltraum entweichen.

Das letzte noch verschlossene Fenster sind die Gravitationswellen. Wenn es geöffnet sein wird, wird der Einblick in die energiereichsten Vorgänge im Kosmos möglich sein. Gravitations- oder Schwerkraftwellen entstehen besonders intensiv bei der schnellen Bewegung großer Massen in Raumbereichen, die in der Größenordnung des Gravitationsradius liegen, zum Beispiel beim Kollaps eines Sterns zum überdichten Neutronenstern oder zum schwarzen Loch.

Die Gravitationswellenastronomie wird uns vermutlich auch Informationen über die erste Nanosekunde des Kosmos liefern. Der Nachweis von Gravitationswellen ist mit einem Laser-Interferometer, bestehend aus drei Satelliten in einer heliozentrischen Umlaufbahn, um das Jahr 2010 geplant. Die Mission LISA (*Laser Interferometer in Space*) soll gemeinsam von der *European Space Agency* (ESA) und der NASA durchgeführt werden.

Die extraterrestrische Grundlagenforschung ist aber nicht nur „Naturforschung“ im Sinne der Erkenntnis und Entdeckung der Phänomene im Kosmos, sondern sie hat immer wieder Impulse für Denkansätze in anderen Disziplinen gegeben. So wurde die Entwicklung der Newtonschen Mechanik wesentlich durch astronomische Beobachtungen angeregt. Die Erforschung der kosmischen Korpuskelstrahlung hat auf die Elementarteilchenphysik ausgestrahlt und damit auf unsere Vorstellungen von der Materie. Für die Interpretation der Sternspektren hat später vor allem die Physik der Atomhüllen, beschrieben durch die Quantenmechanik, als Grundlage gedient. Um den Aufbau und die Entwicklung der Sterne zu verstehen, waren Erkenntnisse der Kernphysik und der Elementarteilchenphysik nötig.

Umgekehrt wäre moderne Astrophysik ohne Atom- und Molekularphysik, ohne Plasma-, Kern-, Elementarteilchen- und Gravitationsphysik, ohne Gas- und Magnetohydrodynamik nicht denkbar. Beispielsweise ist

die Struktur der Sonne nur aus einem Zusammenwirken von Atom-, Kern- und Plasmaphysik sowie Gas- und Hydrodynamik zu verstehen.

Astronomie und Planetologie sind auf den Kosmos angewandte Physik. Das „kosmische Labor“ bietet aber auch zahlreiche Möglichkeiten, das Verhalten der subatomaren Materie oder von ionisierten Gasen unter Extrembedingungen zu studieren, wie sie auf der Erde nicht realisiert werden können. Konvektionszone und Atmosphäre der Sonne, das interplanetare Medium und die Magnetosphären der Planeten stellen „Großlaboratorien“ dar, deren räumliche Ausdehnung und deren extreme physikalische Zustände im Experiment auf der Erde nicht reproduziert werden können.

Das Verständnis der frühen Entwicklungsphasen des Kosmos, seiner Struktur und Zusammensetzung ist eng mit der Physik der Elementarteilchen verknüpft. Sie ist notwendig, um die extremen Materiezustände im frühen Kosmos verstehen zu können, umgekehrt gehen aus kosmologischen Beobachtungen Impulse für die Theorie der Elementarteilchen und ihrer Wechselwirkungen aus.

Darum werden neue, weiterreichende astrophysikalische Beobachtungen in allen Wellenlängenbereichen voraussichtlich nicht nur ihrem Hauptziel, der Erforschung des physikalischen Zustandes und der Evolution der Körper des Weltalls, dienen, sondern auch zur Aufklärung von Grundeigenschaften der Materie beitragen.

WELTRAUM-ASTRONOMIE: DAS AUGEN IM ALL

Die Idee, ein Teleskop jenseits der Atmosphäre im Weltraum zu stationieren, hatte schon Heinrich Oberth im Jahr 1923. Obwohl bereits 1946 und 1948 von Raketen aus die Ultraviolett- und Röntgenstrahlung der Sonne beobachtet wurde, begann die eigentliche Weltraum-Astronomie erst in den 60er Jahren. Seitdem haben satellitengetragene Teleskope einen Himmel entschleiert, der sicher jenseits der Vorstellungskraft von Galilei lag, der um 1610 mit der teleskopischen Erkundung des Himmels begann.

Der Verlauf der Forschungsaktivitäten in den einzelnen Gebieten der

WIE DEUTSCHLAND IN DIE WELTRAUMFORSCHUNG EINGEBUNDEN IST

Die wissenschaftlichen Ziele aller extraterrestrischen Forschung werden langfristig in nationalen und internationalen Gremien abgestimmt. Das Engagement Deutschlands findet vornehmlich im Rahmen des Wissenschaftsprogramms der ESA statt oder in bilateralen Kooperationen, zum Beispiel mit der NASA.

Zum laufenden ESA-Wissenschaftsprogramm HORIZONT 2000 trägt Deutschland einen Anteil von 25 Prozent bei. Mit diesen Mitteln finanziert die ESA Entwicklung, Bau, Start und Betrieb von Satelliten, während die jeweiligen Experimente aus den nationalen Programmen der Teilnehmerstaaten bereitgestellt werden.

ESA-Missionen, mit denen die Wissenschaftler und die Industrie Europas im Rahmen der weltweiten Weltraumforschung eine Spitzenposition einnehmen konnten, sind:

- die Sonde GIOTTO, benannt nach dem italienischen Maler Giotto di Bondone (um 1266-1337), zur Erforschung des Halleyschen Kometen;
- HIPPARCOS (*High Precision Parallax Collecting Satellite*) mit astrometrischen Aufgaben;
- ISO (*Infrared Space Observatory*) zur Informationsgewinnung im Infrarotbereich;
- CASSINI, eine Raumsonde, die 1997 zum Saturn startete und nach dem Astronomen Giovanni Domenico Cassini (1625-1712) benannt wurde;
- die noch andauernde Mission SOHO (Sonnenobservatorium) des Plans HORIZONT 2000.

Zu den zukünftigen Missionen zählen: CLUSTER für die Erforschung solar-terrestrischer Beziehungen (Start im Jahr 2000), das bislang größte Röntgenteleskop XMM (Start im Jahr 2000; siehe dazu auch das Interview mit Joachim Trümper ab Seite 38), seine Entsprechung im Bereich der Infrarotstrahlung FIRST (Start im Jahr 2007) und das Gamma-Astronomie-Observatorium INTEGRAL (*International Gamma Ray Astrophysics Laboratory*, Start 2001).

Im Jahr 2003 wird die Raumsonde ROSETTA zum Kometen Wirtanen starten, bei dem sie im Jahr 2011 ankommen soll. Erstmals wird dann eine Landesonde auf einem Kometen niederge-

hen. Wissenschaftler auf der Erde – heute noch 600 Millionen Kilometer von diesem Ereignis entfernt – können dann das Entstehen des Kometenschweifs „hautnah“ miterleben.

Im Rahmen des Programms HORIZONT 2000+ sind eine Raumsonde zum Merkur geplant, eine Interferometrie-Mission für die Astrometrie oder Infrarot-Astronomie, mit der Planeten außerhalb des Sonnensystems entdeckt werden sollen, und der aus drei Satelliten bestehende Laser-Interferometer LISA zum Nachweis von Gravitationswellen.

Deutschland hat wichtige und eigenständige Beiträge in der Weltraumforschung geleistet:

- Die Sonnensonden HELIOS A und B erforschten zum ersten Mal die nähere Umgebung der Sonne.
- Die Kamera auf der ESA-Sonde GIOTTO hat als erste einen Kometenkern aus der Nähe fotografiert.
- Mit dem Röntgensatelliten ROSAT gelang die erste Kartierung des Himmels im Röntgenbereich mit einem abbildenden Teleskop (siehe das Interview mit Joachim Trümper ab Seite 38 und Bilder aus der Technikgeschichte, Seite 44/45).
- Auf dem Observatorium CGRO (*Compton Gamma Ray Observatory*) beobachtete das COMPTEL-Teleskop die „weiche“ Gammastrahlung.
- In letzter Zeit untersuchte der wiederverwendbare ASTRO-SPAS (*Astronomy Shuttle Pallet Satellite*) mit dem Ultraviolett-spektrometer ORFEUS die extrem heißen Regionen der Sternentstehung.
- Die zweite ASTRO-SPAS-Mission mit ihren kryogen gekühlten Infrarotspektrometern und Teleskopen, CRISTA (*Cryogenic Infrared Spectrometers and Telescopes for the Atmosphere*), diente der Erforschung kleinräumiger Strukturen der mittleren und oberen Atmosphäre.
- Die amerikanisch-deutsche Jupitermission GALILEO brachte neue Erkenntnisse über die Jupiteratmosphäre und die Jupitermonde und beobachtete den Einschlag des Kometen Shoemaker-Levy.

Das Ziel des deutschen Weltraumprogramms im Bereich der extraterrestrischen Forschung bleibt – trotz der angespannten Finanzlage –, die erreichte Spitzenstellung auf diesem Gebiet der Grundlagenforschung zu halten.

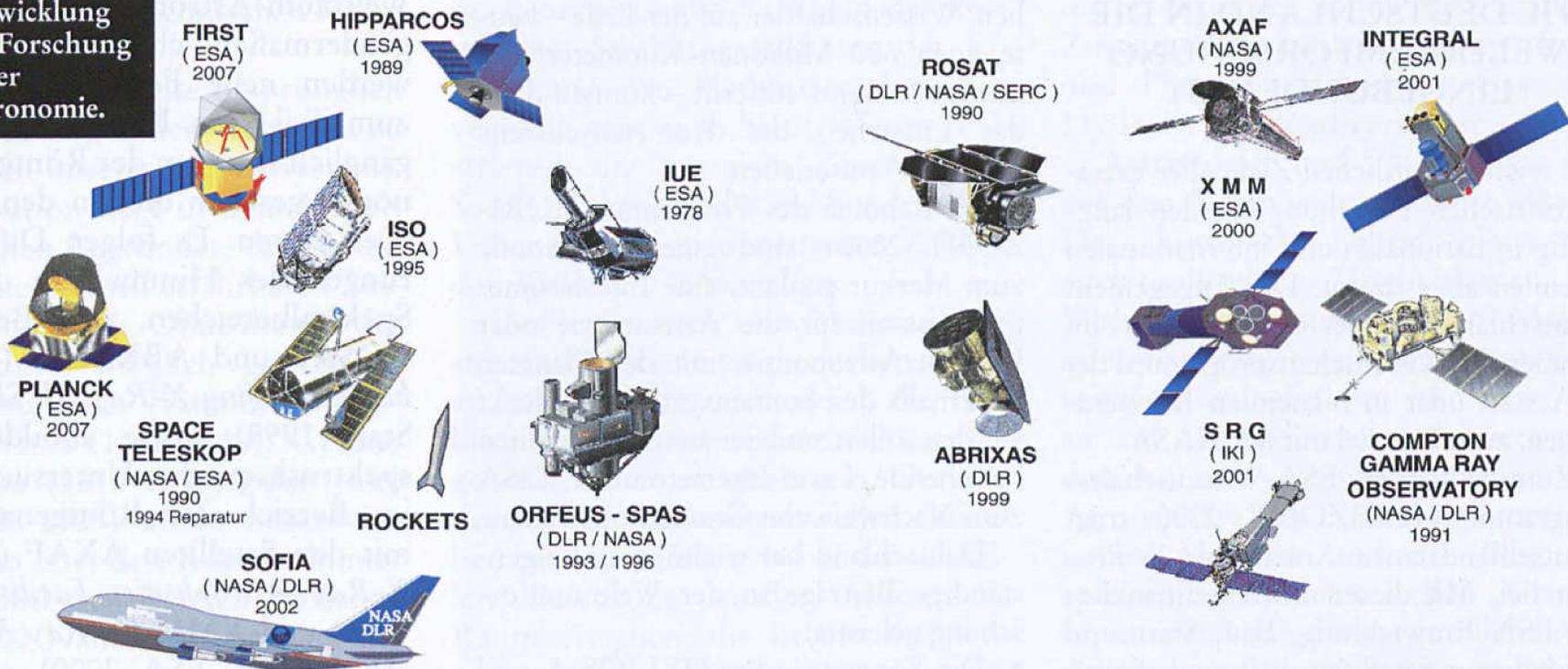
Weltraum-Astronomie läßt sich folgendermaßen charakterisieren: Erst werden neue Fenster geöffnet, die zum Teil vom Boden aus nicht zugänglich sind – in der Röntgen-Astronomie geschah dies in den 60er und 70er Jahren. Es folgen Durchmusterungen des Himmels in den neuen Spektralbereichen, zum Beispiel mit ROSAT und ABRIXAS (*A Broadband Imaging X-Ray All Sky Survey*, Start 1999) sowie abbildende und spektroskopische Untersuchungen – im Bereich der Röntgenastronomie mit den Satelliten AXAF (*Advanced X-Ray Astrophysics Facility*, NASA 1999) und XMM (*X-Ray Multi-Mirror Mission*, ESA 2000) – mit dem Ziel, möglichst alle Bereiche des elektromagnetischen Spektrums von kosmischen Objekten zu erfassen.

Verschiedene Spektralbereiche offenbaren komplementäre Einsichten in die kosmischen Objekte. Es ist diese „Multifrequenz-Astronomie“, die unser heutiges Verständnis der astrophysikalischen Vorgänge prägt. Zusammen mit dem Fortschritt der Rechenleistung von Computern und den Methoden der experimentellen Mathematik ist unser theoretisches Verständnis des Kosmos gewachsen. Es gelang der Astrophysik, in die energetischen Strukturen, hinter die strahlenden Fassaden zu schauen.

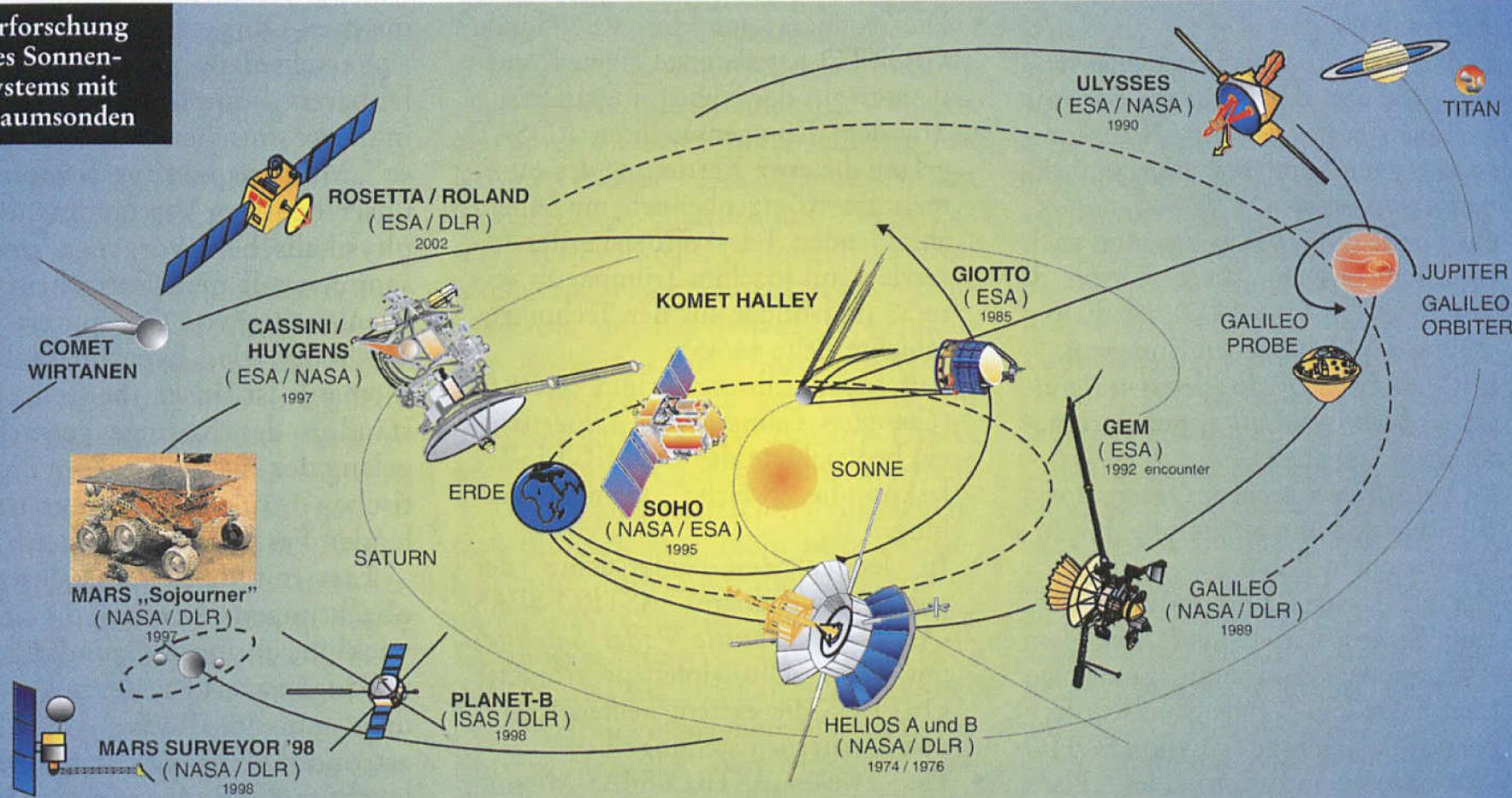
Erst mit den multispektralen Beobachtungen konnte die Sternentwicklung in ihren Grundzügen nachvollzogen werden, deren Anfangsstadien nur der Radio- und Infrarot-astronomie zugänglich sind. Dagegen leuchten die Endphasen der Sterne als Radio-, Röntgen- oder Gammaquellen. Im überwiegenden Teil ihrer Lebenszeit sind Sterne hauptsächlich sichtbar im optischen Licht.

Die Hochenergie-Astrophysik hat kosmische Phänomene entdeckt, die mit den größten bisher beobachteten Energieumsetzungen verbunden sind, meist begleitet von starken Gravitationsfeldern, wie sie nur in der Umgebung sehr kompakter Objekte, zum Beispiel von Schwarzen Löchern, vorkommen. Mit Röntgenaugen betrachtet, gleicht der Sternenhimmel einem dynamischen und hochenergetischen Silvesterfeuerwerk, und manch bekanntes Sternbild würde man mit Röntgenaugen ganz anders wahrnehmen (siehe die Seiten 18/19).

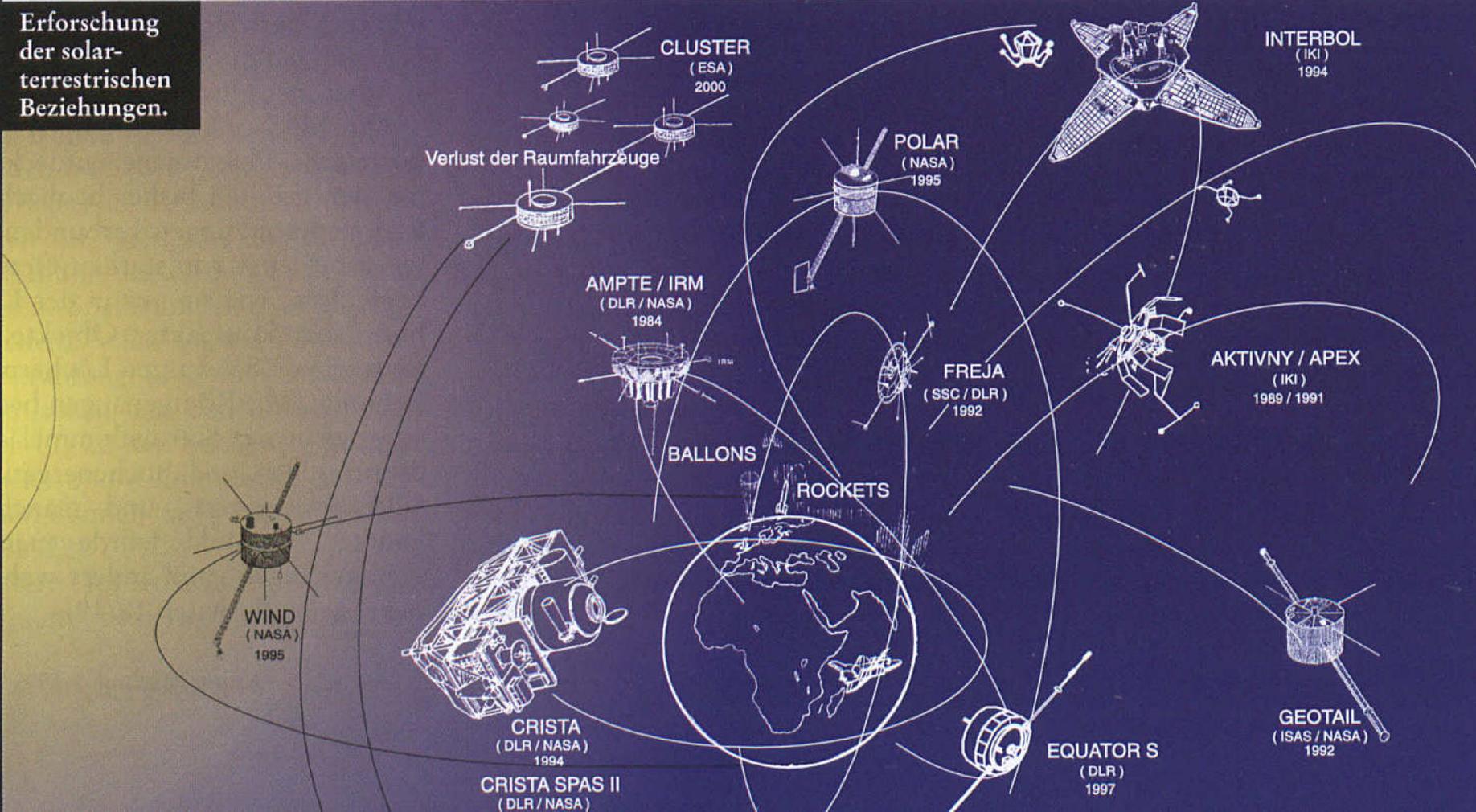
Entwicklung der Forschung in der Astronomie.



Erforschung des Sonnensystems mit Raumsonden



Erforschung der solar-terrestrischen Beziehungen.



Den Gegenpol zum heißen Himmel der Röntgen- und Gamma-Astronomie bildet der kalte Infrarothimmel. Das generelle Interesse am Infrarotbereich rührt daher, daß man hier erstens tief in die Vergangenheit schauen kann, um dort nach den entferntesten, in der Entstehungsphase befindlichen Galaxien zu suchen. Zweitens ist es nur im Infrarotbereich möglich, ins Innere von Staubwolken zu blicken, in denen neue Sterne entstehen, oder ins Zentrum der Milchstraße, wo ein Schwarzes Loch, verschleiert von kühlen Staubwolken, vermutet wird.

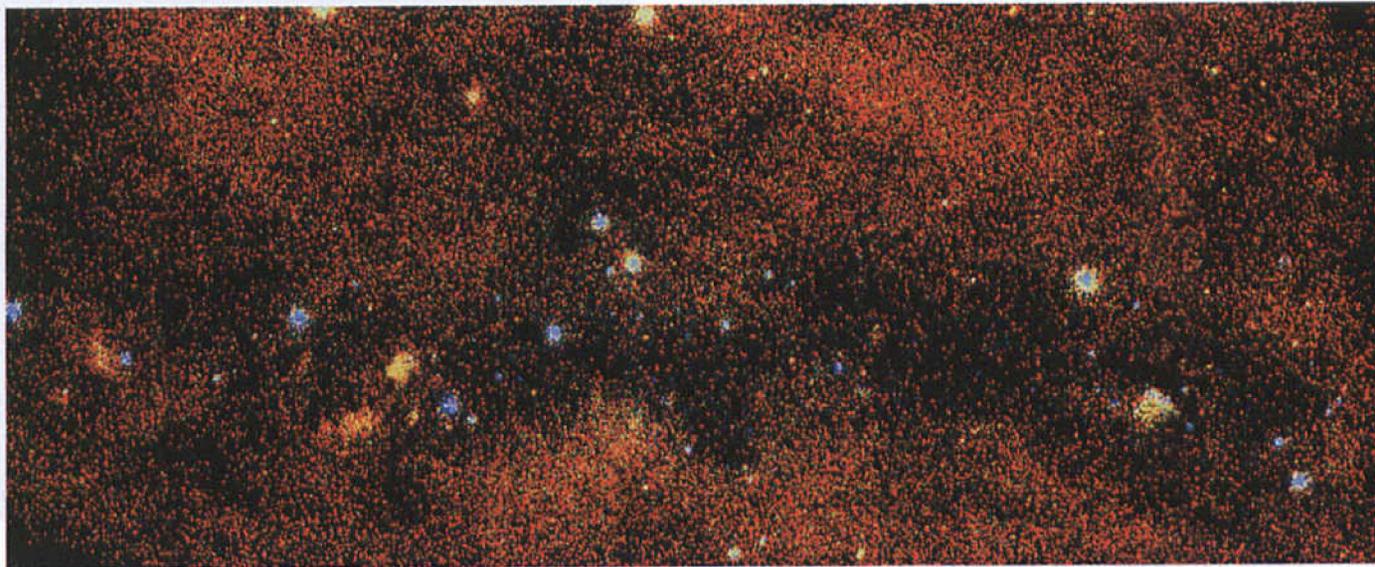
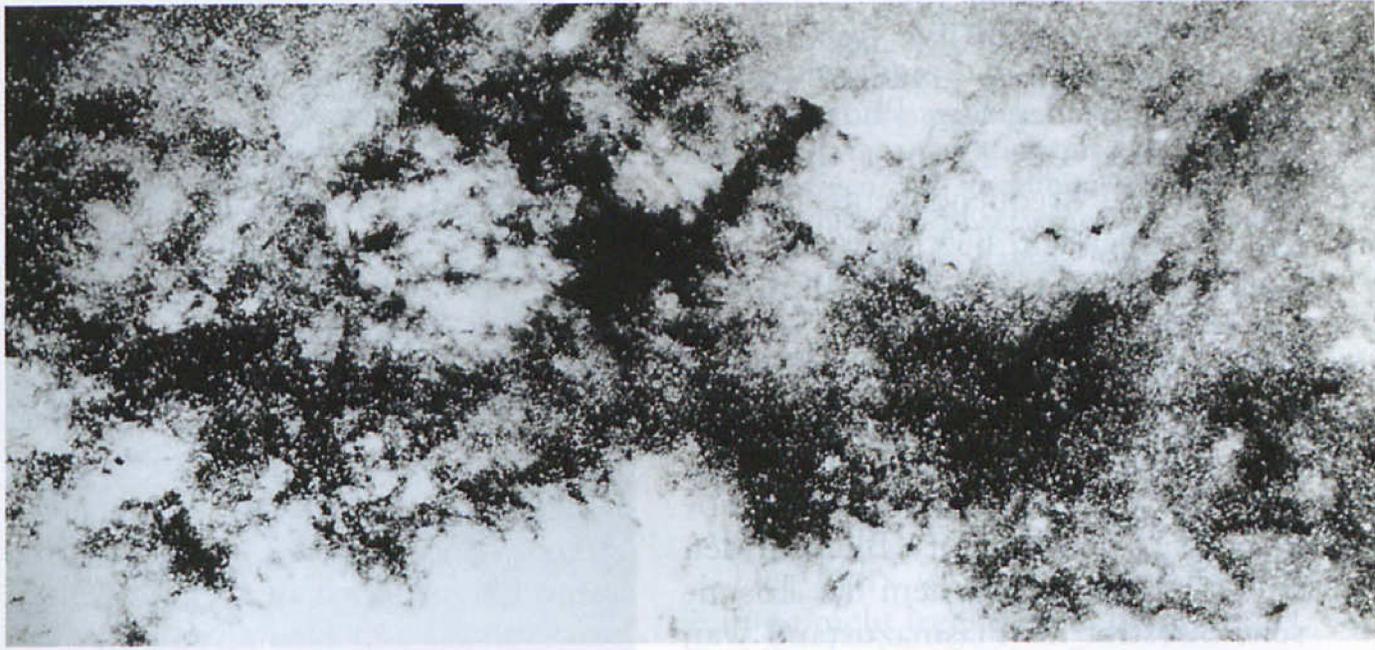
Weitere Zielobjekte sind Planeten außerhalb unseres Sonnensystems, deren spektrale Signaturen im infraroten Licht auf lebensfreundliche Welten hindeuten können, und Braune Zwerge, die ihre Energie wegen einer zu geringen Temperatur nicht aus Kernfusion gewinnen und möglicherweise einen großen Teil der dunklen Materie in Galaxien ausmachen.

Das Nachfolgeprojekt des Hubble-Weltraumteleskops, das NGST (*Next Generation Space Telescope*), dessen Start für das Jahr 2007 vorgesehen ist, wird für infrarotes Licht optimiert. Damit wird es möglich, Galaxien zu sehen, von denen gar keine optische Strahlung mehr zur Erde gelangen kann, weil die mit dem Doppler-Effekt beschriebene „Rotverschiebung“ des Lichtes aufgrund der Expansion des Weltraums um so größer ist, je weiter entfernt von der Erde sich eine Galaxie befindet.

DAS TELESKOP ALS ZEITMASCHINE

Nicht nur in Bereiche jenseits der Farben des Regenbogens – das heißt des visuell sichtbaren Teils des elektromagnetischen Spektrums – hat die Weltraum-Astronomie uns geführt, sondern auch weit zurück in die Vergangenheit unserer kosmischen Geschichte.

Wenn wir in der Nacht zu den Sternen schauen, denken wir nicht daran, daß wegen der endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts der Blick in die Weite des Weltraums zugleich ein Blick in die Vergangenheit ist. Eines der entferntesten Objekte, das wir gerade andeutungsweise mit dem bloßen Auge sehen können, die



Das Milchstraßen-Zentrum im optischen (oben) und im Röntgen-Bereich. Im optischen Bereich wird der Blick in das Zentrum durch Staubwolken getrübt. Mit ROSAT wird die Röntgen- und die Strahlung diskreter Quellen aus der zentrumsnahen Region sichtbar.

Andromeda-Galaxie, ist 2,25 Millionen Lichtjahre von uns entfernt.

Als „Zeitmaschine“ blickt das Weltraumteleskop HUBBLE (HST, *Hubble Space Telescope*) in weite Entfernungen und zugleich zurück in die Frühzeit der Weltgeschichte. Es zeigt Sternsysteme, deren Licht vor zwölf Milliarden Jahren ausgesandt wurde, zu einer Zeit, als der Weltraum ein Fünftel seiner jetzigen Größe hatte.

Das HST kann schwächere Objekte erfassen und bis zu zehnmal besser auflösen, als dies derzeit vom Boden aus möglich ist. Es ist so empfindlich, daß es Sterne bis zur 29. Größenklasse wahrnehmen kann – das heißt, es kann eine Kerze noch in Mondabstand registrieren –, und es hat eine Auflösung, mit der es die Rücklichter eines Autos aus 20.000 Kilometer Entfernung unterscheiden könnte.

Bis heute ist der genaue Wert der Expansionsrate des Weltraums – die sogenannte Hubble-Konstante – umstritten, weil keine Einigkeit über die extragalaktische Entfernungsskala besteht. Beobachtungen des HST favori-

sieren eine Expansionsrate, die sich so ausdrücken läßt: Zwei Galaxien, die eine Million Lichtjahre voneinander entfernt sind, bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von 23 Kilometern pro Sekunde voneinander weg.

Verfolgt man die Expansion rückwärts in der Zeit, findet man, daß sich das Universum zu Anfang in einem extrem dichten und heißen Zustand befunden haben muß. Atome oder Atomkerne waren aufgelöst in ihre Bestandteile. Die kosmische Materie war ein sich rasant und nahezu homogen ausdehnendes Gemisch von Elementarteilchen unterschiedlichster Art.

Diese Anfangssituation wird als heißer „Urknall“ bezeichnet. Die Ausdehnung des Weltraums bewirkte aber eine schnelle Abkühlung. Etwa 300.000 Jahre lang blieben Materie und Licht so heiß, daß sich Atomkerne und Elektronen nicht zu Atomen verbinden konnten. Bei einer Temperatur von etwa 3.000 Grad wurden die Elektronen von den leichten Atomkernen eingefangen, und elektromagnetische Strahlung und Materie beendeten ihre

gemeinsame Geschichte. Noch heute ist der Kosmos von diesen elektromagnetischen Wellen oder Photonen aus der Frühzeit des Kosmos durchflutet. Da ihre Frequenz heute im Mikrowellenbereich liegt, spricht man auch von der kosmischen Mikrowellen-Hintergrundstrahlung.

Der Blick unserer Teleskope endet dort, wo er die frühe Epoche der Entkopplung von Materie und Strahlung, die sogenannte „kosmische Photosphäre“, berührt. Der Blick in den frühen Weltraum, in dem das kosmische Substrat im Plasmazustand war, ist durch diese kosmische Photosphäre ähnlich versperrt wie der Blick zum blauen Himmel durch die Unterseite von Wasserdampfwolken.

Zwischen dieser durch die Hintergrundstrahlung gegebenen Photonenbarriere – eine Art kosmische Nebelwand – und unserem augenblicklichen Sichthorizont, der durch die Reichweite der Weltraumteleskope und erdgebundenen Fernrohre gegeben ist, liegt eine derzeit noch nicht erschlossene *terra incognita*. Die Weltraum-Astronomie im nächsten Jahrhundert wird versuchen, in diesem Raum-Zeit Gebiet ihre Zielobjekte zu suchen, insbesondere in der Entstehung befindliche Galaxien.

Die Beobachtung der Mikrowellen-Hintergrundstrahlung, zum Beispiel durch den NASA-Satelliten COBE (*Cosmic Background Explorer*, Start 1989), läßt uns weit zurück in die Vergangenheit sehen, in eine Zeit, lange bevor sich die ersten Quasare und Galaxien bildeten, bevor die Photonen zum letztenmal von Elektronen gestreut wurden. Die kosmische Hintergrundstrahlung entspricht einer thermischen Strahlung von 2,7 Kelvin. Vorhergesagt wurde sie vor 50 Jahren, als George Gamov (1904-1968) 1948 eine kurze Notiz mit der Hypothese des heißen Urknalls publizierte.

Der Urknall war vermutlich nicht perfekt homogen und isotrop. Ohne geringfügige Inhomogenitäten am Anfang gäbe es heute keine Galaxien und Sterne. Die primordialen Fluktuationen haben ihre „Fußspuren“ in der elektromagnetischen Strahlung hinterlassen und sind in der Mikrowellen-Hintergrundstrahlung gleichsam konserviert. Um die theoretischen Überlegungen zu überprüfen, sollen die PLANCK-Mission der ESA (geplan-

ter Start etwa 2007) und die NASA-Mission MAP (*Microwave Anisotropy Probe*, Start etwa 2003), die bereits durch COBE nachgewiesenen Inhomogenitäten der Hintergrundstrahlung genauer untersuchen, um bislang nur theoretische Rückschlüsse auf die Quantennatur des „Urknalls“ und den Ursprung der Galaxien zu überprüfen.

Die Beobachtung von Quantenschwankungen in der Mikrowellen-Hintergrundstrahlung, die Bestimmung der primordialen Häufigkeiten von Helium und Deuterium, die Anzahl der Photonen der Hintergrundstrahlung und, in Zukunft, von Gravitationswellen aus der ersten Nanosekunde nach dem Urknall, der Nachweis der im frühen Kosmos zahlreich entstandenen Neutrinos: All das sind heute „Leitfossilien“ der astronomischen Forschung. Sie sind wesentliche Relikte zur Aufdeckung unserer kosmischen Frühgeschichte. Die Paläontologie untersucht irdische Fossilien, die bis zu drei Milliarden Jahre alt sein können. Die extragalaktische Astronomie versucht, Ereignisse zu verstehen, die bis zu 15-20 Milliarden Jahre in der Vergangenheit zurückliegen.

ERKUNDUNG DER PLANETEN UND ERFORSCHUNG DER SONNE

Die Vision der theoretischen Astrophysik ist, so Albert Einstein (1879-1955), die „begriffliche Rekonstruktion“ der Geschichte des Kosmos im Licht der Naturgesetze, gestützt auf Beobachtungen mit bodengebundenen und satellitengetragenen Teleskopen, die zurückreichen bis an den Rand der Zeit des expandierenden Weltraumes.

Diese Leitidee wurde näherungsweise schon von Immanuel Kant (1724-1804) formuliert: „Den Zusammenhang gewisser jetziger Beschaffenheiten der Naturdinge mit ihren Ursachen in der älteren Zeit nach Wirkungsgesetzen, die wir nicht erdichten, sondern aus den Kräften der Natur, wie sie sich uns jetzt darbietet, ableiten, nur bloß so weit zurück verfolgen, als es die Analogie erlaubt, das wäre Naturgeschichte“ ... die Aufgabe des „Archäologen der Natur“. Im Gegensatz zu Sternen und Gala-

xien können wir unsere kosmische Nachbarschaft, die Sonne und die sie umgebenden Planeten, direkt in Augenschein nehmen. Bei planetarischen Erkundungsmissionen gibt es, je nach Zielobjekt und Aufgabenstellung, drei Kategorien:

- In der ersten Stufe sind bis heute alle Planeten, mit Ausnahme von Pluto, durch Raumsonden auf einem Vorbeiflug erkundet worden.
- In einer zweiten Stufe erfolgt die Erforschung *in situ* durch Raumsonden und Landegeräte – so etwa 1997 beim Mars mit PATHFINDER und dem Marsrover SOJOURNER – oder durch Sonden, die in die Atmosphäre eindringen, wie es bei der Jupitermission GALILEO der Fall war. Zu dieser zweiten Stufe gehören auch die auf dem Weg zum Saturn befindliche ESA/NASA-Raumsonde CASSINI – Ankunft 2004 – und die Kometen-sonde ROSETTA, die als Nachfolgerin von GIOTTO im Jahr 2003 zu einem Kometen aufbrechen und zum ersten Mal ein Stück „Urmaterie“ des Sonnensystems *in situ* analysieren wird.
- In der dritten Stufe folgt die Landung mit dem Ziel, Materialproben zu gewinnen und zur Erde zurückzubringen. Von 1969 bis 1972 besuchten im Rahmen des APOLLO-Programms sechs Expeditionen den Erdmond, führten an seiner Oberfläche geophysikalische Messungen durch und brachten etwa 380 Kilogramm Gestein zur Erde. Die Raumsonde STARDUST der NASA soll etwa im Jahr 2006 Staub aus der Hülle des Kometen „Wild 2“ aufsammeln und zur Erde zurücksenden. Und für die Jahre 2005/6 plant die NASA, Bodenproben vom Mars einzusammeln, die in irdischen Labors analysiert werden können.

Die am weitesten von der Erde entfernten Raumkörper, die je von einem irdischen Raumfahrzeug besucht wurden, sind der Planet Neptun und sein Mond Triton – sie sind rund 4,5 Milliarden Kilometer von der Erde entfernt. 1989 passierte die Raumsonde VOYAGER II Neptun in einem Abstand von etwa 5.000 Kilometern, bevor sie Kurs auf den Rand des Sonnensystems und die Weite des interstellaren Raums nahm, aus dem sie



Der bislang tiefste Blick in den Weltraum. Das 1990 gestartete NASA/ESA-Weltraumteleskop HUBBLE, ein Spiegelteleskop mit 2,4 Metern Öffnung, belichtete im Dezember 1995 zehn Tage nahezu ununterbrochen einen winzigen Teil am Himmel in der Nähe des Sternbildes Großer Wagen. Das Resultat ist dieses Bild. Tiefer haben Menschen im optischen Bereich noch nie in den Weltraum hinaus-, das heißt in die Zeit zurückgeschaut. Bei der Mehrzahl der etwa 1.000 erkennbaren Lichtflecken handelt es sich um „Zwerggalaxien“ in einer Entfernung bis zu 10 Milliarden Lichtjahren.

Der Mars ist für die Planetenforschung nicht irgendein beliebiges Ziel. Er gilt als der Ort im Sonnensystem, an dem extraterrestrisches Leben in der Vergangenheit vermutlich am ehesten möglich war.

