

Erforschung des Universums in drei Schichten Zu Besuch am Teilchenbeschleuniger CERN in Genf
Ein europäisches Experiment Vor fünfzig Jahren begann die Geschichte der Europäischen Südsternwarte
Das Geheimnis der Kirschkerne Die größte Erfindung der Papiermacherei, versteckt in einem Holzkasten

KULTUR & TECHNIK



Think Big!

Große Projekte in Wissenschaft
und Forschung

„Die Steuerung der größten Maschine der Welt erfordert extreme Genauigkeit und Zuverlässigkeit.“

Wir wählten LabVIEW.“

– Roberto Losito, Engineering Manager, CERN



PRODUKTPLATTFORMEN

- NI LabVIEW Real-Time
- NI LabVIEW FPGA
- NI SoftMotion
- PXI
- Rekonfigurierbare Datenerfassungsmodule

CERN, die weltweit größte Organisation für Teilchenforschung, verwendet NI LabVIEW und FPGA-basierte PACs (Programmable Automation Controller), um den Large Hadron Collider zu steuern. Diese kreisförmige Anlage hat einen Umfang von 27 km und beschleunigt Teilchen auf 99,9999991 Prozent der Lichtgeschwindigkeit, was mit der Energie eines Flugzeugträgers bei 11 Knoten vergleichbar ist. Mithilfe von NI-Werkzeugen entwickelte CERN eine Motorsteuerung, die über 500 Motoren synchron positioniert, so instabile Strahlen abfängt und damit die Sicherheit des knapp 2 Milliarden Euro teuren Beschleunigers gewährleistet.

>> Weitere Informationen unter ni.com/physics

089 7413130





**Liebe Leserin,
lieber Leser,**

mit dem Titel einer Zeitschrift ist das immer so eine Sache. Wie soll man einen Begriff wie »Größe« abbilden? Denn darum geht es uns in diesem Magazin. Alle Welt diskutiert über »Big Science«, über Higgs-Teilchen und Supercomputer – wir wollten wissen, wie es hinter den Kulissen aussieht. Wie fühlen sich Wissenschaftler, die am CERN einem Teilchen nachspüren, dessen Existenz erst noch bewiesen werden muss? Wie funktionieren und was wollen virtuelle Vernetzungsprojekte? Was versprechen sich Menschen in Marokko und hierzulande vom »größten thermischen Solarkraftwerk«?

Unsere Autoren erzählen von Menschen, die – häufig in internationalen Teams – in Großprojekten den existenziellen Fragen der Menschheit auf der Spur sind. Pioniere, die – Erstbesteigern gleich – den nachfolgenden Generationen neue Wege und Routen, neue Dimensionen der Welt erobern. Sie tun das vor allem aus Überzeugung und Begeisterung für die Sache. Eine ordentliche Portion Idealismus scheint mir den Wissenschaftler mit dem Bergpionier zu verbinden. Hinter jedem erfolgreichen Großprojekt steht auch in der Wissenschaft eine große, eine ungewöhnliche Idee. Eine Vision. Es braucht Mut, um diese Vision umzusetzen, oftmals auch ein dickes Fell, einen langen Atem und die Fähigkeit, aus Rückschlägen zu lernen, um das Ziel zu erreichen.

Leider gelingt es den Forschern nicht im gleichen Maß wie den Berghelden unserer Tage, ihre spektakulären Leistungen einem begeisterten Publikum zu präsentieren. Die Suche nach Elementarteilchen oder nach unbekanntem Planeten ist eben doch komplizierter darzustellen als die Erstbesteigung des Mount Everest.

Technikmuseen sind heute Vermittler zwischen den Kolleginnen und Kollegen aus den Forschungseinrichtungen und der Öffentlichkeit. Sie kommunizieren Wissenschaft.

Mir ist es ein großes Anliegen, Begeisterung für die Visionen, die Inhalte und Ergebnisse aktueller Forschung zu wecken – eine schwierige, eine große Herausforderung für uns Museumsleute. Aber eine, die sich lohnt!

Einen schönen Herbst und viel Freude beim Lesen wünscht Ihnen Ihr

Professor Dr. Wolfgang M. Heckl
Generaldirektor

Liebe Mitglieder des Deutschen Museums, es gibt Neuigkeiten:

Wir planen, die Einlassbereiche auf der Museumsinsel sowie unserer Zweigmuseen zu modernisieren und in der Hauptsache auf elektronische Kassen umzustellen. Im Zuge dieser Maßnahme werden die Mitgliedskarten künftig mit einem Barcode ausgestattet. Auf diesem wird die Gültigkeit bzw. Dauer der Mitgliedschaft hinterlegt, so dass keine Jahreswertmarken mehr versandt werden müssen. An der Einlasskontrolle wird die Mitgliedskarte daher gescannt, ansonsten ergeben sich für die Mitgliedschaft keine Änderungen. Die neuen Mitgliedskarten versenden wir rechtzeitig vor Jahreswechsel zusammen mit einem Infoschreiben. Wir hoffen, dass die Technik hierzu möglichst zeitnah in Betrieb gehen kann. Wie gewohnt werden im Dezember – zusammen mit dem Weihnachtsgruß des Generaldirektors – die Rechnungen für 2013 versandt. Dieses Mal also erstmals ohne Jahreswertmarken.

Verlängerung von Mitgliedschaften:

Falls Sie eine befristet abgeschlossene Mitgliedschaft für 2013 verlängern oder in eine unbefristete abändern möchten, geben Sie uns bitte möglichst bis spätestens Ende November Bescheid.

Kündigung von Mitgliedschaften:

Inhaber einer unbefristeten Mitgliedschaft, die diese im nächsten Jahr nicht fortsetzen wollen, möchten wir darauf hinweisen, dass die Kündigung schriftlich bis zum 31. Oktober erfolgen muss.

Ihre Mitgliederbetreuung

Tel. 089/21 79-310 · Fax 089/21 79-438 · mitgliederinfo@deutsches-museum.de



6
Auch Wissenschaftler sind zu großen Emotionen fähig, wie dieses NASA-Team, das die Landung von Curiosity auf dem Mars feiert.

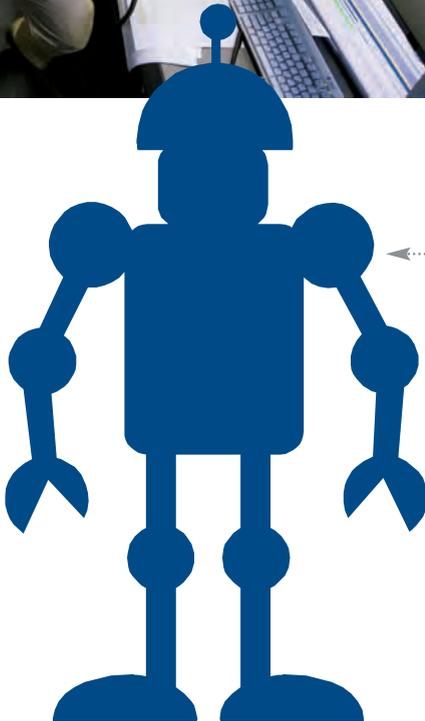
18
Im Großforschungszentrum CERN in Genf forschen und arbeiten mehr als 13 000 Menschen aus allen Teilen der Welt.



26
Vor dem Bau des Very Large Telescope (VLT) in Chile musste die ESO erst die Spitze des Cerro Paranal sprengen und einebnen.



36
Das Internet ermöglicht ganz neue Arten von Mega-projekten, an denen Millionen von Menschen rund um den Globus beteiligt sind.



46
In der Abteilung Druck und Papier des Deutschen Museums können Besucher regelmäßig beim Papier-schöpfen zusehen.



50
Beschaulich wirkt der kleine Ort am Stadtrand, den Albrecht Dürer 1494 auf einem Gemälde festhielt. Die Idylle trägt jedoch. Schon der Titel, »Drahtziehmühle«, macht deutlich, dass es sich hier um frühe Industrie-ansiedlungen handelte.



THINK BIG!

- 6** **Große Wissenschaft – Big Science**
Annäherung an das Phänomen Großforschung | Von Johannes-Geert Hagmann
- 14** **Faszination des Großen**
Interview mit der Kuratorin Alison Boyle | Von Johannes-Geert Hagmann
- 18** **Erforschung des Universums in drei Schichten**
Zu Besuch am CERN | Von Bernd Flessner
- 26** **Ein europäisches Experiment**
50 Jahre europäische Südsternwarte in Chile | Von Michael Vogel
- 32** **Strom aus dem Süden**
In Marokko entsteht ein riesiges Solarkraftwerk | Von Frank Odenthal
- 36** **Wer wagt, gewinnt!**
Virtuelle Netzwerke und Supercomputer | Von Joachim Sokol
-

MAGAZIN

- 46** **Das Geheimnis der Kirschkerne**
Auf Schatzsuche im Deutschen Museum | Von Klaus Gertoberens
- 50** **Es muss nicht immer Leonardo sein**
Albrecht Dürer, die Kunst und die Technik | Von Lothar Schmitt
- 54** **Die Welt als Kugel**
Die Globussegmentkarte von Martin Waldseemüller | Von Georg Jochum
-

STANDARD

- 3** **Editorial**
- 42** **MikroMakro**
Die Seiten für junge Leser
- 59** **Deutsches Museum intern**
60 Neues aus dem Freundes- und Förderkreis
- 64** **Schlusspunkt**
- 66** **Vorschau, Impressum**



Große Wissenschaft – Big Science

Wie entstehen Großprojekte, wie unterscheiden sie sich von »traditioneller« Wissenschaft und worin liegt der Ursprung ihrer Faszination? Eine Annäherung an das Phänomen der Großforschung aus der Perspektive der Wissenschaftsgeschichte. Von Johannes-Geert Hagmann

Wissenschaftler im Kontrollzentrum der NASA jubeln, als »Curiosity« wie geplant auf der Oberfläche des Mars landet.

Ruiniert die »große Wissenschaft« unsere Finanzen und damit die Gesellschaft? Müssen Einschnitte vorgenommen und wissenschaftliche Forschungsfelder in Raumfahrt, Biologie, Atomphysik und Ozeanographie gegeneinander abgewogen werden? Diese provokanten Fragen entstammen nicht etwa einer aktuellen Debatte zur Förderung von Wissenschaft in Zeiten der europäischen Finanzkrise, sondern einem einflussreichen Essay von Alvin Weinberg, der bereits im Juli 1961 im wissenschaftlichen Fachjournal *Science* erschien. Der Atomphysiker Weinberg, damals Direktor am Oak Ridge National Laboratory, interessierte sich auch nicht für die europäischen Länder. Die Bedenken, die er in seinem Aufsatz »Impact of Large-Scale Science on the United States« äußerte, zielten vielmehr auf eine damals aktuelle Diskussion in den USA: Nach dem Schock, den der erste Weltraumflug des sowjetischen Kosmonauten Juri Gagarin ausgelöst hatte, kündigte die Regierung das Apollo-Programm an. Die Ereignisse gaben Weinberg Anlass dazu, die wissenschaftliche und technische Großforschung, oder mit seinen Worten »Big Science«, genauer zu hinterfragen.

Die politischen, wissenschaftlichen und budgetären Rahmenbedingungen, die den Anlass zu Weinbergs kritischem Aufsatz gaben, haben sich fünfzig Jahre danach in den USA wie auch in anderen Ländern in vieler Hinsicht verändert. Geblieben ist jedoch der Begriff »Big Science«, Großforschung: Schon in den 1960er Jahren wurde Wissenschaftlern, Wissenschaftshistorikern, aber auch politischen Entscheidungsträgern bewusst, dass die einschneidenden wissenschaftlichen Fortschritte in der jüngsten Geschichte mit radikal anderen Mitteln und Methoden erzielt worden waren als in den vorangegangenen Jahrhunderten.

Eine genaue Definition, was Big Science ausmacht, gibt es bis heute nicht. Das mag zum einen daran liegen, dass Akteure der Großforschung mit ihrer Innensicht, ebenso wie Wissenschaftshistoriker mit dem Blick von außen, den Begriff zeitlich parallel etablierten und fortan verwendeten. Zum anderen trägt ganz wesentlich dazu bei, dass die Bedeutung des Adjektivs »groß« nur schwer zu fassen ist und in vielen Dimensionen, z. B. geografisch, finanziell, zeitlich oder personell, betrachtet werden kann.

So war die Kategoriebildung der 1960er Jahre auch durch die Notwendigkeit bedingt, die komplexen Veränderungen



Der Flug des letzten NASA-Space Shuttle ins Museum im April, die ersten Hinweise auf die Existenz des Higgs-Bosons am CERN im Juli oder die Landung des Mars-Rovers »Curiosity« im August – aktuelle Nachrichten und technischen Großprojekten haben auch im Jahr 2012 für große Aufmerksamkeit über die wissenschaftliche Welt hinaus gesorgt.

im Wissenschaftsbetrieb und die damit verbundenen Hoffnungen und Ängste mit einem Begriff zu beschreiben, noch bevor dieser Wandel vollzogen oder verstanden war. Tatsächlich entstanden aus der in dieser Zeit einsetzenden Analyse der wissenschaftlichen Arbeit, die auch als »Wissenschaft der Wissenschaft« beschrieben wurde, unter dem Begriff »Big Science« gleich zwei Beschreibungsansätze zur Charakterisierung des Wandels in der Forschung: erstens die quantitative Beschreibung des exponentiellen Wachstums der Forschung in der Moderne hin zum wissenschaftlichen Massenbetrieb, und zweitens die systemische Beschreibung der Großforschung und ihrer Projekte.

Ogleich die begriffliche Unschärfe bleibt, besteht aus der Perspektive der Wissenschaftsgeschichte Einigkeit darüber, welche Forschungsprojekte zur neuen Form der Großforschung zählen. So unterscheidet sich das Manhattan-Projekt zum Bau der Atombombe zum Beispiel von den Experimenten durch Hahn, Meitner und Straßmann zur Kernspaltung, die Entschlüsselung des menschlichen Genoms (Human Ge-



Letzter Flug des Space Shuttle: Eine Boeing 747 bringt die Discovery ins Smithsonian Institute Museum bei Washington. Nach 39 Missionen und über 230 Millionen Kilometern dürfen Museumsbesucher das zuverlässige Shuttle nun aus nächster Nähe bestaunen.

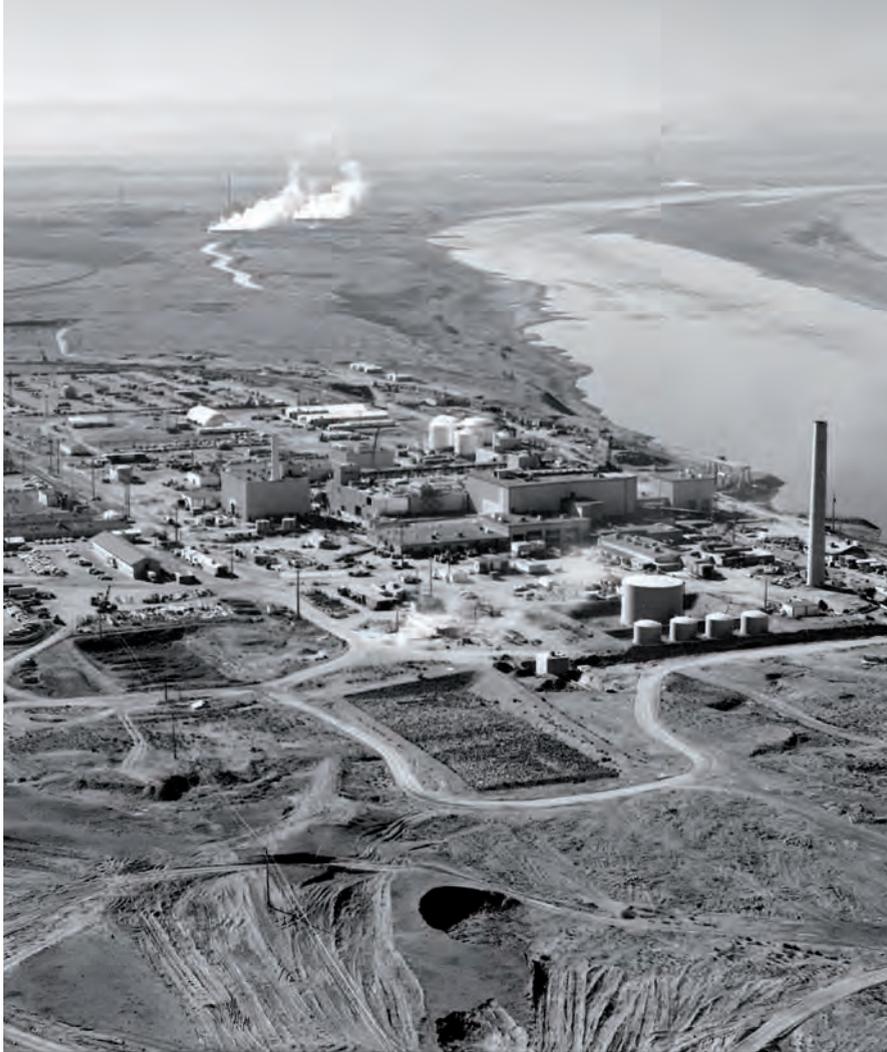
nome Project, HGP) von der Entwicklung des DNA-Modells durch Watson, Crick und Franklin, der Bau und die Verwendung des Hubble-Weltraumteleskops von der astronomischen Beobachtungspraxis des 19. Jahrhunderts und ihren Instrumenten. Zusammenfassend kann man sagen: Fallstudien für die Großforschung finden sich in der Geschichte des 20. Jahrhunderts wie auch in der Gegenwart viele, und die sie verbindenden Elemente lassen sich besser von den Projekten ausgehend entwickeln, als durch eine allgemeingültige Klassifikation beschreiben.

Um es vorwegzunehmen: Die hier dargestellten Aspekte von Big Science wurden bereits ausführlich in der wissenschaftshistorischen Forschung, insbesondere in den 1990er Jahren, analysiert. Historiker haben wesentliche Faktoren zur Charakterisierung von wissenschaftlichen und technischen Großprojekten auf eine einfache Formel gebracht, die – ausgehend von den englischen Begriffen – kurz als »5 M« bezeichnet wird: Money, Machines, Military, Manpower, Media. Also der Verweis auf die Größe des Budgets, auf den Einsatz von vielen oder besonders großen Maschinen, auf das Militär als Auftraggeber und die Bedeutung der Projekte für die nationale Sicherheit, auf die Arbeitskraft von vielen Hunderten

oder Tausenden Mitarbeitern sowie auf mediale Präsenz. Doch auch mit der 5-M-Formel werden nicht alle Merkmale moderner Großforschungsprojekte erfasst. Der Nomenklatur hinzugefügt werden könnten die Begriffe Mission, Management, Multidisciplinarity and Multinationality sowie Motions of Politics, als Verweise auf eine Mission von Wissenschaft, auf neue Verwaltungs- und Entscheidungsstrukturen im Management von Projekten, auf die geografische und disziplinäre Grenzen aufhebende Natur von Großprojekten sowie auf sich verändernde Rahmenbedingungen in der Politik. Diese erweiterten Begriffsfelder sind eng mit den vorangegangenen Aspekten verschränkt.

Zu Beginn der wissenschaftshistorischen Auseinandersetzung mit dem Phänomen »Big Science« wurde häufig der Zweite Weltkrieg als zentrales Ereignis für den grundlegenden Wandel hin zur Großforschung genannt. Tatsächlich setzte die Einrichtung von neuen nationalen Forschungsinfrastrukturen in mehreren Regionen der Welt aber bereits nach dem Ersten Weltkrieg ein (siehe Kasten zur Entwicklung in Deutschland). Neben den europäischen Ländern richtete damals auch die Sowjetunion ein Netzwerk von staatlichen außerakademischen Forschungsinstituten für angewandte Wissenschaften ein. Die Vergrößerung von Arbeitsgruppen und Instituten, die Verbesserung der finanziellen Ausstattung einzelner Forschungsprojekte und die hierarchische Organisation der wissenschaftlichen Arbeit begann auch in den USA schon vor dem Zweiten Weltkrieg.

Der Auf- und Ausbau der Zyklotronforschung durch den Physik-Nobelpreisträger von 1939, Ernest Lawrence, in den 1930er Jahren machte das Radiation Laboratory der University of California in Berkeley innerhalb von wenigen Jahren zum führenden Institut für Teilchenphysik. Die Zahl der wissenschaftlichen Mitarbeiter vor dem Krieg (60 um 1940) war vergleichsweise klein gemessen an späteren Einrichtungen. Die Konzentration von Ressourcen in einem einzigen Institut, mit einer hohen finanziellen Ausstattung und einem multidisziplinären Team aus Wissenschaftlern, Technikern und Ingenieuren unter autokratischer Leitung, war jedoch beispielgebend für die Organisation anderer Bereiche der Grundlagenforschung während und nach dem Krieg. Auch damals neu eingeführte Methoden der wissenschaftlichen Arbeit, beispielsweise das Aufstellen von Arbeitsroutinen und



Die Nuklearanlage Hanford (links oben) war Teil des Manhattan-Projekts. Hier wurde das Plutonium zum Bau der ersten Plutoniumbomben gewonnen.

»Little Boy« die Uranbombe (links unten), die am 6. August 1945 die Stadt Hiroshima zerstörte. Zehntausende Menschen starben durch die Explosion oder ihre Spätfolgen.

die Einteilung von Schichten, fanden in anderen großen Projekten fortan Anwendung. Als Gründe für die Tatsache, dass diese Entwicklung gerade in den USA sehr rasch vollzogen wurde, werden der Einfluss des Taylorismus auf die Organisation von Arbeit, aber auch die Erfahrungen aus den Einschränkungen der Zeit der Großen Depression genannt.

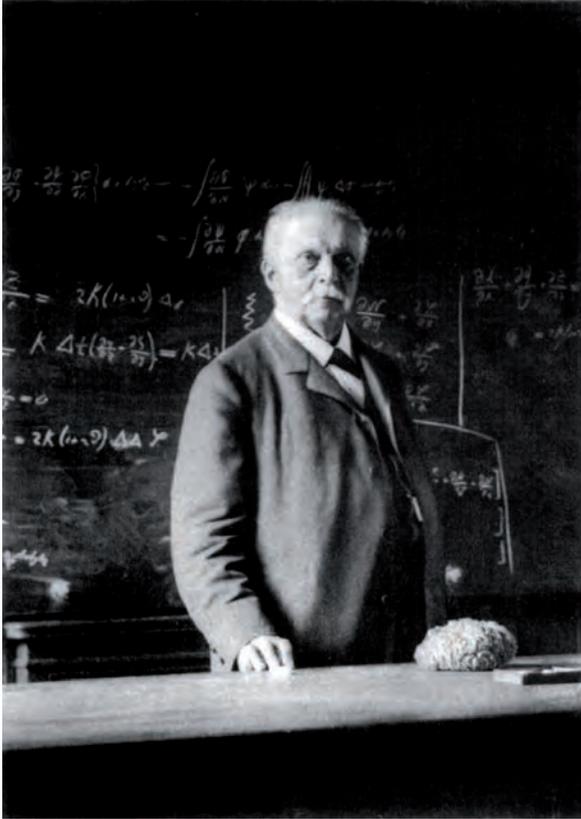
Das Manhattan-Projekt

Als Prototyp der Organisation eines wissenschaftlichen und technischen Großprojekts wird oft das Manhattan-Projekt zum Bau der Atombombe (1942–1946) angesehen. Gegenüber den angeführten finanziellen und personellen Ressourcen als Voraussetzungen zur Durchführung des Projekts treten in diesem Zusammenhang gleich zwei weitere Aspekte in Erscheinung: die militärische Relevanz der Forschung zur Entwicklung einer neuen Waffe und die Definition einer Projektmission.

Nach der Entdeckung der Kernspaltung im Winter 1938 zogen Physiker sehr schnell die Schlussfolgerung, dass die beim Spaltungsprozesses frei werdende Energie zur Entwicklung einer neuen Waffe verwendet werden könnte. Unter dem Eindruck des einsetzenden Krieges in Europa fielen bereits 1940 in Großbritannien und 1941 in den USA die politischen Beschlüsse zum Entwicklung von Forschungsprogrammen für Atomwaffen. Der militärische Aufbau des US-amerikanischen Atomwaffenforschungsprogramms, geleitet durch das Ingenieurkorps der US-Streitkräfte, nahm 1942 unter anderem in einem Gebäude am Broadway in New York seinen Anfang. Aus dem absichtlich unauffällig gewählten geografischen Projekttitel »Manhattan Engineering District« wurde schließlich das Manhattan-Projekt, das von 1942 bis 1946 mehr als 250 000 Mitarbeiter an über dreißig verschiedenen Standorten in den USA und Kanada beschäftigte. Die Gesamtkosten des Projekts werden auf ca. zwei Milliarden US-Dollar geschätzt, was nach heutigen Rechnungen einem Volumen von etwa 27 Milliarden Dollar entspräche.

Die ungewöhnliche Konzentration von Ressourcen auf ein einziges Forschungsprojekt erforderte den Aufbau einer neuartigen Verwaltungsstruktur mit strategischer Einteilung in Teilaufgabenbereiche. Die drei Hauptstandorte für die Kernkomponenten der Atombombe waren Oak Ridge (Tennessee) als Standort für die Anreicherung von Uran, Hanford





Hermann von Helmholtz war neben Werner von Siemens und Wilhelm Foerster einer der Gründer der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Entwicklung der Großforschung in Deutschland

Die Ursprünge der Großforschung in Deutschland gehen zurück bis in die Zeit des Deutschen Kaiserreichs. Mit der Gründung von Staatsanstalten des Deutschen Reichs wie beispielsweise dem Kaiserlich Deutschen Gesundheitsamt (1876) und der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (1887) wurden staatliche Aufgaben der Hygieneforschung und der Normierung in eigenen außerakademischen Instituten zentralisiert. Die Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (1911), Vorläufer der heutigen Max-Planck-Gesellschaft, legte die Basis für den Ausbau der Grundlagenforschung in dezentral organisierten Forschungsinstituten unter anderem auf Ge-

bieten der Chemie, Biologie, Materialforschung und Medizin. Im Ersten wie im Zweiten Weltkrieg erfolgte eine Konzentration der Forschungsinstitute auf militärisch relevante Bereiche. Eine besondere Rolle nahm hierbei die interdisziplinäre Luftfahrtforschung ein, in der 1944 etwa 10000 Menschen beschäftigt waren und die den Interessen des NS-Staates folgte. In der Heeresversuchsanstalt Peenemünde sowie an weiteren Standorten in Deutschland wurde die Großrakete A4 zur Verwendung als V2-Waffe entwickelt und von Tausenden von Arbeitern gefertigt, darunter vor allem KZ-Zwangsarbeiter, von denen viele durch die unmenschlichen Lebens- und Arbeitsbedingungen starben. Neue Forschungseinrichtungen entstanden in den 1950er Jahren durch die Kernphysik und die Einrichtung von Forschungsreaktoren. Neugründungen auf weiteren wissenschaftlichen und technischen Feldern folgten bald, zeitgleich begann jedoch auch die Beteiligung an transnationalen Forschungseinrichtungen wie beispielsweise dem CERN und dem Institut Laue-Langevin (ILL) in Grenoble. Mit der Neuordnung der wissenschaftlichen Infrastruktur einhergegangen ist die Entwicklung von Organisationen und politischen Strukturen zur Verwaltung und Entwicklung der Großforschung. So vereinigt heute beispielsweise die Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V. 18 außeruniversitäre Forschungszentren in den Bereichen Naturwissenschaften, Technik und Medizin mit bundesweit über 30000 Mitarbeitern.

(Washington) für die Produktion von Plutonium und Los Alamos (New Mexico) für die wissenschaftliche Forschung und den Bau der Atomwaffe.

Mit dem Bau der Werke zur Gewinnung von Plutonium in Hanford beauftragte die US-Armee in den 1930er Jahren den Chemiegiganten DuPont, ein Unternehmen, das sich durch die industrielle Organisation seiner Forschung zur Herstellung von Nylon ausgezeichnet hatte und das seine Managementenerfahrungen nun auf ein neues, noch größeres Forschungsprojekt übertragen sollte.

Nach Ende des Zweiten Weltkrieges kehrten die meisten Wissenschaftler aus Los Alamos einschließlich der Bereichs-

leiter und Direktoren in die akademische Forschung zurück. Die Einrichtungen in Los Alamos, Chicago und Oak Ridge wurden in nationale Laboratorien überführt, weitere nationale Forschungsinstitute wurden in Brookhaven und Albuquerque neu gegründet. Die Erfahrung der Wissenschaftler aus dem Manhattan-Projekt wurde zu einer zentralen Voraussetzung für den Ausbau der Grundlagenforschung im Bereich der Kern-, Teilchen- und Astrophysik in den 1950er und 1960er Jahren und damit auch für die wissenschaftliche Dominanz der USA auf diesen Gebieten für Jahrzehnte.

Die Schlüsselstellung der Forschung in der Physik zur Entwicklung von Atomwaffen führte auch in den folgenden Jah-

ren dazu, dass die physikalische Grundlagenforschung durch staatliche Förderung weiter ausgebaut werden konnte, um die militärische Vormachtstellung der USA zu sichern. An der Entwicklung der Atombombe hatten die besten amerikanischen und britischen Physiker und Chemiker sowie herausragende europäische Gast- und Exilwissenschaftler in Los Alamos, Chicago und Berkeley maßgeblichen Anteil. Nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges prägten diese Wissenschaftler mit den aus dem Projekt gewonnenen Erfahrungen den Aufbau und das Management der US-amerikanischen Nachkriegsforschung in der Atom-, Kern- und Teilchenphysik.

Was geschah in Europa nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges?

Bereits Ende der 1940er Jahre dachten europäische Physiker über Möglichkeiten zur transnationalen Zusammenarbeit nach. Zwei einflussreiche Vorschläge zur Gründung eines europäischen Kernforschungsinstituts kamen zunächst aus Frankreich und den USA. Die US-amerikanische Initiative, befördert durch eine Resolution der UNESCO-Vollversammlung von 1950, ging von dem Physik-Nobelpreisträger Isidor Rabi aus. Rabi, der Ende der 1920er Jahre fast zwei Jahre lang mit herausragenden Wissenschaftlern in Europa zusammengearbeitet hatte, war während des Krieges am Radar-Projekt und am Manhattan-Projekt beteiligt gewesen. Er empfahl die Einrichtung eines oder mehrerer europäischer Labors nach dem Vorbild des 1947 neu gegründeten nationalen Forschungslabors in Brookhaven. Rabis Vorschlag fiel auch in Kreisen der US-amerikanischen Regierung auf fruchtbaren Boden, die sich von dem Labor mehrere Vorteile versprach: erstens eine stärkere Bindung der europäischen Staaten, insbesondere auch der Bundesrepublik, an den westlichen Block sowie die Nutzung des europäischen Wissenschafts- und Technikpotenzials im Zuge des Kalten Krieges, und zweitens eine Kontrolle dieses großen Potenzials und damit die Stabilisierung der amerikanischen Weltmachtposition. Langfristig führte die Initiative jedoch dazu, dass sich in Europa eine eigene, staatenübergreifende Forschungsinfrastruktur herausbildete, eine europäische Wissensgesellschaft, die sich unabhängig und in Abgrenzung zu dem Hegemoniestreben der US-amerikanischen Wissenschaft definierte.



Bei der dritten Sitzung des provisorischen CERN-Rats in Amsterdam am 4. Oktober 1952 beschließen die Gründerväter des CERN, dass Genf Sitz der Laboratorien werden soll. Auch die Entscheidung zum Bau eines Synchrotrons fiel an diesem Tag.

Als im Juli 1953 zwölf Gründungsländer die Konvention zur Einrichtung eines gemeinsamen Rates zur Kernforschung unterzeichneten, das Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire mit Sitz in Genf, das 1954 offiziell mit der Arbeit begann, etablierten sie eine Großforschungsorganisation, die in den folgenden Jahrzehnten Pate stand, wann immer in Europa Ideen für eine gemeinsame, staatenübergreifende Forschungseinrichtung diskutiert wurden, sei es in der Raumfahrt in den sechziger Jahren, in der Molekularbiologie in den siebziger Jahren oder in der Fusionsforschung seit den achtziger Jahren. Geblieben von dem Rat ist lediglich das Akronym im Namen der Organisation, die heute das weltgrößte Forschungslabor für Teilchenphysik in Meyrin bei Genf betreibt.

Der seit 2008 im Betrieb laufende Large Hadron Collider (LHC), ein Teilchenbeschleuniger mit einem Verbund großer Detektoren zur Untersuchung hochenergetischer Teilchenkollisionen, gehört zu den komplexesten je geplanten und durchgeführten Experimenten und übertrifft eine Reihe von Rekorden in der Geschichte der Wissenschaften.

Der LHC erfüllt mit seinen zahlreichen, oft in Zahlen wiedergegebenen Superlativen gleich mehrere Attribute von »Big Science«. Zur Illustration des Aspekts der »Manpower«, der eingesetzten wissenschaftlichen Arbeitskraft, seien an dieser Stelle die über 10000 Mitarbeiter aus über fünfhundert akademischen Einrichtungen und Firmen genannt, die an des-



sen Konstruktion und Betrieb beteiligt waren oder sind. Die Stärke dieses internationalen Netzwerks ist eine der wesentlichen Grundlagen für den wissenschaftlichen Erfolg des CERN.

