

Zwischen Himmel und Erde Die Lehre von dem, was »über den Bergen« ist. Über die Anfänge der Meteorologie
Arbeit mit Licht – Fotografie ohne Kamera Vom Zeichenstift der Natur zur künstlerischen Lichtgestaltung
Von München nach Innsbruck Die Eisenbahnbrücke in Großhesselohe – ein Meisterwerk der Ingenieurkunst

KULTUR & TECHNIK



Alle Wetter!

Die exakte Beobachtung der unzähligen wetterbestimmenden Faktoren ist bis heute Basis jeder Wettervorhersage.

Inhalt

Alle Wetter!

Thema

- 14** **Zwischen Himmel und Erde**
Wetterkunde zwischen Welt-
erklärung und Vorhersage
Beate Ceranski
- 20** **Der Wasserturm**
Der Museumsturm als Wahrzeichen
des Deutschen Museums
Christian Sichau
- 26** **Als das Wetter rechnen lernte**
Rechenanlagen ermöglichen
genauere Vorhersagen
Klaus Wege

Magazin

- 10** **Schwimmpanzer und
Dampfbläser**
Technische Schaubücher
Helmut Hilz

37

Arbeit mit Licht – Fotografie ohne Kamera

Vom Zeichenstift der Natur zur
künstlerischen Lichtgestaltung
Cornelia Kemp

42

Die Kunst, Wasser pflanzlich zu binden

Guarkernmehl, ein weit
verbreitetes Verdickungsmittel
Lucien F. Trueb, Ulrich Wyss

52

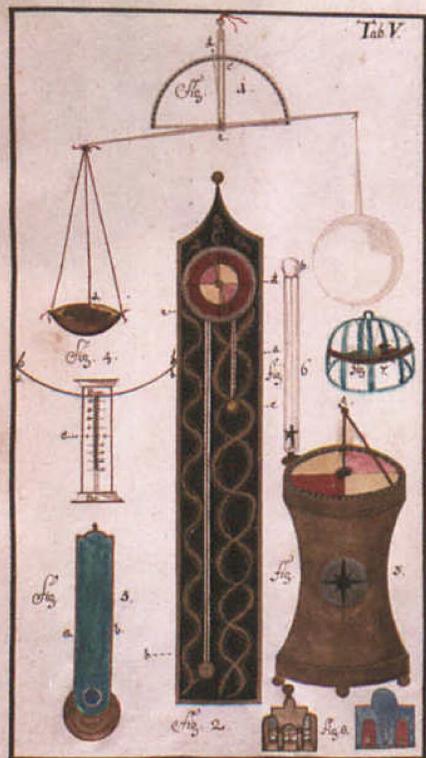
Von München nach Innsbruck Die Eisenbahnbrücke Großhesselohe Dirk Bühler

58

Planck, Diesel und die Thermodynamik Zum 150. Geburtstag Michael Hascher

Rubriken

- 3** Editorial
- 4** Kaleidoskop
- 7** Leserbrief
- 9** Buch-Auslese
- 32** MikroMakro
- 47** Termine
- 49** Historische Galerie
- 62** Deutsches Museum intern
- 63** Neues aus dem Freundes-
und Förderkreis
- 64** Schlusspunkt
Wetterbericht
Daniel Schnorbusch
- 66** Vorschau, Impressum



14

Aristoteles prägte den Begriff der Meteorologie. Doch erst mit der Entwicklung geeigneter Messinstrumente konnte sich die Wetterkunde wissenschaftlich etablieren.

20

Der Turm des Deutschen Museums sollte den Münchnern als weithin sichtbare Wetterstation dienen.



Fotogramme von Floris Neusüss und Renate Heyne sind in der Sonderausstellung »Wunderkammer Museum« zu sehen.

37

Editorial

Alle Wetter!

**LIEBE LESERIN,
LIEBER LESER,**

Regnet es bei Ihnen auch grundsätzlich am Wochenende? Zwei Wissenschaftler aus Karlsruhe haben im vergangenen Jahr herausgefunden, warum das so ist: Feinstaubpartikel durch Verkehr oder industrielle Abgase sammeln sich in der Luft und blockieren dort am Wochenende das Sonnenlicht. Kompletter Unsinn kontern nun Züricher Forscher: An Wochenenden regnet es genauso häufig oder selten wie während der Woche. Allein die subjektive Wahrnehmung suggeriert uns, an Wochenenden sei das Wetter schlechter.

Die Kontroverse bestätigt uns zweierlei: Zum einen, dass die mediale Öffentlichkeit wissenschaftliche Theorien gerne als Wahrheiten verkauft. Und: Dass das Wettergeschehen ein äußerst komplexer Vorgang ist, der von einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren beeinflusst wird. Beate Ceranski und Klaus Wege beschreiben anschaulich den steinigen Weg zu einer einigermaßen zuverlässigen Wettervorhersage. Das Thema ist derart komplex, dass wir es in der nächsten Ausgabe fortsetzen werden. Konkreter Anlass für unseren Themenschwerpunkt ist übrigens die Installation einer Wetterstation im Deutschen Museum. Die Station konnte mit Unterstützung der »meteomedia AG«, dem von Jörg Kachelmann gegründeten Wetterdienst, eingerichtet werden und ist bereits funktionsfähig. Auf der Internetseite des Deutschen Museums finden Sie die aktuellen Messungen.

Empfehlen möchte ich Ihnen noch zwei außergewöhnliche Sonderausstellungen: Wieder einmal öffnet die Bibliothek des Deutschen Museums ihre Schatzkammern und

zeigt kunstreich illustrierte Maschinenbau-bücher (Seite 10 ff.). Und die Abteilung Foto + Film präsentiert Arbeiten des Künstlerduos Floris Neusüss und Renate Heyne, die Fotogramme von Objekten des Deutschen Museums angefertigt haben (Seite 37 ff.). Zwei ästhetische Leckerbissen!

Herzliche Grüße

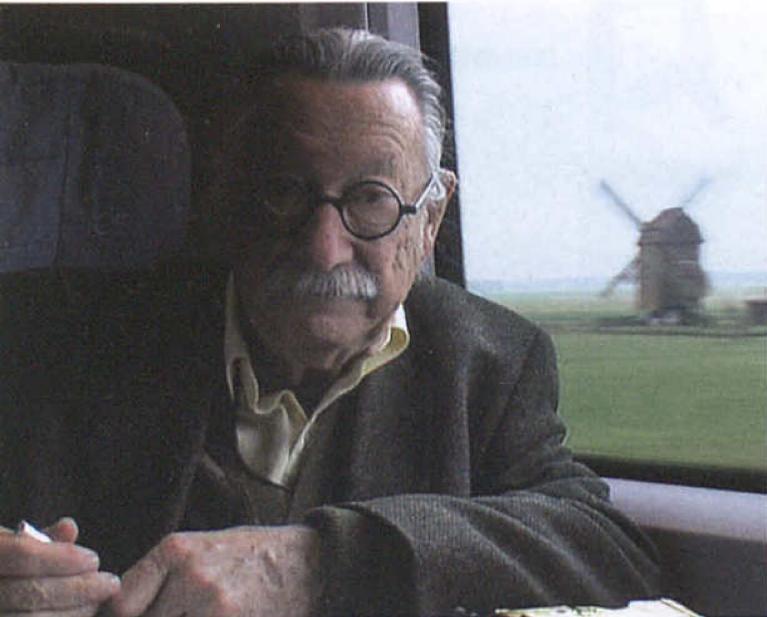
Sabrina Landes
Redaktionsleitung



DR. CHRISTIAN SICHAU

»Wetter« ist ein typisches Querschnittsthema, und so beschäftigen sich auch im Deutschen Museum mehrere Wissenschaftler damit. Die Errichtung der Wetterstation und die fachliche Betreuung dieses Heftes übernahm Dr. Christian Sichau. Er ist im Deutschen Museum zuständig für die Abteilungen Physik, Geophysik und Geodäsie.

Nach seinem Studium der Physik an der Universität Oldenburg und am King's College/London war Sichau in den Bereichen Geschichte und Didaktik der Physik tätig. Er zeichnete für die 1999 eröffnete Dauerausstellung »Natur & Erkenntnis« im Technischen Museum Wien verantwortlich. Seit 2003 ist er am Deutschen Museum, wo er u.a. 2005 maßgeblich die Einstein-Ausstellung inhaltlich gestaltete.



JOSEPH WEIZENBAUM IST TOT

Am 5. März 2008 ist Joseph Weizenbaum, wenige Wochen nach seinem 85. Geburtstag, an den Folgen einer Krebserkrankung in Berlin gestorben. (Noch im Januar-Heft berichtete *Kultur & Technik* ausführlich über ihn.)

Weizenbaum wurde am 8. Januar 1923 als Sohn des jüdischen Hofkürschnermeisters Jechiel Weizenbaum und dessen Frau Henriette in Berlin geboren. 1936 musste die Familie vor dem nationalsozialistischen Terror in die USA emigrieren. Weizenbaum studierte Mathematik, gehörte in den 1950er und 1960er Jahren zu den Pionieren der Computerwissenschaft und wurde Professor für Computer Science am MIT. Weizenbaum war einer der prominentesten Kritiker weni-

ger der Computertechnik selbst, als vielmehr einer weit verbreiteten Heilerwartung Computern gegenüber, die den dummen Maschinen Vernunft und Intelligenz zuschreibt und von ihnen Lösungen für Probleme erhofft, die nur Menschen leisten können. Seine Kritik hat er vor allem in seinem Buch *Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft* (1976) niedergelegt und in zahlreichen Vorträgen und Symposien, wie jüngst noch auf dem Weltwirtschaftsforum (WEF) 2008 in Davos, streitbar vertreten.

Weizenbaums Thesen sind insbesondere für die Bildungspolitik von hoher Relevanz. Denn um mit dem Internet und den dort verfügbaren Daten kompetent umgehen zu können, müsse man zunächst über genügend Wissen verfügen und in der Lage sein, die richtigen Fragen zu stellen. Alle, die im Schul- und Hochschulbereich arbeiten, werden ihm darin vorbehaltlos zustimmen und auch darin, dass unsere Schüler und Studenten diese Fähigkeit zunehmend verlieren.

Mit Weizenbaum haben wir einen Wissenschaftler verloren, der mit großem Herz und Scharfsinn die Welt besser machen wollte und uns eindringlich daran erinnerte, dass wir aus der Erde längst ein Paradies machen könnten. Warum tun wir es nicht einfach. DS

DEUTSCHER TAG DER TECHNIK

2008 steht der vom Verein Deutscher Ingenieure (VDI) initiierte Tag der Technik unter dem Motto »Projekt Zukunft«. Letztes Jahr kamen ca. 42.000 Besucher zu den 80 Veranstaltungen in ganz Deutschland. Die Bandbreite reichte dabei von Schülern, die einen eigenen Brennofen bauten und vorstellten bis hin zu Hightech-Demonstrationen wie zum Beispiel Lasertechnologie »Made in Germany«. Vor allem junge Menschen sollen angesprochen werden. Noch läuft die Anmeldung für Veranstalter: Schulen und Betriebe sind eingeladen sich zu beteiligen und ihre Leidenschaft für Technik weiterzugeben.

Deutscher Tag der Technik: 13. und 14. Juni 2008

www.tag-der-technik.org

RIESEN-BINOKEL

Das auf dem Mount Graham in Arizona gelegene Teleskop LBT (Large Binocular Telescope) kann weit blicken. Zwei Einzelspiegel mit einem Durchmesser von je 8,4 Metern sind so eingestellt, dass Sie bei interferometrischer Überlagerung der Strahlengänge so scharf sehen können wie ein 22,8-Meter-Teleskop. Damit ist es weltweit der leistungsstärkste Sterngucker. Mit der ersten Inbetriebnahme beider Spiegel ist der Bau des Observatoriums nach über zwölf Jahren nun abgeschlossen. Das Teleskop und das Gebäude sind eine internationale Angelegenheit: 15 Institutionen aus den USA, Italien und Deutschland waren an Grundlagenforschung und Planung beteiligt. Als Erstes betrachteten die Forscher die Spiralgalaxie NGC 2770, die 102 Millionen Lichtjahre von unserer Milchstraße entfernt liegt: Eine Spirale aus Sternen, umgeben von Gas, war da zu sehen. Die beteiligten Forscher, u.a. vom Max-Planck-Institut für Astronomie, erhoffen sich von dem 600 Tonnen schweren und 120 Millionen Dollar teuren Fernglas Einblicke in die Kinderstube des Universums. Schon auf den ersten Bildern sind einige junge, noch heiße Sterne zu erkennen.

www.mpia-hd.mpg.de/LBT/

Blick in die Spiralgalaxie NGC 2770

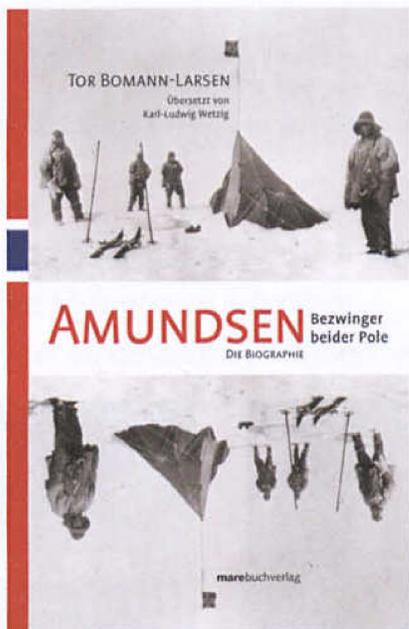


DER EISMEERFAHRER

Am Mittag des 14. Dezember 1928 stand für zwei Minuten ein ganzes Land still. Die noch junge norwegische Nation betrauert ihren Helden: am Jahrestag der Eroberung des Südpols gedachte man des im Eis verschollenen Roald Amundsen, der von einer Rettungs-expedition in der Arktis nicht zurückgekehrt war.

Schon als junger Mann war Amundsen zur See gefahren, um sich darauf vorzubereiten, als Kapitän eigene Expeditionen ins Eismeer zu leiten. 1903 führte er die »Gjøa« als erstes Schiff durch die Nordwestpassage. Drei Jahre brauchte sie für den Seeweg vom Atlantik zum Pazifik, zweimal überwinterte man nahe einer Inuit-Siedlung. Von Ehrgeiz gepackt, wandte sich Amundsen danach gen Süden, Kurs Antarktis. Die Eroberung der Pole diente damals eher dem Wettlauf der Nationen als der Wissenschaft. Das Ziel der Expedition, den Südpol, hielt man deswegen lange geheim.

Der Coup gelingt: Amundsen und vier Mitstreiter pflanzen 1911 die norwegische Fahne ins Ewige Eis. Der Brite Scott und seine Begleiter, die den Pol einen Monat später



erreichen, überleben aber den Rückweg nicht. Außerhalb Norwegens überschattet diese Tragödie den Triumph, in seiner Heimat aber ist Amundsen nun endgültig ein Held. Den Fuß auf sein eigentliches Traumziel, den Nordpol, zu setzen, blieb ihm allerdings zeitlebens verwehrt. Nur von oben konnte er ihn sehen, als er ihn an Bord des Zeppelins »Norge« am 12. Mai 1926 überflog. Tor Bomann-Larsen folgt in seiner Biografie den Spuren Amundsens und versucht sich – frei von jeder Idealisierung – ein Bild von dem Mann zu machen, der ausgerechnet in den Eismeerren sein Glück suchte. Es entsteht nicht nur ein vielschichtiges Porträt einer faszinierenden, aber nicht unbedingt sympathischen Persönlichkeit, sondern es werden auch die Verstrickungen der Forschungsreisenden in die politischen Strömungen der Zeit beleuchtet.

Tor Bomann-Larsen

Amundsen. Bezwingen beider Pole

marebuchverlag 29,90 Euro

ISBN 978-3-86648-068-1

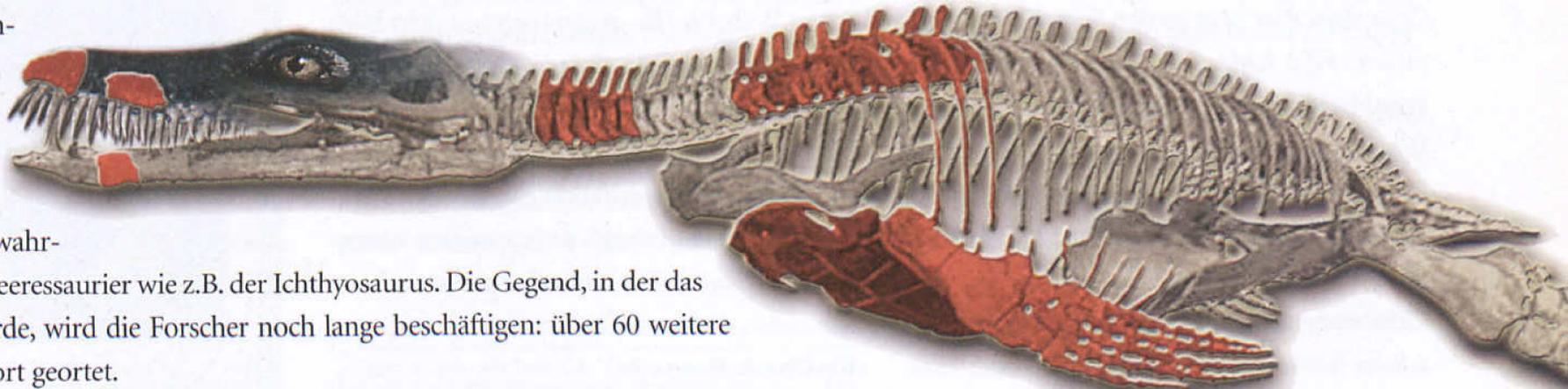
MEERESBEWOHNER MIT BISS

Ihre Entdecker, eine Gruppe von Paläontologen der Universität Oslo, nennen sie schlicht »Monster«. Passend für eine Meeresechse, deren Kiefer und Zähne wohl stark genug gewesen wären, einen Kleinwagen zu zerbeißen. Das Reptil, dessen Fossil auf dem Svalbard Archipel ca. 1300 Kilometer entfernt vom Nordpol ausgegraben wurde, lässt alte Mythen von Seeungeheuern plötzlich sehr glaubhaft erscheinen. Zwar wird im Keller des Naturhistorischen Museums in Oslo noch an der Rekonstruktion des fast vollständig geborgenen Skeletts gearbeitet, aber schon jetzt ist klar, dass der Pliosaurus eine Länge von 15 Meter hatte. Allein sein Schädel misst schon zwei Meter.

Vor 150 Millionen Jah-

ren zog das vierflossige Raubtier seine Bahnen im Nordmeer, seine bevorzugte Beute waren wahr-

scheinlich kleinere Meeressaurier wie z.B. der Ichthyosaurus. Die Gegend, in der das Skelett gefunden wurde, wird die Forscher noch lange beschäftigen: über 60 weitere Fossilien haben sie dort geortet.



www.nhm.uio.no/pliosaurus/english/

– Webtipp –

DER SCIENCE-BLOG

Blogs übernehmen inzwischen vielfach die Funktionen, die früher Nachrichtenportale für sich beansprucht haben: nämlich das Filtern und Aufbereiten von Informationen. Während Nachrichtenportale ihre Themen nach (vermuteter oder tatsächlicher) gesellschaftlicher Relevanz auswählen, findet man in Blogs all das, was einzelne Personen für interessant halten. Die Nutzer selbst entscheiden über die Relevanz des Themas: Jeder Leser kann sich mit Kommentaren und Fragen zu Wort melden oder sein Wissen beisteuern. Das birgt leider auch die Gefahr der Beliebigkeit.

Das Portal **ScienceBlogs** möchte die Beliebigkeit gering halten. Unter Rubriken von Naturwissenschaft bis Kultur sind hier Wissenschaftler, Autoren und Institutionen versammelt, die ihre Beiträge veröffentlichen. Ob Sie nun gerne bei einer Planetologin oder bei einem Paläontologen zu Gast sein wollen, entscheiden Sie selbst.

Übrigens... auch das **Deutsche Museum** ist als Kooperationspartner mit einem Blog vertreten :-)

www.scienceblogs.de



JOHANN SEBASTIAN BACH IN EISENACH

Im Bachhaus in Eisenach, dem mutmaßlichen Geburtshaus von Johann Sebastian Bach (1685–1750) nähert man sich dem Komponisten auf medizinischem Wege: In der Ausstellung »Bach im Spiegel der Medizin« dreht sich alles um seine Krankengeschichte. Bereits 1894 wurden bei einer Umbettung der sterblichen Überreste Bachs Untersuchungen am Skelett durchgeführt. Der Anatom Wilhelm His fertigte damals verschiedene Abgüsse – sowohl einen Bronzeguss des Schädels als auch die Ausgüsse des Gehirns und der Augenpartie, bekannt als Bach-Brille und Bach-Gehirn. Sie werden nun wieder gezeigt.

Wie man anhand seiner Knochen feststellen konnte, litt Bach unter der Verknöcherung der Sehnenansätze an Becken und Fersen – eine Symptomatik, die als Organistenkrankheit bezeichnet wird und in Bachs Fall tatsächlich als echte Berufskrankheit anzusehen ist. Gestorben aber ist er an den Folgen einer Operation. 1750 hatte sich sein Sehvermögen so verschlechtert, dass er sich bei dem fahrenden Wundarzt und Okulisten John Taylor in Behandlung begab, der einen Starstich bei ihm vornahm. Dabei wird mit einer Nadel durch das Augenweiß gestochen, um die getrübte Linse nach hinten zu schieben. Dadurch dringt wieder Licht ins Auge und der Patient kann wieder sehen – wenn auch extrem weitsichtig. Komplikationen nach der Operation waren

Das Antlitz Bachs: Computersimulation einer Gesichtskonstruktion.

nicht selten, für Bach waren sie fatal. Nach dem Eingriff kam er nicht mehr recht auf die Beine. Ein halbes Jahr später starb Bach an einem Schlaganfall.

Highlight der Ausstellung ist die Rekonstruktion von Bachs Kopf. Mit dem Schädelabguss von Wilhelm His als Vorlage wurde dieser von der forensischen Anthropologin Dr. Carline Wilkinson vom Centre for Anatomy & Human Identification der Universität Dundee erstellt. Computertechnologie machte es möglich, den Schädel erst zu scannen, um ihn dann im 3-D-Bild mit den anatomisch korrekten Muskeln und Sehnen zu versehen. Danach wird Fettgewebe hinzugerechnet und abschließend eine Schicht Haut darübergezogen. Mit einer Genauigkeit von 70 Prozent entstand so ein Abbild des Komponisten.

Erstaunlicherweise kam übrigens auch schon Wilhelm His zusammen mit dem Bildhauer Carl Ludwig Seffner zu einem ähnlichen Ergebnis. Ausgehend von Bachs Schädel hatten die beiden die erste bekannt gewordene dreidimensionale Rekonstruktion eines Gesichts realisiert und eine Büste des Komponisten entworfen. Auch sie wird in Eisenach zu sehen sein.

Bachhaus Eisenach

31. März bis 9. November 2008

www.bachhaus.de

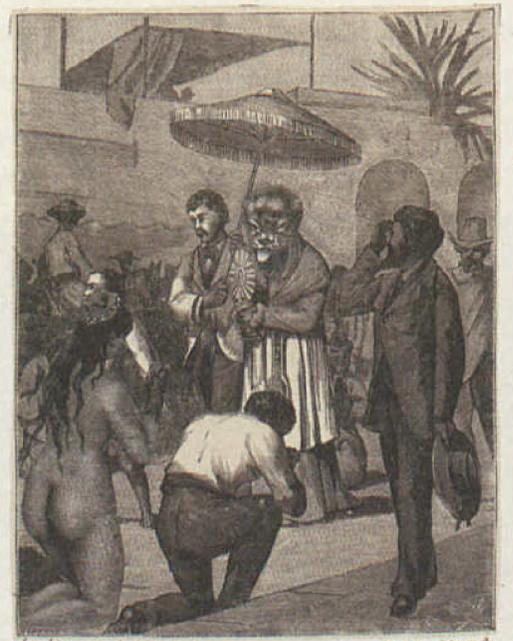
– Ausstellung –

SURREALER ROMAN

Max Ernst konnte auch im Urlaub nicht aufhören zu arbeiten. Während eines dreiwöchigen Italienaufenthaltes entstanden 184 Collagen, die 1934 die Druckvorlagen für die Bildergeschichte *Une semaine de bonté* wurden. Dieser Vorläufer der Comicroman verfremdet und persifliert Illustrationen aus Groschenromanen des 19. Jahrhunderts. Graphische Darstellungen der dominierenden Themen wie Liebe, Eifersucht und Mord werden in der surrealen Bildsprache Ernsts zu einem Fest der Fantasie. Erstmals nach 75 Jahren sind in Wien für kurze Zeit alle Original-Blätter zusammen zu sehen. Für alle, die sich die Blätter noch einmal in Ruhe ansehen wollen, erschien ein ausführlicher Katalog mit vielen Hintergrundinformationen.

Albertina Wien, bis 27. April 2008

www.albertina.at



Zeichnung aus
Une semaine de bonté.

Liebe Leserinnen und Leser,

Neuen Formen des Wohnens und Bauens widmete sich die letzte Ausgabe des Jahres 2007.

Wir hatten Sie gebeten, uns Ihre Meinung zu schreiben.

Im Folgenden lesen Sie einige der eingesandten Beiträge (zum Teil in gekürzter Version).

ZWEI BEITRÄGE ZUM THEMA: DIE NEUE STADT

Kultur & Technik 4/2007

Prof. em. Dr. Hansjürgen Müller-Beck (ehemals Professor für Vor- und Frühgeschichte an der Universität Tübingen)

Die »neue Stadt« ist ein Thema, das im Zeitalter der »universalen Stadt« unbedingt auch im Deutschen Museum auszubauen ist, da es hervorragend geeignet ist, historische Erfahrungen mit modernen technischen Möglichkeiten zu verbinden.

Bereits in der Älteren Steinzeit lässt sich das auch in jeder Stadt noch geltende »soziale« Grundmodul »Behausung und Feuerstelle/Herd« als technisch definierbarer Haushalt klar erkennen. Wobei die Feuerstelle bereits eine konstante Größe von 60 bis 80 cm Durchmesser besitzt, wie sie im Prinzip auch noch heute industriell gefertigte Einbauherde besitzen. Die Behausungen selbst als »Gehäuse« der Haushalte, können nach klimatisch-ökologischen und ökonomischen Vorgaben über Zeit und Raum in ihren Flächen erheblich zwischen sechs Quadratmeter bei den Paläoeskimos in Nordgrönland und über 25 bis 40 Quadratmeter bei späteren steinzeitlichen Bauern variieren. Historisch besteht ein Haushalt ebenfalls als anthropogene Raum/Zeitkonstante aus 5 ± 2 Personen, also zwischen einem bis neun Individuen, auf den bereits die Größe neolithischer aber auch noch moderner Kochtöpfe ausgerichtet ist. Diese Werte beziehen heute als Minimum Singlehaushalte neben Großfamilien mit bis (höchst selten erreichten) sieben lebenden Kindern oder auch weiteren ein bis zwei (selten) im Haushalt lebenden Erwachsenen etwa einem Elternpaar und bis zu fünf Kindern oder andere mögliche soziale Gliederungen mit ein.

Dazu kommen aber ebenfalls heute noch an einen Haushalt zeitweilig oder auf Dauer »angedockte« Arbeits- und Kommunikationsräume. Deren Fläche ist bei im Haushalt lebenden Kin-

dern oder weiteren Erwachsenen in den frühen »Lebensjahren« größer als gegen Ende einer Haushaltsdauer einer Einzelperson oder eines Paares. Daraus wird ein Grundbedarf von zwei »Beträumen«, einem »Wohn-/Besucherraum«, einer Küche, einem Bad und einem »Lageraum« ableitbar, der noch in den späten Jahren eines Haushaltes als Regel verfügbar sein sollte. Damit käme man aber auf eine Fläche von mindestens 80 bis 100 Quadratmeter für das zukünftig Stadtplanungen steuernde Haushaltsgrundmodul.