Wasser ist die Grundlage für Leben, wie wir es kennen. Auch die NASA-Mission PATHFINDER hat bestätigt, daß der Mars eine feuchte Vergangenheit hatte, die in krassem Gegensatz zu seiner heutigen Wüstennatur steht. Ob der Mars in einer frühen Phase von einer dichten, kohlendioxidreichen Atmosphäre umgeben war und auf ihm ein feucht-warmes Klima herrschte, ist noch unklar. Derzeit ist die japanische Raumsonde NOZOMI zum Mars unterwegs, und GLOBAL SURVEYOR (NASA) befindet sich in einer Marsumlaufbahn. Innerhalb der nächsten zehn Jahre will die NASA alle 26 Monate ein Sondenpaar zum Roten Planeten schicken und im Jahr 2005 erstmals Gestein vom Mars zur Erde holen. Vielleicht läßt sich dann die Entwicklungsgeschichte des Wassers auf dem Mars aufklären?

Im Gegensatz zu den erdartigen, inneren Planeten, zu denen auch Mars gehört, sind die Planeten Jupiter und Saturn gasförmig. Die großen äußeren Planeten – Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun – enthalten etwa 99 Prozent der planetaren Masse unseres Sonnensystems. Ihre große Entfernung von der Sonne hat dafür gesorgt, daß große Teile ihrer Masse nicht – wie bei sonnennäheren Planeten – verdampft, sondern seit ihrer Entstehung unverändert erhalten geblieben sind.

Die interplanetare Mission GALILEO ist 1989 zum Planeten Jupiter gestartet, den sie 1995 erreichte. Eine „Eintauchsonde“ bestimmte die chemische Zusammensetzung sowie die

sich jetzt noch meldet. Das Sonnensystem wird auf lange Sicht der einzige Ausschnitt des Kosmos sein, den der Mensch direkt an Ort und Stelle untersuchen kann. So liefert das Sonnensystem grundlegendes Datenmaterial für die Astronomie, zum Beispiel zur Häufigkeitsverteilung der chemischen Elemente im Kosmos.

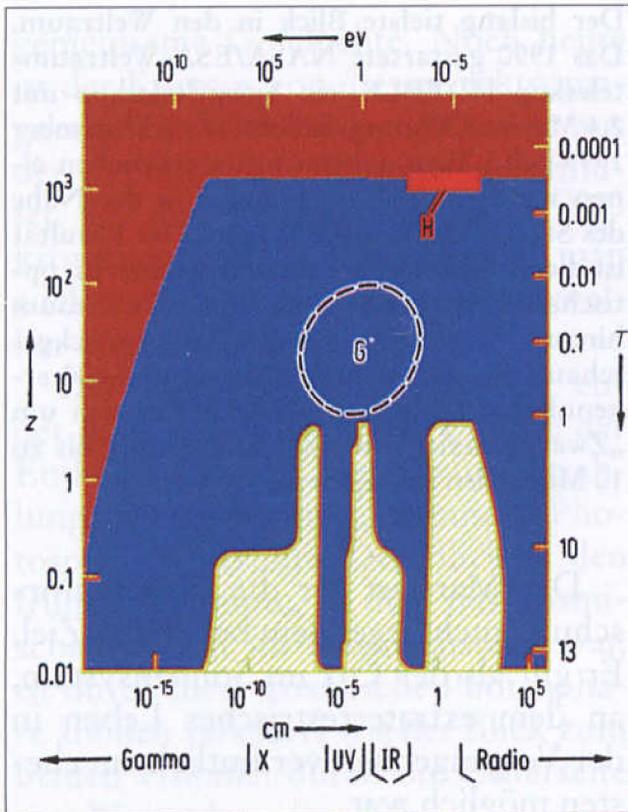
Mit der Raumfahrt entstand die Planetologie, die eine Erweiterung der Geophysik auf alle Körper des Sonnensystems darstellt. Ziel der Planetologie ist das theoretische Verständnis von Struktur und Entwicklung der Körper unseres Sonnensystems, insbesondere im Hinblick auf ein Verständnis der Erde mit ihrem komplexen Ökosystem. Der Bereich nahe der Erdoberfläche, in dem es Land und Meer, Wetter und Klima gibt, ist die einzige dauernd bewohnbare Zone des Sonnensystems.

Die Aufnahmen vom blauen Planeten Erde gegen den Hintergrund des Weltraums, die Bilder unserer Nachbarplaneten Mars, Venus oder Jupiter haben uns bewußt werden lassen, welch fragile kosmische Oase unser Heimatplanet ist. Die Erforschung des Planetensystems mit Raumsonden, vor deren Hintergrund auch die in-

ternationale Marsforschung gesehen werden muß, hat daher zwei wichtige Aspekte:

1 Das Verständnis unseres Sonnensystems ist ein Schlüssel zum Verständnis, wie Planeten bei anderen Sternen entstehen; also auch ein Schlüssel für die Beantwortung der Frage, ob möglicherweise anderswo intelligentes Leben entstanden ist;

2 Da die Erde ein Planet des Sonnensystems ist, ist die Erkundung anderer Planeten die extraterrestrische Fortsetzung der Erdbeobachtung – ein wichtiger Gesichtspunkt bei Fragestellungen der vergleichenden Planetologie, zum Beispiel zum Verstehen der unterschiedlichen Entwicklung von Erde und Mars: Wie wurde aus dem ursprünglich erdähnlichen Mars, einem vielleicht sogar belebten Planeten, ein mondähnlicher, toter Himmelskörper, umgeben nur von einer sehr dünnen Atmosphäre, die keinen Schutz bietet gegen die UV-Strahlung der Sonne und die das Auftreten von Wasser in flüssiger Form nicht mehr ermöglicht. Warum wurde der Mars zu einem lebensfeindlichen Planeten? Was hat im Unterschied dazu den „glücklichen“ Entwicklungsgang der Erde bedingt?



Der kosmische Photonenhorizont. Der grün schraffierte Bereich markiert unseren augenblicklichen Sichtbereich. Der rote Bereich ist eine Photonenbarriere und kann nicht direkt beobachtet werden: Die Photonen werden entweder an Elektronen gestreut oder liefern Elektron-Positron-Paare. Die uns aus größter Entfernung erreichende Strahlung ist die Mikrowellen-Hintergrundstrahlung H. Der blaue Bereich ist die „vor uns liegende terra incognita, wobei das Gebiet G den theoretisch vermuteten Bereich der Galaxienentstehung markiert. Die Ordinatenachsen sind die Rotverschiebung z , die auch ein Maß für die Entfernung darstellt, und die seit dem Urknall verstrichene Zeit T . Die überstrichenen Entfernungen oder Rückblickzeiten liegen bei 2.800 bis 5.000 Megaparsec (Mpc). Der Längenskala 1 Mpc entsprechen 3,26 Millionen Lichtjahre.

dynamische Struktur der Atmo- und Magnetosphäre von Jupiter. Der Nachweis von Wasser auf dem Jupitermond Europa (siehe rechte Seite) und aktivem Vulkanismus auf dem Mond Io (rechte Seite) gehören zu den wissenschaftlichen Höhepunkten der Mission, die noch bis in den Winter 2000 fortgesetzt wird.

Einen beträchtlich weiteren Weg hat die Raumsonde CASSINI/HUYGENS zum Planeten Saturn und seinem Mond Titan vor sich. CASSINI/HUYGENS ist ein gemeinsames Vorhaben von ESA, die sich mit der Titan-Sonde HUYGENS beteiligt, und NASA, die den Orbiter CASSINI stellt.

Neben der Atmosphäre des Saturn und seinen Ringen ist der Mond Titan von besonderem wissenschaftlichen Interesse. Titan, der einzige Mond mit Atmosphäre, ist neben dem Mars einer der wenigen Orte in unserem Son-

nensystem, an dem sich primitives Leben oder Vorstufen zum Leben entwickelt haben könnten. Deshalb wird die „Tochtersonde“ HUYGENS an einem Fallschirm auf den Saturnmond schweben und die chemischen und physikalischen Bedingungen sondieren. Dabei stellt sich die Frage, ob die Sonde hart landet oder auf einem Methansee „wassern“ kann.

Die Sonne ist von den 100 Milliarden Sternen unserer Galaxis derjenige, der uns am nächsten steht. Die Nähe der Sonne hat eine besonders genaue Bestimmung ihrer Zustandsgrößen ermöglicht. Damit ist die Sonne ein ideales Testobjekt für die Theorie des inneren Aufbaus und der Entwicklung der Sterne. Andererseits ist sie die Hauptenergiequelle für das Planetensystem.

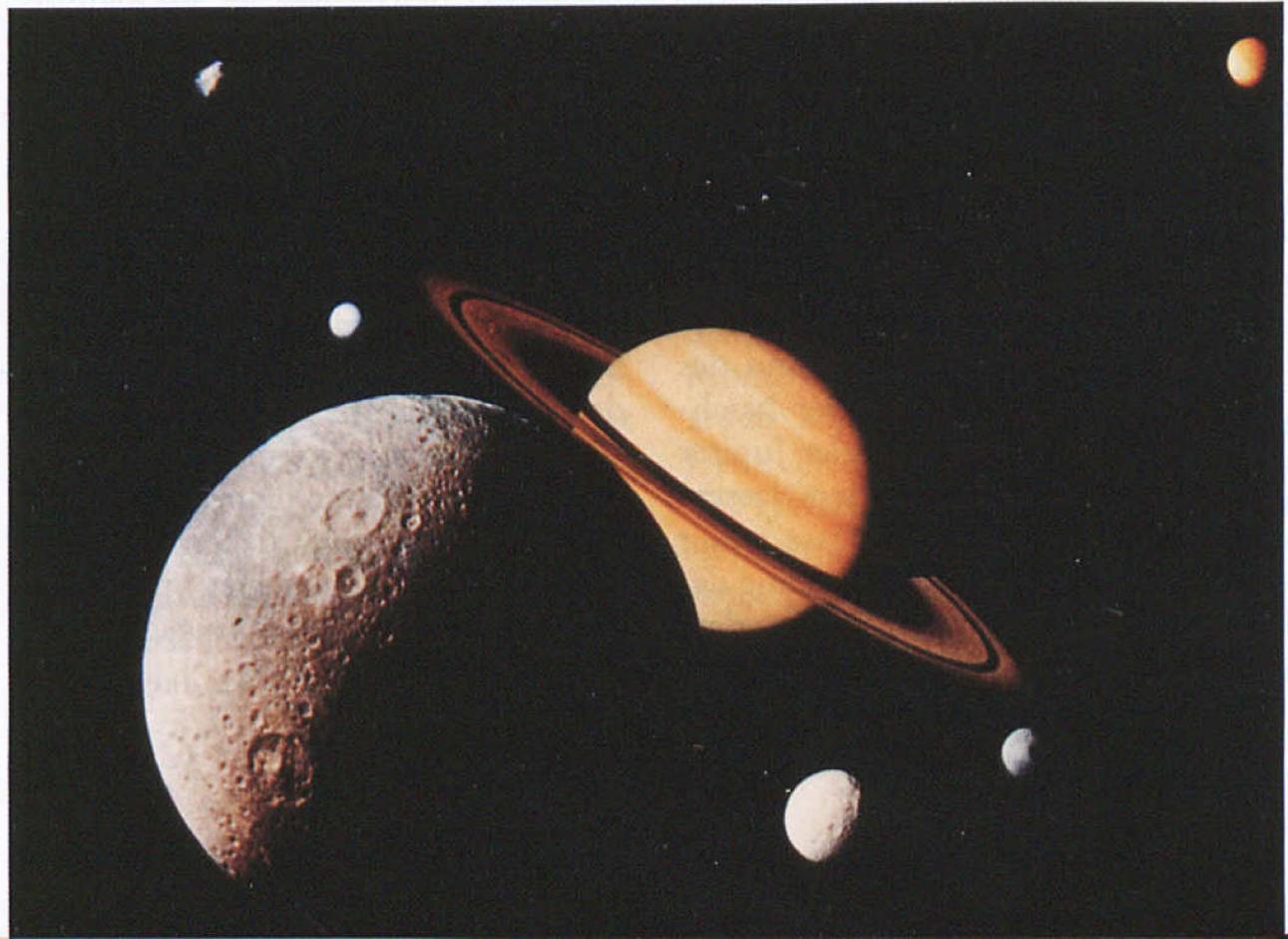
Das Wechselspiel von Magnetfeldern und heißem Plasma führt immer wieder zu gewaltigen Eruptionen auf

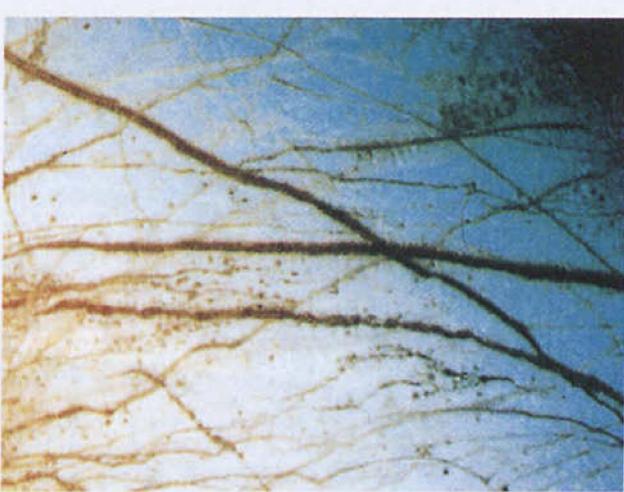
der Sonnenoberfläche, zu Ausbrüchen elektromagnetischer Strahlung und Schauern schneller geladener Teilchen, die selbst in Erdnähe intensiv genug sind, um Kommunikations- und Navigationssatelliten oder terrestrische Computer und Stromnetze zu beschädigen. In einer Welt, die sich immer mehr auf Satellitentechnologie stützt, werden die Kenntnis und die Vorhersage des „Weltraumwetters“ zu einer Notwendigkeit.

Zur Vorhersage dieser Sonnenaktivität mit nachfolgender Beeinflussung der Hochatmosphäre der Erde, müsste aber die Physik der Sonne noch besser bekannt sein. Die Untersuchung der schwankenden elektromagnetischen Strahlung und der Partikelströme von der Sonne (Sonnenwind) mit ihrer Wirkung auf Magnetosphäre und Atmosphäre der Erde (solarerterrestrische Beziehungen) benötigt wesentliche Daten, die nicht von der Erde aus, sondern nur mit Raumsonden zu gewinnen sind.

Die Erde – und mit ihr die meisten anderen Planeten unseres Sonnensystems – besitzt ein eigenes Magnetfeld, das weit in die Umgebung des jeweiligen Planeten hinausreicht und vom Sonnenwind verformt wird. Die Struktur, die sich ausbildet, wenn der dichte, kalte Sonnenwind mit Überschallgeschwindigkeit auf diese Magnetosphären auftrifft, ist das Ziel zahlreicher Raumsonden. Aufgabe der CLUSTER-Mission, eines „Formationsflugs“ von vier Satelliten, der im Jahr 2000 starten soll, ist es, die räumliche Struktur und die zeitlichen Änderungen in der Magnetosphäre der Erde auszuloten. Gegenwärtig sind zwei Sonnenobservatorien im Welt-

Saturn mit Monden. Mit seinem Ringsystem ist der Saturn die auffälligste Erscheinung in unserem Sonnensystem. Saturn gehört zur Kategorie der „Gas-Planeten“, wobei er der Planet mit der geringsten Dichte ist. Seine Oberfläche wird von einer Atmosphäre aus Ammoniak-Wolken umhüllt, in der Stürme mit Windgeschwindigkeiten bis zu 1.700 Kilometern pro Stunde herrschen. Am 15. Oktober 1997 trat nach einem geglückten Start mit einer TITAN IV/CENTAUR-Rakete die Raumsonde CASSINI zusammen mit der Landekapsel HUYGENS ihre sechsjährige Reise zum Planeten Saturn und seinen Monden an. Mittlerweile hat CASSINI 700 Millionen Kilometer im inneren Sonnensystem zurückgelegt. Am 26. April 1998 erfolgte mit hoher Präzision das erste *Swing-by*-Manöver an der Venus.





Zwei besonders interessante Monde des Jupiter. Nach elf Jupiterumkreisungen in zwei Jahren ging am 7. Dezember 1997 die Mission der GALILEO-Sonde beim Jupiter zu Ende. Die Verlängerung bis zum Jahre 2000 wird vornehmlich dem Mond Europa gewidmet sein. Nahe Vorbeiflüge wird es an den Jupitermonden Io, Europa, Ganymed und Callisto geben. Die obere Reihe zeigt die globalen Ansichten von Io und Europa, die untere Reihe lokale Ansichten der beiden Monde. Die Einzelbilder unten zeigen einen rund 1.000mal 750 Kilometer großen Ausschnitt der jeweiligen Mondoberfläche. Möglich sind heute schon hochaufgelöste Bilder mit Ausschnitten von 100 mal 75 Kilometern.

stet. In etwa fünf bis sechs Milliarden Jahren erreicht die Sonne das Rote-Riesen-Stadium, dehnt sich weit in das heutige Planetensystem hinein aus und verbrennt alles Leben auf der Erde.

Die interstellare Emigration der zukünftigen Erdbewohner ist nutzlos, denn alle Sterne innerhalb unserer Galaxis verlöschen früher oder später. Die Existenz einer bewohnbaren Zeitzone im Kosmos hat den Charakter einer befristeten einmaligen Epoche.

„Weiß der Mensch also endlich, daß er in der teilnahmslosen Unendlichkeit des Universums allein ist, aus dem er zufällig hervortrat“ (Jacques Monod, 1910-1983), oder steht „im Zentrum des Universums nicht die Sinnlosigkeit, sondern ein Rätsel“ (Albert Camus, 1913-1960), dessen verborgene Botschaft der Mensch mit Beobachtung, Experiment und Theorie zu entschlüsseln versucht?

Das Abenteuer der extraterrestrischen Forschung geht weiter: „Wir werden nicht aufhören“, bemerkte T. S. Eliot, „zu forschen. Das Ergebnis all unserer Forschung wird sein, daß wir zum Ausgangspunkt zurückkehren, uns dort wiederfinden, wo wir begonnen haben – nun aber bereichert um das Wissen, wie wir in den uns umgebenden Kosmos eingebettet sind.“

Albert Einsteins Staunen war tiefer: „Das Unbegreiflichste an der Natur ist ihre Begreifbarkeit.“ □

DER AUTOR

Hans-Joachim Blome, geboren 1950, Dr. rer. nat., ist Astrophysiker. Beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Bonn ist er Programmbeauftragter für die extraterrestrische Grundlagenforschung.

raum: der ESA/NASA-Satellit SOHO (*Solar and Heliospheric Observatory*) und die Raumsonde ULYSSES. Die ULYSSES-Mission ist Bestandteil des Wissenschaftsprogramms der ESA und wird ebenfalls in enger Kooperation mit der NASA realisiert. ULYSSES ist die erste Raumsonde, die die Ebene der Ekliptik verlassen und die Pole der Sonne überflogen hat. Das wissenschaftliche Ziel der Mission besteht in der Erforschung der Heliosphäre. Darunter versteht man den interplanetaren Raum, der die Sonne umgibt und der vom Sonnenwind geprägt wird.

Das Sonnenobservatorium SOHO vermittelt Erkenntnisse über die Sonne als Ganzes, bis in Tiefen nahe ihres Kerns, wodurch ein zusammenhängendes Bild über Aufbau und Verhalten der Sonne gezeichnet werden kann. Das, was uns als ruhig glühende Gaskugel erscheint, ist in Wahrheit ein aktives Objekt. Das Brodeln ihrer Oberfläche läßt die Sonne wie eine angeschlagene Glocke schwingen. Das Muster dieser Vibrationen erlaubt Rückschlüsse auf den inneren Sonnenaufbau, vielleicht auch auf ihr „zentrales“ Geheimnis – das Neutrinodefizit.

Mit all seinen Forschungen will der Mensch vor allem auch etwas über seine Stellung im Weltraum erfahren. Die Naturgesetze und Naturkonstanten mußten innerhalb einer ganz ge-

ringen Marge genau so sein, wie sie sind, um ein Universum zu ermöglichen, in dem es Leben geben kann. Das Weltall scheint geradezu „maßgeschneidert“ zu sein für die Hervorbringung von Leben und Bewußtsein. Die Weichen für unsere heutige Existenz auf dieser Erde mußten schon vor 15-20 Milliarden Jahren, in der „Urknall“-Phase, sehr präzise gestellt werden.

**DER MENSCH IM KOSMOS:
ZUM STERBEN GEBOREN?**

Die ursprüngliche Expansionsrate durfte nur gering von dem Wert abweichen, der am Anfang der Entwicklung unseres Kosmos gegeben war. Expandierte das Universum damals zu langsam, wäre sehr früh ein Rekollaps eingetreten, so daß sich keine Galaxien, Sterne und Planeten hätten bilden können. Das Universum durfte sich aber zu Anfang auch nicht zu schnell ausdehnen, denn sonst wären alle beginnenden Materiekondensationen wieder auseinandergetrieben worden.

„Es sieht so aus, als habe das Universum in einem gewissen Sinn gewußt, daß es uns Menschen geben werde“, sagte der amerikanische Physiker Freeman Dyson. Aber wird das Leben im Kosmos überleben?

Wegen der endlichen Lebensdauer der Sonne ist die Existenz von Leben auf unserem Planeten zeitlich befr-



Der „Wildretter“ findet mit seinen Sensoren die Tiere aufgrund ihrer Körperwärme, so daß sie bei der Ernte entdeckt werden und vor den Schermessern geschützt werden können.

VOM NUTZEN DER RAUMFAHRT

Innovationen für irdische Anwendungen

VON BEATE WARNECK

Spitzentechnologien aus Luft- und Raumfahrt erschließen neue Märkte in Wachstumsbranchen und fördern die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen. Die Entwicklung innovativer Produkte, Dienstleistungen oder Prozesse verlangt eine enge Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft. Nicht nur Grundlagenforschung, sondern auch anwendungsorientierte Forschungsprojekte sind Aufgabe des *Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)*.

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum für Luft- und Raumfahrt und zugleich die nationale Raumfahrtagentur der Bundesrepublik Deutschland. Innovativen Unternehmen bietet das DLR die Chance, auf vorhandenes Know-how und wichtige Querschnitt-Technologien zurückzugreifen. Technologien, die ursprünglich für die Raumfahrt entwickelt wurden, können so auch zum Einsatz in raumfahrtfremden Bereichen auf der Erde kommen.

Beispiel einer solchen Zusammenarbeit ist das Wildrettersystem für

Erntemaschinen. Im Rahmen der Luft- und Raumfahrtforschung entwickelt das DLR Infrarotmeßsysteme zur Untersuchung der Abgase von Dieselmotoren oder sphärischen Gasen. Die Kenntnisse der Infrarottechnik werden in einem Industrieprojekt genutzt, um Rehkitze sowie Niederwild im hohen Gras vor der Ernte aufzuspüren. Ein kleines bayerisches Unternehmen liefert Geräte, die mit den Infrarotsystemen ausgestattet sind. Diese wurden im Feldversuch erfolgreich getestet und sollen Anfang nächsten Jahres auf den Markt kommen.

Zur Unterstützung des Technologietransfers und der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft gründete das DLR die Organisationseinheit „Technologiemarketing und -transfer“. Ein interdisziplinäres Team von Technikern, Ingenieuren, Betriebswirten und Juristen hat die Aufgabe, die Forschungsergebnisse der Institute und Einrichtungen des DLR systematisch zu erfassen und nach ihrer Nutzbarkeit für raumfahrt-fremde Anwendungen und Projekte zu bewerten.

Von besonderem Nutzen könnte die Entwicklung eines Frühwarnsystems für Waldbrände sein. Jedes Jahr werden in Brandenburg bis zu 1.000 Waldbrände gemeldet. Das weitläufige Waldgebiet erschwert die Arbeitsbedingungen der Sicherheitsbeauftragten, die rund um die Uhr die Waldfläche überwachen. Bisher existiert weltweit kein funktionstüchtiges System, das brandgefährdete Zonen kontrollierbar macht.

An den Instituten für Planetenerkundung und Weltraumsensorik in Berlin-Adlershof arbeiten seit Jahrzehnten Wissenschaftler an der Erforschung von Kameratechnologien. Im Auftrag des Ministeriums für Ernährung, Land- und Forstwirtschaft des Landes Brandenburg wurde von den Berliner Instituten ein hochauflösendes Kamerasystem entwickelt, das mit einer Software ausgestattet ist. An-

hand typischer Muster kann dieses System Rauch von Wolken und Staub unterscheiden. Wird in einer Bildfolge Rauch erkannt, nehmen Experten eine Bewertung der Situation vor und bestimmen die Lage des Brandherdes.

Ziel des Projektes ist es, bei Tageslicht eine Rauchwolke von zehn Metern Ausdehnung aus zehn Kilometern Entfernung innerhalb von fünf bis neun Minuten erkennen. Dadurch ließen sich Waldbrände in Zukunft frühzeitig und zuverlässig orten.

Ein bedeutender Bereich der Weltraumtechnologie ist die Robotik und Automation. Schon früh wurde erkannt, daß die Robotik, die für Reparaturarbeiten unter erschwerten Bedingungen an Raumfahrzeugen im All entwickelt wurde, sich auch irdisch anwenden läßt. In einem Industrieprojekt wurde ein Roboterarm für Müllfahrzeuge entwickelt, der vollautomatisch Mülltonnen hebt und damit die Arbeiten bei der Müllentsorgung erheblich erleichtert.

Zur Umsetzung von Innovationsvorhaben steht dem „Technologiemarketing und -transfer“ ein Projektbudget zur Verfügung. Diese Mittel werden zweckbestimmt für Technologietransfer-Projekte eingesetzt. Der Vorteil für Unternehmen ergibt sich daraus, daß sich das DLR an den finanziellen Risiken für Forschung und Entwicklung (FuE) eines Innovationsprojektes beteiligt.



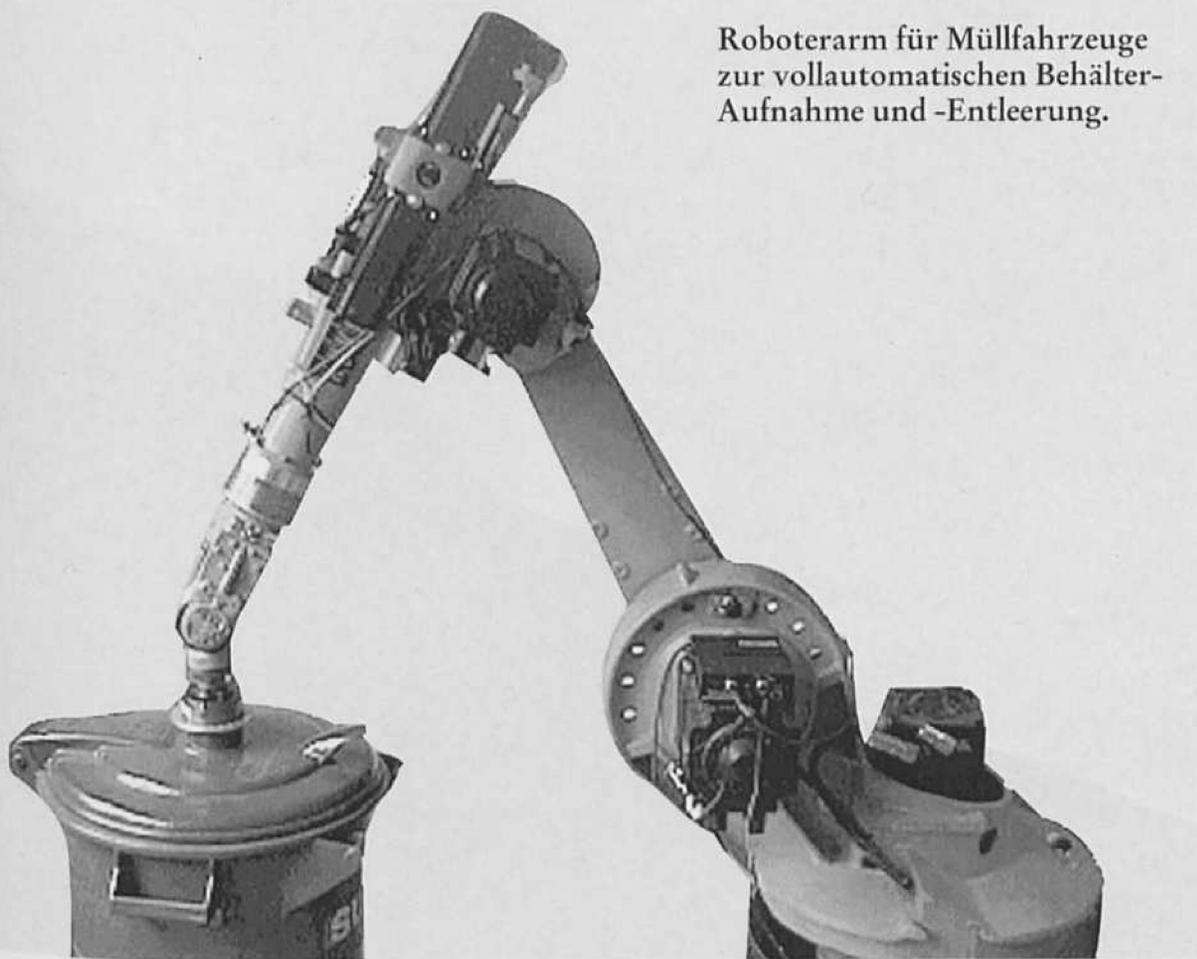
DLR- Standorte und ihre Innovationsleitstellen in der Bundesrepublik.

Um eine erfolgreiche Betreuung der Kunden wie auch der Institute und Einrichtungen des DLR zu gewährleisten, wurden regional operierende Innovationsleitstellen an den Forschungsstandorten des DLR eingerichtet: Berlin-Adlershof, Braunschweig, Göttingen, Köln-Porz, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen und Stuttgart/Lampoldshausen. Sie agieren als Schnittstelle zwischen Forschungseinrichtung und regionaler Wirtschaft. In einer Vielzahl von Projekten konnte dadurch das DLR seine Forschungsergebnisse in neue Produkte und Dienstleistungen außerhalb der Luft- und Raumfahrt umsetzen. Dazu gehört die vom DLR bei der Marserkundung erprobte digitale Stereokamera. Sie wird nun in Kooperation mit einem Industriepartner für irdische Anwendung weiterentwickelt.

Das DLR stellt damit der Industrie nicht nur Hochtechnologien für Wachstumsmärkte bereit, sondern sichert seinen Kooperationspartnern auch klare Vorteile im internationalen Wettbewerb. □

DIE AUTORIN

Beate Warneck, Jahrgang 1964, Diplom-Kauffrau, ist seit Oktober 1996 zuständig für Marketing/PR in der Abteilung „Technologiemarketing und -transfer“ des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. : Linder Höhe, D-51147 Porz-Wahnheide. Telefon: (02203) 601-3664, Fax: 695689.



Roboterarm für Müllfahrzeuge zur vollautomatischen Behälter-Aufnahme und -Entleerung.



Inzwischen vertraut: Satelliten-Bilder der Erde aus dem Weltraum, hier das Horn von Afrika mit Somalia, darüber Aden und Südjemen; rechts der Indische Ozean.

PROFESSIONELLE ÜBERFLIEGER

Neue Erkenntnisse über die Erde aus dem All

VON VOLKER LIEBIG UND WOLFGANG STEINBORN

Nur aus der Entfernung sieht man klar – so formulierte es Laotse im 5. Jahrhundert vor Christus. Die Erforschung unserer Lage im All, die Vorhersage von Wetter- und Klimaereignissen, wie die El-Niño-Anomalie von Weihnachten 1997, die Beobachtung des Ozonlochs, das 1998 über der Antarktis alle bisherigen Rekorde zu brechen scheint: Vieles wäre heute ohne die Beobachtung aus der Ferne, ohne die Methode der Fernerkundung, nicht möglich.

Die Erdbeobachtung und Datenerfassung aus großen Höhen mittels Flugzeug oder Raumfahrzeug ist so alt wie die Luft- und Raumfahrt selbst. Via Satellit wird sie seit 1972 zu zivilen Zwecken genutzt. Hauptziel des damaligen NASA-LACIE-Programms war die Beobachtung der russischen Landwirtschaft, um amerikanischen Farmern Vorteile durch frühzeitige Verkaufsdisposition zu verschaffen. Seither wurden die Erdbeobachtungssysteme ständig verbessert und verfeinert.

Die hochauflösende Erdbeobachtung hat jedoch – im Gegensatz zur niedrigauflösenden Wetterbeobachtung, zur Telekommunikation und Navigation – bisher noch nicht zur Einrichtung weltumspannender Satellitennetze geführt. Gründe können die hohen technischen Anforderungen sein, denn Ausrichtungsgenauigkeit und Sensorstabilität müssen extrem hoch sein, aber auch der noch unausgereifte Nutzungsmarkt, der erst mit neuen Geodatendiensten in Konkurrenz zu bisherigen Methoden



Umweltbeobachtung aus dem Orbit: Der europäische Umweltsatellit ERS-1, gebaut von der *Dornier Satellitensysteme GmbH*.

der Informationsgewinnung zu erschließen wäre.

Prinzipielle Vorteile der Satelliten sind:

- Sie haben ein weites Blickfeld, wodurch sich zum Beispiel der Bearbeitungsaufwand gegenüber den wesentlich schmaleren Luftbildstreifen stark verringert. Bodenerhebungen auf großen Flächen können ohnehin immer nur statistische Aussagen liefern;
- sie unterliegen keinen physikalischen oder rechtlichen Zugangsbeschränkungen;
- ihr Datenformat ist weltweit einheitlich und objektiv;

Abb.: NASA/DLR (l.); DASA (r.o.)

- ihre Bilder sind periodisch und zu gleichen Beleuchtungsbedingungen verfügbar, was die automatische Veränderungserkennung (*Change detection*) und die Untersuchung von Zeitreihen begünstigt;
- ihre Information liegt von vornherein in digitaler, geometrisch leicht anpaßbarer Rasterform vor, meist auch in mehr Spektralkanälen als bei den für Luftaufnahmen üblichen Filmen.

DER DEUTSCHE BEITRAG ZUR FERNERKUNDUNG DURCH SATELLITEN

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) befaßt sich zusammen mit einer wachsenden Zahl von Industrieunternehmen seit dem Ende der 60er Jahre mit den Möglichkeiten der Fernerkundung.

Energiereiche Teilchen, die von der Sonne zur Erde vordringen, waren 1969 Untersuchungsgegenstand von AZUR, dem ersten deutschen Forschungssatelliten. Er diente den Atmosphäre- und Klimawissenschaften, die – zusammen mit der exakten Kartographie – zu den Standbeinen der Fernerkundung in Deutschland zählen. Die Missionen werden in der Pro-

grammdirektion Raumfahrt des DLR koordiniert und im Deutschen Raumfahrt-Kontrollzentrum in Oberpfaffenhofen gesteuert.

Das DLR ist im Rahmen der deutschen Missionen in den Bereichen Datenempfang und -aufbereitung tätig, bei der Planetenerkundung sowie in den Bereichen Hochfrequenztechnik, Optoelektronik und Weltraumsensorik. Doch Sensortechnik und Datenerfassung sind nicht Selbstzweck: Erst ihre kontinuierliche Dokumentation und Archivierung durch das *Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum* (DFD) des DLR erlaubt die Analyse langfristiger Entwicklungen.

Mit AUC, dem *ATMOS User Center*, schuf das DFD einen zentralen Anlaufpunkt zur Nutzerberatung und Datenbereitstellung aus nationalen und internationalen Atmosphären-Missionen. Durch Vernetzung von Datenkatalogen mehrerer Partner-Raumfahrtorganisationen wird den Nutzern ein schneller und effizienter Zugriff auf Daten des Verbunds geboten. Ferner wurde ein speziell auf die technologischen Besonderheiten in Entwicklungsländern hin optimierter *World Wide Web-Server* eingerichtet, denn die Satellitenfernerkundung kann dazu beitragen, viele Probleme in der

Dritten Welt, etwa bei der Katastrophenvorsorge, zu lösen.

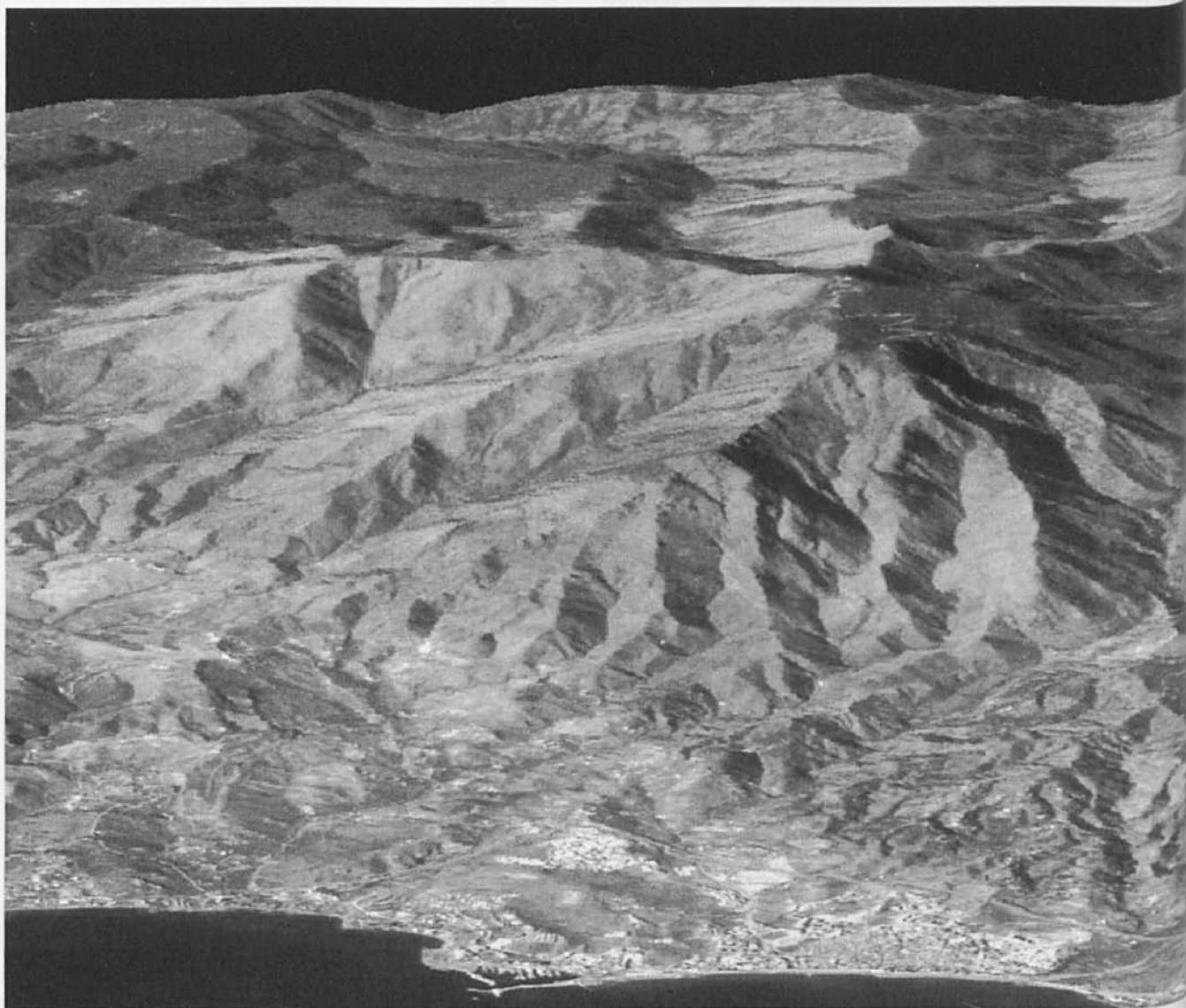
Für erdbeobachtende Satelliten benutzt man hauptsächlich zwei Bahntypen, geostationäre und niedrige, polare Umlaufbahnen. Geostationäre Satelliten befinden sich in einer Höhe von 36.000 Kilometern und drehen sich um das Erdzentrum mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit wie die Erde selbst. Dadurch haben sie sozusagen einen „festen Fußpunkt“ auf der Erdoberfläche.

Dieser geostationäre Bahntyp wird außer von Nachrichtensatelliten vor allem von Wettersatelliten – wie dem europäischen METEOSAT oder den amerikanischen GOES – genutzt, die alle 30 Minuten Aufnahmen vom gleichen Gebiet zur Erde senden.