Mit der Auswertung der ungeheuren Datenmengen der Experimente sind Wissenschaftler und Rechenzentren weltweit beschäftigt. Über zehn Jahre vor den ersten Kollisionen im LHC wurde der erwartete Fortschritt in der Rechenleistung, unter anderem extrapoliert aus dem Moore'schen Gesetz, in die Planungen für das Design von Hardware und Kapazitäten zur Auswertung von Experimenten miteingerechnet. Dass große Forschungsprojekte auch durch außerakademische Unterstützung wachsen und erfolgreich sein können, beweisen in jüngerer Zeit verschiedene Initiativen, die auf das verteilte Rechnen von wissenschaftlichen Fragestellungen durch ein Netzwerk von Freiwilligen im World Wide Web setzen.

Pläne, die begraben wurden

Trotz der die Welt verändernden Erfolge der Großforschung und ihre durch die Medien verstärkte öffentliche Wahrnehmung sind genau wie bei traditionellen wissenschaftlichen und technischen Projekten auch große Vorhaben in der Ver-

Der von der US-Regierung geplante Superconducting Super Collider hätte größer werden sollen als das europäische CERN. Doch 1993 wurde das Projekt gekippt.

gangenheit gescheitert. Einen Kontrast zu den Erfolgen des CERN bildet das von den USA in den 1980er Jahren verfolgte und wieder aufgegebene Ziel eines großen Synchrotrons, des Superconducting Super Colliders (SSC). Mit einem geplanten Umfang von 87 Kilometern und der Beschleunigung von Protonen auf Energien von bis zu 20 Tera-Elektronenvolt hätte der SSC den aktuellen Beschleuniger des CERN in seinen Dimensionen übertroffen.

Von den 25 sich als Standort bewerbenden US-Bundesstaaten erhielt Texas schließlich den Zuschlag. Der US-Kongress kippte jedoch im Oktober 1993 das Projekt, als bereits über 20 Kilometer des Beschleunigertunnels südlich von Dallas fertiggestellt und viele Hunderte Millionen Dollar investiert worden waren. Das Projekt wurde 1995 aufgelöst, über 2000 Mitarbeiter verloren ihren Arbeitsplatz.

Verschiedene Gründe werden heute von damals beteiligten Wissenschaftlern für das Scheitern des Projekts angeführt, unter anderem die konkurrierende Förderung anderer Großprojekte wie der Internationalen Raumstation (ISS) sowie wissenschaftspolitische Umbrüche in der Teilchenphysikforschung nach dem Ende des Kalten Krieges.

Auch die Geschichte der Großforschung in der Bundesrepublik hat einen besonders spektakulären Fall des Schei-



terns vorzuweisen. Der von 1970 an entwickelte Reaktor der Schneller Brüter Kernkraftwerksgesellschaft MBH in Kalkar am Niederrhein wurde nach der Fertigstellung im Jahr 1985 nie in Betrieb genommen. Das gescheiterte Projekt wird mit Kosten von insgesamt über 7 Milliarden DM beziffert. Auf dem Gelände des Kraftwerks entstand anschließend die von einem niederländischen Investor konzipierte Anlage »Wunderland Kalkar«, zu der ein Kongresszentrum und ein Freizeitpark zählen.

Im Zusammenhang mit der Finanzkrise in Europa und ihren Auswirkungen auf die Weltwirtschaft werden viele Fragen nach der Zukunft von Großforschungseinrichtungen laut. Während beispielsweise mit dem auf über 30 Jahre angelegten Projekt zum Bau des Fusionsreaktors ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) in Cadarache in Südfrankreich bereits begonnen wurde, stehen die Entscheidungen über den Bau eines Linearbeschleunigers in der Nachfolge der Teilchenphysikforschung am LHC noch aus. Verschiedene Initiativen konkurrieren hier miteinander.

Mit Blick auf die Geschichte des 20. Jahrhunderts und die Gegenwart hat sich die Großforschung als wichtige Organisationsform von Wissenschaft etabliert. Dennoch werden neue wie auch bereits laufende Großprojekte künftig stärker

als bisher gegenüber öffentlichen wie politischen Interessen bestehen müssen.

Neben der anhaltend großen Resonanz auf die spektakulären und wissenschaftlich bahnbrechenden Ergebnisse von Großforschungsprojekten haben auch fünfzig Jahre danach die von Weinberg aufgeworfenen Fragen nach der Legitimität und der Zukunft von Big Science nichts von ihrer Aktualität verloren und werden die Debatten weiter begleiten. ■■

Zum Weiterlesen:

Peter Galison, Bruce Hevly (Hrsg.), *Big Science: The Growth of Large-Scale Research*, 1992.

Gerhard A. Ritter, *Großforschung und Staat in Deutschland: Ein historischer Überblick*, 1992.

Helmuth Trischler, *Großforschung und Großforschungseinrichtungen*, in: *Forschung und Technik in Deutschland nach 1945*, 1995.

Niki Vermeulen, *Supersizing Science: On Building Large-Scale Research Projects in Biology*, 2010.

Gian Francesco Giudice, *Big Science and the Large Hadron Collider*, 2011.

Steven Weinberg, *The Crisis of Big Science*, 2011.

Danksagung: Dr. Frank Dittmann und Prof. Dr. Helmuth Trischler danke ich für wertvolle Hinweise.

Ein Vergnügungspark befindet sich heute dort, wo einst in Kalkar ein Schneller Brüter stehen sollte. Wagemutige können die Wand des ehemaligen Kühlturms erklettern. Innen lockt ein riesiges Kettenkarussell.



DER AUTOR

Dr. Johannes-Geert Haggmann

ist Kurator für Physik, Geophysik und Geodäsie im Deutschen Museum.



Faszination des Großen

In Museen wenden sich Besucher zuerst den großen Objekten zu, weiß Alison Boyle, Kuratorin am Science Museum in London. Die Darstellung moderner Megaprojekte ist eine besondere Herausforderung für Museen. Interview von Johannes-Geert Hagmann, Übersetzung: Michaela Grabinger

Alison Boyle, Kuratorin für
Astronomie und Moderne
Physik vor einem Hoch-
spannungsgenerator von
Cockcroft & Walton.

The Science Museum

Auf 7 Etagen zeigt das
Science Museum die
Entwicklung von Wissen-
schaft, Technik, Industrie
und Medizin von 1700
bis heute.

Adresse:

Exhibition Road
South Kensington
London SW7 2DD

Öffnungszeiten:

Mo–So 10–18 Uhr

www.nmsi.ac.uk

**Frau Boyle, Sie haben in Galway und London Physik, Astro-
nomie und Wissenschaftskommunikation studiert. Wann
hatten Sie erstmals Kontakt mit Big Science, also einem
Großforschungsprojekt??**

Das muss 1997 gewesen sein. Ich studierte damals noch und nahm an einem Sommerseminar des Instituts für Astronomie in Cambridge teil. Wir führten verschiedene Forschungsprojekte durch, und in meinem wurden Daten verwendet, die vom Hubble-Weltraumteleskop stammten. Man kann da zwar noch nicht von »Kontakt« sprechen, aber für viele Astronomen und Physiker ist Software das wichtigste Hilfsmittel, und die einzige Hardware, mit der sie regelmäßig zu tun haben, ist der Schreibtischcomputer. Meine erste Berührung mit richtig großer Hardware hatte ich als Doktorandin, als wir, eine Gruppe von Astronomiestudenten der Universität Galway, einen Beobachtungsdurchlauf am William-Herschel-Teleskop auf La Palma unternahmen. Wir brachten unsere eigenen Instrumente mit und montierten sie ans Teleskop, aber das Teleskop selbst wurde vom Personal des Observatoriums bedient. Ich saß nebenan im Kontrollraum an diversen Computern und kam mir vom eigentlichen Geschehen ziemlich abgeschnitten vor.

An welchen Ausstellungsprojekten arbeiten Sie zurzeit?

Mein derzeit größtes Projekt ist eine Ausstellung über den Large Hadron Collider [Großer Hadronen-Speicherring, LHC], die im Herbst 2013 im Science Museum eröffnet wird. Sie soll dort sechs Monate lang zu sehen sein und dann weltweit auf Reisen gehen. Wir arbeiten bei der Konzipierung dieser Ausstellung eng mit dem CERN zusammen, der Europäischen Organisation für Kernforschung in Genf. Das stellt uns bei der Auswahl und Interpretation der Exponate vor spannende Herausforderungen. Nebenher arbeite ich an meiner Dissertation, die von Dr. Jon Agar vom Fachbereich Naturwissenschaft und Technologie des University College London betreut wird. Ich forsche über die Darstellung der modernen Physik in Museen – wofür mir mein eigentlicher Job jede Menge Fallbeispiele bietet!

Was ist so faszinierend an großen Forschungsprojekten?

Den Historikern James Capshaw und Karen Rader zu-

folge basiert »Big Science« auf den »fünf Ms«: Money, Machines, Military, Manpower, Media. Jede einzelne dieser Kategorien fasziniert den Museumsbesucher ebenso wie den Wissenschaftshistoriker. Große Geräte wie z.B. Teilchenbeschleuniger oder Raketen haben schon von sich aus eine große Anziehungskraft. Aus der Besucherforschung am Science Museum wissen wir, dass die Besucher als Erstes die großen Exponate beachten. Und wenn es kein großes Objekt gibt, das ins Zentrum der Aufmerksamkeit rückt, lassen sich die Museumsbesucher auch mit einem Großprojekt wie der Humangenomanalyse fesseln.

Der Aspekt der menschlichen Arbeitskraft ist bei der Präsentation von Big Science in Museen von entscheidender Bedeutung. Die Besucher lieben nämlich Geschichten über andere Menschen. Großprojekte, an denen mehrere große Teams arbeiten, ermöglichen natürlich faszinierende Charakterstudien. Für die LHC-Ausstellung möchten wir einen Besuch im CERN erfahrbar machen. Die Besucher sollen mit Leuten sprechen können, die am LHC arbeiten, und deren Begeisterung für wissenschaftliche und technische Herausforderungen miterleben. Wir wollen, dass es bei uns genauso lebhaft und geschäftig zugeht wie in der CERN-Cafeteria. Allerdings wissen wir noch nicht genau, wie wir das hinkriegen sollen ...

**Inwiefern unterscheidet sich die Präsentation eines Groß-
forschungsprojekts von den klassischen Ausstellungen?**

Über ein Großprojekt lassen sich zwar tolle Geschichten erzählen, aber die Präsentation kann zum Problem werden. Die traditionelle museale Aufbereitung bestand meist darin, den jeweiligen Entwicklungsverlauf zu schildern, wobei man bahnbrechende technologische Neuheiten oder berühmte Namen in den Mittelpunkt stellte, ohne groß über den allgemeinen kulturellen Kontext der Naturwissenschaften zu diskutieren. Wir müssen aber meiner Meinung nach über den Tellerrand der Großforschung hinausschauen und versuchen, in unseren Ausstellungen zunehmend auch auf die wissenschaftshistorischen, -philosophischen und -soziologischen Aspekte der Forschung einzugehen. Allerdings ist es in einem gut besuchten Museum mit begrenztem Raum für die Präsen-



Besuchermagnet im Londoner Science Museum ist die Landekapsel der unbemannten Apollo-Mission 10, nach deren erfolgreicher Rückkehr zur Erde die bemannte Mission gewagt werden konnte.

tation von Inhalten und jeder Menge Ablenkungsmöglichkeiten natürlich nicht einfach, komplizierte, differenzierte Geschichten zu erzählen.

Der größte Unterschied zwischen der Großforschung und anderen Ausstellungsthemen besteht in den Exponaten selbst. Im Gegensatz zu den eher handlichen Objekten, aus denen unsere Sammlungen historischer wissenschaftlicher Geräte zum größten Teil bestehen, sind viele Big-Science-Geräte so groß, dass sie in kein Museum passen, und die Teile, die man unterbringen kann, bleiben dem Durchschnittsbesucher meist unverständlich. Dagegen wissen zwar die wenigsten Besucher, was ein Astrolabium ist, und die Handhabung eines solchen Sternhöhenmessers ist ziemlich kompliziert, aber diese Geräte sind von großer bildlicher Schönheit, und indem man auf bestimmte Charakteristika aufmerksam macht, kann man ihre Funktionsweise Schritt für Schritt erklären.

Bei den »grauen Kästen«, aus denen viele Geräte der neueren Technologie bestehen, ist das extrem schwierig. Auch die zu vermittelnden wissenschaftlichen Phänomene und Forschungsmethoden lassen sich nur schwer erklären. Das Dilemma ist nicht neu – im Jahresbericht 1935 des Science Museums äußerten sich meine Vorgänger zu den Problemen, die die damals aufkommende Disziplin der »modernen Physik« für sie darstellte. Sie hätten »der Aufgabe, das Interesse des allgemeinen Publikums für ein so schwer verständliches Thema zu wecken, sorgfältige Überlegungen gewidmet«, hieß es da. Und achtzig Jahre später arbeiten wir uns immer noch daran ab.

Moderne Technik und aktuelle Forschung lässt sich nicht mehr allein durch die Präsentation eines Objekts erklären. Museumskuratoren und Ausstellungsgestalter stehen heute vor der Herausforderung, äußerst komplexe und komplizierte Sachverhalte einem breiten Publikum verständlich darzustellen, ohne die historischen und gesellschaftlichen Bezüge zu vernachlässigen.

Wissenschaftliche Museen, die im 19. und 20. Jahrhundert gegründet wurden, waren und sind Institutionen von nationaler Bedeutung. Wie kann der transnationale Charakter von Forschung, insbesondere bei Großforschungsprojekten, in Ausstellungen verdeutlicht werden?

Ein ganz wichtiger Ansatz bei unseren Ausstellungen sind Geschichten über Menschen. Damit können wir unseren Besuchern die Internationalität von Großprojekten relativ leicht veranschaulichen. Unser Publikum umfasst sehr viele ausländische Touristen, für die gerade der internationale Aspekt die Ausstellungen vielleicht noch interessanter macht. Gleichzeitig müssen wir aber unseren britischen Besuchern, vor allem den Schülern, nationale und sogar regionale Belange in den Geschichten aufzeigen. In der LHC-Ausstellung ist es uns beispielsweise wichtig, darzustellen, dass britische Wissenschaftler und Techniker in der Spitzenforschung eine große Rolle spielen. Ausstellungsbegleitende Medien sind dabei gut einzusetzen, aber die Exponate selbst, die ja das Herz einer jeden Ausstellung sind, stellen ein Problem dar. Zwar werden viele Geräte von multinationalen Arbeitsgemeinschaften hergestellt, und die Forscher und Techniker haben immer tolle Geschichten über die diversen nationalen Klischees auf Lager, aber aufgrund der nun einmal erforderlichen Standardisierung lässt sich zumindest auf den ersten Blick kaum erkennen, welches Teil wo gebaut wurde. Deshalb bietet es sich manchmal an, den nationalen Forschungsprogrammen ein ausländisches gegenüberzustellen – Doug Millard, unser Kurator für Raumfahrttechnik, plant gerade eine Ausstellung über russische Raumfahrtprodukte. Die Technologie der Sowjetära besitzt eine kulturelle Ästhetik, die sich auf Anhieb mitteilt. Weil Forschung inzwischen international ist, haben viele Ausstellungsstücke keine eigentliche Museumsheimat. Das Science Museum hat zum Beispiel vor einigen Jahren den zentralen Teilchendetektor des ZEUS-Experiments erworben, der in der Teilchenbeschleunigeranlage HERA eingesetzt wurde. Da der Detektor von einer Arbeitsgemeinschaft britischer Universitäten gebaut wurde, lag es nahe, ihm einen Platz in den britischen Sammlungen zu geben. Andererseits hätte er nach fünfzehn Jahren Einsatz im Deutschen Elektronen-Synchro-



tron (DESY) genauso gut in ein deutsches Museum wandern können.

Museen legen traditionell großen Wert auf die physische Bewahrung des kulturellen Erbes – nicht nur für ihre Ausstellungen, sondern auch der Forschung wegen. Wie wird sich das Sammeln angesichts der neuen Dimensionen der modernen Forschungsprojekte verändern?

Die gewaltigen Dimensionen vieler moderner Projekte sind für uns eine echte Herausforderung. Realistisch gesehen können wir natürlich immer nur einen Teil des jeweiligen Objekts in ein Museum stellen und müssen uns immer wieder überlegen, welche Teile ein aussagekräftiges Gesamtbild abgeben. Das allergrößte Problem für Museen ist aber wohl die Entscheidung darüber, wie man mit dem umgeht, was nicht physisch bewahrt werden kann, nämlich mit dem immateriellen Kulturerbe. Mit dieser Frage müssen sich zwar alle Museen beschäftigen, aber im Zusammenhang mit »Big Science« wird sie regelmäßig aufgeworfen. Ich muss zugeben, dass unsere Sammlungen bisher nicht widerspiegeln, wie radikal sich die Forschungslandschaft durch Analysesoftware und Informationsaustausch verändert hat. Ein besonders gutes Beispiel dafür ist die Bekanntgabe der Entdeckung des Higgs-Teilchens durch das CERN am 4. Juli dieses Jahres – von der Entdeckung an sich existiert ja kein einziges Foto, und wie soll ein Museum etwas darstellen, das letztlich das Ergebnis der statistischen Analyse durch Tausende Wissenschaftler rund um den Globus ist? Früher wäre das

Resultat vielleicht in irgendeiner Publikation erschienen, aber in diesem Fall wurde eine Pressekonferenz mit PowerPoint-Folien abgehalten, und wo findet man deren »Originale«? Bezeichnend war auch, dass sich die Neuigkeit schon auf Twitter verbreitete, bevor der Sprecher von CERN überhaupt an die Öffentlichkeit trat. Wir vom Science Museum haben auf mehrere Archive zugegriffen und uns Hashtags wie etwa #Higgs gesichert, ehe sie verschwanden, aber bevor wir die offiziell in unsere Sammlung aufnehmen können, müssen wir uns mit kniffligen Problemen wie der Langzeitarchivierung und dem geistigen Eigentumsrecht im Zusammenhang mit den Tweets herumschlagen – und obendrein stellt sich die Frage, wie unser Katalogisierungssystem damit fertig werden soll! Viele Museen und Bibliotheken sammeln seit Jahrzehnten mündliche Zeitzeugenberichte von Technikern und Wissenschaftlern, wobei jedoch in vielen Fällen nicht die technischen Geräte selbst im Mittelpunkt stehen. Es ist aber wichtig, daran zu erinnern, wie man solche Geräte entworfen, hergestellt und verwendet hat. Wissenschaftliche und technische Publikationen richten ihr Augenmerk meist auf das Endresultat, und dabei gehen Geschichten über Fehlschläge, die während eines Entwicklungsprozesses auftraten, ebenso verloren wie das implizite Wissen über die Handhabung eines bestimmten Geräts. ■

Als Detail aus einem großen Projekt wurde das Röntgenteleskop aus dem Spacelab 2 von 1985 gezeigt. In dem wiederverwendbaren Raumlabor, das bis 1998 im Einsatz war, wurden wissenschaftliche Experimente in Schwerelosigkeit durchgeführt.



Erforschung des Universums in drei Schichten

Das CERN gilt als Inbegriff moderner Grundlagenforschung auf höchstem internationalen Niveau. Zugleich stellt der Teilchenbeschleuniger LHC die größte, jemals von Menschen gebaute experimentelle Anlage dar. Grund genug für einen Werkstattbesuch. Von Bernd Flessner



Nicht nur die technischen Dimensionen weisen das CERN als Großforschungseinrichtung aus: Insgesamt arbeiten und forschen hier mehr als 13000 Menschen.

Zum größten Experiment aller Zeiten gelangt man am einfachsten mit der Tram 14, die vom Genfer Bahnhof direkt zum Empfangsgebäude des CERN fährt. Welchem Zweck der weiße Bau dient, lässt sich aus seiner Architektur nicht ableiten. Mit seiner markanten Form könnte es auch einem Verlag oder einer mittelständischen Firma gehören. Auch die Größe ist alles andere als eindrucksvoll. Mit den gewaltigen Dimensionen, die unsichtbar unter der Erde und in den Labors warten, hat das bescheidene Gebäude mit dem Besucherzentrum inklusive Souvenirshop nichts zu tun. Auffällig ist lediglich der »Globe of Science and Innovation«, der weithin sichtbar auf der anderen Straßenseite steht und eine Art Wahrzeichen für die Forschungseinrichtung geworden ist.

Noch bevor sich um acht Uhr die Türen öffnen, treffen die ersten Journalisten und Besucher ein. Zu dem kleinen Grüppchen, deren Mitglieder sich vorsichtig auf Englisch und Französisch beschnuppern, gehören auch einige Bewerber. Clément Poiret etwa, ein frisch gebackener Ingenieur, der seinem Vorstellungsgespräch entgegenfiebert. Auf die Frage, warum er sich ausgerechnet bei CERN beworben hat, antwortet er, ohne lange nach Worten zu suchen: »Weil es eben das CERN ist. Weil es nichts Vergleichbares gibt.« Das reicht als Erklärung. Wer sie nicht versteht, weiß nicht, wo er sich befindet. Dennoch legt der Bewerber nach: »Es ist eben die beste Adresse in Europa.«

Poirets Ziel ist es, zu den fest angestellten Mitarbeitern der europäischen Forschungseinrichtung zu gehören. Also zu jenen rund 3200 Wissenschaftlern, Technikern, Informatikern, Verwaltungsangestellten und Dienstleistern, die die Seele des CERN bilden. Und die in Schweizer Franken bezahlt werden. Die mehr als 10000 Gastforscher, auch User genannt, erhalten ihr Salär hingegen von ihren nationalen Forschungseinrichtungen. Ihr Aufenthalt kann sich auf einige Monate beschränken, aber auch Jahre dauern.

Das CERN ist kein übliches Institut, das CERN ist eine Stadt der Wissenschaft, vergleichbar mit dem »Haus Salomons«, das Francis Bacon in seinem utopischen Roman *Nova Atlantis* (1627) beschreibt, eine Art visionäres Grundkonzept für moderne Forschungseinrichtungen. Der Zweck von Bacons Anlage »ist die Erkenntnis der Ursachen und Bewegungen sowie der verborgenen Kräfte in der Natur«. Ein Motto, als wäre es für das CERN erdacht worden.

Ein historischer Ort

Endlich öffnen sich die Türen, die kleine Gruppe löst sich auf. Mit einem Handschlag verabschiede ich mich von dem jungen Franzosen und wünsche ihm gleichzeitig Glück. Während sich einige Journalisten zur Anmeldung begeben, werde ich bereits von meiner Gastgeberin erwartet. Dr. Susanne Kreim kam 2009 als Mitarbeiterin des Heidelberger



Präzision ist oberstes Gebot am CERN. Gearbeitet und geforscht wird dabei immer am Limit des Machbaren.

Max-Planck-Instituts für Kernphysik an das CERN und forscht im Labor ISOLDE (Isotope Separator On Line-Detector). Im Zentrum dieses Projekts stehen die Eigenschaften von Ionen und Ionenstrahlen und deren mögliche Nutzung für unterschiedliche Forschungsbereiche bis hin zur Medizin. Mehr als 600 Isotope von 60 Elementen wurden hier bereits erzeugt und untersucht. Das CERN selber nennt ISOLDE scherzhaft »Alchimistenküche«, da hier der alte Traum der Alchimisten, ein Element in ein anderes zu verwandeln, erfüllt werden kann.

Susanne Kreim hält nicht nur einen Ausweis für mich bereit, sondern auch einen Dosimeter. Sicherheit, erklärt sie mir, steht an erster Stelle. Zwar arbeitet im CERN kein Kernreaktor, doch werden in einem Teilchenbeschleuniger, wie der Name schon sagt, Teilchen beschleunigt. Und das auf annähernd Lichtgeschwindigkeit. Ihnen sollte man daher mit Respekt begegnen. Andere, vertrautere Sicherheitseinrichtungen wie Metalldetektoren oder etwa uniformiertes Sicherheitspersonal fehlen. »Das CERN ist kein Geheimlabor«, erklärt mir die junge Wissenschaftlerin, »es gibt also kein geheimes Wissen, das geschützt werden müsste. Unsere Forschungsergebnisse werden ohnehin veröffentlicht und stehen weltweit zur Verfügung. Warum also sollte hier jemand spionieren?«

Rund 70 000 Besucher werden Jahr für Jahr durch jene Bereiche der Einrichtung geführt, für die kein Dosimeter erforderlich ist. Sensationen gibt es auf den Führungen dennoch zu sehen, etwa den Ringbeschleuniger LEAR (Low Energy Antiproton Ring), mit dem 1995 erstmals Antimaterie erzeugt werden konnte. Die immer wieder von Besuchern vortragene Frage nach dem Wahrheitsgehalt von Dan Browns Roman *Illuminati* in Bezug auf den dort geschilderten Diebstahl von Antimaterie wird inzwischen ebenso oft mit einem Kopfschütteln beantwortet. Mit Wissenschaft hat Dan Browns Fantasieprodukt so gut wie nichts zu tun. Das CERN hat sogar eigens eine Webseite eingerichtet, um der ermüdenden Standardfrage Herr zu werden: <http://angelsanddemons.web.cern.ch>.

Die erste Station meines Rundgangs ist das Büro von Susanne Kreim, das sich in einem der ältesten Gebäude der 1954 gegründeten Forschungseinrichtung befindet. Schmale Gänge, die jederzeit zu einem Landratsamt in der Provinz gehö-

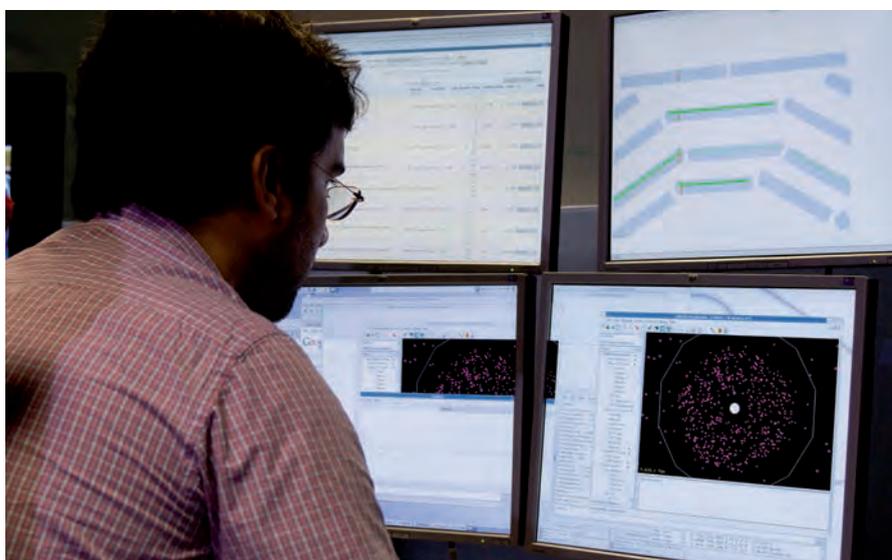
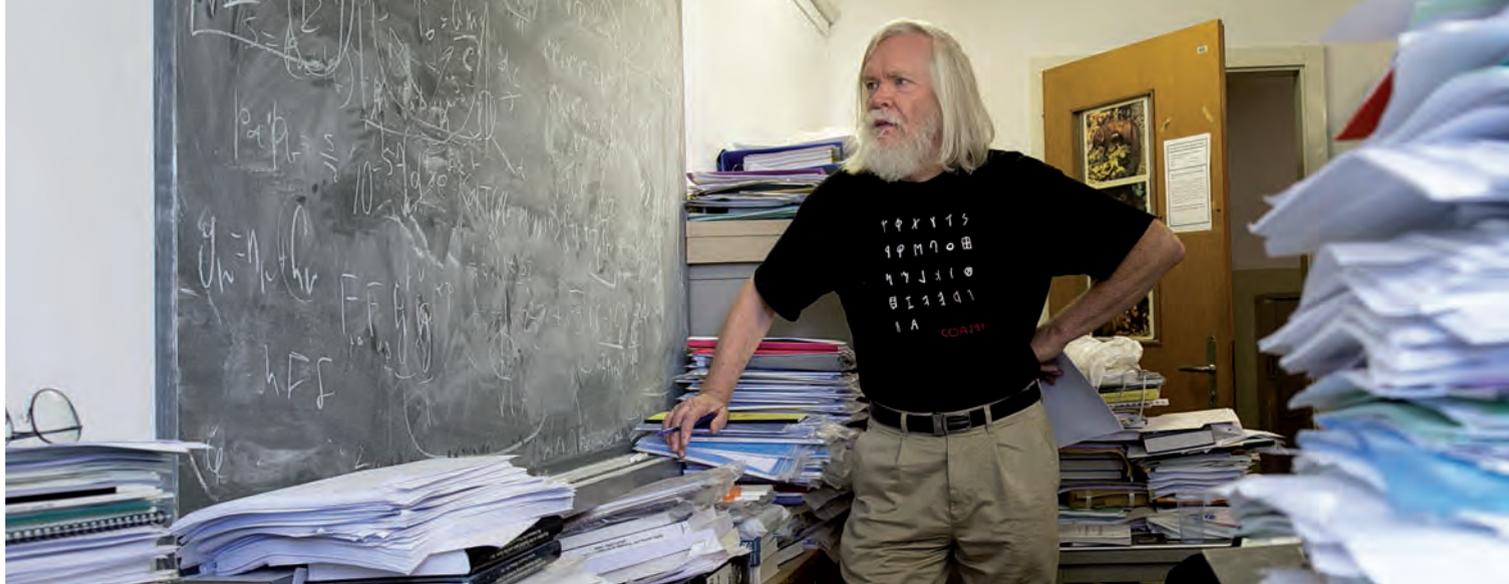
ren könnten. Hier und da Plakate und Schwarze Bretter. Geöffnete Türen geben den Blick in kleine Büros frei, von denen einige mit Büchern und Akten vollgestopft sind. Eine schwarzgraue Wandtafel voller Formeln wirkt wie ein Relikt aus Einsteins Zeiten, wie ein Filmrequisit. Dass hier die Elite der europäischen Teilchenphysiker arbeitet, würde man nicht unbedingt vermuten.

Aber mit einigen Fingerzeigen räumt meine Gastgeberin jeden Zweifel aus. Zwischen den betagten Türen hängen unauffällige Plaketten, die auf gewonnene Nobelpreise von CERN-Forschern hinweisen. Carlo Rubbia und Simon van der Meer 1984, Georges Charpak 1992. Aber auch unvermutete Entwicklungen sind dem CERN zu verdanken, etwa das World Wide Web, das der britische Physiker Tim-Berners Lee 1989 ersann, um den weltweiten Datenaustausch zu erleichtern. Viele moderne bildgebende Verfahren in der Medizin, wie die Computer- und die Positronen-Emissionstomographie, basieren auf Teilchendetektor-Technologien, die im CERN entwickelt wurden. Wissenschaftsgeschichte, wohin man schaut. An die Anfänge etwa erinnert eine Plakette, die den Namen Niels Bohr trägt. Der dänische Nobelpreisträger war zu Beginn der 1950er Jahre einer der namhaften Initiatoren von CERN.

Von Susanne Kreims Büro führt der Weg zunächst zu einer kleinen UBS-Dependance, wo ich Euro in Franken tausche, um später in einem der Restaurants essen zu können. Im Laufe des Tages überschreiten wir mehrfach die Grenze zwischen der Schweiz und Frankreich, die mitten durch das riesige Gelände verläuft, erkennbar nur an einem unauffälligen Grenzstein, dem die CERN-Mitarbeiter keinerlei Aufmerksamkeit schenken. Forscher aus ganz Europa und Gastwissenschaftler aus den USA, Indien, Japan, Russland, Kanada und anderen Ländern lassen den Grenzstein als Anachronismus erscheinen.

Neugier und Teamgeist zählen

Auf unserem Rundgang trifft meine Gastgeberin regelmäßig auf Kollegen, die sie mal auf Französisch, dann wieder auf Englisch anspricht. Ohne diese beiden Sprachen geht hier nichts. Das gilt auch für die rund 1450 deutschen Wissenschaftler, die sich untereinander allerdings ihrer Muttersprache bedienen. Wichtige Termine und Alltägliches werden



Zwei Seiten einer Forscherwelt: Für Theorien und Modelle sind Wandtafel und Papier unverzichtbar, gemessen und kontrolliert wird am Computer.

ausgetauscht. Auch das Wetter und die an diesem Tag freie Sicht auf den Mont Blanc dürfen nicht fehlen. Schon die wenigen Begegnungen zeigen, dass es im CERN keine erkennbare Kleiderordnung gibt. Statt weißer Laborkittel, auf denen in Hollywood-Filmen immer noch beharrt wird, folgt hier jeder seinem individuellen Geschmack. Viele vertrauen dem Sommerwetter und tragen Freizeitkleidung, wobei selbst kurze Hosen nicht fehlen. Ähnlich sieht es bei den Frisuren aus, die vom modischen Kurzhaarschnitt bis zum Hippie look mit Vollbart reichen. Mag es bei anderen Berufsgruppen möglich sein, sie am äußeren Erscheinungsbild zu erkennen, bei den CERN-Physikern ist dies definitiv nicht möglich. Ein wortwörtlich bunter Haufen, dem der Sinn nach anderem steht als nach Konventionen.