Die zeitweilig nötigen zusätzlichen Räume für eine größere Kinderzahl müssten auf gleicher Ebene oder auf einer zweiten im gleichen Bau anmietbar sein. Hier gäbe es zahlreiche, schon heute verfügbare architektonische und technisch wirtschaftliche Lösungsmöglichkeiten. Wichtig ist aber, dass diesen Haushalten auch für ihre Kinder Interaktionsflächen verfügbar gemacht werden, wie dies etwa im Hufeisenviertel in Berlin-Britz (wo ich aufgewachsen bin) mit den von Büschen gegen Erwachsene abgeschirmten »Buddelkisten« in idealster Form gelöst wurde. Diese sind heute als »pflugeschwer« zwischen den Häusern abgeräumt und vergessen.

Diese auf Haushalte ausgerichtete Grundmodulbauten müssten ähnlich streifenförmig wie in Berlin-Britz in größere Stadtstrukturen eingebracht werden, die sich etwa an der günstigen Grundkonzeption der Laubenlösung in Bern mit ihren gedeckten und daher auch im Winter und Sommer geschützten Fußwegen und versorgenden Durchgangsstraßen mit Stadtram-Lösungen des neuen Fraunhofermodells orientieren. Eingeschobene Kulturzentren mit Museen und Theatern sowie Kommunikationsparks könnten verbindende Querspannen bilden. Es ergäben sich dabei automatisch wieder Kommunikationsstrukturen, wie sie zwischen den Haushalten kleiner jägerisch-sammlerischer und autonomer pflanzerisch-züchtender Kulturen noch immer in der Arktis und in tropischen Wäldern kleinräumig überlebt haben, aber auch in den frühen

mittelalterlichen Städten des Alpenraumes noch nachweisbar sind. Das wäre eine Ausstellung unter Einbeziehung archäologisch erfasster Haushalte im Deutschen Museum wert.

Dies wäre ein andenkbares egalitär-demokratisches Gegenmodell mit allenfalls sechsstöckigen, von Liften wirtschaftlich noch günstig erschlossenen Wohnbauten zu den entsetzlichen chinesischen Termiten- oder Bienengebirgen mit ein paar wenigen Penthäusern für einige Privilegierten und den ihnen zugehörigen unabwendbaren babylonischen Gefahren.

Dipl.-Ing. Detlef Frank, Erding

Dafür, dass das Thema »Unsere Städte« in dieser Ausgabe der Schwerpunkt sein sollte, ist leider etwas wenig dabei herausgekommen. Bis auf ein paar Hinweise auf die Notwendigkeit verdichteten Bauens und Wohnens bei gleichzeitiger Kritik an zu großen Hochhaus-Agglomerationen ist nicht viel Neues zu lesen gewesen. Allerdings: Es kann auch gar nicht anders sein. Schließlich wusste schon Mark Twain, dass Prognosen besonders schwierig sind, wenn sie sich auf die Zukunft beziehen.

Beispiele fehlgegangener sog. fortschrittlicher Wohn- und Siedlungsprojekte gibt es zuhauf, angefangen von den etwas hilflosen Versuchen des autofreien Wohnens bis hin zu München-Neuperlach und dem Märkischen Viertel in Berlin, die zur Zeit ihrer Entstehung hochgejubelt wurden und heute bestenfalls mittlere Wohnlagen oder gar weniger sind.

Das liegt daran, dass auch Architekten, Städteplaner und die sie begleitenden Soziologen eben doch nicht gut genug wissen, wie die Menschen nach einigen Jahrzehnten wohnen und leben wollen. Und um die ehrenwerten Absichten dieser Gutmenschen kümmert sich der wohnende Bürger sowieso nicht.

Richard J. Dietrich wärmt dabei (s)einen Vorschlag von 1972 für ein »Metastadt-Baukastensys-

tem« auf, das eher an die Wellblechhütten-Ansammlungen peripherer Slums südamerikanischer Großstädte als an qualifiziertes Wohnumfeld erinnert. Befremdlich ist dabei besonders, dass der Autor sich für stark verdichtetes Wohnen ausspricht, sich selbst aber den Luxus von zwei Standorten, nämlich in München und Bergwiesen bei Traunstein leistet, mit dem damit verbundenen Flächenverbrauch und der notwendigen, motorisierten Mobilität. Jeder kehre doch erst einmal vor seiner eigenen Türe, bevor er den Menschen vorschreibt, wie sie glücklich zu werden haben.

1001 ERFINDUNG – DAS GOLDENE ZEITALTER DER ARABISCHEN WELT

Kultur & Technik 4/2007

Prof. Dr. Ing. Heinz Trauboth
Stiftung »Kunst und Technik«
im »Fränkischen Hof«

In Ihrem Aufsatz geben Sie eine Zusammenfassung der Arbeit des islamischen Kulturwissenschaftlers Professor al-Hassan der Universität Manchester wieder, in der er die Auffassung vertritt, dass nach der Antike das christliche finstere Mittelalter vom islamischen Zeitalter überstrahlt wird. Leider ist das negative Bild des christlich geprägten Mittelalters in den westlichen Medien weit verbreitet, ohne dass dies näher begründet wird.

Der Orient war in der Frühzeit in einigen kulturellen Bereichen dem Okzident voraus, aber nicht insgesamt gesehen. Der Begriff finstere Mittelalter bürgerte sich mit der Aufklärung ein, um diese umso heller erscheinen zu lassen. Als Mitglied der Georg-Agricola-Gesellschaft für Technikgeschichte geht es mir um eine redliche Geschichtsbetrachtung.

An zwei Beispielen möchte ich das fragwürdige Geschichtsverständnis aufzeigen: Die prächtige Palastanlage Alhambra des islamischen Herrschers Mohammed V. im spanischen Granada, mit ihren herrlichen filigranen Ausschmückungen entstand um 1370. Über hundert Jahre früher, 1260, wurde die großartige Kathedrale von Chartre mit ihren feinen ausdrucksvollen Reliefs, Skulpturen und Glasfenstern eingeweiht, nachdem der Wiederaufbau der Vorgängerkirche des 11. Jh. nach zwei Bränden bereits 1194 begonnen wurde. In vielen europäischen Ländern wurden um diese Zeit bereits zahlreiche ähnlich herrlich ausgestattete gotische Kathe-

dralen errichtet, finanziert nicht von der Kirche oder Herrschern, sondern über Stiftungen von einer breiten Bürgerschaft der betreffenden Region. Der Höhepunkt der Gestaltung von Glasfenstern war bereits zwischen 1130 und 1330, vorwiegend in Frankreich! Im christlichen Abendland waren die Baukunst mit ihrer Technik und die Glaskunst mit ihrer Chemie weit voran.

Die Hagia Sophia, Haupt- und Krönungskirche des Byzantinischen Reiches im einstigen Konstantinopel, wurde vor der Entstehung des Islams gebaut. Der an der Stelle zweier Vorgängerkirchen zwischen 532 und 537 unter Kaiser Justinian I. von den Baumeistern und Mathematikern Isidor von Milet und Anthemios von Tralleis ausgeführte Mehrkuppelbau sollte die unlösbare Verbindung von politischer und geistiger Führung demonstrieren. Seine enorme Größe und die gewagten technischen Neuerungen machten die Hagia Sophia zu einem der beeindruckendsten Bauwerke der damaligen Welt, bis heute. Mit der Eroberung Konstantinopels durch die Osmanen (1453) erfolgte die Umwandlung der Hagia Sophia in eine Moschee. Hierbei entstanden unter dem Hofarchitekten Sinan vier seitliche Minarette. Sinan baute die meisten bedeutendsten Bauwerke des Osmanischen Reiches, wobei er sich die Hagia Sophia zum Vorbild nahm. Heute ist sie ein Museum.

Es wäre gut, wenn einmal die kulturellen Leistungen des Islam und die des Christentums ehrlich gegenübergestellt würden, um aufzuzeigen, in welchen Gebieten sich die jeweilige Religion hervorgetan bzw. hemmend ausgewirkt hat. Da der Islam im Gegensatz zum Christentum eine Darstellung von Menschen (auch von Mohammed) nicht erlaubt, zeigt sich diese Einschränkung natürlich auch stark in der Kunst. Im Islam bezweckt die Kunst meistens stärker die Glorifizierung der jeweiligen Staatsmacht (bis heute), während die christliche Kunst überwiegend der Verkündigung des Evangeliums und seines Menschenbilds dient.

ANZEIGENWERBUNG

Kultur & Technik 1/2008

(...) Wissenschaft und Werbung passen nicht zusammen, auch wenn sogar Universitäten mittlerweile versuchen, sich über Vermarktbares zu differenzieren. Die Aufgabe des Bildungswesens, dazu zähle ich Schulen wie staatliche Museen

oder Archive, muss es bleiben, Wissen zu schaffen, zu vermitteln und zu erhalten. Deutschlands Kapital sind mündige, kritikfähige Bürger.
Dr. Martin Silomon, Essen

FEHLERTEUFEL*

Kultur & Technik 1/2008

Bildunterschrift auf Seite 13: Bei »Nautilus« handelt es sich nicht um eine Schnecke, sondern um einen Kopffüßer (cephalopode). Er ist der einzige rezente Nachkomme der Ammoniten. Nautilus ist verwandt mit dem Tintenfisch.
Sabine Krause-Rabe (per E-Mail)

MikroMakro-Rätsel auf Seite 38: Viele Leser haben uns auf einen Fehler im Rätsel für junge Leser hingewiesen: Das Foucault'sche Pendel im Turm des Deutschen Museums braucht 32 Stunden, um sich um 360 Grad zu drehen. Mehr dazu finden Sie in diesem Heft auf Seite 33.

Beitrag zu Robert Koch, Seite 56: (...) dort wird die alte Badische Anilin- und Sodafabrik (BASF) als »Baseler Anilin- und Sodafarben« bezeichnet. In Basel gibt es zwar eine Reihe chemischer Betriebe, aber die BASF ist in Ludwigshafen beheimatet, Das liegt zwar in der Pfalz, trotzdem ist BASF seit mehr als 100 Jahren als Abkürzung für die Badische Anilin- und Sodafabrik gebräuchlich.

Dr. Gerhard Müller, Germersheim

Historische Galerie, Seite 58: Nach ihrem Start am 31.1.1958 verbrachte die »Explorer I« zwölf Jahre im All, bevor sie am 31. März 1970 wieder in die Erdatmosphäre eintrat und in den Pazifischen Ozean stürzte. Da kann man wohl nicht mehr von einem »kurzen Weltraumausflug« sprechen.

Prof. em. Harry Ruppe, München
(gehörte zum Entwicklerteam der Explorer I)

*Herzlichen Dank an alle unseren aufmerksamen Leserinnen und Leser!

Welt und Wetter

Kulturhistorie und Geografie

WOLFGANG BEHRINGER

Kulturgeschichte des Klimas

C.H. Beck, München, 2. Auflage 2007
(3. Aufl. 2008), 352 Seiten, 22,90 Euro

DIETER HEINRICH UND MANFRED HERGT

dtv-Atlas Erde

dtv, München 2006, 319 Seiten,
24,50 Euro

CLAUDIA EBERHARD-METZGER

Das Wichtigste über Länder &
Kontinente, dtv, München 2006,
191 Seiten, 9,90 Euro

Das Wetter bewegt jeden! Die Erde ist uns am nächsten! Den Klimawandel fürchten wir alle! Hier ist eine Bücherauswahl zu diesen Fragen für ganz unterschiedliche Lesegemüter.

Die »Kulturgeschichte des Klimas« ist am spannendsten zu lesen: von einem professionellen Historiker geschrieben, flüssig, anschaulich – und mitunter provokativ. Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung seit dem Mittelalter. Wie haben Klimaveränderungen insbesondere die Entwicklung Europas beeinflusst? In der Tat gab es im 12. Jahrhundert Getreideanbau in Grönland und Weinberge in Südnorwegen. Das alles verschwand in der »Kleinen Eiszeit« zwischen dem 14. und 19. Jahrhundert. Hier fror sogar häufig die Adria bei Venedig zu und »Themsemessen« fanden regelmäßig auf dem zugefrorenen Fluss in London statt. Die ersten großen

Todeswellen in Europa wurden, einige Jahrzehnte vor dem Auftauchen der Pest, durch Hungersnöte ab 1315 ausgelöst, die diese »Kleine Eiszeit« verschuldete. Um 1600 gab es den Höhe- (sprich Tief-) punkt der Abkühlung parallel zum Höhepunkt des Hexenwahns. Der Autor sucht solche Zusammenhänge. Manches Wichtige aus der Gesellschaftsgeschichte sei dieser Kälteentwicklung geschuldet. Da bleibt man mitunter skeptisch, aber sein historischer Blick schärft den eigenen. In der Tat ist es erstaunlich, dass das Gemälde »Der Triumph des Todes« im Camposanto von Pisa 1338 entstand, fast 10 Jahre vor der ersten Pest, unmittelbar nach den ersten großen Hungerkatastrophen. Auf jeden Fall zeigen die weltweiten Reaktionen der Sechziger, Siebziger Jahre des 20. Jahrhunderts auf eine generelle Abkühlung unseres Planeten zwischen 1945 und 1975 (um 0,3°), dass man auch heute – mit der, umgekehrt, zunehmenden Erwärmung – vorsichtig auf allzu populistische Propheten reagieren sollte. Insbesondere das quantitative Ausmaß der Erwärmung ist noch weitgehend ungeklärt. Das enthebt uns allerdings nicht der Vorsorge.

Der »dtv-Atlas Erde« ist ein Nachschlagewerk, in der bekannten Reihe des Verlages, wie immer fundiert, detailreich sowie eindrucksvoll und informativ farbig illustriert. Er ist auch für Fachleute hilfreich, in der Fachwörterverliebtheit einiger Artikel aber vielleicht zu sehr in diese Richtung gedacht (Erdkundelehrer). Aber viele andere Texte und Grafiken sind auch für den Laien sehr gut lesbar: zum Beispiel über die verschiedenen Formen der Erdbeben, ihre Messung, sowie über ihre –



kaum merklichen bis katastrophalen – Wirkungen. Auch die unterschiedlichen Winde, Wirbelstürme, der Wärmehaushalt der Erde und vieles andere wird gut aufbereitet. Leider findet man zum Thema menschengemachter Klimawandel/Treibhauseffekt herzlich wenig (eine halbe Seite). Hier wollte man sich wohl in keine zu zeitnahen kontroversen Diskussionen einlassen. Dafür ist die angeführte Literatur äußerst reichhaltig. (Eine Gliederung in eher allgemein verständliche und in spezifische Fachliteratur fehlt leider.)

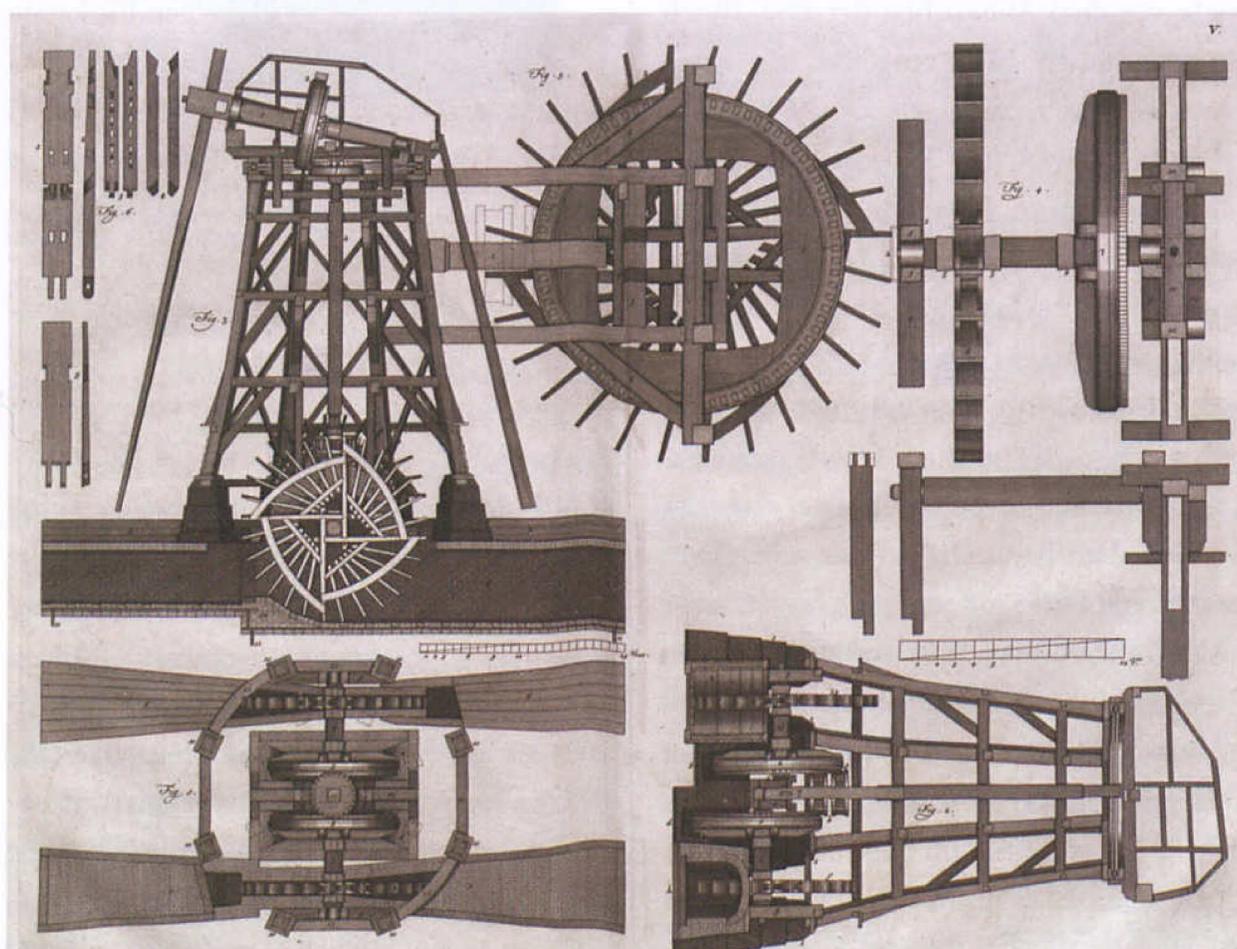
»Das Wichtigste über Länder & Kontinente« aus der Reihe »Einfach wissen« ist für die geologische/geografische Kurzinformation gedacht. Man erhält eine gute Übersicht oder Schnellinformationen über ein Thema, zum Beispiel Australien (1 Seite), wie Gebirge entstehen (2 Seiten), Vulkane (4 Seiten), Klimawandel (6 Seiten). Die Texte sind sachlich, ohne Fachwörter Salat und bereiten das Wesentliche gut verständlich auf. Das Buch eignet sich deshalb sehr gut für interessierte Jugendliche ab etwa 12 bis 13 Jahren, ohne dabei für Erwachsene eintönig oder unzulänglich zu werden. Natürlich bleibt bei diesem Umfang, der nützlichen Bebilderung und den sehr lebendigen, farblich abgesetzten Exkursen vieles andere ausgelassen. So werden im lexikalischen Anhang »nur« die etwa 130 bedeutendsten Staaten der Welt aufgeführt. Mich hätten allerdings durchaus auch, und sei es im Kleindruck, Madagaskar oder der pazifische Inselstaat Vanuatu interessiert (für Australien so etwas wie für uns die kanarischen Inseln). ■■

Schwimmpanzer und Dampfbläser

Technische Schaubücher der frühen Neuzeit

Vom 13. März bis 25. Mai 2008 zeigt die Bibliothek des Deutschen Museums in der Sonderausstellung

»Theatrum Machinarum« Höhepunkte der Buchkunst. Von Helmut Hilz



Einem Höfling, der 1578 am französischen Königshof Jacques Bessons gerade frisch gedrucktes *Theatrum instrumentorum et machinarum* in die Hand nahm, hat dieses Buch eine völlig neue Welt eröffnet. Sein Autor, ein 1540 in der Dauphiné im Südosten Frankreichs geborener »Ingenieur« und Mathematiker, war jedoch bereits fünf Jahre zuvor verstorben. Das großformatige Werk enthielt über 80 wertvolle Kupferstiche. Nur sehr selten war die um 1440 erfundene Kupferstichkunst bisher für die Buchillustration verwandt worden. Künstler, wie Albrecht Dürer, nutzten diese Technik für die Gestaltung graphischer Werke. Doch in Büchern wurde fast ausschließlich der in seinen Darstellungsfor-

Eine auf einem Steinfundament in Achtkantständerbauweise errichtete Mühle. Sie diente als »Wassermühle« der Polderentwässerung. Mühlen dieser Art waren in den Niederlanden für die Neulandgewinnung bis weit ins 20. Jahrhundert unentbehrlich. (aus: Johannis van Zyl, *Theatrum machinarum universale*, Amsterdam 1734)

men wesentlich größere Holzschnitt verwendet. Erst im letzten Drittel des 16. Jahrhunderts zog der Kupferstich langsam in die Buchkunst zuerst Italiens und dann Frankreichs ein. Er ermöglichte wesentlich detailgenauere Illustrationen und bedeutete gerade für Werke der Naturwissenschaften und Technik einen immensen Fortschritt.

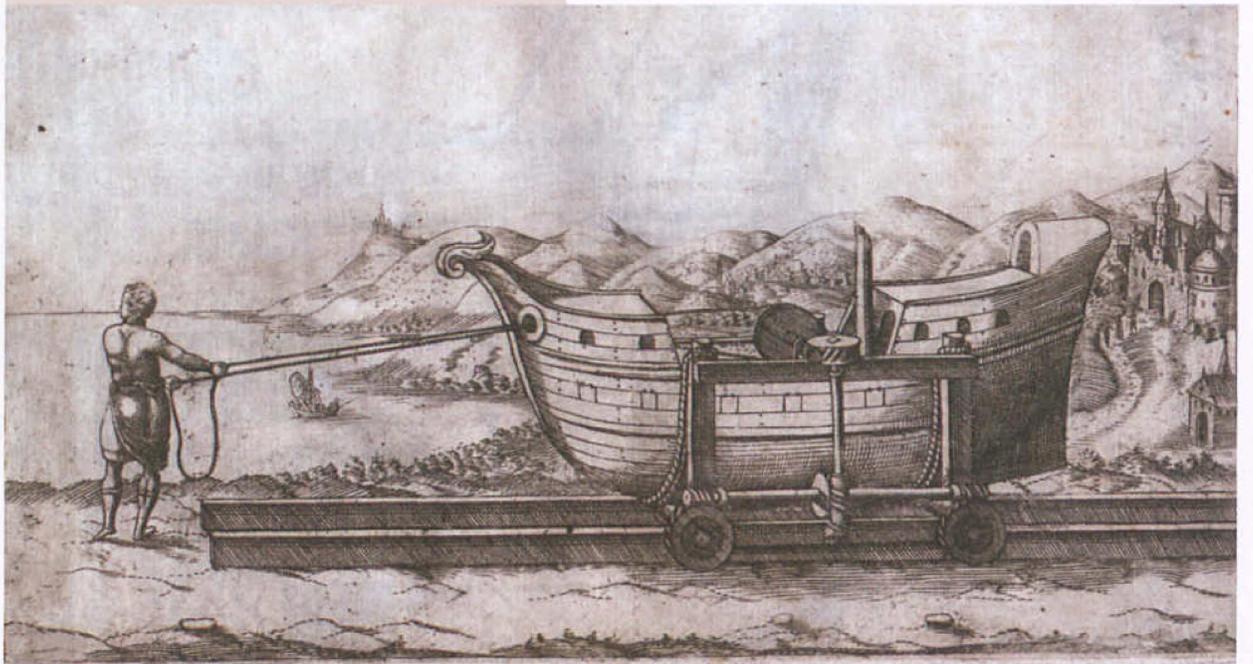
Doch es war nicht allein die noch ungewohnte Art der Illustration, die den Höfling zum Erstaunen gebracht haben wird. Viel mehr noch werden die Motive der Stiche Bewunderung ausgelöst haben: komplizierte Schöpfwerke zur Bewässerung, Bremsen für die noch seltenen Kutschen oder raffinierte Mühlen mit horizontalen Wasserrädern. Technische Geräte, die der Leser meist nur aus Erzählungen kannte, waren darin ebenso zu sehen wie noch nicht verwirklichte technische Erfindungen, so eine Vorrichtung zum Heben von Schiffswracks. Dabei waren diejenigen, die Bessons neu erschienenen Werk zu sehen bekamen, an Kostbares gewöhnt. Denn derartig aufwändig ausgeführte Werke wie das von Jacques Besson konnten sich nur sehr vermögende Buchliebhaber leisten.

Bis dahin waren technische Utopien lediglich in wenigen, vor allem im 15. Jahrhundert in Italien entstandenen technischen Handschriften zu finden. Die fantastischen, oftmals visionären Maschinenentwürfe Leonardo da Vincis stehen in der Tradition dieser Handschriften. Jacques Besson hatte in mehrjähriger Arbeit mit seinem *Theatrum instrumentorum et machinarum* ein Buch geschaffen, das sowohl an diese Tradition spätmittelalterlicher Handschriften anknüpfte, als auch An-

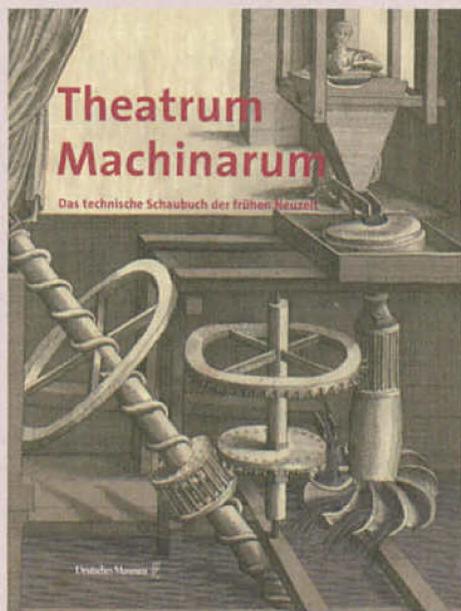
regungen aus den wenigen bisher gedruckten technischen Büchern aufnahm. Dazu zählten Vitruvs *De architectura libri decem*, das seit 1486 mehrmals gedruckt worden war ebenso wie Georg Agricolas 1556 veröffentlichtes Werk *De re metallica*.

MASCHINENTHEATER. Die Verbindung von zeitgenössischen Artefakten und technischen Utopien, wie sie bei Besson erstmals zu finden ist, stellte in der sich langsam entwickelnden technischen Literatur etwas Neues dar. Bücher dieser Art werden heute als »Maschinenbücher« oder »Maschinentheater« bezeichnet. Die zeitgenössische Benennung als »Theatrum machinarum« ist ein Hinweis auf die zentrale Rolle, die den Abbildungen in diesen Werken zukommt. Über gut 200 Jahre sollten in Frankreich, Italien, Deutschland und den Niederlanden diese reichhaltig illustrierten, den heutigen Betrachter faszinierenden Werke entstehen. Die Maschinenbücher vermittelten Konstruktionsideen, die, wenn überhaupt, meist erst sehr viel später verwirklicht wurden und trugen mit ihrem Ideenreichtum sicherlich zu einem größeren Interesse an technischen Sachverhalten bei.

Die frühen 1578, 1584 und 1588 von Jacques Besson, Jean Errard und Agostino Ramelli in Frankreich veröffentlichten Werke setzten die Maßstäbe und manche der darin enthaltenen Stiche finden sich auch in deutschen Maschinenbüchern. Ebenso wie Besson lebten und wirkten auch Errard und Ramelli in höfischer Umgebung und schrieben für diese ihre Werke. Das äußerst seltene Buch Errards enthält eindrucksvolle Illustrationen, die den Schifftransport auf Schienen oder von Schaufelrädern angetriebene Entwässerungspumpen zeigen. Doch das zweifellos bekannteste Maschinenbuch ist Ramellis *Le diverse et artificiose machine*, das nicht weniger als 194 Kupferstiche enthält, 20 davon nehmen sogar eine Doppelseite ein. Das Werk des Festungsbauers Ramelli gestattet es dem Leser, durch aufgebrochenes Mauerwerk auf die Mechanik von Wasserhebwerken und Mühlen zu blicken, Geheimnisse der barocken Automatentechnik aufzuspüren und in das Innere von Schwimmpanzern zu sehen.