Geostationäre Satelliten stehen über dem Äquator und erlauben keine gute Beobachtung hoher geographischer Breiten und der Pole. Außerdem erschwert die große Entfernung zur Erde die hochauflösende Beobachtung der Erdoberfläche oder den Einsatz aktiver Sensoren. Daher werden für die meisten Erdbeobachtungssatelliten Bahnen gewählt, die über die Pole gehen – mit etwa 400 bis 1.000 Kilometern Bahnhöhe. Diese Bahnen erlauben es, je nach Sensor, die ganze

Das erste Panoramabild der Weltraumkamera MOMS in Europa. Die meisten Weltraumkameras bilden die Erde nur als zweidimensionale Fläche ab. Das ist für gebirgige Regionen nicht genug. Für viele Anwendungen – zum Beispiel Wasserabfluß- oder Erosionsmodellierung, Energie- oder Funkversorgung, Landeanflug-Simulation, Infrastrukturplanung und so weiter – werden dreidimensionale Modelle der Landschaft benötigt. Der deutsche MOMS-Sensor liefert im Stereomodus Bildstreifen aus drei verschiedenen Blickrichtungen (Vor-, Nadir- und Rückblick). Aus ihnen kann die dreidimensionale Geländeform bis zu drei Metern genau abgeleitet werden. Die Panoramadarstellung wurde direkt aus den Aufnahmen ohne Zuhilfenahme weiterer Informationen gewonnen. Das Bild des hochauflösenden Objektivs (5,8 Meter-Auflösung) ist auf das digitale Höhenmodell des Geländes projiziert, welches aus den Bildern der drei Blickrichtungen errechnet wurde.

Der Bildausschnitt zeigt einen etwa zehn Kilometer langen Abschnitt östlich der südspanischen Küstenstadt Estepona. Links unten im Bild ist die Küsten-Autobahn, die um die Stadt herum führt, deutlich zu erkennen. Im Zentrum die „weiße Stadt“ Ronda. Im Hintergrund sind die Berge der Sierras Crestellina und Bermeja zu sehen.



Satellitensystem	Hauptinstrument	Auflösung	Weitere Informationen und Datenvertrieb
Landsat	optische Kamera	30 m	www.spaceimage.com
SPOT	optische Kamera	10 m/20 m	www.spotimage.fr
IRS	optische Kamera	6 m/23 m	www.euromap.de
Radarsat	C-Band SAR	ca. 9 m	www.rsi.ca
ERS	C-Band SAR	30 m	www.esrin.esa.it www.eurimage.it

Die wichtigsten operationellen abbildenden Satellitensysteme.

Erde in einigen Stunden bis Tagen zu überdecken und die Aufzeichnungen bei gleichem Sonnenstand, das heißt auf „sonnensynchronen Bahnen“, vorzunehmen, was die Auswertung erleichtert.

OPTISCHE SENSOREN AUF PARTNERSCHAFTLICHEN MISSIONEN

Derzeit betreut das DLR sowohl radargestützte als auch optische Systeme in der Erdumlaufbahn. Zu letzteren gehört die Kamera MOMS (Modularer optoelektronischer multispektraler Stereoabtaster), ein deutscher Beitrag zur Umweltplattform PRIRODA (russisch: Natur). Das sensorbestückte Modul wurde 1996 an die russische Raumstation MIR angekoppelt.

MOMS, der auf Patente deutscher Photogrammeter zurückgeht, steht im Kontext mehrerer hochauflösender digitaler Stereo-Kameraentwicklungen des DLR. In der jetzigen Konfiguration absolvierte er seinen Jungfernflug bereits 1993 auf der SPACELAB-D-2-Mission und lieferte Land-Bilddaten von bisher nicht erreichter Qualität.

MOS, ein modularer optischer Sensor, der sich an Bord des indischen Satelliten IRS-P3 befindet, dient der Sondierung der Ozeane und Biomassen. Da die Weltmeere riesige Kohlenstoffspeicher darstellen, spielen sie eine erhebliche Rolle im weltweiten Klimahaushalt. Ihre zunehmende Verschmutzung führt zu ernsthaften Störungen des biologisch-ökologischen Gleichgewichts der Erde.

Satelliten bieten Möglichkeiten zur regionalen und globalen Überwachung. Vom Sensor MOS versprechen sich die Wissenschaftler unter ande-

rem eine Interpretation der Wasserinhaltsstoffe anhand der Wasserfarbe.

Nicht Ozeane, sondern Grund und Boden bilden das Spezialgebiet der MOMS-Kamera. Da der Boden immer wertvoller wird, wächst auch die Nachfrage nach Informationen über ihn. Mit fünf Objektiven hat MOMS während der D-2-Mission bereits sieben Millionen Quadratkilometer der Erde erfasst - dreidimensional und mit einer Höhengenaugigkeit von bis zu vier Metern. Dabei gestattet er eine Auflösung, die sogar einzelne Bäume oder Autos erkennbar macht.

In Anbetracht des hohen Potentials dieser Kamera rief die *Deutsche Agentur für Raumfahrtangelegenheiten* DARA (jetzt DLR) 1994 zur Durchführung von Pilotprojekten mit den Daten auf, die mit dem Gerät an Bord der MIR gewonnen wurden. Über 80 Anmeldungen von Behörden, international agierenden Firmen, Organisationen und Museen wurden registriert. 25 Projekte, repräsentativ für den deutschen Markt, wählte die DARA für eine Bezuschussung aus. Einige Anwendungen werden im folgenden vorgestellt.

DREIDIMENSIONALE LANDSCHAFTEN

Aktuelle dreidimensionale Computermodelle von Städten und Landschaften sind heute wichtig im Verkehr, bei Großbauvorhaben, in der Mobilfunk-Netzplanung oder für den Tourismus. Aus MOMS-Daten lassen sich 3-D-Strukturen des Erdreliefs (Digitale Geländemodelle, DGM), Wald- und Wasserflächen, Verkehrswege, Siedlungen oder Baustellen automatisch für große Flächen herausarbeiten (siehe Abbildung links) - die

Abtastbreite beträgt etwa 70 Kilometer. Daher werden sie auch im Rahmen der digitalen Kartographie in mehreren Bundesländern zur Aktualisierung und Fortführung des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems, kurz ATKIS, geprüft.

Die Landesvermessungsbehörden erfassen darin Angaben über Topographie, Verkehrsnetze sowie Nutzungsgrenzen und -arten, die sogenannten Geobasisdaten. Da digitale Geobasisdaten die Grundlage vieler weiterer geographischer Informationssysteme darstellen und zum Beispiel der Flächennutzungs-, Verkehrs- und der Landschaftsplanung dienen, müssen sie laufend aktualisiert werden.

Das sogenannte Digitale Landschaftsmodell 25 (DLM 25) bietet im Maßstab 1 : 25.000 einen datenverarbeitungsfähigen Überblick über die dreidimensional-geometrische Struktur der Erdoberfläche und ihre Nutzung: ein 3-D-Abbild von Deutschland. Die Aktualisierung des DLM 25, die bislang über Luftbilder erfolgte, kann von solchen Satellitendaten profitieren: Sowohl der derzeit noch gültige Aktualisierungszeitraum von etwa fünf Jahren als auch die Aktualisierungskosten könnten sich reduzieren.

SATELLITENDATEN FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT

Hochauflösende optische Satellitenkameras sind auch für die europäische Landwirtschaft nützlich. In Thüringen entstehen digitale Feldkarten, die Planungsgrundlage für künftige computergestützte Feldbewirtschaftungsformen. Die Dokumentation des Abreifezustands von Feldfrüchten, Erkenntnisse zu Schädlingsbefall oder Unkraut in Abhängigkeit von der Ortskoordinate verhelfen den Betrieben dazu, frühzeitig zu disponieren, Ernteeinbußen zu verhindern und mit Chemikalien sparsam umzugehen, wenn sie einen ebenfalls mit Satellitenhilfe navigierenden Traktor einsetzen (*Precision Farming*).

Weltraumdaten hoher Auflösung werden in gleicher Weise zur Anfertigung von digitalen Forsteinrichtungskarten für einige Landesforstverwaltungen sowie als Alternativmethode

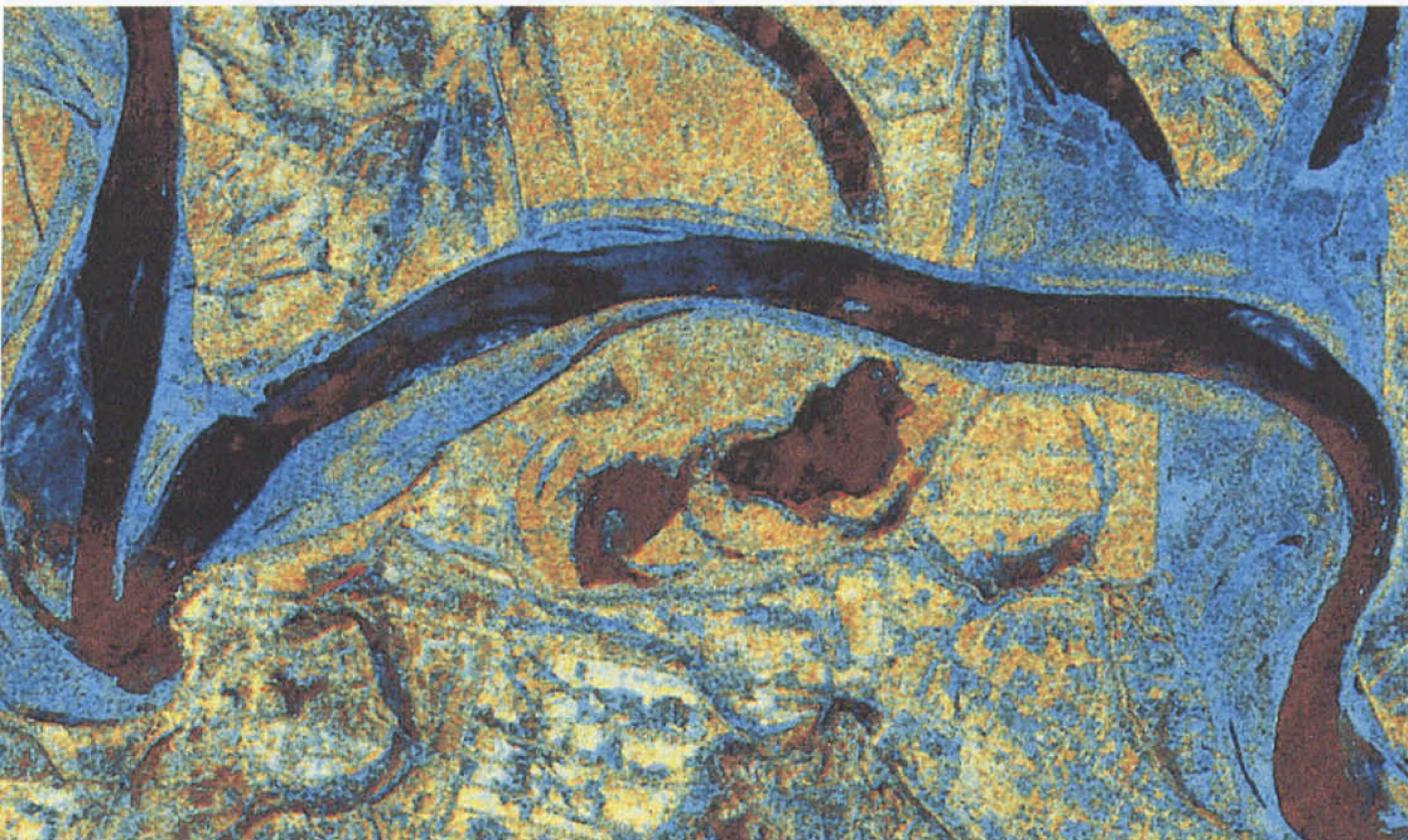
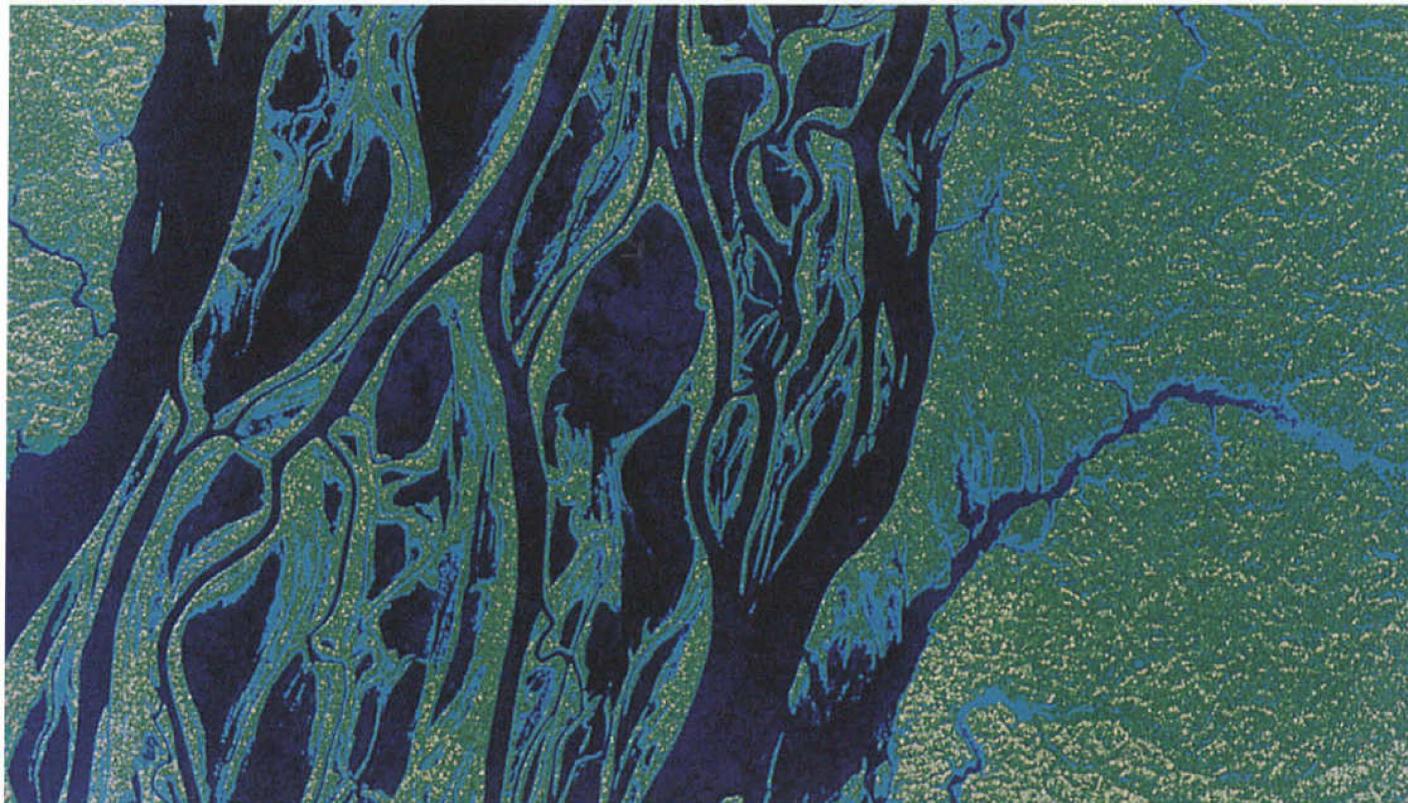


Bild ganz oben: Die Radar-Aufnahme des Rio Negro in Südamerika entstand bei Nacht und dichter Bewölkung während der Radar-Mission X-SAR.

Bild oben: China litt 1998 unter schlimmsten Überschwemmungen. Von den betroffenen Gebieten wurden Radarbilder des europäischen Erdbeobachtungssatelliten ERS-2 von der Bodenstation des DLR in Ulan-Bator, Mongolei, empfangen. Der etwa 30 mal 20 Kilometer große Ausschnitt zeigt ein Gebiet rund 150 Kilometer südwestlich von Wuhan, wobei Aufnahmen überlagert wurden: Eine Aufnahme vom 9. Juni 1998 ohne Flut – das normale Flußbett erscheint dunkel – und eine vom 1. August 1998, in der die Überschwemmungsbereiche hellblau dargestellt sind. Daten dieser Art tragen zur besseren Vorhersage des Abflusses im Unterlauf sowie zur Risikokartierung und Schadensfeststellung bei. Ein auf Satelliten aufgebautes Frühwarnsystem würde nur wenige Prozent des eingetretenen Schadens kosten.

für die Bundeswaldinventur geprüft. Die Kartierung mittels Satellit erwies sich dabei in Teilen als effektiver und objektiver als die terrestrisch gestützte. Besonders dort, wo die wachsende Umweltbelastung zu Vegetationsveränderungen oder -schäden des Waldes führen kann, empfiehlt sich die kontinuierliche Beobachtung aus dem All. Sie bietet die Möglichkeit, Bestandsgrenzen, Bestandstypen und Waldzustand zu dokumentieren und aktuelle Phänomene wie Sturmwurf- oder Sturmbruchflächen zu erfassen. Zur Kartierung von großflächigem Raupenfraß setzen die Pfälzer bereits erfolgreich auf Satellitendaten.

In jedem Falle kann eine bessere Umweltbeobachtung zu einer besseren Schadensprävention beitragen.

RADARGESTÜTZTE SYSTEME AUF EUROPÄISCHEN SATELLITEN

Die Satellitenfernerkundung mit optischen Instrumenten wird durch Wolken häufig stark eingeschränkt. Trotz dreier operationell zur Verfügung stehender optischer Satellitensysteme (siehe Tabelle auf Seite 33) ist es nicht möglich, für jeden Punkt der Erde genügend wolkenfreie Daten zu erhalten. Radarsysteme, die Wellenlängen im Zentimeterbereich nutzen, können durch Wolken „hindurchsehen“. Ein weiterer Vorteil des Radars ist es, daß er als aktiver Sensor auch bei Nacht genutzt werden kann.

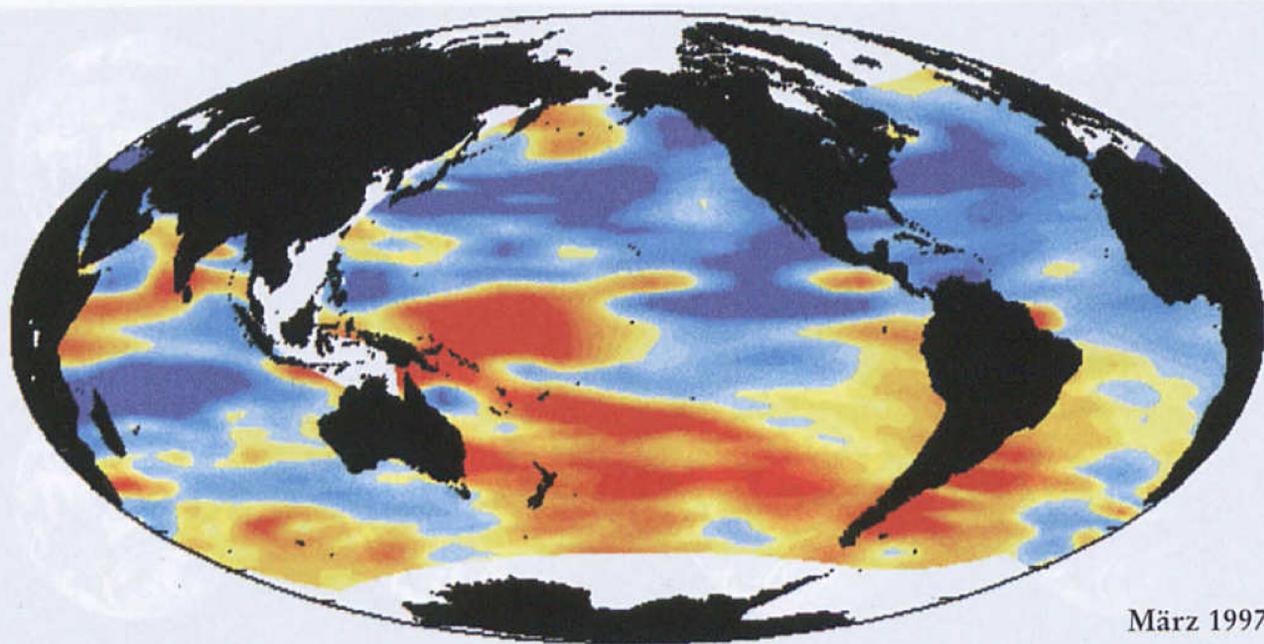
Nachteilig sind ihr hoher Energiebedarf – zum Beispiel 4,8 Kilowatt Leistung beim ERS-Radar – und ihre großen Antennen, was den Einsatz auf kostengünstigen Kleinsatelliten bisher verhindert hat. Auch die Auswertetechnik und Software-Entwicklung sind beim Radar noch nicht so weit fortgeschritten wie bei optischen Bildern, die bereits seit 25 Jahren auf dem Markt sind.

Ein grundsätzliches Problem beim Einsatz von Radarsystemen aus dem Orbit ist die Antennengröße: Wollte man ein Radar nach den wellenoptischen Prinzipien einer Kamera oder des Auges bauen, könnte man mit einer 10 Meter langen Antenne bei einer Radarwellenlänge von 25 Zentimetern lediglich Gegenstände erkennen, die größer als 20 Kilometer sind. Das ist natürlich nicht akzeptabel. Umgekehrt sind Antennen von mehr als 10 Metern Länge für den Satelliteneinsatz zu groß und zu teuer. Daher haben sich die Ingenieure einen Trick einfallen lassen, indem sie die Antennenlänge – die Apertur des Systems – in Flugrichtung künstlich durch phasenrichtige Überlagerung vieler reflektierter Signale auf mehrere Kilometer verlängern. Man spricht dann von einem Synthetischen Apertur Radar oder kurz SAR. Heute arbeiten alle zivilen Radarsysteme auf Satelliten nach dem SAR-Prinzip.

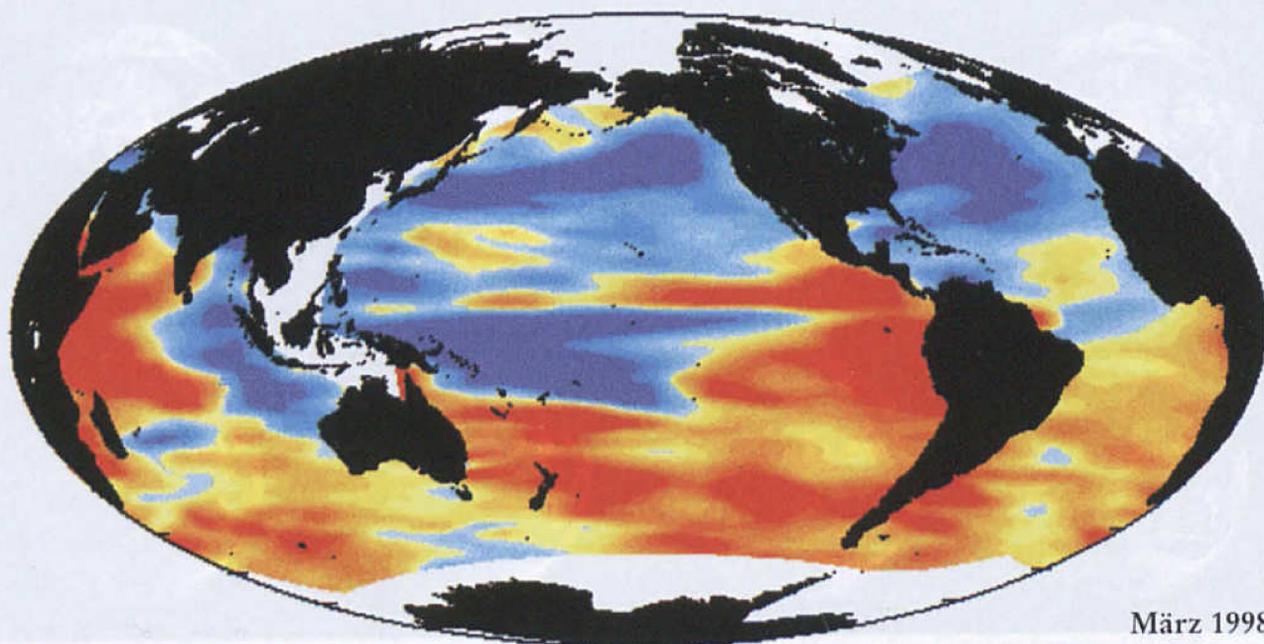
Wegen ihrer Fähigkeit, bei geschlossener Wolkendecke zu „sehen“, eignen sich Radarsysteme zur Schadenskartierung bei Flutkatastrophen, so etwa in China (Bild links unten).

Zur Zeit gibt es drei operationelle Radarsysteme weltweit: Den japani-

El Niño, eine Änderung der Strömungsrichtung im Pazifik, die warmes Oberflächenwasser (rote Farbe) nach Südamerika bringt, tritt alle drei bis acht Jahre auf und beeinflusst das Wetter in großen Teilen der Erde. Zum Jahreswechsel 1997/98 hat sich ein besonders ausgeprägtes Ereignis entwickelt, das von Satelliten aus gut vorhergesagt und beobachtet werden konnte. Die Bilder zeigen eine Meereshöhenbestimmung vom amerikanisch-französischen Topex-Poseidon-Satelliten aus. Der Aufbau des El-Niño-Phänomens ist gut zu erkennen.



März 1997



März 1998

schen J-ERS-1, die beiden ESA-Satelliten ERS-1 und ERS-2 sowie den kanadischen Radarsat. Alle vier Satelliten tragen monofrequente Radarsysteme – L-Band-Radar mit 23 Zentimetern Wellenlänge beziehungsweise C-Band-Radar mit 5,6 Zentimetern Wellenlänge. Die Daten entsprechen damit dem Stand der Schwarzweiß-Photographie.

Ein entscheidender Vorteil der kohärenten Beleuchtung des Radarbildes ist es, daß nicht nur eine Intensitätsinformation pro Bildpunkt zur Verfügung steht, sondern auch noch eine Phaseninformation, das heißt, eigentlich existieren zwei Bilder, ein Amplitudenbild und ein Phasenbild. Mathematisch wird das durch eine komplexe Zahl ausgedrückt, deren Realteil die Amplitudeninformation trägt, während der Imaginärteil die Phase beschreibt.

Die Auswertung der Phaseninformation hat der Fernerkundung vollkommen neue Anwendungen erschlossen und ist eines der attraktivsten Forschungsgebiete der Erdbeobachtung geworden. Phasendifferenzen von zwei oder mehr Aufnahmen des gleichen Gebietes (SAR-Interferometrie) erlauben, ähnlich wie aus Stereoaufnahmen in der Optik, dreidimensionale Ansichten der Erdoberfläche (DGM) zu erzeugen. Bildet man die Differenzen mehrerer Interferogramme, so kann man Verschiebungen im Subwellenlängenbereich (cm) darstellen. So gelang es erstmals, kleinste Krustenverschiebungen nach Erdbeben über große Gebiete sichtbar zu machen. Auch die Bewegungen von Gletschern sind visualisierbar.

EIS UND ÖL UND ANDERE NUTZUNGSBEISPIELE

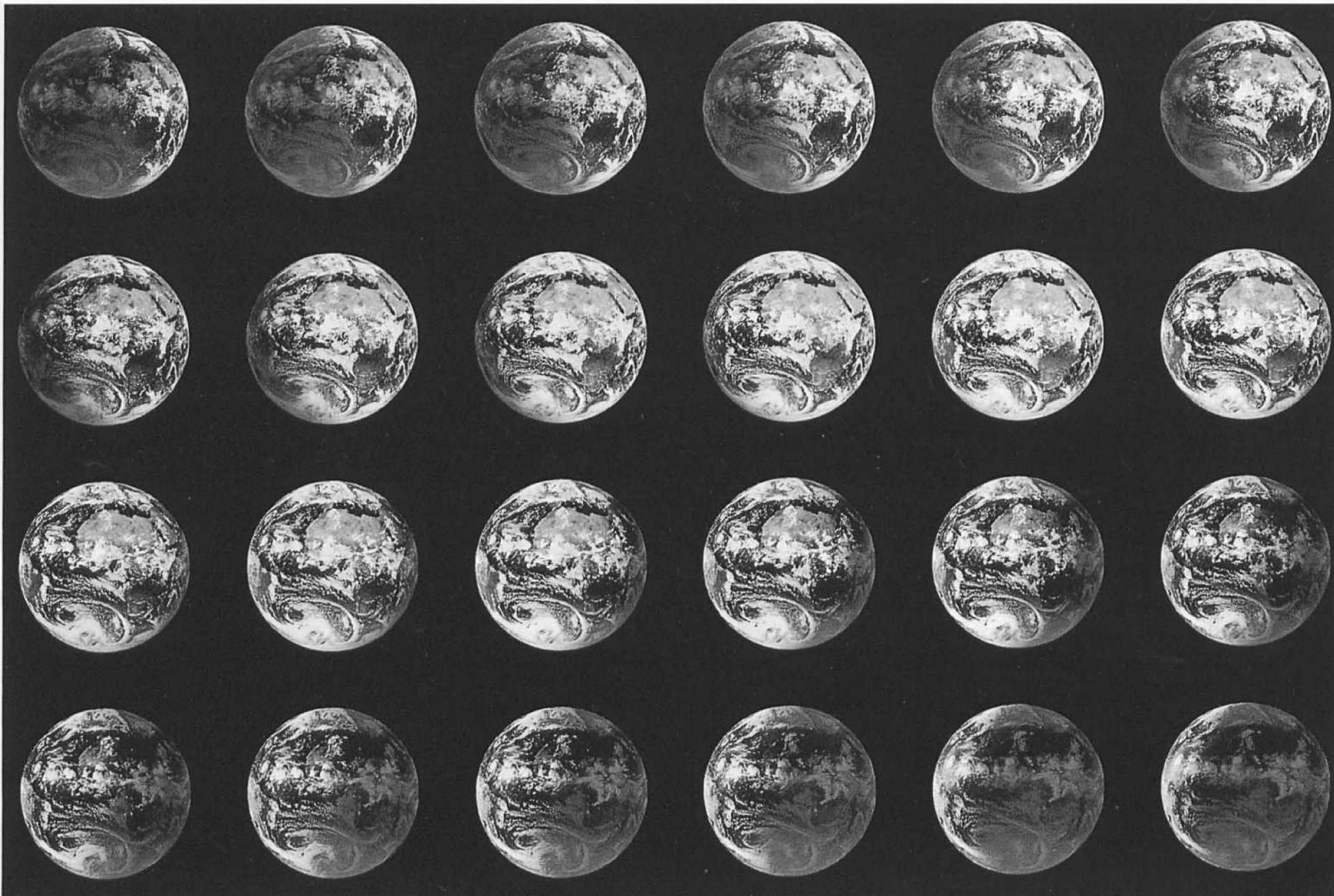
In der Antarktis wird mit den ERS-Satelliten und einer eigens eingerichteten Bodenstation ermittelt, ob eine globale Erwärmung der Atmosphäre zu einem Schmelzen des polaren Eises

führt. Auch Untersuchungen zu Meeresströmungen stehen auf dem ERS-Forschungsprogramm.

Umwelt und Umweltschutz dienen auch weitere Forschungsvorhaben, die mit den Satelliten ERS-1 und ERS-2 realisiert werden. Mit russischen Instituten und Pipeline-Betreibern wird



Das Falschfarbenbild der deutschen Infrarotkamera MOMS, aufgenommen aus der Raumstation MIR, zeigt die Mündung des Flusses Roper in Australien. Die roten Farben stehen für dichte Vegetation, die grau-grünen für vegetationsarme Flächen.



Das stündliche Bild der Erde, mit Afrika und Europa, von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang, „gesehen“ vom Satelliten METEOSAT.

an einer effektiveren Überwachung der Pipelines in den menschenleeren Regionen Sibiriens gearbeitet. Dort führen durch häufiges Gefrieren und Tauen große Druckkräfte zu Bodenbewegungen von bis zu einem Meter im Jahr: eine Gefahr für die Öl- und Gasleitungen. Durch Haarrisse austretendes Gas kann zu Feuer oder Explosionen führen.

Zunächst geht es um die Erkennung linienhafter Objekte wie Pipelines mit automatisierten Verfahren. Ferner sollen digitale Geländemodelle entwickelt werden, die eine rechtzeitige Erkennung von Veränderungen der Oberflächengeometrie in den betreffenden Regionen ermöglichen. Schon vor drei Jahren zahlte sich die Fernerkundung aus, als via Satellit der zeitliche Verlauf eines Pipeline-Lecks in Sibirien dokumentiert werden konnte.

In einem Nutzungsprojekt der interferometrischen Information wird untersucht, ob die Stabilität von Abraumhalden im Bergbau, die mit ihren oft toxischen Bestandteilen Siedlun-

gen und Grundwasser bedrohen, von Satelliten aus einfach und dauerhaft überwacht werden kann.

DIE VERMESSUNG DER ERDOBERFLÄCHE

In der „Shuttle Radar Topography Mission“ (SRTM) von NASA, DLR und der italienischen Raumfahrtagentur ASI soll die Fähigkeit des X-SAR-Radarsystems, mit seinen drei Zentimetern Wellenlänge präzisere, dreidimensionale Reliefmodelle der Erdoberfläche zu erstellen, in Ergänzung zu der größeren Wellenlänge des C-Bandes genutzt werden. SRTM ist die dritte Space-Shuttle-Mission, auf der die X-SAR-Technik verwendet wird – diesmal allerdings in einer wesentlich verfeinerten Weise.

Während das Stereobild sowohl bei den ERS-Satelliten als auch bei den ersten X-SAR-Einsätzen im Shuttle durch zwei zeitlich aufeinanderfolgende Überflüge des Zielgebiets hergestellt wurde, genügt dem neuen System ein einziger Überflug. Der ent-

scheidende Nachteil des bisherigen Verfahrens bestand darin, daß Meßprobleme entstanden, wenn sich etwa Vegetation infolge von Wettereinflüssen zwischen der ersten und der zweiten Messung verändert oder bewegt hatte. Bei einem zeitgleichen Abtasten mit zwei weit voneinander entfernten Sensoren entfallen diese Schwierigkeiten. Dazu werden zwei Radar-Empfangsantennen verwendet, von denen die eine an einem ausfahrbaren Mast des Space Shuttle befestigt wird. Mit 60 Metern ist er der bisher längste ausfahrbare Mast im All.

Ziel der elftägigen Mission ist die Erstellung eines computerverarbeitbaren Höhenmodells der gesamten Erdoberfläche mit einer Genauigkeit von bis zu sechs Metern. Nur Gebiete in hohen Breiten können nicht erfaßt werden. Der Start ist für September 1999 geplant.

Die Erkenntnis, daß der Mensch die Erde aktiv verändert und mit hoher Wahrscheinlichkeit das globale Klima innerhalb von etwa 100 Jahren Industrialisierung schon verändert

hat, löste weltweit intensive Forschungsanstrengungen aus. Nicht zuletzt die Eindrücke der Astronauten aus dem Weltraum machten klar, daß der Planet Erde ein abgeschlossener Lebensraum ist, mit dem und in dem man haushalten muß. Politiker und Wissenschaftler sind sich in der Zwischenzeit einig, daß die Lösung des Problems nur über eine nachhaltige Bewirtschaftung unseres Planeten zu erreichen ist. Auch die volkswirtschaftlich hohen Kosten, die zum Beispiel mit der Reduktion der CO₂-Emissionen verbunden sind, rechtfertigen genaue Untersuchungen der Ursache-Wirkungsbeziehungen und der zu erwartenden Folgen der Klimaveränderung.

GLOBALES UMWELT-MONITORING

Der Forschung und der operationellen Umweltbeobachtung kommt dabei die Rolle zu, die Grundlagen zu liefern, um auf fundierter Information beruhende politische Entscheidungen zu ermöglichen. Dazu werden Prozeßstudien gebraucht, um die Zusammenhänge zu verstehen, aber es bedarf auch des kontinuierlichen Umwelt-Monitorings, um den Globalen Wandel, einschließlich der Wirksamkeit von eingeleiteten Maßnahmen, zu belegen. Ebenso wäre es möglich, die Einhaltung von Umweltgesetzen vom Weltraum aus zu überwachen, so wie es bei den Agrarsubventionen der EU schon geschieht. Vielleicht ergeben sich solche Perspektiven im Nachgang zu den Umweltministerkonferenzen von Kyoto und Buenos Aires. Zur Überwachung des dort eingeleiteten Handels mit Emissionsrechten wird man ohne Satelliten nicht auskommen, zum Beispiel bei der Erfassung von CO₂-Quellen und -Senken und deren Leistungsvermögen.

Die Klimaforscher versuchen weltweit, mit den schnellsten Supercomputern verschiedene Teilsysteme der

Erde zu modellieren. Bisher ist es gelungen, mit relativ grobem Raster, Atmosphären- und Ozeanmodelle herzustellen und diese auch zu koppeln. Für alle Modelle werden globale Datensätze über längere Zeiten benötigt, um deren Richtigkeit zu prüfen. Die Modelle sind bereits so gut, daß auch kurzfristige, regionale Klimaänderungen, wie El Niño, gut vorhergesagt werden können (siehe Abbildung Seite 35 oben).

ENVISAT – UND DANACH

Ab 1999 wird der europäische Umweltsatellit ENVISAT das ERS-Programm fortführen. Untersuchungsobjekt wird auch die Ozonschicht in unserer Stratosphäre sein. SCIAMACHY, ein spezieller Sensor an Bord, soll die chemischen Prozesse im Zusammenhang mit der gefährlichen Ausdünnung oder einer eventuellen Erholung dieser Schicht untersuchen und zum allgemeinen wissenschaftlichen Verständnis der Vorgänge in der Atmosphäre, also zum Beispiel auch des Treibhauseffekts, beitragen. GOME, der kleine Bruder dieses Geräts, erfüllt übrigens seit 1995 erfolgreich seinen Dienst auf dem ERS-2-Satelliten.

Was folgt nach ENVISAT? Wann ein hochauflösendes Beobachtungsnetz kommt, ist nicht absehbar. Zunächst wird es eine Reihe von dedizierten Kleinsatelliten geben, die teils in privater, teils staatlicher Regie betrieben werden. Deutsche Forschungssatelliten sind BIRD, CHAMP und GRACE. Während es sich bei BIRD um einen Infrarotsatelliten zum Aufspüren von Waldbränden handelt, sollen die beiden anderen das Schwerefeld der Erde und damit eine einheitliche globale geodätische Bezugslinie und weitere Erdparameter bestimmen.

Wenn die statische Gestalt der Erde mit ausreichender Genauigkeit bekannt sein wird, liegt die Zukunft der

Fernerkundung sicher in der Erfassung von natürlichen und anthropogenen Veränderungen. Gerade letztere vollziehen sich mit immer größerer Geschwindigkeit – so etwa in Deutschland mit der täglichen Bodenversiegelung in der Größe von über 100 Fußballfeldern.