Ein Blick auf die Parkplätze bestätigt diesen Eindruck. Während in Genf teure Limousinen keine Seltenheit sind und wie in vielen Städten Morbus SUV grassiert, stehen hier vorwiegend Durchschnittsfahrzeuge inklusive vieler Motorräder. Auf das Phänomen angesprochen, erklärt mir der Physiker Frank Wienholtz, der ebenfalls im ISOLDE-Labor arbeitet: »Wer interessiert sich denn für Autos? Hier geht es um etwas ganz anderes. Schon als Kind wollte ich Schubladen öffnen, um zu erfahren, was darin ist. Und genau das machen wir hier. Wir öffnen Schubladen, weil wir neugierig auf den Inhalt sind. Aber nicht auf Autos.«

Meine Gastgeberin nickt zustimmend: »Hier arbeitet niemand, der nicht von Neugier angetrieben wird. Daher kann man auch die Grenze zwischen persönlichem und beruflichem Interesse nicht ausmachen. Wir sind hier, weil wir Antworten auf grundlegende Fragen haben wollen.« »Und die Karriere?«, hake ich nach. »Die spielt natürlich auch eine Rolle, ganz klar. Jeder möchte ja weiterkommen. Aber als alleiniges Motiv reicht das nicht. Da muss schon viel mehr dahinterstecken. Sonst steht man auch die drei Schichten nicht durch.«

Gemeint sind die drei Schichten, in denen die Wissenschaftler rund um die Uhr arbeiten, sobald von Mai bis November die Experimente laufen und der LHC (Large Hadron Collider) ununterbrochen in Betrieb ist. Also jener 26,659 Kilometer lange, ringförmige Teilchenbeschleuniger, der gemeinhin mit dem CERN identifiziert wird. Er kann nicht wie eine Waschmaschine mal eben an- und wieder abgeschaltet werden, sondern liefert nur im Dauerbetrieb Ergebnisse. Dadurch gibt er auch die Arbeitszeiten für die Wissenschaftler vor, die auf so manches Wochenende verzichten müssen. Und auch während der Wartungszeit gibt es Arbeit genug. Neue Experimente müssen vorbereitet, Hard- und Software aktualisiert werden. Lediglich Weihnachten gibt es eine kurze, zweiwöchige Unterbrechung, damit die Forscher zu ihren Familien können.

Diese Sorge hat Susanne Kreim nicht, denn sie hat ihre Familie mit nach Genf gebracht. Ihr Mann arbeitet ebenfalls am CERN und kommt wie seine Frau vom Heidelberger Max-Planck-Institut für Kernphysik. Um forschen zu können, muss das dritte und jüngste Mitglied der Kreims natürlich betreut werden, aber das hat sich als ein lösbares Problem herausgestellt, auch wenn der finanzielle Aufwand nicht gering ist. »Als Doppelverdiener ist das alles machbar«, erläutert Kim Kreim. »Auch wohnen wir in Frankreich, wo es etwas günstiger ist als in Genf.« Dort können sich fast nur die Staffmembers eine Wohnung leisten.

Die Wissenschaftler hingegen, die fast ausschließlich von ihren Universitäten bezahlt werden, weichen ins Nachbarland aus. Doch auch dort haben die Preise längst angezogen. Erschwert wird die Wohnungssuche durch die Tatsache, dass die Höhe der Gehälter der Wissenschaftler je nach Herkunft stark variiert. Ganz zu schweigen von den



Kommunikation ist einer der Schlüssel zum Erfolg. Teamleistungen bestimmen weitgehend den Forschungsalltag.



Die Forschungsanlagen im CERN sind nie fertig, sondern werden permanent verändert und verbessert. Forschung ist kein einmaliger Akt, sondern ein Prozess.

zahlreichen Doktoranden, denen oft nur ein geringes Budget zur Verfügung steht. Eine Promotion am CERN lohnt sich dennoch, wobei die Nachwuchsforscher rund drei bis fünf Jahre investieren müssen. Vladimir Manea aus Bukarest ist einer von ihnen. Über die Zwischenstation Paris hat er den Weg nach Genf gefunden. »Es sind nicht nur die ungeheuren Möglichkeiten«, erklärt der selbstbewusste Mann, »es ist vor allem die tolle Atmosphäre hier. Auch als Doktorand wird man als Kollege angesehen und angesprochen. Hier ist fast jedes Land vertreten, und trotzdem klappt die Zusammenarbeit perfekt. Das macht CERN zum Vorbild für die internationale Zusammenarbeit.« »Und wie sieht die Freizeit aus?« – »Hier gibt es genug junge Leute, mit denen man etwas unternehmen kann«, lacht der Rumäne. »Wer Anschluss sucht, kann auch auf einen der vielen Clubs zurückgreifen, die es hier gibt, etwa auf den Ski-Klub oder den Kino-Klub.« »Oder den Frauen-Klub«, ergänzt Susanne Kreim. »Der plant eigene Unternehmungen und steht auch den nicht am CERN tätigen Frauen von Wissenschaftlern offen.«

Das anschließende Mittagessen in einem der Restaurants gibt dem Doktoranden recht, die lockere Atmosphäre ist überall spürbar. Ein Stimmengewirr aus Hunderten von Mündern. Neben Englisch und Französisch hört man auch Deutsch, Niederländisch, Italienisch und andere Sprachen. Plätze werden getauscht, Notizbücher und Handys gezückt,

Laptops aufgeklappt. Die Übergänge zwischen Essen und Arbeit sind fließend. Ideen und Vorschläge wechseln den Besitzer. Wer auf dieser Informationsbörse Student und Koryphäe ist, wer Doktorand und wer potenzieller Anwärter auf den Nobelpreis, lässt sich nicht ausmachen. Dafür beschleicht einen das Gefühl, dass das Restaurant eine ebenso bedeutende wissenschaftliche Einrichtung ist wie der ATLAS-Detektor oder ISOLDE.

Eingebettet in so viel Kommunikation und Harmonie drängt sich die Frage nach der Konkurrenz auf. »Die gibt es in gewisser Weise schon«, gesteht Susanne Kreim ein. »Zu den Wettbewerbern für ISOLDE zähle ich zum Beispiel GSI (Deutschland), JYFL (Finnland), TRIUMF (Kanada), GANIL (Frankreich), CSRe (China), also einzelne, über die ganze Welt verstreute Institute. Als Konkurrenz zu LHC hat das FERMILab in den USA Ende des Jahres dichtgemacht. Hier gibt es nur mehr die interne Konkurrenz, also die zwischen ATLAS und CMS. Beide Detektoren suchen das Higgs-Boson, aber über verschiedene Kollisionskanäle. Oder anders formuliert: Sie untersuchen komplementäre Aspekte der Kollision von Protonen. ATLAS und CMS (Compact Muon Solenoid) überprüfen ihre Ergebnisse aber nicht nur gegenseitig, sie können auch dieselben Entdeckungen machen. Letztendlich aber ist Forschung dieser Art eine Teamsache geworden. Alles überragende Einzelpersönlichkeiten wie früher sind ein Auslaufmodell.«

Es geht um den Rest

Vor allem ATLAS, den größten Detektor, von den Physikern auch »Kathedrale« genannt, hätte ich mir gerne angesehen. Doch während des Betriebs gibt es keine Möglichkeit, in den Tunnel zu gelangen, der hundert Meter tief im Boden liegt. Mir bleibt nur das Kontrollzentrum, das endlich den gängigen Vorstellungen von Spitzenforschung entspricht. Ein fabrikkartiger Raum, vollgestopft mit Monitoren und riesigen Projektionsflächen, über die Tabellen, Zahlenkolonnen und farbige Grafiken wandern. Zehn Wissenschaftler haben alles im Blick, ein elfter bringt auf einem Tablett Kaffee.

Natürlich geht es im Sommer 2012 um das Higgs-Boson, um das letzte noch nicht experimentell nachgewiesene Elementarteilchen des Standardmodells der Teilchenphysik. Aber letztendlich geht es um weit mehr, nämlich schlicht um



Die Restaurants des CERN sind zugleich Kontaktbörse und Informationszentrum.

alles. Um das gesamte Universum, seine Entstehung, seine Zukunft; es geht um die größten und kleinsten Strukturen, es geht um die Kräfte, die alles zusammenhalten, es geht um Dunkle Materie und Dunkle Energie, also um sehr viele offene Fragen. »Wir gehen davon aus, dass uns bislang nur etwa vier Prozent des Universums bekannt sind«, erläutert einer der Physiker. »Am Rest arbeiten wir noch. Und wie Sie sehen, vor allem am Computer. Stunden, Tage, Monate.«

Der angesprochene Rest eignet sich hervorragend, um nach der Zukunft zu fragen. Was kommt nach dem LHC, der bis 2030 betrieben werden soll? Ernste, aber auch schmunzelnde Gesichter. »Der LHC stellt derzeit das Limit dessen dar, was wir aufbieten können. Nicht nur technisch, sondern auch finanziell«, sagt schließlich ein Mutiger. »Es ist durchaus vorstellbar, dass wir vielleicht noch den nächsten, nicht aber den übernächsten Teilchenbeschleuniger bauen können. Wir müssen damit rechnen, dass wir an eine Grenze gelangen, ab der die Kosten und Dimensionen kaum noch überschaubar sind, die Erkenntnisgewinne aber immer kleiner werden.« Mir kommt der Philosoph Friedrich Wilhelm Hegel in den Sinn, der einmal die menschliche Technik als »Überlistung der Natur« beschrieben hat. Trotz mancher gegenteiliger Erfahrungen verlassen wir uns immer wieder darauf, dass diese Überlistung auch weiterhin gelingt. Im CERN trifft man auf fortgeschrittene Überlister, die dies begründet infrage stellen.

Wie aber, wenn wir schon an diesem Punkt angelangt sind, sehen die Träume aus? Lassen die CERN-Physiker überhaupt Utopien zu? Sie lassen. Allen voran steht natürlich das Öffnen von Schubladen, also die Erkenntnis über das, »was die Welt im Innersten zusammenhält«. Goethes berühmte Aussage aus dem *Faust* mag zwar in diesem Kontext schon oft zitiert worden sein, bringt jedoch das Motiv der Forschung immer noch am besten auf den Punkt. In verschiedenen Gesprächen folgen konkretere Ziele: »Antimaterie wäre ein idealer Energieträger für Raumschiffe, mit denen sich das Sonnensystem in einem angemessenen Zeitraum erforschen ließe. Flüge zum Mars würden nicht mehr Monate dauern, wie mit einem chemischen Antrieb, sondern lediglich Wochen. Noch ist das natürlich Zukunftsmusik. Aber wenn diese Technik eines fernen Tages zur Verfügung steht, dann wurden die Grundlagen dafür mit Sicherheit hier geschaffen.«



Bernd Flessner im Gespräch mit Dr. Susanne Kreim im ISOLDE-Labor.

Natürlich werden auch profanere Ziele genannt, die von den Materialwissenschaften bis zu nochmals deutlich verbesserten bildgebenden Verfahren reichen. Gearbeitet wird auch am GRID (engl. Gitternetz) einer Weiterentwicklung des WWW, in dem auf einer hierarchisch basierten Struktur Informationen versandt werden. »Wird eine Information als hinreichend wichtig angesehen, kann sie sofort weltweit über das GRID zugestellt werden. Es könnte etwa verwendet werden, um möglichst schnellen Informationsfluss bei Naturkatastrophen zu garantieren«, erklärt Susanne Kreim. Aber mit dem Antimaterie-Raumschiff können diese Visionen nicht konkurrieren.

Am Anfang war der Wasserstoff

Die Idee des mit Antimaterie betriebenen Raumschiffs ist auch näher dran am Forschungsgegenstand, also dem Universum. Das häufigste, leichteste und am einfachsten aufgebaute Element dieses Universums ist der Wasserstoff, der im CERN eine gravierende Rolle spielt. Zwar ist mir der Ort verwehrt, an dem die Protonen bzw. Hadronen kollidieren, dafür aber kann ich mir den Ort ansehen, an dem die Reise der Protonen beginnt. Als Wasserstoff, also als H_2 , und somit noch von Elektronen umgeben, warten sie in einer kleinen roten Druckflasche, einem Feuerlöscher nicht unähnlich, auf ihren Einsatz. Mittels der »Duoplasmatron-Methode«, von den Elektronen befreit, durchlaufen die Protonen zunächst einen Linearbeschleuniger und die beiden kleineren Ringbeschleuniger, bevor sie in den LHC gelangen. Schließlich müssen sie fast auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden. »So gigantisch und fantastisch der LHC ist«, bemerkt Susanne Kreim, »das Ausgangsmaterial ist das gewöhnlichste Element und zudem äußerst kostengünstig. Wenn man so will, finden die Geheimnisse des Universums, die wir enträtseln wollen, Platz in dieser kleinen Flasche.«

Am Ende eines langen Tages bleibt noch die Frage, wie die Wissenschaftler am CERN mit Erfolgen umgehen. Immerhin sind sie strikt Logos und Ratio verpflichtet und denken in Formeln, die kein Symbol für Emotionen kennen. Die Physikerin lacht mich an, als würde sie die Frage nicht verstehen: »Wenn die viele Arbeit endlich belohnt wird, fallen sich alle in die Arme. Und sogar ich zünde mir dann eine Fat Lady an. Erfolge müssen gefeiert werden. Erst recht bei so einem Team!« ■■

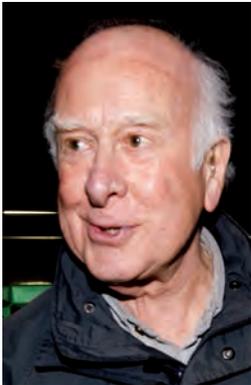


DER AUTOR

Dr. Bernd Flessner, Zukunftsforscher und Wissenschaftsjournalist, lehrt am Zentralinstitut für angewandte Ethik und Wissenschaftskommunikation der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.

So funktioniert der Higgs-Mechanismus

Mit einem Cartoon erklärt das CERN interessierten Laien den Higgs-Mechanismus und beweist damit, dass Forscher nicht nur Humor, sondern auch eine gehörige Portion Selbstironie besitzen.



Peter Higgs, englischer Physiker, ist Namenspatron des gesuchten Higgs-Bosons. Higgs gilt vielen als Vater dieses Teilchens, obwohl zeitgleich auch andere Wissenschaftler auf diese Idee kamen.

Higgs-Boson

Was hält die Welt im Innersten zusammen? Das Standardmodell der Elementarteilchen gibt darauf eine Antwort, es ist die grundlegende Theorie für das Verständnis aller heute bekannten physikalischen Phänomene mit Ausnahme der Gravitation. Es beschreibt die Wechselwirkungen zwischen den elementaren Bausteinen der Materie: was beispielsweise die Bestandteile von Atomkernen, die Protonen, zusammenhält (starke Wechselwirkung), wie die Fusion von Wasserstoff zu Helium in der Sonne abläuft (schwache Wechselwirkung), und wie Atome ionisiert werden (elektromagnetische Wechselwirkung). Diese drei Grundkräfte der Physik werden durch den Austausch von Wechselwirkungsteilchen, den sogenannten Austauschbosonen, vermittelt. Bosonen sind nach dem indischen Physiker Satyendranath Bose benannte Teilchen, die einer besonderen Wahrscheinlichkeitsverteilung und ganz bestimmten Regeln folgen. Sie können, im Gegensatz z. B. zu den Bausteinen von Atomen, den Elektronen, Neutronen und Protonen, in beliebiger Zahl am gleichen Ort zusammen existieren. Die Austauschbosonen der drei Grundkräfte sind bereits allesamt experimentell beobachtet worden, darunter zuletzt die Wechselwirkungsteilchen der schwachen Wechselwirkung in Beschleunigerexperimenten der 1970er und 1980er Jahre. Noch ungeklärt ist jedoch ein wesentlicher Mechanismus des Standardmodells, der beschreibt, wie die Teilchen im Standardmodell ihre Masse erhalten. Eine Theorie hierzu wurde 1964 vom britischen Physiker Peter Higgs und anderen Wissenschaftlern entwickelt. Der von Higgs postulierte Mechanismus ermöglichte den Physikern Vorhersagen über die Massen von Teilchen, die experimentell bestätigt werden konnten. Damit der Mechanismus funktionieren kann, musste die Existenz eines unbekanntes Austauschteilchens postuliert werden, das Higgs-Boson. Es handelt sich dabei um das letzte Teilchen des Standardmodells, das noch nicht in Beschleunigerexperimenten beobachtet werden konnte. Nach vielen Jahren der experimentellen Suche nach dem Higgs-Boson gibt es nun starke Hinweise auf seine Existenz. Im Juli 2012 verkündete das CERN die vorläufigen Ergebnisse aus den bisherigen Beobachtungen der LHC-Experimente, die auf die Existenz eines mit dem Higgs-Boson konsistenten neuen Teilchens mit signifikanter Wahrscheinlichkeit hinweisen. Neue Experimente und die Auswertung von Beobachtungsdaten werden weitere Zeit in Anspruch nehmen. Johannes-Geert Hagmann



Einen Raum, der ausschließlich mit dem Higgs-Feld gefüllt ist, kann man sich vorstellen als einen Saal, in dem Physikerinnen und Physiker miteinander plaudern.



Da tritt ein bekannter Wissenschaftler ein und sorgt für einige Unruhe. Mit jedem Schritt zieht er eine wachsende Schar von Bewunderern an,



wodurch er selber immer unbeweglicher wird. Mit anderen Worten: Er gewinnt an Masse, genau wie ein Teilchen, das sich durch ein Higgs-Feld bewegt.

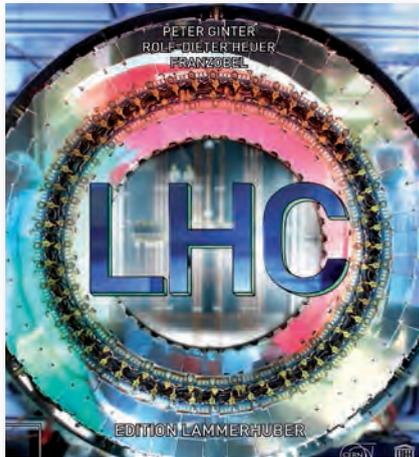


Wenn stattdessen nur ein Gerücht die Runde macht ...



bildet sich ebenfalls eine Gruppe, diesmal aber unter den Wissenschaftlern selber. Diese Menschentraube ist vergleichbar dem Higgs-Teilchen.

Das Buch zum CERN



Großforschungseinrichtungen müssen immer wieder um Akzeptanz werben. Öffentlichkeitsarbeit ist daher enorm wichtig. Mit einem spektakulären Bildband wirbt das CERN für sich. 15 Jahre lang hat der Fotograf Peter Ginter die Entwicklung des CERN begleitet. Entstanden sind spektakuläre Bilder der technischen Anlagen, aber auch sensible Studien der Menschen, die hier arbeiten. »Was wissen wir von der Wirklichkeit? Ist nicht alles bloß Fassade? Schöner Schein? Verbergen sich hinter den Kulissen unserer Existenz nicht allerlei Gerüste, Drahtgestelle, Speicherplatten, Atomverbindungen? Die Realität ist alles andere als das, was wir mit unserem kleinen Be-

wusstsein zu fassen kriegen, ein unendliches Universum mit Rändern geht da ebenso schwer hinein wie ein Urknall. Kunst aber will das Bewusstsein erweitern, Raum schaffen für Neues, das in der Wissenschaft gerade erst erforscht wird.«, schreibt CERN-Generaldirektor Rolf-Dieter Heuer in seinem Vorwort.

Peter Ginter, Rolf-Dieter Heuer, Franzobel, LHC, Wien 2011.

Hier könnt ihr
was **erleben!**

Schätze und Abenteuer zum
Staunen und Mitmachen



26. - 28. Okt. 2012
Messe München

Entdecker aufgepasst! Vom 26. - 28. Oktober gibt es in den vier Welten der Munich Show wieder herausragende Sonderschauen rund um das diesjährige Thema "Geheimnisvolles Afrika". Viele Aktionen zum Mitmachen wie z.B. die Geo-Rallye bieten eine Menge Spaß, Unterhaltung und Lehrreiches für die ganze Familie. Infos & Tickets gibt's online ab 15.09.!

The Munich Show Mineralientage München

Ihre Messe für Schmuck, Mineralien & Fossilien

www.munichshow.com

GEOFA - Fachbesucher
Fr, 26. Okt. Registrierung erforderlich
BÖRSE - Publikum
Sa, 27. Okt., So, 28. Okt.
Messe München
Halle A6 / A5 + B6 / B5
FR/SA 9 - 19 Uhr,
SO 9 - 18 Uhr



»Geheimnisvolles Afrika«

Die Munich Show – Mineralientage München 2012 widmet dem faszinierenden Urkontinent spektakuläre Sonderschauen

Die Erde birgt noch viele Geheimnisse und Afrika hat ganz Besonderes zu bieten. Der Urkontinent ist eine wahre Schatztruhe für Mineralogen, Paläontologen und Paläoanthropologen. So haben z. B. die dort gefundenen Fossilien

eine große Bedeutung für die Erforschung der Evolu-

tion und geben wichtige Hinweise auf ehemalige geografische und ökologische Verhältnisse.

In diesem Jahr widmen die Veranstalter sich ganz den »Geheimnissen Afrikas« und zeigen seltene, aber auch bislang unbekannte Schätze aus der »Wiege der Menschheit«. Dabei spielte gerade Bayern in der Erforschung afrikanischer Fossilien eine wichtige Rolle. So zählen z.B. die Arbeiten des Forschers Prof. Karl Alfred von Zittel bis heute zu den wichtigsten Grundlagen für die Erforschung der Kreide- und Tertiär-Schichten in Nordafrika. Ernst Stromer, Hauptkonservator der »Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und Geologie«, war ein Pionier der Paläontologie und gilt als einer der bedeutendsten Dinosaurier-Forscher der Welt. Um Sonderschauen dieser Größenordnung und Qualität überhaupt realisieren zu können, kooperiert die europäische Leitmesse für Mineralien, Fossilien und Edelsteine jährlich mit führenden naturhistorischen Museen wie London, Paris und Wien sowie den renommiertesten Privatsammlern. Bereits in der Vergangenheit haben die exklusiven Sonderschauen über die Fossilien- und Mineralienszene hinaus für Aufsehen gesorgt und genießen in der Branche ohnehin Weltruf. In den vier Hallen und »Welten« der Munich Show – Mineralientage München gibt es neben den Sonderschauen wie gewohnt alles zum Thema Naturschätze. Dafür sorgen über 1.250 Aussteller aus mehr als 56 Ländern. Die Messe bietet zudem jede Menge Mitmach-Spaß für die ganze Familie: Dinosaurier in Lebensgröße, funkelnede Naturschätze und spannende Aktionen wie Specksteinschnitzen, Edelsteinschleifen, Goldwaschen oder Fossilienpräparieren. Weitere Informationen sowie den aktuellen Publikumsclip zur Munich Show – Mineralientage München 2012 finden Interessierte unter www.munichshow.com.

Mineralientage München, Publikumstage 27. und 28. Oktober 2012

Messe München – Eingang Ost (U2 Messestadt Ost), Fr, Sa 9-19 Uhr, So 9-18 Uhr





Ein europäisches Experiment

Auf dem Gebiet der »Astronomie« ist Europa in den vergangenen Jahrzehnten vom Nobody zu einem der beiden federführenden Kontinente in der erdgebundenen Forschung aufgestiegen. Möglich machte das die ESO, die in diesem Jahr ihr 50-jähriges Jubiläum feiert. Von Michael Vogel



Ab 1987 baute die ESO das Very Large Telescope auf den Cerro Paranal in der chilenischen Atacama-Wüste. Es gehört zu den größten Teleskopen der Welt. Für seinen Bau wurde sogar der Gipfel des Paranal gesprengt und eingeebnet.

DER KOLOSS

Europas Astronomen planen bereits den Nachfolger des VLT.

Das E-ELT (European Extremely Large Telescope) soll einen Spiegeldurchmesser von 39 Metern bekommen – es wäre das größte Teleskop der Welt.

Allein die Kuppel des E-ELT muss so groß wie ein Fußballstadion sein. Ein geeigneter Berg in Chile ist bereits ausgewählt.

Vom E-ELT erhoffen sich die Astronomen große Fortschritte in zentralen Fragen der Forschung: Die Spanne reicht von der Suche nach lebensfreundlichen Planeten über ferne Sterne bis hin zur Untersuchung der Dunklen Materie und Dunklen Energie, die unseren Kosmos erfüllen.

Was es heißt, in einer multinationalen Organisation zu arbeiten, erlebt der Schweizer Bruno Leibundgut täglich beim »Science Coffee«, einem vormittäglichen Zusammentreffen zum Austausch mit seinen Kollegen. »In der Regel kommen die zehn bis 15 Teilnehmer aus ebenso vielen unterschiedlichen Nationen«, erzählt der Astronom, der seit 19 Jahren bei der ESO, dem European Southern Observatory, arbeitet. Inzwischen als Forschungsdirektor. Da wird über neue Forschungsergebnisse diskutiert, über neue technologische Entwicklungen, aber auch über Privates. »Wann hat man schon die Möglichkeit, mit so vielen unterschiedlichen Kulturen an einem Tisch zu sitzen und gemeinsame Ziele zu verfolgen«, fragt Leibundgut.

Die Angestellten der ESO kommen aus mehr als 20 verschiedenen Nationen. »Wir sind ein großes europäisches Experiment«, so Leibundgut.

Ein Experiment, das 50 Jahre nach seinem Start zweifellos eine Erfolgsgeschichte ist. Verglichen mit den Kennzahlen anderer europäischer Wissenschaftsorganisationen wie dem Elementarteilchenforschungszentrum CERN oder der Raumfahrtagentur ESA ist die ESO klein (740 Mitarbeiter, 131 Millionen Euro Budget im Jahr 2011), aber die wissenschaftlichen Früchte der gemeinsamen Anstrengungen können sich sehen lassen: Die ESO betreibt drei Observatorien in Chile, deren Teleskope und Messinstrumente Weltklasse sind. Gemeinsam mit dem Hubble-Weltraumteleskop gehört die Europäische Südsternwarte mit ihren insgesamt zwölf aktiven Teleskopen zu den produktivsten in der astronomischen Forschung. Gut 780 begutachtete wissenschaftliche Veröffentlichungen im vergangenen Jahr beruhen auf den Messdaten der ESO-Teleskope. Mit dem Very Large Telescope (VLT) – vier Fernrohren der Acht-Meter-Klasse – betreibt die ESO eines der größten Teleskope der Welt, das maßgeblich zu dieser Flut an wissenschaftlichen Veröffentlichungen beiträgt. »Die ESO liefert die Teleskopzeit für 30 Prozent der Astronomen, die es auf der Welt gibt«, verdeutlicht Leibundgut die Bedeutung der Organisation.

Das war vor 50 Jahren so nicht abzusehen. Mit der ESO hat es Europa geschafft, die amerikanische Dominanz in der optischen Astronomie zu brechen, die im vergangenen Jahrhundert über Jahrzehnte dank der Teleskope in Kalifornien bestanden hatte. Geht es um Beobachtungen mit höchster

Auflösung, hat das VLT der ESO seit zehn Jahren nur noch die beiden 10-Meter-Teleskope des Keck-Observatoriums auf Hawaii als Konkurrenten. Mit dem bereits in der Planung befindlichen Fernrohr der nächsten Generation, dem European Extremely Large Telescope (E-ELT; siehe Kasten) könnte Europa sogar die Führung übernehmen. Wobei nicht der technische Führungsanspruch die Triebfeder der vergangenen und künftigen Entwicklung ist, sondern die wissenschaftlichen Fragestellungen, mit denen sich die Astronomen befassen: Fragen zur Entstehung und Entwicklung des Universums, die Suche nach fernen erdähnlichen Planeten und die Erforschung so fremdartiger Dinge wie Schwarze Löcher, Dunkle Materie oder Dunkle Energie. All das erfordert Teleskope, die immer weiter ins All hinausblicken können mit immer höherer Auflösung. Beides ist nur mit größeren Fernrohren und empfindlicheren Detektoren zu schaffen.

Nutzen kann die ESO-Teleskope jeder Astronom der Welt. Das ist ein weiterer Unterschied zu den beiden Keck-Riesen auf Hawaii. Diese gehören dem California Institute of Technology, der University of California und der NASA. Wer an ihnen beobachten möchte, muss bei einem der Eigentümer der beiden Fernrohre forschen. »Natürlich sind die ESO-Teleskope primär für die Astronomen der Mitgliedsländer gedacht, aber bei uns beobachten auch Amerikaner, Kanadier oder Australier«, verdeutlicht Leibundgut. Die wissenschaftliche Relevanz einer Beobachtung ist entscheidender als das Herkunftsland des Antragstellers. Zumindest im Grundsatz: »Wenn zwei Anträge wissenschaftlich gleichwertig sind, erhält derjenige mit Astronomen aus ESO-Mitgliedsländern den Vorzug.«

Dass die Teleskope der Europäischen Südsternwarte gefragt sind, zeigt ein Blick in die Zahlen der jährlichen Auslastung: Jedes Gerät ist um einen Faktor zweieinhalb bis vier überbucht – es gibt also zweieinhalb- bis viermal so viel beantragte Beobachtungszeit, wie tatsächlich zur Verfügung steht. Zweimal im Jahr – zum 1. April und 1. September – können Astronomen Beobachtungsanträge bei der ESO einreichen. »Das sind im Schnitt 1000 pro Abgabetermin«, erzählt Leibundgut, »800 der Anträge kommen immer in den letzten 24 Stunden vor dem Stichtag.« Auch Astronomen, die sich in ihrer Forschung ja oft mit unvorstellbaren Zeitskalen befassen müssen, verhalten sich da nicht anders als Otto Nor-



Die Geschichte der Europäischen Südsternwarte

- 1953:** Astronomen diskutieren intensiv über die Idee einer gemeinsamen europäischen Sternwarte. In den Folgejahren testen sie verschiedene mögliche Standorte auf ihre Eignung. An einem Teleskopstandort sollte es keine künstlichen Lichtquellen von Städten geben, die Zahl der klaren Nächte jenseits der 300 pro Jahr liegen und möglichst wenig Atmosphäre zwischen Fernrohren und Beobachtungsobjekt sein, weil sie die Abbildungsqualität eines Teleskops verschlechtert. Geografisch prädestiniert sind damit hohe Berge in Wüstengebieten.
- 1962:** **5. Oktober** Die fünf Gründungsmitglieder Belgien, Deutschland, Frankreich, Niederlande und Schweden unterzeichnen den ESO-Vertrag.
- 1963:** **7. November** Nach ausführlichen Tests wählt die ESO Chile als Standort für ihre Teleskope. Der Südhimmel, der von Chile aus zu sehen ist, war zum damaligen Zeitpunkt deutlich weniger erforscht als der Nordhimmel. Auf der Südhalbkugel steht auch das Milchstraßenzentrum, das ein bevorzugtes Beobachtungsziel der ESO werden sollte, viel höher und damit günstiger am Himmel.
- 1964:** **26. Mai** Die ESO wählt den 2400 Meter hohen Berg Cinchado Nord als Standort aus, der später in La Silla umbenannt wird. La Silla liegt in der Atacama-Wüste, etwa 600 Kilometer nördlich von Chiles Hauptstadt Santiago. Der Bau des Observatoriums beginnt im März 1965.
- 1966:** **November** Das erste Teleskop auf La Silla, ein Fernrohr mit einem Meter Durchmesser, richtet erstmals seinen Blick zum Himmel. Im Lauf der Jahrzehnte bekommen immer mehr Teleskope auf La Silla eine Heimat, zum Teil werden sie von der ESO selbst, zum Teil aber auch von anderen Instituten betrieben. Inzwischen sind viele der kleineren Teleskope stillgelegt worden.
- 1976:** **7. November** Erste Beobachtung mit dem 3,6-Meter-Teleskop der ESO. Es wird in den kommenden Jahren das Arbeitspferd der europäischen Astronomen.
- 1983:** **22. Juni** Erste Beobachtung mit einem 2,2-Meter-Teleskop, dem damals zweitgrößten Gerät auf La Silla.
- 1987:** **8. Dezember** Die ESO beschließt den Bau des Very Large Telescope (VLT): Vier Teleskope der Acht-Meter-Klasse sollen sich einzeln oder im Verbund nutzen lassen.
- 1989:** **23. März** Erste Beobachtung mit dem New Technology Telescope (NTT): Das 3,5-Meter-Teleskop hat einen Spiegel, der im Vergleich zur klassischen Bauweise sehr dünn ist. Dass er trotzdem immer die richtige Form annimmt, dafür sorgen computergesteuerte Stellglieder, die den Spiegel gezielt verformen. Das NTT ist durch die neue Technik ähnlich großen, älteren Teleskopen deutlich überlegen.
- 1990:** **4. Dezember** Die ESO wählt den Berg Paranal als Standort für das VLT aus. Er liegt etwa 600 Kilometer von La Silla entfernt. Für das VLT muss die ESO die Spitze des Berges um 25 Meter auf 2635 Meter kappen lassen, damit überhaupt genügend Platz für das Observatorium vorhanden ist.
- 1998:** **25. Mai** Erste Beobachtung mit dem ersten der vier 8,2-Meter-Fernrohre des VLT. Am 1. März 1999 nimmt das zweite Teleskop seinen Betrieb auf, die restlichen beiden 8,2-Meter-Teleskope folgen am 26. Januar und 4. September 2000.
- 2001:** **17. März** Erste Beobachtung mit dem VLT als Teleskopverbund.
- 2003:** **6. November** Spatenstich für das Millimeterwellenteleskop ALMA (Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array), das im Endausbau – geplant für das Jahr 2013 – aus 66 Radioantennen bestehen wird. ALMA befindet sich in 5000 Meter Höhe auf dem Chajnantor-Plateau in der Atacama-Wüste im Norden Chiles. Das Teleskop ist ein Gemeinschaftsprojekt Europas, Nordamerikas und Ostasiens in Kooperation mit Chile. Im Oktober 2011 nahm ALMA den wissenschaftlichen Betrieb auf. Auf dem Chajnantor-Plateau steht auch das 12-Meter-Millimeter/Submillimeter-Teleskop APEX (Atacama Pathfinder Experiment).
- 2009:** **11. Dezember** Das 4-Meter-Durchmusterungsteleskop VISTA (Visible & Infrared Survey Telescope for Astronomy) geht auf dem Paranal in Betrieb.
- 2010:** **30. Dezember** Brasilien kündigt formal seinen Beitritt zur ESO an, die Ratifizierung läuft noch. Das Land wird damit das 15. Mitglied werden. Folgende Staaten sind bereits Mitglied der ESO (in Klammern das formale Beitrittsjahr): Deutschland, Frankreich, Niederlande, Schweden (alle 1964), Belgien, Dänemark (beide 1967), Italien, Schweiz (beide 1982), Portugal (2001), Großbritannien (2002), Finnland (2004), Spanien, Tschechien (beide 2007), Österreich (2009).
- 2011:** **8. Juni** Erste Beobachtung mit dem VST (VLT Survey Telescope). Das VST ist mit 2,6 Metern Durchmesser das weltweit größte optische Durchmusterungsteleskop.