Die Idee, den Schifftransport über Land mithilfe von Schienen zu erleichtern, findet sich bereits in der Antike. Hölzerne Gleise gab es im frühneuzeitlichen Bergbau seit Beginn des 16. Jahrhunderts. (aus: Jean Errard, *Premier livre des instruments*, Nancy 1584)



Begleitend zu der Ausstellung »Theatrum Machinarum« ist ein reich bebildeter Katalog erschienen, den Sie im Museumsshop oder in der Ausstellung erwerben können. ISBN 978-3-940396-03-7; 14,50 Euro

DR. HELMUT HILZ leitet die Bibliothek des Deutschen Museums.

Der begleitende Text in Französisch und Italienisch erläutert die technischen Details der einzelnen Illustrationen, erlaubt jedoch meist nicht den Nachbau der dargestellten Geräte. Dies war häufig gar nicht möglich, da Ramelli fantastische Anlagen ersonnen hatte, deren Bau praktisch nicht umsetzbar war. Andere Geräte, wie das heute seltsam anmutende Bücherrad, wurden allerdings auch verwirklicht.

Die Bücher dieser französischen »Ingenieure« fanden bald in Italien Nachahmer. Das Land ist die Wiege der technischen Literatur, die meisten spätmittelalterlichen Handschriften waren ebenso hier entstanden wie einige frühe technische Drucke. Vittorio Zonca, Fausto Veranzio und Giovanni Branca publizierten 1607, 1615 und 1629 drei in Inhalt und Qualität sehr unterschiedliche Maschinenbücher. Zonca, Architekt und »Ingenieur« in Padua, stellte vor allem technische Objekte im heimatlichen Venetien dar. Durch ihn kennen wir die Schiffsrutsche am Brenta-Kanal und wissen, wie eine zeitgenössische Buchdruckerwerkstatt aussah. Anders als Zonca, der kaum utopische Entwürfe darstellt, zeichnet sich Veranzios Werk durch eine Fülle innovativer technischer Ideen aus: ein Fallschirmspringer, neuartige Brückenkonstruktionen – eine Hängebrücke und eine Eisenbogenbrücke – sowie Schwimmreifen, als »mobiles« Hilfsmittel zur Querung eines Flusses, finden sich darin. Bis zur Verwirklichung vieler der bei Veranzio zu findenden Konstrukte sollte es mehr als dreihundert Jahre dauern. Das gilt auch für den bei Branca abgebildeten Dampfbläser, der mit Dampf eine Turbine antreibt. Doch bleibt dieses Werk vor allem hin-

Mi/Do/Fr/Sa
22.–25. Oktober 2008
Lehrerfortbildung – Workshop

»Erzählen«

im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht

für Lehrkräfte Physik / Mathematik / Chemie / Biologie an Realschulen und Gymnasien, Fachoberschulen und Berufsoberschulen, in deutscher Sprache.

Mit der Kulturtechnik des Erzählens können sonst oft sehr systematisch vermittelte Inhalte ansprechender dargestellt werden. Wie kann man in naturwissenschaftlichen Fächern der Sekundarstufe I und II »erzählen«?

Bei dieser Veranstaltung – als Fortsetzung der Workshops 2006/2007 – liegt der Schwerpunkt auf der Erarbeitung und Präsentation von Geschichten, Anekdoten, fiktiven Dialogen u.a. mit Hilfe der Exponate und Ausstellungen des Deutschen Museums. Eine Theaterpädagogin wird die Arbeitsgruppen professionell begleiten. Auch die umfangreiche Erfahrung und Kompetenz der Referenten und Ausstellungsmacher des Museums bei der Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte soll miteinbezogen werden.

Wesentliche Programmteile werden daher in den Ausstellungen (Physik, Astronomie, Chemie, Pharmazie, Mathematisches Kabinett, Informatik, Optik) und der Bibliothek des Deutschen Museums stattfinden. Eine Materialsammlung wird nach Seminarende zusammengestellt.

Tagungsort: München, Beginn: Mittwoch, 22.10., 17.30 Uhr. Kosten: 3 Übernachtungen / Frühstück und Seminargebühren inkl. Museumseintritt 240,- €. Sie wohnen im Kerschensteiner Kolleg in modern eingerichteten Zimmern (Etageduschen und -WCs) direkt auf der Museumsinsel. Wir empfehlen die Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln.

Information und Anmeldung:
Christine Füssl-Gutmann, Tel. +49-(0)89-2179-243, Fax +49-(0)89-2179-273
E-Mail: c.fuessl@deutsches-museum.de
Deutsches Museum, Museumsinsel 1,
80538 München
www.deutsches-museum.de/information/fortbildung/fuer-lehrkraefte

Deutsches Museum
Kerschensteiner Kolleg

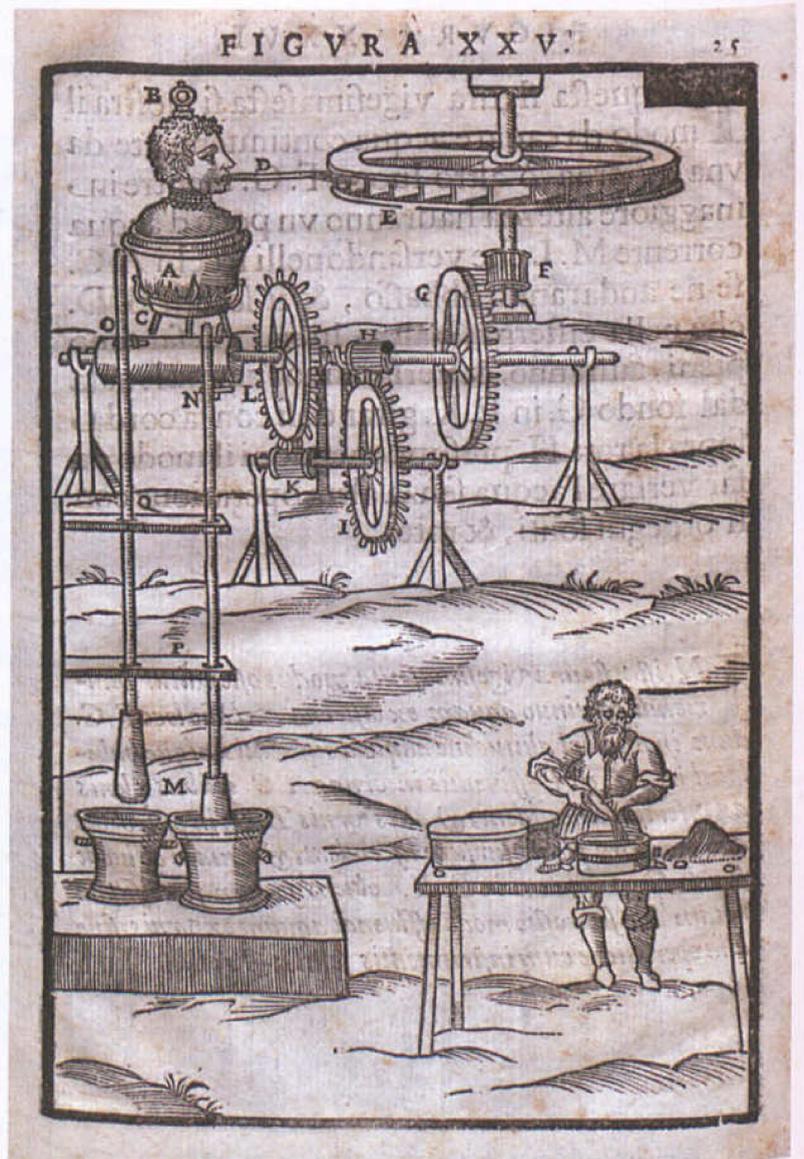
Zweifellos die berühmteste Illustration aus Brancas *Le machine*: Der Dampfbläser. Die Schaufeln der Turbine werden durch einen Dampfstrahl angetrieben, der aus dem Mund des »Püsterich« strömt. Die Turbine selbst dient dem Antrieb eines Stampfwerks. Die Idee, den Dampf für Antriebszwecke zu verwenden, findet sich seit der Antike, zuletzt bei Leonardo da Vinci. (aus: Giovanni Branca, *Le machine*, Rom 1629)

sichtlich der Illustrationen, die hier als Holzschnitte ausgeführt wurden, ganz deutlich hinter den bisherigen Maschinenbüchern zurück.

Vor Beginn des Dreißigjährigen Krieges erschienen auch in Deutschland drei Maschinenbücher. Mit ihren französischen und italienischen Vorbildern konnten sie

sich jedoch kaum messen. Die Ausführung der Kupferstiche und die Typographie waren von geringerer Qualität, damit waren die Werke aber auch billiger. Dies und die deutlich ausführlicheren Begleittexte machten sie jedoch gerade für Techniker attraktiver. Nachdem Heinrich Zeising 1607 bis 1612 sein sechsteiliges Maschinenbuch mit dem Ziel, »diese Kunst der Machination etwas gemeiner zu machen«, veröffentlicht hatte, folgten wenige Jahre später die Werke des aus Frankreich stammenden Salomon de Caus (1615) und das posthum veröffentlichte Maschinentheater Jacopo Stradas (1617/18). Mit dem von Andreas Böckler verfassten *Theatrum machinarum novum* erschien 1661 das letzte der klassischen Maschinenbücher.

In der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts kamen mehrere Werke auf den Markt, die sich im Titel ebenfalls als »Theatrum machinarum« bezeichneten. Im Gegensatz zu den früheren Maschinenbüchern geht es jetzt ausschließlich um die Darstellung des zeitgenössischen Stands der Technik, – utopische Entwürfe oder Perpetua mobilia sind nun nicht mehr Thema. Das bekannteste dieser Werke stammt von Jacob Leupold, der sein Maschinenbuch als technische Enzyklopädie konzipierte. Leupold behandelt in den elf Teilen, die er bis zu seinem Tod 1727 publizierte, vor allem den Bau von Brücken, Hebezeugen und Mühlen. Zeitgleich erschienen auch in den Niederlanden mehrere Bücher, die sich nahezu ausschließlich mit dem Mühlenbau befassten. Wie nicht anders zu vermuten, stehen der Entwässerung der Polder dienende Windmühlen im Vordergrund der Darstellung. Diese später, in Deutschland und den Niederlanden veröffentlichten Maschinenbücher, die oft auch als Mühlenbücher bezeichnet werden, bilden die Brücke zwischen der technischen Literatur der Spätrenaissance und des Barocks auf der einen Seite und den technischen Büchern der Zeit der Frühindustrialisierung auf der anderen Seite. Die äußerst detailreichen Stiche der holländischen (Wind-) Mühlenbücher ähneln bereits einer Maschinenzeichnung und wenden sich an eine fachlich gebildete Leserschaft – ganz anders als die phantasievollen Illustratoren der frühen Maschinenbücher, die auch dem Laien – wie unserem Höfling vom Beginn – beim Betrachten eine willkommene Zerstreuung boten. ■■



Zukunft –

mit aller Energie.

Die Energie von morgen – unser Engagement heute.
Bis 2015 bringen wir zehn neue Gas- und Steinkohle-
kraftwerke in Europa ans Netz, mit einer Leistung von
7.695 Megawatt. Innovative Technologien steigern ihre
Effizienz, verringern Emissionen und schützen das
Klima. Zukunft made by E.ON Energie.



Zwischen Himmel und Erde

Wetterkunde zwischen
Wetterklärung und Vorhersage

**Meteorologie ist die
Lehre von dem, was
»über den Bergen« oder
buchstäblich zwischen
Himmel und Erde ist.
Ein kurzer Blick auf die
lange Geschichte einer
besonderen Wissen-
schaft.** Von Beate Ceranski

Die von dem preußischen Meteorologen Richard Assmann durchgeführten bemannten Freiballonaufstiege bildeten in den 1890er Jahren nicht nur eine Publikumsensation, sondern lieferten der Meteorologie auch wichtige Daten über die bislang nicht zugänglichen höheren Luftschichten.

Ihren Ursprung als wissenschaftliche Disziplin hat die Meteorologie wie so viele andere Gebiete der Naturforschung und der Philosophie bei Aristoteles. Er prägte mit seiner Abhandlung *Meteorologica* um 340 v. Chr. nicht nur den Begriff der Meteorologie, sondern legte auch für viele Jahrhunderte fest, welche Phänomene ihr zugehörten. Ähnlich wie er es auch in anderen Gebieten praktizierte, entwarf Aristoteles eine stringente Systematisierung und Deutung der meteorologischen Phänomene. Dabei benutzte er jenen begrifflichen Apparat, den er auch in anderen Bereichen seiner Naturphilosophie zur Anwendung brachte, etwa seine Ursachen- und Elementenlehre. Sein auf umfassende Erklärung zielender Denkansatz ging mit der Wiederentdeckung und Rückübersetzung des aristotelischen Textkorpus aus dem Arabischen im 12. Jahrhundert in die scholastische Philosophie ein und wirkte dort, etwa bei Albertus Magnus, als Teil der systematischen Erklärung der Welt fort. Wie das Wetter morgen wird, interessierte hingegen weder Aristoteles noch Albertus. Für die Geschichte der Meteorologie als Wissenschaft jedoch wurde die Wettervorhersage zum zentralen Aufgabengebiet schlechthin. Denn nicht nur das für das persönliche Alltagsleben, sondern auch in der Landwirtschaft und nicht zuletzt für die Kriegsführung war die Prognose des künftigen Wetters seit altersher von lebenswichtiger Bedeutung.

DIE ZEIT DER ASTROMETEOROLOGIE. Auch die Geschichte der Wetterprognose beginnt mit einem bedeutenden Autor der Antike, mit Ptolemaios. Wir kennen ihn vor allem als Verfasser eines bedeutenden astronomischen Textes, des *Almagest*. Ptolemaios behandelte in seinem Grundlagenwerk der Astrologie, dem sogenannten *Tetrabiblos*, auch das Wetter und leitete dessen Entwicklung aus den Konstellationen der Wandelsterne, der Planeten, ab. Hinter diesem Vorgehen stand die Vorstellung, dass die Vorgänge auf der »sublunaren« (unter dem Mond befindlichen) Erde von den »supralunaren« (über dem Mond befindlichen) Vorgängen am Himmel beeinflusst würden. Kannte man – dies war das Geschäft der Astrologie – die Beziehungen zwischen den Sternen und den ihnen zugeordneten Elementen, Regionen und Phänomenen, so konnte man aus den vorausberechneten Gestirnskonstellationen Prognosen unter anderem auch für das Wetter ableiten. Die Astrometeorologie als Teilgebiet der Astrologie bot damit einen doppelt leistungsfähigen Weltentwurf, der sowohl die Erklärung als auch die Prognose der meteorologischen Phänomene erlaubte. Von seiner Attraktivität zeugen die zahlreichen Traktate und Handschriften, die bis weit in das 16. Jahrhundert hinein auf hohem technischen Niveau verbreitet wurden. Die Planetenpositionen für einen bestimmten Beobachtungsort wurden ihrerseits von Astronomen regelmäßig in Übersichtswerken, den sogenannten *Ephemeridentafeln*, auf Jahre im Voraus zusammengestellt, publiziert und waren somit leicht zugänglich.

DIE SINTFLUT FÄLLT AUS. Erstaunlicherweise wurde die Popularität der Astrometeorologie auch durch die wohl markanteste Falschprognose der Meteorologiegeschichte nicht erschüttert, die sich im ersten Viertel des 16. Jahrhunderts, just in der Reformationszeit, ereignete. Der Astronom Johann Stöffler sah in seiner Ephemeridentafel für den Februar des Jahres 1524 gleich 20 astrologische Konjunktionen voraus, »von denen 16 das Zeichen des Wassers besitzen werden, die für fast den gesamten Erdkreis eine unzweifelhafte Veränderung bedeuten werden [...] wie wir von mehreren Jahrhunderten kaum vernommen haben.« Diese zwar recht unbestimmt bleibende, aber dramatisch klingende Prognose, die bereits ab 1499 mit den Planetendaten veröffentlicht wurde, führte zwischen 1519 und 1524 zu einer außerordentlich regen, international in den verschiedensten Sprachen geführten Debatte, wie denn der Sintflut – so wurde das »Zeichen des Wassers« interpretiert – zu begegnen sei. Die Vorschläge reichten vom Abhalten einer Bittprozession bis zur Sicherung des Biers auf dem Dachboden ... Ausgerechnet jene Ephemeridentafel mit ihrer astrologisch abgeleiteten Katastrophenansage wurde nun zur Gelegenheit, das tatsächlich in jenem Februar 1524 eingetretene Wetter aufzuzeichnen. Ein in der Württembergischen Landesbibliothek aufbewahrtes Exemplar von Stöfflers *Tafelwerk* zeigt das Wort »nubes«, Wolken, als Eintrag in die Tabelle unter dem Tagesdatum – die über Jahre erwartete und diskutierte Sintflut fiel einfach aus. Die mit Prognosen versehenen Kalender, die zu jedem Tag einen eigenen astro-



Emporwirbelnde Cumulus-Wolke, welche sich schirmartig ausbreitet und dann auflöst. Beobachtet im Ballon »Phönix« (19. Fahrt), nach der Natur in 3500 Meter Höhe von H. Gross am 4. August 1894 gezeichnet. In: Assmann, Berson: *Wissenschaftliche Luftfahrten*, Braunschweig 1900, Seite 360 (Bibliothek des Deutschen Museums).

nomischen Datensatz enthielten, stellten in der Tat das optimale Medium für die regelmäßige, möglichst tägliche Eintragung kurzer Beobachtungen dar. Paradoxe Weise haben demnach diese Texte aus einem völlig anderen wissenschaftlichen Weltbild Spuren der Wetterbeobachtungen überliefert, die nicht nur das Scheitern ihrer Prognose dokumentieren, sondern auch für die klimageschichtliche Rekonstruktion höchst interessant sind.

Der Wirkmächtigkeit der Astrometeorologie für die Erklärung und Prognose von Witterungsvorgängen tat das Ausbleiben der Sintflut von 1524 übrigens keinen Abbruch. Für die nächsten 200 Jahre publizierten etwa Johannes Kepler oder die Berliner Astronomin Maria Kirch mit ihren Kalenderberechnungen zugleich Wetterprognosen, die sie oft in ihrem persönlichen Kalenderexemplar durch die jeweils eingetretenen Wetterbedingungen ergänzten. Maria Kirchs Beobachtungen, die sie zwischen 1701 und 1720 nahezu lückenlos aufzeichnete, enthalten dabei im Gegensatz zu den fast 100 Jahre älteren Notizen Keplers auch Temperaturangaben, denn inzwischen war eingetreten, was in vielen Darstellungen als die Geburtsstunde der wissenschaftlichen Meteorologie bezeichnet wird: die sogenannte »instrumentelle Revolution«.

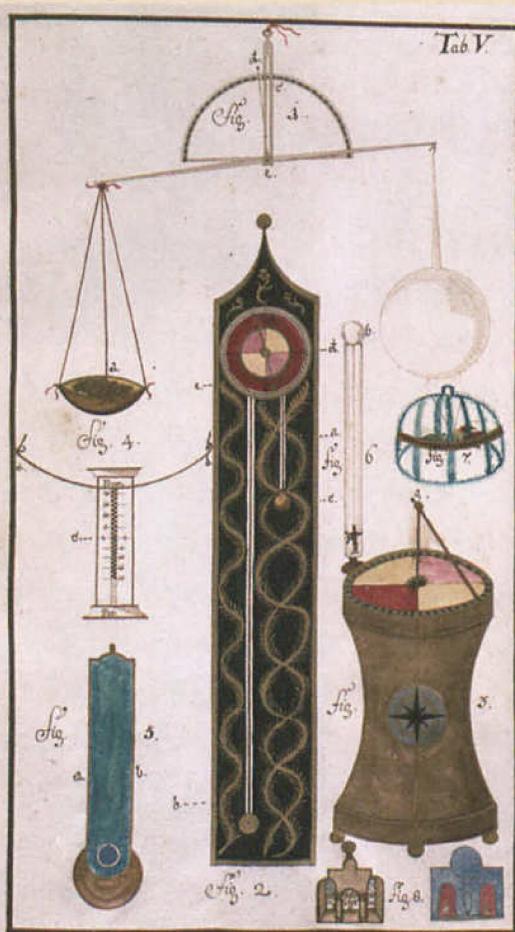
EINFÜHRUNG DER MESSINSTRUMENTE.

In der Mitte des 17. Jahrhunderts wurden binnen weniger Jahrzehnte mit dem Thermometer und Hygrometer die Wärme und die Feuchte der Luft einer quantitativen Bestimmung zugänglich. Noch folgenreicher war ein anderes Instrument, das zunächst gar nichts mit dem Wetter zu tun hatte, sondern im Kontext der komplexen naturphilosophischen Debatte um die Existenz des Vakuums entstand: Mit der Erfindung des Barometers in den 1640er Jahren betrat jene physikalische Größe die Bühne der meteorologischen Arbeit, die sich schon bald als zentraler Parameter für die Beschaffenheit und zukünftige Entwicklung des Wetters erweisen sollte: der Luftdruck. Hier kam es zu einem jener faszinierenden Gestaltwechsel, die in der Wissenschafts- und Technikgeschichte immer wieder anzutreffen sind. (So bezeichnen die Kogni-

tionswissenschaften jenes von Vexierbildern bekannte Phänomen, das die Wahrnehmung plötzlich umklappt und man eine zweite Lesart eines Bildes entdeckt.) Als nämlich die Naturforscher mit den ersten Barometern die Schwere der Luft an verschiedenen Orten oder zu verschiedenen Zeiten maßen und die Werte verglichen, schienen die Schwankungen auf eine fundamentale Unzuverlässigkeit des neuen Instruments hinzudeuten. Erst als die unterschiedlichen Ergebnisse als Folge anderer Höhenlagen (verschiedene Orte) oder als Folge verschiedener Witterungsbedingungen (verschiedene Zeiten am gleichen Ort) gedeutet wurden, kippte die Wahrnehmung: Aus einem Problem mit der Zuverlässigkeit eines Instruments wurde eine Möglichkeit der Höhenbestimmung und der Diagnose von Wetteränderungen. Bereits für 1660 ist uns von Otto von Guericke die erste Vorhersage eines nahenden Sturms nach einem starken Abfall des Barometers bezeugt.

Mit der Erfindung und Erforschung der Instrumente begann in der Meteorologie ein neues Kapitel. Fortan konnten die Wetterphänomene nicht nur beobachtet, sondern, sofern die Messgeräte identisch oder vergleichbar waren, auch quantitativ bestimmt und damit über Ort und Zeit hinweg verglichen werden. Welcher Art die Beziehungen zwischen den möglich gewordenen Messwerten sein sollten, war freilich völlig unklar.

Die Leistungen und Grenzen der instrumentell gewordenen Meteorologie zeigen sich am Beispiel des größten meteorologischen Forschungsprojekts der Frühen Neuzeit besonders eindrucksvoll. Zwischen 1780 und 1794 wurde die kurpfälzische Residenzstadt Mannheim zur Heimat und Basis eines umfassenden internationalen Mess- und Beobachtungsprojekts mit insgesamt 37 Stationen von Amerika bis zum Ural; der Schwerpunkt lag in Süddeutschland. Finanziert unter Karl Theodor von der Pfalz und initiiert von seinem Hofkaplan Johann Jakob Hemmer, entstand ein großzügig und weitreichend organisiertes Netzwerk. Die einzelnen Stationen der sogenannten Societas Meteorologica Palatina mussten nicht nur zu den gleichen Zeiten (zu den »Mannheimer Stunden« um 7, um 14 und um 21 Uhr) und auf die



Die aquarellierte Handzeichnung von 1773 zeigt ein Hygrometer mit einem Schwamm (Fig. 1), verschiedene Hygrometer mit Saiten (Fig. 2,3,5-8) sowie ein Hygrometer mit Hanfschnur (Fig. 8) (Handschrift von Wagenecker: *Instrumenta Mathematica Physica*).

Horae observationis ordinariae 7 mat. 2 pom. 9 vesp. Rhenus observatur mane; pluviae copia & evap. hor. 2 pom.

Die	Barom.	Th.int.	Th.ext. I	Th.ext. II	Hygr.	Declin.	Ventus.	Pluvia.	Evap.	Rhen.	Luna.	Coeli facies	Meteora.
	dig. lin. dec.	gr. dec.	gr. dec.	gr. dec.	gr. dec.	gr. min.	direct. virg.	p. lin. 0.4 tae	lin. dec.	ped. dig.			
1	27, 10, 1 8, 9 8, 4	4, 0 4, 2 1, 0	1, 7 3, 3 1, 4		13, 0 15, 5 14, 0	19, 15 18 21	SO I O 2. SSO I.			-5, 0	☾ ☽	== == ==	
2	27, 6, 8 5, 7 5, 7	4, 5 4, 6 4, 4	2, 1 3, 6 1, 7		14, 8 15, 5 14, 3	19, 22.1/2 25.1/2 19.1/2	SSW 2.1/2 SW 2 SSW I			-4, 8	☽ h. 8 m. 49 vesp. ♀	== n. sp. == ==	†† h. 2 pom.
3	27, 6, 3 6, 7 7, 6	4, 2 4, 4 4, 4	-0, 1 0, 6 0, 8	-0, 9	12, 4 19, 0 16, 3	19, 26.1/2 30 24	WNW I WSW I WNW I	27.1/2		-4, 9	☽	≠ cin. ≠ cin. == a & n. sp.	†† h. 6 pom.
4	27, 8, 4 8, 8 10, 5	4, 3 4, 5 4, 2	0, 0 2, 0 0, 0	-0, 3	19, 0 22, 0 23, 0	19, 24 25.1/2 24	WSW 1.1/2 WNW 2 NW 2	33		-4, 8	☽	== ≠ ==	†† h. 9. mat. :: h. 2 pom.
5	27, 11, 3 11, 6 28, 0, 7	4, 1 4, 3 4, 1	-1, 5 1, 3 -3, 4	-1, 9	20, 5 22, 6 23, 6	19, 13.1/2 22.1/2 13.1/2	O SO 1.1/2 NNW 1.1/2 NNW I	12		-5, 2	☽	== ≠ a. sp. ==	†† h. 8 mat.
6	28, 1, 3 1, 6 2, 1	3, 6 3, 6 3, 6	-5, 5 -3, 9 -3, 3	-7, 0	21, 7 25, 2 26, 3	19, 13.1/2 30 22.1/2	NO I WSW I SO I			-5, 6	☽	☉ ☉ a. t. ☉ a. sp.	
7	28, 2, 1 1, 5 1, 3	3, 3 3, 4 3, 3	-3, 3 -1, 9 -4, 7	-4, 4	23, 5 24, 5 19, 4	19, 15 27 13.1/2	NNW 1.1/2 NNW I NI			-5, 10	☽	☉ ☉ ☉	:: h. 10 vesp.
8	28, 0, 7 0, 5 1, 5	3, 0 3, 1 3, 5	-4, 7 -2, 8 -2, 9	-6, 0	16, 8 19, 5 18, 0	19, 16.1/2 25.1/2 21	NO 1.1/2 NNW 1.1/2 NNW 1.1/2			-6, 1	☽	== == ==	:: a mane ad vesp.
9	28, 1, 4 1, 5 2, 1	3, 8 4, 0 3, 2	-0, 5 1, 3 -0, 5	-1, 0	22, 6 29, 8 30, 5	19, 13.1/2 30 18	NO I ONO 2 ONO 2.1/2	22.1/2		-6, 4	☽	≠ ≠ a. sp.	†† nocte praeced.
10	28, 2, 8 3, 5 3, 5	2, 6 2, 9 3, 0	-1, 4 -0, 2 -0, 8	-2, 5	32, 8 33, 5 31, 4	19, 18 18 18	ONO 2.1/2 ONO 2.1/2 ONO 1.1/2			-6, 6	☽ h. 9 m. 40 mane ☽	≠ a. sp. == ==	
11	28, 2, 4 1, 3 0, 8	2, 7 2, 8 3, 0	-1, 3 -0, 6 -1, 6	-1, 8	30, 0 32, 5 30, 7	19, 19.1/2 24 24	ONO 1.1/2 ONO 1.1/2 ONO I			-6, 8	☽	== == ≠ a. sp.	
12	28, 0, 4 0, 0 0, 3	3, 0 3, 4 3, 5	-2, 5 1, 5 -0, 8	-2, 5	25, 3 32, 5 29, 6	19, 21 27 21	NNW I OI NO I			-6, 9	☽	☉ ☉ a. t. ☉	
13	27, 11, 8 11, 7 11, 8	3, 2 3, 0 3, 1	-3, 6 -0, 8 -3, 0	-5, 0	21, 5 28, 0 24, 4	19, 24 27 21	NO I OI ONO I			-6, 9	☽	≠ cin. sp. == ☉	:: h. 7. 1/2 mat.
14	27, 11, 5 11, 0 10, 8	2, 8 2, 8 2, 6	-5, 5 -1, 8 -4, 4	-6, 3	19, 9 25, 7 23, 8	19, 21 33 12	NO I SO I SI			-6, 10	☽ ☽	☉ ☉ ☉	
15	27, 10, 1 9, 8 10, 0	2, 3 2, 5 2, 5	-6, 1 -3, 0 -5, 3	-7, 5	19, 7 1, 2 19, 2	19, 13.1/2 22, 8 21	SSO I WNW 1.1/2 SW I			-6, 10	☽	☉ ☉ ☉	:: 7. 1/2 mat.
16	27, 10, 0 9, 6 9, 9	2, 1 2, 3 2, 4	-7, 8 -3, 3 -3, 3	-9, 5	17, 7 21, 7 21, 3	19, 21 21 24	SI 1.1/2 SSW 1.1/2 SSO I			-6, 10	☽	☉ ☉ a. ☉	:: ab h. 6 mat. ad 8.
17	27, 9, 6 9, 3 9, 1	2, 3 2, 5 2, 6	-2, 2 -0, 4 -0, 1	-3, 0	19, 9 18, 4 15, 0	19, 18 27 21	WNW I NNO I NNO I			-6, 8	☽ h. 2 m. 27 mane, ☽ ☽	== == ==	:: tota die.
18	27, 7, 7 7, 1 6, 6	2, 7 2, 8 3, 2	0, 5 2, 6 2, 8	0	13, 0 13, 7 9, 4	19, 21 24 12	NNO I SO I OSO 2	240		-6, 7	☽	== == ==	:: nocte, †† h. 2 & 9 pom.