Oberflächen-Informationen aus einem Guß, wie sie mit Erdsatelliten erhältlich sind, werden zusammen mit weltraumgestützter Navigation und Kommunikation für Privatleute wie öffentliche Stellen zur Grundlage eines ressourcenschonenden Wirtschaftens und der Mobilität werden. □

ZITIERTE UND WEITERFÜHRENDE LITERATUR

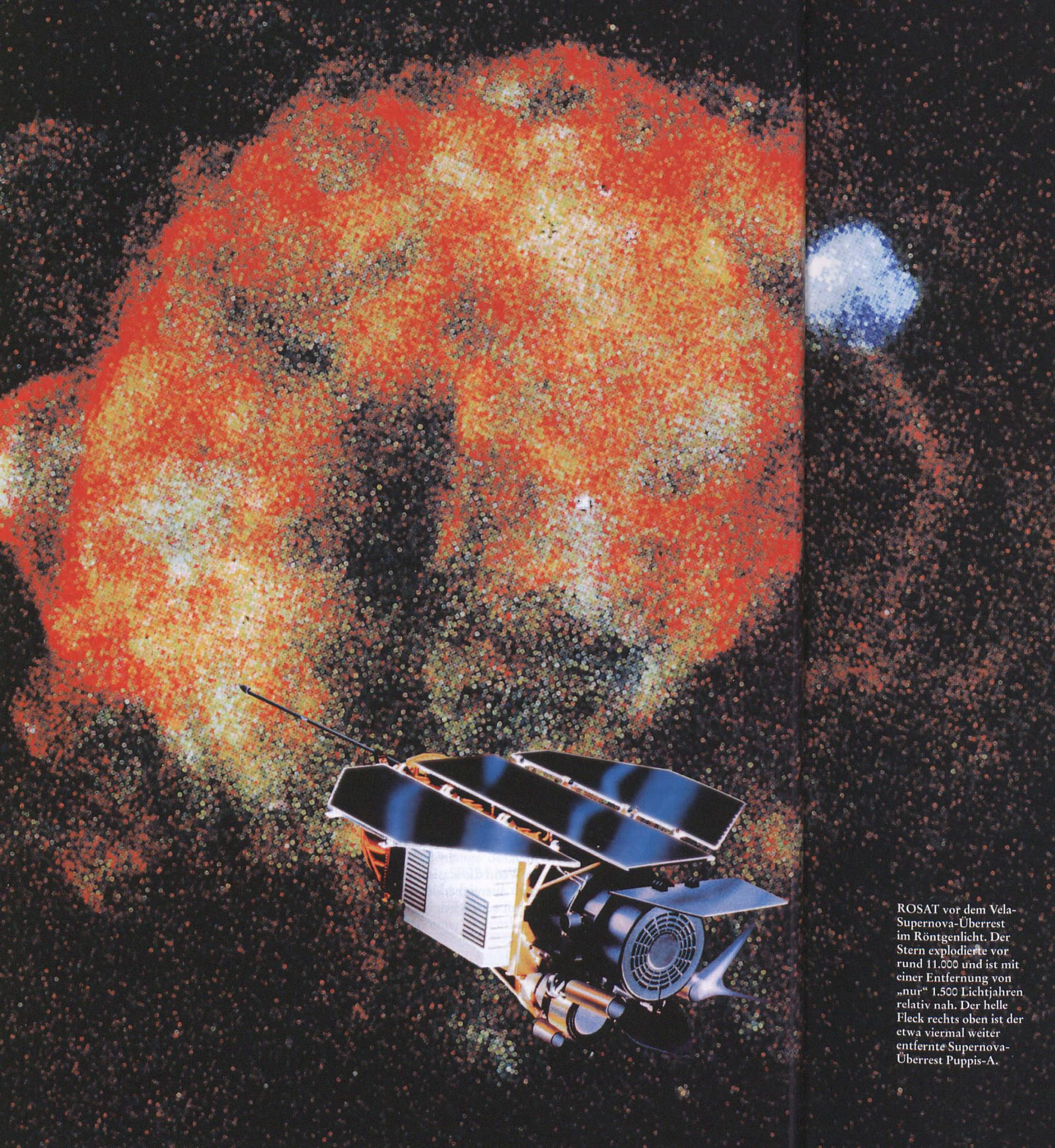
- Wallace S. Broecker: Plötzliche Klimawechsel. In: *Spektrum der Wissenschaft*, Januar 1996.
 Hartmut Graßl und Reiner Klingholz: *Wir Klimamacher – Auswege aus dem globalen Treibhaus*. Frankfurt a.M. 1990.
 Gottfried Konecny: Hochauflösende Fernerkundungssensoren für kartographische Anwendungen in Entwicklungsländern. In: *Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung*, Februar 1996.
 Herbert J. Kramer: *Observation of the Earth and Its Environment - Survey of Missions and Sensors*. Berlin, Heidelberg, New York 1996.
 Volker Liebig: Mission Erde – den Blauen Planeten im Visier. In: *GeoSpektrum* 1/1998.
 Wolfgang Noack: Geoarchäologie aus dem Weltraum – wenn der Satellit den Spaten ersetzt. In: *GeoSpektrum* 1/1997.
 Wolfgang Steinborn: Wo bin ich? – die Satellitennavigation ersetzt Kompaß, Atlas und Blindenstock. Eine Zukunftsvision. In: *Die Zeit*, 9. 4. 1998.

DIE AUTOREN

Volker Liebig, geboren 1956, Dr. rer. nat., ist Diplom-Geophysiker und leitet die Organisationseinheit „Erde“ des Programmdirektorats „Raumfahrt“ des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt in Bonn. Telefon: (0228) 447-633, E-Mail: Volker.Liebig@dlr.de.
 Wolfgang Steinborn, geboren 1949, Dr. rer. nat., ist Diplomphysiker und Manager für Angewandte Erdbeobachtung im Programmdirektorat „Raumfahrt“ des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt in Bonn. Telefon: (0228) 447-599, E-Mail: wolfgang.steinborn@dlr.de.
 Adresse des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR): Königswinterer Straße 522, 53227 Bonn, Fax (0228) 447-703.

SATELLITEN-FERNERKUNDUNG IM INTERNET

- Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum DFD, DLR: <http://www.dfd.dlr.de/>
 Intelligentes Satellitenbild-Informationssystem ISIS, DLR: <http://isis.dlr.de/>
 Europäische Union: <http://ewse.ceo.org/>
 Europäische Raumfahrtagentur ESA: <http://earthnet.esa.esrin.it>
 NASA Earth Science-Mission to Planet Earth: <http://www.hq.nasa.gov/office/mtpe/>



ROSAT vor dem Vela-Supernova-Überrest im Röntgenlicht. Der Stern explodierte vor rund 11.000 und ist mit einer Entfernung von „nur“ 1.500 Lichtjahren relativ nah. Der helle Fleck rechts oben ist der etwa viermal weiter entfernte Supernova-Überrest Puppis-A.

WELTRAUM • GESPRÄCH MIT JOACHIM TRÜMPER

KOSMISCHE SPAZIERGÄNGE

Die Erforschung der Galaxien und des Universums

JÜRGEN TEICHMANN IM GESPRÄCH
MIT JOACHIM TRÜMPER

Eines der größten deutschen Projekte in der Weltraumforschung war und ist der Röntgensatellit ROSAT, der unter Leitung von Professor Dr. Joachim Trümper, Direktor am Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik (MPE) in Garching bei München, entwickelt wurde. Es war nicht nur eines der größten Projekte vom finanziellen Aufwand her, sondern vor allem auch in bezug auf den wissenschaftlichen Erfolg und die wissenschaftliche Ausstrahlung. Professor Dr. Jürgen Teichmann, einer der Direktoren des Deutschen Museums und früher zuständig für den Bereich Astronomie, hatte Gelegenheit zu einem Gespräch mit Joachim Trümper.

Teichmann: Die Röntgenastronomie sieht den heißen Himmel. Welche Möglichkeiten hat die Röntgenastronomie gegenüber der niederenergetischen Astronomie vom UV- über den sichtbaren bis hin zum Radioastronomiebereich?

Trümper: In den verschiedenen Spektralbereichen dominieren ganz verschiedene Objekte und Phänomene: Im sichtbaren Licht sehen wir in erster Linie die heißen Oberflächen der Sterne – die bei Temperaturen von einigen tausend bis zigtausend Grad das Maximum ihrer Energieabstrahlung eben im sichtbaren Licht oder im Ultraviolett-Bereich haben. Im Infrarot-

bereich treten Objekte hervor, die niedrige Temperaturen besitzen – von einigen Kelvin aufwärts. In diesem Bereich sehen wir das kalte Universum. Im Gegensatz dazu erschließt der Röntgenbereich, wie Sie sagten, das heiße Universum. Die kosmischen Objekte, die wir mit ROSAT untersuchen, besitzen Temperaturen von einigen hunderttausend bis Milliarden Grad.

Teichmann: Was bedeuten diese Unterschiede zwischen kaltem, warmem und heißem Universum für das wissenschaftliche Erkennen des Geschehens im Weltall?

Trümper: Das Frappierende ist: Im Laufe der letzten Jahrzehnte hat sich herausgestellt, daß man in jedem der neuen Spektralbereiche auf eine Vielzahl neuartiger „Objekte und Phänomene“ gestoßen ist und Informationen über kosmische Zusammenhänge gewonnen hat, die mit der optischen Astronomie allein nicht zu erlangen gewesen wären. So sehen wir im Infraroten kaltes Gas, aus dem die Sterne kondensieren, sowie embryonale Sterne, im sichtbaren Licht dominieren die Sterne, die sich in ihrer nuklearen Brennphase befinden, und im Radiobereich und Röntgenbereich sehen wir die Endstadien massereicher Sterne – Neutronensterne und Schwarze Löcher. Ich sage immer ...

Teichmann: ... es gibt einen enormen Erkenntniszuwachs ...

Trümper: ... das ist doch das Ziel der Astrophysik, die Entwicklung des

Kosmos zu verstehen und herauszufinden, welche Prozesse dabei eine Rolle spielen. Nur wenn wir die Informationen aus den verschiedenen Spektralbereichen zusammen nehmen, können wir hoffen, am Ende das Ganze zu verstehen. Auf diesem Wege sind in den letzten Jahrzehnten große Fortschritte gemacht worden.

Teichmann: In welchem Umfang kann die Röntgenastronomie die optische ersetzen, oder besser: ergänzen?

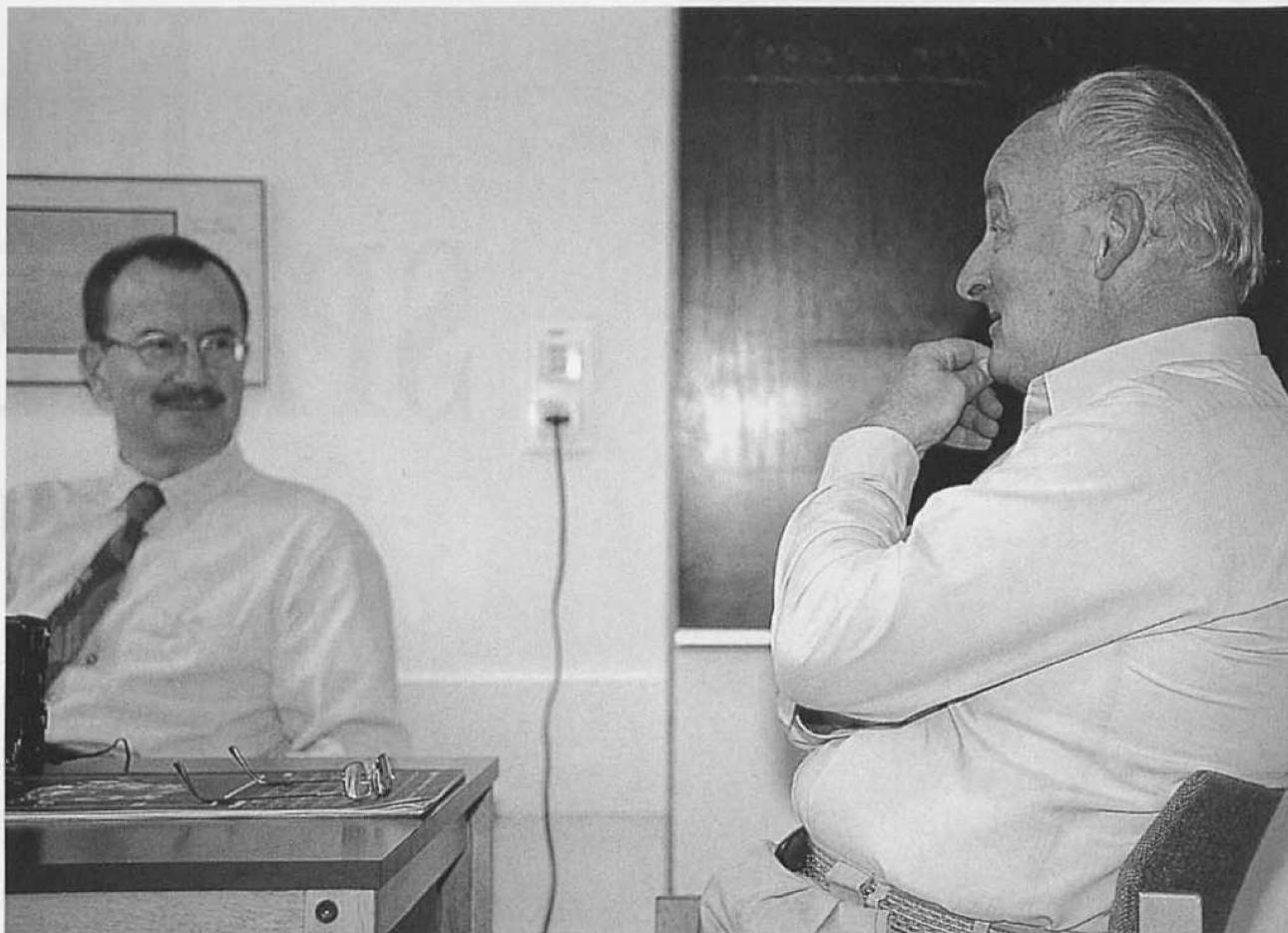
Trümper: Beides gehört zusammen. Um unsere Röntgenmessungen zu interpretieren, brauchen wir die optische Astronomie. Wir arbeiten sehr viel mit optischen Astronomen zusammen, aber auch mit Infrarot-, Radio- und Gamma-Astronomen. Die wellenlängen-übergreifende Astronomie ist in den letzten Jahrzehnten Realität geworden.

Teichmann: Wie würde die Gamma-Astronomie in das Erkenntnisinteresse passen, dessen Szenario Sie soeben beschrieben haben?

Trümper: Ich hatte vorhin über die thermische Strahlung gesprochen. Es gibt außerdem eine Vielzahl von nichtthermischen Prozessen im Kosmos. Man kann in diesem Zusammenhang vom „relativistischen Universum“ sprechen, in dem hochenergetische Elementarteilchen die Hauptrolle spielen. Von relativistischen Elektronen rührt ein großer Teil der kosmischen Radiostrahlung, die entsteht, wenn Elektronen in Magnetfeldern kreisen und dabei Synchrotronstrahlung emittieren. Stoßen extrem energetische Elektronen mit Photonen des Sternenlichts zusammen, so entsteht nichtthermische Röntgen- und Gammastrahlung. Gammastrahlung wird auch durch relativistische Protonen beim Zusammenstoß mit dem Gas und Staub der interstellaren Materie produziert.

Wir kennen eine Reihe von Objekten, die sowohl thermisch wie auch nichtthermisch in allen Spektralbereichen strahlen, zum Beispiel die Pulsare, das sind hochmagnetisierte, schnell rotierende Neutronensterne, oder die Quasare, das sind supermassive Schwarze Löcher in den Kernen von Galaxien, die ungeheure Mengen von Materie schlucken.

Teichmann: Der Schwerpunkt Ihrer Forschung liegt im Bereich der Röntgenastronomie. Der unter Ihrer Lei-



Jürgen Teichmann (links) bei Joachim Trümper im MPE in Garching.

tung entwickelte Röntgensatellit ROSAT mit dem weltgrößten Röntgenteleskop hatte sehr große Erfolge und ist weit länger als erwartet im Orbit. Welche Ergebnisse würden Sie als die wichtigsten ansehen?

Trümper: Also zunächst einmal haben wir mit ROSAT die erste tiefe, vollständige Durchmusterung des Röntgenhimmels gemacht. Wir haben dabei etwa 80.000 Röntgenquellen entdeckt – vorher waren durch Durchmusterungen des gesamten Himmels etwa 840 bekannt. Das ist eine Vermehrung des Wissens um einen Faktor 100. Vor allem konnten wir dabei neue Objektklassen entdecken, wie zum Beispiel Weiße Zwerge, auf deren Oberfläche stationäre Kernfusion abläuft. Außerdem hat es der Survey ermöglicht, zum ersten Mal räumlich sehr ausgedehnte Objekte, zum Beispiel Supernova-Explosionswolken oder nahe Galaxienhaufen, vollständig abzubilden.

Teichmann: Die vollständige Himmeldurchmusterung hat aber nur ein halbes Jahr gedauert ...

Trümper: ... so daß wir die Zeit danach genutzt haben, Detailbeobachtungen zu machen – seit über sieben Jahren. Dieses Programm ist äußerst erfolgreich gewesen: Wir haben insgesamt etwa 9.000 Felder am ganzen Himmel angeschaut. An der wissenschaftlichen Nutzung sind etwa 4.000 Wissenschaftler beteiligt, und es sind

bisher mehr als 3.000 Publikationen aufgrund von ROSAT-Beobachtungen erschienen. Die wissenschaftliche Ausstrahlung auf die verschiedenen Gebiete der Astrophysik ist beträchtlich.

Teichmann: Greifen Sie doch einfach einmal ein oder zwei Beispiele heraus.

Trümper: Die Entdeckung neuer Phänomene ist natürlich immer besonders interessant. So wurde 1996, also in einer späten ROSAT-Phase, erstmals Röntgenstrahlung von Kometen entdeckt, und zwar am Kometen Hyakutake. Dies war für Laien wie für Fachleute gleichermaßen überraschend, denn Kometen gelten ja als kalte Objekte – Fred Whipple (geboren 1906) hatte sie „Schmutzige Schneebälle“ genannt. Wie kann ein kaltes Objekt Röntgenstrahlung erzeugen? Zahlreiche Möglichkeiten wurden heiß diskutiert: Streuung von Röntgenstrahlung aus der Sonnenkorona aus Wasserdampf oder Staub der Kometenwolke (Koma), Erzeugung von Röntgenstrahlung durch Kollisionen von Staubbildern in der Kometenwolke, Beschleunigung hochenergetischer Elektronen an der Bugstoßwelle zwischen Kometenwolke und Sonnenwind mit anschließender Bremsstrahlungsemission und so weiter und so weiter.

Am Ende kam heraus, daß die Röntgenstrahlung aus dem Sonnenwind stammt, der auf die kalte Koma

trifft. Der Sonnenwind ist heiß und stellt ein hochionisiertes Plasma dar. Wenn seine Ionen auf Wassermoleküle der Koma treffen, kommt es zum Ladungsaustausch, das heißt, Elektronen gehen von Wassermolekülen auf die Ionen über und neutralisieren diese. Dabei entstehen hochangeregte Atome, die durch Röntgenemission in den Grundzustand übergehen. Letztlich kommt die Röntgenstrahlung durch die hohe Temperatur des Sonnenwindes (1 bis 2 Millionen Kelvin) zustande. Das hat vor den ROSAT-Beobachtungen niemand vorhergesagt, das hat niemand gewußt.

Teichmann: Aber über den Sonnenwind wußte man doch in etwa Bescheid ...

Trümper: Natürlich, seit Biermann. Ludwig Biermann (1907-1986) hat ihn ja gerade durch seine genaue Beobachtung der Ausrichtung von Kometenschweif entdeckt. Seitdem hat man viel durch direkte Messungen mit Raumsonden, zum Beispiel HELIOS, über den Sonnenwind gelernt und ebenso über Kometen, vor allem mit GIOTTO. Es sind ganze Bücher über diese Gebiete geschrieben worden. Aber an die Umladungsprozesse und die Emission von Röntgenstrahlung hat niemand gedacht. Oftmals ist die Natur viel erfinderischer als die menschliche Phantasie. Die Astronomiegeschichte ist voll von solchen Beispielen.

Teichmann: Sicher wär dies nicht das einzige Beispiel für eine Erstentdeckung oder ein wichtiges Forschungsergebnis.

Trümper: Nein, natürlich nicht. Ein anderes Phänomen ist die thermische Strahlung von Neutronensternen. Diese Sterne sind ja sehr klein – zehn Kilometer im Radius. Lev Landau (1909-1968), der Anfang der 30er Jahre zum ersten Mal über derartige Atomkerne mit stellaren Massen spekuliert hat, nannte sie im Gespräch mit Niels Bohr (1885-1962) „Unheimliche Sterne“, weil man sie nie würde sehen können. In der Tat schien es unmöglich, ein Objekt von 10 Kilometern Größe in vielen Lichtjahren Entfernung wahrzunehmen.

Teichmann: Das liegt jenseits des technisch Möglichen, dachte man.

Trümper: Dachte man. Daß dann Neutronensterne sichtbar wurden, verdanken wir der Entdeckung der Ra-

diopulsare durch Hewish und Bell im Jahre 1967. Radiopulsare stellen kosmische Leuchtfeuer dar, bei denen Radiostrahlungskeulen rotieren. Was man dabei sieht, ist die gerichtete Strahlung relativistischer Elektronen, die in den Magnetosphären dieser schnell rotierenden Objekte erzeugt wird. Von den circa 1.000 Radiopulsaren, die wir kennen, haben wir mit ROSAT bisher 34 auch im Röntgenbereich entdeckt; einige wenige sind auch im optischen und Gammabereich zu sehen, wobei diese Strahlung ebenfalls gebündelt ist und aus den Magnetosphären stammt.

Aber mit ROSAT ist es auch gelungen, bei einigen dieser Neutronensterne eine zusätzliche thermische Komponente zu entdecken, die von der heißen Oberfläche stammt. Dabei handelt es sich um ein Relikt ihrer Entstehung. Denn Neutronensterne werden sehr heiß geboren und besitzen nach Hunderttausenden von Jahren noch eine Temperatur von einer Million Grad. Daß wir die Oberflächen dieser winzigen Objekte sehen können, liegt an dieser hohen Temperatur, denn nach dem Stefan-Boltzmannschen Gesetz (Josef Stefan, 1835-1893; Ludwig Boltzmann, 1844-1906) nimmt die Abstrahlung eines Körpers mit der vierten Potenz der Temperatur ($L \sim T^4$) zu.

Das Aufregende an der Sache ist, daß man nunmehr Neutronensterne so sieht wie normale Sterne und daß die Neutronenstern-Atmosphären genauso spektroskopisch untersucht werden können, wie Albrecht Unsöld (1905-1995) dies bei den normalen Sternen getan hat. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, die chemische Zusammensetzung und die Gravitationsfelder von Neutronensternen zu bestimmen. Wegen der beschränkten Spektralauflösung von ROSAT können wir das allerdings im Moment noch nicht umsetzen.

Teichmann: Noch nicht. Die Betonung liegt auf *noch*.

Trümper: Ja, mit der nächsten Generation von Röntgensatelliten werden wir ein ganzes Stück weiterkommen. Sie besitzt nicht nur eine erheblich höhere Empfindlichkeit, sondern auch eine bessere spektrale Auflösung, die es gestatten wird, Spektrallinien und charakteristische Absorptionskanten von Elementen zu messen.

Teichmann: Welche Erkenntnisse versprechen Sie sich ganz konkret?

Trümper: Wir wissen bereits heute, daß die Materiedichte im Zentrum eines Neutronensterns größenordnungsmäßig mindestens drei bis fünfmal über der Dichte von Atomkernen liegt. Im Grunde sind Neutronensterne nichts anderes als riesige Atomkerne, die zusätzlich noch durch die Gravitation zusammengepreßt werden. Wie groß die Dichte im Zentrum genau ist, hängt von der Elementarteilchenphysik ab, die sich dort abspielt, das heißt vom Verhalten der Teilchen bei sehr hohen Energien und kleinen Abständen. Und das ist bisher nicht genau bekannt. Dafür gibt es sehr verschiedene Modelle. Durch die Messungen von Neutronensternmassen und -radien, kann man diese Modelle einschränken, und das ist für die Elementarteilchenphysik ebenso interessant wie für die Astrophysik. ROSAT hat in den letzten acht Jahren den Zugang zu diesen Möglichkeiten eröffnet.

Teichmann: Wollen Sie uns ein Beispiel nennen?

Trümper: Unser Lieblingsobjekt ist in diesem Zusammenhang ein Neutronenstern, der in der Supernova-Explosionswolke Puppis A im Sternbild Vela (Segel) zu finden ist (siehe Bild Seite 38/39). Bei diesem Objekt haben wir mit ROSAT eine thermische Strahlung gemessen, die einer Oberflächentemperatur von 1,5 Millionen Grad entspricht. Kürzlich haben wir entdeckt, daß die Strahlung schwach moduliert ist, das heißt zeitlich schwankt, und zwar mit einer Periode von 72 Millisekunden. Dies muß die Umdrehungsperiode des Neutronensterns sein. Gleichzeitig gelang es, über einen längeren Zeitraum die Verlangsamung dieser Rotation zu messen, und daraus kann man das Alter (8.000 Jahre) und das Magnetfeld (2 Billionen Gauß) des Neutronensterns abschätzen. Dies ist ein bei Radiopulsaren bewährtes Verfahren, das hier zum ersten Mal auf einen Neutronenstern angewandt wird, der allein im Röntgenbereich zu sehen ist. Wir vermuten, daß dieser Stern auch nichtthermische Radiostrahlung aussendet, daß uns jedoch sein Leuchtfeuerstrahl verfehlt.

Insgesamt haben wir bisher bei neun Neutronensternen die Tempera-

turstrahlung von der Oberfläche entdeckt. Vier davon sind Radiopulsare, drei sind Röntgenquellen in Supernova-Überresten, darunter der Stern in Puppis A. Damit ist auch die Vorstellung, daß Neutronensterne in Supernova-Explosionen geboren werden, weiter erhärtet worden.

Teichmann: Wie würden Sie das Sternenleben einem Nicht-Physiker erklären?

Trümper: Massereiche Sterne explodieren am Ende der Sternentwicklung. Wenn das nukleare Brennen zu Ende geht, dann implodiert der Kern, und die Hülle wird in einer gewaltigen Explosion weggeschleudert. Die Explosionswolken kann man überall in der Milchstraße besichtigen. Davon kennen wir einige hundert. Man sieht sozusagen das kosmische Feuerwerk der Sternexplosionen, die sich in den letzten zigtausend Jahren ereignet haben. Die dabei produzierten Neutronensterne sind zuweilen in den Supernova-Explosionswolken zu finden. Man hat also einen kompakten Kern, den Neutronenstern mit seiner überdichten Materie, und man hat eine riesengroße, heiße Explosionswolke, die sich in das umgebende Medium hinein

ausbreitet. Die größten Supernova-Explosionswolken, die wir am Himmel sehen, haben Durchmesser von einigen 100 Lichtjahren.

Teichmann: Sie haben mit neuen Erkenntnissen bei Kometen und mit der Entdeckung zuvor unbekannter Supernovaresten spannende Ergebnisse geschildert, die uns ROSAT beschert hat. Wie lange wird ROSAT noch funktionsfähig sein?

Trümper: Das wissen wir nicht. Es kann sein, daß es bald zu Ende geht. ROSAT ist inzwischen ein sehr alter Satellit. Er war auf zwei Jahre ausgelegt, hat aber über acht Jahre hervorragend funktioniert. Er ist unter den wissenschaftlichen Satelliten ein Methusalem, vor allem unter denen in einer erdnahen Umlaufbahn. ROSAT kreist in anderthalb Stunden um die Erde, hat also 16 Schattenperioden am Tag und etwa 50.000 Schattenphasen insgesamt erlebt, wodurch zum Beispiel die Bordbatterie strapaziert wird.

Teichmann: Das bedeutet auch sehr starke Temperaturunterschiede ...

Trümper: ... die den Satelliten zusätzlich belasten. Deswegen ist die Lebensdauer der erdnahen Satelliten im allgemeinen nicht sehr groß. Tatsäch-

lich haben wir in den letzten Wochen Betriebsschwierigkeiten gehabt. Wir wissen noch nicht, wie sie überwunden werden können. Es ist wie bei einem alten Menschen: Der Satellit wird therapiert, er wird von der Bodenstation der DLR mit unserer und der Industrie Unterstützung gepflegt und gehegt. Weil ROSAT hervorragend konzipiert und konstruiert wurde und weil es reprogrammierbare Bordcomputer und Redundanzen in allen wichtigen Systemen gab, konnten Ausfälle immer wieder kompensiert und die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit erhalten werden.

Teichmann: Bei diesem bewundernswerten Alter stellt sich natürlich die Frage: Wie geht es weiter? Soweit ich informiert bin, sind drei junge Nachfolger von ROSAT geplant. Was ist der Stand der Planungen? Was werden die neuen Satelliten zusätzlich leisten können.

Trümper: Die instrumentelle Entwicklung geht natürlich immer weiter, und wir haben in der Tat drei Nachfolge-Satelliten. Einer ist ein nationaler Kleinsatellit mit dem Namen ABRIXAS (*A Broadband Imaging X-Ray All Sky Survey*), der die spezielle Aufgabe hat, den ROSAT-Survey im Bereich höherer Frequenzen, höherer Photonen-Energie zu ergänzen ...

Teichmann: ... also die Durchmusterung des Himmels zu vervollständigen.

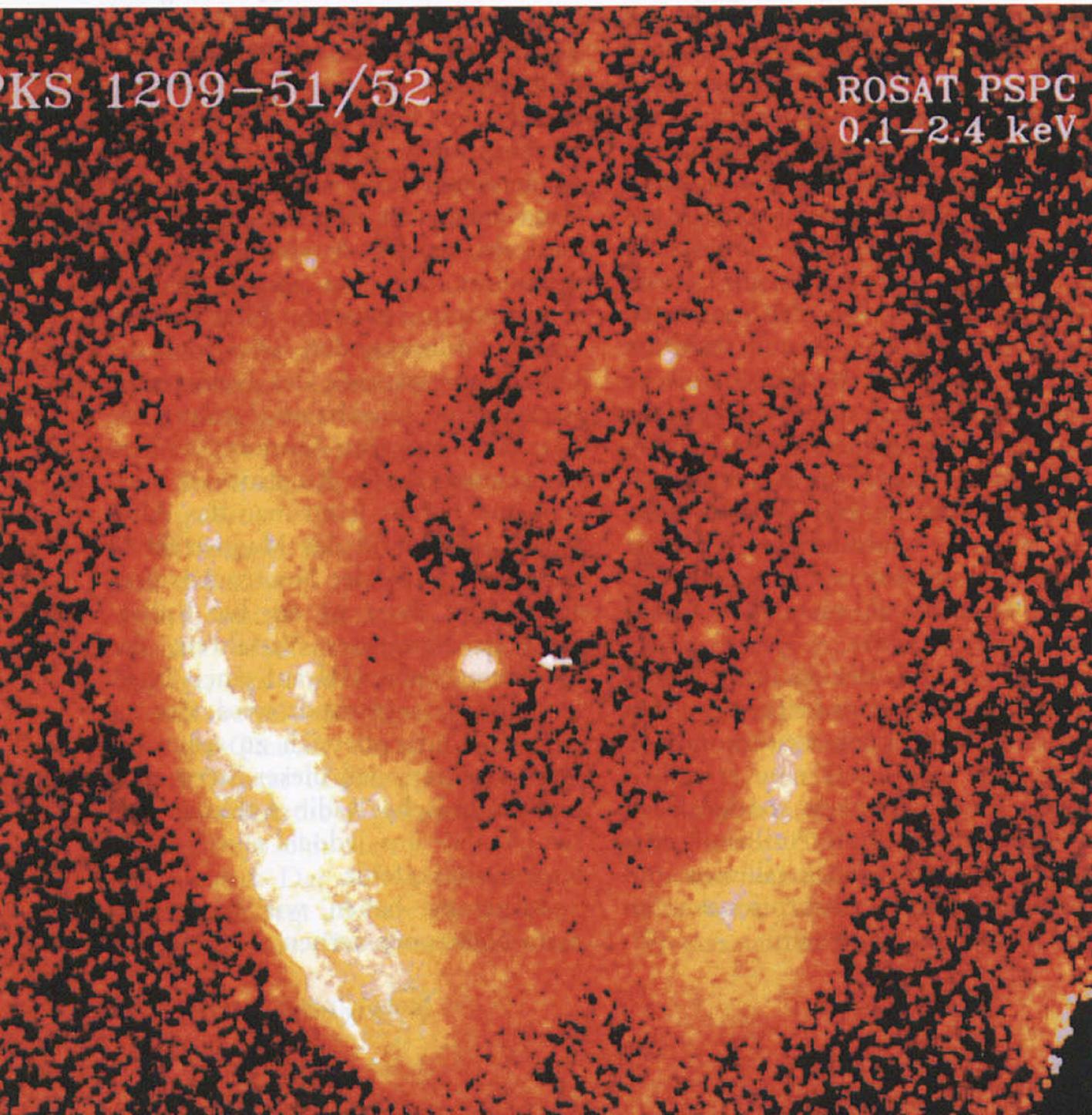
Trümper: Richtig. Dieser Satellit soll im kommenden Frühjahr gestartet werden. Er verfügt über neuartige Instrumente, speziell über eine Röntgen-CCD-Kamera (CCD = *Charged Coupled Devices*), die wir hier im Institut entwickelt haben. Sie tritt an die Stelle des Proportionalzählers, den wir auf ROSAT verwendet haben, und auch das Spiegelsystem zur Abbildung der Röntgenstrahlung ist anders konstruiert. In der Praxis heißt das, daß es mehr Röntgenlicht sammeln kann. Von ABRIXAS, den wir zusammen mit dem Astropysikalischen Institut in Potsdam und der Universität Tübingen realisieren und wissenschaftlich betreuen, versprechen wir uns sehr viel.

Teichmann: Bei der *European Space*

Der Supernova-Überrest PKS 1209-51/52 mit einer Ausdehnung von fast 150 Lichtjahren. Im Zentrum (Pfeil) der bei der Explosion entstandene Neutronenstern.

PKS 1209-51/52

ROSAT PSPC
0.1-2.4 keV



Agency (ESA) ist ein großes Projekt weit fortgeschritten, das Anfang 2000 gestartet werden soll ...

Trümper: Ja, XMM (*X-ray Multi-Mirror Mission*). Das ist ein Riesensatellit, der eine gewaltige Sammelfläche besitzt. Unser Institut ist bei diesem Projekt für die wissenschaftliche Optimierung der Spiegelsysteme verantwortlich. In unserer Testanlage PANTER werden sie getestet. Vor allem aber haben wir die neuartige Röntgen-CCD-Kamera, die auch bei ABRIXAS zum Einsatz kommt, ursprünglich für XMM entwickelt.

Teichmann: Was sind die wichtigsten Aufgaben der neuen Missionen?

Trümper: ABRIXAS hat gegenüber ROSAT zwei Vorteile: Sein Energiebereich erstreckt sich bis zu wesentlich höheren Energien – 12 Kilo-Elektronenvolt (keV) anstatt 2,4 keV. Diese Strahlung durchdringt die absorbierenden Gas- und Staubwolken in unserer Milchstraße, speziell in Richtung zum galaktischen Zentrum, ebenso wie die absorbierende Materie in der Umgebung vieler Quasare. Das bedeutet, wir werden mit ABRIXAS eine Menge Quellen sehen, die für ROSAT verborgen waren. Außerdem hat der ABRIXAS-CCD-Detektor eine wesentlich bessere Energieauflösung als der auf ROSAT. Das ermöglicht eine wesentlich bessere Plasma-Diagnostik. Zum Beispiel können wir damit die prominente Eisenlinie bei 6,7 keV messen, die viele kosmische Quellen aufweisen und die von Eisen-Ionen emittiert wird, die nur noch ein Hüllenelektron besitzen.

Teichmann: Nur noch ein Elektron!

Trümper: Wir sprechen deshalb von wasserstoffähnlichem Eisen. Mit Hilfe dieser Linie kann man zum Beispiel die Eisenhäufigkeit in entfernten Objekten wie Galaxienhaufen messen.

Teichmann: Und das dritte Projekt ...

Trümper: ... an dem wir beteiligt sind, ist AXAF (*Advanced X-Ray Astrophysics Facility*), ein Projekt der NASA. Das ist ein amerikanischer Riesensatellit, dessen Start für das kommende Frühjahr vorgesehen ist. Er hat eine sehr hohe Winkelauflösung. Mit ROSAT hatten wir ungefähr fünf Bogensekunden Winkelauflösung, mit AXAF erreicht man 0,5 Bogensekunden.

Teichmann: Wie ergänzen sich die Aufgabenbereiche der drei Projekte?

Trümper: Wenn alles nach Plan geht, haben wir demnächst eine wunderbare Situation, an der sich viele Astrophysiker erfreuen werden: ABRIXAS macht eine vollständige Himmeldurchmusterung und findet viele neue Quellen, die ebenso wie die bereits bekannten ROSAT-Quellen mit XMM und AXAF genauer studiert werden können. Beide Satelliten besitzen komplementäre Eigenschaften. Während AXAF eine Art HUBBLE-Weltraumteleskop im Röntgenbereich ist, also eine hohe Auflösung aufweist, besitzt XMM eine große Sammelfläche. Letztere ist für die Spektroskopie und die Messung von Zeitvariationen entscheidend. Mit den neuen Instrumenten können wir auch ohne zusätzliche optische Messungen entscheiden, ob ein Objekt ein Stern oder ein Quasar ist.

Teichmann: Ein besonders spannendes Thema ist die Dunkle Materie. Meines Wissens hat die Röntgenastrophysik auch etwas über die Lokalisierung der Dunklen Materie aussagen können.

Trümper: Das ist ein anderes großes Feld, das wir mit ROSAT beackert haben, und die wesentlichen neuen Erkenntnisse kommen dabei von Messungen an Galaxienhaufen. Dies sind Ansammlungen von Hunderten oder Tausenden von Galaxien, die durch die Gravitation zusammengehalten werden. Man hat schon in der Frühzeit der Röntgenastronomie festgestellt, daß Galaxienhaufen ein heißes Plasma enthalten, das das Volumen des ganzen Haufens ausfüllt und eine ausgedehnte Quelle intensiver Röntgenstrahlung ist. Bemerkenswert ist, daß die Masse des röntgenemittierenden Plasmas etwa dreimal größer ist als die in sämtlichen Galaxien. Aus der räumlichen Dichte- und Temperaturverteilung des heißen Plasmas kann man ableiten, wieviel Materie insgesamt vorhanden sein muß, damit das Gebilde zusammengehalten wird. Dabei ergeben sich Werte, die noch einmal um einen Faktor drei bis vier größer sind, als die gesamte sichtbare Materie. Der unsichtbare Anteil ist die Dunkle Materie, die bereits in den 30er Jahren von Fritz Zwicky (1898-1974) postuliert wurde. Aus den Röntgenmessungen, insbesondere denen mit ROSAT, haben wir Genaueres über die Menge der Dunklen Ma-

terie und ihre Verteilung gelernt.

Teichmann: Daß sie in und zwischen den Galaxien vorhanden sein muß.

Trümper: Muß. Es ist bemerkenswert, daß ein beträchtlicher Teil der ursprünglich von Zwicky vermuteten Dunklen Materie im Röntgenbereich entdeckt wurde, also als heiße Materie, die man im optischen Spektralbereich nicht sieht.

Teichmann: Das ist ein bemerkenswerter Erkenntnisfortschritt.

Trümper: Ja, aber wir haben längst noch nicht alles erkannt. Vor allem ist



unklar, was hinter der Dunklen Materie steckt: Sind es massebehaftete Neutrinos, Axionen oder irgendwelche andere Teilchensorten? Vielleicht verstecken sich dahinter auch ganz andere Überraschungen. Oftmals ist es ja in der Astronomie so, daß das Verstehen ihrer Rätsel zu ganz neuen Erkenntnissen führt.

Teichmann: Welche Rätsel gibt es für Sie persönlich?

Trümper: Unverstanden ist, wie die Galaxien entstanden sind – und wann. Welche Rolle haben dabei die Quasare gespielt, die bereits in sehr frühen Phasen der kosmischen Entwicklung existiert haben? Sind die supermassiven Schwarzen Löcher in den Kernen von frühen Galaxien gewachsen oder sind sie zuerst entstanden und haben bei der Galaxienentstehung als Kondensationskeime gewirkt?

Teichmann: Die Rätsel sind oft für Laien das, was die Astronomie so spannend macht. Und die Rätsel in der Astronomie sind fast faszinierender als die Lösungen, die im Augenblick zu sehen sind. Herr Trümper, wir danken Ihnen für das Gespräch. □

BLICKE INS UNSICHTBARE ALL

Wie das Röntgenteleskop ROSAT funktioniert

VON GERHARD HARTL

Bilder von der uns wahrnehmbaren Umwelt im Bereich des sichtbaren Lichtes sind uns eine vertraute Angelegenheit. Abbildungen von Gegenständen im Röntgenlicht sind uns als medizinische oder werkstofftechnische Untersuchungsergebnisse ebenfalls vertraut. Dennoch funktioniert hier der Vorgang des Abbildens anders.

Bilder im Bereich des sichtbaren Lichts entstehen, wenn Licht durch optische Bauteile (Linsen oder Spiegel) auf eine lichtempfindliche Fläche (Netzhaut des Auges, Photoschicht eines Films und so weiter) „abgebildet“ wird. Dabei wird Licht nach seiner Richtung gewissermaßen „sortiert“: Licht, welches aus einer bestimmten Raumrichtung kommt, wird auf der Bildfläche in einem bestimmten Bildpunkt zusammengeführt. Die Summe der Bildpunkte ergibt dann die flächenhafte Abbildung.