Auf Maultieren erkundeten Wissenschaftler die möglichen Standorte für die erste europäische Sternwarte (links) und entschieden sich schließlich für La Silla in der Atacama-Wüste in Nordchile.



1965 begann auf La Silla der Bau des ersten Teleskops. Im Laufe der Jahre kamen zahlreiche weitere, kleinere Teleskope hinzu, die später wieder stillgelegt wurden.

malverbraucher. Ein Gremium, in das rund 80 Astronomen aus aller Welt für jeweils zwei Jahre berufen werden, diskutiert und priorisiert diese Anträge. Dann werden die bewilligten Anträge möglichst optimal dem beantragten Teleskop und Zusatzinstrument zugewiesen.

Ende Juni und Ende Dezember erhalten die Antragsteller Nachricht, ob und wie viel Beobachtungszeit sie bekommen werden. Normal sind zwei bis drei Nächte, teils auch nur wenige Stunden oder bis zu hundert Stunden. »Zehn Beobachtungsnächte im Lauf von zwei Jahren gelten dagegen schon als viel«, sagt Leibundgut. Der bewilligte Antrag nennt konkret den Termin der Beobachtung. Stehen die Astronomen in Chile dann unter einem bedeckten Himmel, was dort zum Glück nur selten vorkommt, haben sie Pech gehabt. Die Belegung der Teleskope ist so eng getaktet, dass die gewährte Beobachtungszeit verfällt. Da hilft nur ein neuer Antrag.

Neben diesem Besuchermodus gibt es für das VLT auch noch einen Servicemodus. In diesem Fall fährt der erfolgreiche Antragsteller nicht nach Chile, sondern lässt die Beobachtung von einem ESO-Astronomen vor Ort durchführen. Hierfür muss der Antragsteller die gewünschte Beobachtung haarklein definieren und dann den gesamten Prozess in einer Vorlage dokumentieren. Der ESO-Astronom in Chile richtet sich nach diesen Angaben und liefert die gewonnenen Rohdaten an den Antragsteller. An den ESO-Observatorien gibt es Fernrohre, die nur im Servicemodus genutzt werden können, Teleskope mit Mischbetrieb und solche, zu denen die Antragsteller immer reisen müssen. Leibundgut schätzt, dass derzeit zum Beispiel etwa ein Drittel der Beobachtungen am VLT im Besuchermodus und zwei Drittel im Servicemodus erfolgen. »Der Anteil des Servicemodus ist im Laufe der Zeit gestiegen«, sagt er, »denn die Astronomen haben nach anfänglichen Zweifeln gesehen, dass sie auch auf diesem Wege gute Rohdaten bekommen können.« Gleichzeitig ersparen sie sich die Reise nach Chile – und damit Zeit und Geld.

Damit dieser fast schon industriell anmutende Teleskopbetrieb das Maximum abwirft, führt die ESO eine vorausschauende Wartung durch, wie sie zum Beispiel auch in der Luftfahrt Praxis ist: In Prüflisten für jedes Teleskop und Zusatzinstrument ist festgeschrieben, was nach welcher Betriebsdauer zu kontrollieren oder auszuwechseln ist. Dadurch

kosten technisch bedingte Ausfallzeiten im Schnitt nur zwei Prozent der jährlich zur Verfügung stehenden Beobachtungszeit.

Während Entwicklung, Bau und Betrieb der Teleskope Sache der ESO sind, arbeitet die Südsterne bei den Instrumenten, die das gesammelte Licht der Teleskope analysieren, eng mit Arbeitsgruppen an Hochschulen und Instituten zusammen. Das Prinzip ist in der optischen Astronomie ziemlich einzigartig. Denn im Gegenzug für die gelieferte Technologie bekommen die Arbeitsgruppen garantierte Beobachtungszeit an den ESO-Teleskopen. »Die ESO ist nicht groß genug, um alles selbst entwickeln zu können«, nennt Leibundgut einen Grund für diesen Ansatz. Jedes der vier VLT-Teleskope zum Beispiel hat jeweils drei nutzbare Brennpunktlagen. Pro Brennpunkt gibt es ein stationäres Instrument, das das einfallende Licht analysiert – etwa ein Spektrograf oder ein Interferometer.

Bereits seit den 1990er Jahren praktiziert zum Beispiel die Arbeitsgruppe um Reinhard Genzel vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik (MPE) in Garching dieses Prinzip »Technologie gegen Beobachtungszeit«. Frank Eisenhauer, Wissenschaftler in Genzels Team und für den Bau von verschiedenen Instrumenten mit- oder federführend verantwortlich, nennt den Grund: »Für unsere Untersuchungen am Schwarzen Loch im Zentrum unseres Milchstraßensystems und an sehr weit entfernten Galaxien brauchen wir immer Instrumente, die die momentan höchste mögliche Auflösung und Empfindlichkeit bei Bildgebung und Spektroskopie erreichen. Wenn wir Technologien entwickeln, ist das also durch die wissenschaftliche Fragestellung getrieben.«

Jede Entwicklung eines neuen Instruments schreibt die ESO aus, Hochschulen und Institute können sich dann bewerben. Kosteten in den 1990er Jahren solche Instrumente einen sechsstelligen Betrag, sind heute siebenstellige Summen üblich – nicht nur die Teleskope werden komplexer, sondern auch ihre Instrumente. 50 Personenjahre für die Entwicklung eines einzigen Instruments für das VLT sind nicht untypisch. Oft bilden sich Kollaborationen aus mehreren Einrichtungen; auch die ESO selbst gehört ihnen immer wieder an. »Auf eine Ausschreibung bewirbt sich häufig ein Dutzend verschiedener Gruppierungen«, erzählt Eisenhauer. Der Konkurrenzkampf ist also groß. »Unsere MPE-Gruppe versucht,



DER AUTOR

Michael Vogel

hat sich als selbstständiger Journalist auf die Themengebiete Wissenschaft, Technik, Beruf und Karriere spezialisiert. Der Diplom-Physiker schreibt für Magazine, Tageszeitungen, Online-Medien, Buchverlage und Unternehmenspublikationen. Weitere Infos: www.mv-vogel.de



Wie ein Schleier erscheint die Bewegung der Sterne auf einer lange belichteten Aufnahme.

die Führung in solchen Projekten zu übernehmen und die Grenzen des technologisch Möglichen weiter zu verschieben.« Die wissenschaftliche Arbeit profitiert davon. So ist der MPE-Arbeitsgruppe mit ihren Instrumenten am VLT der endgültige Nachweis des Schwarzen Loches im Zentrum der Milchstraße gelungen, unabhängig von der weltweit einzigen konkurrierenden Beobachtergruppe am Keck-Observatorium.

An ihrem Instrument bekommen die Wissenschaftler garantierte Beobachtungszeit. Der Umrechnungsschlüssel steht derzeit bei 50 000 Euro pro Nacht, was sich angesichts der Kosten heutiger Instrumente schnell mal auf 100 garantierte Nächte im Lauf von fünf Jahren summiert. »Aber auch diese Beobachtungen müssen die Astronomen beantragen und begutachten lassen«, stellt Bruno Leibundgut klar. »So kann die ESO gewährleisten, dass ein gewisser wissenschaftlicher Standard gewahrt bleibt.« Gruppen mit garantierter Beobachtungszeit können sich auch nicht einfach bestimmte Beobachtungsziele sichern. »Natürlich ist eine Instrumenten-Kollaboration der Gewinner, wenn zwei gleichwertige Anträge gestellt werden«, sagt Leibundgut. »Aber auch eine Kollaboration darf sich keine 200 Beobachtungsobjekte schützen lassen, wenn sie mit der ihr zur Verfügung stehenden Zeit nur 20 beobachten kann.« Zehn Prozent der gesamten Beobachtungszeit entfällt bei der ESO auf die Instrumenten-Kollaborationen, weitere zehn Prozent stehen chilenischen Astronomen zu, der große Rest ist frei zu vergebende Teleskopzeit. Allerdings ist das Prinzip »Technologie gegen Beobachtungszeit« inzwischen so erfolgreich – oder die Instrumente sind so aufwendig –, dass man bei der ESO über Anpassungen des Umrechnungsschlüssels nachdenkt. »In den kommenden zwei Jahren werden weitere sechs neue Instrumente fertig für den Teleskopbetrieb – dadurch sind bereits 1200 Nächte an Beobachtungszeit garantiert«, verdeutlicht Leibundgut das Problem – das europäische Experiment ESO wird von seinem eigenen Erfolg überrollt. Es könnte Schlimmeres geben. Und dass Europa in der optischen Astronomie nicht so viel falsch gemacht hat, zeigen auch Stimmen aus den USA. Angesichts der Situation der amerikanischen Astronomie kommt mancher der dortigen Astronomen zu dem Schluss, dass man in den Vereinigten Staaten so etwas Ähnliches wie die ESO bräuhete. ■

DIE TOP 10 DER ESO-ENTDECKUNGEN

Die Umgebung des Milchstraßenzentrums: Astronomen haben im Lauf von 16 Jahren mit verschiedenen Teleskopen der ESO ein detailliertes Bild der Umgebung unseres Milchstraßenzentrums, in dem ein Schwarzes Loch sitzt, gewinnen können. 2012 wurde für diese Ergebnisse der Crafoord-Preis in Astronomie verliehen.

Das Universum expandiert beschleunigt: Zwei Forschergruppen haben unabhängig voneinander nachgewiesen, dass das Weltall sich im Lauf der Zeit immer schneller ausdehnt. Eines der beiden Teams beobachtete mit ESO-Teleskopen. 2011 wurde für diese Entdeckung der Nobelpreis in Physik verliehen.

Das erste Bild eines Exoplaneten: Planeten um andere Sterne werden von ihnen stark überstrahlt. Trotzdem gelang es 2004 mit dem VLT, erstmals einen Planeten außerhalb unseres Sonnensystems abzubilden. Streng genommen handelt es sich aber um einen sogenannten Braunen Zwerg, also um keinen echten Planeten.

Energereiche Gammastrahlen signalisieren das Ende von Sternen: Mit ESO-Teleskopen gelang der Nachweis, dass heftige Gammastrahlenausbrüche im All mit den Explosionen massereicher Sterne am Ende ihres Lebens zusammenhängen. Auch das Licht vom Verschmelzen zweier Sternüberreste – ebenfalls eine Quelle solcher Gammastrahlenausbrüche – konnten Astronomen mit einem ESO-Teleskop nachweisen.

Temperaturmessung des Alls: Mit dem VLT ließen sich erstmals Kohlenmonoxid-Moleküle in einer weit entfernten Galaxie nachweisen. Aus dieser Beobachtung konnten die Astronomen die Temperatur des Universums in ferner Vergangenheit so genau bestimmen, wie es noch nie zuvor möglich war.

Der älteste Stern unserer Galaxis: Mit dem VLT haben Astronomen das Alter des ältesten bekannten Sterns in unserem Milchstraßensystem mit 13,2 Milliarden Jahren ermittelt.

Ausbrüche im Milchstraßenzentrum: Mit dem VLT und dem APEX-Radioteleskop haben Astronomen heftige, kurze Ausbrüche des Schwarzen Lochs in unserem Milchstraßensystem beobachtet. Daraus konnten sie auf eine schnelle Rotation desselben schließen sowie auf Materie, die das Schwarze Loch auf engen Bahnen umrundet, bevor sie hineinstürzt.

Atmosphären von Exoplaneten: Mit dem VLT haben Astronomen erstmals direkt die Atmosphäre eines Exoplaneten mit Hilfe des Sterns, den er umkreist, durchleuchtet und spektroskopisch untersucht. Die Atmosphäre besteht größtenteils aus Wasser.

Planetenreiches System: Mit einem Hightech-Spektrografen am 3,6-Meter-Teleskop der ESO, der als der erfolgreichste irdische Exoplanetenjäger gilt, haben Astronomen um einen Stern fünf Planeten nachgewiesen, eventuell sogar sieben. Das wäre ein Rekord.

Sternbewegungen in der Milchstraße: Nach mehr als tausend Beobachtungsnächten auf La Silla im Lauf der vergangenen 15 Jahre konnten Astronomen die Bewegung von mehr als 14 000 sonnenähnlichen Sternen in unserer Nachbarschaft bestimmen. Demnach hatte unser Milchstraßensystem ein sehr viel turbulenteres und chaotischeres Leben, als bislang angenommen.



Gesprächsthema am Frühstückstisch

Die ESO hat ihre Öffentlichkeitsarbeit in den vergangenen Jahren intensiviert. Anders erreiche eine Wissenschaftsorganisation ihre Ziele heute nicht mehr, ist Lars Lindberg Christensen, Leiter der Abteilung Education & Public Outreach, überzeugt. Interview von Michael Vogel



Lars Lindberg Christensen möchte die Menschen näher an die Themen der ESO heranführen.

Herr Lindberg Christensen, muss eine Wissenschaftsorganisation heutzutage Autoherstellern und Popbands als Kulisse für Promotion-Bilder und Musikvideos dienen?

Forschung spielt eine große Rolle in unserer Gesellschaft, aber dies muss auch die ESO immer wieder kommunizieren. Wir müssen Interesse durch Begeisterung wecken. Natürlich ist es mit solchen Werbeaktionen nicht getan, aber es ist ein erster Schritt, damit die Menschen mit Forschungsthemen in Berührung kommen. Die Observatorien der ESO als Kulissen erregen Aufmerksamkeit.

Sehen das die Wissenschaftler auch so, wenn vor ihren Wirkungsstätten neue BMW-Modelle vorfahren oder die britische Band Erasure zu sehen ist?

Manche fragen schon nach, ob das sein muss. Nein, muss es nicht, sagen wir dann. Aber wenn die ESO zum Gesprächsthema am Frühstückstisch werden will, ist das ein gutes Mittel. Schauen Sie sich das Beispiel der NASA an: Sie erreicht die Bürger im Alltag – auf T-Shirts und in Hollywoodfilmen. Die Menschen sollen die ESO als Teil ihres Lebens verstehen. Schließlich zahlt jeder Bürger eines Mitgliedslandes umgerechnet rund 30 Cent pro Jahr für die Arbeit der ESO. Wir wollen Mauern einreißen, damit jeder näher an die wissenschaftliche Welt herankommen kann.

Nämlich?

Wir produzieren zum Beispiel schöne Bilder und Videos zu neuen Forschungsergebnissen und machen sie seit einigen Jahren allgemein verfügbar. Jeder soll sie nutzen, soll teilhaben können. Themen wie die Dunkle Materie

oder Schwarze Löcher sind schwierig, daher muss wenigstens der Zugang zu den Informationen jedermann offenstehen.

Wollen Sie damit neue Zielgruppen erschließen?

Nein, aber wir haben erkannt, wie schwer es ist, gerade junge Menschen heutzutage zu erreichen. In einer Konsumwelt, in der Comics, Modezeitschriften und Computerspiele eine wichtige Rolle spielen, reicht es eben nicht mehr, Pressemitteilungen zu verschicken.

Kommen Ihnen manchmal nicht die Tränen, wenn Sie die großen Marketingetats anderer Wissenschaftsorganisationen sehen, etwa den der NASA?

Eigentlich nicht. Die langjährige Erfahrung zeigt, dass für eine erfolgreiche Wissenschaftskommunikation ein bis zwei Prozent des Forschungshaushaltes einer Organisation aufgewendet werden sollten – da liegt die ESO, wenn auch am unteren Ende. Gerade mit der NASA arbeiten wir auch viel zusammen. Die selbst entwickelte Software etwa, mit der wir die Bilder für die Wissenschaftskommunikation aus den Rohdaten der Astronomen erzeugen, ist durch eine Kooperation zwischen ESO und NASA entstanden.



Strom aus dem Süden

In Marokko entsteht das größte thermische Solarkraftwerk der Welt. Auch Europa könnte eines Tages davon profitieren. Noch ist es ein Gedankenexperiment unter Wissenschaftlern: Würde man nur auf einem Tausendstel aller Wüstenflächen der Erde Solarzellen aufstellen, ließe sich damit der Energiebedarf der ganzen Menschheit decken. Von Frank Odenthal

Strom aus Sonnenstrahlung ist kostenlos und umweltfreundlich und steht wohl für die nächsten fünf Milliarden Jahre im Überfluss zur Verfügung. In den Wüstenzonen rund um den Globus ist die Sonneneinstrahlung noch um ein Vielfaches intensiver als in den gemäßigten Breiten und bietet sich damit schon heute an, eine der Energiequellen der Zukunft zu werden, wenn sich die Ära der fossilen Brennstoffe ihrem Ende zuneigt.

In Ouarzazate, einer Kleinstadt im Süden Marokkos, will man diese Energiequelle schon heute anzapfen. Hier, am Rande der Sahara, soll das erste solarthermische Großkraftwerk des Landes entstehen. Die Planungen sind abgeschlossen, die Finanzierung steht, der erste Spatenstich soll im November erfolgen. Mit 160 Megawatt Leistung will die staatliche marokkanische Energiebehörde den ersten Schritt zu einer klimafreundlichen Stromversorgung machen, weg von Öl, Erdgas und Kohle, die bislang den Energiebedarf deckten und zu über 95 Prozent importiert werden müssen.

Und weitere Schritte sollen folgen. Bis 2020 soll sich die landesweit aus Sonnenkraft gewonnene Energieleistung auf 2000 Megawatt vervielfältigen. Allein die Anlage in Ouarzazate soll nach der zweiten Bauphase, die 2017 abgeschlossen sein soll, bis zu 500 Megawatt liefern. Damit wäre es nach heutigem Stand das größte thermische Solarkraftwerk der Welt.

Die schroffen Landstriche der marokkanischen Wüste taugten bisher allenfalls als Kulisse für Abenteuerfilme. »Lawrence von Arabien« wurde unweit von Ouarzazate gedreht, und sogar einige Sequenzen aus »Krieg der Sterne«. Doch die Wüste kann mehr, glaubt man in der Hauptstadt Rabat. Das

Potenzial der erneuerbaren Energiequellen, so die Hoffnung, reiche aus, um neben der Versorgung des steigenden inländischen Energiehunger eines fernen Tages auch Strom nach Europa zu liefern. Strom aus der Wüste, glauben nicht wenige Stimmen im Maghreb, könne in Zukunft die Rolle spielen, die Erdöl in der Vergangenheit für die OPEC-Staaten gespielt habe: als Schlüssel zum Wohlstand.

Eine Einschätzung, die man auch in den europäischen Industrieländern teilt, wie die publikumswirksame Inszenierung der Desertec-Initiative zeigt, einem Konsortium vor allem deutscher Energie- und Technologiekonzerne und Großbanken, allen voran Siemens, RWE, E.ON und die Deutsche Bank. Dort sieht man in der Kombination aus Wind- und Solarenergie aus Nordafrika eine nachhaltige, vor allem aber eine gewinnbringende Stromquelle der Zukunft. Den Beweis, ob es sich bei den Ansprüchen, die die Initiatoren von Desertec anmelden, nämlich Strom aus erneuerbaren Energien zu einem bezahlbaren Preis und ohne staatliche Subventionen liefern zu können, um ein zukunftsweisendes Projekt und nicht um eine utopische Träumerei handelt, ist man freilich noch schuldig.

In Ouarzazate geht man einen anderen Weg. Die Planungshoheit über das Solarkraftwerk verbleibt beim marokkanischen Staat, wengleich ausländische Geldgeber willkommen sind. Die Investitionssumme von etwa 750 Millionen Euro konnte dank der Finanzierung durch die Europäische Kommission, die Europäische Investitionsbank (EIB), die französische Entwicklungsbank AFD, die Afrikanische Entwicklungsbank und durch die Weltbank zugesagt werden.



In der marokkanischen Kleinstadt Ouarzazate soll das weltweit größte thermische Solarkraftwerk entstehen.



Und auch die Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), leistet mit 115 Millionen Euro einen gewichtigen Anteil.

Kurt Hildebrand ist Teamleiter der KfW bei Projekten für erneuerbare Energien in Nordafrika. Er sagt, vom Strom aus der Wüste könnten tatsächlich alle Beteiligten profitieren. »Die Wüstenstaaten durch die neu gewonnenen Einnahmequellen und die eingesparten Devisen für teure Importe. Die europäischen Industriestaaten, weil sie einen verlässlichen Energielieferanten in unmittelbarer Nachbarschaft hinzugewinnen, und letztlich die ganze Welt, weil sie sich aus dem Würgegriff fossiler Energieträger befreien und erneuerbare Energien die Erderwärmung verlangsamen könnten.«

Die Technologie der Parabolrinnenkraftwerke, die in Ouarzazate zum Einsatz kommen soll, hat sich bereits bei Solarkraftwerken in den USA und in Spanien bewährt. Die Strahlung der Sonne wird mit riesigen Parabolspiegeln auf ein Absorberrohr konzentriert, welches von einem Wärmeträgermedium durchströmt wird. Dieses wird von der konzentrierten Sonnenstrahlung auf Temperaturen von bis zu 460°C aufgeheizt. Das erhitzte Medium wird dann in einen Kraftwerksblock geleitet, um dort Wasser zu verdampfen und über eine Dampfturbine elektrische Energie zu gewinnen.

In der Anlage in Ouarzazate wird ein synthetisches Thermoöl als Wärmeträgermedium verwendet werden. Doch der Einsatz ist problematisch, denn Thermoöl, das sich typischerweise aus Diphenyloxid und Diphenyl zusammensetzt, ist aquatoxisch: Es entfaltet eine hochgiftige Wirkung, sobald es mit Wasser in Berührung kommt. Würde es bei einem Leck im Leitungssystem ins Grundwasser gelangen, wären die ökologischen Schäden gravierend.

Zwar sind Alternativen zum Einsatz von Thermoöl in Sicht, doch wurden sie bislang kaum in größerem Maßstab erprobt. Wasserdampf als Wärmeträger ist eine davon. Gegenüber Thermoöl hat Wasserdampf den Vorteil, dass er auf über 500°C erhitzt werden kann, womit sich ein höherer Wirkungsgrad erzielen ließe. Zudem kann er den Turbinen direkt zugeführt werden; Kosten für Pumpen und Wärmetauscher entfallen. Erkauft wird dieser Vorteil mit einem erheblich höheren Druck in den Rohren, was besondere Anforderungen an das zu verwendende Leitungsmaterial stellt. Thermoöl, das nur bis auf etwa 450°C erhitzt werden kann,

Noch wirbt die Presseabteilung der Kreditanstalt für Wiederaufbau mit Vorzeigeprojekten aus anderen Staaten für das Marokko-Projekt. Mit immerhin 115 Millionen Euro beteiligt sich die KfW am Bau des Solarkraftwerks im marokkanischen Ouarzazate. Die Verantwortlichen sind zuversichtlich, dass das Land an der afrikanischen Nordküste schon bald ein wichtiger Stromzulieferer für Europa werden wird. Ein Stromkabel, das Marokko mit dem europäischen Kontinent verbindet, gibt es bereits.

baut in den Absorberrohren keinen nennenswerten Druck auf. Inzwischen wurden Absorberrohre entwickelt, die mit Membranen den heißen Wasserdampf vom Wasser trennen und ihn über eine separate Leitung der Dampfturbine zuführen. So kann das Wasser über die gesamte Länge der Absorberrohre zu Wasserdampf erhitzt werden; ein effizienteres Verfahren, das jedoch noch in größerem Maßstab erprobt werden muss.

Eine weitere Alternative zu Thermoöl ist Salz. In Marokko kommt Salz erstmals im Rahmen eines Großprojektes zum Einsatz, allerdings nur als Wärmespeicher. Das verwendete Salzgemisch verflüssigt sich bei über 250°C zu einer Salzschnmelze, die die tagsüber aufgenommene Wärme nach Sonnenuntergang wieder abgibt. Damit eignet sich diese Speichertechnologie besonders für den Einsatz in den Kraftwerken städtischer Ballungszentren, deren Spitzenlastzeiten typischerweise zwischen sechs und zehn Uhr abends liegen, wenn die Sonne allmählich hinter dem Horizont verschwindet.

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) hat nun in Kooperation mit Siemens Energy eine Testanlage errichtet, bei der die Salzschnmelze auch als Wärmeträgermedium eingesetzt wird. Auch Salz kann auf weit über 500°C erhitzt werden, erzeugt dabei jedoch – anders als Wasserdampf – keinen Druck in den Leitungen. Problematisch ist bislang noch, die Salzschnmelze bei fallenden Temperaturen, vor allem nach Sonnenuntergang, in flüssigem Zustand zu halten. Wenn die Temperatur in den Absorberrohren bei ausbleibender Sonneneinstrahlung auf unter 250°C fällt, geht das bisher verwendete flüssige Salzgemisch in einen festen Zustand über. Dies kann zu Schäden im gesamten Leitungssystem führen, wenn bei wieder steigenden Temperaturen die Hitze nicht sofort reibungslos abgeleitet wird.

Noch behilft man sich damit, die Salzschnmelze nachts mittels eines parallelen Heizsystems, das außen an den Absorberrohren entlanggeführt wird, auf Temperatur zu halten. Doch das Ziel der Forscher ist die Entwicklung von Salzen, die auch bei normalen Tages- und Nachttemperaturen flüssig bleiben. Mittlerweile hat man Salzschnmelzen entwickelt, die erst bei ca. 80°C in festen Zustand wechseln. Doch beim DLR ist man zuversichtlich, demnächst Salzgemische zu finden, die auch bei ca. 20°C flüssig bleiben. Das würde ausreichen,

Anzeige

RADSPIELER

Seit 1841

macht

Wohnungen

schön!

Möbel

aus eigener Werkstatt

und von führenden

zeitgenössischen Herstellern,

Einrichtungen,

Stoffe, Geschirr und Glas,

Teppiche.

das Salzgemisch in einer tropischen Nacht ohne zusätzliche Beheizung als Wärmeträger verwenden zu können.

Der besondere Charme der Verwendung von Salz liegt jedoch in der Kombination von Träger- und Speichermedium. Es müssten nicht mehr zwei separate Kreisläufe aus Thermoöl (zur Wärmeweiterleitung) und Salz (zur Wärmespeicherung) betrieben werden. Die beiden Kreisläufe können zusammengeführt werden, was die Systemkomplexität und nicht zuletzt die Kosten senken würde.

Kurt Hildebrand von der KfW zeigt sich mit dem Stand der Arbeiten in Ouarzazate zufrieden. »Mit der Regierung und der marokkanischen Solarenergiebehörde MASEN (Moroccan Agency for Solar Energy) arbeiten wir sehr gut zusammen. Den Zeitplan zur Einweihung des Kraftwerks, vorgesehen ist Ende 2014, werden wir wohl einhalten können.« Dabei hat er auch den gesellschaftspolitischen Horizont im Blick. »Durch das Solarkraftwerk wird die Infrastruktur der gesamten Region verbessert und es entstehen neue Arbeitsplätze. Während in anderen arabischen Ländern die Jugendlichen auf die Straßen gingen und Aufstände bis hin zu Revolutionen anzettelten, soll das Solarenergieprojekt in Ouarzazate der lokalen Bevölkerung neue Perspektiven eröffnen.«

Eine Hoffnung, die die KfW mit der marokkanischen Regierung teilt. »Nimmt man das Potenzial von Solarenergie, Wasserkraft und dem beständig wehenden Wind zusammen«, zeigt sich Teamleiter Hildebrand zuversichtlich, »dann könnte sich Marokko vielleicht eines Tages zu 100 Prozent durch regenerative Energien versorgen.«

Einen großen Vorteil gegenüber anderen nordafrikanischen Staaten hat Marokko bereits heute. Der liegt auf dem Grund des westlichen Mittelmeeres und verbindet Afrika und Europa mittels zweier dicker Stromkabel miteinander. Bislang fließt der Strom dort von Spanien hinüber in den Maghreb. Doch die Richtung soll sich nach dem Willen der Regierungen diesseits und jenseits des Mittelmeeres schon in ein paar Jahren umkehren. ■■



DER AUTOR

Frank Odenthal

1971 in Köln geboren, lebt als freier Journalist und Schriftsteller in der Nähe von Basel. Nach seinem Studium der Volkswirtschaftslehre in Köln und Liverpool hat er sich auf Themen der Entwicklungshilfe und des Umweltschutzes spezialisiert und publiziert seitdem in diversen Tageszeitungen und Zeitschriften. Einige seiner Kurzgeschichten wurden in Literaturmagazinen veröffentlicht. Im Sommer 2011 ist sein Debütroman *Krabbenmond* im Mohland-Verlag erschienen.

F. Radspieler & Comp. Nachf.

Hackenstraße 7

80331 München

Telefon 089/23 50 98-0

Fax 089/26 42 17

mail@radspieler-muenchen.de

www.radspieler.com

Wer wagt, gewinnt!

Große Vorhaben und deren Ergebnisse haben die Menschen seit jeher fasziniert. Großprojekte von der Antike bis zur Neuzeit beeindrucken vor allem durch ihre physischen und finanziellen Dimensionen. Immer mehr moderne Megaprojekte machen sich das Internet zunutze, um Netzwerke aus Ressourcen und Menschen aufzubauen, die teilweise aus Milliarden Knotenpunkten bestehen. Von Joachim Sokol



SETI@home ist wohl eines der bekanntesten Vernetzungsprojekte, das die Begeisterung vieler Menschen für die Astronomie und die Erforschung des Weltraums zu wissenschaftlichen Zwecken nutzt. An dem »Search for extraterrestrial intelligence at home« beteiligen sich mehr als fünf Millionen Menschen weltweit, die Mehrzahl von ihnen Laien. Seit 1999 helfen sie freiwillig und unentgeltlich mit bei der Erkundung des Weltraums nach extraterrestrischem Leben, indem sie den beteiligten Wissenschaftlern ungenutzte Speicher- und Rechenkapazitäten ihrer privaten Computer zur Verfügung stellen. Diese Speicherkapazitäten nutzen die Forscher, um umfangreiche Daten zu analysieren, die über Radioteleskope gewonnen werden. Auf diese Weise sollen mögliche Signale von fremden Welten identifiziert werden. Die Beteiligten sind über das Internet miteinander verbunden und bilden damit ein »Netzwerk« – eine Art Supercomputer.

Die Software, die dies ermöglicht, heißt »BOINC« und steht für »Berkeley Open Infrastructure for Network Computing«. BOINC kommt immer dann zum Einsatz, wenn sehr viele Nutzer untereinander verknüpft oder wenn extrem rechenintensive Aufgaben aus den Bereichen Astronomie, Klima oder Medizin gelöst werden sollen. Die Teilnahme ist einfach: Man wählt ein Projekt aus, lädt die Software BOINC auf seinen Rechner und registriert sich anschließend mit seiner persönlichen E-Mail-Adresse und einem Passwort unter <http://boinc.berkeley.edu/>. Voraussetzung für die Teilnahme an solchen Vernetzungsprojekten ist das Vertrauen in die Initiatoren, denen mit der Registrierung der Zugriff auf den privaten Rechner samt Daten und Software ermöglicht wird. Betrieben werden solche Netzwerke von Wissenschaftlern, Universitäten und Unternehmen, die mit Hilfe von BOINC zum Beispiel Projekte für verteiltes Rechnen, einen virtuellen campusweiten Supercomputer oder in Unternehmen ein sogenanntes Desktop Grid erstellen.

SETI@home ist beileibe nicht das einzige Projekt der University of Berkeley in Kalifornien, das sich der Suche nach außerirdischer Intelligenz widmet. Ähnlich funktioniert auch »Search for Extraterrestrial Radio Emissions from Nearby Developed Intelligent Populations«, kurz: SERENDIP. Auch SERENDIP scannt das Frequenzband nach potenziellen Mustern ab, aber im Gegensatz zu SETI werden die Daten



nicht ebenso tiefgehend wie SETI@home analysiert.

SEVENDIP hingegen steht für »Search for Extraterrestrial Visible Emissions from Nearby Developed Intelligent Populations« und setzt auf die Suche von Impulsen im Nanosekundenbereich optischer Signale, wie zum Beispiel sehr starker Lasersignale fremder Zivilisationen. Dazu nutzt SEVENDIP ein automatisches 0,7-m-Teleskop in Lafayette in Kalifornien.