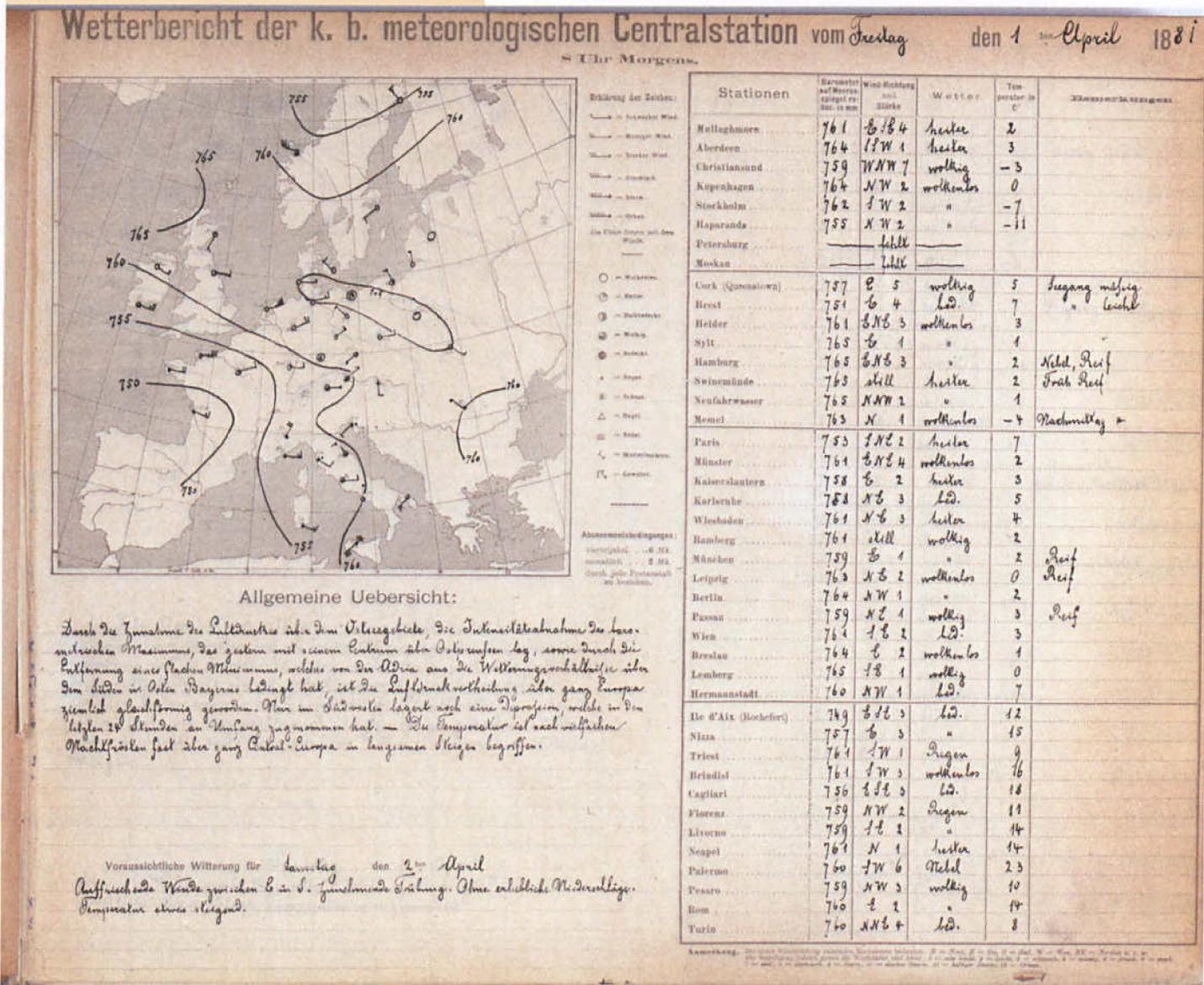
Meteorologische Tabelle des Observatoriums in Mannheim für den Monat Januar 1781 nach Jacob Hemmer. In: *Ephemerides. Societas Meteorologicae Palatinae. Historia et Observationes Anni 1781* (Bibliothek des Deutschen Museums).

Unter den »Meteora« in der letzten Spalte der Tabelle sind sämtliche Niederschläge zu verstehen, die hier mit ihren Uhrzeiten notiert wurden. Die Temperaturen (Spalte 2-4) wurden innen und an zwei verschiedenen Stellen außen abgelesen, wobei die Himmelsrichtung für die Anbringung der Thermometer exakt festgelegt war.

wickelte der Breslauer Gelehrte Brandes um 1816, als er auf die Idee kam, die Angabe des Luftdrucks auf einen Mittelwert zu beziehen und alle Werte als Abweichungen von diesem Mittelwert auszudrücken. Brandes konnte auf diese Weise etwa aus einer Datenreihe Gebiete tiefen Luftdrucks und um sie herum Linien ansteigender Luftdruckwerte identifizieren und mit Sturmweather in den entsprechenden Gegenden in Verbindung bringen. Die uns heute so vertrauten Wetterkarten und Isobaren-Darstellungen nahmen bis zur Jahrhundertmitte langsam Gestalt an, und mit ihnen die Konzepte des Tiefdruckgebiets und der mit ihm verbundenen Winde. Brandes arbeitete übrigens in seiner 1820 publizierten Arbeit mit Messdaten aus dem Mannheimer Projekt, und zwar mit Daten des Jahres 1783 – mit Prognose hatte seine Forschung einstwei-

gleiche Art messen, sie wurden dazu auch mit Formularen für die Eintragung ihrer Ergebnisse und, was am wichtigsten und für Karl Theodor am teuersten war, mit Instrumenten versorgt. Wo es nötig und möglich war, sorgte Hemmer selbst für die Einweisung der Beobachtungsteilnehmer in die Handhabung der Instrumente. So geschah es etwa im Wallfahrtsort Hohenpeißenberg, der damit zur ältesten bis heute kontinuierlich genutzten meteorologischen Station der Welt wurde. Mit diesem Einsatz an Zeit und Mitteln war die Einheitlichkeit der Instrumente, der Beobachtungsweise und der Datenaufschriebe gewährt. Die nach Mannheim zurückgeschickten Bögen wurden dort ausgewertet, gesammelt und schließlich zur Gänze publiziert. Kein anderes meteorologisches Projekt des 17. oder 18. Jahrhunderts hat so vollständige und so konsistente Beobachtungsdaten geschaffen. Der unmittelbare meteorologische Ertrag war freilich denkbar gering: Die als Arbeitshypothese postulierte Abhängigkeit des Witterungsgeschehens vom Stand der Gestirne (hier wirkte noch die Astrometeorologie nach!) konnte nicht bestätigt, andere Hypothesen konnten nicht gefunden werden. Von nahezu unermesslichem Wert ist hingegen der langfristige meteorologische Nutzen des Mannheimer Projekts: Da nicht nur Mittel- und Extremwerte, sondern sämtliche Daten gedruckt wurden, kann die historische Klimatologie heute noch wertvolle Rückschlüsse aus jenen Messungen ziehen, zumal die 1780er Jahre wegen reger weltweiter Vulkantätigkeit größere Wetteranomalien zeigten, die auch durch historische Quellen bezeugt sind. Die langen Reihen von Zahlen in Erklärungen, geschweige denn Vorhersagen des Wetters umzuwandeln, blieb freilich noch viele Jahre unmöglich. Dies kam erst mit der Erfindung eines ganz neuen Mediums in Sicht.

WETTERKARTEN UND STURMWARNUNGEN. Waren die Instrumente die zentrale Erfindung des 17. und das standardisierte Messnetzwerk die wichtigste Erfindung des 18. Jahrhunderts, so steuerte das 19. Jahrhundert das geeignete Medium zu ihrer Auswertung bei: die Wetterkarte. Die Grundidee ent-



Wetterbericht der königlich bayerischen meteorologischen Centralstation München vom Freitag, 1. April 1881, 8 Uhr morgens. Karte mit Aufzeichnungen. Aus: Bezold/Lang, München 1881 (Bibliothek des Deutschen Museums).

PD DR. BEATE CERANSKI lehrt und forscht an der Abteilung für Geschichte der Naturwissenschaften und Technik des Historischen Instituts der Universität Stuttgart. Zurzeit interessiert sie sich neben der Geschichte der Meteorologie vor allem für die Geschichte der Radioaktivitätsforschung. Außerdem untersucht sie die Wissenschafts- und Technikgeschichte in geschlechtergeschichtlicher Perspektive.

wichtiges Verfahren. Der amerikanische Seefahrer Maury hatte da eine besonders raffinierte Idee: Er ermittelte durch die systematische Auswertung einer großen Zahl an Logbüchern die optimalen Segelrouten für verschiedene Strecken und Zeiten. Damit lieferte er einerseits eine Einsicht in die zu verschiedenen Jahreszeiten vorherrschenden Windsysteme und gab andererseits klare Handlungsempfehlungen für die Seefahrt ab, die in einer deutlichen Zeitersparnis resultierten.

WETTERDIENST FÜR SEELEUTE. Mit den neuen Möglichkeiten, dank Eisenbahn und Telegrafie räumliche Entfernungen für Menschen und für Nachrichten schnell zu überbrücken, änderte sich ab der Jahrhundertmitte allmählich die Rolle der Wetterkarten. Eine der Sensationen der ersten Weltausstellung 1851 war eine tagesaktuelle Wetterkarte, die jeweils die telegrafisch übermittelten Werte der verschiedenen Wetterstationen enthielt. Zusammen mit dem inzwischen mithilfe der Karten entwickelten Verständnis, dass sich Tiefdruckgebiete auf der Nordhalbkugel mit bestimmten typischen Geschwindigkeiten von West nach Ost bewegten, war damit ein echtes Mittel für eine Wetterprognose gegeben. Die praktische Realisierung war jedoch aufwändig und wurde kurz nach der Mitte des 19. Jahrhunderts – wie so oft in der Geschichte der Meteorologie – erst durch (Schiffahrts-) Katastrophen an der englischen Küste und am Schwarzen Meer angestoßen, die mit einer sorgfältigen Beobachtung und schnellen Kommunikation hätten verhindert werden können. Einer der weitsichtigsten Protagonisten war der englische Seemann Robert Fitzroy, der Kapitän von Darwins Expeditionsschiff. Fitzroy etablierte in den 1860er Jahren an der englischen Küste einen Sturmwarndienst. Das Verfahren, mit dem er aus den telegrafisch übermittelten Werten verschiedener Beobachtungsstationen mittels einer Wetterkarte ohne andere Hilfsmittel binnen einer halben Stunde eine Prognose erstellte, war den etablierten Wissenschaftlern unter seinen Zeitgenossen allerdings nicht geheuer. Sie befürchteten, dass etwaige Fehlprognosen Fitzroys den Ruf der Wissenschaften gefährden könnten und sich grundsätzlich eine so unsichere Sache wie die Wettervorsage für eine staatliche Stelle nicht ziemte. Auch wenn Fitzroy persönlich schließlich scheiterte, war die Gründung von Wetterdiensten nicht mehr aufzuhalten. Zu groß war das Interesse der Küstenbevölkerung, der Fischer und Seefahrer, und nicht zuletzt des

len nichts zu tun ... Seine bahnbrechenden Arbeiten markieren den Beginn der sogenannten synoptischen Meteorologie, des Zusammen-Schauens vieler Daten auf einer einzigen Karte.

Ein wichtiges Thema des 19. Jahrhunderts war daneben das Verständnis der Winde und Windsysteme. Hier wurden einerseits, etwa von dem deutschen Physiker Heinrich Dove, Modelle entwickelt, die das Witterungsgeschehen als Resultat der dynamischen Wechselwirkung von Polar- und Passatwinden auffassten und somit einen konzeptionellen, erklärenden Zugang zur Meteorologie lieferten. Andererseits entwickelte man für die Anwendungspraxis statistische Methoden, indem man auf langjährige Daten zurückgriff – ein bis heute für die Meteorologie vor allem in der Langfristprognose

Militärs, an einer zuverlässigen Warnung vor Unheil. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts etablierten sich in nahezu allen Ländern nationale Wetterdienste, die mit Hilfe der synoptischen Meteorologie täglich große Mengen an Beobachtungsdaten in Wetterkarten und daraus dann in Wetterberichte und Wettervorhersagen verwandelten. Im Deutschen Reich kam es zur Gründung einzelner Länderdienste, die erst 1934 im Reichswetterdienst zusammengeführt wurden.

DIE METEOROLOGIE GEHT IN DIE DRITTE DIMENSION. Die sich seit Beginn des 20. Jahrhunderts entwickelnde Luftfahrt stellte die Meteorologie sowohl vor neue Möglichkeiten als auch vor neue Herausforderungen. Nun reichte es nicht mehr aus, nur das Bodenwetter zu registrieren und zu prognostizieren, sondern die Piloten brauchten auch Informationen über das Wetter in größerer Höhe. Gleichzeitig boten die Flugzeuge die Möglichkeit zu meteorologischen Erkundungsflügen. Beides lief, zusammen mit den etwa gleichzeitig entwickelten unbemannten Ballonsonden, auf die Erschließung der Höhe als dritter Dimension der Meteorologie hinaus. Theoretisch und konzeptionell wurde sie in den ersten beiden Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts vor allem durch den norwegischen Meteorologen Vilhelm Bjerknes vorangetrieben. Bjerknes versuchte, das Atmosphärengeschehen durch hydromechanische und thermodynamische Gleichungen physikalisch zu beschreiben. Er bot damit zwar endlich eine physikalische Erklärung des Witterungsgeschehens; zur Vorhersage jedoch taugte diese wegen ihrer außerordentlichen mathematischen Komplexität nicht. Neben diesen theoretischen Beiträgen lieferte Bjerknes noch andere wichtige Impulse. Von ihm stammt etwa der uns heute selbstverständliche Begriff der Luftmassenfront, mit dem er das Aufeinanderprallen von Gebieten tiefen und hohen Luftdrucks bezeichnete – ein Begriff, der seinen Ursprung in der Zeit des Stellungskrieges im Ersten Weltkrieg bis heute erahnen lässt. Bjerknes etablierte in Norwegen eine bedeutende Meteorologenschule, deren Absolventen seine Ideen buchstäblich in alle Welt trugen.

SCHNELLER RECHNEN ALS SICH DAS WETTER ÄNDERT. Einen zweiten Versuch zur physikalischen Berechnung des Wetters initiierte kurz nach dem Ersten Weltkrieg der englische Meteorologe Lewis Fry Richardson. Seine Grundidee bestand darin, ein virtuelles dreidimensionales Gitternetz über das Vorhersagegebiet zu legen und die mathematischen Berechnungen »nur« für diese Gitterpunkte durchzuführen. Damit wies er den entscheidenden Schritt zur numerischen Bewältigung des Problems, scheiterte jedoch für alle praktischen Zwecke an dem immer noch immensen erforderlichen Rechenaufwand. Mehrere Wochen rechnete er im Jahr 1922 mit seinen Mitarbeitern, um nur für einen einzigen Nachmittag die Veränderungen in der Atmosphäre zu bestimmen! Eine Nutzung seines Verfahrens zur Wetterprognose schien da völlig aussichtslos. Resigniert formulierte Richardson in Bezug auf die Hoffnung, eines Tages schneller rechnen zu können als die Wettervorgänge sich veränderten: »But that is a dream.« Richardson, ein überzeugter Pazifist, gab seine meteorologische Forschung bald auf, nicht aus Resignation, sondern weil ihm die überragende theoretische und praktische militärische Bedeutung seiner Arbeit in der technisierten Kriegsführung des 20. Jahrhunderts klar wurde. Nur eine Generation später begann mit der Einführung der elektronischen Rechner sein Traum von der Berechenbarkeit des Wetters Wirklichkeit zu werden. Mehr noch: Für den Computerpionier John von Neumann diente die Berechnung von Wetterprognosen geradezu als Nachweis für die Leistungsfähigkeit seiner Computer, denn meteorologische Rechnungen galten als die komplexesten gängigen numerischen Probleme.

Bis heute ist es dabei geblieben, dass meteorologische und klimatologische Modellrechnungen einen guten Teil der Rechenzeit an den Höchstleistungsrechnern der jeweils neuesten Generation beanspruchen. Das Datenmaterial für immer präzisere Modellierungen und immer bessere Prognosen bieten ihnen heute die immer leistungsfähigeren Wettersatelliten. Wie in den letzten 200 Jahren werden auch heute die neuesten Möglichkeiten der Kommunikation und der mathematischen Methoden für die Meteorologie eingesetzt, denn das Verständnis und die Vorhersage des Wettergeschehens bleiben von großer Komplexität und elementarer Wichtigkeit für die Menschheit. ■

RADSPIELER

Seit 1841

macht

*Wohnungen
schön!*

Möbel

aus eigener Werkstatt

und von führenden

zeitgenössischen Herstellern,

Einrichtungen,

Stoffe, Geschirr und Glas,

Teppiche.

F. Radspieler & Comp. Nachf.

Hackenstraße 4 +7

80331 München

Telefon 089/23 50 98-0

Fax 089/26 42 17

mail@radspieler-muenchen.de

Der Wasserturm

Der Museumsturm als Wahrzeichen des Deutschen Museums

Für Museumsgründer Oskar von Miller sollte der weithin sichtbare Turm Wahrzeichen des Deutschen Museums sein. Große Instrumente an der Außenseite zeigen den Zustand des Wetters an. Damit wollte von Miller »das Interesse weitester Kreise« an der Meteorologie fördern.

Von Christian Sichau



Ein Wahrzeichen wächst empor ... Wie ist ein mehr als 60 Meter hoher Turm sinnvoll für ein Museum zu nutzen? Vielleicht könnte man ihn vollständig mit Wasser füllen; Besucher im »Tauchergewand« würden dann »in eigentümlicher Weise nach oben bzw. von oben wieder nach unten befördert«. Dazu wäre lediglich das flache Turmdach als bewegliche Membran zu fertigen; Museumsbesucher würden so zu kartesischen Tauchern.

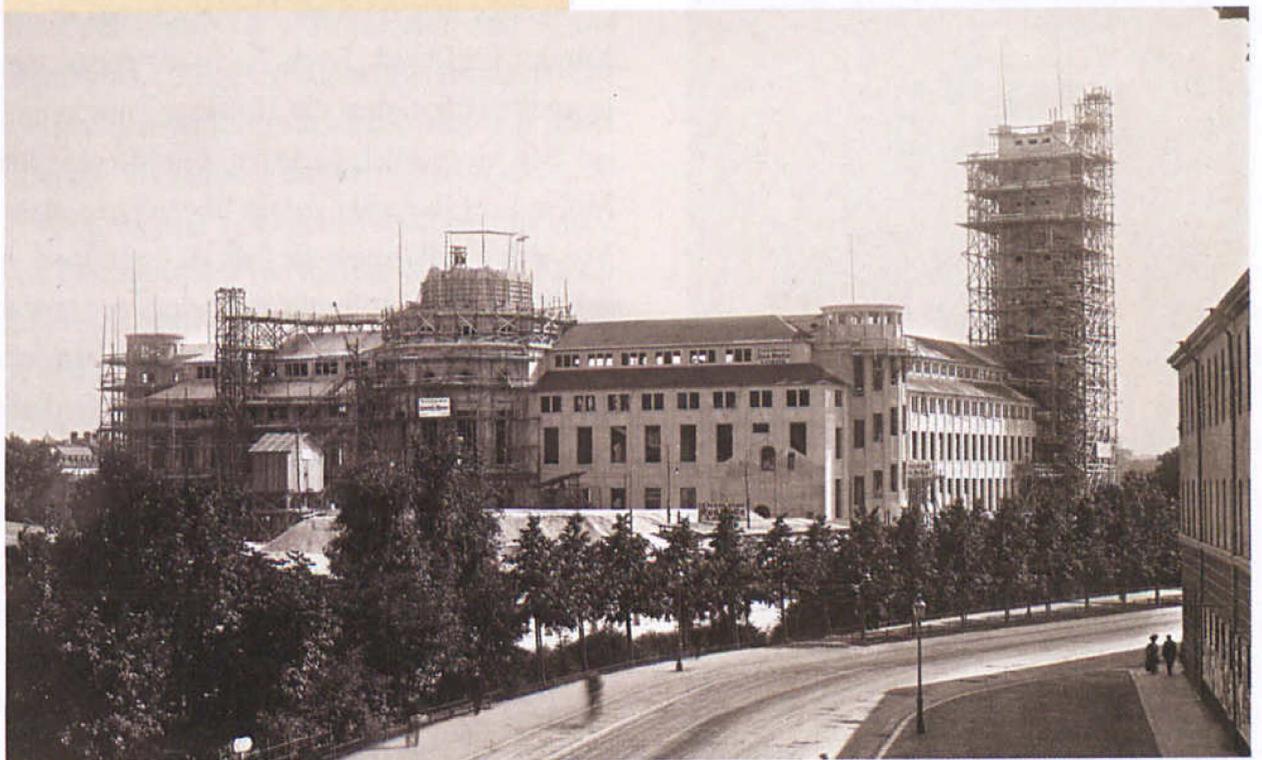
Die Vergrößerung dieses bekannten hydrostatischen Spielzeugs war natürlich kein ernsthaft gemeinter Vorschlag. Er erschien in dem museumsinternen humoristischen Blatt *Museal-Energetische Encyclopädie* im Dezember 1912. Im Hintergrund stand allerdings tatsächlich die Frage nach der zukünftigen Nutzung des Turmes, der gerade im Rohbau fertiggestellt worden war. Denn über dessen Funktion innerhalb des Museums lagen noch keine konkreten Pläne vor. Bis zu diesem Zeitpunkt waren architektonische bzw. bauliche Überlegungen bestimmend gewesen. So war beispielsweise die imposante Höhe des Turmes nicht einem klar definierten Nutzungskonzept geschuldet. Vielmehr hatte sich der Architekt Gabriel von Seidl (1848–1913) von anderen hohen Gebäuden in der Umgebung, z.B. Kirchen, leiten lassen.

Um ein solches Bauwerk auf der ehemaligen Kohleninsel in der Isar zu errichten, stützten im Untergrund eingelassene Pfähle mit sechs bis neun Metern Länge das eigentliche Fundament, das aus einer 1,5 Meter dicken Stahlbetonplatte bestand. Darauf errichtete man im sogenannten Stampfbeton-Verfahren den Museumsturm. Die Fragen zur Gestaltung des Turmes waren dabei anfangs keineswegs alle geklärt. So hätte der Turm nach Seidls erstem Entwurf eigentlich ein spitzes Dach haben sollen. Dieser Vorschlag stieß in dem Bauausschuss bzw. der Baukommission allerdings auf wenig Gegenliebe. Gegen eine solche Turmspitze sprach insbesondere die noch nicht näher bestimmte Nutzung zu »wissenschaftlichen Zwecken«. Eine Turmplattform schien hierfür mehr Optionen zu bieten. Wie so oft beim Bau des neuen Museums, musste der Architekt auch hier »die Baupläne in ständiger Fühlungnahme mit der Museumsleitung ... durchgreifenden Ände-

rungen ... unterziehen«, denn es galt, »die technischen Bedürfnisse des Museums mit den Erfordernissen der künstlerischen Ausgestaltung zu vereinen«, wie es rückblickend in einem Nachruf auf den am 27. April 1913 verstorbenen Seidl hieß. Die Pläne für die Ausgestaltung des Turmes wurden also noch modifiziert und eine Plattform realisiert.

DIE IDEEN SPRUDELN. Als 1912 das noch »nackte« Wahrzeichen des neuen Museums nun weithin in der Stadt zu sehen war, galt es, eine Nutzungskonzeption zu entwickeln und den Turm innen wie außen auszugestalten. In der bereits zitierten *Museal-Energetischen Encyclopädie* war von einer wahren Flut von Ideen die Rede: Es seien »gegen 700 optische, elektrische, drahtlose, telegraphische und telephonische, magnetische, akustische etc. Apparate aufgestellt.« Dies war eine humorvolle Umschreibung der Ergebnisse, die eine vom Museum gestartete Umfrage im Herbst 1912 unter externen Beratern erbrachte hatte. Die Bandbreite der vorgesehenen Versuchseinrichtungen war enorm, das Museum wollte jedenfalls zunächst die Nutzung des Turmes

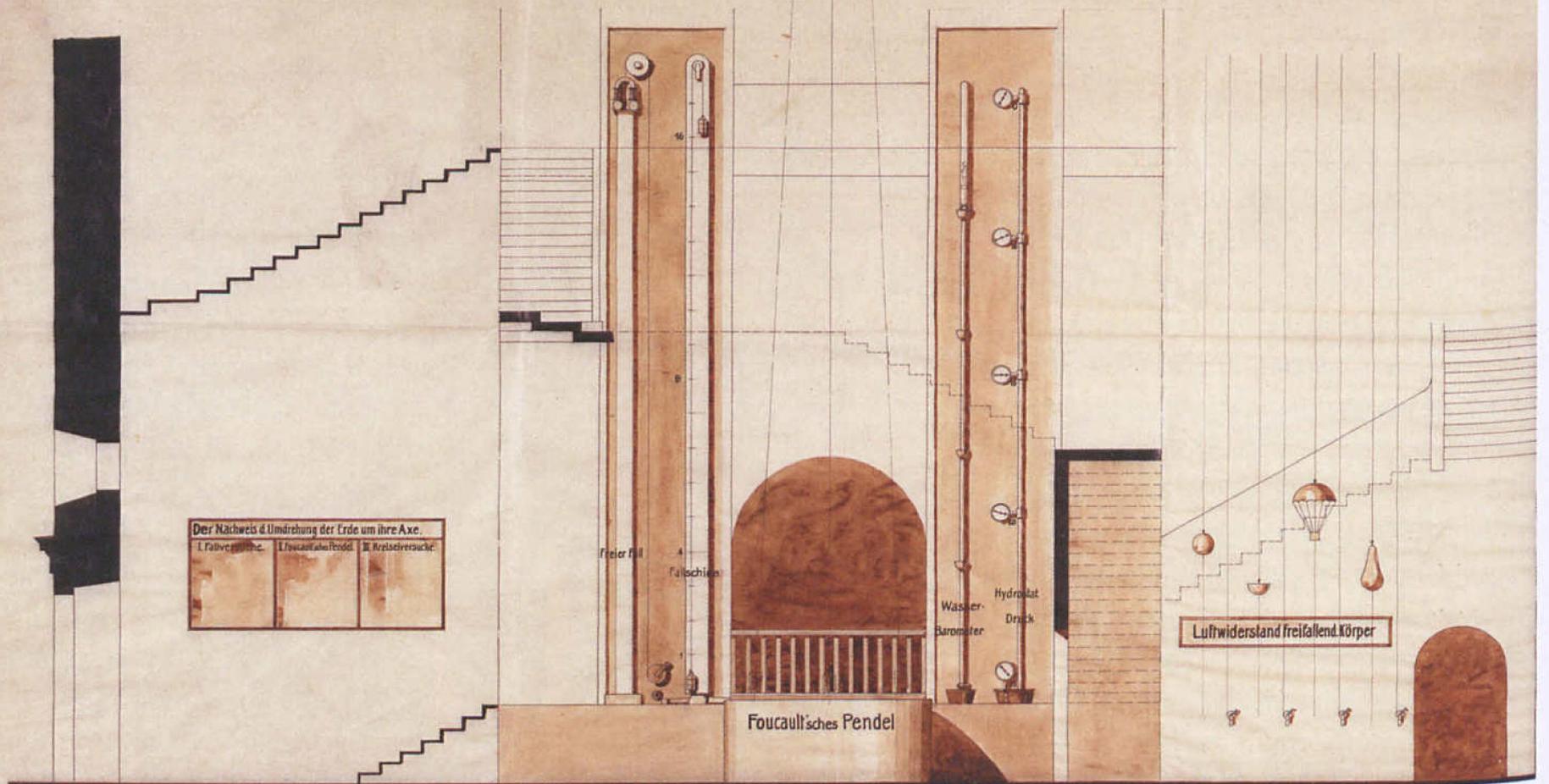
Bild links: Das Hygrometer am Turm des Deutschen Museums.