Medizinische Röntgenbilder dagegen sind strenggenommen keine Abbildungen, die vom Inneren unseres Körpers gemacht werden, sondern nur Schattenbilder. Der Ausdruck „Durchleuchten“, welcher im Volksmund für die Röntgenuntersuchung auch verwendet wird, ist treffender: Röntgenstrahlen werden durch den abzubildenden Gegenstand geschickt und unmittelbar dahinter von einer röntgenstrahlenempfindlichen Filmschicht registriert. Die Bereiche, in denen Röntgenlicht stärker absorbiert wird, erscheinen dunkel (zum Beispiel Knochen), Bereiche geringer Absorption erscheinen hell. Auf diese Weise erhält man Bildinformatio-

nen vom Inneren eines Körpers.

Was man so erhält, ist also keine Abbildung, sondern ein Schattenbild mit Intensitätsstufen. Die Richtungsinformation kommt in diese Abbildung nur durch den Schattenwurf auf der unmittelbar hinter dem Gegenstand liegenden Speicherfläche.

Mit dieser Methode ist es indessen nicht möglich, eine Abbildung des Himmels im Röntgenlicht zu erhalten. Die Röntgenquellen liegen sehr weit entfernt. Die von ihnen ausgesandte Strahlung muß ähnlich wie im sichtbaren Licht nach der Richtung getrennt und auf einen Punkt zusammengeführt werden.

Röntgenstrahlen, die flach auf eine sehr glatte Oberfläche treffen, werden von dieser reflektiert. Gibt man der Oberfläche die Form eines Paraboloids, entsteht zwar eine Art Bild. Dieses ist aber verzerrt und damit unbrauchbar.

1951 gelang es dem Physiker Hans Wolter (1911-1978) an der Universität Kiel, eine Methode zu entwickeln, mit der auch brauchbare Abbildungen im Röntgenlicht möglich sind. Dies geschah aber nicht mit der Zielsetzung, ein Teleskop für Röntgenstrahlung zu bauen. Vielmehr galt Wolters Interesse einem leistungsfähigen Mikroskop für Röntgenstrahlung.

Bei der Wolterschen Anordnung wird hinter das Paraboloid ein Hyperboloid gesetzt, welches die Röntgenstrahlung nochmals reflektiert. Die Hyperboloidfläche wirkt gewissermaßen wie ein Korrekturspiegel. Wolter scheiterte zwar bei seinem Versuch, tatsächlich ein nach diesem Prinzip arbeitendes Röntgenmikroskop zu bauen, denn die Spiegeloberflächen konnten in den 50er

Jahren noch nicht mit der erforderlichen Genauigkeit hergestellt werden.

Die notwendige Genauigkeit zu erzielen, ist so schwierig, weil Röntgenstrahlung eine etwa 1.000mal kleinere Wellenlänge als sichtbares Licht hat. Röntgenoptiken müssen deshalb auch viel glatter sein, da sonst keine gezielte Reflexion, sondern Streuung auftritt.

Bei der Firma Carl Zeiss wurden Ende der 60er Jahre für die Herstellung von Röntgenoptiken neue Schleif- und Poliermethoden entwickelt. Damit war es möglich, erstmals ein Röntgenteleskop nach dem Wolterprinzip herzustellen. Ein solches wurde 1973 an Bord der amerikanischen Raumstation Skylab erfolgreich eingesetzt.

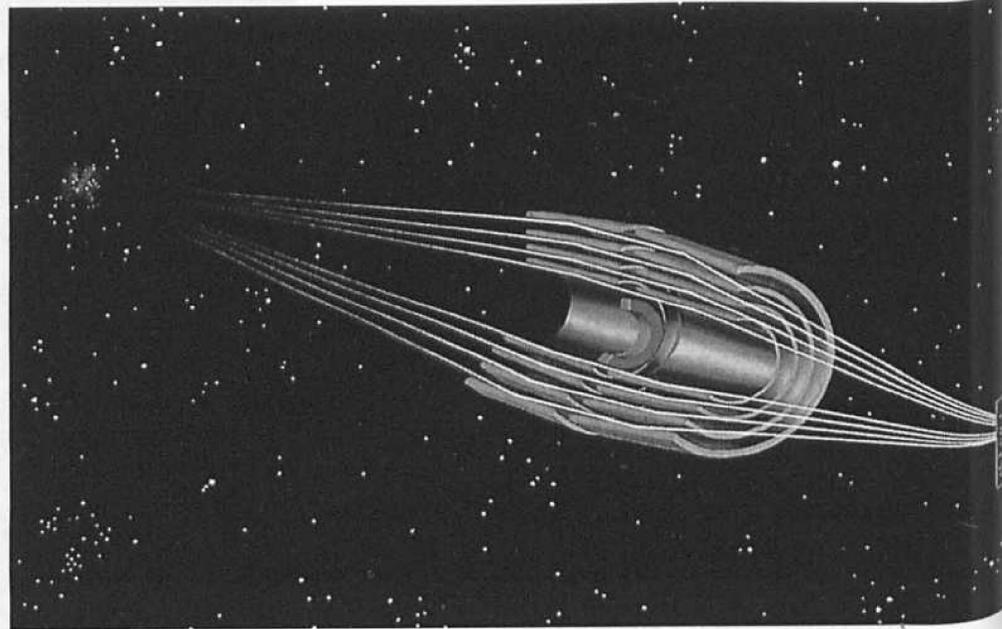
Die Erdatmosphäre ist für kosmische Röntgenstrahlung undurchlässig. Deshalb ist es in der Röntgenastronomie erforderlich, die Beobachtungsinstrumente im Weltall zu betreiben. Die ersten, mit kleineren Wolterteleskopen ausgestatteten Satelliten waren das „Einstein-Observatorium“ HEAO-2 und EXOSAT.

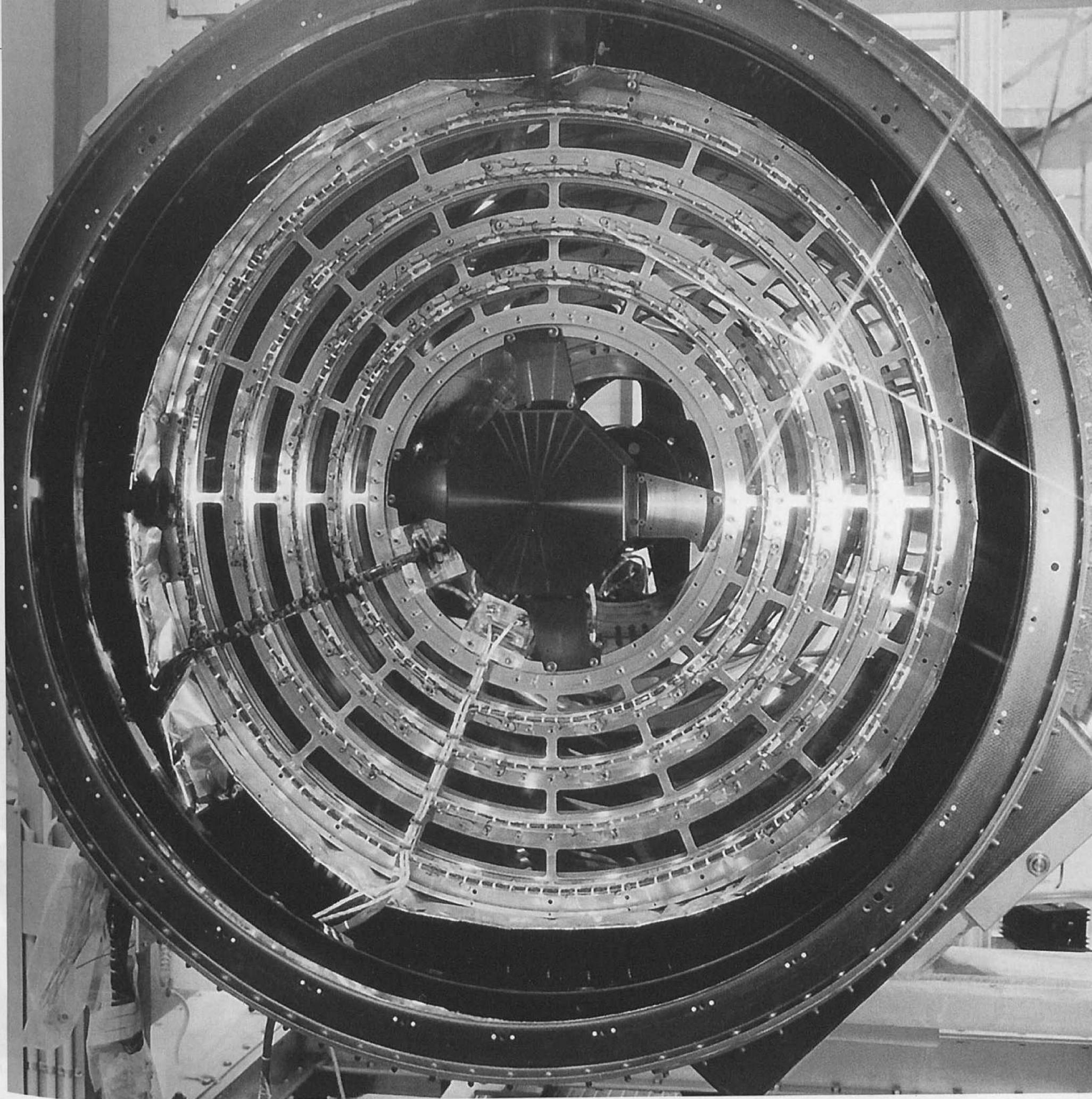
Das Herzstück des ROSAT-Röntgenteleskops besteht aus vier ineinandergeschachtelten

Paraboloid-Hyperboloid-Spiegeln (siehe Abbildung rechts) aus dem keramischen Werkstoff Zerodur. Dieses Material behält auch bei sehr großen Temperaturunterschieden seine Form. Es schrumpft weder bei Kälte, noch dehnt es sich bei Hitze aus. Die Ineinanderschachtelung von vier Teleskopen erhöht die Intensität der Röntgenstrahlen im Focus.

Die optisch wirksamen Flächen sind zur Verbesserung der Reflektivität mit Gold bedampft. Die Qualität dieser Oberflächen ging ins Guinness-Buch der Rekorde ein: Ihre Reistrauhigkeit ist kleiner als 0,3 Nanometer ($0,3 \times 10^{-9}$ Meter, dies sind nur einige Atomdurchmesser). Die größte Öffnung des Teleskops beträgt 83 Zentimeter, die Länge der Spiegelschalen 50 Zentimeter, die Brennweite 2,4 Meter, das Gesichtsfeld 2 Grad, das Winkelauflösungsvermögen 3,5 Bogensekunden. Der Meßbereich umfaßt 0,1-2,5 Kiloelektronenvolt (keV) Röntgenenergie, dies entspricht einer Wellenlänge von 12,4 bis 0,5 Millionstel Millimeter.

Unter der wissenschaftlichen Leitung des Max-Planck-Instituts für Extraterrestrische Physik in Garching nahm das Pro-





Blick auf die Eintrittsöffnung des ROSAT-Teleskops mit den vier ineinandergeschachtelten, kreisförmigen Parabol-Hyperbol-Spiegelpaaren. Links das Funktionsprinzip, wie die Röntgenpartikel hin zum Proportionalzähler reflektiert werden.

jekt folgenden zeitlichen Verlauf: Der erste Zuwendungsbescheid des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT) kam im September 1980, die Konzeptionsphase dauerte von 1980 bis 1982, das Ingenieurmodell wur-

de in den Jahren 1982 bis 1985, die Flugeinheit in den Jahren 1985 bis 1987 gebaut. Die Zählerkalibrierung erfolgte in den Jahren 1988 bis 1990 und ein Funktionstest mit dem Satelliten 1989/1990. Am 1. Juni 1990 flog ROSAT mit einer DELTA-II-Rakete in den Orbit.

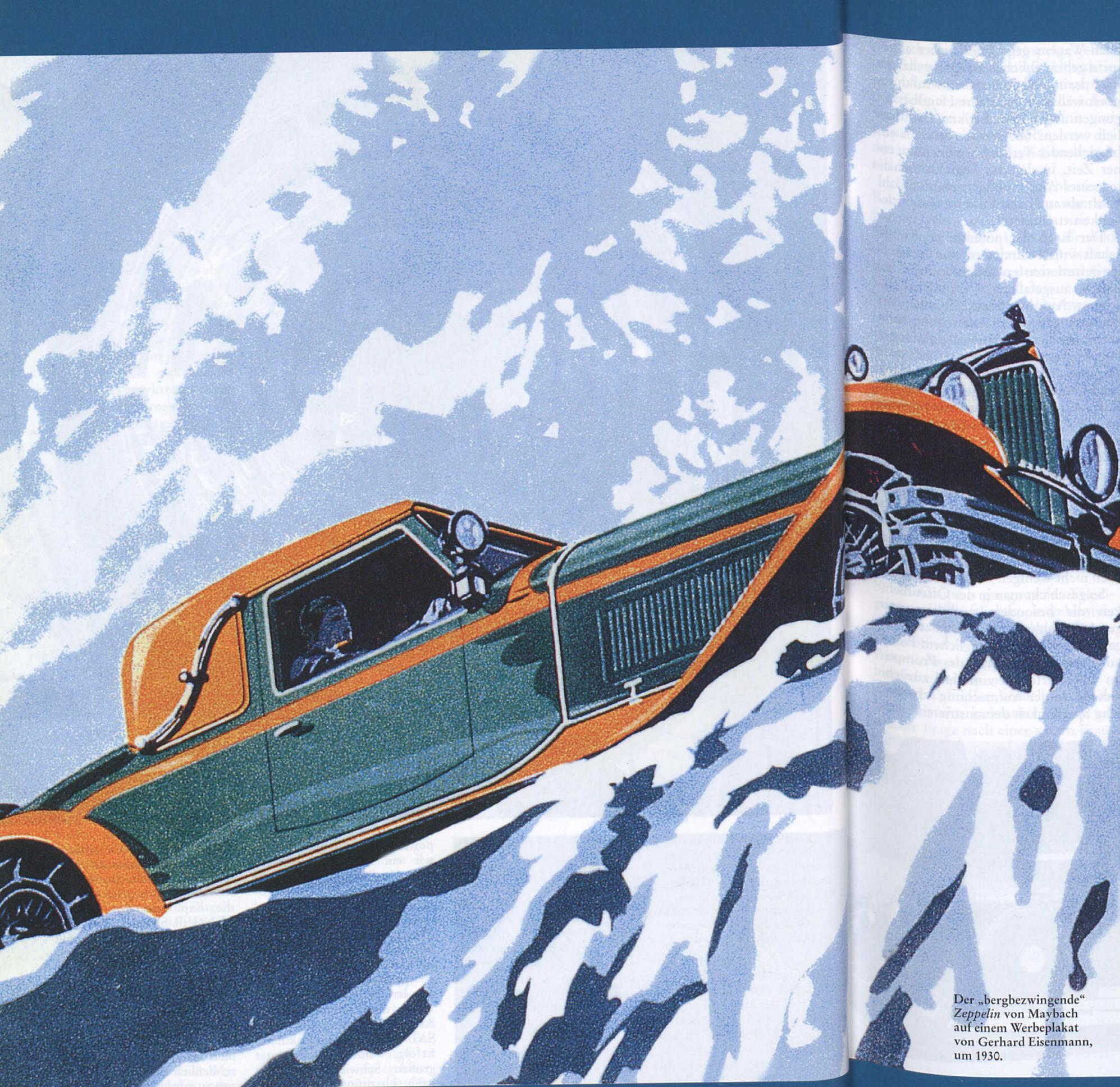
Das vom Spiegelsystem erzeugte Röntgenbild wird in der Fokalebene von drei auf einem Karussell montierten Detektoren wahlweise erfasst. Zwei der Detektoren sind positionsempfindliche Gas-Pro-

portionalzähler, die ähnlich wie ein Geiger-Müller-Zählrohr für Radioaktivität funktionieren. Mit den Proportionalzählern können spektral aufgelöste („farbige“) Bilder mit moderater räumlicher Auflösung gemacht werden, Bilder höherer Auflösung, jedoch ohne spektrale Information, liefert der dritte Detektor.

Mit dieser instrumentellen Anordnung wurde das ROSAT-Projekt ein spektakulärer Erfolg, wenn es auch unter großen Schwierigkeiten begann: Ursprünglich sollte der

Satellit als wissenschaftliche Nutzlast von einem amerikanischen Space-Shuttle 1987 ins All gebracht werden. Durch die Explosion des CHALLENGER-Shuttles 1986 kurz nach dem Start und der damit verbundenen Absage der Folgeflüge mußte der Start von ROSAT um drei Jahre verschoben werden.

Nachdem am Satelliten einige Modifikationen für einen neuen Raketenstart vorgenommen waren, gelangte ROSAT schließlich doch noch auf seinen so erfolgreichen Weg. □



Der „bergbezwingende“ Zeppelin von Maybach auf einem Werbeplakat von Gerhard Eisenmann, um 1930.

DISTANZ ZUR MASSE

Karl Maybachs extravagante Autokonstruktionen

VON MICHAEL GRAF WOLFF METTERNICH

Als Wilhelm Maybachs Sohn Karl am 6. Juli 1879 auf die Welt kam, wurde er in jene Zeit hineingeboren, in welcher die ersten funktionstüchtigen Fahrzeuge mit schnelllaufenden Benzinmotoren entstanden. In seinem Elternhaus erlebte er unmittelbar die Evolution des Motorwagens, an der sein Vater in sehr hohem Maße beteiligt war.

Die durch den Vater geprägte Atmosphäre hat Karl Maybach, dem die Natur zudem eine außergewöhnlich hohe technische Begabung in die Wiege legte, bestimmt, den Beruf seines Vaters zu ergreifen. Neben dem Interesse für Kraftwagen hatte er ein geradezu traumhaftes Gespür, technische Ideen in konstruktive Lösungen, vornehmlich auf dem Gebiet der Verbrennungsmotoren und Fahrzeuggetriebe, für die Praxis umzusetzen.

Von 1909 bis 1918 konstruierte und baute Maybach bei der *Motorenbau GmbH* in Friedrichshafen Luftschiff- respektive Flugzeugmotoren. Der verlorene Erste Weltkrieg, die einschränkenden Bestimmungen des Versailler Vertrages, die den Bau von Flugmotoren untersagten, und eine völlig veränderte wirtschaftliche Situation zwangen ihn, das Fertigungsprogramm radikal umzustellen.

Für die 1918 in *Maybach-Motorenbau* umfirmierte GmbH sah er nunmehr beim Bau von Dieselmotoren und Fahrzeuggetrieben große Zukunftschancen. Zu Anfang erhoffte er sich zudem, sich mit der Fertigung von Benzin-Einbaumotoren für fremde Automobilhersteller gute Verkaufsmöglichkeiten zu eröffnen. Schon die bereits bald eintretende, schwierige wirtschaftliche Situation seines Hauptabnehmers, der *N. V. Spyker-Automobilfabrik* in Trompenburg, Nieder-

lande, ließ es opportun erscheinen, im Hinblick auf eine rationelle Fertigung und den gesicherten Absatz der Motoren Personewagen eigener Fabrikation anzubieten.

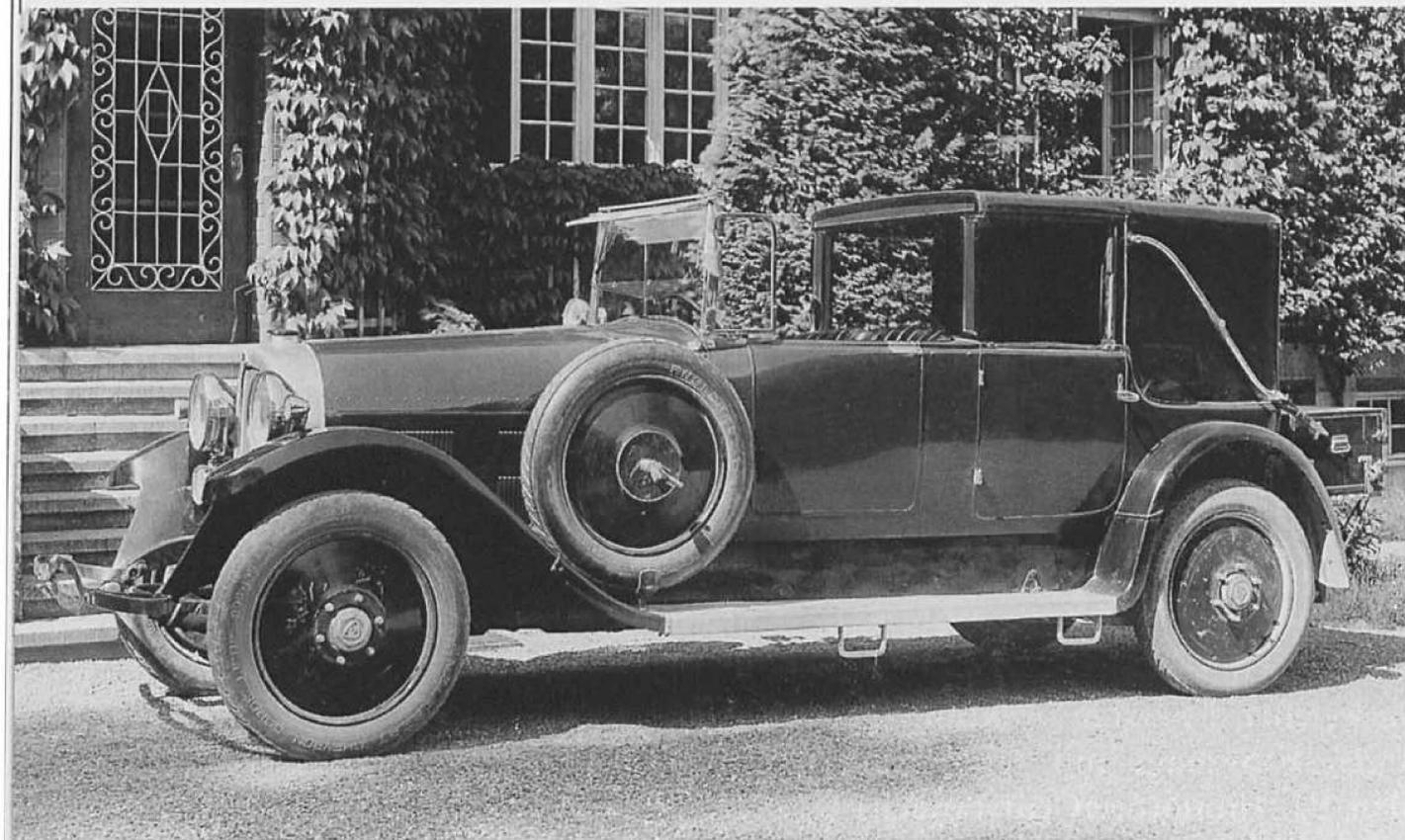
Gegen Ende September 1921 wurde in Berlin erstmals wieder seit 1914 eine Automobilausstellung ausgerichtet. Obwohl nur deutsche Firmen zugelassen waren, waren 75 Kraftwagenhersteller erschienen, untrügliches Zeichen der wirtschaftlichen Scheinblüte jener Jahre. Ein weiteres, zeittypisches Merkmal dieser Ausstellung war, daß bislang auf dem Flugzeugsektor tätige Firmen nunmehr als Automobilhersteller auftraten. So brachten beispielsweise Rumberg und Gra-



Karl Maybach (1879 – 1960)

de Fahrzeuge, die Formen, technische Merkmale und Attribute aus dem Flugzeugbau auf die Straße verlegten. Sie stellten damit einige der alten und renommierten Automobilfirmen in den Schatten, da diese sich mit allenfalls moderat abgeänderten Vorkriegsmotoren auf der Schau präsentierten.

Alle Abb.: Archiv Michael Graf Wolff Metternich



Sedan-Landaulet W3 mit einer Karosserie von Alexis Kellner in Berlin, 1926.

Karl Maybach seinerseits zeigte, was er als bisheriger Flugmotorenbauer unter einem Automobil verstand. Ihm schwebte ein großer, äußerst bequemer Reisewagen vor, der sich durch ausgereifte Technik, überdurchschnittliche Qualität, leichte Bedienung und hohen Fahrkomfort auszeichnen mußte. Mit einem Wort: ein luxuriöses und vornehmes Gefährt von hoher Exklusivität mit allseits bestechenden Eigenschaften.

So wie sich der *Maybach-Motorenbau* hier in Berlin, ganz im Gegensatz zu der schlichten, einheitlichen Standarddekoration, erstmals in der Öffentlichkeit präsentierte, war dies nicht nur eine klare Aussage zu dem von Karl Maybach vorgegebenen technischen Konzept, sondern auch ein deutlicher Hinweis auf die künftige Firmenphilosophie und den anvisierten Käuferkreis.

Die damals in Berlin ausgestellte Herrenfahrer-Limousine, dezent in eisernenweiss gehalten, mit schwarzem Oberteil und ebenfalls schwarzen Kotflügeln, entsprach in jeder Beziehung einem Luxuswagen. Ein überaus imposantes Automobil, ein geräumiger Fünfsitzer, der mit seinem 5,74-Liter-6-Zylinder-Langhubmotor und 70 PS Höchstleistung eine Spitzengeschwindigkeit von 110 Kilometern pro Stunde spielend erreichte. Dies war für einen Wagen mit einem Gesamtge-

wicht von etwa 2,5 Tonnen eine zwar respektable, aber für die damalige Zeit nicht sonderliche Leistung.

Aber: Karl Maybach wollte mit seinem Typ „W 3“ ein überdurchschnittlich komfortables, bequemes und überaus betriebssicheres Automobil für große Fahrten schaffen. Nicht zuletzt erreichte er dies durch die erstmals in einem deutschen Serienwagen eingebaute Vierradbremse mit Bremsausgleich, aber noch mehr durch das von ihm konstruierte Umlaufrädergetriebe mit Wechselkupplung.

Auf die Vorteile dieses Planetengetriebes wies der Verkaufsprospekt „Für die Berge – ohne Schaltung“ hin: „Der Hauptunterschied des 22/70 PS May-

bach-Wagens gegenüber bisher allgemein gebräuchlichen Kraftwagenarten liegt darin, daß weder beim Anfahren noch während der Fahrt Handbetätigungen außer dem Lenken erforderlich werden.“ Dies war natürlich ein bestechendes Verkaufsargument zu einer Zeit, in der das korrekte Schalten eines Automobilgetriebes sowohl Kraft als auch einfühlsame Geschicklichkeit voraussetzte.

Der Kreis der potentiellen Kundschaft wurde durch den vom Hersteller geforderten exorbitanten Preis für dieses ausgefallene Vergnügen bestimmt. Auf dem Stand 25, nahe dem Haupteingang der Ausstellungshalle am Kaiserdamm, wurde der ahnungslose Interessent diskret über den stolzen Preis von 25.000 Goldmark für das bloße Chassis aufgeklärt. Für die Karosserie waren je nach Ausführung weitere 15.000-25.000 Goldmark zu entrichten.

Wagen, Besitzer und Insassen schufen sich ihre markentypische Distanz zur Masse. Man fuhr Maybach, aber sprach nicht von ihm, schon gar nicht prahlte man hierüber. Dieses Automobil war lediglich angemessen und selbstverständlich. Nicht mehr, aber auch nicht weniger.

So geschickt man in der Öffentlichkeit die besondere und eigenartige Ausstrahlung des Maybach-Wagens weder mit aufdringlichem Pomp noch mit reißerischer Sales-Promotion zelebrierte, so vornehm zurückhaltend, in der Aufmachung schwäbische Sparsamkeit demonstrierend, wa-



Ein Maybach für den Negus Negesti Haile Selassie. Preis: 186.000 Reichsmark.

ren auch die Verkaufsprospekte gehalten. Allerdings wurden mit schwülstig formulierten, dem Zeitgeist angepaßten Texten menschliche Schwächen wie Eitelkeit, Geltungsbedürfnis und Bequemlichkeit ausgenutzt, vor denen auch die Maybach-Kundschaft nicht gefeit war.

„Limousine: Als geschlossener Raum – und über den Insassen ein festes Dach – ist die Limousine ein Stück eigenen Heims, im Straßenbild der Ausdruck vornehmer Repräsentation, die Visitenkarte der besten Gesellschaft.

Pullman-Cabriolet: Unbeschwerter, freier scheint das Leben, durchflutet vom Gefühl angenehmen Geborgenseins. Von ernster Sachlichkeit ein treuer Helfer im Wirtschaftsleben doch auch ein Mahner – der Erholung hohen Wert nicht zu vergessen.

Roadster: Das Äußere schon ist wie Tatendrang. Die Berge werden zahm, die Grenzen rücken zusammen, die Welt wird klein – das ist das Fahrzeug, das der Sportsmann sucht, ein Fahrzeug mit Rasse und kraftvoller Schönheit.

Transformations-Cabriolet:

a) Geschlossen – ein Artgenosse der Limousine.

b) Als Coupé – geeignet zur Erledigung gesellschaftlicher – in exklusiver Form gewahrter Verpflichtungen.

c) Geöffnet – erfüllt verwöhnteste Ansprüche als bequemer, freie Sicht bietender Reisewagen.

Sport-Cabriolet: vornehm und intim – wie eine in köstliche Form gebrachte Frage nach einer zarten Frauenhand – sicher und zielbewußt zu steuern – zu eigener Freude – dem Beschauer ein künstlerischer Genuß.“

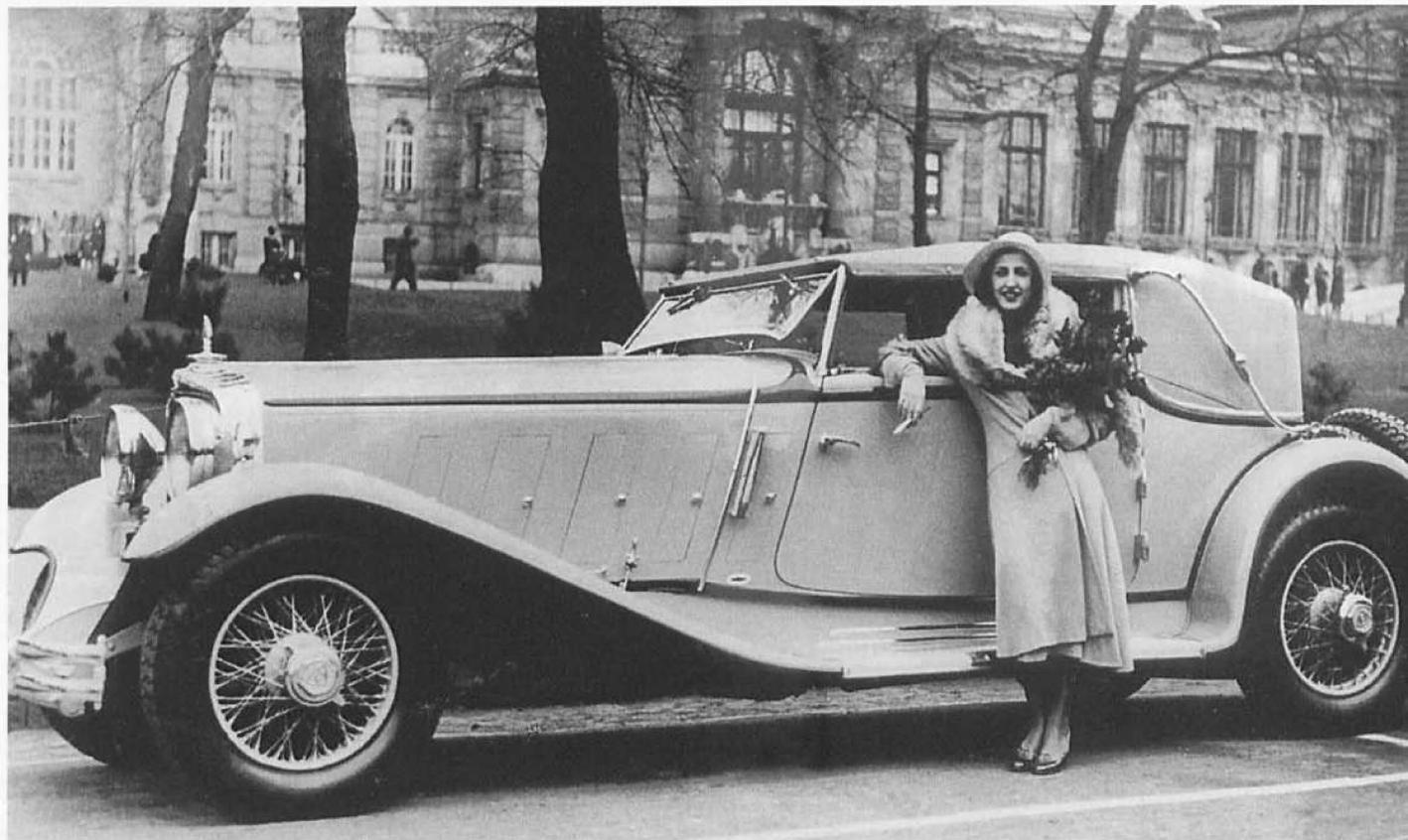
Nüchterne, aber um so beeindruckendere Leistungsdaten und -zahlen, ergänzt durch technische Erläuterungen und Hinweise auf die Vorteile einer bisher unvorstellbar erleichterten Fahrzeugbedienung, überzeugten sowohl den Selbstfahrer als auch den angestellten Chauffeur von den bestehenden Vorzügen eines Maybach-Wagens. Da Maybach, abgesehen von einigen standardisierten, bei Spohn, Ravensburg, gefertigten Aufbauten, nur das Chassis lieferte, oblag es dem Kunden, den bestellten Wagen, wo immer er wollte, nach seinen persönlichen Vorstellungen karossieren zu lassen.

Diese Verkaufspraxis entsprach der Firmenphilosophie, das erwünschte Selbstbewußtsein des Maybach-Besitzers zu umschmeicheln. So suggerierte man dem Kunden, sich höchstpersönlich als Schöpfer seines ureigenen und einmaligen Automobils zu sehen. Dies förderte natürlich einmal mehr jene unverwechselbare Atmosphäre, die Maybach anhaftet.

Sanftes und flüsterndes Dahingleiten über die Boulevards der Großstädte, brausende Fahrt mit wehender Staubfahne auf kurvenreichen Landstraßen, im Fond distinguierte Herren in Cut und Zylinder, livrierte Chauffeure hinter voluminösen Volants, astronomische Preise, über die nur gemunkelt wurde, dazu jene enge Ver-

ren. Leben, Gesundheit, Nerven sind kostbare Güter. Auch die letzteren bedürfen in vorgerückten Jahren besonderer Schonung.

Man will sich aber trotzdem täglich durch das Gewimmel der Stadt fahren lassen und – wenn es pressiert – auch mal 500, 600 oder 700 km in ununterbrochener Tages- und Nachtfahrt auf Reisen zurücklegen. Das alles soll weder körperlich anstrengend sein noch vor allem die Nerven aufregen. Also viel fahren und schnell fahren, ohne das unbehagliche Gefühl, daß etwas passieren könnte. So daß der Mann im Fond eines Maybach möglichst wenig davon merken soll, daß und wie schnell er fährt. Und er merkt es auch nicht.“



Der Wagen von 1931 machte auf einer Ausstellung in Budapest Furore; von der Dame weiß man es nicht.

bindung mit dem Namen Zeppelin, und vor allem diese Aufsehen erregende Seltenheit im Straßenbild: Das war es, was der Nimbus Maybach beinhaltete.

Treffend charakterisierte die Fachzeitschrift *Motor* jene besondere Mentalität, die einer zahlreich vertretenen, aber sehr homogenen Gruppe von Maybach-Besitzern zu eigen war: „Die Käufer eines Maybachs sind selten jüngere Leute. Es sind überwiegend Inhaber großer Werke, Generaldirektoren, hohe Regierungsbeamte, Großgrundbesitzer, Fürstlichkeiten, also Persönlichkeiten selten unter 50. Die Prominentenkategorie will neben Maximalanforderungen an Bequemlichkeit vor allen Dingen sicher fah-

Neben diesen gesetzten Herren gab es natürlich auch jene vermögenden Privatiers, Künstler und Sportler, die sich das Vergnügen machten, die großen und schnellen Wagen mit Bravour gekonnt und couragiert zu fahren.

Die Maybach-Kundschaft schätzte ihre Wagen sehr unterschiedlich ein und nutzte sie auf ganz verschiedene Weise. Fritzi Massary, zu ihrer Zeit eine berühmte und gefeierte Soubrette, liebte ihr Auto, ein elegantes „W 3“-Sedan-Landaulet mit Lacklederverdeck, „von ganzem Herzen nicht nur, weil es Zeit und Mühe, sondern vor allem, weil es Nervenkraft erspart. Wieviel es überdies zur Erhaltung von Kleidern, Schuhen, Teint und liebens-

würdigem Gesichtsausdruck beiträgt, brauche ich erst gar nicht erzählen“.

Seine Königliche Hoheit Negus Negesti, Haile Selassie, unumschränkter Herrscher von Äthiopien, rollte zur frühen Stunde mit seinem dunkelroten Maybach „W5 SG“, einem Coupé-Landaulet, an der Spitze der Wagenprozession seiner Würdenträger fromm und gottesfürchtig zur Kathedrale von Addis Abeba. Gelüstete es ihn nach einer Löwenjagd, so nutzte er auch hier den Maybach, der sich dank seiner übergroßen Räder und Bereifung und kleinen Getriebeübersetzung auch in der wegelosen Steppe bewährte.

1928 hatte der bekannte Karossier Alexis Kellner den Spezialaufbau die-

den Thronessel und die gesamte Polsterung war Saffianleder, eigens aus Indien beschafft, verwendet worden. Eine motorisierte Equipage auf Conti-Pneumatik.

Bei Heinrich Himmler geriet der Maybach-Wagen als rollende Festung zur Perversion. Des Reichsführers SS feldgrau gespritzter „Zeppelin“, ein riesiges 7sitziges Phaeton mit einer Frontscheibe aus 40 Millimeter dickem, schußsicherem Glas, war seitlich und im Heck gepanzert, wobei zwischen den 4 Millimeter starken Stahlplatten und den äußeren Karosserieblechen Schichten gepreßter Hasenhaare als Kugelfang dienten. Ein ausfahrbares, um 360 Grad schwenkbares Maschinengewehr, Karabiner in

speziellen Halterungen auf den Trittbrettern, Maschinenpistolen unter den Sitzen, Pistolen in den Handschuhfächern, Nebelkerzen vorne und hinten, um sich unliebsamen Begegnungen zu entziehen, Funkgeräte und eine Einrichtung für direkten Anschluß an das öffentliche Telefonnetz: Dies alles sollte der begleitenden Leibwache helfen, Himmlers Leben zu sichern.

Woher das Geld, 200.000 Reichsmark, für das martialische Spielzeug kam, danach wurde weder gefragt, noch spielte es eine Rolle. Welch schreckliche Distanz zur Masse!