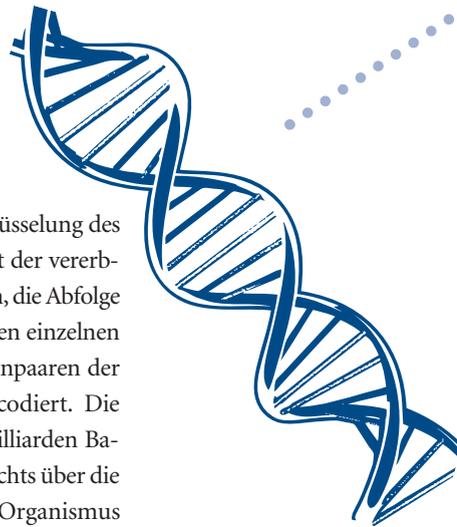
Weitere Projekte, die auf dieser Technik basieren, sind zum Beispiel Einstein@home zur Suche nach Gravitationswellen oder ClimatePrediction.net zur Modellierung der Klimaentwicklung im 21. Jahrhundert. Um diese sogenannten Ressourcen (Prozessorleistung und Speicherkapazität) für ein Netzwerkprojekt zu nutzen, wird auf dem teilnehmenden Rechner eine Client-Software wie BOINC installiert, die im Hintergrund arbeitet. Neben der reinen Nutzung der Ressourcen müssen dabei auch die zu erledigenden Aufgaben verwaltet werden. Der Nutzer erhält dazu die zu verarbeitenden Daten, deren Ergebnis nach erfolgreicher Abarbeitung an die Internet-Webseite zurückgemeldet wird. Danach können weitere Daten und Berechnungen durchgeführt werden. Die Technik kommt zum Einsatz, wenn Leistungen von Supercomputern nicht ausreichen oder die für die Bereitstellung der nötigen Rechenkapazität vorhandenen finanziellen Mittel nicht genügen.

Proteinforschung auf der Spielkonsole

Eine neue Stufe der Verbreitung erreichte das Projekt Folding@home, das die Fähigkeiten der Spielkonsole PlayStation 3 sowie die Kapazitäten von ATI- und NVIDIA-Grafikprozessoren nutzt und so eine Leistung von bis zu vier Milliarden Rechenoperationen pro Sekunde (4 Petaflops) erreicht. Mit bis zu 700 000 angemeldeten PS3-Teilnehmern und regelmäßig etwa 50 000 aktiven Konsolen steht dieses Projekt als leistungsstärkstes verteiltes Rechnernetzwerk im

Guinness-Buch der Rekorde. Berühmt geworden ist das Humangenomprojekt (Human Genome Project), das 1990 mit Hilfe eines öffentlich finanzierten internationalen Forschungsverbands startete. Initiiert hatten das Forschungsvorhaben das amerikanische Energieministerium und das Gesundheits-





ministerium. Ziel war eine vollständige Entschlüsselung des menschlichen Genoms, welches die Gesamtheit der vererbaren Informationen enthält. Es ging also darum, die Abfolge der Basenpaare der menschlichen DNA auf ihren einzelnen Chromosomen zu identifizieren. Mit den Basenpaaren der DNA werden unter anderem alle Proteine codiert. Die menschliche DNA besteht aus ungefähr 3,2 Milliarden Basenpaaren. Die Genom-Größe sagt allerdings nichts über die Komplexität und den Organisationsgrad des Organismus aus. Amöben beispielsweise besitzen rund eine Billion Basenpaare und damit mehr als der Mensch.

Über tausend Wissenschaftler aus vierzig Ländern waren in das Projekt involviert, das schon im April 2003 zwei Jahre vor dem geplanten Ende abgeschlossen werden konnte. Die Kosten beliefen sich auf ungefähr drei Milliarden US-Dollar. Neben der eigentlichen Entschlüsselung (Sequenzierung) sollten auch relevante Technologien und Hilfsmittel für die Datenanalyse entwickelt und verbessert und die gewonnenen Informationen in Datenbanken gespeichert werden. Darüber hinaus sollten die mit dem Projekt auftauchenden ethischen, rechtlichen und sozialen Fragestellungen diskutiert werden.

Dennoch sind die eigentlichen Ziele des Projekts eher nachgelagert, da es sich um reine Grundlagenforschung handelt und die Anwendung der Ergebnisse in Nachfolgeprojekten das eigentliche Ziel darstellt. Die gewonnenen Erkenntnisse sind Grundlage für die Erforschung vieler biologischer Prozesse, wie etwa die Möglichkeit, Erbkrankheiten zu erforschen und molekulare Mechanismen der Krebsentstehung besser zu verstehen.

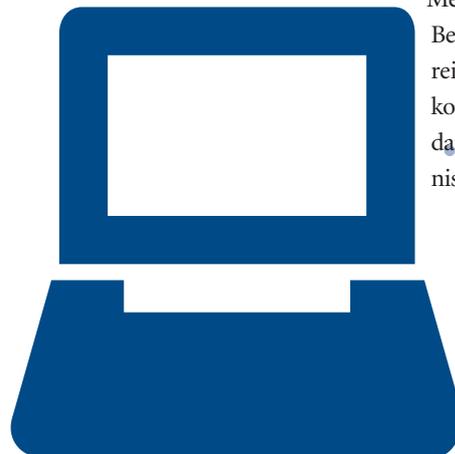
Ein Vergleich des menschlichen Erbguts mit dem anderer Lebewesen kann zudem weitere Erkenntnisse über den Ursprung bestimmter Krankheiten sowie neue Therapiemöglichkeiten aufzeigen. Daher erstaunt es nicht, dass in der Zwischenzeit viele weitere Forschungsprojekte aufgesetzt wurden. Ein Beispiel von vielen ist das 1000-Genome-Projekt, bei dem Institute vieler Länder zusammenarbeiten, unter anderem in den USA, in England, China und Deutschland. Ziel dieses Projekts ist es, die Genome von rund 2500 Menschen zu sequenzieren, um daraus einen detaillierten Katalog menschlicher genetischer Variationen zu erstellen. Die komplette Datenbank wird Wissenschaftlern weltweit kostenlos zur Verfügung gestellt.

Hieroglyphen des Lebens

Was könnten die Folgen dieses Projekts für die Wissenschaft und für das Selbstverständnis der Menschen sein? Das Human Genome Project eröffnet sicherlich eine Vielzahl neuer biomedizinischer Möglichkeiten und verändert dabei das Verständnis von Körper, Ethik, Prävention und vom menschlichen Leben allgemein. Das alles ist Bestandteil der gesellschaftlichen Diskussion, aber auch weit verbreiteter Sorgen. Der menschliche Körper wird durch die Kenntnis des Genoms auf eine neuartige Weise erfahrbar und manipulierbar für Prognostik, Prävention, Therapie und auch für bisher unheilbare Krankheiten.

Auf der anderen Seite stehen Missbrauchspotenziale und neue ethische, rechtliche und gesellschaftliche Fragen. Nehmen wir als Beispiel die Entwicklung und Anwendung von Gentests. Wie viel Wissen über mögliche Gesundheitsrisiken ist noch zuträglich, und ab wann wird das Wissen über das Risiko zu einer zu großen Belastung? Wird die Genomanalyse zu einer Art Präventionsfalle? Eine Überschrift der Wochenzeitung *Die Zeit* kommentierte: »Der Text ist da, jetzt müssen die Forscher ihn lesen lernen.« Damit wird die Vorstellung erzeugt, Gene seien etwas wie eine verstehbare Schrift. Eine Art Vorschrift, wie unsere Körper sich selbst »machen« können. In der Öffentlichkeit entsteht der Eindruck, die Zellen seien mit »Leseapparaturen« ausgestattet und befolgten gleichzeitig, gerade indem sie sich ablesend betätigen, die Vorschriften, die in ihnen vorliegen. Aber dies ist eine Interpretation, kein Faktum der Naturwissenschaft. Bis heute wissen wir nicht, wie es möglich ist, dass sich ein so hochkomplexes und sensibles Entwicklungssystem wie der

Mensch mit relativ wenigen molekularen Bestimmungsfaktoren überhaupt erfolgreich differenzieren und entwickeln konnte und kann. Mögliche Antworten darauf könnten weitere Forschungsergebnisse in der Zukunft bringen.



Reise ins Gehirn

Mit dem Wunsch, in unbekannte Forschungsbereiche vorzustoßen, ist immer auch das Risiko des Scheiterns verbunden. Andererseits gilt auch für die Wissenschaft: »Nur wer wagt, gewinnt«. Ein aktuelles Beispiel für ein durchaus wagemutiges Unterfangen ist das Human Brain Project (HBP), das vorhat, innerhalb von zehn Jahren ein menschliches Gehirn in einem Supercomputer nachzubilden. Ein Erfolg käme einer Revolution gleich, doch viele Forscher sind skeptisch hinsichtlich der Erfolgsaussichten. Die Grundlagen für das Verständnis der Prozesse im Gehirn legten die Nobelpreisträger Santiago Ramón y Cajal und Camillo Golgi Anfang des letzten Jahrhunderts: Mit Hilfe der Färbemethode konnten sie zum ersten Mal das hochkomplexe Geflecht aus Nervenzellen darstellen. Seither wissen wir, dass sämtliche »Denk«-Prozesse im Gehirn mit dem Austausch von Signalen zwischen Nerven verbunden sind. Wie das Denken genau funktioniert, wissen wir allerdings auch hundert Jahre nach dieser Erkenntnis nicht. Viele zentrale Fragen nach der Funktionsweise unseres Gehirns sind immer noch unbeantwortet. Bis heute gibt es hier viele Spekulationen, aber keinen wissenschaftlichen Durchbruch.

Dieser soll nun mit der Simulation eines nahezu kompletten menschlichen Großhirns im Rahmen des Human Brain Projects gelingen. Voraussetzung für den Start wäre die Bewilligung von einer Milliarde Euro Fördergeldern, die im Rahmen der Flaggschiffinitiative der EU ausgeschüttet werden sollen. Die Chancen stehen gar nicht schlecht, denn das Programm »Future and Emerging Technologies« (FET) der Europäischen Kommission sucht nach ehrgeizigen Forschungsprojekten mit visionärem Ziel. Sechs Projektideen – darunter auch die oben beschriebene – sind derzeit noch im Rennen, doch nur zwei von ihnen werden laut aktueller Planung von 2013 an voraussichtlich für zehn Jahre mit Finanzmitteln im Umfang von jeweils rund hundert Millionen Euro pro Jahr, also in Summe einer Milliarde Euro, unterstützt.

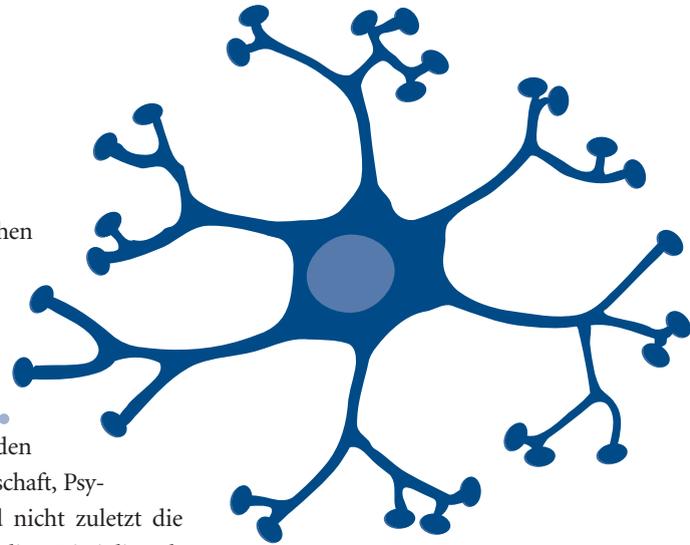
Human-Brain-Projektleiter Henry Markram, Neurowissenschaftler an der ETH Lausanne, und die Mitglieder der gut hundert assoziierten Forschungseinrichtungen sind sich sicher, die EU-Vorgaben hinsichtlich eines ehrgeizigen und visionären Projekts mehr als zu erfüllen, denn das menschliche Gehirn zu verstehen und sogar nachzubauen, ist eine

der größten wissenschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit. Sollten Henry Markram und seine Kollegen Erfolg haben und eine funktionierende Simulation zuwege bringen, würden sie damit die Neurowissenschaft, Psychologie, Philosophie und nicht zuletzt die Technik revolutionieren. All diese Disziplinen hätten ein einzigartiges neues Werkzeug zur Hand, das den Erkenntnisgewinn dramatisch beschleunigen dürfte. An einem simulierten Gehirn ließen sich Experimente wieder und wieder durchführen, die Parameter frei wählen und obendrein die Resultate bis ins Detail aufzeichnen, und zwar ganz ohne die aufwendigen und oft nur indirekten Beobachtungsmethoden der heutigen Hirnforschung mit Hilfe der Magnetresonanztomographie.

Das Gehirn im Supercomputer

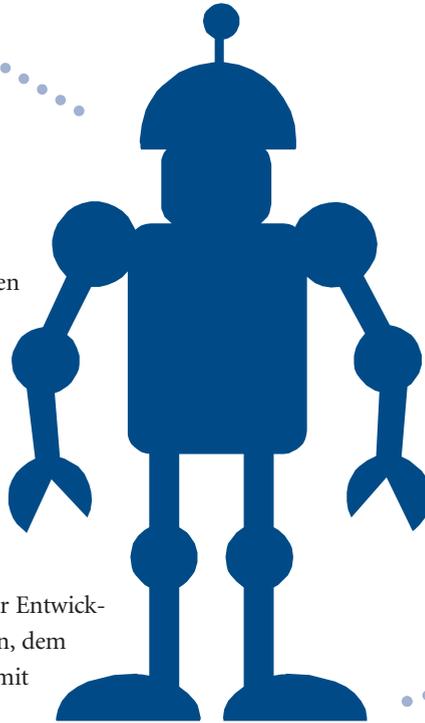
Natürlich spielen neben den rein neurowissenschaftlichen Erkenntnissen noch weitere erhoffte Ergebnisse eine Rolle. Neuronale Prozesse eignen sich besser zur Lösung komplexer Probleme als herkömmliche Computer und sie verbrauchen wesentlich weniger Energie. Den Grund dafür vermuten Wissenschaftler in ihrer Arbeitsweise. Denn das Gehirn setzt nicht, wie moderne Prozessoren, auf Hochgeschwindigkeit und Präzision. Es verlässt sich – erfolgreich – auf ein Sammelurium langsamer, fehleranfälliger Bauteile. Ein vermutlich sehr raffiniertes, aber in den Details noch unbekanntes Verfahren – so die These der Forscher – befähigt dieses System, Informationen dennoch zuverlässig zu verarbeiten.

Könnte man die Architektur von Nervenzellverbänden auf Hardware übertragen, dann würde dies nicht nur zur Entwicklung noch schnellerer und energiesparender Chips führen. Neurowissenschaftler hoffen auch, dass einige der herausragenden Leistungen des Gehirns dabei kopiert werden könnten. Zum wissenschaftlichen Konsortium gehört daher beispielsweise auch das Kirchhoff-Institut für Physik in Heidelberg, an dem schon seit längerem an Chips geforscht wird, welche die Arbeitsweise des Gehirns nachahmen.



HUMAN BRAIN PROJECT

Die ersten Grundlagen für sein Projekt legte Henry Markram mit dem »Blue Brain Project« im Jahr 2005, das sich mit der Realisierung eines vertikalen Ausschnitts aus der Hirnrinde einer Ratte in einem Supercomputer beschäftigt, was nach eigenen Angaben mittlerweile auch gelungen ist. Zusammen mit IBM entwickelte das Team um Markram den dafür notwendigen Supercomputer. Das gab dem Projekt auch den Namen.



Die Technische Universität München wiederum, ebenfalls im Konsortium vertreten, plant den Bau von Robotern, die sich an simulierte Gehirne anschließen lassen. In einem »geschlossenen Kreislauf« könnte der Roboter dann das virtuelle Hirn, welches seinerseits den Roboter steuert, mit Sinnesdaten versorgen.

Andere Einrichtungen widmen sich der Entwicklung von Gehirn-Computer-Schnittstellen, dem Sammeln medizinischer Daten, um damit eines Tages Simulationen des kranken Gehirns erstellen zu können, oder ethischen, rechtlichen und sozialen Aspekten der Forschung. Organisiert und gelenkt wird das gesamte Projekt vom Forschungszentrum Jülich, das für die Entwicklung und Betreuung der gigantischen Rechnerinfrastruktur verantwortlich ist. Gigantisch deswegen, weil sie etwa um den Faktor 1000 schneller sein muss als die derzeit leistungsfähigsten Superrechner oder präziser, die Grenze zum ExaFLOP-Bereich (das bedeutet 10^{18} Gleitkommaoperationen pro Sekunde) muss überschritten werden. Auch wenn das sehr ambitioniert klingt – aufgrund der Fortschritte in der Hardwareentwicklung gilt das Ziel als durchaus realistisch und man schätzt, dass es bis 2018 erreicht werden kann. Das würde in den Zeitplan des HBP passen, aber die Frage bleibt, für welchen Abstraktionsgrad der Simulation diese Anforderungen kalkuliert worden sind. »Ein ganzes Gehirn« kann sowohl bedeuten, jeden Ionenkanal einzeln zu berücksichtigen, als auch das Geschehen im Inneren von Nervenzellen oder gar ganzen Zellverbänden auszuklammern und diese als singuläre Blöcke zu behandeln.

Geplant ist, die Simulationsmodelle auf unterschiedlichen Ebenen zu entwickeln und dann die Erkenntnisse vom Kleinen ins Große zu übertragen. Aber selbst ein ExaFLOP-Rechner ist definitiv überfordert, falls er die Neurotransmitterkonzentration in jeder der hundert Milliarden Zellen berechnen soll. Hier muss also die Granularität des »ganzen Gehirns« zur Rechenkapazität und Geschwindigkeit passen. Doch nicht nur in der Hardware-Entwicklung sind zukünftige Leistungssteigerungen erforderlich und fest eingeplant, auch sind laut Projektbeschreibung »Durchbrüche in der

Mathematik und Softwareentwicklung notwendig, um die Simulation und Interpretation zu ermöglichen«.

Eine wesentliche Rolle spielt für die Hirnforschung die sogenannte funktionale Konnektomik. Sie stellt eine Analyse des Verknüpfungsmusters von Nervenzellen einer Hirnregion dar, bei der gleichzeitig das Verhalten der Neuronen aufgezeichnet wird. So wurden zum Beispiel im Rahmen des schon erwähnten Blue-Brain-Projekts für die Nachbildung der Säule aus dem Rattenkortex zuerst per Einzelzelleitung erfasst, wie sich in diesem Schaltkreis Erregungen ausbreiten. Anschließend wurde mit Elektronenmikroskopen dessen Verkabelung bestimmt. Das Verfahren ist so komplex und zeitraubend, dass es selbst für dieses beschränkte Gesamtsystem nur ausschnittsweise gelang und eine vollständige Simulation nur über eine Extrapolation der vorherrschenden Muster erreicht werden konnte.

Für den allergrößten Teil der menschlichen Großhirnrinde liegen entsprechende Schaltkreisdaten jedoch noch überhaupt nicht vor. Allerdings haben sich bereits eine Anzahl internationaler Teams der Herausforderung gestellt, diese zu ermitteln. Standardisierte Techniken könnten die nötige Datenmenge in den kommenden Jahren schrittweise liefern. Trotzdem ist die Aufgabe immens. Zum Beispiel rechnete der Konnektomforscher Jeffrey Lichtman von der Harvard University vor, dass kleinräumige Verknüpfungsmuster aller Nervenzellen einer Maus (ein vollständiges Konnektom) hundertmal mehr Daten umfassen würden, als derzeit auf den Servern von Google gespeichert sind.

Windmühlen des Fortschritts

Ein weiterer Kritikpunkt gilt der geplanten Vorgehensweise. Im Normalfall dienen Simulatoren dazu, an einem abstrahierten Modell der Wirklichkeit Hypothesen zu überprüfen. Bei HBP wird dieses Konzept quasi umgedreht: Während der Laufzeit wird das Grundmodell sukzessive erweitert, so dass – quasi durch Anhäufung und sinnvolle Kombination von Einzelinformationen – irgendwann das Gehirn verstanden werden kann.

Zudem benötigt das HBP umfassende Daten über die Genaktivität in Nervenzellen, die Proteinzusammensetzung, die Zellphysiologie sowie die mittel- und großskaligen Verknüpfungsmuster auf der Ebene ganzer Zellverbände und

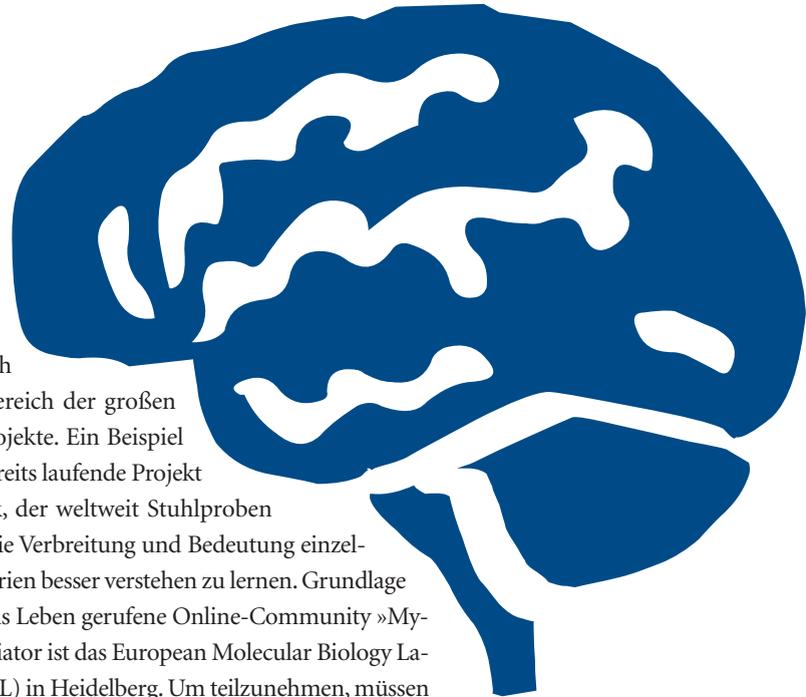
Hirnareale. Ist das Projekt damit schon im Vorfeld zum Scheitern verurteilt, da einige Probleme zumindest in den nächsten Jahren nicht lösbar scheinen? Ein Teil der Fachwelt zweifelt am Erfolg und befürchtet bei einem Scheitern Schaden für die ganze Disziplin. Auch wenn die Simulation eines ganzen Gehirns zu den heimlichen Träumen eines jeden Neuroinformatikers gehören dürfte und ein Erfolg den Protagonisten, Ruhm, Anerkennung und nicht zuletzt auch eine satte finanzielle Förderung zukommen lässt, könnte bei einem Scheitern ein großer Kahlschlag die ganze Disziplin treffen, ähnlich wie es dem Thema »Künstliche Intelligenz« im letzten Jahrhundert ergangen ist.

Vorausgesetzt, die technischen Hindernisse können überwunden werden, bleibt doch die Schwierigkeit, zu erkennen, welche Eigenschaften des Modells auf willkürliche Annahmen beim Modellierungsprozess zurückgehen und welche dem natürlichen Vorbild entsprechen. Wer die falschen Fragen stellt, bekommt selbst bei der genauesten Simulation keine richtige Antwort. Zum anderen droht Gefahr, an der wachsenden Komplexität zu scheitern. Denn die eigentliche Arbeit liegt darin, vom natürlichen Geschehen zu abstrahieren und die entscheidenden Vorgänge zu erkennen. Sonst steht man am Ende schlimmstenfalls vor der paradoxen Situation, dass Simulationen benötigt werden, um die eigentliche Simulation zu verstehen. Doch vielleicht liegt zu viel Pessimismus in diesen Aussagen und neue Geistesblitze der Beteiligten lösen die aufgezählten Probleme. Dann hätten die Projektergebnisse das Potenzial, eine technische, medizinische und soziale Revolution einzuleiten.

Ein weiterer aussichtsreicher Vorschlag an die FET befasst sich mit der Entwicklung vernunftbegabter Roboter. Die EU-Kommission und Neelie Kroes, die zuständige EU-Kommissarin für die digitale Agenda, setzen damit einen neuen Schwerpunkt in der EU-Förderung von Forschungsvorhaben mit hochspekulativem Charakter. Zwar wurden auch im FET-Programm (Future and Emerging Technologies) seit 22 Jahren Projekte aus der Informations- und Kommunikationstechnologie teils mit weit hergeholt Themen gefördert, aber eher in einem sehr kleinen Rahmen. So wurden zwischen 2007 bis 2011 gerade einmal 360 Millionen Euro für 164 Projekte bereitgestellt.

Es gibt auch Kurioses im Bereich der großen Vernetzungsprojekte. Ein Beispiel dafür ist das bereits laufende Projekt von Peter Bork, der weltweit Stuhlproben sammelt, um die Verbreitung und Bedeutung einzelner Darmbakterien besser verstehen zu lernen. Grundlage ist dafür eine ins Leben gerufene Online-Community »My-Microbes«. Initiator ist das European Molecular Biology Laboratory (EMBL) in Heidelberg. Um teilzunehmen, müssen Interessierte eine Reihe an Informationen samt Stuhlprobe an die Forscher senden sowie einen Einmalbetrag von rund 1500 Euro, um die Kosten der mikrobiellen Untersuchung abzudecken. Nach Abschluss der Analyse ist man Mitglied in dem Netzwerk und kann sich mit anderen Interessenten über Beschwerden und Ernährung austauschen. Die Forscher selber erhoffen sich durch das Projekt eine große Datenbank der Bakterien im menschlichen Verdauungstrakt, um neue Wege in der Diagnostik und Therapie von Krankheiten entwickeln zu können.

Große Projekte kosten meistens viel Geld. Immer wieder sehen sich Wissenschaftler mit der Frage konfrontiert, ob die Welt derlei Großforschung überhaupt braucht. In China weiß man: »Wenn der Wind pfeift, suchen manche eine Höhle auf, während andere Windmühlen bauen«. Großprojekte sind – unabhängig von den oft gigantischen Geldsummen, die sie verschlingen, und dem damit verbundenen Risiko – die Windmühlen, die die Menschheit baut, um die Welt besser zu verstehen. Hinter solchen Forschungsprojekten stehen immer Visionäre und Vordenker, die durch ihre Projekte Ideen lebendig werden lassen. Die Resultate von großen Forschungsprojekten mögen nicht immer in dem Umfang nutzbar zu machen sein, wie ursprünglich geplant, aber sie dienen vielen Nachfolgeprojekten als Grundlage, um im kleineren Maßstab die »Windmühlen« zu optimieren. Man könnte auch sagen, sie sind ein Sammelbecken für die Verschiebung des menschlichen Wissenshorizonts, für abgeleitete Innovationen und für neue Projektideen. ■



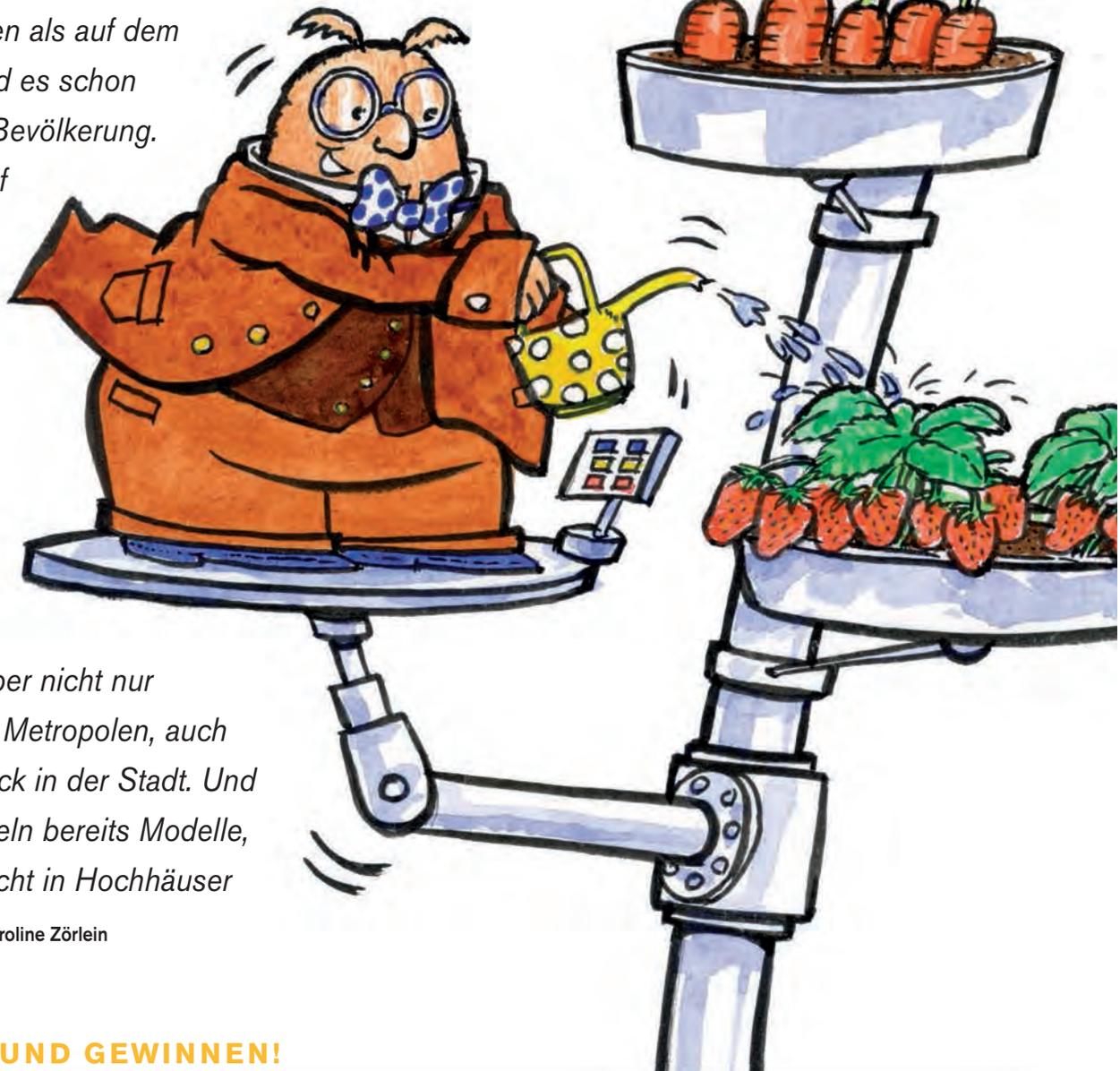
DER AUTOR

Joachim Sokol

ist als Global Account Manager in der zentralen Forschung und Entwicklung der Siemens AG tätig. Insbesondere beschäftigt er sich mit strategischen Projekten und Zukunftsszenarien im IT-Bereich.

Das Großstadt-Projekt

Zum ersten Mal in der Geschichte gibt es mehr Menschen in Städten als auf dem Land. In Deutschland sind es schon mehr als drei Viertel der Bevölkerung. Wenn viele Menschen auf engem Raum zusammenwohnen, gibt es viel zu organisieren: Es wird mehr Trinkwasser benötigt und auch mehr Abwasser muss gereinigt werden. Stadtplaner müssen überlegen, wo und wie viele Wohnhäuser gebraucht werden. Aber nicht nur Menschen zieht es in die Metropolen, auch die Tierwelt sucht ihr Glück in der Stadt. Und Zukunftsforscher entwickeln bereits Modelle, um Ackerbau und Viehzucht in Hochhäuser einziehen zu lassen. Von Caroline Zörlein



MALEN, ERZÄHLEN UND GEWINNEN!

Wie stellst du dir den Bauernhof der Zukunft vor? Lass deiner Fantasie freien Lauf und male ein Bild oder schreib eine kurze Geschichte.

Bild und/oder Geschichte schickst du bitte an:

Redaktion »MikroMakro«, Günderodestraße 24, 81827 München

Du kannst dein Bild auch einscannen und uns mailen an:

mikromakro@publishnet.de

Einsendeschluss ist der 15. November 2012.

Bitte schreibe uns auch dein Alter (!) und die Adresse.

Rätselaufklärung aus Kultur & Technik 3/2012

Wie entsteht natürliches Glas?

Antwort a: wenn Lava sehr schnell abkühlt

Mit welchem Verfahren werden heute Fensterscheiben hauptsächlich hergestellt?

Antwort b: Floatanlagen

Woher stammte im Mittelalter das edelste Glas

Antwort b: aus Venedig



Bauernhöfe im Hochhaus

Die Welt wächst rasant. Immer mehr Menschen leben auf der Erde – und wollen essen und satt werden. Das bereitet vielen Experten große Sorgen. Denn die Ackerflächen, auf denen Weizen, Reis und Co. angebaut werden können, lassen sich nur schwer ausdehnen. Wenn in 40 Jahren über neun Milliarden Menschen auf der Erde leben werden, sind schon heute Ideen gefragt, um die Ernährung zu sichern.

Wissenschaftler, Ingenieure und Architekten arbeiten bereits an der »Landwirtschaft von morgen«. Eine davon ist: Die Bauernhöfe werden stadttauglich – und ziehen ins Hochhaus. In Zukunft sollen hinter den Fenstern von Wolkenkratzern Salat, Tomaten oder Reispflanzen gedeihen. Die Gebäude erinnern an Science-Fiction-Filme: gläserne Pyramiden, lichtdurchflutete Türme und bauchige Gebäude. Auf jeder Etage wachsen verschiedenste Gemüse- und Obstsorten oder sprießen Reis- und Weizenkeimlinge. Selbst freilaufende Hühner und Wassertanks, in denen Garnelen und Fische gezüchtet werden, sollen in den senkrechten Farmen Platz finden. Ausgerüstet sind die Stadtfarmen mit umweltfreundlichen Windrädern und Solarzellen.