Der Bau des Deutschen Museums, ca. 1912.

nicht auf ein Fachgebiet begrenzen. In dem offiziellen Anschreiben an die externen Berater wurden daher für die Turmplattform meteorologische, geodätische, optische und elektrische Instrumente und Apparate für möglich erachtet, während im Turm ein freier Schacht prinzipiell für jedwede Demonstrationen als geeignet angesehen wurde, »bei denen eine große Höhenentwicklung be-

Physikalische Demonstration im Turm.



Plan zur zukünftigen Nutzung des Turmes, ca. 1912.

sonders erwünscht ist«. Die enorme Höhe des Turmes lud beispielsweise dazu ein, Fallversuche anzustellen. Mittels einer elektrischen Auslösung sollten Gewichte mit verschiedener Masse und unterschiedlicher Form entlang von Drähten herabfallen.

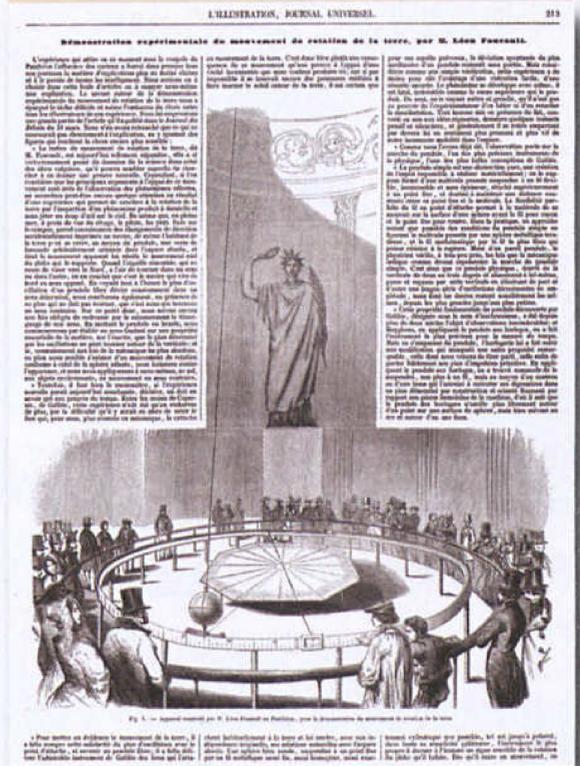
So nahe liegend diese Idee auch war, sie wurde bald wieder verworfen. Denn als der damalige Kurator für Physik, Franz Fuchs, einen solchen Versuch mit einer Holz- und einer Bleikugel testete, stellte er fest, dass die Holzkugel nur etwa 1/10 einer Sekunde später aufschlug als die Bleikugel. Mit einer solch geringen Zeitdifferenz ließ sich jedoch, so der Museumsgründer Oskar von Miller, kein Besucher davon überzeugen, dass beim freien Fall in Luft aufgrund der Reibung die Masse des Fallkörpers die Fallzeit beeinflusst. Auch ein anderer Aspekt des freien Falles wurde vorgeschlagen: Der Aufprallpunkt eines aus großer Höhe frei fallenden Körpers müsste aufgrund der Erdrotation etwas nach Osten verschoben sein. Bereits Galileo Galilei diskutierte diesen Versuch – allerdings blieb es damals bei einem Gedankenexperiment. Erst um 1800 wurden einige Experimente zu dieser Frage durchgeführt, z.B. von Johann Friedrich Benzenberg (1777–1846) an der Hamburger St. Michaelis Kirche (76 Meter) sowie in einem Bergwerksschacht (85 Meter). Die Interpretation der Ergebnisse blieb allerdings problematisch, denn der Effekt war sehr gering und Störeinflüsse, etwa Luftströme im Turm, nur schwer auszuschließen – und daran hatte sich auch 100 Jahre später nichts geändert: So wurde berechnet, dass ein solches Fallexperiment im Turm des Deutschen Museums nur zu einer Ostabweichung von ungefähr acht Millimeter führen würde – für eine Museumsdemonstration à la Miller wohl deutlich zu wenig.

Doch die Vorschläge blieben nicht auf solcherlei Fallversuche beschränkt. Eine Messung der Längenausdehnung von Metalldrähten bei Erwärmung wurde ebenso als Idee vorgebracht wie etwa eine Untersuchung der Schallübertragung durch Stäbe aus Holz, Eisen, Blei etc. Die Turmplattform bot sich ebenfalls für eine Reihe verschiedener Zwecke an. Es sollten eine Antenne für Funk angebracht sowie astronomische und optische Beobachtungen durchgeführt werden. Die *Museal-Energetische Encyclopädie* entwickelte noch weitere interessante Vorschläge: Ein Magnet sollte »die auf der Erhardstrasse verlorenen Nägel, Haarnadeln, Hufeisen u. dergl. zur Turmhöhe« emporheben und Schallreflektoren die Gespräche übermitteln, »welche die auf den Bänken der Isaranlagen sitzenden Liebespaare führen«.

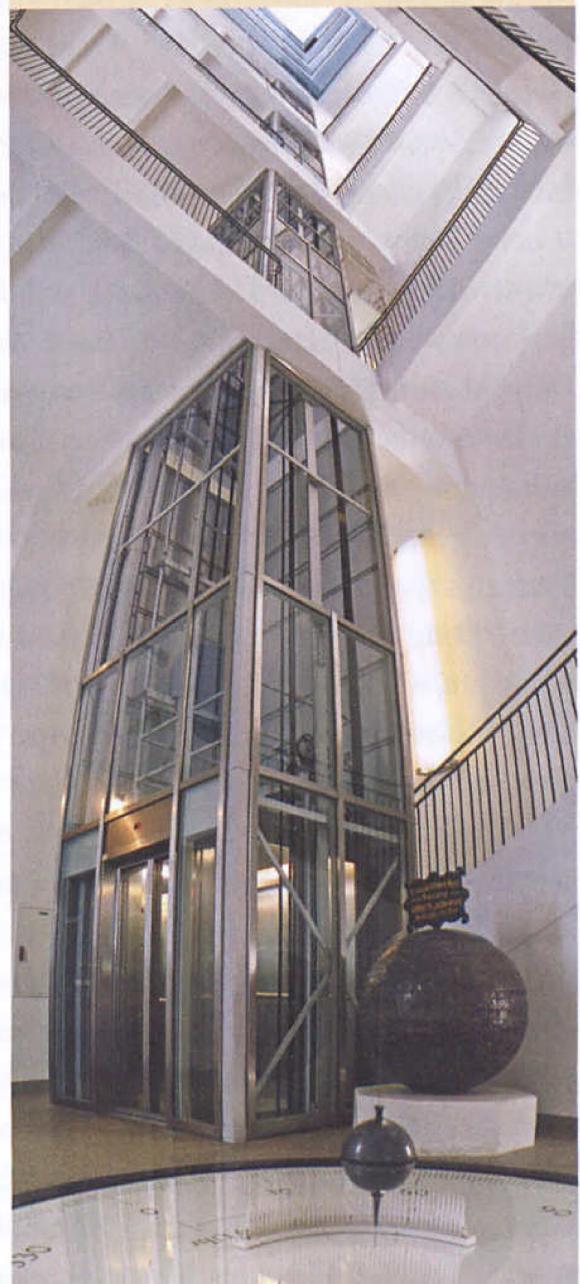
DIE ROTIERENDE ERDE IM TURM. Aus dieser Ideenflut kristallisierten sich – abgesehen von der Antenneneinrichtung – bald zwei Projekte heraus, die im Weiteren tatsächlich in Angriff genommen wurden: Die Meteorologie sowie das Foucault-Pendel im Innern des Turmes. Mit dem Foucault-Pendel griff das Museum ein Demonstrationsexperiment auf, das bereits in der Mitte des 19. Jahrhunderts großes öffentliches Interesse erregt hatte. Der französische Physiker Jean Bernard Léon Foucault (1819–1868) hatte so mit einer spektakulären Vorführung im Pariser Pantheon 1851 die Rotation der Erde gezeigt. Denn für alle Beobachter scheint sich die Schwingungsebene des Pendels langsam zu drehen. Doch die Veränderung ist in Wahrheit auf die Rotation der Erde zurückzuführen. Zum Zeitpunkt seiner Vorführung war sich Foucault schon längst sicher gewesen, das Phänomen experimentell nachweisen zu können. Dies hatten schließlich seine wissenschaftlichen Experimente mit kleineren Pendeln gezeigt. Doch diese Laborexperimente, so stimmten seine Fachkollegen überein, verdienten eine größere Aufmerksamkeit. Eine erste Vorführung fand daher im astronomischen Observatorium in Paris statt, eine noch größere Öffentlichkeit sollte mit der Demonstration im Pantheon erreicht werden. Hier konnte ein noch längeres Pendel aufgehängt werden: eine 28 Kilogramm schwere Metallkugel hing an einem 67 Meter langen Metallfaden. Der experimentelle Aufbau wurde innerhalb von nur zwei Wochen durch den Instrumentenmacher Gustave Froment (1815–1865) realisiert. Der Eintritt zur Vorführung war frei und Foucault war wohl öfter selbst anwesend, um das Experiment zu erklären. Berichte über diese eindrucksvolle Schau erschienen in populären Werken und Zeitungen, z.B. der Leipziger *Illustrirten*. Vielerorts wurde Foucaults Versuch in großen öffentlichen Gebäuden wiederholt, so auch in den Domen von Köln und Speyer.

Das große Aufsehen resultierte aus zwei Faktoren. Zum einen ließ sich nun tatsächlich die tägliche Rotation der Erde nachweisen. Dies war zwar schon seit Langem keine ernsthaft umstrittene Frage der Physik mehr, doch eine experimentelle Demonstration hatte noch gefehlt. Die oben erwähnten Fallversuche von Benzenberg und anderen hatten aufgrund des geringen Effektes nur begrenzte Überzeugungskraft entfalten können. Jetzt konnte man die Erdrotation »sehen«. Wie Foucault selbst bemerkte, »bietet das Pendel den Vorzug dar, dass es die Effecte häuft, und sie aus dem Bereich der Theorie in den der Beobachtung überführt.« Zugleich stellte die Foucault'sche Vorführung eine sehr sinnliche Erfahrung dar. »Die ganze Erscheinung entwickelt sich von selbst und ruhig«, schrieb die *Illustrirte Zeitung*, »und alle bei der Vorstellung des Versuchs gegenwärtigen Personen bleiben dann nachdenkend stehen, schweigen und ziehen sich endlich mit einer lebendigen Überzeugung von unserer unaufhörlichen Beweglichkeit im Raume wieder zurück.« Wie die zahlreichen Presseberichte und die Wiederholungen des Versuches zeigen, hatte Foucault also seine wissenschaftliche Versuchsreihe erfolgreich in die Öffentlichkeit gebracht und gewissermaßen die Museumstauglichkeit des Experimentes bereits bewiesen. Es verwundert daher nicht, dass dieses Experiment von Anfang an auf der Wunschliste des Museums stand. Schließlich bot der Turm des Deutschen Museums aufgrund seiner Höhe auch die Möglichkeit, dem historischen Vorbild nahe zu kommen. Ein Foucault'sches Pendel musste also, darin waren sich auch alle externen Berater einig, gezeigt werden (auch wenn dessen Erklärung durchaus noch einige museumsdidaktische Probleme bereiten sollte).

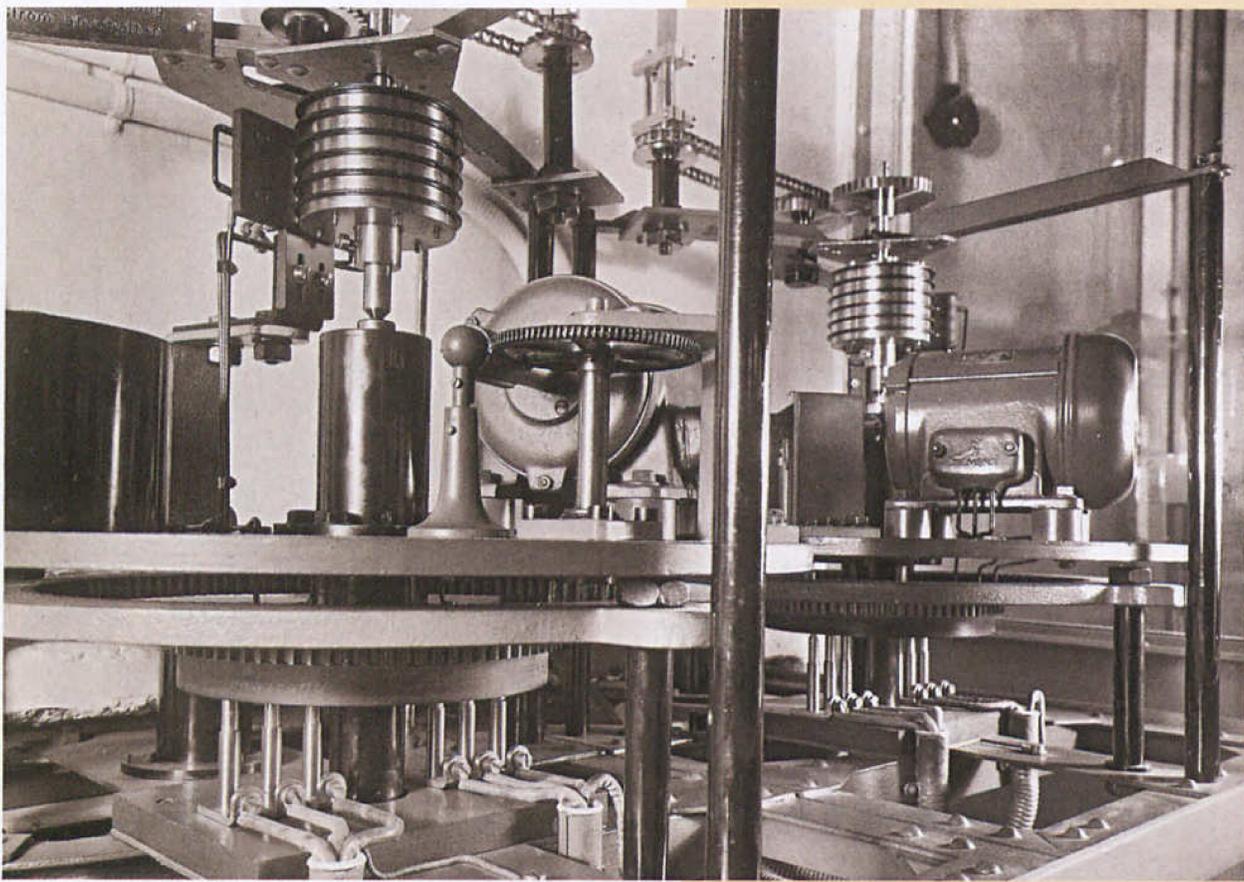
DAS WETTER ZIEHT IN DEN TURM EIN. In der ursprünglichen Vorschlagsliste war das Foucault'sche Pendel unter der Rubrik »Mechanik« eingeordnet. Doch man konnte inhaltlich noch in anderer Weise daran anknüpfen und einen Bezug zum zweiten gewählten Schwerpunkt der Turmnutzung, der Meteorologie, herstellen. Denn die mit dem Pendel nachgewiesene Erdrotation spielt in der Atmosphäre eine wichtige Rolle für die Bewegung globaler Luftströmungen. Sie wird hier meist nach dem französischen Wissenschaftler Gustave Coriolis (1792–1843) als Coriolis-Kraft bezeichnet. Doch auch unabhängig von dieser Verknüpfung des Pendels mit der Meteorologie finden sich in der ersten Vorschlagsliste zur Turmnutzung diverse weitere Vorschläge zu meteorologischen Messungen. Ein zehn Meter hohes Wasserbarometer veranschaulichte die Größe des Luftdruckes. Damit erinnerte das Museum an die historischen Anfänge des Barometers, an



Bericht über die Foucault'sche Pendelvorführung.



Das Foucault-Pendel im Turm des Deutschen Museums.



Detailaufnahme der Windmess-
apparatur von Fuess.

der die Frage stand, wieso es nicht möglich ist, mit Saugpumpen Wasser höher als zehn Meter zu pumpen. Die Suche nach einer Antwort auf diese Frage führte im 17. Jahrhundert überhaupt erst zur »Wahrnehmung« des Luftdruckes und seiner Veränderlichkeit mit dem Wetter. Denn eine Erklärung lautete: Das Wasser kann in der Röhre nur so hoch gepumpt werden, bis sein Gewicht gleich dem Gewicht einer Luftsäule bis zur oberen Grenze der Atmosphäre ist. Das zum Test dieser Überlegung von dem Forscher Evangelista Torricelli (1608–1647) durchgeführte Experiment mit Quecksilber bestätigte diese Hypothese. Denn das Quecksilber stieg in einer Glasröhre, wie aufgrund der größeren Dichte des Quecksilbers im Vergleich zu Wasser zu erwarten war, nur auf ca. 76 Zentimeter.

Weitere Vorschläge zur Turmnutzung bezogen sich auf Messungen der atmosphärischen Sichtverhältnisse. Im Anschreiben an die externen Berater war auch explizit von einer Bezugnahme auf die meteorologische Station auf der Zugspitze die Rede. Die sich herauskristallisierende enge Verknüpfung von Turm und Meteorologie war zugleich der Tatsache geschuldet, dass zum selben Zeitpunkt, zu dem die Planungen für den Turm erfolgten, auch der Bereich der Wetterkunde neu konzipiert wurde. Einige der externen Berater, die Vorschläge zur Turmnutzung machen sollten, waren daher selbst Meteorologen. Sie erhielten zwei Wunschlisten zur Bearbeitung,

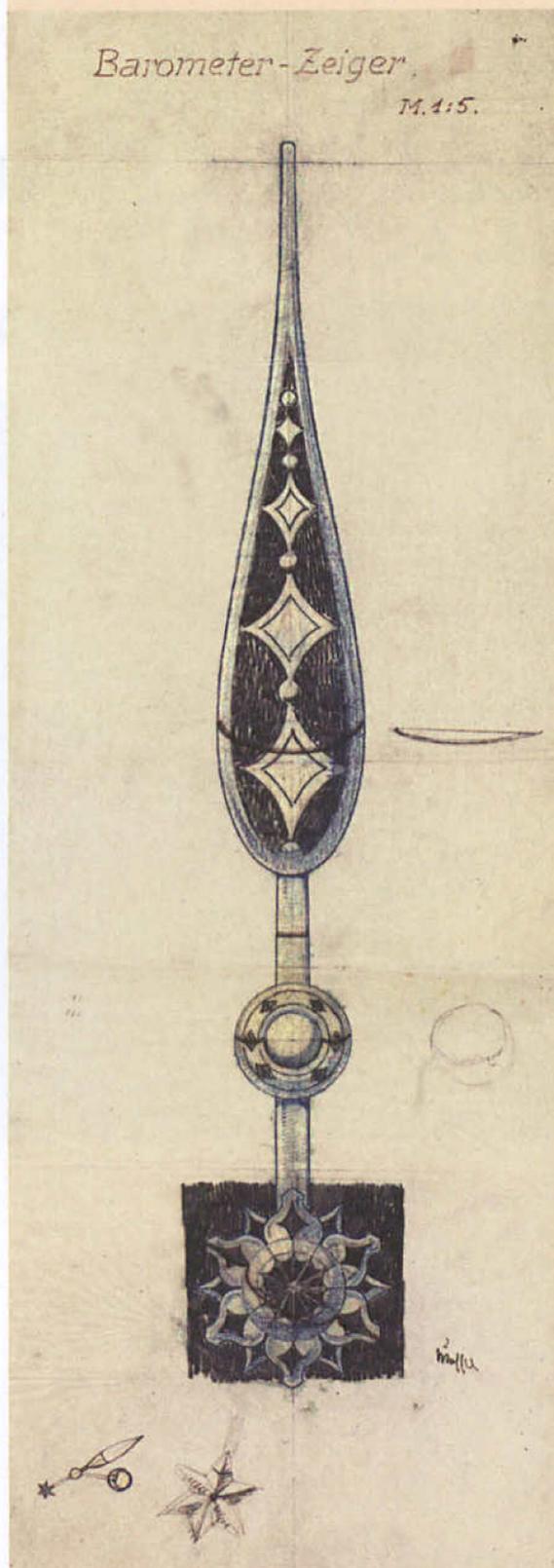
eine zum Turm und eine zur Meteorologie. Daher bot sich eine inhaltliche Verknüpfung an, die sich im neuen Ausstellungsgebäude auch räumlich realisieren ließ: Für die Ausstellung zur Meteorologie konnte ein Vorbau zum Turm zur Isarseite hin genutzt werden. Darüber hinaus ließ sich wiederum die enorme Höhe des Turmes gut für meteorologische Experimente nutzen. So schlug der zunehmend als enger Berater des Museums fungierende Münchener Meteorologe August Schmauß (1877–1955) beispielsweise vor, die Temperatur unten und oben am Turm zu messen. Er vermutete, dass sich auf diese Weise bei bestimmten Witterungslagen im Winter und nach klaren Nächten Temperaturumkehrungen von bis zu 3° Celsius nachweisen ließen. (Es wäre also am Boden kälter als oben, entgegen der sonst üblichen Temperaturabnahme mit der Höhe). Ähnlich erwartete Schmauß interessante Differenzen bei den Sichtverhältnissen am Boden und in mehr als 60 Metern Höhe.

METEOROLOGIE UND KRIEG. Nicht alle Vorschläge ließen sich letztlich umsetzen, doch die Meteorologie blieb für die Turmnutzung, auch durch die räumliche Anbindung der Ausstellung, das dominierende Thema. Trotz dieser frühen Bemühungen erschien die Meteorologie-Ausstellung schon wenige Jahre nach der Eröffnung des neuen Museumsgebäudes im Jahr 1925 aus Sicht von Oskar von Miller nur bedingt befriedigend. Dies lag zum einen daran, dass der Ausstellungsraum etwas entfernt von den »Führungslinien« im Museum lag und so wenig Beachtung bei den Besuchern fand. Zum anderen hatte sich die Meteorologie zwischen 1912, als die ersten Ausstellungsplanungen stattfanden, und ca. 1930 deutlich weiter entwickelt. Bei der Überarbeitung der Ausstellung war wiederum August Schmauß federführend. Nur wenige Jahre später schien eine erneute Anpassung der Ausstellung geboten – nun galt es, die Bedeutung der Meteorologie für die Kriegsführung aufzuzeigen.

KUNSTVOLLE INSTRUMENTE. Die stärkste Anbindung des Turmes an die Meteorologie erfolgte natürlich durch die charakteristi-

schen Fassadenelemente Barometer, Thermometer, Hygrometer sowie Windmesser, die das Erscheinungsbild des Turmes bis zum heutigen Tage prägen. Auch wenn solche meteorologischen Instrumente bereits zum Zeitpunkt der Planungen 1912 im Vordergrund standen, begannen konkrete Arbeiten erst nach dem Ersten Weltkrieg. Das Museum hatte dazu mit verschiedenen, führenden Herstellern meteorologischer Instrumente Kontakt aufgenommen. Die Aufträge gingen an die Berliner Firma Fuess für den Windmesser und das Thermometer, die Stuttgarter Firma G. Lufft für das Barometer, sowie an das Göttinger Unternehmen W. Lambrecht für das Hygrometer. Es war jedoch eine Sache, präzise und zuverlässige meteorologische Messinstrumente zu konstruieren – eine ganz andere jedoch, einen Übertragungsmechanismus von den empfindlichen Messinstrumenten zu den großen, weithin sichtbaren Anzeigen auf der Fassade des Turmes zu realisieren. Die Entwicklung dieser Übertragungsmechanismen stellte die beteiligten Firmen vor große Herausforderungen. So gab beispielsweise die Firma Lufft zu bedenken, »dass Erfahrungen über derartig große Instrumente vollständig fehlen und es daher ein Wagnis bedeute, eine solche vollständige Neukonstruktion zu liefern, zumal an Ihr Institut, wo der Besucher technisch vollkommene Instrumente zu finden erwartet.«

Alle Instrumente wurden dem Museum gestiftet. Wie der Firmenleiter Paul Fuess (1867–1944) in seinen Lebenserinnerungen berichtete, konnte er »dieses Ersuchen trotz der ziemlich hohen Herstellungskosten nicht abweisen.« Diese »Investition« rechnete sich für die beteiligten Firmen jedoch in anderer Weise. Fuess war beispielsweise beeindruckt von der »feierlichen Eröffnung« des neuen Ausstellungsgebäudes »im Jahr 1925, die im Beisein von mehreren tausend Personen, Wissenschaftlern aller Art, stattfand« – und bei der eben auch die von ihm gestiftete Windmessenanlage zu sehen war. Gegenüber der Firma Lufft wies das Museum darauf hin, dass es zahlreiche populärwissenschaftliche Zeitschriften sowie Zeitungen über die Turminstrumente ausführlich informiert habe. Die Firmen schätzten die von ihnen erbrachten



Entwurfszeichnung von Julius Mössel für den Barometer-Zeiger.

Leistungen so hoch ein, dass sie den Museumsturm gleichsam für ihre eigenen Werbezwecke nutzten.

Der »Erfolg« der Turminstrumente war allerdings nicht nur auf die vollbrachten technischen Meisterleistungen zurückzuführen. Eine gewichtige Rolle spielte auch die künstlerische Gestaltung der Turmfassade. Hiermit hatte das Museum den Fresken- und Dekorationsmaler Julius Mössel (1871–1957) beauftragt. Dieser hatte in München bei der Gestaltung zahlreicher neuer Gebäude um die Jahrhundertwende mitgewirkt, zum Beispiel beim Prinzregententheater.

Im Deutschen Museum wirkte er an verschiedenen Stellen, wobei diese Arbeiten bereits in die schwierige Phase nach dem Ersten Weltkrieg fielen, als diese Art von Dekorationsmalereien nur noch wenig gefragt waren. Die 1922 von Mössel eingereichten Entwürfe für die vier Turmseiten fanden im Museum jedenfalls »vollen Beifall«, sodass mit der Realisierung begonnen werden konnte. Diese war nicht ohne Tücken und Schwierigkeiten. Zahlen und Schriftproben mussten am Turm in Originalgröße ausgehängt werden, um ihre Lesbarkeit und Wirkung zu prüfen. Auch manche Einschränkungen bei der Detailgestaltung musste Mössel in Kauf nehmen, so kam beispielsweise »eine Verwendung von Kobaltblau ... wegen des hohen Preises« in der schwierigen Nachkriegszeit nicht in Frage. Auch die Technik setzte der künstlerischen Gestaltungsfreiheit Grenzen: Zum Beispiel bot der vorgesehene Zeiger für das Barometer dem Wind eine zu große Angriffsfläche. Er musste daher durchgebrochen und seine Gesamtfläche auf etwa die Hälfte reduziert werden.