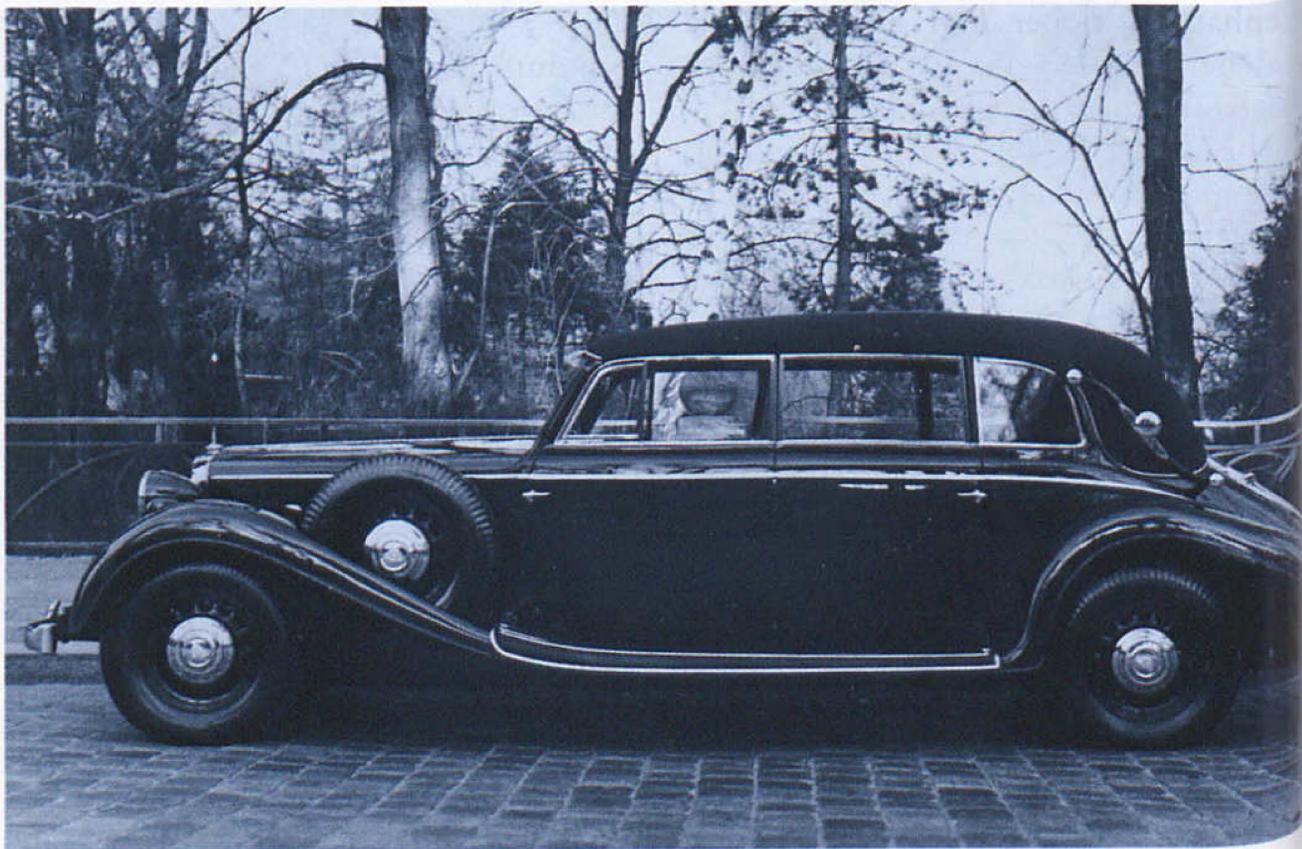
Um der Exklusivität ihres Maybach noch einen farbigen Tupfer aufzusetzen, engagierten einzelne Kunden zuweilen einen dunkelhäutigen Chauffeur. In goldbetrefter Livree stand dieser einem eleganten, zweifarbigen „Coupé de Ville“ gut zu Gesicht. Diese sich ob ihres Luxusgefährtes ein wenig blasiert gebenden Chauffeure sorgten dann, wenn man im Werk Friedrichshafen die jährliche Inspektion durchführen ließ, verständlicherweise für einiges Aufsehen.

Der „Maybach 12“, der die Vorgängermodelle „W3“ und „W5 SG“ ablöste, war nochmals größer, aufwendiger und technisch weiterentwickelt. Der neue V12-Zylindermotor mit hängenden Ventilen, obenliegender Nockenwelle und 7-Liter-Hubraum leistete 150 PS. Ein neues Chassis, Dreiganggetriebe mit Schnellgang, saugluftbetätigte Bremsen, Zentralschmierung und eingebaute hy-



Der „Zeppelin DS8“ (oben) und rechts das Pullmann-Cabriolet „SW38“ waren Autos, die den bis zu sieben Insassen auch auf langen Reisen besten Komfort bieten sollten.

ses Automobils für 186.000 Reichsmark gefertigt. Auf den Scheinwerfern glänzte das kaiserliche Emblem, der Löwe von Juda, aus massivem Gold mit funkelnden Augen aus Rubinsolitären. Auf dem Kühlerverschluß war das Maybach-Abzeichen MM durch einen goldene Krone ersetzt. Am Heck des imponierenden Fahrzeuges waren über der Kofferbrücke wie bei alten Staatskarossen zwei Freisitze für Lakaien montiert. Bei Bedarf konnten zu beiden Seiten der Motorhaube weitere Sitze für Leibwächter ausgefahren werden. Für



draulische Wagenheber waren wesentliche Merkmale dieses Repräsentationswagens.

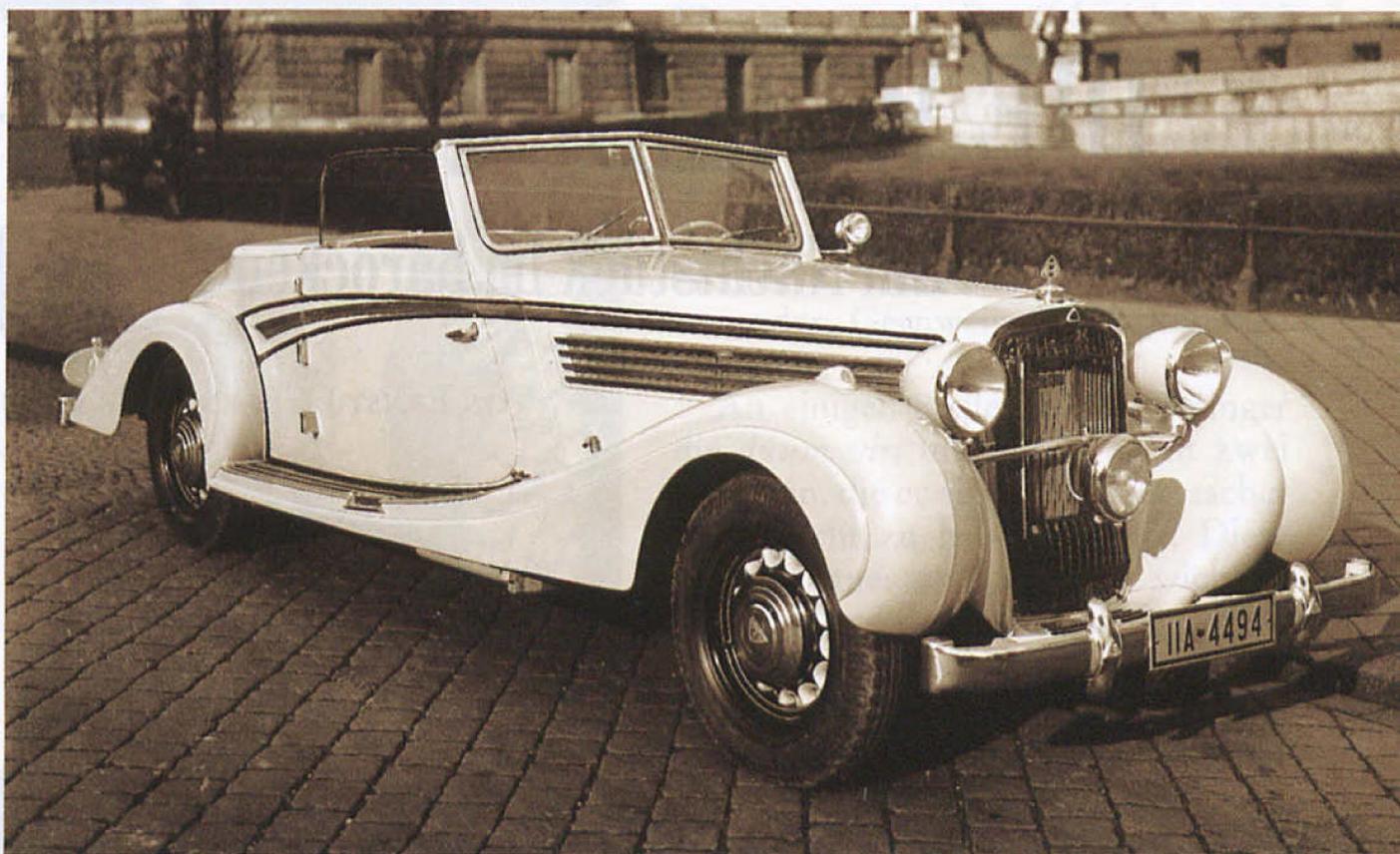
Vollmundig versprach die Werbeabteilung der *Maybach Motorenbau*: „Eine Fahrt im ‚Maybach 12‘ kann nur mit dem von jeder Erdschwere befreiten Dahinschweben über Berge und Täler des phantastischen Wolken-schiffes ‚Graf Zeppelin‘ verglichen werden.“

1930 erschien Karl Maybachs Spitzenleistung, der „Maybach Zeppelin“. Dieses Automobil mit der Typenbezeichnung „DS7“, dessen 7-Liter-V12-Motor 150 PS Leistung erbrachte, respektive der „DS8“ mit 8-Liter-V12-Motor und 200 PS, waren die Weiterentwicklung des „Maybach 12“, ab jetzt mit halbautomatischem Viergang-Vorwählgetriebe, welches mit zwei kleinen Hebeln an der Lenkradnabe, ohne zu kuppeln, durch Unterdruck geschaltet wurde.

Der „Zeppelin“ zählte zu jenen Classic Cars, den flüsternden Riesen, die in einer Epoche entstanden, als ihre Uhr eigentlich bereits abgelaufen war. In einer Zeit wirtschaftlicher Depression waren derartige Automobile von ihrem Preis und den hohen Unterhaltskosten her gesehen ein Anachronismus.

Für das Fahrgestell wurden 27.000 Reichsmark berechnet, und schon mit einer – aus der Sicht der Firma gesehen – einfach ausgestatteten Serienkarosserie stieg der Preis auf 36.000 Reichsmark. So zahlte die Mehrzahl der Kunden 40.000 bis 50.000 Reichsmark, was dem Wert von 33 Opel-„P 4“-Limousinen – dem meistgebauten Auto vor dem Volkswagen – entsprach! „Wenn man so sein Automobil in ein Boudoir verwandele“, wie das Gesellschaftsblatt *Die Dame* spitz bemerkte, „sei der ‚Zeppelin‘ das Automobil letzter Wunscherfüllung mit ausgeprägtem Charakter vornehmster Eleganz und Kraft.“ Kein Wunder, daß der Kreis der Maybach-Besitzer immer elitärer wurde und sich, weitgehend vom Geldbeutel unabhängig, die Distanz zur Masse vergrößerte.

Als sich zu Anfang der 30er Jahre die Verhältnisse in Deutschland in wirtschaftlicher Hinsicht verschlechterten, dessenungeachtet aber die technische Evolution im Automobilbau rasch fortschritt, mußte auch Maybach diesen Umständen Rechnung



Dieser Traum mancher Dame von Welt war für lächerliche 23.000 Reichsmark zu haben.

tragen. Die Weiterentwicklung im Fahrzeugbau bei der Konkurrenz sowie der sich anbahnende Bau von Schnellstraßen gaben den Anstoß, einen modernen, aber kleineren Wagen zu fertigen, zumal der Absatz großer und aufwendiger Luxuswagen mehr und mehr stagnierte.

Der sehr fortschrittlich konzipierte Vollschrwingachswagen, Typ „SW35“, mit 3,5-Liter-6-Zylindermotor, obenliegender Nockenwelle und 140 PS Leistung entsprach hinsichtlich Triebwerk, halbautomatischem Vorwählgetriebe, saugluftbetätigten Bremsen, Einzelradfederung, Pendelachse und Tiefbettkastenrahmen dem neuesten Stand der Technik. Wenn auch die Preise eines kompletten „SW“-Wagens bei seinem Erscheinen 1935, je nach Ausführung, zwischen 18.000 und 26.000 Reichsmark und damit nach wie vor auf hohem Niveau lagen, erhöhte sich dennoch der Verkauf. Mit einer Literleistung von 36,8 PS und einem Leistungsgewicht von 14,2 Kilogramm/PS übertraf der „SW“ – von ausgesprochenen Sportwagen wie „BMW 328“ und „Wanderer W 25“ einmal abgesehen – alle deutschen Personenwagen.

Die erhöhte Nachfrage zwang das Werk kurzfristig, täglich ein bis zwei Wagen zu fertigen, was dennoch nichts daran änderte, daß der Wagenbau eine unlukrative Sparte im Produktionsprogramm blieb.

Die elitäre Klientel blieb auch bei den SW-Wagen ihrer Firma treu,

wenngleich nach 1933 auch Nazi-größen von Maybach bedient werden mußten. Da aber der *Maybach Motorenbau* und in seinem Gefolge die Karossiers mit ihren Auftraggebern ständig Unstimmigkeiten wegen permanenter Nichteinhaltung fest zugesagter Liefertermine auszufechten hatte, registrierte man es in Friedrichshafen gelassen, wenn die Nazibonzen mit Blick auf ihren Führer im allgemeinen der Konkurrenz in Stuttgart den Vorzug gaben.

1940 verließ das letzte Maybach-Automobil das Werk. In Friedrichshafen setzte jetzt der Krieg andere Prioritäten: Panzermotoren und abermals Panzermotoren. Die Zeit der flüsternden Riesen mit dem doppelten M war unwiderruflich abgelaufen. Etwa 2.300 sind in zwei Jahrzehnten gebaut worden, und etwa 150 haben überlebt. „Der Maybach“ gehört der Vergangenheit an – oder wird er mit dem Mercedes-„Maybach“ eine Zukunft haben?

Wie auch immer: „Der Maybach“ war ein Mythos – und wird es wohl immer bleiben. □

DER AUTOR

Michael Graf Wolff Metternich, geboren 1920, ist Publizist im Bereich Technik und Technikgeschichte. Unter dem Titel „Distanz zur Masse“ hat er 1990 ein vielbeachtetes Werk über Maybach veröffentlicht.

DIE WÜRZBURGER LÜGENSTEINE

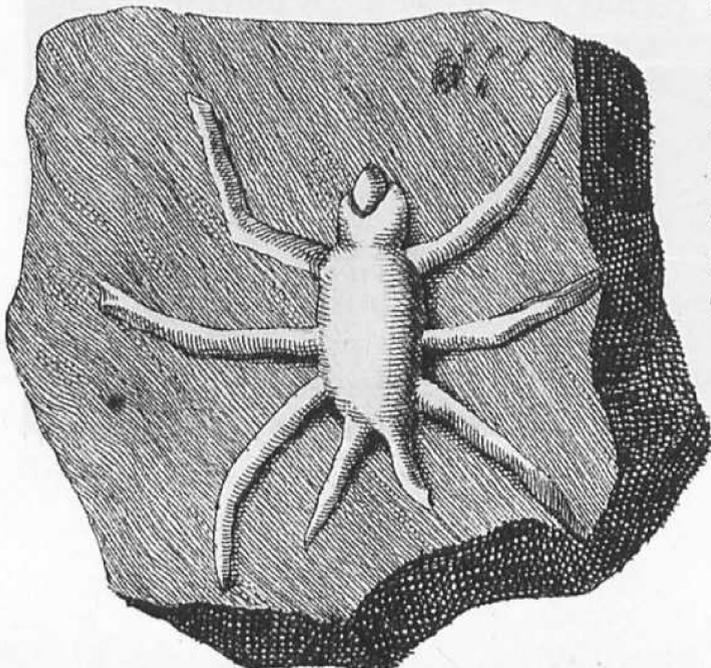
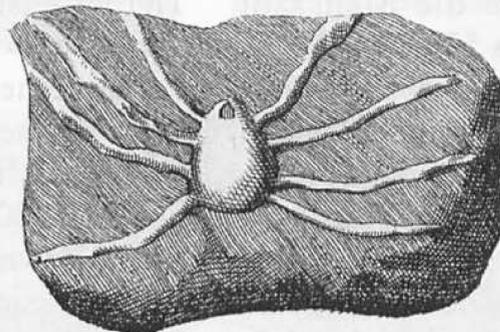
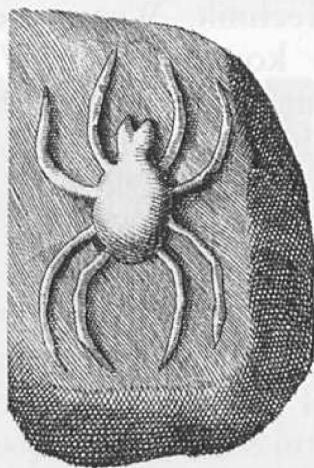
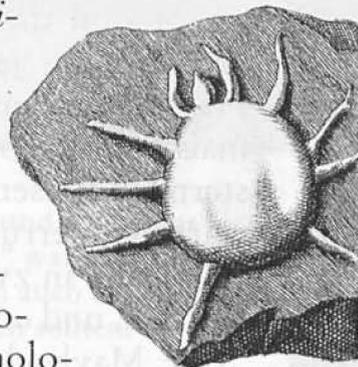
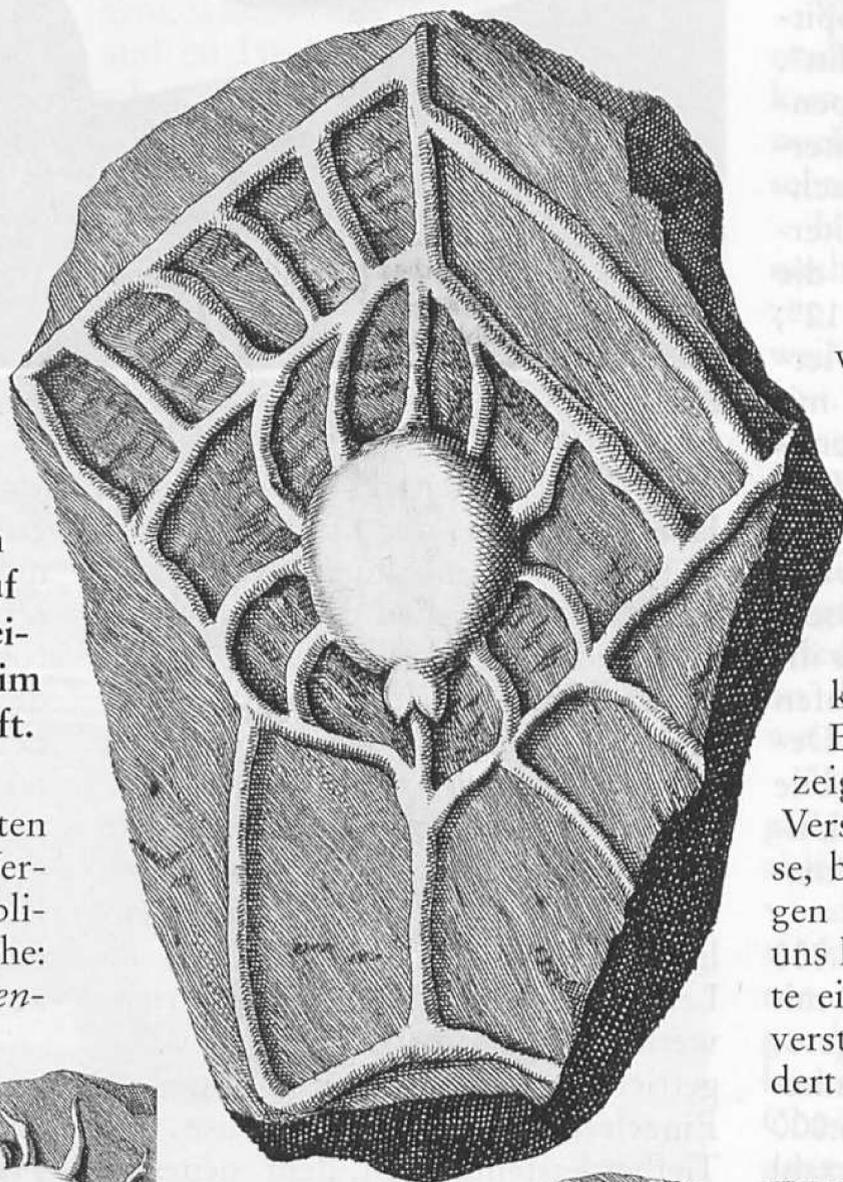
Ein Nachtstück im barocken Wissenschaftsbetrieb

VON ERNST H. BERNINGER

In der Sammlung seltener Bücher der Bibliothek des Deutschen Museums wird ein Buch im Quartformat aufbewahrt, das ein amüsanter Licht und zugleich einen beklemmenden Schatten auf das wissenschaftliche Leben in einem der deutschen Kleinstaaten im beginnenden 18. Jahrhundert wirft.

Der Titel des bemerkenswerten Buches lautet in barocker Verschnörkelung und in der damals üblichen lateinischen Wissenschaftssprache: *Lithographiae Wirceburgensis, ducen-tis lapidum figuratorium, a potiori insectiformi-um, prodigiosis ima-ginibus exornatae specimen primum ...* – in deutscher Kurzform: Eine erste Probe der Würzburger Figurensteine. Autor ist Professor Johann Bartholomäus Adam Beringer, Doktor der Medizin und Doktor der Philosophie, Chefarzt des Würzburger Juliusspitals und fürstbischöflicher Leibmedikus. Im Mai 1726 ist das Kupferstichwerk vom Universitätsdrucker Marcus Antonius Engmann gedruckt und vom fürstlichen Hofbuchhändler Philipp Wilhelm Fuggart in Würzburg verlegt worden.

Der wegen seiner Kenntnisse angesehene, aber auch ehrgeizige Mediziner Beringer, der nebenher als Vertreter der damals noch jungen Naturwissenschaft Geognosie mit spektakulären Forschungsergebnissen her-



vortreten wollte, hat in diesem Buch auf 21 Tafeln 211 sogenannte Figurensteine (*Lithographiae*) abbilden lassen.

Was war nun der bemerkenswerte Wissenschaftsskandal, der durch diese Publikation und die ihr zugrundeliegenden Belegstücke ausgelöst wurde?

Ein Blick auf unsere Abbildungen zeigt sofort, daß es sich hier nicht um Versteinerungen, sondern um kuriose, bisweilen auch plumpe Fälschungen handelt. Diese Feststellung fällt uns heute leicht, haben wir doch heute ein rein wissenschaftliches Naturverständnis. Im frühen 18. Jahrhundert aber konnte eine solche Scharfsicht nicht – auch bei Wis-

senschaftlern nicht – bei jedermann vorausgesetzt werden. Tastendes, bisweilen umnebeltes Vorausstürmen, Spekulationen und nie so recht hinterfragte Hypothesen kenn-

zeichneten bisweilen in den damals gerade erst entstehenden Wissenschaftszweigen die Wege der Forschung.

Professor Beringer war von den Steinen oder Versteinerungen enthusiastisch, von den Steinen, die ihm von drei Burschen am Fronleichnamstag, dem 31. Mai 1725, mit dem Bemerkung gebracht worden waren, daß sie solche in der Nähe ihrer acht Kilometer mainaufwärts gelegenen Heimat-gemeinde Eibelstadt ausgegraben hätten. Schon vier Monate später

kündet er ein Buch über die Funde an; dabei läßt er wissen: er habe schon 2.000 solche Steine erhalten. An dieser Zahl müssen freilich Zweifel angemeldet werden, ist sie doch von Beringer bei Gesprächen, die das Ausmaß der sensationellen Entdeckung unterstreichen sollten, genannt worden.

Inzwischen waren aber auch schon ernsthafte Zweifel an der Echtheit der Fundstücke aufgekommen. Trotzdem glaubte Beringer beharrlich an seine wissenschaftliche Entdeckung. An der „großen Tafel“ des Fürstbischofs Christoph Franz von Hutten wurde am 14. April 1726, also wenige Wochen vor dem Erscheinen des Buches, über dieses Thema diskutiert. Hohe Herren besuchten daraufhin den Fundort – den Mons Eivelstadianus –, einen Hügel in den Weinbergen, die sich im Osten an Eibelstadt anschließen. So auch der Baumeister der Würzburger Residenz, Balthasar Neumann, der sich die Sensation nicht entgehen lassen wollte und einige Fundstücke erworben hatte.

Liest man den Text des Buches mit der gebotenen Kritik, so fällt auf, daß Beringer während des Schreibens offenbar seine Meinung über die Bildsteine vorsichtig geändert hat. Dabei ist ihm der Text wohl etwas außer Kontrolle geraten. Erwin Rutte, emeritierter Professor an der Universität Würzburg, hat in seinem zu Weihnachten 1997 unter dem Titel *Tatort Eibelstadt. Das letzte Rätsel in der berühmtesten Lügenstein-Affaire* diesen Sachverhalt eingehend analysiert. Er kommt zu dem Schluß, daß Beringer den Text in großer Eile geschrieben habe. Vielleicht wollte er immer lauter werdenden Kritikern unter seinen Kollegen durch die schnelle Veröffentlichung zuvorkommen.

Auch ändert sich in den letzten Kapiteln unvermutet der Stil der Abhandlungen. Hatte Beringer zu Anfang zwar weitschweifende, aber doch gemäßigte und meist auf die Natur bezogene Gedanken dargelegt, so werden gegen Ende jene Kollegen heftig angegriffen, die die Echtheit der

Figurensteine in Zweifel ziehen und ihn beim Fürstbischof lächerlich machen wollten. Sein recht sprödes, aber durchaus objektives Gelehrtenlatein wird nun mit Wörtern durchsetzt, die mit Heuchler, Falschschwörer, Neider, Dunkelmänner, Denunzianten oder Gernweise zu übersetzen wären.

An einigen Stellen zitiert Beringer die *duum viri* und meint damit zwei Kollegen, die er als Hauptwidersacher ausgemacht zu haben glaubte. Diese zwei Männer spielten eine wichtige Rolle in der Lügenstein-Affaire.

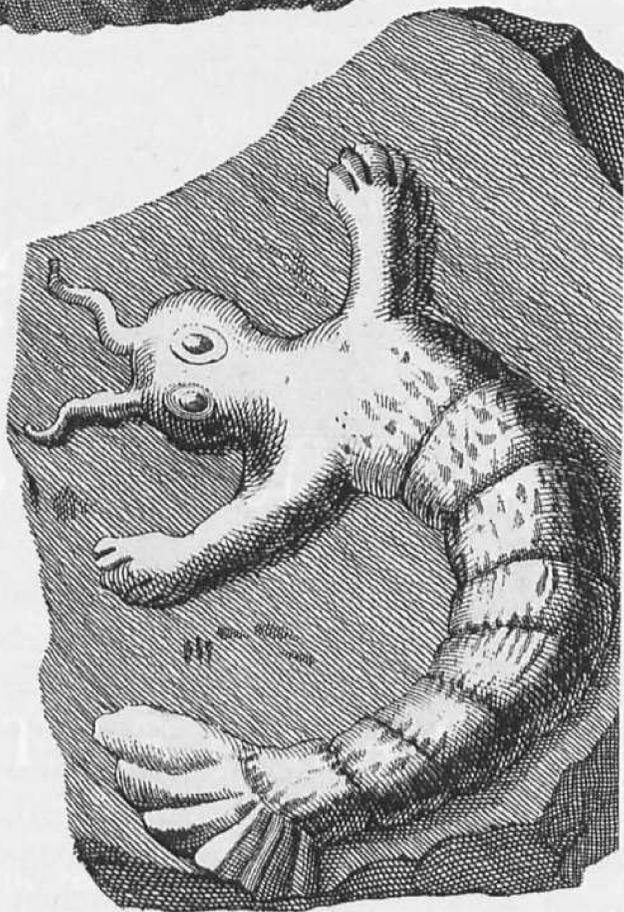
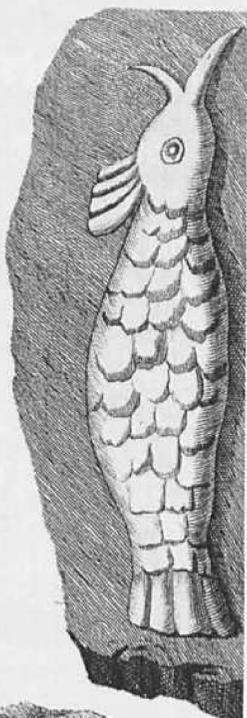
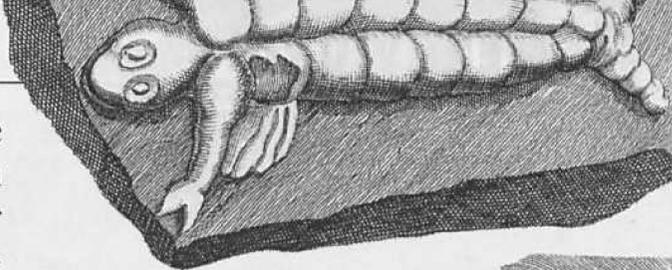
Der Drahtzieher Johann Georg Eckhart (1674-1730) war Hof- und Universitätsbibliothekar und in dieser Stellung auch Universitätsprofessor für Kirchen- und Profangeschichte.

Eine literarische Kostbarkeit – das von ihm wiederentdeckte deutsche Hildebrandslied – hat er 1729 in seinem vielgerühmten historischen Sammelwerk *Commentarii de rebus Franciae orientalis* veröffentlicht.

Der zweite und 23 Jahre jüngere Widersacher, Jean Ignace Roderique (1697-1756) war eine schillernde Persönlichkeit. In Malmedy geboren, erhielt er mit 19 Jahren die niederen Weihen bei den Jesuiten in Köln. Aber kurz vor der eigentlichen Priesterweihe wurde er aus dem Orden entlassen; vielleicht wegen „Versagens in Glaubensfragen“, vielleicht auf eigenen Wunsch oder, wie gelegentlich zu lesen ist, aus Gesundheitsgründen. Die Kölner Vorfälle hatten keine nachteilige Auswirkung auf die Karriere des jungen Roderiques.

Auf Veranlassung Eckharts, der in ihm einen geistesverwandten Adepten erkannt hatte, wurde er mit 29 Jahren nach Würzburg an die Philosophische Fakultät der Universität berufen. Der weltgewandte Roderique widmete sich vielfältigen wissenschaftlichen Themen; dabei liebte er nicht nur den geistreichen Disput und das Streitgespräch, sondern er geriet häufig auch auf das Niveau zynischer, persönlicher Polemik.

Zusammen mit Eckhart soll er als Neuankömmling den damals an der Universität üblichen Antrittsbesuch



bei dem älteren Kollegen Beringer gemacht haben. Dabei haben sich Eckhart und Roderique über dessen hochmütige und herablassende Art so geärgert, daß sie beschlossen, ihn durch untergeschobene Figurensteine mit noch absonderlicheren Motiven in Fachkreisen zu blamieren.

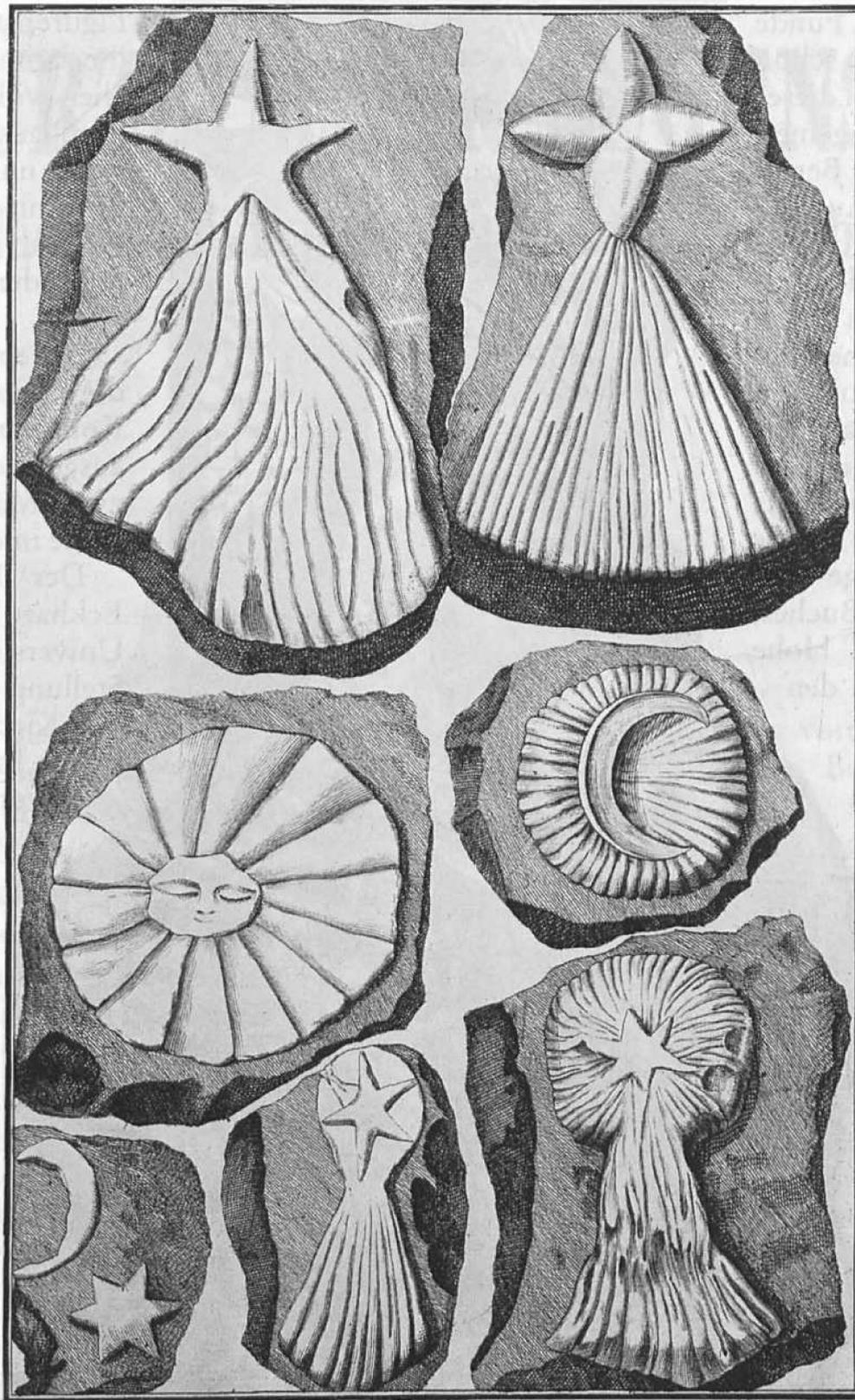
Bei der Durchführung des Planes bedienten sie sich der Mithilfe der Burschen, die ja schon bis dahin gegen gute Bezahlung Steine an Beringer geliefert hatten und die nun doppelt kassieren konnten.

Zu diesem Zeitpunkt scheint es Beringer für notwendig gehalten zu haben, seine „Entdeckungen“ gewissermaßen juristisch abzusichern. Er beantragte zur Untersuchung der Geschehnisse das Zusammentreten des Eibelsstädter Stadtgerichts.

Die Protokolle über die eilig anberaumten Sitzungen, bei denen die Burschen verhört wurden, sind so verschwommen und unvollständig abgefaßt, daß aus ihnen nicht wirklich zu entnehmen ist, woher die Steine gekommen sind oder wer sie angefertigt hat.

Vielleicht hat Beringer gar kein Interesse daran gehabt, daß das Gericht die näheren Umstände aufklärt; vielleicht lag aber auch dem Würzburger Domkapitel daran, daß die Tatsachen verschleiert wurden, damit aus dieser Affäre kein Skandal entstände, in denen dann auch bedeutende Professoren verwickelt sein müßten. Sicher jedenfalls ist, daß keine Untersuchung des Vorfalls stattgefunden hat, aus dem eine Instanz hätte Konsequenzen ziehen müssen.

Die Verbreitung des Buches brachte es mit sich, daß immer mehr Interessenten solche Figurensteine besitzen wollten. Es wurden Fälschungen der Fälschungen angefertigt, die manche geologisch-mineralogische Sammlung bereichern und die von denen der ersten Generation meist zu unterscheiden sind.



Eine Seite aus J. B. Beringers Buch von 1726 über archäologische Wunder.

Die Kissinger Heilquelle

*Sie ist ein Trost der Kranken
ein ungekauftes Heyl,
ein aufgedeckter Schatz;
ein allgemeine Hülf,
ein Ruh- und Freudenplatz.*

Johann Bartholomäus Adam Beringer

1767 – also 41 Jahre nach der ersten Veröffentlichung – wird vom Bamberger Tobias Goebhardt mit der Ortsangabe „Francofurti et Lipsiae“ und dem leicht veränderten Titel *Lithographia Wirceburgensis* eine zweite Auflage verlegt. Beringer hat also nicht, wie gelegentlich berichtet wird, die Kupferplatten vernichtet, um Zeugnisse seiner Irrtümer auszulöschen.

Auch ist er nicht nach diesen Vorkommnissen aus Gram gestorben. Er hat vielmehr noch 14 Jahre in Ehren gelebt. In diesen Jahren verfaßte er zwei beachtete Fachbücher: 1730 eines über Hippokratische Medizin, 1738 einen balneologischen Beitrag unter dem Titel *Gründliche und wichtigste Untersuchung deren Kissinger Heyl- und Gesundbrunnen ...* In dem auf dieser Seite wiedergegebenen Gedicht lobt er die Heilkraft dieser Quelle.

1740 stirbt Johann Bartholomäus Adam Beringer, der Protagonist dieses Nachtstücks aus dem barocken Wissenschaftsbetrieb, hochgeachtet in Würzburg; die Ränke von Eibelstadt haben Beringers Reputation nicht wirklich beschädigt.

Das Exemplar in der Bibliothek des Deutschen Museums nennt auf dem Vorsatzblatt die Vorbesitzer. 1787 hat der Göttinger Professor für Ökonomie Johann Beckmann das Werk erworben. Über A. Braun aus Freiberg kam es 1879 in den Besitz des Geologen, Oberbergbaudirektors und späteren Münchner Universitätsprofessors Carl

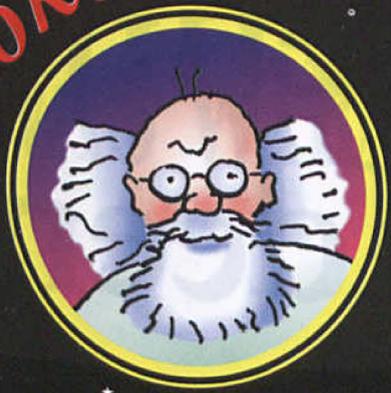
Wilhelm von Gümbel. Dieser hat es der Bibliothek des Deutschen Museums zu deren Gründung gestiftet. □

HINWEIS ZUR LEKTÜRE

Erwin Rutte: Tatort Eibelstadt. Das letzte Rätsel in der berühmten „Lügenstein-Affäre“. Edition Main-Post, Mainpresse Zeitungsverlagsgesellschaft, Würzburg 1997.

DER AUTOR

Ernst H. Berninger, geboren 1933, Dr. phil., war von 1970 bis 1998 Direktor der Bibliothek des Deutschen Museums und ist Lehrbeauftragter für Technikgeschichte an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich.



Mensch Marsmensch

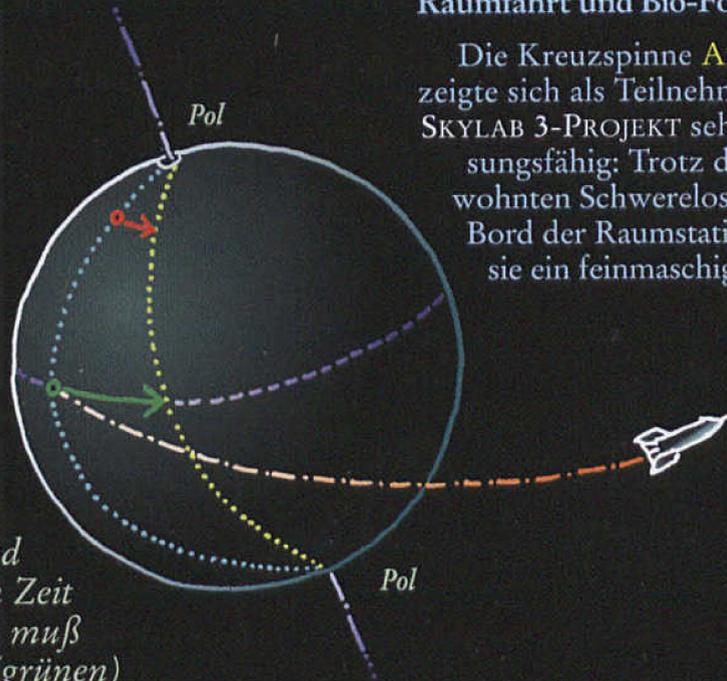
Vor 50 Jahren versetzte ein Radio-Hörspiel über den Angriff von Marskriegern viele Menschen in New York in solche Angst, daß sie aus der Stadt flohen. Manche brachten sich sogar um! Die Raumsonde Pathfinder hat 1997 gezeigt: auf dem Mars gibt es keine Lebewesen. Aber einige Spuren lassen Vermutungen zu, daß es dort vor Jahrmillionen Leben gab ...