Der Vorteil der Treibhäuser im Etagenformat: Durch ihre Stadtnähe lassen sich Energie- und Transportkosten einsparen. Und auch innerhalb der Etagen-Bauernhöfe wird alles möglichst recycelt: Wasser fließt in geschlossenen Kreisläufen, Pflanzenabfälle dienen als Tierfutter, der Dünger stammt aus dem Stallmist des Kleinviehs. Die Pflanzen wurzeln in Steinwolle oder Kokosfasern, denn ohne Erde sind auch Schädlinge ein geringeres Problem. Die modernen Gewächshausanlagen sind abgekoppelt von Wetter- und Klimaschwankungen. Dadurch sind mehrere Ernten pro Jahr möglich, so dass die Stadtbewohner jederzeit frische Nahrungsmittel vom »Farmhochhaus« um die Ecke kaufen können.

Interview: Boomtown München

*Wenn immer mehr Menschen
in Städten wohnen wollen,
braucht man einen guten Plan.*

*MikroMakro sprach mit
Prof. Dr. Elisabeth Merk:
Sie ist Stadtbaurätin der
Landeshauptstadt München.*



Wie stark wächst München?

Derzeit leben 1,41 Millionen Einwohner hier. Seit 2006 sind 100 000 neue Bewohner hinzugekommen – und die Stadt wächst weiter. Wir rechnen damit, dass München bis 2030 auf rund 1,5 Millionen Einwohner angewachsen ist.

Welche Herausforderungen sind damit verbunden?

Mehr Menschen an einem Ort benötigen mehr Wohnungen, Arbeitsplätze, Schulen, Kindertagesstätten und Freizeitflächen. Auch der Verkehr nimmt zu. Uns ist es wichtig, dass alle eine Wohnung finden, die sie sich leisten können, und dass sie gerne in ihrem Viertel leben. Es muss Platz sein für Menschen aller Altersstufen und für

Familien. Je dichter die Menschen zusammenwohnen, desto öfter fühlen sie sich durch Lärm gestört. Deswegen war es bislang schwierig, Spielplätze in der Nähe von Wohnhäusern zu bauen. Nun hat uns ein Gerichtsurteil geholfen: Es besagt, dass Kinderlärm zum Wohnen dazugehört – und Spielplätze in die Nähe der Häuser. Das hilft uns sehr, denn wir möchten Stadtviertel für Jung und Alt.

Wie bereitet sich München auf Wachstum vor?

Wir müssen Flächen aussuchen und überlegen, wo gewohnt und gearbeitet wird oder wo Schule, Kindergarten oder Park hinkommen. Will man beispielsweise am Stadtrand bauen, muss man überlegen, wie die Menschen in die Stadt kommen. Dazu müssen wir eng mit den Nachbargemeinden zusammenarbeiten. Wie eine Stadt funktioniert, kann man in Mini-München (www.mini-muenchen.info) ausprobieren: Das ist eine Stadt der Kinder, in der es zum Teil wie in einer richtigen Stadt zugeht.

Wie schafft man es, dass sich keine »Ghettos« bilden, also eine gute soziale Mischung entsteht?

In jedem neuen Baugebiet achten wir darauf, dass es Wohnungen mit unterschiedlichen Mietpreisen gibt. In die sogenannten geförderten Wohnungen kann nur einziehen, wer wenig verdient. Der Stadt gehören zudem zwei Wohnungsbaugesellschaften, die Grundstücke bebauen.

Können die Münchner mitbestimmen, was mit ihrer Stadt passiert?

Mir ist wichtig, die Meinungen und Wünsche der Menschen zu kennen. Deshalb diskutieren wir alle neuen Planungen mit den Bewohnern. Jeder, der einen guten Einfall hat, sollte sich trauen, davon zu erzählen. Manchmal gibt es besondere Aktionen: Im Hasenberg und im Westend haben wir zusammen mit Mädchen aus dem Viertel einen Spielplatz gestaltet. Einmal im Jahr gibt es einen Schülerwettbewerb. Schulklassen aller Altersstufen sind gefragt, wie sie die Stadt und ihre Viertel in der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft sehen. Es gibt auch Kinderstadtpläne: Diese werden mit Kindern für Kinder erarbeitet. Dort finden sich die besten Flächen zum Ballspielen oder auch die größten Schokoladenläden.



In einer Großstadt wie München fällt eine ganze Menge Abwasser an: jede Sekunde 6000 Liter. Um das dreckige Wasser zu reinigen, gibt es Klärwerke. Was in den Waschstationen passiert, hat sich die zehnjährige Marlene Geigl genau angeschaut.

Wasser waschen



1



160 Milliarden Liter Abwasser fließen jedes Jahr in die Klärwerke. Franz Landes zeigt Marlene die erste Station: das Rechenhaus. Dort werden grobe Verunreinigungen herausgesiebt – jedes Jahr sind das 4000 Tonnen.



2

Nachdem das Abwasser die Sandfänge und das Vorklärbecken passiert hat, wo kleine Partikel und Schwebeteilchen entfernt werden, gelangt es in die Abwasserpumpanlage.

Für Marlene sieht das Wasser im Klärbecken schon ziemlich sauber aus. Das liegt daran, dass winzige Bakterien die Schadstoffe zersetzt haben.



3

Tiere im Großstadtschungel

Wildschweine in Berlin, Wanderfalken in Köln und Biber in München. Verkehrte Welt? Keineswegs. Nicht nur Menschen zieht es in die Metropolen, auch immer mehr Tiere bevorzugen das Stadtleben. Kein Wunder: Die Menschen werfen Essbares in die vielen offenen Abfalleimer, und volle Mülltonnen laden zum Beutezug ein. In Kassel müssen sie sogar abgeschlossen werden, weil schlaue Waschbären gelernt haben, Mülltonnen zu öffnen. Zudem gibt es weniger Fressfeinde, und auch an Rückzugsplätzen fehlt es nicht.



In Köln brüten die Wanderfalken, eigentlich Felsbewohner, heute in den luftigen Höhen des Doms. Und da im Berliner Umland verstärkt Mais – eine Lieblingsspeise der Tiere – angebaut wird, konnten sich Wildschweine in den letzten Jahren prächtig vermehren. Mittlerweile leben etwa 4000 bis 5000 Tiere dort. Auch Füchse fühlen sich in Städten heimisch: Es leben dort zehnmal so viele Tiere pro Quadratmeter wie in Wäldern und Kulturland. Und selbst Biber fühlen sich an der Isar nahe dem Deutschen Museum in München wohl. Einige Vögel haben sogar ihr Verhalten der Stadt angepasst: Kohlmeisen und Nachtigallen singen hier lauter und schriller, haben Vorkundler herausgefunden. Manche Rotkehlchen werden nachtaktiv, um den Kontakt mit Menschen zu vermeiden. Und Stare und Amseln zwitschern plötzlich Handymelodien. Auch für Bienen sind Städte ein guter Lebensraum geworden. Nahrung finden sie in den Parks, den Gärten, auf Friedhöfen und an vielen Balkonen. Ein weiterer Vorteil ist, dass in der Stadt niemand auf die Idee käme, Insektengift großflächig zu versprühen.



4

Die runden Klärbecken sind trichterförmig aufgebaut. Die Mikroorganismen bilden Flocken, sinken zu Boden und werden in den Faulbehälter (7) gepumpt.



5

Glücklicherweise ist einer der Faulbehälter bei Marlenes Besuch leer. Mit einer kleinen Gondel gelangt sie ins Innere.

Knapp 20 Meter geht es in die Tiefe. Normalerweise ist der Betonkoloss gefüllt mit fauligem Bakterien Schlamm. Etwa 60000 Badewannen passen hier herein.



6



7

Die Abwasserexperten erklären Marlene, dass Bakterien den Schlamm im Faulbehälter verarbeiten. Dabei entsteht unter anderem Methan.



8

Dieses Gas lässt sich abzapfen und wird im Klärwerk zur Energiegewinnung genutzt.

Auf Schatzsuche im Deutschen Museum

Das Geheimnis der Kirschkerne





Das Diorama zeigt, wie der Hadernstoff aufbereitet wird.

Die größte Erfindung der Papiermacherei ist versteckt in einem kleinen Holzkasten. Von Klaus Gertoberens

Unscheinbar sieht er aus, der kleine Holzkasten, der im Raum 2 der Ausstellung zur Papiertechnik an der Wand hängt. Kaum zu glauben, dass sich hierin die größte Erfindung der Papiermacherei verbirgt, auf der noch heute die Papierfabrikation beruht. Es ist der Holzschleifer, den Friedrich Gottlob Keller 1843 gebaut hat. Der Tüftler schuf damit die Grundlage zur industriellen und billigen Papierherstellung. Ohne den Holzschliff wäre die Entwicklung der polygrafischen Industrie und des modernen Zeitungswesens unvorstellbar.

Keller war 27 Jahre alt, als ihm 1843 die Kirschkerne von zwei Seiten angeschliffen, durchbohrt und die aufgeschnittenen ovalen Ringe miteinander zu langen Ketten verhakt. Dem erwachsenen Keller kam jetzt etwas in Erinnerung, was ihm noch nie wichtig erschienen war. Der dicke, weißliche Schleim tauchte vor seinem inneren Auge wieder auf, dieses Gemisch aus Kirschkerne- und Holzschliff und Wasser, das sich am nächsten Tag zusammengetrocknet als festes und biegsames Blatt von der Türschwelle ablösen ließ. Keller wurde plötzlich bewusst, dass die Kinder damals eigentlich eine Art Papier hergestellt hatten, ein Papier, das nur aus Schliff und Wasser bestand.

Dies rief Keller sich wieder ins Gedächtnis, als er davon hörte, dass die bis dahin übliche Methode zur Papierherstellung aus Textillumpen (Hadern) an ihre Grenze gestoßen sei. Es müsse, so wurde gemahnt, unbedingt ein neuer Papierrohstoff gefunden werden, um Zeitungen und Bücher herausgeben zu können. Gutenbergs Erfindung des Gusses beweglicher Einzelsettern und die von ihm gebauten Druckpressen hatten seit Mitte des 15. Jahrhunderts den Papiermachern große Absatzmöglichkeiten beschert. Und als Luther

Kirschkerne von zwei Seiten angeschliffen, durchbohrt und die aufgeschnittenen ovalen Ringe miteinander zu langen Ketten verhakt. Dem erwachsenen Keller kam jetzt etwas in Erinnerung, was ihm noch nie wichtig erschienen war. Der dicke, weißliche Schleim tauchte vor seinem inneren Auge wieder auf, dieses Gemisch aus Kirschkerne- und Holzschliff und Wasser, das sich am nächsten Tag zusammengetrocknet als festes und biegsames Blatt von der Türschwelle ablösen ließ. Keller wurde plötzlich bewusst, dass die Kinder damals eigentlich eine Art Papier hergestellt hatten, ein Papier, das nur aus Schliff und Wasser bestand.



Friedrich Gottlob Keller erfand die Technik, aus Holz Papier herzustellen.

Handschöpfen von Papier in der Neumühle bei Haynsburg.



1534 die Bibel ins Deutsche übersetzte, provozierte er damit Gegner und Befürworter, sich mit seinen Thesen auf Flugblättern und Fehdeschriften auseinanderzusetzen. Das Papier begann Mittler und Träger der Gedanken zu werden, welche die Menschen bewegten. Papier macht Information für viele greifbar und Bildung zum Allgemeingut, eine Grundbedingung für die Demokratie. Der freie Austausch von Meinungen beruht auf Papier, heißt es am Eingang zur Papieraustellung.

Ein Erfinder ohne kaufmännisches Geschick

Daran wird Keller sicher nicht gedacht haben, als er sich daran machte, seine Drehbank umzubauen. Er klemmte ein Stück Holz an einen Schleifstein und schliff es unter Zugabe von Wasser ab. Beim Trocknen der milchigen Tropfen blieben feine Papierblättchen zurück. Aus der »Holzschliffbrühe«, die dabei entstand, schöpfte er ein Papier.

Kellers Verfahren, für das er ein Jahr später ein Patent bekam, bedeutete den langersehnten Durchbruch bei der Papierherstellung. Am 11. Oktober 1845 wurde die erste Zeitung auf »Keller-Papier« gedruckt – die Nummer 41 des *Intelligenz- und Wochenblattes für Frankenberg mit Sachsenburg und Umgebung*. Dies war zugleich der weltweit erste Druck auf Holzschliffpapier.

Kellers Plan, in Kühnhaide bei Marienberg im Erzgebirge eine eigene Papiermühle zu betreiben, scheiterte. Es fehlte ihm an kaufmännischem Geschick, auch an Fachkenntnissen. Vor allem hatte er nicht genug Geld für die nötigen Investitionen. Als seine Mühle zu allem Überfluss durch ein Hochwasser zerstört wurde, war er ruiniert. Hochverschuldet sah er sich 1851 gezwungen, sein Patent dem Heidenheimer Papierfabrikanten Heinrich Voelter zu überlassen. Dieser war zu der Zeit technischer Direktor der Vereinigten Fischerschen Papierfabriken im ostsächsischen Bautzen. Er entwickelte das Keller'sche Holzschliffverfahren weiter, führte es in die Praxis ein und brachte es durch die Entwicklung von Hilfsmaschinen zur großtechnischen Nutzung. Nach der Präsentation einer vollständigen Holzschleiferei auf der Weltausstellung in Paris 1867 gelangte die Holzschlifferei allgemein zur Anwendung. Das Verfahren setzte sich industriell durch.

Keller war Tüftler und kein Kaufmann. Zeitlebens plagten ihn Geldsorgen. Er wurde 1816 im mittelsächsischen Haini-



Lumpenhacker aus einer alten Papiermühle.

chen als Sohn eines Weber- und Blattbindermeisters geboren, der in Heimarbeit Tuche herstellte. Er war das einzige von zehn Kindern, welches das Erwachsenenalter erreichte. Bei seinem Vater erlernte er dessen Beruf und half ihm dann hauptsächlich als Blattbinder, indem er Webblätter zum Führen der Kettfäden und zum Anschlagen des Schussfadens herstellte. Der Besuch einer Gewerbeschule war finanziell un-

möglich. So bildete er sich durch Lesen technischer Schriften weiter und bastelte an verschiedenen »Erfindungen«, um seine materielle Lage zu verbessern.

Auch als Keller 1853 nach Krippen in der Sächsischen Schweiz nur wenige Kilometer vor der Grenze nach Böhmen umzog, um hier als Mechaniker zu arbeiten, war er finanziell am Boden. Das Holzschliffpatent hatte ihm nichts eingebracht. Während auf der ganzen Welt Maschinen nach dem von ihm erfundenen Prinzip arbeiteten, produzierte er ständig neue Ideen, die ihm jedoch nichts einbrachten. Die Truhe, in der er all seine Zeichnungen aufbewahrte, füllte er mit immer neuen Entwürfen, zum Beispiel für eine neuartige Ackerwalze, eine Fräsmaschine für Knöpfe, einen Bleistiftspitzer, ein Schiffsschaukelrad, eine Messkluppe zur Feststellung des Durchmessers von Baumstämmen und einen künstlichen Blutegel. Einige seiner Ideen sind in seinem ehemaligen Wohnhaus in Krippen, das zu einem Museum umgestaltet worden ist, zu sehen.

Die Kunst des Papierschöpfens

Erst als 1892 nach einem Aufruf der Illustrierten *Die Gartenlaube* Geld für ihn gesammelt wurde, konnte er seine Schulden bezahlen. Doch bereits drei Jahre später starb er. Der Aufruf hatte aber bewirkt, dass die Verdienste Kellers stärker ins Blickfeld der Öffentlichkeit rückten, so dass er noch im Alter geehrt und ausgezeichnet wurde. So verleiht der Akademische Papieringenieurverein an der Technischen Universität Dresden die Friedrich-Gottlob-Keller-Medaille für herausragende wissenschaftliche, technische oder industrielle Leistungen auf dem Gebiet der Papiertechnik.

Heute sind riesige Papiermaschinen mit immer neuen Rekordgeschwindigkeiten für Massenerzeugnisse, wie etwa Zeitungsdruckpapier, im Einsatz. Vergessen die Zeit, als um die Wende des 18./19. Jahrhunderts Papiermacher noch »kunst-erfahrene«, oft auch bestaunte Männer waren, die mit der Geschicklichkeit ihrer Hände Papierbögen aus der Bütte schöpften.

Die Mitarbeiter des Deutschen Museums schaffen es, ein wenig dieser Zeit zurückzuholen. Täglich um 10.30 Uhr weist einer von ihnen in die Fertigkeit des Papierschöpfens ein. Dabei füllt er den Papierbrei in einen großen Trog. Die eigentliche »Kunst« des Papiermachens besteht nun darin, mit



Täglich um 10.30 Uhr kann man im Deutschen Museum zusehen, wie Papier entsteht.



DER AUTOR

Klaus Gertoberens war u. a. Wirtschaftsredakteur der Süddeutschen Zeitung und ist heute als Lektor und Publizist tätig.

einer Form immer dieselbe Menge Papierbrei zu schöpfen. Dieser wird durch starkes Hin- und Herschütteln derart verteilt, dass er überall in gleicher Dicke aufliegt und zu einer glatten Schicht verfilzt.

Dieser Papierbogen wird auf ein Filzstück gedrückt, »ge-gautscht«, wie man diesen Vorgang früher nannte. Sind genügend Papierbögen zwischen Filzstücken gestapelt, wird dieser Block unter eine Presse geschoben, und das überflüssige Wasser wird herausgedrückt. Dann werden die einzelnen Bögen zum Trocknen wie Wäsche auf die Leine gehängt.

Jeder Bundesbürger verbraucht etwa 230 Kilogramm Papier im Jahr. Nicht vorstellbar ohne die Keller'sche Erfindung. ■■



Es muss nicht immer Leonardo sein

Albrecht Dürer, die Kunst und die Technik. Von Lothar Schmitt

Sieh zu, dass der Deutsche den Ellipsenzirkel macht!« – Diese Notiz schrieb sich Leonardo da Vinci um 1515 auf einen Zettel. Der kurze Vermerk sagt viel über den Künstler aus, der heute wegen seiner ausgeprägten Doppelbegabung zugleich als begnadeter Maler und technischer Visionär der Renaissance bewundert wird. Die Notiz zeigt, dass Leonardo kein weltferner Einzelgänger war, sondern Mitarbeiter zur Hand hatte, wenn es darum ging, seine Ideen in die Tat umzusetzen. Und sie zeigt, dass Spezialisten wie der ungenannte Deutsche, dem Leonardo Aufträge gab, international gefragte Fachkräfte waren.

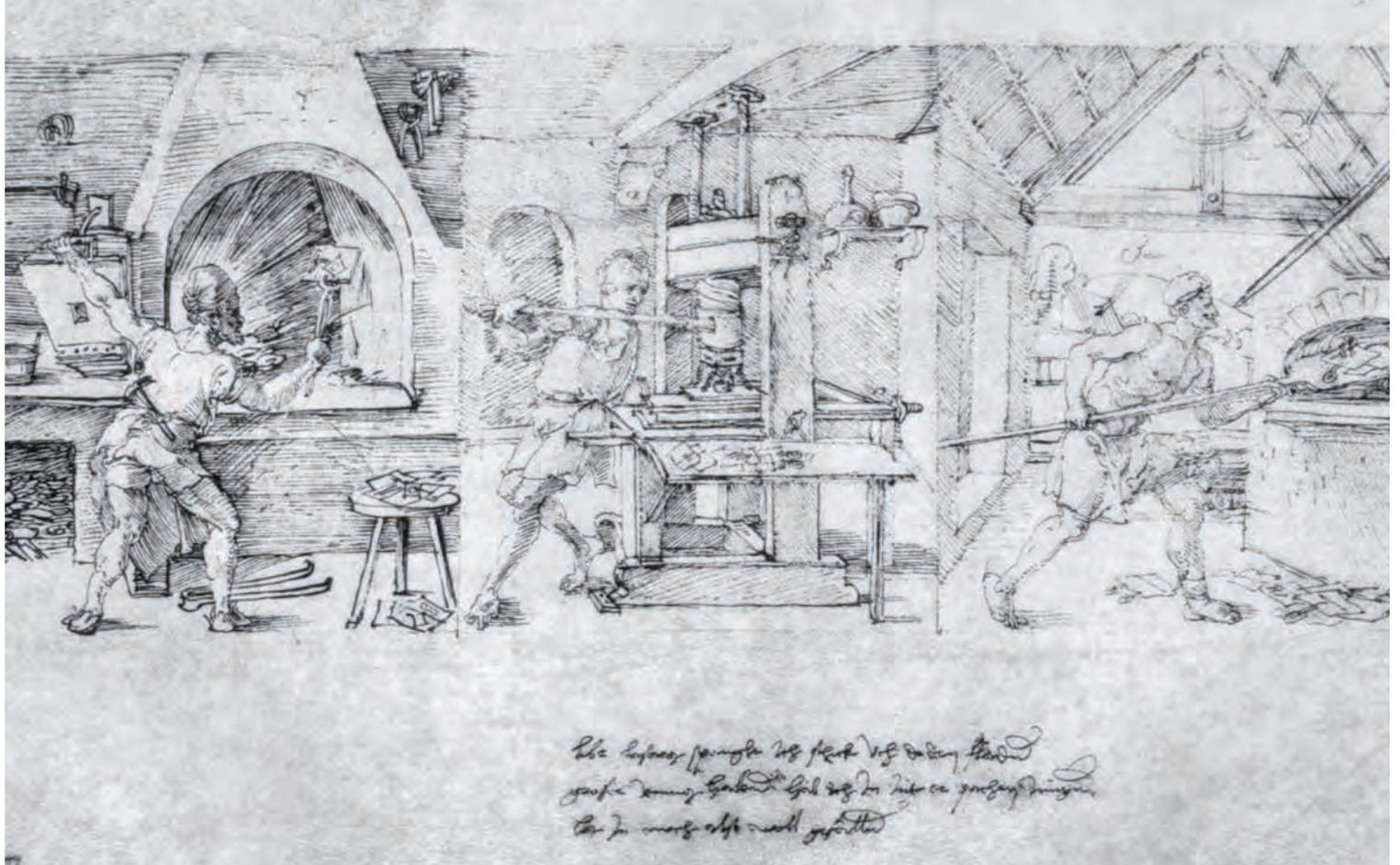
Das brachte – auch damals schon – Probleme mit sich: Über einen anderen deutschen Techniker an Leonardos Seite, einen gewissen »Jacopo Tedesco«, gab es Beschwerden: Er hätte Mühe mit der italienischen Sprache, verlangte mehr Lohn, arbeitete auf fremde Rechnung und dergleichen mehr. Aber Leonardos Klage über »Jakob den Deutschen« legt zugleich nahe, dass dieser Handwerker so selbstbewusst auftrat, weil sein Können geschätzt wurde.

Technisch versierte Fachkräfte wie diejenigen, mit denen Leonardo zusammenarbeitete, hatten ihre Erfahrungen vielfach in solchen Städten gesammelt, in denen erfolgreiche Gewerbe für den weltweiten Export produzierten, seien es nun

hochwertige Luxuswaren oder preisgünstige Massenartikel. Und in einem der geschäftigsten Zentren Europas hat ein anderer Zeitgenosse ganz nach Art von Leonardo der Kunst eine neue Richtung gegeben – Albrecht Dürer aus Nürnberg.

Technik war zu Dürers Lebzeiten in Nürnberg sehr gegenwärtig. Am Stadtrand zum Beispiel lag am Nordufer der Pegnitz die Großweidenmühle, in der damals mit Wasserkraft Draht hergestellt wurde. Als Albrecht Dürer 1471 geboren wurde, war Nürnberg durch den Betrieb solcher Mühlen bereits seit Jahrzehnten ein wichtiges Zentrum der Drahtherstellung. Mit gut 20 Jahren hat der Künstler dies in einer getreuen Ansicht erfasst, die in Aquarell- und Deckfarben ausgeführt ist (Abb. 1). Das Blatt, das sich heute als eines von Dürers eindrucklichsten Frühwerken im Berliner Kupferstichkabinett befindet, zeigt weitere Mühlen, die auf der anderen Seite des Flusses liegen. Dürer hat das Bild zwar passend »trotzich müll« (Drahtziehmühle) beschriftet, doch ist die industrielle Prägung des Ortes kaum erkennbar. Nicht vom Ufer her oder vom neu errichteten Steg aus, von wo es möglich gewesen wäre, die Wasserräder zu sehen, richtet er seinen Blick auf die Gebäude. Stattdessen schaut er von der Hofseite, wo nur ein Mühlstein die technische Funktion der Bauten andeutet, über die ehemalige Deutschherrenbleiche

Mit gut 20 Jahren hielt Dürer diese Ansicht einer Nürnberger Drahtziehmühle fest. Der so beschaulich wirkende Ort am Stadtrand ist also ein früher Industriebetrieb. (Abb. 1)



Die Faszination des Druckhandwerks hielt Dürer 1511 in einer Zeichnung fest (Abb. 2)

stadtauswärts in Richtung Schwabach. Als Kontrast zur Arbeitssphäre der Mühlen ragt im Vordergrund von links her die Gegenwelt zur Nürnberger Industrie ins Bild. Es ist das ummauerte Gelände der Hallerwiese, eine erste Form von öffentlichem Erholungsraum, den der Nürnberger Rat den Einwohnern der Stadt zur allgemeinen Nutzung überlassen hatte. Hier verbrachten sie an schönen Tagen ihre Zeit. Doch illustriert gerade die Nachbarschaft von technischer Produktionsstätte und idyllischem Freizeitvergnügen den Facettenreichtum einer der größten Metropolen im Europa des Spätmittelalters, in der sich das ganze urbane Leben dicht beieinander vollzieht.

Aber nicht nur am Ort, sondern mehr noch im beruflichen Alltag prägte Technik in vielfältiger Weise das Nürnberger Handwerkermilieu, dem Dürer entstammte. Das zeigt ein aufschlussreiches Beispiel: In Nürnberg wurden während des späten 15. Jahrhunderts Zimmerbrunnen in größerer Stückzahl hergestellt. Diese Brunnen verwendete man unter anderem als Tischdekoration bei festlichen Banketten. Offenbar verfügten die örtlichen Schmiede über besondere Fertigkeiten in der Herstellung solcher pneumatischer Geräte. Die entsprechenden Spuren weisen in Dürers persönliches Umfeld, denn sein Schwiegervater, der Rotschmied Hans Frey, war mit der Konstruktion solcher Apparate offenbar besonders eng vertraut. Das berichtet der frühe Chronist der Nürnberger Kunstgeschichte, Johann Neudörffer.

Die technischen Voraussetzungen beherrschte man in Nürnberg wohl deshalb besser als andernorts, weil hier der Mathematiker Johannes Regiomontanus über eine Abschrift des antiken Traktats verfügte, den Heron aus Alexandria im 1. Jahrhundert nach Christus verfasst hatte und in dem eine

Reihe pneumatischer Maschinen beschrieben werden, darunter auch der nach ihm benannte Heronsbrunnen. Die Handschrift verblieb in Nürnberg, nachdem Regiomontan 1475 starb, und gelangte in die Bibliothek des gelehrten Patriziers Willibald Pirckheimer, mit dem Albrecht Dürer eng befreundet war.

Einige gezeichnete Entwürfe, die als mutmaßliche Arbeiten Hans Freys gelten, werden heute in Erlangen aufbewahrt. Aber es gibt auch vergleichbare eigenhändige Zeichnungen Albrecht Dürers, die er in den Jahren um 1500 für seinen Schwiegervater geschaffen haben könnte. Ein solcher Brunnenentwurf, der besonders groß ist und aufwendig koloriert wurde, befindet sich heute im British Museum in London (Abb. 3).



Den aufwendig kolorierten Brunnen hat Dürer möglicherweise für seinen Schwiegervater entworfen. (Abb. 3)

An einem Ort, an dem selbst im Familienkreis technisches Wissen eine so große Rolle spielte, fand Albrecht Dürer also genügend Anregungen, den Wert innovativer Arbeitsweisen zu erkennen und für sich zu nutzen. Deshalb gehört der Künstler zu den ersten, die der mechanischen Vervielfältigung von Bildern ihre volle Aufmerksamkeit geschenkt haben. Das technische Können der Buchdrucker, deren »Neue Kunst« zu Dürers Geburt gerade einmal dreißig Jahre existierte, war ebenso bewundernswert wie ihr unternehmerischer Wagemut. Gern wird darauf verwiesen, dass der erfolgreiche Verleger Anton Koberger ein Taufpate Dürers war. Aber diese biografische Verbindung ist nur eine von vielen Gründen, warum der Künstler sich für das Druckergewerbe interessierte. Das besondere Leistungsmerkmal, Texte mit nie dagewesener Geschwindigkeit zu produzieren, hat Dürer 1511 in einer Zeichnung festgehalten, die zu den frühesten präzisen Darstellungen einer Druckerpresse zählt (Abb. 2).

Dürer fertigte zahlreiche Zeichnungen von Ritterrüstungen. Sogar der Kaiser gehörte zu seinen Auftraggebern. Diese farbige Studie eines Turnierhelms wird im Louvre in Paris aufbewahrt. (Abb. 4)

Seit den ersten Jahren seiner Selbstständigkeit war der Druck von Holzschnitten und Kupferstichen ein äußerst wichtiges Standbein seiner unternehmerischen Karriere. Denn mit der technischen Neuerung ging auch ein wirtschaftliches Umdenken einher: Die individuelle Anfertigung traditioneller Gemälde wurde vielfach vertraglich geregelt. Das bescherte ein gesichertes Einkommen, doch war auch die Verdienstspanne fest umrissen. Anders in der Druckgrafik: Hier konnte der Künstler selbst entscheiden, welche Bilder er herstellte und zu welchem Preis er sie verkaufte. Wer in diesem neuen Geschäftsmodell kluge Entscheidungen traf, konnte gutes Geld verdienen. Während seines ganzen Lebens hat Dürer deshalb attraktive Bilder von höchster handwerklicher Qualität geschaffen. Dafür hat er mit allen verfügbaren Druckverfahren experimentiert und mehrere Vermarktungsstrategien erprobt. So erwarb er sich einzigartige Fachkenntnisse und unternehmerische Expertise. Die Verbindung von Kunst und Technik war also der Schlüssel zu Dürers Erfolg.

Genauer Beobachter technischer Neuerung

Als Künstler, der aktiv an der Mechanisierung seines eigenen Berufszweiges mitgewirkt hat, beobachtete er auch andere Bereiche der Technik aufmerksam. Ein solcher Bereich war das Waffenh Handwerk. Dort vollzogen sich an der Wende vom Mittelalter zur Neuzeit gravierende Wandlungen. Vorangetrieben wurden sie durch Spezialisten, Büchsenmeister genannt, von denen einige ihr Fachwissen in Aufzeichnungen dokumentiert haben. Eine solche Handschrift, die sich im Deutschen Museum befindet, stammt von Johannes Formschneider aus Nürnberg und wurde etwa zur selben Zeit verfasst, als Albrecht Dürer zur Welt kam. Auch der »Hausbuchmeister«, ein Künstler, dessen Werke Dürer sehr wahrscheinlich kannte, hat zusammen mit anderen Zeichnern an der Illustration eines solchen Manuskripts mitgewirkt. Nach dieser Handschrift, dem sogenannten *Mittelalterlichen Hausbuch*, das sich jahrhundertlang auf Schloss Wolfegg in Oberschwaben befand, wurde der anonyme Zeichner benannt.

Waffentechnik und die Experten, die das Metier beherrschten, waren gefragt. Kaiser Maximilian I. und die zeitgenössischen Herrscher betrachteten Jagd, Turnier und Schlacht als Formen der fürstlichen Bewährung in Frieden



DER AUTOR

Dr. Lothar Schmitt ist am Lehrstuhl für Kunst- und Architekturgeschichte der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich tätig. Er war externer Projektmitarbeiter der Ausstellung »Der frühe Dürer«, die 2012 im Germanischen Nationalmuseum gezeigt wurde.

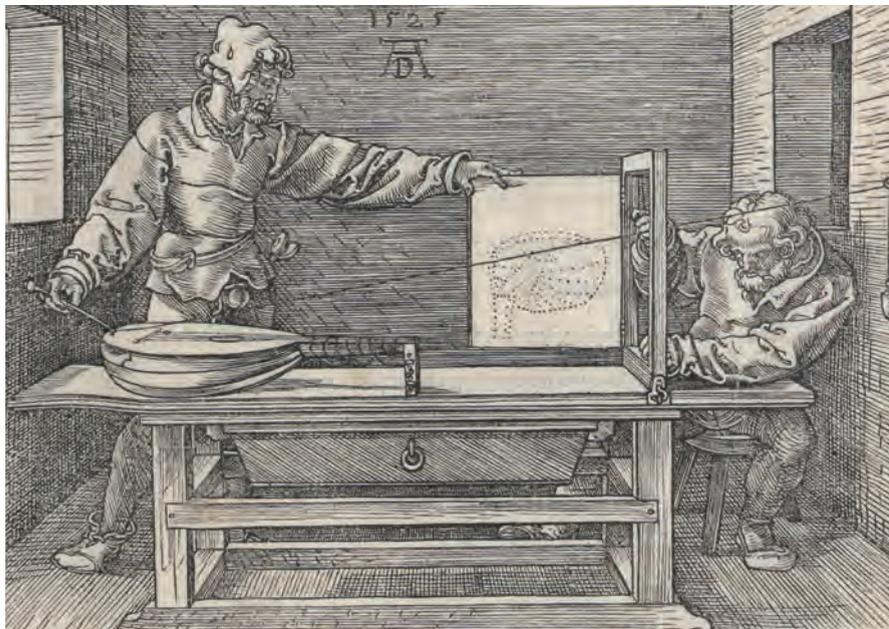
und Krieg. Dem traditionellen Ritterwesen vergangener Zeiten, das weiterhin geschätzt wurde, gehören die Rüstungen an, die Dürer schon früh zeichnete und später sogar für den Kaiser entwarf. Beispiele sind die dreiteilige farbige Studie eines Turnierhelms im Louvre (Abb. 4) oder mehrere Zeichnungen mit Rüstungsstücken in Wien, Berlin und New York, die Dürer vielleicht zu einem Auftrag beisteuerte, den ein renommierter Augsburger Plattner von Maximilian I. erhalten hatte.