Als 1928, also mit dreijähriger Verspätung, noch das Thermometer zu den bereits vorhandenen Instrumenten hinzukam, hatte die äußere Gestalt des Turmes ihren Abschluss gefunden. Die ursprünglichen Hoffnungen hatten sich nun bestätigt: Das neue Museumsgebäude auf der Isarinsel hatte ein beeindruckendes, weithin sichtbares Wahrzeichen erhalten, das für alle erkennbar, dem Thema Wetter gewidmet war. ■

Als das Wetter rechnen lernte



Wettervorhersage basierte jahrhundertlang auf der Beobachtung und Deutung von Naturphänomenen. Sie bewegte sich daher in engen räumlichen und zeitlichen Grenzen. Erst die Entwicklung leistungsfähiger Rechneranlagen Mitte des 20. Jahrhunderts ermöglichte die Auswertung komplexer meteorologischer Daten und damit längerfristige Vorhersagen. Von Klaus Wege

Das Prinzip der Rechenmaschine schuf bereits Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646–1716). Sein Gerät ermöglichte die vier Grundrechenarten. Leibniz schlug auch das binäre Zahlensystem vor, das heute ausnahmslos in Computern verwendet wird. 1822 – mehr als hundert Jahre später – konstruierte der Engländer Charles Babbage (1791–1871) eine programmgesteuerte Maschine, die wegen fehlender geeigneter Technik aber nie

zum Einsatz kam. Mit der Erfindung der elektromechanischen Lochkartenmaschine durch den US-Amerikaner Herman Hollerith (1860–1929) kam 1880 wieder Bewegung in die Entwicklung leistungsfähiger Rechenmaschinen. Seine schalttafelgesteuerte Tabelliermaschine ermöglichte einfache Rechnungen und wurde erst von den elektronischen Rechenanlagen, etwa in den siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts, abgelöst.

In der Mitte des 19. Jahrhunderts wurden in den deutschen Ländern staatliche Wetterdienste gegründet, die sich systematisch und routinemäßig mit Vorhersagen befassten. Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts war es vor allem die Deutsche Seewarte in Hamburg, die die Wettervorhersage voranbrachte. Richard Scherhag (1907–1970) entwickelte kurz vor Beginn des 2. Weltkrieges ein manuelles graphisches Verfahren zur Konstruktion einer Vorhersagekarte: Dabei berücksichtigte er physikalische Überlegungen.

1941 brachte Konrad Zuse (1910–1995) den ersten programmgesteuerten Rechner (Z3) zu einem funktionierenden operationellen Einsatz. Der relaisbestückte Z3 schaffte 20 Additionen pro Sekunde, die Speicherkapazität betrug 1.408 Bit, die Programmeingabe erfolgte über Lochstreifen. Die erste vollelektronische Rechenanlage wurde 1946 in den USA von Eckert und Mauchly hergestellt (ENIAC). Sie bestand aus Elektronenröhren und Relais und erreichte eine Geschwindigkeit von 1.000 Additionen pro Sekunde. Die erforderliche elektrische Leistung betrug einschließlich der notwendigen Klimaanlage 150 Kilowatt.

Mit der Entwicklung von Transistoren ab 1953 wurden die Röhren und Relais abgelöst, die industrielle Herstellung von Rechnern konnte beginnen, 10.000 Additionen pro Sekunde wurden erreicht. Ab 1962 werden integrierte Schaltkreise eingeführt und die Transistoren stark verkleinert. Die Rechengeschwindigkeit erreicht 500.000 Additionen pro Sekunde.

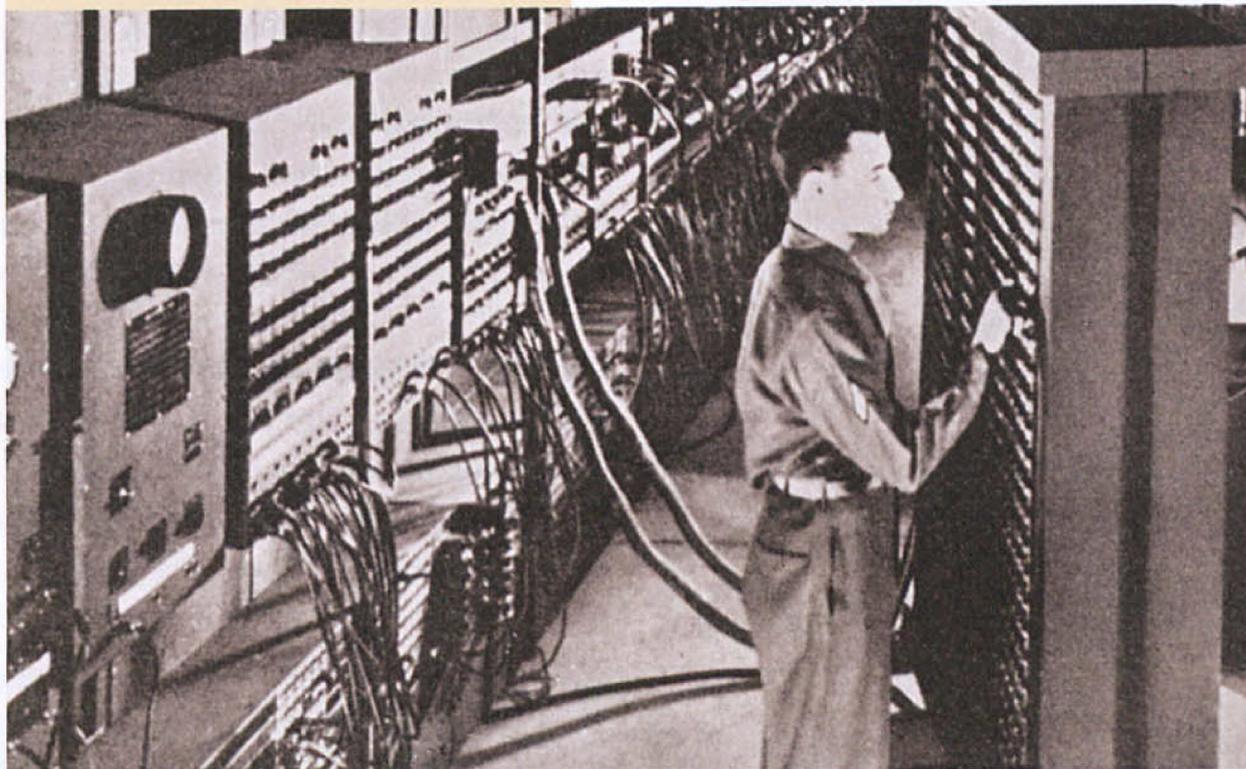
25 STUNDEN FÜR EINE ZWEI-TAGE-VORHERSAGE. 1950 wurde im Deutschen Wetterdienst der US-Zone eine Arbeitsgruppe unter Karlheinz Hinkelmann (1915–1986) gebildet, die sich mit der numerischen Wettervorhersage (siehe Kasten Seite 28) befasste. Bis zum Anfang der sechziger Jahre wurden verschiedene Experimente durchgeführt. Die

Rechenzeit musste angemietet werden: Eine Sekunde kostete damals ca. eine Mark. Wegen des beschränkten Etats konnten nur wenige Stunden verbraucht werden. Ab 1957 stand eine IBM-704-Rechenanlage zur Verfügung. Für eine Zwei-Tage-Vorhersage benötigte diese 25 Stunden! Ab 1962 konnte gelegentlich eine IBM 7090 angemietet und damit die Rechenzeiten drastisch reduziert werden. Da die Experimente erfolgreich verliefen, setzte sich Hinkelmann für die Anschaffung einer Großrechenanlage für den Deutschen Wetterdienst in Offenbach ein. Nach Widerständen und mancherlei Skepsis war es der Beharrlichkeit Hinkelmanns zu verdanken, dass die Anschaffung schließlich genehmigt wurde.

ERSTER GROSSRECHNER IM DEUTSCHEN WETTERDIENST.

Man entschied sich für ein Doppelsystem CDC 3400/3800. Das 3400er-Modell benötigte man für die erforderlichen Vorarbeiten und für ein eventuelles Notprogramm bei einem Ausfall des 3800er. Ende 1965 war es schließlich soweit: Der 3400er-Rechner wurde geliefert. Mitte 1967 folgte dann der große Rechner. Die peripheren Einheiten entsprachen allerdings nicht dem Komfort und der Kapazität heutiger Anlagen. Die periphere Datenspeicherung erfolgte auf je acht Magnetbandeinheiten, die Programmeingabe über Lochkarten, im operationellen Betrieb über Magnetbänder. Weiter waren zwei Drucker, eine Lochkartenstanze und ein Lochstreifenleser vorhanden, letzterer für die Eingabe von Wettermeldungen. 1968 ist die Meldungserfassung durch den Einsatz eines Prozessrechners CDC 1700 automatisiert worden. Mit 32 K Wörtern zu 48 Bit hatte der interne Speicher der beiden großen Rechner gegenüber heutigen Geräten eine lächerlich geringe Kapazität. Die Steuerung erfolgte über Schreibmaschine und diverse Schalter. Um Speicherplatz und Rechenzeit zu sparen, wurde in der Maschinensprache »Assembler« programmiert.

VORVERARBEITUNG DER DATEN. Bevor der Rechner mit seiner Arbeit beginnen konnte, musste er mit den verschiedenen Messdaten aus den meteorologischen Beobachtungsstationen »gefüttert« werden. Deren Ergeb-



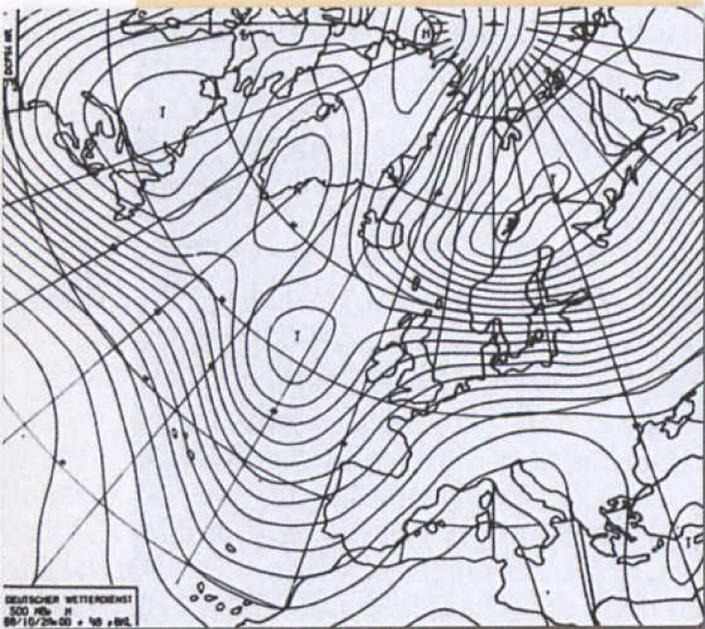
Der erste arbeitsfähige Rechenautomat in Röhrentechnik ENIAC von 1946.

Bild links: Computersaal, etwa um 1968, vorn Bedienungspult des 3800er, im Hintergrund der 3400-Rechner.

nisse liefen per Fernschreiber ein (50 bis 100 bit/sec). Sie wurden anfangs als Lochstreifen im 5-Kanal-Code gestanzt und vom Lochstreifenleser eingelesen. Ab 1968 konnten die Daten direkt in den Prozessrechner CDC 1700 eingegeben werden. Zeitgleich wurde auch die erste schnellere Leitung (1.050 bit/sec, Verbindung Offenbach-Washington) im weltweiten Wetterfernmeldenetz eingerichtet. Dieser direkte Zugang zu den Meldungen ersparte erhebliche Zeit.

Meteorologische Beobachtungen müssen entschlüsselt, geprüft und gegebenenfalls korrigiert werden. Das erforderliche Programm war damals sehr aufwendig, da es in den Anfängen noch keine Datensicherung bei der Übertragung gab und die Güte der Fernschreibleitungen teilweise recht schlecht war. Auch kam es vor Ort zu Fehlern bei der Auswertung oder Verschlüsselung.

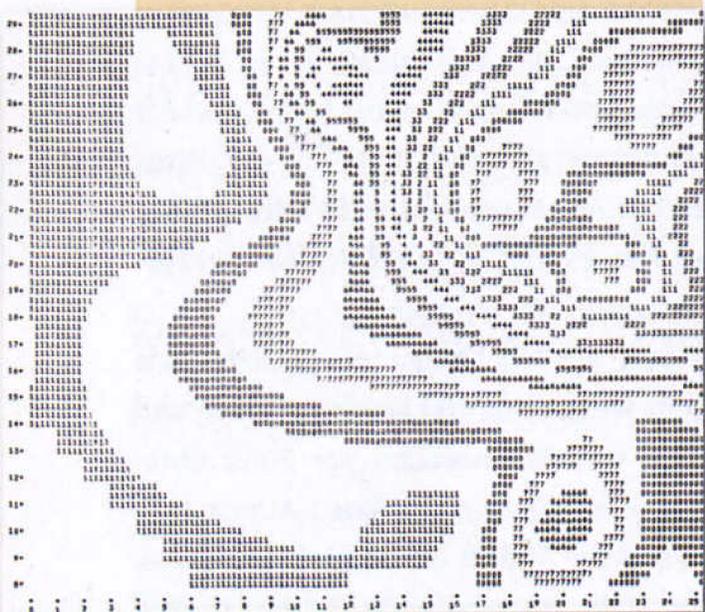
Daten aus der freien Atmosphäre wie Druck, Temperatur und Feuchte wurden und werden von Ballonsonden per Funk übermittelt. Der Wind in der freien Atmosphäre wird aus der Abdrift der Ballone gewonnen. Spezielle Boden- und Höhenbeobachtungen werden ausgewertet, u.a. Werte für die vertikale Labilität berechnet, die vertikale Verteilung der meteorologischen Parameter gezeichnet. All diese Beobachtungen werden nun einem Feld, einer »Wetterkarte«, zugeordnet. In den frühen siebziger Jahren verwendete man dazu nur die Beobachtungen der Nordhemisphäre. Zu diesem Zweck legte man – in einer bestimmten geographischen



48-stündige barokline Vorhersage
500 hPa, 29.10.1968, 00 GMT

Isobaren:

In der Meteorologie wird meist nicht der Druck in einer bestimmten Höhe, sondern die Höhe einer bestimmten Druckfläche dargestellt. Aus praktischen Gründen wird dabei statt der Höhe h das Geopotential gh (g = Erdbeschleunigung) benutzt. Die Schnittlinien von Druckflächen beispielsweise mit dem Meeresniveau sind Isobaren.



Zebrakarte, 24-stündige barotrope
Vorhersage 500 hPa, 02.11.1972, 00
GMT, Ausschnitt Atlantik-Europa.
Der Ziffernabstand entspricht 8
geopotentiellen dam, das Tief
rechts unten liegt über der Iberi-
schen Halbinsel.

(stereographischen) Kartenprojektion – ein Gitternetz mit einer Maschenweite von 381 Kilometer bei 60 Grad über die Nordhalbkugel. Die Positionen der Beobachtungen wurden in die Gitterkoordinaten umgerechnet und geographisch sortiert. Danach wurde es möglich, die Beobachtungen mit benachbarten Meldungen zu vergleichen und zu prüfen. Sämtliche Daten mussten damals auf Magnetbändern archiviert werden, sie sind heute natürlich auf moderne Datenträger umgesetzt.

DIE AUSWERTUNG DER BEOBACHTUNGEN. Aus den geographisch geordneten Beobachtungen wird eine Feldverteilung berechnet: das ist die kontinuierliche Darstellung eines Parameters auf einer bestimmten Fläche. Wir kennen dies beispielsweise aus einer Wetterkarte in der Zeitung, auf der die Druckverteilung auf Meeresebene durch **Isobaren** (= Linien gleichen Luftdrucks) dargestellt wird. Diesen Schritt nennt man Analyse. Bei einer manuellen Analyse liegt dem Meteorologen eine Karte mit eingetragenen Meldungen vor, er zeichnet in diese Karte Linien (beispielsweise Isobaren), die Punkte gleicher Werte miteinander verbinden. Für die Modellrechnung ist ein numerisches dreidimensionales Analyseverfahren notwendig.

Zunächst war die Gitterfunktion in einer xy -Fläche nach der sogenannten Korrektionsmethode zu erarbeiten. Aus den umliegenden Beobachtungen galt es, für den jeweiligen Gitterpunkt einen Wert zu berechnen. An eine Anfangsnäherung wurden aufgrund der Beobachtungen Korrekturen angebracht, so dass eine Angleichung des Gitterpunktwertes an die Messwerte erfolgte. Je näher eine Beobachtung am Gitterpunkt liegt, umso stärker wird sie bei der Berechnung des Gitterpunktes berücksichtigt. Diese Rechnung erfolgt in mehreren Schritten, wobei der Einflusskreis um den Gitterpunkt zunächst klein ist und mit dem jeweils nächsten Rechnungsabschnitt vergrößert wird. Es reichten meist zwei bis drei Iterationen für eine genügend genaue Analyse aus.

NUMERISCHE VORHERSAGE

Um die wesentlichen atmosphärischen Parameter und Feldverteilungen vorhersagen zu können, müssen die Anfangszustände von sieben Variablen bekannt sein: Luftdruck, Temperatur, Feuchte, Luftdichte und die drei Windkomponenten. Sieben Gleichungen sind für deren Vorhersage erforderlich: drei Bewegungsgleichungen, die Kontinuitätsgleichung, der erste Hauptsatz der Wärmelehre, die Wasserdampfgleichung und die Gasgleichung. Das Gleichungssystem besteht aus nichtlinearen partiellen Differenzialgleichungen mit nichtkonstanten Koeffizienten und ist nicht geschlossen lösbar. Daher sind numerische Näherungsmethoden anzuwenden, die mit kleinen Zeitschritten in die Zukunft rechnen. Über viele kleine Zeitschritte ergibt sich dann die Vorhersage beispielsweise für einen Tag (numerische Integration). Dazu wird ein über das Vorhersagegebiet gelegtes Gitternetz benutzt, wobei die Variablen nur an den Gitterpunkten definiert sind. Je kleiner die Maschenweite, desto kleiner muss der Zeitschritt sein. Je kleiner diese Maschenweite, desto genauer wird die Vorhersage. Eine Halbierung der Maschenweite bedingt etwa eine Halbierung des Zeitschritts, damit steigt die Anzahl der Gitterpunkte um das Vier- und der Rechenbedarf um das Achtfache! Hieraus kann man ersehen, dass der Rechenbedarf der numerischen Vorhersage außerordentlich hoch ist. Eine Vorhersage muss natürlich wesentlich schneller sein als die Zeit, die bis zum Vorhersagetermin vergeht. In der Meteorologie werden daher jeweils die leistungsfähigsten Rechner benötigt.

Im Jahre 1950 erschien in der schwedischen Meteorologie-Zeitschrift *Tellus* eine grundlegende Veröffentlichung von Charney, Fjörtoft und Neumann über die numerische Integration eines stark vereinfachten Atmosphärenmodells. Dies war der Grundstein für die später operationell machbare Wettervorhersage mittels der theoretischen Atmosphärenphysik. Es war das erste einsatzfähige Vorhersagemodell überhaupt.

Als Anfangsnäherung konnten eine Analyse vom vorangegangenen Beobachtungstermin, eine Vorhersage oder die hydrostatische Hochrechnung von einer darunter liegenden Druckfläche dienen. Analysiert wurden die Temperatur und die Höhe der Standardflächen 1.000, 850, 700 Hektopascal etc. (dies entspricht etwa dem Erdboden bzw. Höhen von 1,5 und 3 km etc.). Die Analysen müssen natürlich dreidimensional stimmig sein. Deshalb wurden die Geopotentialanalysen mit Hilfe der Temperaturanalysen auf die darunter liegende bereits analysierte Fläche aufgebaut. Heute werden wesentlich verbesserte Analysemethoden angewandt.

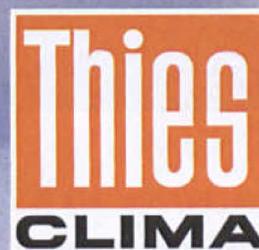
Nun noch eine Bemerkung zum verwendeten Gitter: Wegen der beschränkten Rechenkapazität musste der Gitterabstand in den Modellen sehr groß sein. Das Analysegitter war natürlich identisch. Man mag sich wundern, dass man damals eine Gitterweite von ausgerechnet 381 km wählte! Dies hatte einen besonderen Grund: Anfangs gab es nämlich noch keine Zeichengeräte, mit denen man Wetterkarten zeichnen konnte. Zur Sichtbarmachung der Karten war eine Ausgabe auf einem Drucker nötig, aber wie? Man produzierte sogenannte »Zebrakarten«, indem die Gitterpunktwerte durch ein Druckprogramm so ausgewertet wurden, dass der Verlauf der gewünschten »Isolinie« durch die Abgrenzung zwischen den freien und den mit **Oktalziffern** besetzten Feldern gegeben ist. Solche Linien können z. B. Isobaren sein (siehe Abbildung Seite 28). Der Gitterabstand musste auf die festen Abmessungen der Druckertypen ausgerichtet sein, um Zebrakarten erzeugen zu können.

BAROTROPES MODELL. Als barotrop bezeichnet man eine Atmosphäre, in der die Flächen gleichen Drucks und gleicher Dichte bzw. Temperatur parallel verlaufen. Beide Parameter sind eindeutig durch den Druck bestimmt. Die Neigung der Druckflächen ist in allen Höhen identisch, der Wind ändert sich somit nicht mit der Höhe. Es gibt keine Schnittpunkte zwischen Isobaren und Isothermen. Horizontal bestehen keine Temperaturunterschiede, es kann somit keine kältere oder wärmere Luft herangeführt werden. Damit entstehen auch keine thermodynamischen Energieumwandlungen und Entwicklungsprozesse. Bei einem barotropen Vorhersagemodell ersetzt man die reale Atmosphäre durch eine barotrope. Weiter wird vorausgesetzt, dass die Atmosphäre vertikal im Gleichgewicht ist und somit keine Vertikalbeschleunigungen auftreten. Außerdem gilt stets die statische Grundgleichung. Da in allen Höhen gleicher Wind herrscht und die Neigung aller Flächen identisch ist, kann die Atmosphäre durch eine einzige Fläche dargestellt werden. Das Modell wird damit zweidimensional. Als Fläche wird die 500 Hektopascal-Fläche (etwa 5 ½ km Höhe) ausgewählt, weil in dieser Höhe die Barotropiebedingung noch am ehesten erfüllt ist. Es ist er-

Oktalziffern: Das Oktalsystem kennt acht Ziffern zur Darstellung einer Zahl: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 und 7. Es wird vor allem in der Computertechnik angewendet.

Anzeige

Wetterdaten erfassen, speichern und verarbeiten



- Wind
- Temperatur
- Niederschlag
- Strahlung
- Feuchte
- Druck
- Verdunstung

Die ganze Technik aus einer Hand. Sprechen Sie mit uns über Ihre Meßaufgaben.

Zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001
DIN EN ISO 14001

»Thies Wetterstationen im Meßnetz von Jörg Kachelmann!«

Adolf Thies GmbH & Co. KG
Postfach 3536 + 3541
37025 Göttingen
Telefon (0551) 7 90 01-0
Telefax (0551) 7 90 01-65
www.thiesclima.com
info@thiesclima.com



staunlich, dass trotz dieser Einschränkungen mit einem solchen Modell noch einigermaßen Vorhersagen geliefert werden können, allerdings nur für die 500-hPa-Fläche! Am besten werden die sogenannten langen Wellen, die eine sehr große Amplitude und Wellenlänge haben, vorhergesagt.

Beim Deutschen Wetterdienst wurde zunächst ein barotropes Modell eingesetzt, das zusätzlich die Barotropiebedingung einer homogenen Atmosphäre enthält: Dies bedeutet, dass die Dichte in allen Höhen gleich ist. Eine solche Atmosphäre hätte bei einer Temperatur von 273 K eine Höhe von acht Kilometern. Man kann nun fragen, warum mit einem solchen einfachen Modell begonnen wurde. Nach der Anschaffung der ersten Rechanlage sollte natürlich möglichst schnell mit einem operationellen Betrieb begonnen werden. Zum einen benötigt ein barotropes Modell im Vergleich zu hoch entwickelten Modellen einen geringen Rechenaufwand, es konnte auf der 3400 laufen, die ja bereits Ende 1965 geliefert wurde. Zum anderen hatte die Gruppe unter Hinkelmann zunächst das vergleichsweise einfache Modell entwickelt, mit dem man Erfahrung sammeln wollte. Da sich der Vorhersagedienst nicht mit nur einer Vorhersagekarte (500 hPa) begnügen konnte, sondern vor allem der Flugwetterdienst auch andere Druckflächen benötigte, wurden mithilfe statistischer Korrelationen aus der Vorhersage 500 hPa solche für die Flächen 850, 700, 300 und 200 hPa berechnet. Die dafür notwendige Bodenvorhersage

Das meteorologische Observatorium des Deutschen Wetterdienstes auf dem Hohen Peißenberg. Für Interessierte gibt es hier einen Info-Pavillon, der täglich von 7 bis 19 Uhr geöffnet ist.

Albin-Schwaiger-Weg 10
82383 Hohenpeissenberg
www.dwd.de

Mit einem **baroklinen Modell** wird die Temperatur als prognostische Variable eingeführt. Die Flächen gleicher Temperatur sind gegenüber den Flächen gleichen Luftdrucks geneigt. Hieraus leitet sich die Bezeichnung für das Modell ab (baro = Druck, klinein = sich neigen). Es ergeben sich Schnittlinien, zum Beispiel Isothermen in einer Druckfläche. Das Modell ist dreidimensional. Der Abstand zweier Druckflächen ist von der dazwischen liegenden Temperatur abhängig. Der Wind ändert sich normalerweise mit der Höhe. Wegen der uneinheitlichen Temperaturverteilung kann Luft unterschiedlicher Temperatur herantransportiert werden, thermische Energieumwandlungen werden erfasst.

wurde gewonnen, indem man die manuelle Vorhersage auf dem Rechner simulierte.

Am 3. Oktober 1966 begann mit dem barotropen Modell der operationelle numerische Vorhersagebetrieb, der für den Wetterdienst eine große Umstellung einleitete. Der Prognosezeitraum betrug nun 72 Stunden. Es wurde fast hemisphärisch gerechnet, der südliche Rand des Integrationsgebiets lag bei etwa 15° nördlicher Breite, der Gitterabstand betrug, wie erwähnt, 381 km.

BAROKLINES MODELL. Im Deutschen Wetterdienst begannen operationelle barokline Vorhersagen 1967 nach Lieferung des CDC 3800. Da der Rechenaufwand sehr groß war (eine Stunde und zehn Minuten für eine 24-Stunden-Vorhersage), konnte das Modell nur auf der 3800 laufen. Wegen des hohen Rechenbedarfs war eine Beschränkung auf einen Prognosezeitraum von 48 Stunden nötig. Es galt auch hier die statische Grundgleichung, um vertikale Beschleunigungen zu unterdrücken. Dabei wurde dasselbe Integrationsgebiet und Gitter wie beim barotropen Modell verwendet und als Vertikalkoordinate p/p_s benutzt, wobei p der jeweilige Druck und p_s der Bodendruck sind. Später ging man auf den Druck p über. In der Vertikalen rechnete man mit sechs Schichten. Das Modell enthielt keine Feuchte, so dass Wolkenbildung und Niederschlag lediglich aus der Vertikalbewegung abgeschätzt werden konnten. Die Reibung und der Wärmeübergang vom Boden konnten nur mit einfachen Ansätzen berücksichtigt werden.

Anfangs ging das Relief der Erdoberfläche noch nicht in die Rechnungen ein. Das war erst später der Fall. Im Laufe der Zeit wurden schrittweise Verbesserungen angebracht. Dies kostete Rechenzeit, sie stieg auf etwa 2,5 Stunden für eine 48-Stunden-Prognose an. Weitere Entwicklungen zu einem feucht-baroklinen Modell, wobei als weitere prognostische Variable die spezifische Feuchte einbezogen, der Gitterabstand auf 254 km verringert und neun Schichten eingeführt wurden, konnten auf dem 3800 nicht mehr verwirklicht werden. Dieses Modell konnte erst 1978 nach der Beschaffung einer CDC Cyber 76 operationell eingesetzt werden. Dieser Rechner hatte eine

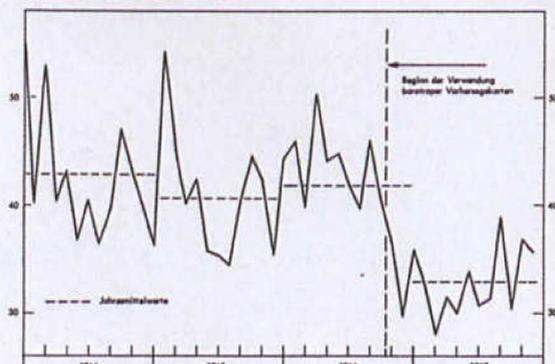
mehr als zehnfache Geschwindigkeit gegenüber dem 3800. Das neue Modell war ein wesentlicher Fortschritt, die Prognose von Niederschlag und Wolken war direkt möglich.