Die Frage: Ist Leben im All überhaupt möglich? war einer der Auslöser für die Raumfahrt. Heute sind diese Fragen immer noch nicht beantwortet; aber wir wissen inzwischen viel mehr über unser Sonnensystem und das Weltall. Satelliten im All liefern zudem wichtige Informationen über unsere Erde, sei es über das Wetter, über die Erdoberfläche oder für die Navigation. Und: Über Satelliten können wir blitzschnell in alle Teile der Erde telefonieren.

Doktor Profs Vorstellungen vom Leben auf dem Mars wurden von der Raumsonde Pathfinder nicht bestätigt.

Raumfahrt und Bio-Forschung

Die Kreuzspinne **ARABELLA** zeigte sich als Teilnehmerin am SKYLAB 3-PROJEKT sehr anpassungsfähig: Trotz der ungewohnten Schwerelosigkeit an Bord der Raumstation baute sie ein feinmaschiges Netz.

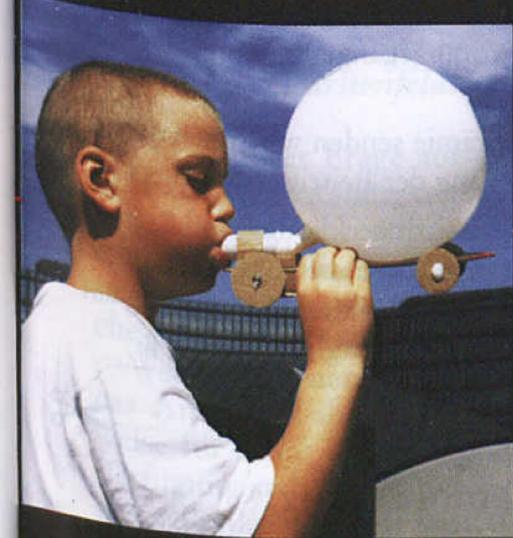


Wenn sich die Erdkugel dreht, legen die beiden Punkte in der selben Zeit unterschiedlich lange Strecken zurück (kürzer am Pol, länger am Äquator). Und das kennst Du auch: wer in der gleichen Zeit einen viel weiteren Weg zu gehen hat, muß schneller gehen. Das gilt auch für den (grünen) Punkt am Äquator: er bewegt sich schneller.

Warum starten Raketen möglichst nahe am Äquator?

Um eine Rakete ins All zu bringen, muß man sie so stark beschleunigen, daß sie die Anziehungskraft der Erde überwindet. Dazu ist eine Menge Treibstoff nötig. Am Äquator kann man die Erddrehung besonders gut zum Sparen nutzen: dort ist die Umfangsgeschwindigkeit der sich drehenden Erde am größten und trägt einiges zur Beschleunigung der Rakete bei. Das spart Treibstoff oder erlaubt eine höhere Nutzlast.

Das Raketenauto*

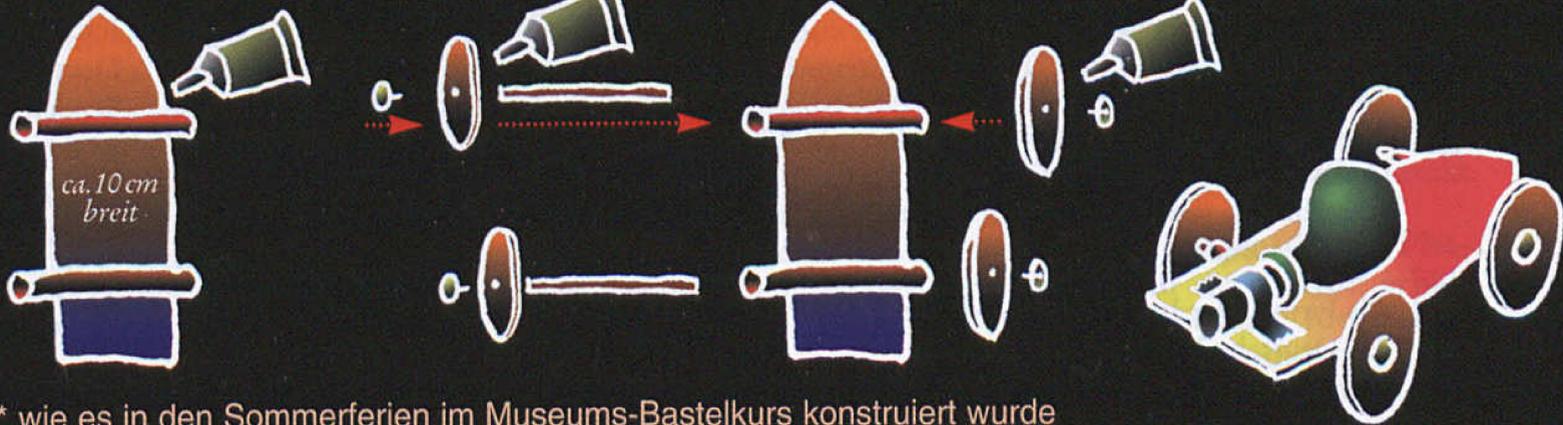


1.) Grundform aus der Pappe ausschneiden und wild bemalen; die Achslager (= Strohhalme) an die Unterseite kleben.

2.) Räder aus der Pappe schneiden und eines pro Schaschlikstäbchen mit Reißnagel und Kleber befestigen.

3.) Stäbchen durch die Strohalm-Achslager schieben und die beiden anderen Räder an den Schaschlikachsen befestigen.

4.) Das kleine Rohr auf der Oberseite des Autos hinten festkleben (Klebeband), Luftballon auf die Düse ziehen, aufblasen – und ab geht die Post!



* wie es in den Sommerferien im Museums-Bastelkurs konstruiert wurde

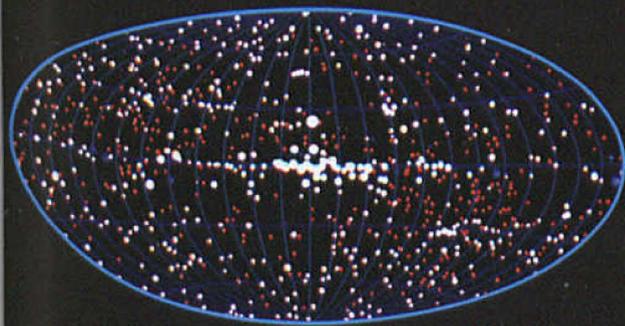
Dafür brauchst Du:

- Pappreste
- 2 Schaschlikstäbchen
- 2 Strohhalme
- 4 Reißnägel
- 1 Luftballon
- ca. 5 cm Rohr als Düse (Hülle eines Klebestifts oder so)
- Klebeband, Flüssigkleber

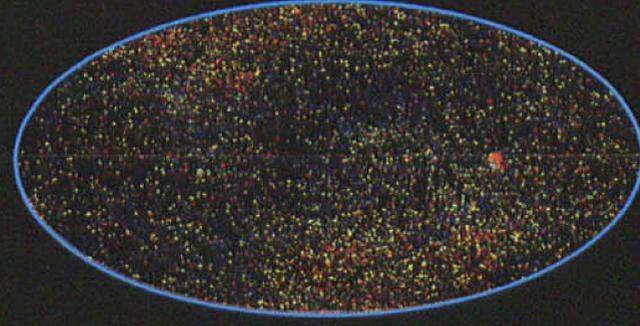
STERNKARTEN

Raumfahrt und Astronomie:

Sterne senden nicht nur Licht, sondern auch Röntgenstrahlen aus, die mit speziellen Teleskopen aufgefangen werden können. Bis 1990 kannte man 5.000 Röntgenquellen. Mit dem im Juni 1990 gestarteten Röntgensatelliten ROSAT entdeckte man mehr als 120.000 Röntgenquellen!



Himmelskarte vor 1990



Himmelskarte mit ROSAT

Das Deutsche Museum ist voll von guten Ideen.

Es ist eine gute Idee, das naturwissenschaftliche und technische Erbe zu bewahren und die kulturelle Leistung deutlich zu machen, die untrennbar mit diesem Erbe verbunden ist. Und es ist eine gute Idee, zum Kreis der Mitglieder des Deutschen Museums zu gehören, die sich seiner Arbeit verbunden fühlen.

Förderer des Deutschen Museums haben mehr von ihm:

- *Freien Eintritt (einschließlich Flugwerft Schleißheim und Deutsches Museum Bonn) mit dem Ehegatten oder einer sonstigen Begleitperson und bis zu zwei Kindern (unter 16 Jahren). Beim ermäßigten Beitragssatz für Schüler und Studenten gilt der freie Eintritt nur für das Mitglied.*
- *Kostenloser Bezug der Zeitschrift »Kultur & Technik« mit jährlich vier Ausgaben.*
- *Der Jahresbeitrag wird steuerlich als Spende anerkannt.*



Haben Sie selbst am Deutschen Museum so viel Freude, daß Sie ein neues Mitglied gewinnen möchten?

Vielleicht finden Sie unter Ihren Verwandten, Bekannten oder Geschäftskollegen Menschen, die gerne Mitglied des Deutschen Museums werden wollen?

Als Dank für ein neues Mitglied, das Sie geworben haben, werden wir Ihnen eines der abgebildeten Bücher schenken.

Dabei gelten folgende »Spielregeln«:

- Die Mitgliedschaft muß mindestens für die Dauer eines Kalenderjahres eingegangen und der Mitgliedsantrag vom künftigen Mitglied eigenhändig unterschrieben werden. (Am einfachsten verwenden Sie die Beitrittserklärung unten auf dieser Seite.)
- Selbst werben dürfen Sie sich nicht – das ist durch das Wettbewerbsrecht ausgeschlossen.
- Die Mitgliedschaft, die durch Sie zustande kommt, muß neu sein. Sie darf also nicht aufgrund einer vorangegangenen Mitgliedschaft bestehen.
- Die Buchprämie senden wir Ihnen unmittelbar nach Eingang der Beitrittserklärung.
- Senden Sie Beitrittserklärung und Prämienanforderung in jedem Falle zusammen in einem ausreichend frankierten Umschlag an: Deutsches Museum, Mitgliedsabteilung, 80306 München

Bitte erst kopieren und dann ausschneiden, wenn Sie das Heft nicht beschädigen wollen.

Beitrittserklärung

Ja, ich möchte zum Kreis der Mitglieder des Deutschen Museums gehören.

- Als Privatperson werde ich das Deutsche Museum mit einem Jahresbeitrag von mindestens DM 76,- fördern.
- Als Firma oder Institution werde ich das Deutsche Museum mit einem Jahresbeitrag von mindestens DM 1000,- unterstützen.
- Als Schüler oder Student werde ich das Deutsche Museum mit einem Jahresbeitrag von mindestens DM 45,- fördern.

Bitte Kopie des Schüler- oder Studentenausweises beifügen.

Meine Anschrift:

Name, Vorname bzw. Firma

Straße, Hausnummer

PLZ, Wohnort

Freiwillige Angaben:

Beruf

Geburtsdatum

Prämienanforderung:

Ich habe nebenstehendes Mitglied für das Deutsche Museum geworben. Senden Sie bitte das angekreuzte Buch an meine untenstehende Adresse.

- Gmelin/Steller: Nordische Expedition 1733 bis 1743*
- Urs Bitterli: Die Entdeckung Amerikas*
- Michel Mollat du Jardin: Europa und das Meer*
- Josef H. Reichholf: Comeback der Biber*
- Heinz-Gerhard Haupt: Orte des Alltags*

Mitgliedsnummer

Name, Vorname

Straße, Hausnummer

PLZ, Wohnort

Datum Unterschrift

Zahlungen bitte erst nach Aufforderung leisten.

WAS WIR SCHON IMMER WISSEN WOLLTEN

Fragen zu den wichtigsten Dingen des Lebens

Das *Kultur & Technik*-Rätsel stellt Fragen, die nicht von uns oder von Fachleuten beantwortet werden, sondern von unseren Leserinnen und Lesern. In der letzten Ausgabe von *Kultur & Technik* hatten wir die Frage gestellt: „Welche Uhrzeit gilt an Nord- oder Südpol, wo alle Zeitzonen in einem Punkt zusammentreffen?“ Hier einige der Antworten, die uns erreichten, manche gekürzt oder mit leichter redaktioneller Bearbeitung.

Die Uhrzeit wird an diesen beiden Punkten richtungsabhängig, das heißt, sie verändert sich mit der Richtung, in die man blickt.

Horst Fenske
Fürstfeldbruck

Da Sie in Ihrer Frage auf eine „Uhrzeit“ und „Gültigkeit“ Bezug nehmen, setzen Sie stillschweigend beobachtende Menschen voraus, denn nur für solche gelten diese Begriffe.

Wenn Sie einem Menschen das Areal, das ihm normalerweise für seine Bewegung zur Verfügung steht, auf einen einzigen Punkt (Erddpol) reduzieren, nehmen Sie ihm auch die translatorischen seiner primären sechs Freiheitsgrade. Es bleiben ihm nur noch die drei rotatorischen. Das heißt, er kann sich auf dem Pol nur noch um sich selbst drehen ... Ein winziger Schritt daneben, und er befindet sich nicht mehr auf dem Pol.

Von Bedeutung sind aber nur Drehungen, die die optische Achse seines Gesichtsfeldes verändern. Schaut er nach Greenwich, ist für ihn die *Greenwich Mean Time* (GMT) maßgebend. Will er um die Mittagszeit mit jemandem in Deutschland telefonieren, muß

er sich um 15° drehen und warten, bis die Sonne ihren höchsten Stand erreicht. Und wenn er sich am 31. Dezember um 12 Uhr, von Greenwich aus gesehen, umdreht, könnte er den Neuseeländern beim „Prosit Neujahr!“-Wünschen zuschauen.

Auf den Erddpolen haben also alle Zeitzonen gleichzeitig ihre Gültigkeit, wie übrigens auf der ganzen Erde auch. Nur kann man sie hier, ohne sich zu bewegen und nur durch Änderung der Blickrichtung, auch gleichzeitig erleben.

Dipl.-Ing. H. A. Alexander
Berresheim, Neubiberg

Ihre Frage enthält bereits die Antwort: In einem Punkt, in dem alle Zeitzonen zusammentreffen, gelten auch alle Uhrzeiten.

Diese Antwort ist allerdings mehr als langweilig, weil sie nicht die Bedürfnisse eines Menschen berücksichtigt, der sich am Pol aufhält.

Zunächst ist wichtig, festzustellen, ob man sich am Pol befindet. Die klassische Methode dieser Feststellung beruht auf der Anwendung von Sextant, Chronometer, nautischem Almanach und einem künstlichen Horizont, gefüllt mit Quecksilber. In diesem Falle gilt die Universal-Zeit UT (*Universal Time*) = GMT.

Man stelle sich vor, der Polreisende liege auf dem Bauche, bewaffnet mit einem Sextanten, bei dem Versuch, über das mit Quecksilber gefüllte Gefäß die Sonne einzufangen, wäh-

rend die Atemluft des Beobachtenden die Optik des Sextanten mit Rauhreif überzieht und ausgerechnet die Seiten des nautischen Almanach aneinandergefröhen sind, die gerade benötigt werden.

Währenddessen zücken andere Poltouristen schmunzelnd ihr GPS-Navigationsgerät (*Global Positioning System*), drücken einige Tasten, und schon erscheint auf dem Display: LAT (Breite) 90° N am Nordpol beziehungsweise LAT 90° S am Südpol sowie LONG (Länge) – äh, ja was sagt denn GPS zu LONG an den Polen? Vermutlich „Error“.

Obwohl weitergehende Sensationen für den Erddpoltouristen nicht zu erwarten sind, scheint dennoch mehr und mehr dringender Bedarf zu bestehen, das Uhrzeitproblem an den Polen der Erde endgültig zu lösen, ... da Klagen auf teilweise Erstattungen der Reisekosten durch Geltendmachung von Reisemängeln wie kalte Füße, Schneesturm, schlechte Sicht (man sieht den Pol eigentlich nicht so richtig), Mangel an touristischen Einrichtungen (Bar, Minigolf, Discothek, Kino, Leihfahrräder und so weiter) gegenüber dem Reiseveranstalter vor deutschen Gerichten nur durch Beibringung glaubhafter Beweismittel erfolgreich sein können.

Polreisenden wird deshalb dringend empfohlen, Reisemängel inhaltlich, uhrzeitlich und kalenderdatumgerecht exakt zu protokollieren und über den bevorzugten Server per

Email mitzuteilen. Voraussetzung ist, daß die Uhrzeit, die der Polreisende seinen Reisemängelberichten zugrunde legt, mit der Uhrzeit synchronisiert ist, die sein Kommunikationsunternehmen zugrunde legt. Nichts ist peinlicher als die spätere Feststellung eines Gerichtes, über einen Reisemangel sei bereits berichtet worden, bevor er eingetreten sei.

Meine endgültige Antwort auf Ihre Frage lautet deshalb: An den Erddpolen gilt die Uhrzeit, die ein Kommunikationsunternehmen zugrunde legt, um die von dort aus mittels eines Mobilfunkgeräts stattfindende Telekommunikation uhrzeitlich protokollieren und abrechnen zu können.

Obwohl die Uhrzeitfrage an den Erddpolen damit endgültig geklärt ist, tut sich eine neue Frage auf:

Welcher Längengrad erscheint auf dem Display eines GPS-Navigationsgerätes, das sich exakt an einem der Pole befindet? Reinhold Pauli
Münster

Als langjähriger Funkamateurl (durch viele Presseberichte als Fachmann ausgewiesen; Anmerkung der Redaktion), Lizenz seit 1949, habe ich den weltweiten Funkverkehr immer nur mit Zeitangaben in GMT bestätigt. Dies gilt auch für Nord- und Südpol, insbesondere für die *Amundsen-Scott South Pole Station* exakt auf dem Südpol.

Meine Frage: Welches Phänomen in der Natur erhält unseren Erdball für Fauna und Flora bewohnbar?

Heinz Vetter
Witten-Rüdinghausen

Pardon! Der Faradaysche Käfig, den wir an dieser Stelle in Heft 4/1998 zeigten, war nicht der im Deutschen Museum, sondern der in der Technischen Universität München.

Die Kultur & Technik-Frage:

Die Temperaturskala ist nach unten durch den absoluten Nullpunkt 0° Kelvin begrenzt. Gibt es in Richtung steigender Temperatur einen physikalisch zu begründenden oberen Grenzwert?

Rudolf Baier, Karlsfeld

VON SIGFRID VON WEIHER

4.1.1849

In seiner Geburtsstadt München verstirbt im 60. Lebensjahr **Franz Xaver Gabelsberger**. Als bayerischer Kanzlei-beamter beschäftigte er sich seit 1817 mit der Entwicklung seines **Kurzschriftsystems**, das sich bei der Aufnahme der Verhandlungen der Stände-versammlungen im Jahr 1819 bewährte. Zehn Jahre später vermittelte Gabelsberger seine Erfahrungen in Kurzschrift-Lehr-gängen, und 1838 gründete er eine „stenographische Lese-Bibliothek“. Die modernen **akustischen** und die **magnetischen Schallaufzeichnungen** haben die Rolle der Kurzschrift ersetzt, aber wo die entsprechenden technischen Voraussetzungen fehlen, ist sie heute noch unverzichtbar.



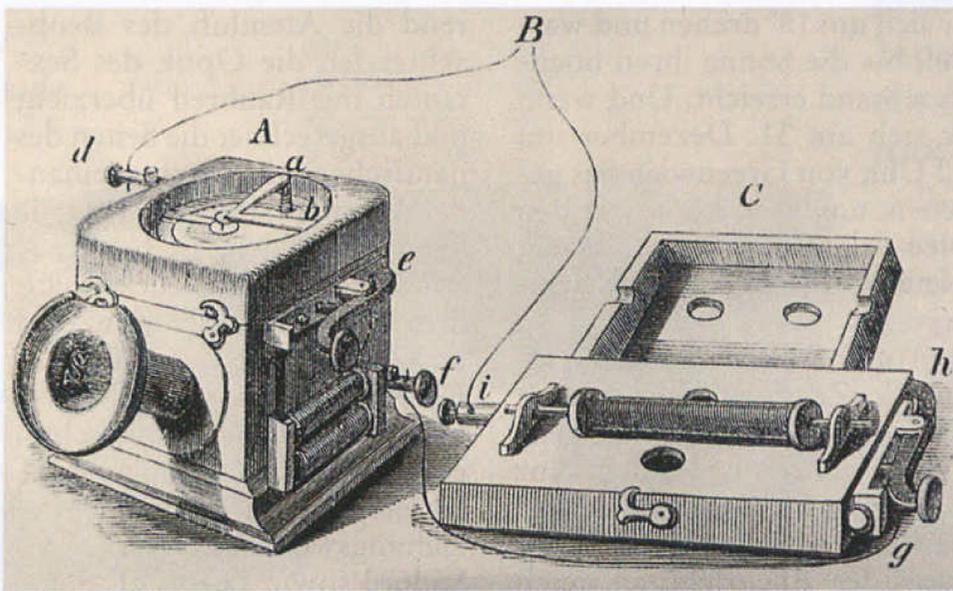
Franz Xaver Gabelsberger (1789-1849)

11.1.1799

In Berlin stellt **Franz Karl Achard** (1753-1821) dem preußischen König seinen ersten **Zuckerhut** aus eigener Run-kele-Produktion vor. Der König erkennt den „unschätz-baren Wert“ dieser in 15-jähriger Züchtung entwickelten **Rübenzucker-Produktion** an und gewährt Achard ein stattliches Darlehen zur Errichtung der ersten Rübenzucker-Fabrik auf dem Gut Kunern, die 1801 in Betrieb ging. 1812 entstand daraus auch die erste fachliche Lehranstalt. Damit wurde die zuvor notwendige Rohrzucker-Einfuhr, vor allem aus Britisch-Indien, recht rasch redu-ziert und durch eine nationale Produktion ersetzt.

14.1.1874

In Friedrichsdorf im Taunus verstirbt 40-jährig **Johann Philipp Reis**. Als junger Lehrer am Garnierschen Institut in Friedrichsdorf unternahm er



Sender und Empfänger des Telefons von Philipp Reis, 1861.

Versuche, akustische Schwin-gungen in elektrische Strom-impulse umzusetzen. Seine Appa-ratur nannte er **Telephon**. Er führte sie 1861 vor dem *Physi-kalischen Verein* in Frankfurt am Main und 1864 auf der *Naturforscher-Versammlung* in Gießen erfolgreich vor, die je-doch noch kein sonderliches Interesse zur Praktizierung aus-löste. Erst zwei Jahre nach sei-nem Tode gelang dies mit ei-nem verbesserten, fortentwik-kelten System dem Amerika-ner **Alexander Graham Bell** (1847-1922). Reis war ein Weg-bereiter des Fernsprechers; er ist der **Begründer der Elek-tro-Akustik**.

18.1.1799

Der Mechaniker **Louis Robert** in Essonne bei Paris erhält für die von ihm entwickelte **Ma-schine zur Herstellung lan-gen Papiers** das französische Brevet 329. Bis dahin konnte man nur kleine Bogen aus der Papiermasse („Bütten-Papier“) schöpfen. 1803 wird die Her-stellung langen **Rollenpapiers** in England verbessert und zur Grundlage künftiger Zeitungs-druckmaschinen.

23.1.1799

In Primiero, in Südtirol, wird **Alois Negrelli** geboren. Nach seinem Ingenieurstudium war

er im Straßen-, Wasser- und Ei-senbahnbau tätig, zunächst in Tirol, dann in der Schweiz, in Böhmen, Venetien und schließ-lich im österreichischen Staats-bahnbau. Als bekanntes Mit-

Zschopau in dessen DKW-Fir-ma vervollkommnete und ab 1919 serienreif auf den Markt brachte. Die Abkürzung DKW stand ursprünglich für „Dampf-Kraft-Wagen“, die später je-doch nicht mehr das Haupt-erzeugnis des Unternehmens bildeten. Aus dem Fahrrad-Hilfsmotor entwickelte Ruppe 1922 den 4-PS-Zweitakter *Bekamo*. Seine Verdienste um **Zweitakter** generell sollten nicht vergessen werden.

25.1.1949

Der *Rat für gegenseitige Wirt-schaftshilfe*, **RGW** beziehungs-weise **Comecon**, wird unter der Führung der Sowjetunion gegründet. Neben der UdSSR gehören dazu die DDR, Polen, die CSSR, Ungarn, Rumänien, Bulgarien, Cuba, Vietnam und die Mongolei. Damals trugen jene Staaten 18 Prozent zur Weltproduktion bei; 30 Jahre später, 1979, betrug deren An-teil bereits 36 Prozent, woraus der Erfolg industrieller Ab-stimmung und Zusammenar-beit spürbar wird. Kapitalis-tisches Denken nutzte damit auch der sozialistischen Welt.

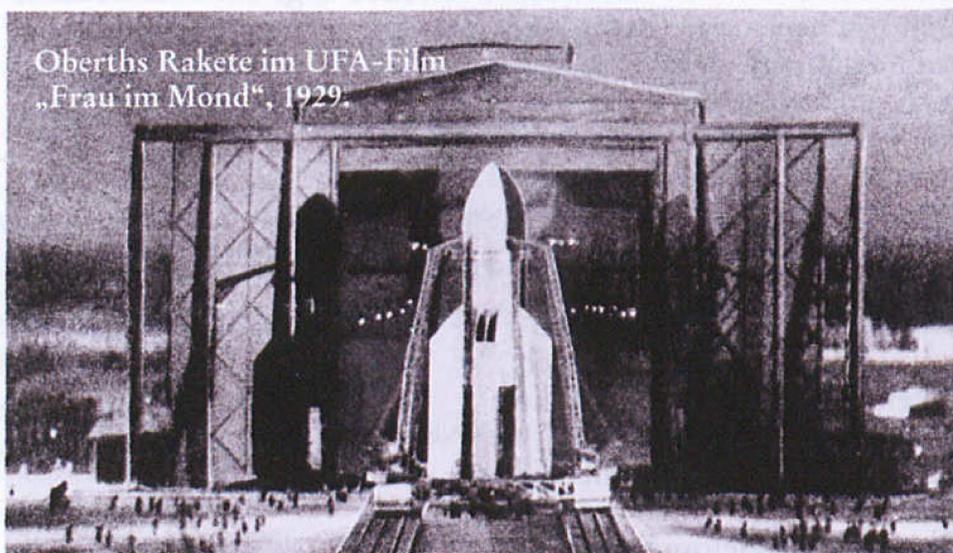
2.2.1924

Die populärwissenschaftliche *Zeitschrift Umschau* setzt eine kritische Auseinanderset-zung mit **Fragen der Raum-fahrt** in Gang, ausgelöst durch das 1923 erschienene Buch *Die Rakete zu den Planetenräumen* von **Hermann Oberth** (1894-1989). Das Thema wird da-mit zum ersten Mal breiten Kreisen bekannt gemacht und regt zu praktischen Versuchen mit raketentriebenen Stra-

glied der deutschen Gruppe gehörte er seit 1856 zur *Inter-nationalen Suezkanal-Studien-gesellschaft* in Paris. Sein Plan samt Berechnungen zum Bau eines **schleusenlosen Kanals** wurde dem Bau zugrunde ge-legt, konnte von Negrelli – der 1858 starb – aber nicht mehr persönlich betreut werden. 1869 wurde der Suezkanal vollendet.

23.1.1949

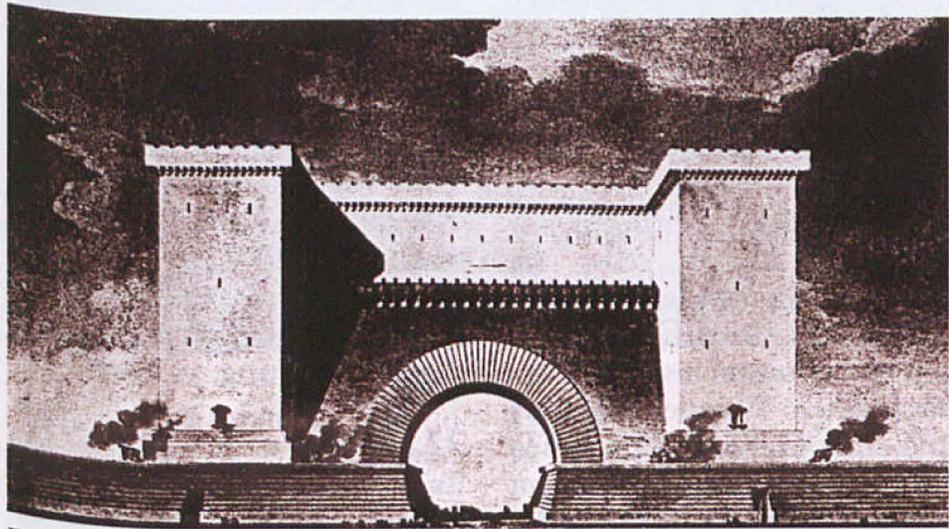
In Zschopau stirbt im 70. Le-bensjahr **Paul Hugo Ruppe**. Im väterlichen Unternehmen in Apolda, einer Maschinenfabrik, entwickelte er als 24-jähriger Konstrukteur einen **luft-gekühlten Viertakt-V-Motor** mit 5 PS. 1911 entwarf er sei-nen ersten Zweitakter, den er ab 1916 mit J. S. Rasmussen in



ßen-, Schienen- und Luftfahrzeu- gen an. 1929 wird Oberth von der UFA als wissenschaftlicher Berater für den berühmten Film *Frau im Mond* zugezogen, was zur Popularisierung des Raumfahrtgedankens beiträgt.

5.2.1924

Ein von der *Westinghouse Electric Co.* in Pittsburgh, USA, ausgestrahltes Rundfunkprogramm wird in England empfangen und über Relaisdienste im Lande verbreitet. Der weltweite **Radio-Programm-Austausch** nimmt immer mehr zu.



Etienne Louis Boullées Entwurf eines Stadttores aus dem Jahr 1790.

6.2.1799

In Paris stirbt in seinem 71. Lebensjahr der Architekt **Etienne Louis Boullée**. Neben seinem Landsmann **Claude Nicolas Ledoux** (1736-1806) war er einer der eindrucksvollsten Bauschöpfer der **Revolutionsarchitektur**, wengleich sein Lebenswerk vor allem aus nicht realisierten, phantastischen Entwürfen besteht, so auch ein Grabmal für Newton als riesige Hohlkugel oder ein überdimensional konzipiertes Stadttor. Man beabsichtigte, aus der Geometrie eine völlig neue Baugesinnung zu entwickeln. Im realen Bereich führte dieser Weg zu **Le Corbusier** und zum Bauhausstil in unser Jahrhundert.

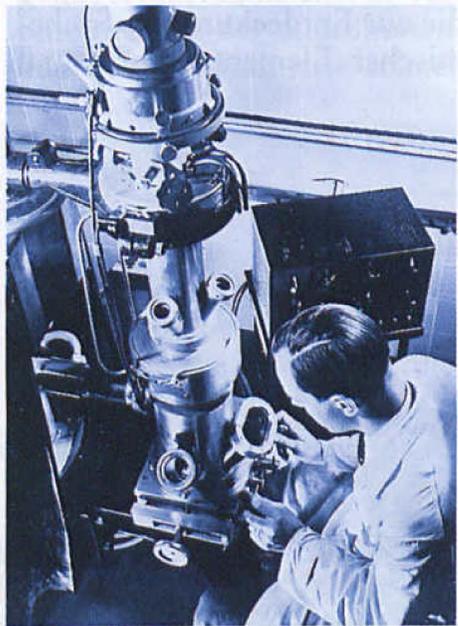
11.2.1799

In Pavia stirbt 70jährig der Naturforscher **Lazaro Spallanzani**. Er gehört zu den Vätern der experimentellen Physiologie und hatte sich um 1786 mit Besamungsproblemen

beschäftigt. Bemerkenswert ist, daß Jacques Offenbach in seiner Oper *Hoffmanns Erzählungen* Spallanzani als den Schöpfer des Automaten-Mädchens *Olympia* nennt.

12.2.1949

Eine Hörspiel-Fassung von **H. G. Wells** Roman *Krieg der Welten* führt in Quito/Ecuador zu einer Panik. Bereits elf Jahre davor hatte eine Rundfunksendung desselben Themas in New York aufgrund der sehr realitätsnahen Gestaltung zu einem fluchtartigen Verkehrschaos geführt.



Elektronenmikroskop von v. Borries und Ruska, 1938.

15.2.1949

Professor Dr. **Bodo von Borries** (1905-1956), neben **Ernst Ruska** der Miterfinder des **Elektronen-Mikroskops**, gründet in Düsseldorf das *Rheinisch-Westfälische Institut für Ultra-Mikroskopie*. Die Entwicklung in den 30er Jahren bei *Siemens & Halske* in Berlin

hatte zum serienmäßigen, vielfältig nutzbaren Elektronenmikroskop mit 30.000facher Vergrößerung geführt. Nun mußten sich die inzwischen entstandenen Systeme der Elektronenmikroskope (unter anderen E. Brüche, AEG und M. v. Ardenne) auf den Weltmarktbedarf einstellen, wodurch auch die Fortentwicklung der konkurrierenden Systeme erneut angeregt wurde.

18.2.1924

In Bethel bei Bielefeld stirbt, fast 66jährig, der Industrielle **Wilhelm Schmidt**. In einfachen Verhältnissen aufgewachsen, hatte er sich mit enormem Fleiß als Autodidakt beträchtliches Wissen und vielseitige technische Fähigkeiten erworben. 1879 hatte er während seiner Militärdienstzeit die Möglichkeit, eine von ihm erdachte rotierende Dampfmaschine experimentell zu prüfen. 1883 ließ er sich in Wilhelmshöhe bei Kassel mit einer kleinen Maschinenfabrik nieder, die sich durch die Entwicklung und die Fabrikation einer **Heißluft-Dampfmaschine** besonders für das Kleingewerbe einen Absatzmarkt schaffen konnte. In den 90er Jahren trug eine von W. Schmidt entwickelte **Heißdampf-Lokomotive** wesentlich dazu bei, sein Unternehmen weltweit bekannt zu machen. Der VDI verlieh ihm mit der Grashof-Gedenkmünze seine höchste Auszeichnung.

19.2.1874

Die österreichische Post in Wien stellt „**Postmanipulantinnen**“ in ihre Dienste. Es handelte sich dabei um die Beschäftigung junger Frauen mit allgemeinen Ordnungsaufgaben, so etwa Briefsortierungen. Etwas später werden „spezifisch technische Frauenberufe“ wie Maschinenschreiben und Telefondienste eingeführt.

24.2.1799

In Göttingen stirbt in seinem 57. Lebensjahr **Georg Christoph Lichtenberg**. Als Physiker wie auch als philosophierender Chronist seiner Zeit war er schon zu seinen Lebzei-

ten bekannt. 1772/73 unternahm er die Landesvermessung von Hannover, dann verbrachte er einige Zeit in England. 1776 übernahm er in Göttingen eine Professur für Mathematik. Bedeutsamer waren jedoch seine experimental-physikalischen Vorlesungen mit magnetischen Versuchen. Die Bezeichnungen Plus- beziehungsweise Minus-Elektrizität führte er 1778 in die **Elektrizitätslehre** ein. An Lichtenberg erinnern bis heute die durch elektrische Entladungen in Staub gezeichneten **Lichtenbergschen Figuren**. Freimütig und oft scharf kritisierend nahm er zu philosophischen und literarischen Tagesfragen Stellung, und unvergessen bleiben seine geistreichen, immer wieder neu aufgelegten **Aphorismen**.

24.2.1949

In White Sands in New Mexico, USA, wird eine **Zweistufen-Rakete**, bestehend aus einer deutschen V2 beziehungsweise A4 (Aggregat 4) und einer daraufgesetzten amerikanischen WAC-Corporal senkrecht gestartet. Mit einer Geschwindigkeit von 8.445 km/h erreichte sie eine Rekordhöhe von 402 Kilometern, nachdem sich in 32 Kilometer Höhe die WAC von der A4 gelöst hatte.

1.3.1924

Als zweiter deutscher **Radio-sender nach Berlin** nimmt der Mitteldeutsche Rundfunk (MI-RAG) in Leipzig seinen Sendebetrieb auf. Am 20. März folgt der Bayerische Rundfunk in München und am 30. März der Sender Frankfurt/Main.

4.3.1824

In Großbritannien wird der *National Life Boat Service* gegründet, die weltweit erste Seerettungsgesellschaft. 1865 folgt Deutschland dem Beispiel mit der *Deutschen Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger*.

7.3.1849

In Lancaster in Massachusetts, USA, kommt **Luther Burbank** zur Welt. Als Biologe,

Abb.: Sammlung v. Weiher (o.); Siemens-Forum München (u.)

JANUAR BIS MÄRZ 1999



Luther Burbank (1849-1926)

Naturforscher und Schriftsteller, besonders aber als Pflanzenzüchter in Santa Rosa, Kalifornien, machte er sich einen Namen, begründet durch die riesige **Burbank-Kartoffel**. 1893 erschien sein Lehrbuch über neue Pflanzen-Schöpfungen und 1921 ein achtbändiges Werk zum Thema, wie Pflanzen zum Nutzen der Menschen effektiver gezüchtet werden können.

7.3.1874

Zum Kahlenberg, dem Hausberg der Stadt Wien, wird eine Zahnrad-Bahn in Betrieb genommen.

9.3.1824

In Waterfriet im Staat New York, USA, wird **Leland Stanford** geboren. 1861 wurde er Gouverneur von Kalifornien. Er wurde der große Inspirator und Miterbauer der **Transamerikanischen Eisenbahn** zur Verbindung von New York via Omaha und Nebraska mit Salt Lake City und Sacramento. 1869 konnte der Bahnbau vollendet werden, der die wirtschaftliche Erschließung des „**Goldenen Westens**“ möglich machte. Zwischen 1887 und 1891 schuf er die **Leland Stanford University**, die einzige US-amerikanische Hochschule mit einem deutschen Wahlspruch: „Die Luft der Freiheit weht!“

1869 wurde die Eisenbahn quer durch die USA eingeweiht.

10.3.1849

In Paris wird **Floris Osmond** geboren. Er arbeitete auf dem Gebiet der Veredelung des Eisens und der Wandlungen des Stahls im thermischen Bereich von 700 bis 900 Grad. Als erster hat er die **thermische Analyse** in den Dienst der **Hüttenkunde** gestellt und die Kenntnis um das Gefüge und den inneren Aufbau des Stahls wesentlich erweitert.

10.3.1949

In Bitterfeld stirbt im 57. Lebensjahr **Adolf Franz Beck**. In Chicago als Sohn deutscher Eltern geboren, kam er 1893 nach Berlin, besuchte ein Technikum und war bei *Borsig* und AEG tätig. Dann kam er als Labor-Ingenieur nach Griesheim und 1915 nach Bitterfeld, wo er sich besonders mit **metallurgischen Veredelungen** beschäftigte, die sich in 65 Patenten dokumentieren. Besondere Anerkennung fanden seine **Hydrionalium-Legierungen**, die 1934 zur Auszeichnung Becks mit der Lilienthal-Gedenkmünze Anlaß gaben. Bis an sein Lebensende hatte Beck seine chemischen Arbeiten auf dem Leichtmetall-Gebiet, insbesondere beim Wiederaufbau

des Kombinats Bitterfeld, nach dem Zweiten Weltkrieg, mit Erfolg betrieben.

11.3.1824

In Falkenhain bei Merseburg wird **Julius Blüthner** geboren. Von Haus aus gelernter Tischler, nahm er in Leipzig 1853 die Entwicklung und den Bau von **Klavieren** auf. Auch ins Ausland und namentlich nach Amerika gelangten seine hervorragenden Flügel; 1874 verließ der 7.500. Flügel seine Fabrik.

12.3.1824

In Königsberg wird **Gustav Robert Kirchhoff** geboren. Er bildete sich zum Physiker aus und wirkte als Professor in Berlin, Breslau, Heidelberg und ab 1874 wieder in Berlin. Aus seinen vielfältigen Beiträgen zur modernen Physik seien die nach ihm benannten **Gesetze zur Elektrizitätslehre**, die Arbeiten zur mechanischen Wärmetheorie, Wärmefortleitung und zu optischen Phänomenen hervorgehoben. Zusammen mit **Robert Bunsen** (1811-1899) erarbeitete er in den Jahren 1859/60 die **Spektralanalyse**, die zur Entdeckung neuer chemischer Elemente führte und

das Wissen um die stoffliche Zusammensetzung ferner Gestirne lieferte.