Wissenschaftliche Studien

Aber auch die Ankunft einer neuen Art von Waffen, gegen die ritterliche Kampfestugend nichts mehr ausrichten konnte, hat Dürer wahrgenommen. Ja, er hat sie zum Bestandteil eines seiner ungewöhnlichsten Werke gemacht. Die »Große Kanone« (Abb. 5), eine der frühen Druckgrafiken in der Technik der Eisenradierung, die Dürer erprobte, zeigt eine fränkische Landschaft im Norden Nürnbergs, in der eine von Landsknechten begleitete Feldschlange über einen holprigen Pfad bergauf transportiert wird. Am rechten Bildrand steht ein Orientale, der in Begleitung anderer exotisch gewandeter Männer die Szene betrachtet. »Hauptdarsteller« ist jedoch das Geschütz selbst, das sich um eine enge Kurve zu



Als eines der ungewöhnlichsten Werke Dürers gilt »Die große Kanone«. Um das Geschütz gruppieren sich exotisch gekleidete Männer, die das Geschehen betrachten. (Abb. 5)



Die Illustration in dem Buch *Unterweisung der Messung* zeigt einen Apparat, mit dessen Hilfe ein Gegenstand exakt auf eine Bildfläche übertragen werden kann. (Abb. 6)



Ein anderes Gerät soll dem Maler die Projektion räumlicher Gebilde auf einer Fläche erleichtern. (Abb. 7)

winden scheint und in hoher Dynamik vom linken Bildrand überschritten wird. Steine hinter den Rädern der Lafette verhindern, dass sie bergab rollt.

Für die neue technische Kriegführung mit Feuerwaffen, die in der Radierung der »Großen Kanone« bereits zum militärischen Alltag gehörten, gab es neue Formen der Verteidigung, die Dürer auch theoretisch beschäftigten. Denn 1527, ein Jahr vor seinem Tod, hat er unter dem Titel *Etliche Underricht zu Befestigung der Stett, Schloz vnd Flecken* eine erste Befestigungslehre in deutscher Sprache veröffentlicht, die er dem Enkel Maximilians, Erzherzog Ferdinand, widmete – eine kluge Wahl: Da Ferdinand nämlich damals seit kurzem auch Böhmen und Ungarn regierte und sein dortiger Amtsvorgänger im Kampf gegen das osmanische Heer Sultan Süleymans I. gefallen war, wird dem Herrscher der Wert einer guten Verteidigung nur allzu bewusst gewesen sein.

Während Dürers Fortifikationslehre einem Sonderbereich seiner technischen Studien angehört, ging sein entscheidender Beitrag zur Fachprosa der Frühen Neuzeit von den Untersuchungen aus, die er der wissenschaftlichen Grundlegung der Kunst widmete. Dazu gehören die kurz nach seinem Tod veröffentlichten *Vier Bücher von menschlicher Proportion* und die drei Jahre zuvor erschienene *Unterweisung der Messung*,

Die *Unterweisung* ist dabei von besonderem Interesse, weil sie in einer Tradition von Traktaten zur darstellenden Geometrie steht, die weit vor Dürer einsetzt, von ihm aber für die Ausbildung von Künstlern angepasst wurde. Das gilt insbesondere für das letzte Kapitel, in dem sich Dürer der perspektivischen Darstellung von Objekten widmet. Dass er dabei »anwendungsbezogene Forschung« verfolgte, verdeutlichen die Zeichenapparate, deren Bau- und Funktionsweise am Ende des Buchs erläutert wird. Nach Abschluss der theoretischen Einführung in die Grundlagen der Projektion räumlicher Gebilde auf eine Fläche illustrieren diese Apparate den Wert der zuvor entwickelten Kenntnisse für die berufliche Praxis des Malers. Da ist zum einen ein durchaus praktischer Tisch, bei dem ein Zeichner sein Motiv durch ein Visier fixiert und mit einem Pinsel auf einer Glasscheibe nachzeichnet (Abb. 7). Leonardo da Vinci hat eine ganz ähnliche Vorrichtung skizziert.

Mit einem zweiten Apparat (Abb. 6) verfolgt Dürer jedoch ein anderes Ziel: Hier wird ein Faden durch eine in der Wand befestigte Öse mit einem Zeiger zu beliebigen Punkten eines darzustellenden Gegenstandes geführt. In einem Rahmen wird die Stelle markiert, an der der vom Zeiger zur Öse gespannte Faden die weggeklappte Bildfläche durchdringt. Mit diesem Gerät kann zwar Punkt für Punkt ein Abbild des darzustellenden Gegenstandes auf eine Bildfläche übertragen werden, doch ist das Verfahren im Künstleralltag viel zu zeitaufwendig. Was Dürer hier jedoch entwickelt hat, ist eine überzeugende Versuchsanordnung, mit der die Prinzipien der perspektivischen Verkürzung demonstriert werden können: Der vom Zeiger zur Wand gespannte Faden bildet den Sehstrahl ab; die Öse in der Wand übernimmt die Funktion des Auges. Der Klapprahmen entspricht der Projektionsfläche der Abbildung.

Kein Werkzeug also hat Dürer hier erdacht, sondern ein Experiment – mehr Forscherdrang kann man selbst von einem Renaissancekünstler nicht erwarten. Spätestens hier wird klar, wie sehr Albrecht Dürer daran gelegen war, mit wissenschaftlichen und technischen Mitteln eine neue Legitimationsbasis für die bildenden Künste zu schaffen. Und in dieser Hinsicht stehen seine Intentionen denen Leonardos in nichts nach. ■■

Die Welt als Kugel



Die historische Bedeutung der Globussegmentkarte von Martin Waldseemüller.

Von Georg Jochum

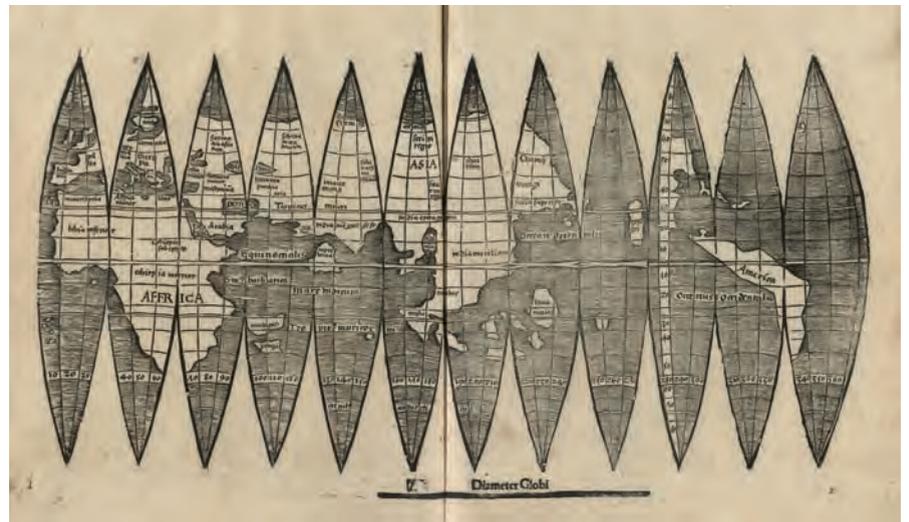
Am 4. Juli dieses Jahres berichteten die Medien vom »Sensationsfund« einer Bibliothekarin in den Archiven der Universitätsbibliothek München. Bei routinemäßig durchgeführten Arbeiten zur Aktualisierung des Katalogs entdeckte sie in einem Bibliothekseinband aus dem 19. Jahrhundert eine zwischen zwei Drucken zur Geometrie verborgene kleine Globussegmentkarte. Nach Internetrecherchen erkannte sie zu ihrer freudigen Überraschung, dass es sich um das 500 Jahre alte Werk des Kartographen Martin Waldseemüller handelte.

Aus dem Druck, auf dem die »Welt als Bastelbogen« in zwölf lamellenartigen Segmenten dargestellt ist, kann ein Globus von etwa elf Zentimeter Durchmesser fabriziert werden. Nur vier erhaltene Exemplare waren bisher bekannt. Ein Exemplar befindet sich im Besitz der Bayerischen Staatsbibliothek und damit in unmittelbarer Nähe zur neu gefundenen Karte. Ein weiteres Exemplar war erst 2005 für mehr als 800 000 Euro in London versteigert worden. Die Karte der Universitätsbibliothek weist leichte Abweichungen auf und kann als Unikat angesehen werden (siehe Abb. 1).

Durch den Fund wurde die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit erneut auf ein Werk gelenkt, das bereits vor fünf Jahren zur 500-Jahr-Feier der Erstveröffentlichung des Drucks im Rampenlicht stand. Mit der Publikation einer Weltkarte und einer Globussegmentkarte, auf denen erstmals der Name America erscheint, sowie eines einführenden und erläuternden Textes – zusammen auch als der »dreiteilige Taufschein Amerikas« bezeichnet – war 1507 die Neue Welt erstmals als ein von den bekannten drei Kontinenten der Alten Welt unabhängiger vierter Erdteil dargestellt und als Amerika benannt worden.

Der dreifache Taufschein Amerikas

Dieses »Medienpaket« [sic!] war das gemeinschaftliche Produkt von Mitgliedern des humanistischen Gelehrtenzirkels



Ein wertvoller Fund in der Bibliothek der Ludwig-Maximilians-Universität München elektrisierte im Sommer 2012 die Fachwelt. Eine Bibliothekarin hatte ein Exemplar der Globussegmentkarte von Martin Waldseemüller von 1507 entdeckt. Damit sind jetzt weltweit fünf erhaltene Exemplare bekannt (Abb. 1, oben).

»Gymnasium Vosagense«, der sich, gefördert von Herzog René II. von Lothringen (1473–1508), in der lothringischen Bischofsstadt Saint-Dié-des-Vosges versammelt hatte. Die für damalige Verhältnisse große Auflage von 1000 Stück sollte wesentlich zum Wandel des Weltbildes in der Frühen Neuzeit beitragen.

Globus und Weltkarte waren das Werk des bei Freiburg im Breisgau geborenen Martin Waldseemüller (ca. 1470–1520). Der einleitende Text, die »Cosmographiae introductio«, wurde vermutlich von Matthias Ringmann (1482–1511), einem Mitglied des Gelehrtenzirkels, verfasst. Dem Text beigefügt waren die Briefe des Amerigo Vespucci über seine vier Reisen in die Neue Welt, die von Jean Basin, einem weiteren Mitglied des Kreises, vom Italienischen ins Lateinische übersetzt wurden. Der prominenteste und eindrucksvollste Bestandteil des »dreifachen Taufscheins Amerikas« ist zweifelsohne die große Weltkarte, die von zwölf im Holzschnittverfahren hergestellten Stöcken gedruckt wurde und nahezu drei Quadratmeter (228 x 125 cm) umfasste. Nur ein Exemplar dieser Karte, welches im Jahre 1901 von einem Jesuitenpater in der fürstlichen Bibliothek von Schloss Wolfegg wiederentdeckt wurde, ist erhalten geblieben.

Die Washingtoner Kongressbibliothek erwarb diese Karte 2001 zu einem Kaufpreis von zehn Millionen Dollar. Vorausgegangen waren lange Verhandlungen. Um das Werk für den Export freizugeben, war eine Sondergenehmigung notwen-

Die auf einen Stein geritzte babylonische Weltkarte (600 v. Chr.) zeigt die Welt mit Babylon im Zentrum, kreisförmig umgeben vom Ozean (Abb. 2).



dig. In einem feierlichen Akt schloss Kanzlerin Angela Merkel im Mai 2007 den Übergabeprozess in der Library of Congress offiziell ab. Dabei wurde die Karte erstmals wieder der Öffentlichkeit präsentiert. Eine Nachbildung in Originalgröße ist – zusammen mit den anderen Bestandteilen des »Taufscheins« – in einer neu gestalteten Vitrine in der Abteilung Schifffahrt des Deutschen Museums zu besichtigen.

Bei den Feierlichkeiten im Jahre 2007 galt das Augenmerk primär dieser Weltkarte. Damit trat allerdings zu Unrecht die Relevanz der anderen Bestandteile des Medienpakets in den Hintergrund. Dass nun durch den Fund der Münchner Bibliothekarin der kleinere und unscheinbarere Globus ins Blickfeld rückt, ist zu begrüßen. Denn hierdurch ist es möglich, die bis heute nur unzureichend reflektierte Bedeutung der Weltkugel Waldseemüllers zu würdigen.

Die Weltkugel des Martin Waldseemüller

Im Gegensatz zu dem farbenprächtigeren und größeren Behaim-Globus von 1492 ist die Weltkugel Waldseemüllers in der Öffentlichkeit wenig bekannt. Deren Bedeutung wird diese Einschätzung nicht gerecht, denn es handelt sich um die erste Amerika einschließende Darstellung der Erdkugel, wie sie für die moderne Vorstellung vom Planeten typisch werden sollte – die Hinzufügung Australiens und anderer neuer Gebiete in späterer Zeit stellten nur mehr Modifikationen dar. Eine Reproduktion der Globensegmentkarte und des daraus gefertigten Globus ist in der Abteilung Geodäsie des Deutschen Museums ausgestellt.

Das nun an der Münchner Universität neu entdeckte Exemplar weist gegenüber den vier bisher bekannten Exemplaren einige Abweichungen auf. Calicut an der indischen Malabarküste befindet sich nicht im vierten, sondern im fünften Kartensegment, und Madagaskar wurde verkleinert dargestellt. Offenkundig wurden hier bewusst Korrekturen vorgenommen. Auch sind einige Schraffuren und Buchstaben anders gestaltet und die Einfassungen der oberen Lamelhälften weniger markant gezeichnet. Dem Wasserzeichen im Papier nach lässt sich dem Leiter der Abteilung Altes Buch in der Universitätsbibliothek München, Sven Kuttner, zufolge vermuten, dass das Münchner Exemplar einige Zeit nach dem Erstdruck von 1507 im elsässischen Raum entstanden sein dürfte.



(Abb. 3) 1509 wurde eine zweite Edition der Globus-segmentkarte von Martin Waldseemüller veröffentlicht. Mitgeliefert wurde eine erklärende Schrift in einer lateinischen Version: *Globus Mundi* und in einer deutschen Fassung *Der Welt Kugel*. Die deutsche Version war auch als Lehrmaterial für das aufstrebende Bürgertum gedacht.

Endgültige Klarheit können nur nähere Untersuchungen geben. Die aktuellen Recherchen deuten auf eine Verbindung der Karte mit einer Straßburger Edition der »*Cosmographiae introductio*« aus dem Jahre 1509 hin. Auch eine Zugehörigkeit zu einem späteren Nachdruck aus dem Jahre 1515/16 ist nicht auszuschließen. Der Edition von 1509 war eine erklärende Schrift beigelegt, die in einer lateinischen Fassung mit dem Titel *Globus Mundi* sowie in einer deutschen Übersetzung unter der Bezeichnung *Der Welt Kugel* herausgegeben wurde. Diese Texte liefern interessante Aufschlüsse über die Bedeutung des neuen Erdglobus in der damaligen Zeit.

Insbesondere in der deutschen Ausgabe, die nicht nur an den Adel und die des Lateinischen mächtige Wissenschaftsgemeinde gerichtet, sondern für das Volk bzw. insbesondere die aufstrebende bürgerliche Kaufmannsschicht bestimmt war, wird das Werk in populärer Sprache angepriesen: »Der Welt Kugel – Beschreibung der Welt und des ganzen Erdreichs hier dargestellt und verglichen mit einer runden Kugel, die eigens hier zugehörig gemacht wurde, worin der Kaufmann und ein jeder sehen und merken kann, wie die Menschen unterhalb uns gegenüber wohnen und wie die Sonne umgeht, hierin beschrieben mit vielen seltsamen Dingen.«

Mit der zugehörigen Kugel ist aller Wahrscheinlichkeit nach eine Segmentkarte des Erdglobus gemeint. Damit wurde dem Leser das kugelförmige Weltmodell plastisch vor Augen geführt (Abb. 3). Während der berühmtere Behaim-Globus von 1492 noch einer ungesicherten Hypothese visuelle Plausibilität verleihen sollte, so stellt nun Waldseemüller das neue, Amerika als Kontinent einschließende Bild von dem Erdglobus als gleichsam gesicherte Tatsache dar.

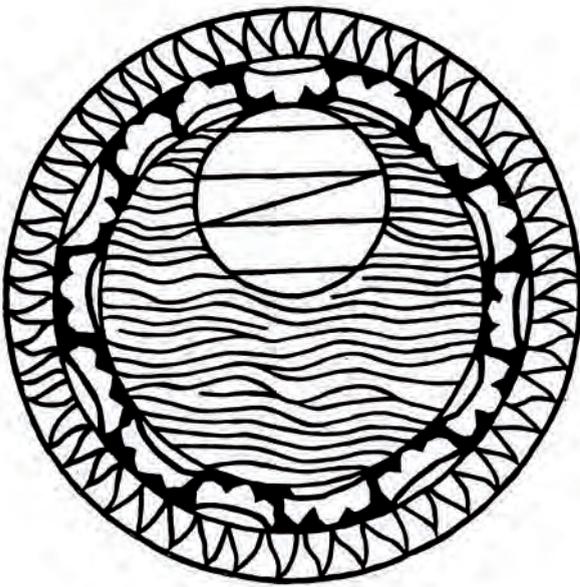
Erdscheibe oder Erdkugel?

Die zugrundeliegende Kontroverse, die hiermit entschieden wurde, ist früher häufig als Widerstreit zwischen den Vertretern einer Erdscheibenvorstellung und den Anhängern der Idee einer Erdkugel dargestellt worden. In vereinfachter Form kann die Vorstellung von einer vom Ozean umgebenen Insel der Erde, wie sie bereits für das mythische Weltbild kennzeichnend war, durchaus als Scheibenkonzeption der Erde interpretiert werden (Abb. 2, 4).

Allerdings haben neuere Untersuchungen aufgezeigt, dass die Vorstellung von einem in Furcht vor dem Sturz über den



Die Weltkarte aus Isidor von Sevillas (560–636) *Etymologiae* (Druck von 1472) zeigt den O-förmigen Erdkreis, der durch die als T angeordneten Gewässer Nil, Don und Mittelmeer in die drei Kontinente Asien, Europa und Afrika geteilt wird (Abb. 4).



Auch der Mathematiker und Astronom Johannes de Sacrobosco (1195–1256) machte sich Gedanken über die Kugelgestalt der Erde. Die Darstellung aus seinem Werk *Sphaera* (Druck 1490) zeigt die Erdkugel inmitten der Wasserkugel, umgeben von der Luft- und Feuer-sphäre (Abb. 5).

einen anderen Mittelpunkt als die größere Wassersphäre hat. Paul von Burgos (ca. 1351–1435) verknüpfte diese Konzeption mit theologischen Überlegungen. Demnach hatte Gott am dritten Tag der Schöpfung den Mittelpunkt der Wassersphäre verschoben, damit sich ein Teil des Erdapfels aus dem Wasser erheben konnte (Abb. 6).

Diese Theorie hatten auch die Gegner von Kolumbus im Kopf, als sie die Praktikabilität einer Westfahrt über den Atlantik anzweifelten. Denn der Ozean schien zu ausgedehnt zu sein, als dass er mit den Schiffstechniken der damaligen Zeit hätte überquert werden können. Und das Erscheinen eines unbekanntem Teils der Erdkugel auf der anderen Seite Wassersphäre konnte innerhalb dieses Modells a priori ausgeschlossen werden.

Der neue Erd-Wasser-Globus

Gegen diese vorherrschende Theorie waren die Vertreter der These einer einheitlichen Erd-Wasser-Sphäre und einer geringen Größe der Wasserfläche in der Minderheit. Kolumbus Idee von der Möglichkeit einer Westfahrt stand somit nicht einer Scheibentheorie entgegen, sehr wohl aber Vorbehalten hinsichtlich der Möglichkeit, das östliche Ende der Ökumene auf dem Westweg zu erreichen. Und ebenso spiegelte der einfache Erd-Wasser-Globus von Martin Behaim von 1492 keineswegs ein anerkanntes Weltbild wider, sondern muss als Darstellung einer in dieser Zeit noch fragwürdigen Hypothese angesehen werden.

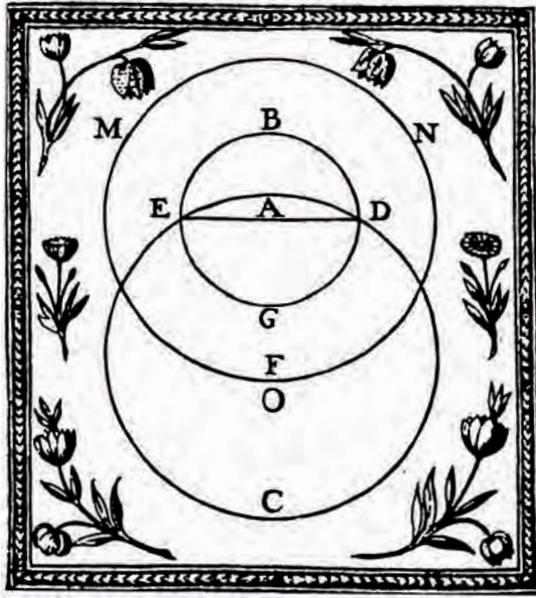
Erst allmählich sollte sich durch die Erweiterung der Erfahrungsräume aufgrund der Entdeckungsreisen und durch eine neue Deutung der empirischen Befunde eine »kosmographische Revolution« (Klaus Vogel) vollziehen, so dass sich die neuzeitliche Vorstellung von einer zusammengehörigen Erd-Wasser-Sphäre durchsetzte.

Der »Comographia Introductio« von Waldseemüller und seinen Mitstreitern besitzt eine besondere Bedeutung für diesen Umbruch. Zwar hatten bereits andere Kartographen im iberischen Raum die neu entdeckten Gebiete in ihre Weltkarten aufgenommen und insgesamt ist der mit der kosmographischen Revolution verbundene Wandel des Weltbildes als kumulativer Prozess zu sehen. Im Werk der Gelehrten von Saint Dié wurde jedoch erstmals eindeutig Amerikas als ein eigenständiger Kontinent dargestellt, die mittelalter-

Rand der Erdscheibe erstarrten Mittelalter als Konstruktion des 19. Jahrhunderts anzusehen ist. Im Mittelalter war die Kenntnis der Kugelgestalt der Erde weit verbreitet. Jedoch unterschied sich diese mittelalterliche Erdkugel grundlegend von dem neuzeitlichen Erd-Wasser-Globus.

Aristoteles hatte mit seiner Schrift *Vom Himmel* die Basis für ein geozentrisches Sphärenmodell gelegt, das im Mittelalter das Weltbild bestimmen sollte. Demnach befand sich die kugelförmige Erde im Zentrum des Kosmos und wurde von den ebenfalls sphärisch angeordneten leichteren Elementen umgeben, so dass »das Wasser um die Erde herum ist, die Luft aber um das Wasser herum, das Feuer aber um die Luft herum« sei. Eingebettet waren diese niederen irdischen Sphären in die höheren himmlischen Sphären. In diesem kosmologischen Modell war eindeutig die Erdkugel von der Wasserkugel geschieden und auch viele mittelalterliche Darstellungen machen dies klar erkennbar (Abb. 5).

Es bestand daher die eigentliche Kontroverse nicht in einem Widerstreit zwischen Anhängern einer Scheibenvorstellung und den Vertretern einer Kugelkonzeption. Entscheidend war vielmehr die Frage, wie es zu erklären sei, dass sich ein Teil der Erdkugel aus der umgebenden Wasserkugel erhebt und somit der trockene Erdkreis als Lebensraum der Menschen entstanden war. Verbreitet war dabei die Theorie der exzentrischen Sphären, der zufolge die kleine Erdkugel



Der spanische Bischof Paul von Burgos entwarf das Konzept der exzentrischen Sphären: Infolge der Verschiebung des Zentrums der Wassersphäre von A nach F erhebt sich ein Teil der Erde (Halbkreis E-B-D) aus dem Wasser (Abb. 6).

liche Vorstellung von einem auf die Kontinente Europa, Asien und Afrika beschränkten Erdkreis aufgegeben, sowie die Neue Welt in die ausgeweitete globale Ökumene integriert. Durch die Präsentation des Erd-Wasser-Globus mit dem neuen Kontinent wurde der Prozess der Erfindung der neuzeitlichen Globalität zum Abschluss gebracht und das alte Modell der exzentrischen Sphären definitiv ad acta gelegt, wie auch in der ergänzenden Schrift *Der Welt Kugeldeutlich* gemacht wird. Hierin heißt es: »So merke, daß als erstes die Erde ist gleich einem Pünktchen in einem Zirkel gegen die Größe des Umkreises aller Himmel und dies ist das erste Element und am festesten und härtesten zu greifende [...] das andere Element ist das Wasser [...] und die zwei sind also ineinander vermischt von Gott und liegen aufeinander so daß keines ohne das andere sein mag; und es mag das Wasser die Erde nicht bedecken noch (mehr) überlaufen als sie Flüsse faßt. Daß es aber auch rund und simpel ist wissen alle Schiffspatrone und Leute des Meeres wohl, die es es reglich besuchen und auf und ab fahren. Auch siehst du es in dieser Kugel vor deinen Augen [gemeint ist die beigefügte Weltkugel; Anm. d. Autors]. Wiewohl Nycolaus von Lira anders von ihre redet und will, daß das Erdreich in dem Wasser schwimmt wie ein Apfel – das laß ich ihn verantworten.«

Zwar sollte erst durch die Heimkehr der Überlebenden der Magellanexpedition 1522 die Kugelform der Erde endgültig bewiesen werden. Aber mit der Einsicht, dass mit Amerika in Opposition zur alten Insel der Erde ein weiterer trockener Erdteil existierte, war die Vorstellung von einer Trennbarkeit zwischen Erd- und Wassersphäre und ihren Zentren bereits in sich zusammengebrochen. Damit begann zugleich die mittelalterliche Sphärenkosmologie insgesamt zu erodieren, da nun das alte geozentrische Weltbild als solches fragwürdig wurde. Auch wenn die Wissenschaftler von Saint-Dié diesen weiteren Schritt noch nicht vollzogen, so trug doch ihr Werk mit zu der »Sphärenrevolution« bei, welche konstitutiv für das neuzeitliche Denken werden sollte.

Die Bedeutung der kosmographischen Revolution

Es ist daher kein Zufall, dass Kopernikus in seiner berühmten Schrift *De revolutionibus orbium coelestium* einmal sein heliozentrisches Weltbild begründet, indem er zunächst erläu-



Der Globus wurde aus einer kolorierten Kopie der in München gefundenen Globussegmentkarte Waldseemüllers angefertigt (Abb. 7).

tert, weshalb die Erde als eine aus Erde und Wasser gebildete Kugel anzusehen sei und dabei die Entdeckung der Neuen Welt als Argument anführt. Denn »eben im Falle Amerikas zwingt geometrische Verhältnisbestimmung dazu, es auf Grund seiner Lage dem gangesdurchflossenen Indien genau gegenüber anzunehmen. Aus alledem endlich halte ich [Kopernikus] es für erwiesen, dass Erde und Wasser sich auf einem Schwermittelpunkt abstützen und dass es einen anderen Größen-Mittelpunkt von Erde, nicht gibt. [...] Also [...] ist die Erde [...] eine vollendete Rundung, wie die Philosophen meinen.« Erst auf Basis dieser Annahme einer einfachen Erd-Wasser-Sphäre konnte die Erdkugel aus dem Zentrum – und damit unwürdigsten Punkt – des mittelalterlichen Sphärenkosmos gelöst und als blauer Planet auf die erhabene Umlaufbahn um die Sonne geschickt werden. Damit war die kosmographische Revolution, die im Werk Waldseemüllers kulminierte, eine Voraussetzung für jenen Wandel des Weltbildes, der später verkürzt als kopernikanische Revolution bezeichnet wurde.

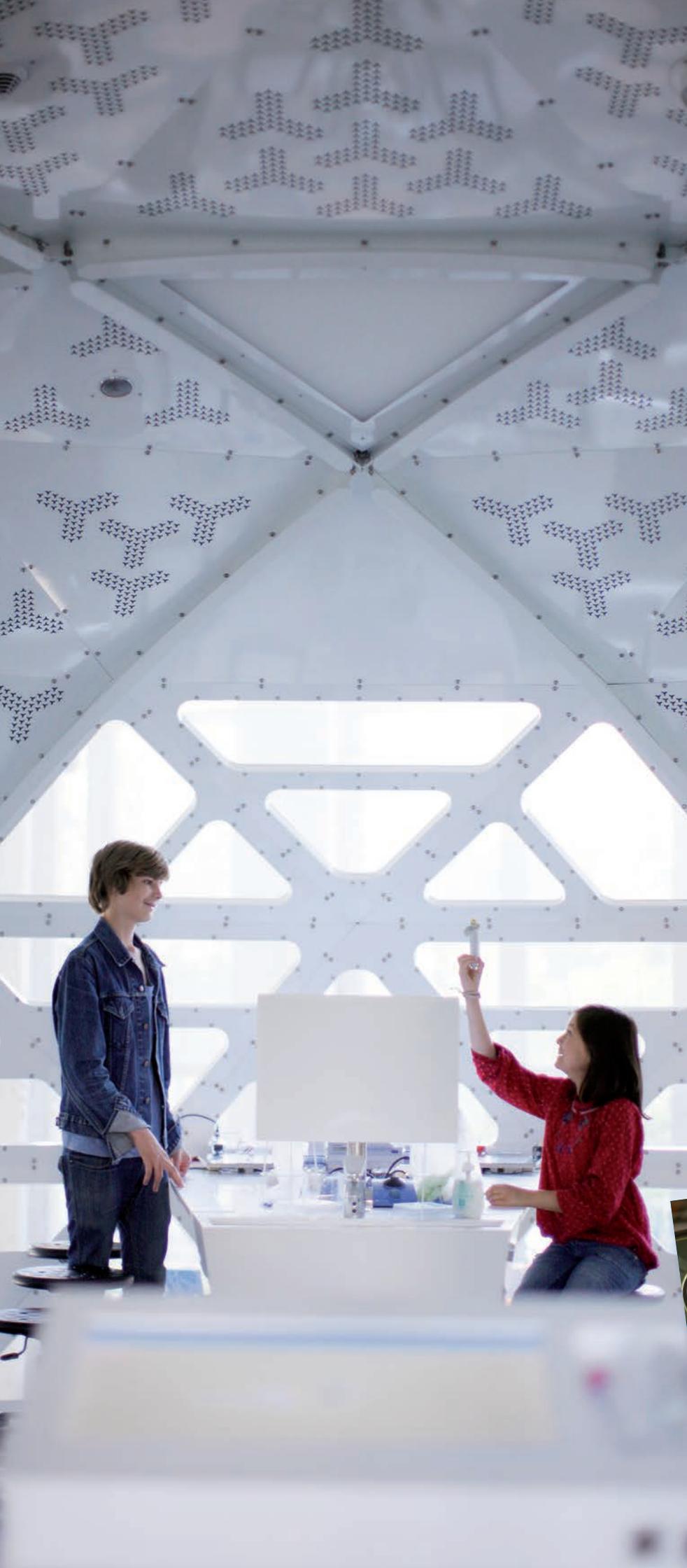
Mit der »Erfindung Amerikas« (Edmundo O’Gorman) und der Durchsetzung der Konzeption vom Erd-Wasser-Globus war zugleich eine fundamentale Veränderung der Stellung des Menschen im Kosmos verbunden. Die Idee von einem Einschluss des Menschen in den begrenzten Erdkreis wurde aufgegeben und durch das Bild von einer für das Neue offenen, letztlich grenzenlosen Welt abgelöst. Damit wurde die Welt nicht nur in räumlichem Sinne erweitert: Der überlieferte Handlungs- und Herrschaftsraum des Menschen wurde gesprengt und eine neue Zeit des Fortschritts eingeleitet.

Möglicherweise ist es auch sinnvoll, die Publikation der Globussegmentkarte von Waldseemüller als einen besonders symbolträchtigen historischen Moment zu würdigen, in dem nicht nur Amerika getauft wurde, sondern zugleich die Neuzeit als Zeitalter des Menschen anbrach. Denn zumindest im Selbstverständnis des westlichen Menschen war die Sprengung der westlichen Schranken des begrenzten Lebensraums der Menschen der Antike eine paradigmatische Überschreitung. Indem der menschliche Lebensraum auf den gesamten Erd-Wasserglobus ausgedehnt und erkennbar wurde »dass in jeglichem Teil des Erdkreises die Menschen ein gesundes Leben führen können« – so Waldseemüller in *Der Welt Kugel* – erfolgte der endgültige Eintritt in das »Anthropozän«. ■



DER AUTOR

Georg Jochum studierte Soziologie an der LMU München. Er ist Mitarbeiter des Deutschen Museums, sowie wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet Soziologie der TUM School of Education.