VORHERSAGEN BIS ZU SECHS TAGEN.

In den nachfolgenden Jahren ging die Modellentwicklung Hand in Hand mit der Rechnerentwicklung weiter. Der Prognosezeitraum wurde auf mehrere Tage erweitert. Damit musste das Integrationsgebiet global werden, da auch die Südhemisphäre Einfluss auf unser Wetter hat. Der Gitterabstand konnte bis auf wenige Kilometer (derzeitiges Minimum sind drei Kilometer) vermindert werden, da man mehrere feinmaschige Modelle schuf, die mit einem kleineren Integrationsgebiet wie ein »Nest« in das globale Modell mit einem größeren Gitter eingebettet werden. Das feinmaschige Modell erhält dann seine Randwerte aus dem größeren. Dies kann stufenweise geschehen. Auf diese Weise können auch kleinräumigere meteorologische Phänomene prognostiziert werden. Dieses »Nesting« ist erforderlich, weil trotz der enorm gestiegenen Rechnerleistung auf derzeit 6×10^{12} (6 Billionen) Instruktionen pro Sekunde die Geschwindigkeit für ein globales Modell mit geringerer Maschenweite nicht ausreichen würde.

Die in den Modellen enthaltene Physik wurde ständig erweitert. Es gehen heute Parameter wie Ozeantemperatur, Bodentemperatur und -feuchte, Schnee- und Eisbedeckung, Erdbodenbedeckung (bebaute Fläche, Wiese, Feld, Wald, Gewässer), Flüssigwassergehalt der Atmosphäre ein. Die Modelle reichen jetzt hoch in die Stratosphäre und weisen vertikal bis zu 50 Schichten auf.

Wenn auch heute zwischen vorhergesagten und eingetretenen Änderungen bei der 24-stündigen Modellvorhersage Korrelationskoeffizienten bis ca. 0,95 erreicht werden und die Vorhersagen auf sechs Tage ausgedehnt werden können, ist die Entwicklung nicht abgeschlossen. Bald wird ein Rechner installiert, der 15- bis 30-mal schneller ist als der derzeitige. Damit ist ein weiterer Ausbau der numerischen Wettervorhersage möglich. Allerdings wird eine hundertprozentige Vorhersage niemals möglich sein, da die Atmosphäre ein chaotisches System ist. ■■



Mittlerer relativer Windfehler der 24-stündigen Vorhersage 500 hPa; bis Herbst 1966 manuelle, danach barotrope Vorhersage, Ausschnitt Atlantik-Europa (nach Reymann).

DR. KLAUS WEGE arbeitete ab 1959 in der Analysenzentrale des Deutschen Wetterdienstes, von 1963 bis 1986 in der Forschungsabteilung. In diesem Rahmen war er ab 1963 am Aufbau der automatischen Datenverarbeitung für die Umstellung auf numerische Vorhersageverfahren beteiligt. 1970 bis 1975 stand er dem Rechenzentrum vor, das damals der Forschungsabteilung angegliedert war. 1986 wurde er zum Leiter des Meteorologischen Observatoriums auf dem Hohen Peißenberg berufen, eine Tätigkeit, die er bis zu seinem Eintritt in den Ruhestand 1993 wahrnahm.

Frauen Technik Wissen

Ein Wochenende für Frauen
28.–30. November 2008

Von Klängen, Rhythmen und Zahlen

Musik wird oft als »Mathematik der Gefühle« bezeichnet. Wo berühren sich Musik und Mathematik? Nach welchen Regeln sind Instrumente aufgebaut? Dies sind Themen des Wochenendes in der Musikinstrumentenabteilung des Deutschen Museums. In Führungen erfahren Sie darüber hinaus mehr zur Sozialgeschichte von Frauen und Musikinstrumenten und erleben die berühmte Zwitschermaschine sowie weitere Instrumente und Musik, die mit Vogelgesang in Verbindung stehen. Ein Workshop, in dem die Teilnehmerinnen selbst musizieren, rundet die Veranstaltung ab.

Zwei Übernachtungen mit Frühstück inkl.
Seminargebühren und Museumseintritt:
125,- € (EZ), 115,- € (DZ).

22 Teilnehmerinnen. Anmeldung bis spätestens
12. September. Sie wohnen im Kerschensteiner
Kolleg, direkt im Deutschen Museum,
im Zentrum Münchens.

Die Zimmer (Etagenduschen und -WCs)
sind modern eingerichtet und ruhig gelegen.
Wir empfehlen die Anreise mit öffentlichen
Verkehrsmitteln.

Information und Anmeldung:
Sabine Bärmann, Tel. +49-(0)89-2179-569,
Fax +49-(0)89-2179-273
E-Mail: s.baermann@deutsches-museum.de
Deutsches Museum, Museumsinsel 1,
80538 München

Deutsches Museum
Kerschensteiner Kolleg



Sonne oder Regen?

Wie kann man eigentlich Wetter messen?

Das Wetter können wir mit allen Sinnen erfahren.

Ob die Sonne scheint, es regnet oder schneit, können wir sehen, fühlen und manchmal sogar riechen. Aber wie kann man so etwas messen?

Wie das Wetter wird, ist eine Frage, die uns Menschen schon lange beschäftigt. Denn davon hängt ab, wann der beste Zeitpunkt zum Säen oder Ernten ist.

Regenbögen, Ringe um den Mond, die Sonne oder gar Kometen dienten vor mehr als 4.000 Jahren als Hinweise für eine mögliche Entwicklung des Wetters. Mithilfe dieser Beobachtungen entstanden Sprüche, die wir heute als Bauernregeln kennen.

Die ersten Regeln dieser Art kannten schon die Griechen und Römer. Erst im 17. Jahrhundert begann man das Wetter zu messen. Forscher wie Evangelista Torricelli (1608–1647) oder Otto von Guericke (1602–1686) stellten fest, dass es Zusammenhänge zwischen dem Wetter und bestimmten physikalischen Größen gibt. Zunächst gab es nur wenige Größen, wie Luftdruck und Temperatur, die dafür herangezogen wurden. Damit konnten Wetterphänomene wie der Wind erklärt oder gar Unwetter vorausgesagt werden. Das Wetter war damit in physikalischen Einheiten beschreibbar und messbar. Doch für genauere Vorhersagen brauchte man Messwerte von mehreren Orten.

Als in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts die Telegrafie entstand, konnte man sehr schnell Wetterdaten von anderen Orten erhalten. Das ist wichtig, denn ein Wind der 50 Kilometer entfernt in meine Richtung bläst, wird sehr schnell auch bei mir sein.

So entstanden immer mehr Messstationen und auch Wetterkarten, wie wir sie heute fast in jeder Zeitung finden. Mit Wetterballons können die Wetterforscher seit 1930 auch Daten in höheren Luftschichten gewinnen, die sich auf unser Wetter auswirken.

UND HEUTE? Mit dem Wetterradar kann der Niederschlag in der Luft erfasst werden, Wettersatelliten messen und fotografieren vom All aus; zudem gibt es eine große Anzahl von Wetterstationen überall auf der Erde. Zusammen produzieren sie eine riesige Menge an Daten, mit denen sehr schnelle Computer das Wetter des nächsten Tages berechnen. Weil das Wetter aber von sehr vielen physikalischen Größen abhängt und deswegen so komplex ist, lässt es sich trotzdem nur für wenige Tage voraussagen.



Nach oben schau,
auf Gott vertrau,
nach Wolken wird der
Himmel blau ...

Bauernweisheit

Der älteste Hinweis auf Bauernregeln in Deutschland geht auf Albertus Magnus (1193–1280) zurück. In seinem Buch *Über die Beschaffenheit des Windes* tauchen bäuerliche Beobachtungen und »Vorauskenntnis der Bauern« auf. Frühe Sammlungen von Bauernregeln gibt es aber erst ab 1590.

WAS SIND BAUERNREGELN?

Bauernregeln haben nicht immer etwas mit dem Wetter zu tun. »Spinnen am Morgen bringt Kummer und Sorgen« ist zum Beispiel so ein Merksprüchlein. Doch viele von ihnen treffen Aussagen über das Wetter. Dabei gibt es vier verschiedene Regeln. Sie können entweder etwas über das Wetter der nächsten Stunden mitteilen (1) oder über die nächsten Wochen (2). Sie versuchen, den besten Erntezeitpunkt vorherzusagen (3) oder Aussagen zum Wetter in bestimmten Monaten oder zu den Jahreszeiten zu machen (4). Pro Regel hier ein Beispiel:

(1) Morgenrot – Schlechtwetter droht. (Vorhersage für die nächsten Stunden)

(2) Regnet es am Siebenschläfertag, es noch



sieben Wochen regnen mag. (Vorhersage für die nächsten Wochen)

(3) Ist der Mai kühl und nass, füllt's dem Bauer Scheun und Fass. (Ernteregel)

(4) Erst Mitte Mai ist der Winter vorbei. (Wetter in bestimmten Monaten)

WOZU BAUERNREGELN?

Die Arbeit und der Erfolg der landwirtschaftlichen Tätigkeit sind in höchstem Grad vom Wetter abhängig. Deswegen haben die Bauern schon immer ihre Umwelt genau beobachtet und versucht, Regelmäßigkeiten zu entdecken, mit deren Hilfe sie das zukünftige Wetter einschätzen konnten. Als Merkhilfe reimten sie solche Verse, die dann zum Teil gedruckt und verbreitet wurden. So konnte jeder Bauer, der diese Sprüchlein kannte und das Wetter beobachtete, sein Handeln besser planen.

STIMMEN BAUERNREGELN ÜBERHAUPT?

Die Genauigkeit mancher Bauernregeln ist sehr hoch. Viele haben eine Treffwahrscheinlichkeit von 65 Prozent, einige sogar von 80 oder gar 90 Prozent. Sie zeugen von einer guten Beobachtungsgabe unserer Vorfahren. Doch man muss ein paar Dinge beachten. Bauernregeln, die an der Küste entstanden sind, treffen nicht unbedingt in einer Gebirgsregion zu. Bei vielen Regeln weiß man nicht, woher sie stammen, deswegen sind sie mit Vorsicht zu genießen. Sie sind an einem bestimmten Ort entstanden und können daher nur Aussagen über das Wetter in dieser Gegend treffen.

FOUCAULT-NACHTRAG

Einige von euch haben bei unserem Matherätsel sehr gut aufgepasst! Die erste Frage drehte sich um das Foucault'sche Pendel, mit dessen Hilfe man die Drehung der Erde nachweisen kann. In der Aufgabe stand fälschlicherweise, dass das Museumspendel für eine volle Umdrehung einen Tag benötigt. Dies wäre jedoch nur am Nord- oder Südpol der Fall. In München müssen wir auf eine Umdrehung gut 32 Stunden warten.



Caroline Zörlein und Markus Speidel haben sich das Barometer am Turm des Deutschen Museums aus der Nähe angesehen.

Woher kommt der Begriff Meteorologie?

Der wissenschaftliche Begriff für die Wetterkunde ist »Meteorologie«. Das Wort stammt vom Titel eines Buches, das Aristoteles 350 v. Chr. schrieb. Es gilt als das erste Lehrbuch der Meteorologie und trug den Titel *Die Lehre von den Dingen über den Bergen*. Das ist allerdings nur der übersetzte, deutsche Titel. Im Original hieß das Buch: *Meteorologica*.

Wenn Schafe frieren...

Das kann um den 11. Juni herum passieren und nennt sich deswegen auch Schafskälte. Mit einer unglaublich hohen Trefferquote von 89 Prozent meint man damit empfindlich kühle, wechselhafte und oft auch regenreiche Tage. Sie stellen sich nach ersten sommerlich warmen Tagen Ende Mai meist noch vor Mitte Juni ein. Eine typische Schafskälte braucht eine kühle und feuchte Nordwestströmung. Im Jahre 1998 war sie besonders auffällig: Die Temperaturen fielen auf etwa fünf bis zehn Grad ab. Der Name »Schafskälte« soll an die frisch geschorenen Schafe erinnern, denen die Kälte um den 11. Juni durchaus gefährlich werden kann.

Schon gewusst?

99 Fahrenheit (F) sind wie viel Grad Celsius (C)? Ausrechnen kann man das mit dieser Formel: $(\text{Temperatur Fahrenheit} - 32) : 1,8 = \text{Temperatur Celsius}$. Ohne Formel lässt sich das Ganze auch lösen. Und zwar, wenn man weiß, dass Fahrenheit als festen Punkt für seine Temperaturskala, die Körpertemperatur eines gesunden Menschen wählte. Und die liegt bei 37,2 °C.

Quecksilber

Dieses Element wurde sehr lange in Barometern und Thermometern verwendet. Es ist jedoch sehr giftig und darf heute für solche Zwecke nicht mehr benutzt werden. Die Forscher setzten es in den frühen Luftdruckversuchen ein, weil es eine so hohe spezifische Dichte besitzt. Das heißt, dass ein Liter Quecksilber viel schwerer als beispielsweise ein Liter Wasser ist. Hätten die Forscher ihre Versuche mit Wasser gemacht, hätten sie viel größere Glasröhren gebraucht: Wasser kann der Luftdruck wegen seines geringen Gewichts viel leichter nach oben drücken. Wäre bei Versuchen mit Wasser eine zehn Meter hohe Glassäule nötig gewesen, reichten bei Quecksilber 76 Zentimeter.

Unter Druck

Wenn in den Nachrichten von einem »Tief« die Rede ist, wird es meistens nass und stürmisch. Mit tiefem Luftdruck verbinden wir schlechtes Wetter. Wohingegen wir uns von hohem Luftdruck – also einem »Hoch« – in der Regel schönes, sonniges Wetter versprechen. Wollen wir wissen, wie es um den Luftdruck steht und eine grobe Ahnung vom Wetter der nächsten Stunden haben, genügt uns heutzutage ein Blick auf das Barometer. Dass es zwischen Luftdruck und dem Wetter einen Zusammenhang gibt, mussten die Menschen allerdings erst herausfinden.

UNSICHTBARE LAST

Wo wir auch gehen und stehen, tragen wir immer Luft mit uns herum. Genauer gesagt lastet auf allen Lebewesen und Gegenständen eine gigantische, unsichtbare Luftsäule. Dies liegt an der Atmosphäre, dem luftigen Mantel unserer Erde. Besteigen wir einen hohen Berg oder fliegen in einem Ballon, sinkt der Luftdruck, weil die Luftsäule kleiner wird. Den Luftdruck misst man mit Barometern, sie zeigen an wie schwer die Luft ist. Aber kann man eine Luftsäule überhaupt wiegen?

SILBRIGE SÄULEN

Wie schwer die Luft auf der Erde lastet, wurde im 17. Jahrhundert entdeckt. Brunnenbauer

in Florenz beobachteten, dass sie das Wasser mithilfe von Pumpen nur knapp zehn Meter hochsaugen konnten. Schon Galileo hatte den Luftdruck im Verdacht, aber erst Evangelista Torricelli gelangten Experimente, die das beweisen konnten. Er arbeitete mit flüssigem Quecksilber, das er in gläserne Röhren füllte. Zu einer Seite offen konnte man sie – quasi kopfüber – in eine Schüssel stellen, die ebenfalls mit Quecksilber gefüllt war. Auf der Quecksilberoberfläche der Schale lastet eine Luftsäule, die das Quecksilber in die Glassäule drückt. In der Röhre stellt sich die Quecksilbersäule auf 760 Millimeter ein.

Wenn die Luft weniger wiegt, z.B. wenn man sich auf einem Berg befindet, sollte dem-

entsprechend auch das Quecksilber weniger hoch steigen. Das entdeckte Blaise Pascal (1623–1662), dessen Name heute für eine gebräuchliche Einheit des Luftdrucks steht.

DIE LUFT WIRD DÜNN

Ein anderer Mann, der sich mit Luft beschäftigte, war Otto von Guericke. Er unternahm viele Versuche, ein Vakuum herzustellen, indem er versuchte, Fässer und sogar hohle Metallkugeln mithilfe von Pumpen luftfrei zu bekommen. Eines seiner berühmtesten Experimente ist der Versuch mit den Magdeburger Halbkugeln: Aus zwei zusammengesetzten metallenen Halbkugeln pumpte man die Luft heraus. Obwohl man die Schrauben löste, die sie zusammenhielten und Pferde an die Hälften spannte, die wie wild daran zogen, bekam man die Halbkugeln nicht entzwei. Dies liegt am äußeren Luftdruck, der die Schalen wie in einer Schraubzwinge zusammendrückt.

Otto von Guericke war aber auch ein guter Beobachter. Er hatte einen ähnlichen Aufbau wie Torricelli. In der Glassäule befand sich ein sogenanntes Wettermännchen, das auf der Flüssigkeit schwamm. Von Guericke bemerkte, dass sich die Höhe der Figur veränderte, je nachdem, wie das Wetter war. 1660 sagte er wenige Stunden vorher ein großes Unwetter voraus. Der Luftdruck hatte sich verringert und konnte weniger Flüssigkeit in die Glassäule pressen, der Pegel senkte sich und das Wettermännchen schwamm weiter unten. Für Otto von Guericke ein Zeichen, dass schlechtes Wetter drohte.



Blaise Pascal stellte fest: Auf einem Berg ist der Luftdruck geringer. Deshalb steigt das Quecksilber in der Glasröhre nicht so weit nach oben. Das Bild zeigt Pascals Schwager beim Messen des Luftdrucks, 1648. (Stahlstich, ca. 1870)

Stürmchen im Türmchen

Bereits von Leonardo da Vinci (1452–1519) sind Zeichnungen bekannt, in denen warme, aufsteigende Luft als Antrieb genutzt wird. Die Idee, die Kraft des warmen Windes in Strom umzuwandeln, kam jedoch erst vor 70 Jahren auf. In Kleinformat kannst du ein solches Aufwindkraftwerk zu Hause nachbauen und mit einer Taschenlampe oder mithilfe des Sonnenlichts antreiben.

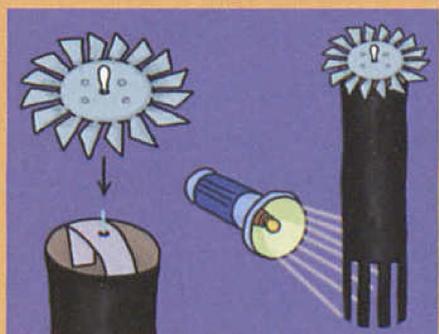
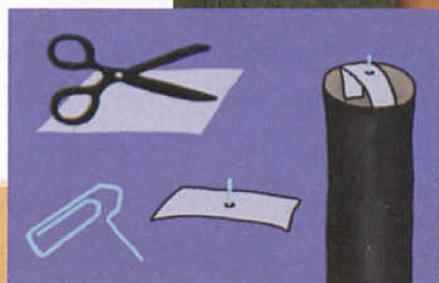
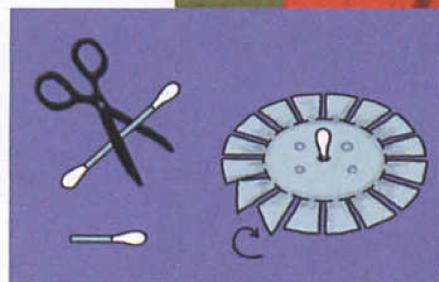


Das brauchst du ...

Eine Pappröhre, schwarze Farbe oder schwarzes Buntpapier, die Aluminiumhülle eines Teelichts, ein Wattestäbchen, eine Büroklammer, glatte Pappe (z.B. von einem Karton), Schere, Klebstoff und Tesafilm.

So wird gebastelt ...

1. Male die Pappröhre schwarz an oder beklebe sie mit schwarzem Buntpapier.
2. Mit einer Schere schneidest du den Kragen der Teelichthülle ein, und zwar immer im Abstand von etwa einem Zentimeter. Anschließend wird sie vorsichtig platt gedrückt. Verlängere nun die Einschnitte bis zum inneren Ring der Aluhülle, jedoch Vorsicht: Nicht zu weit einschneiden!
3. In die Mitte dieses Flügelrads drückst du mit ein kleines Loch (mit Nadel oder Nagelschere). Es sollte so groß sein, dass die Watte eines Wattestäbchens gerade nicht mehr durchpasst. Schneide das Wattestäbchen ein bis zwei Zentimeter unter der Watte ab und stecke es die Mitte des Flügelrads.
4. Die einzelnen Flügelchen biegest du wie bei einer Schiffsschraube zurecht, so dass sie leicht schräg abstehen.
5. Aus der glatten Pappe schneide zwei etwa zwei Zentimeter breite Streifen aus und klebe sie aufeinander. Die Länge dieses Streifens ergibt sich aus dem Durchmesser der Röhre. Er muss so lang sein, dass du ihn an beiden Enden an der Innenseite der Röhre befestigen kannst: Der Streifen bildet den Querbalken, in den später das Windrad eingesetzt wird.
6. Die Büroklammer biegest du auf, bohrst sie in die Mitte des Streifens und klebst sie an dessen Unterseite fest. Auf der oberen Seite soll sie so weit heraussehen, dass das Wattestäbchen aufgesetzt werden kann.
7. Das Ganze ist nun der Träger für das silberne Flügelrad. Wenn du die Laschen des Querbalkens an der Pappröhre mit Tesafilm befestigt hast, kannst du das Flügelrad auf den Büroklammerdraht aufsetzen. Beim Gegenpusten sollte es sich locker drehen.
8. Damit das Kraftwerk nicht nur mit Wind funktioniert, sondern auch mit Sonnenenergie, braucht die schwarze Pappröhle noch Einstromöffnungen für die Luft. Dazu schneidest du am unteren Ende des Turms sechs Mal im gleichen Abstand etwa fünf Zentimeter ein und klappst die entstehenden Laschen hoch bzw. schneidest sie ab.
9. Richtest du jetzt eine Lampe auf den schwarzen Turm oder scheint die Sonne darauf, beginnt sich der Propeller nach einigen Minuten von selbst zu drehen. Das liegt daran, dass warme Luft nach oben steigt. Wie in einem Kamin wird immer neue Luft von unten hereingesaugt. Im Turm entsteht ein ein Wind, der das Flügelrad dreht.



MikroMakro

Wissen · Entdecken · Experimentieren



Unser kleiner grüner Wetterfrosch ist von der Leiter gefallen und hat leider alles vergessen. Sogar die gereimten Bauernregeln bekommt er einfach nicht mehr zusammen. Kannst du ihm dabei helfen? Versuche die Merksätze richtig zu vervollständigen. Je nachdem, ob du a), b) oder c) angekreuzt hast, darf dein Wetterfrosch nach oben hüpfen oder muss wieder nach unten krabbeln. Wenn er auf der ersten Stufe startet, auf welcher Stufe landet er am Ende des Rätsels?

1) Kalte Sophie wird sie genannt ...

- a) ... denn oft kommt sie mit Kälte dahergerannt. (2 rauf)
- b) ... denn häufig hat sie einen Sonnenschirm in der Hand. (1 rauf)
- c) ... ohne Mantel wurde sie verbannt. (4 rauf)

2) Sind die Hundstage voll Sonnenschein ...

- a) ... trinkt der Bauer lieber Wein. (1 rauf)
- b) ... muss es wohl schon Winter sein. (3 rauf)
- c) ... wird das Jahr recht fruchtbar sein. (4 rauf)

3) Wenn es der Teufel will ...

- a) ... kommt der Frost noch im April. (2 runter)
- b) ... ist der Wetterfrosch ganz still. (1 runter)
- c) ... wird's kein leichtes Spiel. (2 runter)

4) Der Nordwind ist ein rauer Vetter ...

- a) ... dennoch ist er ein ganz netter. (5 rauf)
- b) ... doch er bringt beständig's Wetter. (4 rauf)
- c) ... aber ist der Hitze Retter. (3 rauf)

5) Mairegen ...

- a) ... bringt Segen. (1 runter)
- b) ... kann fegen. (2 runter)
- c) ... wird sich legen. (3 runter)

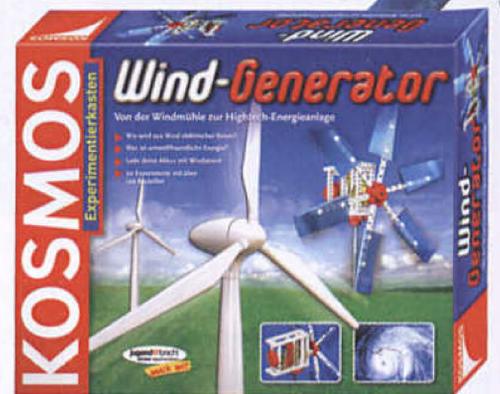
Der Kosmos-Verlag hat diesmal wieder Preise für unsere Rätselgewinner gestiftet! Gewinne einen von drei tollen Experimentierkästen:

- 1. Preis: Wind-Generator,
- 2. und 3. Preis: Abenteuer Genetik.

Schicke deine Lösung bitte per E-Mail an: mikromakro@folio-muc.de oder per Post an: »MikroMakro«, folio gmbh, Gistelstraße 63, 82049 Pullach.

Bitte vergiss nicht, deinen Vornamen und Namen sowie deine Adresse und dein Alter anzugeben!

Wir drücken dir die Daumen!



Entdecke mit dem »Wind-Generator« die Vorteile umweltfreundlicher Energiegewinnung. Der reich bestückte Baukasten enthält außerdem viele wichtige Informationen zur Energieumwandlung. (Im Handel für 29.90 Euro)

Viele Experimente gibt's im neuen »Genetik«-Kasten. Du kannst zum Beispiel DNA aus Gemüse isolieren oder lernen, warum braunäugige Eltern manchmal blauäugige Kinder haben. (Im Handel für 19.99 Euro)



»Alles zählt« – die Gewinner:

Viele von euch haben beim letzten Preisrätsel mitgemacht und die meisten haben das Zahlenschloss geknackt!

Die richtige Antwort lautete: 90 – 7 – 6 – 5 – 2

Gewonnen haben: Alexander Vogl aus Cham, Katharina Springs aus Türkenfeld, Lena und Fabian Wagner aus Haag.

HERZLICHEN GLÜCKWUNSCH!



Arbeit mit Licht – Fotografie ohne Kamera

Vom Zeichenstift der Natur zur künstlerischen Lichtgestaltung

Als der Bauhaus-Lehrer Lazlo Moholy-Nagy 1925 den Begriff Fotogramm für das ohne Kamera hergestellte Lichtbild prägte, war diese Technik bereits über hundert Jahre alt. Anders als in der Fotografie konzentriert sich hierbei alles auf die unvermittelte Arbeit mit dem Licht.