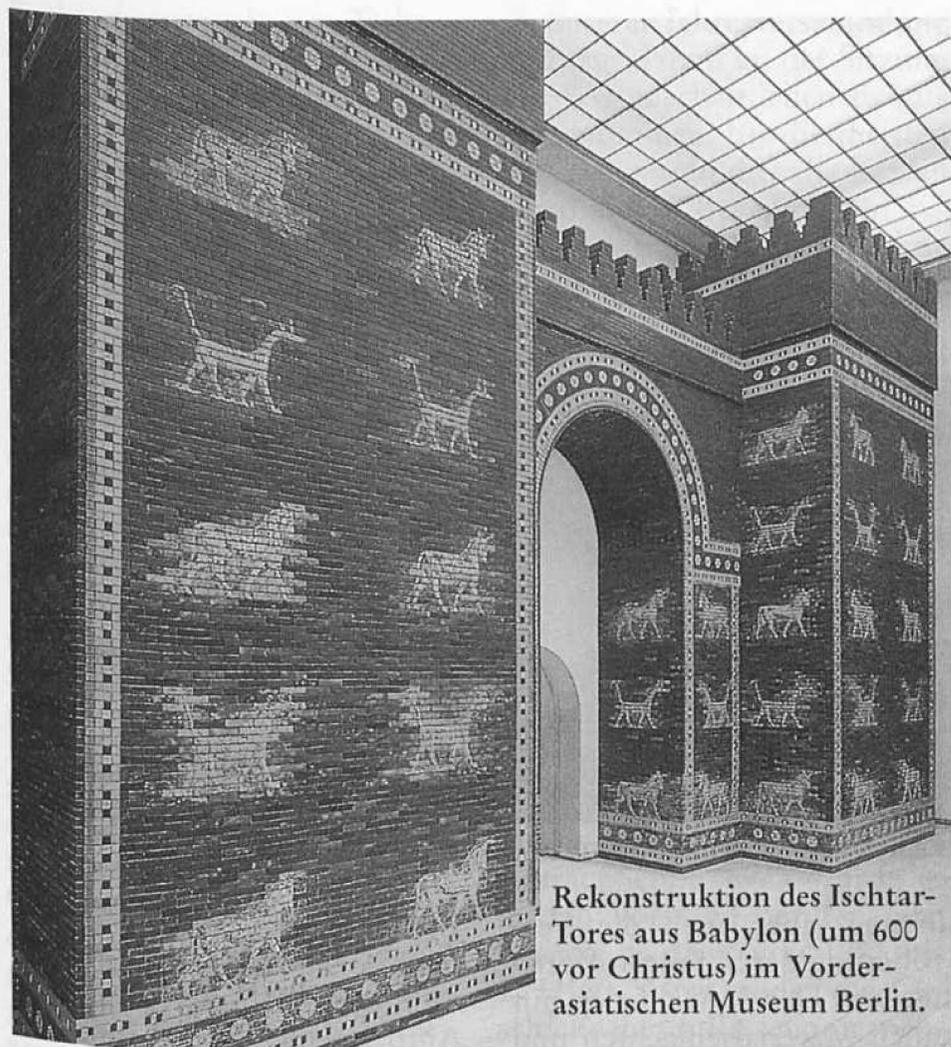
17.3.1749

In Berkeley, Gloucestershire, England, wird **Edward Jenner** geboren. Sohn eines Theologen, hatte er Medizin und Naturwissenschaften studiert und sich dann als praktischer Arzt in seinem Heimatort niedergelassen. Bei der kritischen Erforschung früherer Bemühungen zur **Verhütung der Pocken** fand er 1796 die Schutzwirkung durch Impfung mit Kuh-Pocken, die sich als dauerhaft erwies. 1802, nachdem seine Publikationen und nachgewiesenen Impferfolge zu einer Ehrengabe von 10.000 £ durch das Parlament geführt hatten, gründete Edward Jenner die **Royal Jennerian Institution**, die sich mit Erfolg der zügigen Fortentwicklung und Einführung der segensreichen **Pockenimpfung** widmete.

17.3.1849

In Euclid in Ohio, USA, wird **Charles Francis Brush** geboren. Früh interessiert an mechanischen Aufgaben, entwickelte er sich zu einem Elektrotechniker, der in der Verbesse-





Rekonstruktion des Ishtar-Tores aus Babylon (um 600 vor Christus) im Vorderasiatischen Museum Berlin.

nung der Dynamomaschine und von selbstregulierenden Bogenlampen erfolgreich war. 1881 gründete er eine eigene Firma, die sich zehn Jahre später mit der *General Electric Co.* vereinigte. Brush's Verdienste um die **Reihenschluß-Bogenlampe** wurden 1913 durch die Verleihung der Edison-Medaille gewürdigt.

17.3.1949

In Heidelberg wird unter dem Vorsitz von Dipl.-Ing. **Franz Kruckenberg** die *Gesellschaft der Förderer der europäischen Schnellbahnen e.V.* gegründet. Die praktischen Ergebnisse und Planungen aus Kruckenbergs Entwicklung des **Schienenzepelins** (1930/31) und weiterer Schnelltriebswagen bis zum Jahr 1938 wurden nun in die Aktivitäten der Bundesbahn zur Entwicklung des **Trans-Europa-Express (TEE)** eingebracht, der 1957 auf Fahrt ging und danach zum IC und später zum ICE wurde. 1991 wurde in Erinnerung an den Pionier der superschnellen und städteverbindenden Züge ein ICE „**Franz Kruckenberg**“ zwischen Nord- und Süddeutschland in Dienst gestellt.

19.3.1849

In Schweinfurt am Main wird **Friedrich Fischer** geboren. 1886 gründete er in seiner Heimatstadt Deutschlands erste **Kugellagerfabrik**, die sich in Verbindung mit der aufkommenden Fahrrad-Industrie schnell entwickelte.

24.3.1849

In Jena verstirbt im 68. Lebensjahr Professor **Johann Wolfgang Doebereiner**. Er war zunächst Pharmazeut. Da seine geschäftlichen Erfolge ausblieben, ergänzte er sein Studium in Chemie und erhielt 1810 die Möglichkeit, in Jena eine Professur zu übernehmen. Er verfasste Werke über Platin und Gärungschemie, über pneumatische Chemie sowie **pharmazeutische Chemie**, und er erfand ein **Feuerzeug**, das auf der Entzündlichkeit des Wasserstoffs durch Platinschwamm basiert. Mit Goethe stand er in wissenschaftlichem Kontakt.

26.3.1899

Robert Koldewey (1855-1925) beginnt seine Ausgrabung der **Prozessionsstraße von Babylon**. Besonders das Ischtartor Babylons wird im Vorderasia-

tischen Museum (Bode-Museum) in Berlin aufgebaut und vermittelt in Architektur, Form und leuchtenden Farben einen Eindruck von der größten Stadt aus dem zweiten vorchristlichen Jahrtausend.

27.3.1899

Zwischen Nordhausen und Wernigerode nimmt die **Harz-Querbahn** auf Schmalspur ihren Betrieb auf. Am gleichen Tage geht auch die **Brocken-Bahn** auf Fahrt. Sie überwindet auf einer Strecke von 33 Kilometern einen Höhenunterschied von 910 Metern.

28.3.1749

In Beaumont-en-Auge im Département Calvados, Frankreich, wird **Pierre Simon Laplace** geboren. Er entwickelte sich zu einem großen Astronomen und Mathematiker. In seiner *Himmelsmechanik* erklärte er im Sinne Newtons die physikalischen Erscheinungen im Kosmos. Er arbeitete über Refraktion, Schallgeschwindigkeit, Drehung fester Körper, Molekularvorgänge und statische Eigenschaften der Elektrizität sowie über barometrische Höhenmessungen und zahlreiche weitere physikalische Probleme. 1804 wurde er von Napoleon in den Grafenstand erhoben.

28.3.1849

Auf der von *Siemens & Halske* geschaffenen ersten **Ferntelegraphen-Linie Europas** zwischen Frankfurt am Main und Berlin wird die Nachricht von der Wahl des preußischen Königs zum deutschen Kaiser übermittelt. In der Stunde der Bekanntgabe in der Paulskirche in Frankfurt wird die Nachricht auch schon in Berlin bekannt. Neben der politischen Sensation wird auch der technische Fortschritt den Menschen des Biedermeiers bewußt.

30.3.1949

In Buenos Aires, Argentinien, stirbt im 65. Lebensjahr der deutsche Chemiker **Karl Rudolph Friedrich Bergius**. 24-jährig begann er als Privatdo-

zent in Hannover, seine Forschungen mit Anwendung hohen Druckes bei chemischen Prozessen. Erstes bedeutsames Ergebnis war das 1913 patentierte, später in Mannheim-Rheinau großtechnisch für die **Gewinnung von Autotreibstoff** durchgebildete Verfahren der **Kohleverflüssigung**. 1927 gelang Bergius die Herstellung von Zucker aus Holz und an-



Friedrich Bergius (1884-1943)

deren Naturstoffen. Gleichzeitig mit Carl Bosch (1874-1940) erhielt Bergius 1931 den Chemie-Nobelpreis zuerkannt. □

DER AUTOR

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

Abb.: Vorderasiatisches Museum/Staatliche Museen zu Berlin, Preußischer Kulturbesitz (l.); Deutsches Museum (r.)

ZUSAMMENGESTELLT VON ANDREA LUCAS

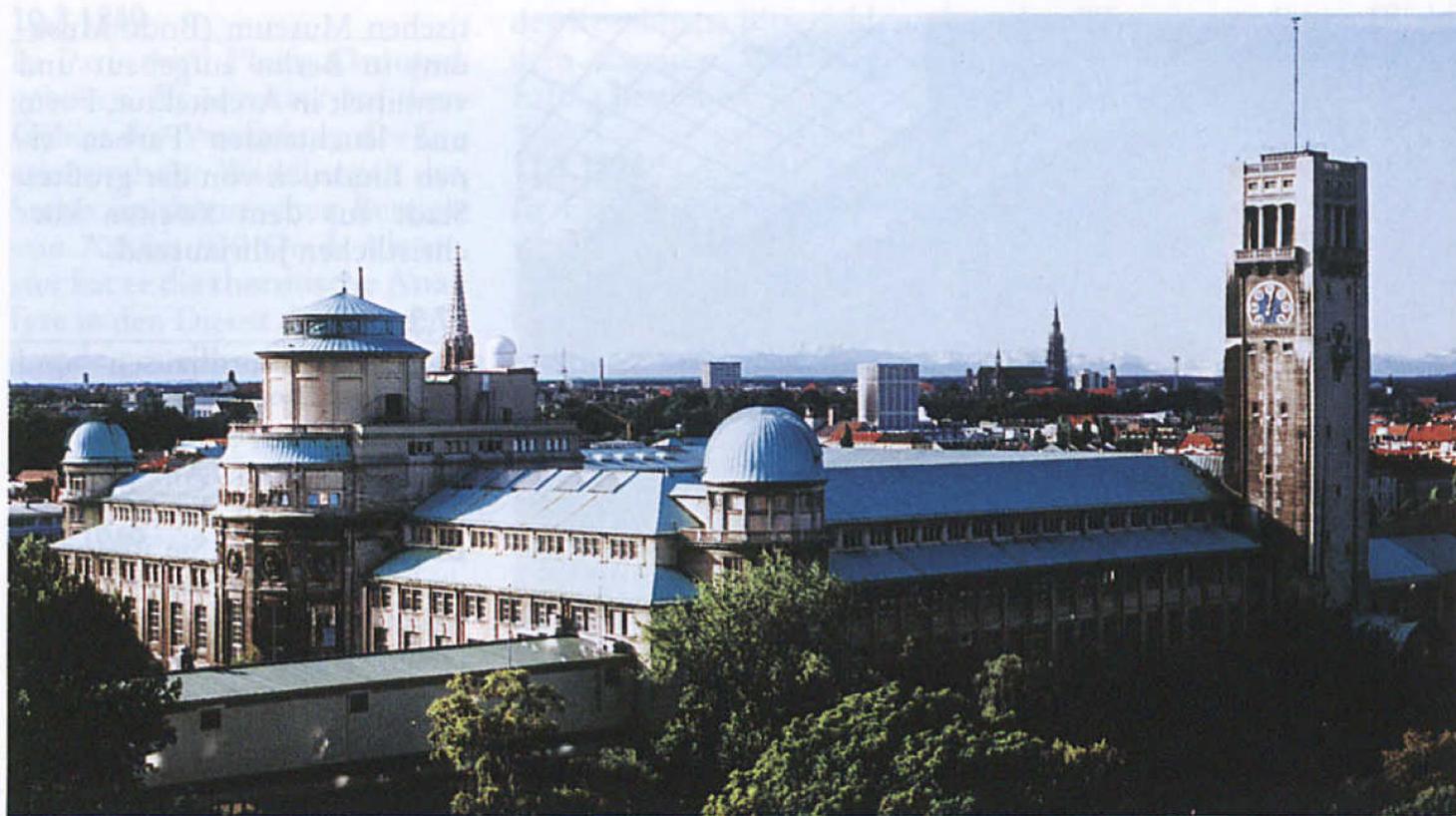
DEUTSCHES MUSEUM - DAS JAHRHUNDERT DER TECHNIK

Zwischen dem 16. September und dem 21. Oktober 1998 zeigte das 3. Programm des Bayerischen Fernsehens die fünfteilige TV-Dokumentation „Deutsches Museum. Das Jahrhundert der Technik“. Die Deutsche Welle strahlt seit dem 17. September weltweit pro Monat eine Folge der Serie aus. Den fünften und letzten Teil sendet sie an den Weihnachtsfeiertagen (25. und 26. Dezember). Und schließlich gibt es einen 45minütigen Zusammenschnitt für den Westdeutschen Rundfunk.

Rund drei Jahre ist es her, seit Fritz Karmann von der Produktionsfirma *Mediakonzept* an das Deutsche Museum den Gedanken herantrug, einen mehrteiligen Film zur Kulturgeschichte der Technik im 20. Jahrhundert zu drehen. Geplant war kein Film über das Deutsche Museum und seine vielfältigen Sammlungen allein. Hierzu hatte der Bayerische Rundfunk mit dem Video „Im Deutschen Museum“ aus der Serie „Bayern erleben“ erst 1996 eine vielbeachtete Dokumentation produziert.

Grundkonzeption der neuen Serie war, 100 Jahre Naturwissenschafts- und Technikgeschichte für das Medium Fernsehen Revue passieren zu lassen. Bindeglied zu den einzelnen Ereignissen sollte das Deutsche Museum sein, das nur drei Jahre jünger als dieses Jahrhundert ist. Seine reichhaltigen Objektsammlungen und Archivbestände ermöglichten es, die Entwicklung der Technik filmisch nachzuvollziehen.

Oskar von Miller (1855-1934) hatte das Museum im Jahr 1903 nicht zuletzt unter dem Gesichtspunkt gegründet, die Bedeutung der Technik als Kulturfaktor zu präsentieren. Technik und Naturwissenschaften sollten dem Publikum mit historischen und modernen Exponaten fundiert und anschaulich nahegebracht werden. Der Aufbau und der Wandel des Deutschen Museums im vergangenen Jahr-



Blick auf das Sammlungsgebäude des Deutschen Museums, das 1925 fertiggestellt wurde.

hundert ist auch ein Ausdruck sich entwickelnder Technik und veränderter Ansprüche der Besucher.

Die fünfteilige Serie verknüpft in lockerer Weise die Museumsgeschichte mit der Geschichte der Technik. Während die ersten vier Teile eher historisch die Entwicklungen nachvollziehen, steht im fünften Teil das Museumskonzept Oskar von Millers auf dem Prüfstand.

Die erste Sendung, „Zeit der Pioniere“, zeigt die Erfindungen und Entdeckungen des 19. Jahrhunderts, ohne die die Technisierung des 20. Jahrhunderts nicht verständlich wäre: Dampfmaschine, Elektrizität, hygienische und medizinische Erkenntnisse, die Fortschritte in der Farbenchemie, Eisenbahn und Auto, der Vorstoß Lilienthals in die Lüfte und vieles mehr.

Die zweite Folge thematisiert „Technik und Masse“. Massenproduktion, Massenkonsum, Großstädte mit ihren Mietskasernen, riesige Fabrikanlagen wie die Völklinger Hütte oder Fließbandarbeit bestimmen die industrielle Arbeitswelt und die Freizeit der Menschen. Die neu gefundene Ammoniaksynthese zeigt die Janusköpfigkeit des Fortschritts; sie ermöglicht ein Verfahren zur Düngemittelher-

stellung, aber auch die Vergrößerung der Sprengstoffproduktion. Der 1. Weltkrieg mit seinen Materialschlachten und dem Giftgaseinsatz bildet in der Technikerfahrung der Menschen einen tiefen Einschnitt.

Bis 1925 dauert es, bis das Deutsche Museum endlich sein Sammlungsgebäude eröffnen kann. Anlässlich des 70. Geburtstags seines Gründers Miller feiert es sich mit einem prächtigen Festzug. Das Museum war 1925 das modernste technische Museum der Welt. Und Miller wurde nicht müde, seine Idee zu vollenden. Trotz fortgeschrittenen Alters setzt er den Bau eines Bibliotheks- und Studiengebäudes durch. 1932 wird die Bibliothek eingeweiht.

Schon drohen die Schatten des Nationalsozialismus. Kurz nach der Machtübernahme tritt der von der NSDAP stark angefeindete Miller zurück. „Technik und Macht“ lautet dann auch der Titel des dritten Teils der Serie. Das Museum verliert ab 1933 die Unterstützung der Politik fast ganz.

Das gerne als „Goldene 20er Jahre“ bezeichnete Jahrzehnt brachte in technischer Hinsicht Verbesserungen der Kommunikation und der Infrastrukturen: Runkfunk, Fernsehen, regionale Stromverbände, die Einrichtung eines engen

Luftverkehrsnetzes. Die Nationalsozialisten betrieben bald nach der Machtergreifung den Aufbau einer hochtechnisierten Armee und Luftwaffe.

Während des Krieges und kurz davor wurden mit der Spaltung eines Uranatoms und durch die Entwicklung und den Bau der V2-(A4)-Raketen die Eroberung des Weltraums und der Bau von Atomreaktoren vorbereitet. Der Abwurf der amerikanischen Atombombe auf Hiroshima führte zu der Erkenntnis des Wissenschaftlers Robert Oppenheimer: „Die Welt wird nie wieder wie früher sein.“

Der Krieg zerstörte rund 80 Prozent der Bausubstanz des Deutschen Museums. Es dauert bis in die 1960er Jahre, bis es seinen Neuaufbau geschafft hat.

Der vierte Teil der Serie, „Dynamik der Technologie“, zeigt die Nachkriegszeit, in der sich das Verhältnis des Menschen zur Technik verändert. Anfangs wird noch jede Kritik dem Wiederaufbau und dem Wirtschaftswachstum untergeordnet. Doch erstmals mit der „Göttinger Erklärung“ führender deutscher Wissenschaftler (1957) formieren sich Vorbehalte gegen zu starke Technikgläubigkeit. Besonders die Atomenergie und die Chemie geraten in die Kritik. Die

Reaktorkatastrophe von Tschernobyl erschüttert die Welt.

Andererseits verändern die zunehmende Technisierung und Automatisierung die Welt. Der Computer hält in Arbeitswelt und Privatsphäre Einzug. Die neue Herausforderung heißt Aktualität: Immer schnellere Innovationszyklen erfordern hohe Flexibilität. Mit Statements von Technikern, Ingenieuren und Wissenschaftlern zu technologischem Wandel und technischen Herausforderungen schließt die Folge.

Einen etwas anderen Charakter hat der letzte Teil der Serie, „Vom High-Tech-Tempel zum Forum der Technik“. Hier wird das Museumskonzept Oskar von Millers mit den Konzepten anderer Einrichtungen, etwa der „Science Centers“, verglichen, in denen das spielerische Umgehen mit naturwissenschaftlichen Phänomenen Vorrang hat. Dabei zeigt sich: Die Faszination des Deutschen Museums scheint trotz gewandelter Fragen und Aufgaben ungebrochen.

Eine Videoverision des Films sowie das Begleitbuch zur Sendung ist zu beziehen über die TR Verlagsunion, 80059 München.

Wilhelm Füßl

KARLHEINZ KASKE †

Das Deutsche Museum trauert. Es trauert um Karlheinz Kaske, seinen wahrhaft großen Freund und unermüdlichen Förderer. Ungeachtet seines schweren Leidens hatte Professor Kaske noch am 7. Mai



Karlheinz Kaske (1927-1998)

an unserer Jahresversammlung und tags darauf an der Sitzung des Wissenschaftlichen Beirats teilgenommen; für die meisten von uns waren dies die letzten persönlichen Begegnungen.

Karlheinz Kaske war ohne Frage eine der herausragendsten Persönlichkeiten der deutschen Wirtschaft. Mit ihm als oberstem Chef erreichte der Siemens-Konzern eine bis dahin nicht gekannte Umsatzgröße und baute seine führende Rolle auf dem Weltmarkt aus.

Der in Essen geborene, ebenso modern denkende wie aber auch traditionsbewusste Naturwissenschaftler und Techniker begann seine glänzende Karriere im Jahre 1950, als er in die Siemens & Halske AG eintrat. Schon 1975 wurde er in den Vorstand berufen, von wo aus er dann von 1981 bis 1992 als Vorsitzender die Geschichte dieses Riesenunternehmens lenkte.

In den Folgejahren wirkte Professor Kaske in zahlreichen Institutionen an leitender Stelle mit und konnte so stets sein profundes Wissen wie auch seine reiche Erfahrung zu deren Bestem einsetzen. So gehörte er bis 1996, zuletzt als Vorsitzender, dem Aufsichtsrat der MAN AG an, war Präsident des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft, Kuratoriumsvorsitzender der Ludwig-Maximilians-Universität, Ehrensensator und Honorarprofessor der Technischen Universität München sowie Mitglied des SZ-Umweltforums.

Daß dieser hochangesehene Industriekapitän, gleichermaßen aber auch humorvolle, herzliche, ja bescheidene Mann schon im Jahre 1982 in unser Kuratorium eintrat, bedeutete für das Deutsche Museum ein großes Glück, das uns auch im nachhinein noch mit Stolz erfüllt. Als Nachfolger von Dr. Plettner übernahm Professor Kaske dann 1992 sogar den Vorsitz im Verwaltungsrat des Museums, den er bis zu seinem Tode innehatte.

Karlheinz Kaske verstarb nach tapfer ertragenem Lei-

Rund um die *Jahrhundert-Sonnenfinsternis am 11. August 1999* veranstaltet das Kerschensteiner Kolleg ein einwöchiges Seminar zu Astronomie und Sonnenphysik. In Zusammenarbeit mit Dozenten des Deutschen Museums und der Münchner Forschungsinstitute bieten wir ein intensives Programm an. Es wendet sich an alle Astronomie-Interessierten, die diese seltene Sonnenfinsternis möglichst informativ erleben möchten. München liegt innerhalb der Totalitätszone! Alle Teilnehmer haben von der Terasse des Planetariums aus Gelegenheit zur Beobachtung.

»Von der Sonne zum Urknall«

Fortbildungskurs im Kerschensteiner Kolleg vom 9.-13. August 1999

Programm

- | | |
|--------------------|--|
| Montag, 9. 8. | Einführungsvortrag zur Sonnenfinsternis
Führungsvorträge zur Astronomie im Deutschen Museum |
| Dienstag, 10. 8. | Vorträge und Führungen:
Sonnenphysik, Geschichte der Sonnenphysik, Sonnenuhren |
| Mittwoch, 11. 8. | Beobachtung der Sonnenfinsternis
Vortrag: Von der Sonne zum Urknall |
| Donnerstag, 12. 8. | Exkursion zum Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, zur ESO inkl. Europäische Hubble-Zentrale nach Garching |
| Freitag, 13. 8. | Vortrag: Gibt es Leben im Universum? |

Kursgebühr + 5 Tage Übernachtung/Frühstück DM 790,- zuzügl. 7% MwSt.
Information und Anmeldung: Deutsches Museum, Kerschensteiner Kolleg, Christine Füssl-Gutmann, Museumsinsel 1, 80306 München, Telefon ++89/21 79-243, Fax 21 79-273
e-mail: HA.PROGRAMME@extern.lrz-muenchen.de

den in seinem 71. Lebensjahr. Er hinterläßt im Deutschen Museum eine Lücke, die nur schwer wieder zu schließen sein wird und wohl für immer eine Narbe hinterläßt. Seine spürbare Zuneigung und seine Wertschätzung unserer Arbeit darf beinahe „liebevoll väterlich“ genannt werden; jedoch war sie immer gepaart mit zielgerichtetem Engagement bei allen Problemen, Nöten, Sorgen und finanziellen Engpässen, war immer auch Weichenstellung für eine erfolgreiche, vernünftige und fruchtbare Zukunft des Museums.

Professor Kaskes viel zu früher Tod nahm uns die Möglichkeit, durch Zuerkennung der höchsten Ehrung, die das Deutsche Museum zu verge-

ben hat, ein bescheidenes Zeichen unseres Dankes an ihn heranzutragen.

Wolf Peter Fehlhammer

MOLL-PREIS 1997 FÜR PUBLIKATIONEN

Nachdem im Dezember 1997 das Münchner Zentrum für Wissenschafts- und Technikgeschichte gegründet wurde, wird der Moll-Preis, der Publikationen auszeichnet, nicht mehr nur an Mitarbeiter des Deutschen Museums, sondern auch an die aller Mitgliedsinstitute des Zentrums vergeben.

Es gibt zwei gleichrangig bewertete Preise: Den *Forschungspreis* für fachwissenschaftliche Veröffentlichungen im Bereich Wissenschafts- und

Januar · Februar · März 1999

Sonderausstellungen

- bis 17. Jan. **»Über Wasser«** - Sonderausstellung über die Trinkwasserversorgung
EG, Abt. Wasserbau Veranstalter: Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft und Stadtwerke München
- bis 28. Febr. **Justus von Liebig**
1. OG. Wiss. Chemie Sonderausstellung zum 125. Todestag des großen Chemikers
- ab 26. März **»Zukunft leben«** - 50 Jahre Fraunhofer-Forschung
2. OG.

Orgelkonzerte und Sonntagsmatineen

Orgelkonzerte 14.30 Uhr, Matineen 11 Uhr, Abt. Musikinstrumente

- 16. Jan. **Orgelkonzert** – Solist: Friedemann Winkelhofer
- 17. Jan. **Matinee** – Joh. Seb. Bach, Wohltemperiertes Clavier II
Solistinnen: Hedwig Bilgram, Ingrid Kaspar, Katarina Lelovics, Anikó Soltész
- 20. Jan. **Orgelkonzert** – Solisten: Studenten der Klasse Prof. Harald Feller
- 20. Febr. **Orgelkonzert** – Solist: Michael Eberth
- 21. Febr. **Matinee** – Musik für Cembalo und Hammerklavier
Solistin: Lucy Hallman Russell
- 24. Febr. **Orgelkonzert** – Solistin: Anette Wende
- 27. Febr. **Orgelkonzert** der Klasse Prof. Edgar Krapp
Nachholkonzert vom 18. November 1998 (vorauss.)
- 13. März **Orgelkonzert** – Solist: Karl Maureen
- 14. März **Matinee** – Solisten: Ludwig Ruckdeschel, Orgel, N.N., Trompete
- 17. März **Orgelkonzert** – Solisten: Studenten der Klasse Prof. Karl Maureen

Kolloquiumsvorträge

16.30 Uhr, Filmsaal Bibliotheksbau, freier Eintritt

- 25. Jan. (Titel stand bei Drucklegung noch nicht fest)
Olivier Darrigol
- 8. Febr. **Verkehrsfluß und Gesellschaftsformen;
Autobahnen in Deutschland und den USA in den 30er Jahren**
Christoph Asendorf, Kunsthistoriker, Berlin
- 22. Febr. **Das Ende der Globalisierung - was kann man aus
der Geschichte lernen?**
Harold James

Wissenschaft für jedermann / Wintervorträge

mittwochs 19 Uhr, Einlaß 18.15 Uhr, Ehrensaal, freier Eintritt

- 13. Jan. **Einblicke in die technische Mikrowelt**
Prof. Dr. Volker Saile, Forschungszentrum Karlsruhe
- 27. Jan. **Organspende und Organtransplantation – neue Fortschritte**
Prof. Dr. Walter Land,
Ludwig-Maximilians-Universität, Transplantationschirurgie am Klinikum Großhadern
- 10. Febr. **Etherische Öle - Anspruch und Wirklichkeit**
Ihr Einsatz in Therapie, Pflege und Lebenskultur. Mit praktischen Duft-Beispielen
Prof. Dr. Dietrich Wabner,
Technische Universität München, Angewandte Elektrochemie
- 24. Febr. **200 Jahre Georg Christoph Lichtenberg**
Elektrizität zwischen Physik und Dichtung. Experimentalvortrag
Prof. Dr. Jürgen Teichmann, Deutsches Museum
- 3. März **Fremde Welten auf dem Graphikschirm**
Computersimulation in der Astrophysik
Prof. Dr. Hanns Ruder,
Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Institut für Astronomie und Astrophysik
- 17. März **Überraschende Experimente zu Wärmekraftmaschinen**
Experimentalvortrag
Prof. Dr. Hans-Joachim Wilke,
Technische Universität Dresden, Institut für Angewandte Physik und Didaktik

Frauen führen Frauen

Informationen zum Programm unter Telefon (0 89) 21 79-252.
Alle Führungen dauern ca. 90 Minuten, Treffpunkt Eingangshalle.

Deutsches Museum

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

Technikgeschichte und den *Bildungspreis*, der dem Bildungsauftrag des Deutschen Museums Rechnung trägt.

Den Forschungspreis erhielt Michael Eckert, auch Autor von *Kultur & Technik*, für seinen Aufsatz in der Zeitschrift *Centaurus*: „Mathematik auf Abwegen: Ferdinand Lindmann und die Elektronentheorie“.

Der Bildungspreis wurde geteilt. Ein Teil des Preises ging an Peter Frieß und Peter Steiner für ihre Reihe *TechnikDialoge*, die das Motto des Deutschen Museums Bonn – „Im Gespräch mit Wissenschaft und Technik“ – aufnimmt, komplizierte und gesellschaftlich oft kontrovers eingeschätzte Themen aufgreift und in Dialogform allgemeinverständlich vermittelt.

Die andere Hälfte ging ebenfalls an einen *Kultur & Technik*-Autoren, nämlich an Otto Krätz für sein Buch *Alexander von Humboldt: Wissenschaftler, Weltbürger, Revolutionär* (Callwey, München 1997).

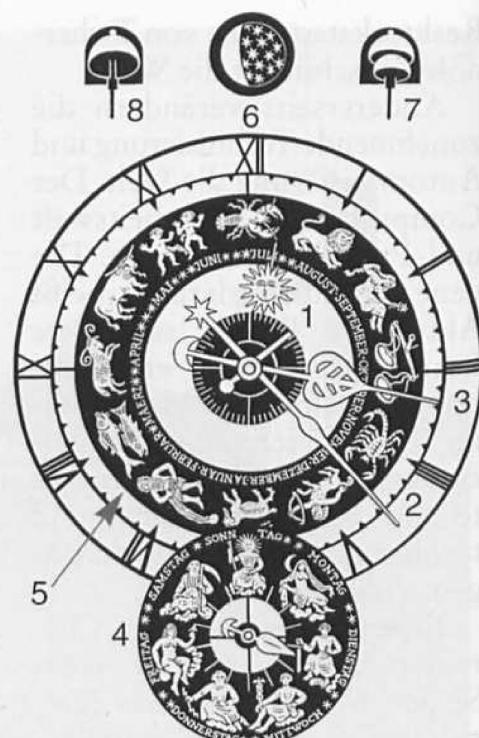
Andrea Lucas

WARUM DIE TURMUHR NICHT MEHR GEHT

Die astronomische Turmuhr im Innenhof des Deutschen Museums wurde im November 1998 abgestellt, weil sich am Arm des 3,78 Meter langen und 38 Kilogramm schweren Stundenzeigers ein Bruch zeigte, der auf Rost zurückgeht. Auch die Trägerkonstruktionen für Sekunden-, Minuten- und Stundenzeiger müssen wegen Rost erneuert werden. Nun sollen ein neues Stundenzeigerrohr und eine Minutenzeigerwelle aus rostfreiem Stahl angefertigt werden.

Die Uhr aus dem Jahr 1935, die von German Bestelmeyer entworfen und von der Firma *J. Neher Söhne GmbH* technisch realisiert wurde, zeigt neben der sekundengenauen Tageszeit den Wochentag, Monat, Mondphasen und die Stellung der Sonne im Tierkreis an.

Das Werk der Turmuhr, deren Zifferblatt einen Durchmesser von rund 6,5 Metern



Die Anzeigen der Turmuhr des Deutschen Museums:

- 1 = Sekunden • 2 = Minuten
- 3 = Stunden • 4 = Wochentag
- 5 = Monat und Stellung der Sonne im Tierkreis • 6 = Mondphasen • 7 = Viertenstundenschlag • 8 = Stundenschlag.

hat, arbeitet mit einem elektrischen Gewichtsaufzug; die Minuten und Sekunden werden elektromagnetisch ausgelöst. Eine Hauptuhr steuert beide Werke.

Ernst Ellinger/Hubert Stark

GRUNDLAGE ALLEN LEBENS: WASSER

Die Sonderausstellung „Über Wasser“ ist im Deutschen Museum noch bis zum 17. Januar 1999 zu sehen. Sie wird vom *Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft e. V.* zusammen mit den Stadtwerken München präsentiert. Sie ist zwar auch eine Leistungsschau der Wasserwirtschaft, leistet indessen viel mehr: Sie zeigt die vielen Bedeutungen des Wassers in politischer, kulturgeschichtlicher, technischer und naturwissenschaftlicher Hinsicht. Und sie macht klar, daß in vielen Entwicklungsländern der Weg zu einer intakten Trinkwasserver- und Abwasserentsorgung noch weit ist.

Kein Wunder: Deutschland ist eines der wasserreichsten Länder der Erde. Entwicklungsländer sind in aller Regel wasserarm. □

Jede Straßenbeleuchtung ist verwerflich

☞ aus theologischen Gründen;

weil sie als Eingriff in die Ordnung Gottes erscheint. Nach dieser ist die Nacht zur Finsternis eingesetzt, die nur zu gewissen Zeiten von Mondlicht unterbrochen wird. Dagegen dürfen wir uns nicht auflehnen, den Weltplan nicht Hofmeistern, die Nacht nicht in Tag verkehren wollen;

☞ aus juristischen Gründen;

weil die Kosten dieser Beleuchtung durch eine indirekte Steuer aufgebracht werden sollen. Warum soll dieser und jene für eine Einrichtung zahlen, die ihm gleichgültig ist, da sie ihm keinen Nutzen bringt, oder ihn gar in manchen Verrichtungen stört?

☞ aus medizinischen Gründen;

die Öl- und Gasausdünstung wirkt nachteilig auf die Gesundheit schwachleibiger oder zartnerviger Personen, und legt dadurch zu vielen Krankheiten den Stoff, indem sie den Leuten das nächtliche Verweilen leichter und bequemer macht und ihnen Schnupfen, Husten und Erkältungen auf den Hals zieht;

☞ aus philosophisch-moralischen Gründen;

die Sittlichkeit wird durch die Gassenbeleuchtung verschlimmert. Die künstliche Helle verscheucht in den Gemüthern das Grauen vor der Finsternis, das die Schwachen von der Sünde abhält. Diese Helle macht den Trinker sicher, daß er in Zechstuben bis in die Nacht hinein schwelgt, und sie verkuppelt Paare;

☞ aus polizeilichen Gründen;

sie macht die Pferde sehen und die Diebe kühn;

☞ aus staatswirtschaftlichen Gründen;

für den Leuchtstoff, Öl oder Steinkohle, geht jährlich eine bedeutende Summe ins Ausland, wodurch der Nationalreichtum geschwächt wird;

☞ aus volksthümlichen Gründen;

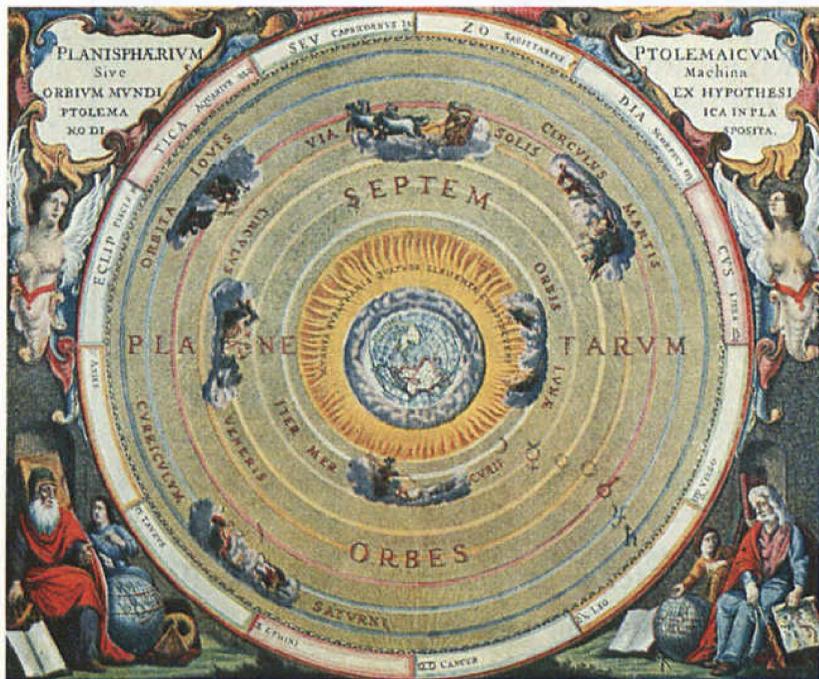
öffentliche Feste haben den Zweck, das Nationalgefühl zu erwecken. Illuminationen sind hierzu vorzüglich geschickt. Dieser Eindruck wird aber abgeschwächt, wenn der selbe durch allnächtliche Quasi-Illumination abgeschwächt wird. Daher gafft sich der Landmann toller in den Lichtglanz als der lichtgesättigte Großstädter.

Notiz in der „Kölnischen Zeitung“ aus dem Jahr 1819



Abb.: © Dieter Beisel

So weit wir es in der Geschichte zurückverfolgen können, haben sich Menschen ein Bild von ihrer Welt gemacht und daraus gedanklich ihr Weltbild geformt: das geozentrische der Antike und des Mittelalters, das heliozentrische und mechanistische, das pantheistische, das holistische und viele mehr. Der Schwerpunkt des Heftes 2/1999 beschreibt Weltbilder – zu den heutigen veröffentlicht *Kultur & Technik* einen Beitrag von Hans Peter Dürr. □ Technik kann heute behinderten Menschen in vielerlei Weise das Leben erleichtern. Zum Beispiel hör-



WELTBILDER. Ptolemäos' geozentrisches Weltsystem, das „Panisphaericum Ptolemaicum“, in der *Harmonia Macrocosmica* von Christoph Cellarius. Kolorierter Kupferstich, 1660.

eine kleine Geschichte der Hörhilfen. □ Im Mai 1998 wurde im Deutschen Museum die Ausstellung Brücken- und Wasserbau eröffnet. Beherrschend im Raum ist eine begehbare Brücke. Sie ist ein raffiniertes Meisterwerk. □



HÖRHILFEN. Das Hörgerät „Esha-Phonophor“ von Siemens & Halske, 1914, beanspruchte noch den Raum einer Damen-Handtasche. Mit Chips wurde die Miniaturisierung der heutigen Hörhilfen möglich.

BRÜCKENBAU. Detail der Besucherbrücke im Deutschen Museum. Sie gibt Auskunft über viele der Anforderungen, denen Brücken zu genügen haben.



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. Der Verlag ist oHG. Gesell-

schafter sind Dr. Hans Dieter Beck und Wolfgang Beck, beide Verleger in München.

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

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

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

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 Medientechnik 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 sind bei der GAG-Geschäftsstelle zu erhalten: Am Bergbaumuseum 28, D-44791 Bochum, Telefon (0234) 5877140.

Bestellungen von Kultur & Technik über jede Buchhandlung und beim Verlag. **Abbestellungen** sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes bedarf der Zustimmung des Verlags.

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.

Beilagenhinweis: Mit dieser Ausgabe verteilen wir den „Rentrop-Brief“ vom Verlag Norman Rentrop, Bonn. Wir bitten um freundliche Beachtung.

ISSN 0344-5690