Deutsches Museum



INTERN

- **Neues aus dem Freundes- und Förderkreis**
- **Museumsinsel**
Sonderausstellung @Home
Sonderausstellung Philipp Lenard
Sonderausstellung Frank Eugene
- **Verkehrszentrum**
Sonderausstellung Elektromobilität
- **Neue Publikationen**
- **Meinungen und Kommentare**



Museumsinsel

Verkehrszentrum

Flugwerft Schleißheim

Alle aktuellen Veranstaltungen
finden Sie in unserem
Quartalsprogramm.



In Friedrichshafen am Bodensee werden Hightech-Zeppeline gebaut.

FREUNDES- UND FÖRDERKREIS Deutsches Museum e. V.

Eine Reise zur Wiege der Luftfahrt

Eine Bildungsreise des Freundes- und Förderkreises zu den historischen Schauplätzen der Luftfahrt begeisterte die Teilnehmer und hinterließ bleibende Eindrücke.

Es war eine Reise der Superlative, eine Reise, die Historisches mit Hightech verband, ein Bildungstrip, der sich den Mitgliedern des Freundes- und Förderkreises Deutsches Museum bleibend ins Gedächtnis brennen sollte.

Mehr als 50 Teilnehmer fuhren in Begleitung von Generaldirektor Prof. Dr. Wolfgang M. Heckl Ende Juni an den Bodensee und dort sogleich ins Zeppelinmuseum nach Friedrichshafen. Doch nicht nur der berühmte Luftpionier und seine Zusammenarbeit mit Claude Dornier – aus dieser Zusammenarbeit gingen schließlich die Dornier-Werke hervor – standen auf dem Programm des ersten Reisetages, sondern auch die Besichtigung der Zeppelinwerft, sozusagen die Hightech-Version der alten Luftschiff-Idee. Der Zeppelin NT, der hier gebaut wird und als Ausflugs-

luftschiff und gigantischer Werbeträger schon bis nach Japan verkauft wurde, verfügt dank einer neuartigen Bauweise über die höchsten Sicherheitsstandards. Wie in allen anderen Hightech-Firmen, die im Zuge der Reise besucht wurden, wurde die Delegation des Deutschen Museums auch hier von höchster Stelle empfangen und persönlich betreut.

Am zweiten Tag ging es zu den industriellen Erben des Grafen Zeppelin. Zuerst einmal zur ZF AG, einem der führenden Automobilzulieferkonzerne der Welt, der aus einer 150 Jahre alten Zahnradfabrik hervorgegangen ist. Anschließend konnten die Museumsfreunde bei MTU Tognum Dieselmotoren von gigantischem Ausmaß – sie werden in Containerschiffe und Luxusliner eingebaut – bestaunen. Darüber hinaus produziert die Firma auch noch kli-

maschonende Blockheizkraftwerke, die derzeit in aller Munde sind.

Nach einem Rundgang im Dornier-Museum – wieder ein Blick in die Wiege der Luftfahrt – gab es ebendort ein Galadiner, bei dem sich so manche Pläne hinsichtlich einer engeren Zusammenarbeit der Bodensee-Technikkaderschmieden mit dem Deutschen Museum ergaben.

Auch die beiden folgenden Tage waren gespickt mit der nun schon bewährten Mischung aus Firmen- und Museumsbesuchen. Bei EADS Astrium wurden Satelliten und andere Instrumente zur Erforschung des Weltraums gezeigt, und im Swiss Science Center »Technorama« im schweizerischen Winterthur konnte jeder Reisetilnehmer selbst Hand anlegen und sich durch sämtliche Proberstationen durcharbeiten. Im Gegensatz zum Deutschen Museum



Im Swiss Science Center »Technorama« konnten die Teilnehmer der Reise selbst »Hand anlegen« (oben).

Zum Abschluss eines anregenden Tages fuhren die Gäste mit dem letzten noch in Betrieb befindlichen Schaufelraddampfer »Hohentwiel« über den Bodensee.



Abendlicher Empfang
im Zeppelinhaus in
Friedrichshafen.



zeigt das Swiss Science Center keine historischen Objekte. Bezüglich der Interaktivität des Centers, die vor allem jugendliche Besucher in Scharen anzieht, kann sich das Deutsche Museum als Flaggschiff der Technikmuseen jedoch bestimmt einiges abschauen. Zum Ausgleich für so viel Neues, in die Zukunft Weisendes gab

es noch eine Fahrt auf der DS Hohentwiel, dem letzten Schaufelrad-dampfer des Bodensees, samt Vortrag über die Zeppelin GmbH – ein weiterer Höhepunkt dieser an Höhepunkten reichen Bildungsreise. Alle Teilnehmer haben sich als Botschafter des Deutschen Museums gefühlt und die Bodenseereise weit

oben in die Liste der mittlerweile schon legendären Museumsreisen eingereiht. Mit Benefit-Maßnahmen wie dieser wird den Freundeskreis-Mitgliedern für ihr großes Engagement gedankt. *Monika Czernin*

Unterstützen Sie den Freundeskreis des Deutschen Museums!

Jahresbeitrag:

- ▶ 500 Euro für persönliche Mitgliedschaften
- ▶ 250 Euro für Juniormitgliedschaften (bis 35 Jahre)
- ▶ 2500 Euro für Mitgliedschaften mittelständischer Unternehmen nach EU-Norm
- ▶ 5000 Euro für Mitgliedschaften großer Unternehmen

Kontakt:

Freundes- und Förderkreis
Deutsches Museum e. V.
Museumsinsel 1 · 80538 München

Ihre Ansprechpartnerin:

Claudine Koschmieder
Tel. 089 / 21 79 - 314
Fax 089 / 21 79 - 425
c.koschmieder@
deutsches-museum.de



@HOME

Unsere Gesellschaft im digitalen Zeitalter

Wir alle wurden im Laufe weniger Jahre von einer rasanten Digitalisierungswelle erfasst, die unser tägliches Leben nachhaltig verändert hat. So sind bei vielen Menschen digitale Medien fester Bestandteil ihres Alltags geworden. Internet, Social Media, Web 2.0 und andere Medien rufen bei manchen »Digital Immigrants« wachsendes Unbehagen hervor: Sie fühlen sich an Bilder aus George Orwells »1984« erinnert. Die nach 1980 geborenen »Digital Natives« können derartige Vorstellungen freilich nur selten nachvollziehen – für

VERKEHRZENTRUM Sonderausstellung

Aufgeladen!

Elektromobilität zwischen Wunsch und Wirklichkeit

19. Dezember 2012 bis 15. September 2013

Das Elektroauto steht im Fokus der aktuellen Diskussion. Wird es unsere Mobilität verändern? Wir erleben gerade einen starken Wandel der globalen Rahmenbedingungen. Die Vorräte an Erdöl und Erdgas gehen zur Neige, der mit ihrer Verbrennung verbundene CO₂-Ausstoß beschleunigt den Klimawandel, die Energieversorgung bewegt sich in Richtung erneuerbarer Energien und das Smartphone revolutioniert die Kommunikation. Damit werden Elektrofahrzeuge auch als Speicher für Strom aus erneuerbaren Energien oder als Bestandteile neuer Mobilitätskonzepte interessant.

Das Smartphone könnte zur Basis des intermodalen Verkehrs werden, also der Vernetzung unterschiedlicher Verkehrsmittel wie U-Bahn, Tram, Auto oder Fahrrad. Die Ausstellung geht kurz auf die Geschichte der Elektromobilität in den vergangenen 100 Jahren ein, beschreibt den aktuellen Stand der Technik und zeigt an Beispielen, wie die Mobilität von morgen aussehen könnte.

sie ist der Umgang mit Internet, Handy und Tablet-PC selbstverständlich und vertraut, ein Leben ohne diese Technik gar nicht mehr vorstellbar.

Das Deutsche Museum präsentiert mit »@HOME« eine Sonderausstellung des Stapferhauses in Lenzburg (Schweiz), bei der diesmal nicht die Technik selbst im Vordergrund steht. @HOME will die Besucher vielmehr dazu anregen, sich mit den gesellschaftlichen Veränderungen und dem Umgang mit dieser Technik auseinanderzusetzen. Die Besucher können mit der Technik in Dialog treten und sich ihr eigenes Bild von Sinn und Unsinn, Chancen und Gefahren unserer digitalen Welt machen. Dazu stehen zahlreiche Medienstationen zur Verfügung. In persönlichen Filmporträts werden sie dabei von sechs typischen Nutzern in die neue Welt begleitet. Zu Themen wie Lernen und Bildung, Politik und Demokratie oder Sucht und Flucht kommen außerdem Experten auf dem Gebiet der Medienpädagogik ebenso zu Wort wie IT-Fachleute und Mediziner. Die Ausstellung urteilt nicht, sondern regt zum Nachdenken und zum Austausch von Meinungen und Ideen an.

MUSEUMSINSEL Sonderausstellung

Konstruierte Wirklichkeit

Philipp Lenard (1862–1947). Biografie – Physik – Ideologie

21. November 2012 bis 3. März 2013, Vorraum Bibliothek

Den Anstoß für die Sonderausstellung gab ein Überraschungsfund im Depot des Deutschen Museums – eine nicht näher bezeichnete Kiste, die offensichtlich seit Jahren nicht mehr angefasst worden war. Rasch wurde deutlich, dass es sich bei diesem Fund um eine umfangreiche Stiftung aus dem Nachlass des Physikers Philipp Lenard (1862–1947) handelt.

Die Ausstellung zu Lenard fokussiert sich nicht nur auf Lenards wissenschaftliche Leistung, die 1905 mit dem Nobelpreis für Physik gewürdigt wurde, sondern thematisiert auch den frühen Nationalsozialisten und Antisemiten, den Protagonisten der »Deutschen Physik« und Gegner der Relativitätstheorie. Seine biografische, wissenschaftliche und politische Entwicklung wird anhand von Objekten aus Lenards Sammlung und mit Originaldokumenten aus dem Archiv des Deutschen Museums erläutert. Zur Ausstellung erscheint ein Katalog mit Texten und zahlreichen Abbildungen.

MUSEUMSINSEL Sonderausstellung



Frank Eugene und die Technik der Kunstfotografie Kabinett-Ausstellung

30. November 2012 bis 4. Februar 2013

Sonderausstellungsraum Abteilung Foto+Film, 2. OG

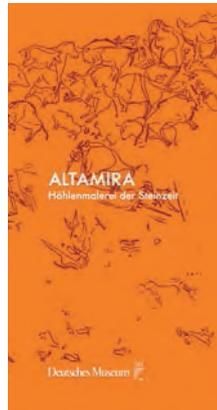
PUBLIKATIONEN AUS DEM DEUTSCHEN MUSEUM

Altamira – Höhlenmalerei der Steinzeit

Das Buch gibt die Texte und Bilder der Altamira-Ausstellung im Deutschen Museum wieder und vertieft sie durch ausführliche Informationen über die Altamira-Höhle in Spanien und über das Verfahren der Nachbildung der Höhlendecke. Es ist nicht nur ein Begleitbuch zum Besuch der Altamira-Höhle im Deutschen Museum, sondern bietet auch einen spannenden Überblick über die erste Epoche der Menschheitsgeschichte.

Deutsches Museum, München 2011

ISBN 978-3-940396-34-1

**Geheimreport
Deutsches Design**

Deutsche Konsumgüter im Visier
des britischen Council of Industrial
Design (1946). Englischer Original-
text mit einer Einleitung, heraus-
gegeben von Anne Sudrow.

1946 sandte der britische Militärgenheimdienst eine Gruppe von namhaften britischen Designern nach Deutschland. Diese besuchten rund einhundert Firmen und Ausbildungsstätten für Produktgestalter in den Westzonen, befragten dort Unternehmer, Techniker, Designer und Lehrkräfte und begutachteten Produkte – mit dem Ziel, die Arbeit des Designers an deutschen Konsumgütern zu erforschen. Ihr bislang unbekannter, nun in einem englischen Archiv aufgefundener Bericht ist die

wohl bedeutendste Quelle über die Praxis der Produktgestaltung in der deutschen Industrie um die Mitte des 20. Jahrhunderts. Zugleich gibt er Aufschluss über die Wege des Wissenstransfers zwischen Großbritannien und Westdeutschland in der frühen Nachkriegszeit.

Er zeigt, dass die Professionalisierung des Industriedesigns und die Entstehung der Designförderung als Mittel der staatlichen Wirtschaftspolitik in beiden Ländern nach 1945 nur als transnationales Projekt zu verstehen sind.

Die Edition macht den sensationellen Quellenfund erstmals der Öffentlichkeit zugänglich. Der britische Bericht stellt die Tätigkeit bekannter und bislang unbekannter deutscher Designer kurz nach dem Ende des Nationalsozialismus vor. Auch technikgeschichtlich erschließt er neues Terrain, da er Einblick in die Entwicklungsabteilungen der deutschen Unternehmen für Konsumgüter gewährt. In ihrer Einleitung schildert Anne Sudrow die spannende Entstehungsgeschichte des Berichts.

Wallstein Verlag
Göttingen 2012
ISBN 978-3-8353-1018-6

**Meinungen und Kommentare von
Leserinnen und Lesern****Hüttenzauber mit Hightech?**

Beeindruckend, wie mit ausgeklügelten Verfahren heute die Umwelt auf der Monte-Rosa-Hütte im schweizerischen Wallis (nicht Tessin) geschont wird. Ein Vorzeigebispiel, wie auch das neue Schiestlhaus am österreichischen Hochschwab und einige andere neuere Berghütten. Allein, die Umweltbilanz wird damit nicht besser. Hinzurechnen muss man ja auch den Treibstoffverbrauch von den hunderten Hubschrauberflügen, die für den Bau notwendig waren. Und dann noch das Problem der Wartung der Anlagen und deren Reparatur. Fachleute hierzu, die bei

3 oder 4 Stunden Anmarsch auch noch die möglicherweise nötigen Ersatzteile auf ihren Rücken nehmen, solche Leute gib es nicht. Also wieder mit dem Hubschrauber! Vorzeigebispiele sind gut, wenn es um Subventionen geht. Auf entlegenen Berghütten ist aber eine einfache Technik nötig, damit der Hüttenwirt möglichst alle auftretenden Störungen selbst beheben kann und das innerhalb kurzer Zeit. Gäste warten nicht gerne, bis der Nebel weg ist und der Hubschrauber kommen kann.

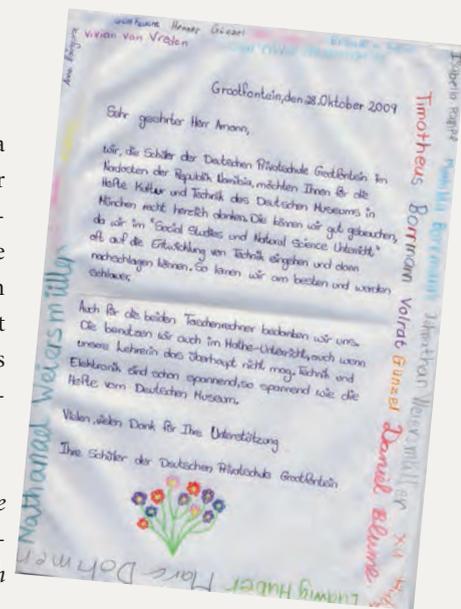
Prof. Dr. Rupert Springenschmid

Kultur & Technik in Namibia

Sogar in Grootfontein in Namibia wird *Kultur & Technik* gelesen. Unser Leser Ludwig Amann schickt regelmäßig Exemplare an die dortige Deutsche Schule. Von den Schülern erhielt er schon vor einiger Zeit einen hübsch verzierten Brief als Dankeschön, den er an uns weitergeschickt hat.

»Wir [...] möchten Ihnen für die Hefte *Kultur und Technik des Deutschen Museums in München* herzlich danken. Die können wir gut gebrauchen, da wir im »Social Studies and Natural Science Unterricht« oft auf die Entwicklung von Technik eingehen und dann nachschlagen können. So lernen wir am besten und werden schlauer«, schreiben die Schüler.

Wir von der Redaktion freuen uns natürlich sehr, wenn unser Magazin sogar in der Schule genutzt wird, und schicken herzliche Grüße an die Schülerinnen und Schüler von Grootfontein!



Wir freuen uns über Ihre Meinungen zum Magazin. Ein Anspruch auf Abdruck eines Leserbriefs besteht allerdings nicht. Die Redaktion behält sich die Auswahl und ggf. auch Kürzung vor. Die Beiträge geben nicht die Meinung der Redaktion wieder.

Ihren Leserbrief schreiben**Sie bitte an:**

Redaktion *Kultur & Technik*
Günderodestraße 24
81827 München
kute@publishnet.de



Vermächtnis

Ich habe geerbt. Erben ist etwas Schönes. Man geht zum Briefkasten und denkt »sicher nur wieder lauter Werbung und Rechnungen«. Und dann ist da zwischen der ganzen idiotischen Infopost der Brief eines Amtsgerichts, der einem einen Schreck einjagt, weil man fürchtet, jetzt wird man für irgendwas, was man begangen hat, ohne dass man wusste, dass man es begangen hat, für zehn Jahre hinter Gitter gebracht. Und dann öffnet man den gelben Umschlag mit zitternden Händen und bohrt sich noch vor lauter Aufregung den Brieföffner in die Hand. Und dann steht da gar nicht: »Gehen Sie direkt in das Gefängnis, gehen Sie nicht über Los«. Es war ein Schreiben des Nachlassgerichts und es war da von einer gewissen Frau Hedwig S. die Rede und dass ich am Soundsovielten um 10:30 Uhr zur Testamentseröffnung erscheinen sollte. Ist das nicht herrlich?! Ich war so erleichtert, dass ich juchzte und hüpfte und Fräulein Schröder umarmte, wobei ich sie beinahe mit dem Brieföffner erstochen hätte.

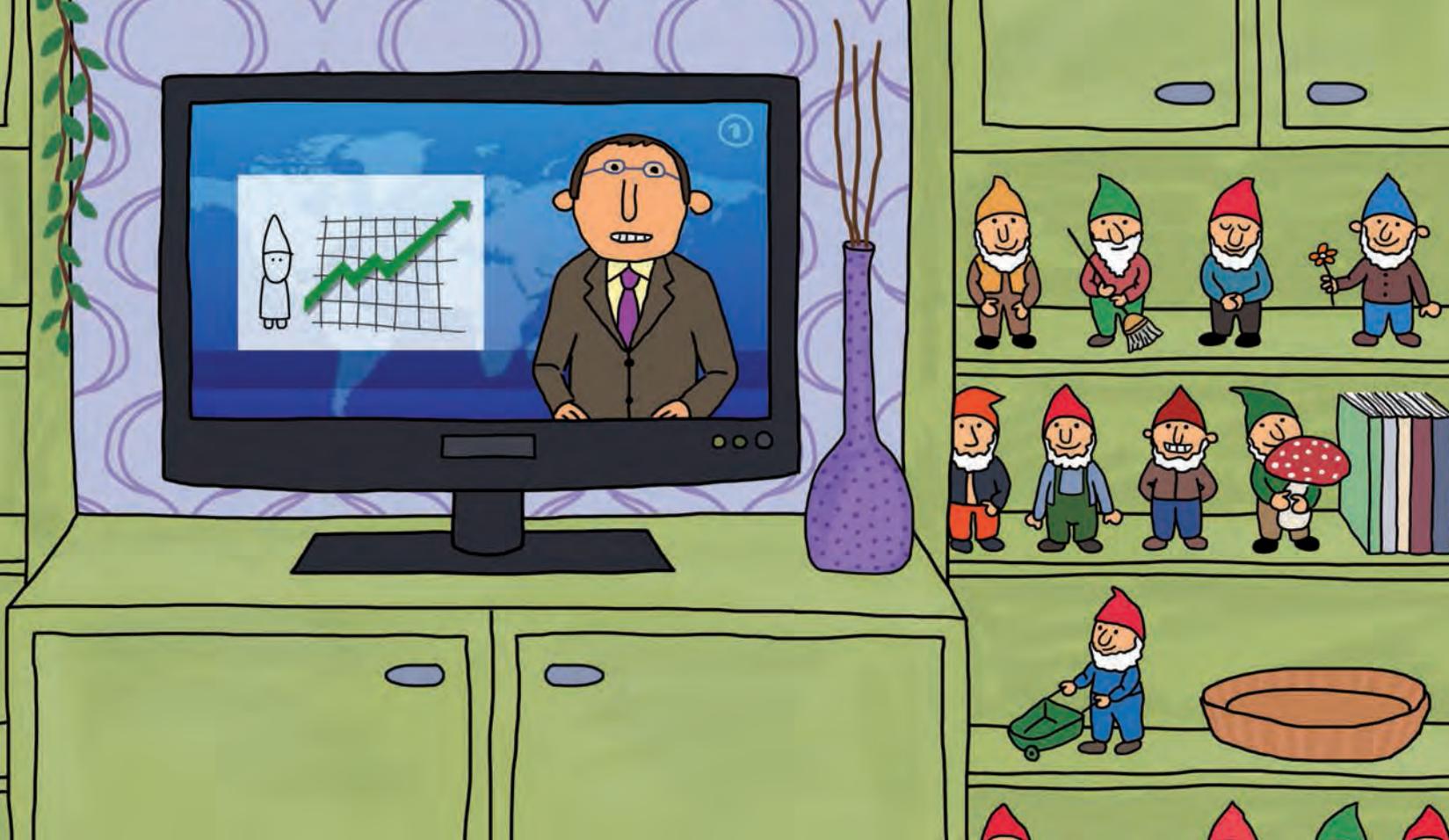
Ich hatte keine Ahnung, wer Hedwig S. gewesen sein sollte. Irgendeine Cousine dritten Grades von Onkel Otto wahrscheinlich. Vielleicht war diese Hedwig – ich nannte sie jetzt zärtlich »Tante« – vielleicht war also meine gute, alte Tante Hedwig ja schwerreich gewesen, die Witwe eines Fabrikanten, eines Industriellen, eines Ölmagnaten wahrscheinlich. Sie war vermutlich in jungen Jahren nach Amerika ausgewandert, hatte wahrscheinlich irgendeinen zeugungsunfähigen

Rockefeller oder Getty geheiratet, und hatte sich am Ende ihres saturierten, vor luxuriöser Langeweile kaum auszuhaltenden Lebens ihres lange vermissten Neffen siebten Grades in München erinnert und dessen traurigen Schicksals als mittelloser Bücherwurm. Ich ging prüfend durch unsere bescheidene Wohnung und dachte, vielleicht könnte man ja auch ganz anders leben, in einer größeren Wohnung, in einem Haus, in einer Villa. Ein Garten wäre schön, ein Swimmingpool. Man könnte ein anderes Auto fahren. Und nichts gegen Jugendherbergen und Zeltplätze, aber die Ferien in einem ordentlichen Hotel, drei Sterne oder sogar vier, das wäre schon nicht übel. Und man wird ja auch nicht jünger. Oder ein Segelboot. Eine Yacht. Abends im dunkelblauen Blazer und weißen Hosen in der Captains Lounge bei einem Dry Martini oder einem Gin Tonic.

Fräulein Schröder fragte mich, warum ich denn so durch die Wohnung schleiche und so abschätzig überall hinblicke. Ich sagte: »Fällt Dir das gar nicht auf? Die Enge hier, die Ikea-Möbel, unser kleines Leben zwischen alten Büchern und ausgebleichenen Polstern. Ich meine, sollte das etwa alles gewesen sein? Hätten wir nicht auch mal etwas anderes verdient? Etwas mehr Platz, etwas mehr Luxus?« »Ich finde unser kleines Leben ganz gut«, sagte Fräulein Schröder. »Ich will kein großes Leben.«

Hinter der Glastür, vor dem benannten Zimmer im Nachlassgericht saßen, als ich dort eine gute halbe Stunde vor dem Termin ankam, drei Personen, die unmöglich mit Tante Hedwig verwandt sein konnten. Da hockte so ein bayerischer Mensch um die siebzig im Trachtenjanker und mit Hütchen und flüsterte ständig mit seinem Zamperl, der anscheinend Ferdi hieß. Der andere Typ war ein gelackter Business-Kasper

Text:
Daniel Schnorbusch,
Illustration:
Jana Konschak



in Anzug und rosa Krawatte, der einen Aktenkoffer auf den Knien hatte und darauf einen Laptop, auf dessen Tastatur er ununterbrochen einhämmerte. Zwischen den beiden Herren saß eine Superblondine in getigerten Leggings und High Heels und wippte unablässig mit dem Fuß. Nagelstudio, vermutete ich, oder noch schlimmer. Merkwürdige Menschen hier, dachte ich. Sicher ein Irrtum. Die drei starrten mich ziemlich feindselig an. Was hatte ich denen getan? Ich ging lieber an diesen Leuten vorbei, den Gang hinunter bis zum Fenster und dann wieder zurück zur Glastür und dann wieder zum Fenster. Und so weiter. Nach gefühlten 20 Kilometern hin und her ging die Zimmertür auf und die Nachlassangelegenheit Hedwig S. wurde aufgerufen. Da standen alle drei auf und verschwanden in dem Zimmer und ich hinterher.

Im Grunde bin ich ein großzügiger Mensch. Besitz bedeutet mir nicht sehr viel. Sonst hätte ich bestimmt welchen. Ich gebe im Prinzip auch gerne ab. Ich habe sogar schon mal Blut gespendet. Ich war Student und bekam 50 Mark dafür. Ich bin auch eigentlich nicht neidisch. Was hatte schon das Glück der anderen mit mir und meinen jeweiligen Misere zu tun? Insofern war es auch völlig in Ordnung, dass der Zamperl-Bayer von Tante Hedwig ein Waldgrundstück bekam. 25 Hektar. Schlagreif. Auch dass die Blondine das Wohnhaus mit allem Inventar nun ihr Eigen nennen konnte, war wahrscheinlich ein Segen. Sonst wäre sie womöglich noch endgültig in das falsche Milieu geraten. Und dass Tante Hedwig dem Business-Kasper ihr Aktiendepot übertrug und dieser Wichtigtuier fortan wohl von den Dividenden leben konnte, was kümmerte es mich. Ich kenne mich mit Wertpapieren nicht aus. Bleibt noch zu erwähnen, dass sich die Caritas über

zwei Mietshäuser freuen durfte, der Schmuck zugunsten der Heilsarmee versteigert werden sollte, und dass ich, als letzter auf einer ziemlich langen Liste von Vermächtnisnehmern, elf versiegelte Kartons, deren Inhalt nicht benannt wurde, aus einer Lagerhalle am Rande der Stadt abholen sollte. Was mochte da drin sein? Was hatte sich Tante Hedwig, die gar nicht meine Tante war, sondern eine Schulfreundin meiner Großmutter, bei der ich vor fünfundvierzig Jahren einmal zu Besuch gewesen sein musste, was hatte sie sich da für mich ausgedacht? Was enthielten diese Kartons? Den Schatz des Priamos? Das Bernsteinzimmer? Das Tafelgeschirr von August dem Starken? Ich mietete mir einen Transporter, fuhr zur Lagerhalle, hievte die Kartons in den Wagen und kehrte nach Hause zurück. Fräulein Schröder hatte eine Flasche Sekt kalt gestellt. Das war sehr weitsichtig. Denn nachdem ich alle elf Kartons in unsere Wohnung geschleppt und den ersten Karton geöffnet hatte und dann den zweiten und den dritten und schließlich alle elf, tranken wir nicht nur diese eine Flasche, wir tranken auch noch eine zweite. Danach holte ich den Wodka aus dem Eisfach. Es wurde ein wirklich lustiger Abend. In einem der Kartons fand sich ein Brief. »Mein Liebes Burli«, hieß es da, »Du hattest damals, als Du mich mit Deiner lieben, seligen Großmutter besuchtest, so eine große Freude an meinen kleinen Freunden. Ich habe das nie vergessen. Du sollst sie daher alle haben. Ich weiß, bei Dir sind sie in guten Händen. Es grüßt Dich Deine »Tante« Hedwig. Fräulein Schröder hatte gesagt, sie wolle ihr kleines Leben behalten. Nun, dem stand nichts im Wege. Jetzt hatten wir sogar Gesellschaft dabei. Tante Hedwigs Sammlung von 143, sorgfältig in Seidenpapier eingewickelten Gartenzwerge passte ganz prima dazu. ■



DER AUTOR

Dr. Daniel Schnorbusch
geboren 1961 in Bremen, aufgewachsen in Hamburg, Studium der Germanistischen und Theoretischen Linguistik, Literaturwissenschaft und Philosophie in München, ebendort aus familiären Gründen und nicht mal ungern hängen geblieben, arbeitet als Lehrer, Dozent und freier Autor.



Der Physiker und Informatiker Tim Berners-Lee entwickelte zwischen 1989 und 1994 das »World Wide Web« als Kommunikationsmedium innerhalb des CERN (Europäische Organisation für Kernforschung). Sein Ziel war es, den Datenaustausch unabhängig von der Infrastruktur des jeweiligen Netzwerks zu ermöglichen. Mit einem kleinen Team konzipierte er HTML (HyperText Markup Language) als Beschreibungssprache für Seiten, HTTP (HyperText Transfer Protocol) als Transferprotokoll sowie den ersten Browser. Für das CERN erstellte Berners-Lee auch die weltweit erste Website: <http://info.cern.ch>

Das globale Netz

Längst hat das Internet unser Leben und Arbeiten verändert. Die Entwicklungen im globalen Netz sind derart rasant, dass heute schon kalter Kaffee ist, was gestern noch heiß gepriesen wurde. Was beispielsweise sollen wir von einer Entwicklung wie der »Google-Brille« halten? Was verbirgt sich hinter Begriffen wie Cloud- oder Crowd-Computing, Smart Grid und Smart-Metering? Was sind »semantische Netze« – um nur einige beliebte Codewörter der Netzgemeinde zu nennen. Wir fragen Experten nach Möglichkeiten, Aktivitäten im Netz sicherer zu machen, diskutieren die Problematik der Qualität von Inhalten und die Perspektiven, die eine vernetzte Welt bietet.



An diesem Arbeitsplatz, rechts im Bild der NeXTcube, entwarf Tim Berners-Lee seine Idee vom Internet.

Impressum

Das Magazin aus dem Deutschen Museum

36. Jahrgang

Herausgeber: Deutsches Museum München
Museumsinsel 1
80538 München
Postfach 80306 München
Telefon (089) 21 79-1
www.deutsches-museum.de

Gesamtleitung: Rolf Gutmann (Deutsches Museum),
Dr. Stefan Bollmann (Verlag C. H. Beck, verantwortlich)

Beratung für diese Ausgabe:
Dr. Johannes-Geert Hagmann

Redaktion: Sabrina Landes (Leitung), Bärbel Bruckmoser (Produktion), Andrea Bistrich, Manfred Grögl (Korrektur), Birgit Schwintek (Grafik), Gündorostraße 24, 81827 München, Telefon (089) 80 03 52 62, E-Mail: kute@publishnet.de, www.publishnet.de

Verlag: Verlag C.H.Beck oHG, Wilhelmstraße 9, 80801 München; Postfach 40 03 40, 80703 München, Telefon (089) 3 81 89-0, Telefax (089) 3 81 89-398, Postbank: München 62 29-802, www.beck.de; der Verlag ist oHG. Gesellschafter sind Dr. Hans Dieter Beck und Dr. h.c. Wolfgang Beck, beide Verleger in München.

Wissenschaftlicher Beirat: Dr. Frank Dittmann (Kurator Energietechnik, Starkstromtechnik, Automation), Dr. Johannes-Geert Hagmann (Kurator Physik, Geodäsie, Geophysik), Dr. Nina Möllers (Forschungsinstitut), PD Dr. Elisabeth Vaupel (Forschungsinstitut), Bernhard Weidemann (Leiter Presse- und Öffentlichkeitsarbeit)

Herstellung: Bettina Seng, Verlag C.H.Beck

Anzeigen: Fritz Lebherz (verantwortlich), Verlag C.H.Beck oHG, Anzeigen-Abteilung, Wilhelmstraße 9, 80801 München; Postfach 40 03 40, 80703 München; Telefon (089) 3 81 89-598, Telefax (089) 3 81 89-599. Zurzeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 27, Anzeigenschluss: sechs Wochen vor Erscheinen.

Repro: Rehbrand, Rehms & Brandl Medientechnik GmbH, Friedenstraße 18, 81671 München

Druck und Bindung: Memminger MedienCentrum, Fraunhoferstraße 19, 87700 Memmingen

Versand: Druckerei C. H. Beck, Niederlassung des Verlags C.H.Beck oHG, Bergerstr. 3, 86720 Nördlingen

Bezugspreis 2012: Jährlich 26,- €; Einzelheft 7,80 €, jeweils zuzüglich Versandkosten

Für Mitglieder des Deutschen Museums ist der Preis für den Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten (Erwachsene 52,- €, Schüler und Studenten 32,- €). Erwerb der Mitgliedschaft: schriftlich beim Deutschen Museum, 80306 München. **Für Mitglieder der Georg-Agricola-Gesellschaft** zur Förderung der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik e. V. ist der Preis für den Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten. Weitere Informationen: Georg-Agricola-Gesellschaft, Institut für Wissenschafts- und Technikgeschichte, TU Bergakademie Freiberg, 09596 Freiberg, Telefon (03731) 39 34 06

Bestellungen von Kultur & Technik über jede Buchhandlung und beim Verlag. **Abbestellungen** mindestens sechs Wochen vor Jahresende beim Verlag. **Abo-Service:** Telefon (089) 3 81 89 - 679

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. Der Verlag haftet nicht für unverlangt eingesandte Beiträge und Bilddokumente. Die Redaktion behält sich vor, eingereichte Manuskripte zu prüfen und gegebenenfalls abzulehnen. Ein Recht auf Abdruck besteht nicht. Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wieder.

ISSN 0344-5690