Von Cornelia Kemp

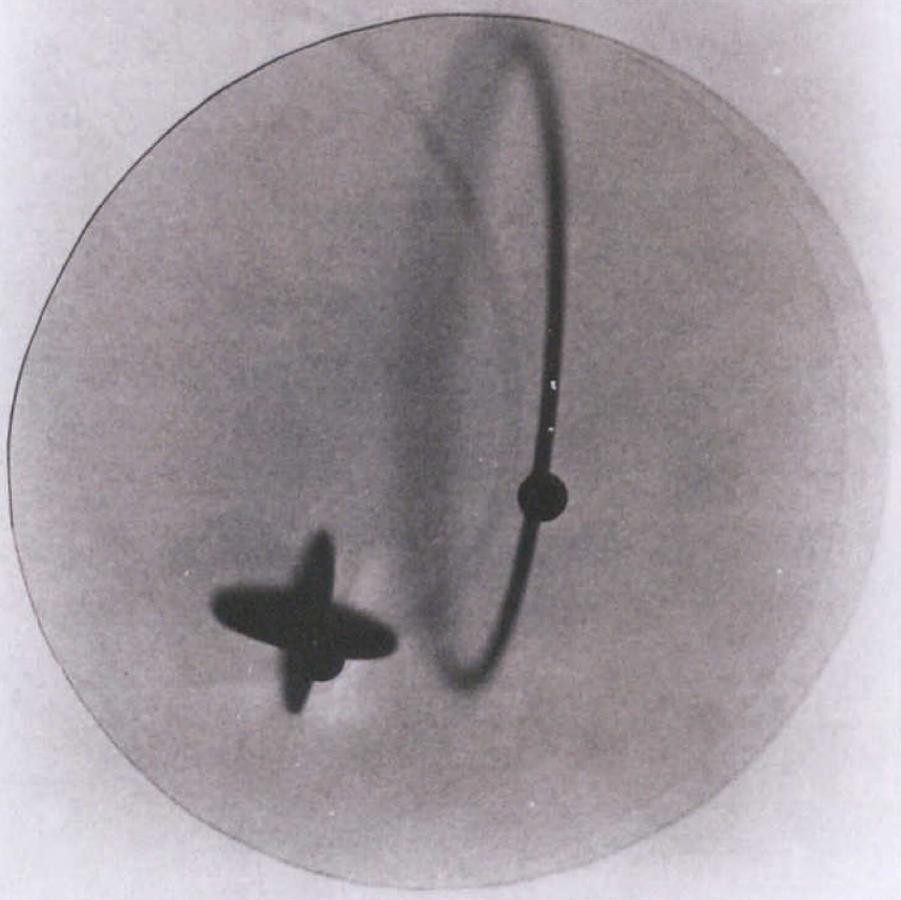
Kilian Breier,
Luminogramm, 1957

Zu den Gutachtern, die 1838 in Paris erstmals Originalaufnahmen von Jacques Mandé Daguerre zu sehen bekamen, gehörte auch Alexander von Humboldt. Die Wirkung, die »die geheimnisvolle Daguerrienteckung« auf den deutschen Gelehrten ausübte, war überwältigend. In einem Schreiben an Herzogin Friederike von Anhalt-Dessau vom 2. Februar 1839 versuchte Humboldt seine Eindrücke über diese rätselhaften Vorgänge in Worte zu fassen: »Gegenstände, die sich selbst in unnachahmlicher Treue mahlen; Licht, gezwungen durch chemische Kunst, in wenigen Minuten, bleibende Spuren zu hinterlassen.« Dass die für die Aufnahme nötige Kamera in diesem Text nur ganz beiläufig erwähnt wird, muss nicht weiter verwundern, denn das optische Prinzip der Projektion von Bildern der Außenwelt auf die Mattscheibe im Inneren einer Camera obscura war in der Kunst als Zeichenhilfe seit langem bekannt. Während diese projizierten Abbildungen bisher jedoch in mühevoller Detailarbeit zeichnerisch fest-

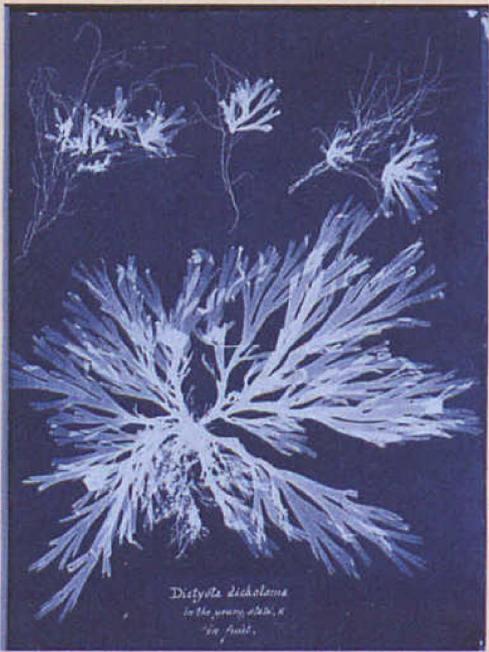
gehalten werden mussten, vollzog sich der Prozess der Wiedergabe nun in kürzester Zeit und scheinbar wie von selbst.

Unabhängig von Daguerre beschäftigte sich Henry Fox Talbot in England zu dieser Zeit ebenfalls mit Überlegungen, »wie bezaubernd es wäre, könnte man diese natürlichen Bilder dazu veranlassen, sich dauerhaft einzudrücken, und festgehalten zu bleiben auf dem Papier!« Bereits 1834 waren Talbot erste »photogenische Zeichnungen« auf mit Chlorsilber getränktem Papier gelungen. Direkt auf das Papier aufgelegte Pflanzenblätter oder auch Spitzen zeichneten sich darauf als helle Silhouetten ab, während das übrige, dem Licht ungeschützt ausgesetzte Papier geschwärzt wurde.

Das hier verwendete Prinzip der Kontaktkopie ähnelt der Technik des Naturselbstdruckes, doch während die Pflanzenzeichnung in dem älteren Verfahren durch Aufpressen auf dem Papier entstand, wurde das Abbild in der »photogenischen Zeichnung« allein durch Einwirkung des



Laszlo Moholy-Nagy, ohne Titel
(Kreis und Kreuz), Fotogramm,
ca. 1924/25



Die Herstellung der Kontaktkopien von getrockneten Algen war ein überaus aufwendiges Verfahren. Für jede Aufnahme musste Anna Atkins die Algen neu auf dem Papier arrangieren. Von dem Werk *British Algae* sind daher auch nicht mehr als vier vollständige Ausgaben erhalten.

Lichtes erzeugt. Die auf versilberten Kupferplatten aufgenommenen Daguerreotypen konnten nur in der Kamera belichtet werden und das zunächst noch unsichtbare, latente Bild entstand erst durch die nachträgliche Bedampfung mit Quecksilber. Bei Talbots »photogenischen Zeichnungen« hingegen ließ sich die Entstehung des Bildes unmittelbar beobachten. Es war daher nur ein kleiner, aber für die Fotografie ganz entscheidender Schritt, als Talbot 1835 seine Papiernegative durch Einwachsen erstmals transparent machte und in Kontakt auf ein weiteres, sensibilisiertes Papier übertrug. Durch die neuerliche Umkehr entstand ein zwar nur auf Grauwerte oder zarte Braunabstufungen reduziertes, gleichwohl dem Erscheinungsbild des abgebildeten Originals doch recht nahe kommendes Positiv, und zugleich war damit die Möglichkeit einer beliebig oft wiederholbaren Vervielfältigung geschaffen.

ZEUGNIS DER REALITÄT. Die Anfänge der Fotografie werden begleitet von dem Faszinosum der ihr unterstellten Wirklichkeitsnähe. »Die Bilder haben ganz den unnachahmlichen Naturcharakter, den die Natur nur selbst hat aufdrücken können.« Dieses Humboldt'sche Diktum über Daguerres Aufnahmen steht für eine Vielzahl von Äußerungen, die den

gleichsam selbsttätigen Vorgang der Aufzeichnung als Beweis für eine perfekte Imitation der Wirklichkeit postulieren. Dieser Einschätzung wurde zwar schon früh heftig widersprochen, doch hat sie durch die bereits 1893 formulierte Zeichentheorie des amerikanischen Philosophen Charles Sanders Peirce, dem Begründer der modernen Semiotik, noch einmal eine ganz eigentümliche Wendung erfahren. In seiner Klassifikation der Zeichen nach Index, Ikon und Symbol ordnet Peirce die Fotografie der Kategorie des Index zu, da sie in ihrem Entstehungsprozess ursächlich durch den Lichtabdruck und damit gleichsam durch eine physische Verbindung zwischen dem Objekt und seinem Abbild erzeugt wird.

Für die Kontaktkopie Talbot'scher Prägung gilt dies in ganz besonderem Maße, denn hier liegen die aufgenommenen Gegenstände ja unmittelbar auf dem Bildträger auf. 1842 hatte Sir John Herschel die Cyanotypie erfunden, ein einfach zu handhabendes Papierverfahren, das mit Eisensalz an Stelle von Silbernitrat arbeitet und sich durch einen reinen Blautönen auszeichnet. Da die Cyanotypie nur eine geringe Lichtempfindlichkeit besitzt, wurde sie in der Folge vor allem für Kontaktkopien verwendet und war bis in die 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts als Blaupause von technischen Zeichnungen allgemein verbreitet. Das 1843 begonnene und bis 1853 auf drei Bände mit 411 Tafeln angewachsene Werk *British Algae. Cyanotype Impressions* der Botanikerin Anna Atkins (1799–1871) mit Kontaktkopien getrockneter Algen ist zweifellos der bedeutendste Versuch, die Technik für wissenschaftliche Zwecke einzusetzen.

Abgesehen von der Detailgenauigkeit der Kontaktkopien begeisterte vor allem die Geschwindigkeit, mit der die Aufnahmen hergestellt werden konnten. Gleichgültig, ob es sich dabei um eine feingliedrige Pflanze oder ein einfaches Blatt handelte, »das eine nimmt zu seiner Ausführung nicht mehr Zeit in Anspruch als das andere; denn der Gegenstand, für den der gewandteste Künstler Tage oder Wochen der Arbeit des Nachzeichnens oder Kopierens benötigte, wird von den grenzenlosen Kräften der natürlichen Chemie im Spanne einiger, weniger Sekunden ins Werk gesetzt (Talbot, 1839).« Andererseits war jede Aufnahme ein Unikat, das individuell arrangiert werden musste, was die Möglichkeit der Vervielfältigung von Anfang an begrenzte. Zweifellos ist dies auch der eigentliche Grund, warum dem Fotogramm im wissenschaftlichen Kontext keine Zukunft beschieden war. Erst zu Beginn der 1880er Jahre stand mit dem Rasterverfahren der Autotypie überdies ein drucktechnisches Verfahren zur Verfügung, das Halbtöne entsprechend der Vorlage wiedergeben konnte und damit auch eine nahezu originalgetreue Wiedergabe von Fotografien ermöglichte. Der Kontaktkopie wurde zu dieser Zeit allerdings kaum mehr als ein gewisser Unterhaltungswert für Fotoamateure zuerkannt.

ZWISCHEN ABSTRAKTION UND WIRKLICHKEIT. Nach dem Ersten Weltkrieg gewann die kameralose Fotografie im Kontext der Dada-Bewegung als Medium der künstlerischen Avantgarde neue Bedeutung. Ganz im Gegensatz zu der bis dahin auf Authentizität begründeten Verwendung des Fotogramms entstanden nun völlig neuartige, bewusst verfremdete Bilder. Mit dem Protest gegen die kanonisierten Kunstanschauungen, dem »Narrenspiel aus dem Nichts« (Hugo Ball) verbindet sich ein intellektueller Anspruch, der der verrückt gewordenen Menschheit ihr eigenes Zerrbild vor Augen führt. Triviale Gegenstände des Alltags, wie sie Marcel Duchamp für seine »Ready-mades« verwendete, oder Überreste, die Kurt Schwitters in seinen MERZ-Bildern collagierte, sind das Material, aus dem die Kunst der Revolte ihre Anregungen schöpft.

1919 arrangierte der Maler Christian Schad in Genf Fundstücke auf Fotopapier, das bei Tageslicht auskopierte werden konnte, und schuf damit die ersten Fotogramme der Moderne. Die kleinformigen, abstrakten Collagen aus Papierschnitzeln, Zeitungsausschnitten und textilem Material blieben jedoch nur ein kurzes, zunächst weitgehend unbemerktes Intermezzo in Schads Werk. Erst als die Aufnahmen 1936 auf der New Yorker Ausstellung »Fantastic Art Dada Surrealism« zu sehen waren, wurde ihre Bedeutung für die Kunstfotografie erkannt. Tristan Tzara bezeichnete sie damals in Anspielung auf ihren Urheber und das durch Licht erzeugte Schattenbild in wunderbarer Doppeldeutigkeit als »Schadographs«.

Einen weit größeren Stellenwert nimmt die kameralose Fotografie im Werk des amerikanischen Fotografen Man Ray (Emmanuel Rudnitzky) ein. Mit seinen 1922 in Paris begonnenen und in dem Album »Champs délicieux« vorgestellten Fotogrammen unternahm Man Ray den Versuch, ähnlich wie André Breton mit der »écriture automatique«, seine Aufnahmen ohne bewusste Kontrolle in einer Art traumschöpferischen Prozess zu arrangieren. Die Arbeit in der Dunkelkammer mit einfachen Gebrauchsgegenständen, die zum Teil direkt auf das Papier aufgelegt, zum Teil aber auch aus größerer Distanz aufprojiziert wurden, und der gezielte Einsatz einer Kunstlichtquelle eröffneten dem Künstler einen weitaus größeren Spielraum der Manipulation. Die reduzierte Kontrollmöglichkeit des Bildergebnisses wurde als bewusster Effekt mit einkalkuliert. Auch hier spielt der vom Künstler selbst gewählte Neologismus »Rayographie« wiederum mit der Verbindung zwischen dem Künstlernamen und den das Fotogramm erzeugenden Lichtstrahlen (ray).

Der Maler Laszlo Moholy-Nagy war der dritte Künstler, der in diesen Jahren die kreativen Möglichkeiten des Fotogramms ausgiebig erkundete. Er war es auch, der seine kameralosen Aufnahmen erstmals als Fotogramm bezeichnete. Dieser Begriff war im Kontext der Fotogrammetrie wie auch zunächst als alternative Namensgebung für das neue bildgebende Verfahren der Fotografie bereits seit langem in Gebrauch. Für Moholy-Nagy kam darin in Analogie zum Telegramm vor allem die schon von Talbot bewunderte Geschwindigkeit der Bildentstehung zum Ausdruck. Anders als seine Vorgänger war Moholy-Nagy darum bemüht, in seinen Aufnahmen durch den Einsatz mehrerer Lichtquellen sowie Mehrfachbelichtungen jeden Wiedererkennungseffekt zu vermeiden. An die Stelle des dadaistischen Umgangs mit dem Sinnlosen und der Traumwelt der Surrealisten traten nun Vorstellungen des russischen Konstruktivismus und des Neuen Sehens, deren Ziel es war, das Wesen der Dinge zu erkunden, ihre Strukturen offenzulegen und neue Möglichkeiten der Wahrnehmung zu entwickeln. Das Fotogramm war für Moholy-Nagy daher nicht



Man Ray, Rayographie,
Tafel 3 aus dem Album
Champs délicieux, 1922

DR. CORNELIA KEMP ist
Kuratorin der Abteilung Foto + Film im
Deutschen Museum.



nur ein reizvolles technisches Verfahren, sondern vor allem auch ein Medium der Erkenntnis, denn »das wesentliche Werkzeug des fotografischen Verfahrens ist nicht die Kamera, sondern die lichtempfindliche Schicht, und die spezifisch fotografischen Gesetze und Methoden ergeben sich aus dem Verhalten der Schicht gegenüber den Lichteinwirkungen.«

LICHTMALEREI UND SCHATTENSPIELE.

Unter dem Vorzeichen der »subjektiven Fotografie« empfangen auch die experimentelle Fotografie und mit ihr die »Spiele der Phantasie jenseits des Wirklichkeitsabklatsches« (Franz Roh) nach 1945 neue Impulse. Für die Arbeit mit dem Fotogramm bedeutete dies eine bis heute währende, beständige Neuerkundung seiner technischen und gestalterischen Möglichkeiten.

Das Konzept der reinen Lichtgestaltung, wie es Moholy-Nagy propagierte hatte, ist im »Luminogramm« auf sein elementares Prinzip reduziert worden. Wenn sich kein Gegenstand mehr zwischen der Lichtquelle und dem Fotopapier befindet, entstehen die unterschiedlichen Grauwert- und Farbabstufungen entweder durch Manipulationen am Trägermaterial, etwa durch Knicke im Papier (Kilian Breier, ab 1952) oder auch durch den gezielten

Floris Neusüss und Renate Heyne bei der Aufnahme eines Glasgleichrichters in der Starkstromabteilung des Deutschen Museums, 2007.

Fotogrammaufnahmen außerhalb des Studios erfordern absolute Dunkelheit, weshalb die Künstler ihre Arbeit nur nachts und bevorzugt in der Winterzeit durchführen. Bei schwachem Dauerlicht wird zunächst gemeinsam entschieden, wie das Motiv auf dem Papier erscheinen soll. Ein weißer Papierbogen anstelle des Fotopapiers dient in dieser Testphase als Projektionsfläche, zugleich werden der Winkel, die Distanz und bei Farbaufnahmen auch die Farbe für die Beleuchtung durch das Blitzlicht festgelegt. Alles Weitere geschieht im Dunkeln: Jetzt wird das lichtempfindliche Papier aus der Schutzverpackung hervorgeholt und hinter dem aufzunehmenden Gerät in die Stellung gebracht, die zuvor festgelegt worden ist. In diesem Moment ist höchste Konzentration gefordert und kein Irrtum mehr erlaubt. Wenn dann das »Jetzt« erfolgt und der Blitz ausgelöst worden ist, verschwindet das belichtete Papier wieder in seiner Verpackung und erst nach der Entwicklung im Labor wird sich zeigen, ob sich der Aufwand gelohnt hat und die Erwartungen erfüllt worden sind.

Einsatz der Lichtquelle, die wie bei Adam Fuss (1989–1992) durch stundenlange, kreisende Bewegung hinter einer farbigen Folie einen monochromen, spiralförmigen Tunnel um ein hell erstrahlendes Zentrum erzeugt. Auch in Manfred Kages (1966/67) Entladungsbildern von direkt auf Film erzeugten Lichtenberg'schen Figuren hat das Licht seine ornamentalen Muster selbst in die fotografische Schicht geprägt.

Im Gegensatz zu dem bewussten Verzicht auf jegliches Objekt steht der Ansatz, das Einschreiben der Dinge auf der fotografischen Emulsion ganz sich selbst zu überlassen. Schon 1894 experimentierte der schwedische Schriftsteller August Strindberg mit Fotoplatten, die er nachts im Entwicklerbad auf die Wiese stellte, um die Spuren des Sternenhimmels in »Celestographien« einzufangen. In seinen »Nachtstücken« (seit 1984) hat Floris Neusüss die bildnerischen Möglichkeiten des im Freien aufgenommenen Fotogramms erstmals in einem langfristig angelegten Werkkomplex erkundet. Da die großflächigen Fotopapierbahnen mit der Schicht nach unten im nächtlichen Garten über Gras und Sträucher ausgelegt wurden, haben sich hier nicht die Lichter am nächtlichen Himmel eingeschrieben, sondern vegetabile Chiffren, die von Spuren der Witterung und flächigen Reflexen des Papiers überlagert werden. Auch bei der Belichtung hat Neusüss der Natur Einfluss auf die Bildgenese gewährt, denn neben dem gezielten Einsatz von Kunstlicht wurden auch das Mondlicht oder natürliche Blitze während eines Gewitters als Lichtquelle zugelassen. Dass die Kontrolle auf das Ergebnis hierbei nur sehr eingeschränkt möglich ist, liegt auf der Hand, doch verleiht gerade diese Unbestimmbarkeit den Aufnahmen ihren ganz besonderen Reiz. »Natürliches und Gemachtes entwerfen ein Bild ihrer Lebensgemeinschaft in diesen elastischen Räumen, von denen sie keine Ahnung haben.«

Eine andere Wendung erfährt das Malen mit Licht durch direkte Eingriffe in die chemische Schicht des Fotopapiers. Während Raoul Hausmann in seinen »Photopictogrammen« (1954) noch Sägespäne als Malgrund für seine Fingerzeichnungen auf dem Fotopapier verwendete, arbeiteten Edmund

Kesting (1949/50) und Chargesheimer (1947–1962) mit chemischen Substanzen und Farben, die unmittelbar in die fotografische Emulsion eingreifen. Diese chemische Malerei unterliegt ganz eigenen Gesetzen, die in ihrer amorphen Expression an die gestische Malerei des »Informel« erinnern. Der Belgier Pierre Cordier hat sich das »Chemigramm« urheberrechtlich schützen lassen und seit 1956 in allen Variationen zwischen Destruktion und geometrischer Konstruktion durchgespielt.

Nicht zuletzt, und dies sei im Hinblick auf die immer wieder diskutierte Konvergenz der zwei Kulturen von Natur- und Geisteswissenschaft an dieser Stelle besonders erwähnt, haben Künstler in ihren Fotogrammen immer wieder auf Visualisierungen in der Wissenschaft reagiert. Mit der Entdeckung der Röntgenstrahlen, einer kameralosen Durchleuchtungstechnik, wurden 1895 erstmals opake Körper von unsichtbaren Strahlen durchdrungen und damit bislang verborgene Strukturen sichtbar gemacht. Lange bevor Künstler Zugang zu diesen hochfrequenten Strahlen hatten, erkannte der ungarische Radiologe Alexander Bela bereits 1912 die künstlerische Qualität seiner »Röntgenogramme« von Drahtnetzen und schwärmte von ihrer Plastizität und »feinen und zierlich moiréartigen Zeichnung.« Timm Ulrichs und Jürgen Klauke haben sich in ihren Arbeiten »Checked Baggage« und »Prosecuritas« in den späten 1980er Jahren selbst der Gepäckdurchleuchtung am Flughafen ausgesetzt und in dieser voyeuristischen Selbstinszenierung zugleich mit der für die Technik typischen Verfremdung gespielt. Auch die Spuren von Uransalz, die Antoine Henri Becquerel 1896 zufällig auf einer Aluminiumplatte entdeckt und unter Verwendung lichtempfindlicher Fotoplatten systematisch weiter verfolgt hatte, wurden von Christoph Inderwiesen (1999) durch eigene Spurensicherung in seriellen Bildfolgen künstlerisch umgesetzt. Ebenso hat Sigmar Polke (1986, 1992, 2005) die Einwirkung von radioaktivem Gestein auf Fotoplatten festgehalten und diese Spuren in monochromen Aufnahmen von magischer Leuchtkraft umgesetzt. ■■



AUSSTELLUNG

In der Kabinettausstellung »Wunderkammer Museum« zeigt das Deutsche Museum vom 4. März bis 29. Juni 2008 Fotogramme von Floris Neusüss und Renate Heyne. Floris Neusüss arbeitet seit über vierzig Jahren mit dem Fotogramm. Von den ersten Körperbildern bis zu den jüngsten, zusammen mit Renate Heyne realisierten Arbeiten hat der Künstler dieses Medium immer wieder in verschiedenen Werkgruppen erkundet.

Für das Projekt »Wunderkammer Museum« wurden im Deutschen Museum Fotogramme von Kraftmaschinen, Motoren, elektrotechnischem Gerät und mathematischen Modellen aufgenommen. Gemeinsam mit Fotogrammen aus den Fachdisziplinen anderer Museen fügen sich die Aufnahmen zu einer Bilderordnung, die in ihrer eigentümlichen Verfremdung zugleich den Blick schärft für die gestalterische Eigenheit der Gegenstände.

Floris Neusüss und Renate Heyne, Mathematisches Gipsmodell, Diagonalfäche nach Alfred Clebsch, 1986
Deutsches Museum, München
Fotogramm, 2005

Die Kunst, Wasser pflanzlich zu binden

Guarkernmehl, ein weit verbreitetes Verdickungsmittel



Guaran und trockene Guarbohnen (oben), Splits (unten links) und reife Guarsamen (unten rechts).

Unter den Ingredienzien von Eiscreme, Suppen, Saucen, Puddings und anderen präparierten Nahrungsmitteln wird häufig Guar oder Guarkernmehl als »E 412« aufgelistet. Dieses rein pflanzliche Produkt hat die Eigenschaft, große Mengen Wasser zu binden und dient darum als vielseitiges Verdickungsmittel. Von Lucien F. Trueb und Ulrich Wyss

Verdickungsmittel bezeichnet man wissenschaftlich als Hydrokolloide. Schon in geringer Konzentration erhöhen sie deutlich die Viskosität von Flüssigkeiten. Allein im Nahrungsmittelbereich werden davon jährlich etwa 40.000 Tonnen eingesetzt. Das Hydrokolloid Guar wird auch in der Papierfabrikation angewendet, in der Erdölprospektion und -förderung, bei der Aufbereitung von Erz wie auch in Sprengstoffen des Gel- und Slurry-Typs.

Guarkernmehl ist der fein gemahlene, gelblichgraue Nährstoff- und Wasservorrat des Embryos (sog. Endosperm) im Samen der aus Indien stammenden und zu den Leguminosen zählenden einjährigen Pflanze *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. Sie wird 60 bis 90 Zentimeter hoch und besteht aus mehreren, direkt aus der Wurzel sprießenden, verzweigten Stängeln. Die Blätter sind etwa 30 Millimeter lang. Äußerlich gleicht *C. tetragonoloba* der Soja, ebenfalls eine Leguminose. Wie bei letzterer entwickelt sich die selbstbestäubende Blüte zu einer vier bis fünf Zentimeter langen Bohne, die drei bis vier Millimeter große Samen enthält (Sojasamen sind gut zweimal größer). Im unreifen Zustand sind die Guarsamen weich und grün: Sie werden in Indien und Pakistan als proteinreiches Gemüse konsumiert. Reife Guarsamen sind hellgrau und sehr hart.

AUS ARABIEN EINGESCHLEPPT? Im indopakistanischen Grenzgebiet wird *C. tetragonoloba* seit Jahrhunderten als Nahrungsmittel angebaut. Eine Wildform hat man aber nicht gefunden. Nach einer kontrovers diskutierten Theorie stammt *C. tetragonoloba* von der trockenresistenten Leguminose *C. senegalensis* ab, die im Savannengebiet südlich der Sahara von Senegal bis Saudi-Arabien weit verbreitet ist. Tatsächlich ist es nicht unwahrscheinlich, dass *C. senegalensis* um das Jahr 1000 von Afrika oder Arabien nach Indien verschleppt wurde, und zwar von Pferdehändlern. Zwischen dem 9. und dem 13. Jahrhundert investierte Indien einen erheblichen Teil seiner Ressourcen in den Import von Pferden. Die Überfahrt von Arabien nach Indien mit den damaligen Frachtseglern konnte mehrere Wochen dauern; man musste darum für die Tiere große Mengen Futter mitführen.



Erntereifes Guar in West-Texas.

Dazu eignete sich *C. senegalensis* hervorragend: Früher oder später mussten ihre Samen in Indien Fuß fassen. Es ist nahe liegend anzunehmen, dass die Pflanze dort gezüchtet wurde, nachdem man die Eignung der Guarbohne als Nahrungsmittel erkannt hatte. Durch die vom Menschen bewirkte Selektion könnte *C. tetragonoloba* aus *C. senegalensis* entstanden sein.

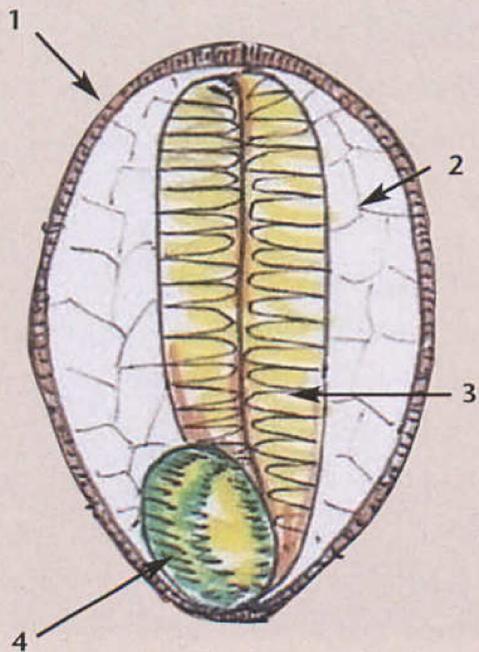
GALACTOMANNAN. Der wasserlösliche Teil des Guarkernmehls wird als Guar bezeichnet; es handelt sich um ein Polysaccharid mit einer Molmasse, die von ca. 50.000 bis acht Millionen reicht; das Maximum der Verteilungskurve liegt bei zwei Millionen. Guar ist ein Galactomannan mit 62 Prozent Mannose und 38 Prozent Galactose. Dabei ist etwa jede zweite Mannose-Einheit auf einer linearen Kette von Mannopyranose seitlich mit einem D-Galactoserest verbunden; das Mannose-Galactose-Verhältnis beträgt ca. 2:1. Die Galactose-Seitenketten sind für die gegenseitige Wechselwirkung der Makromoleküle und die Viskosität wässriger Lösungen von ausschlaggebender Bedeutung; insbesondere verhindern sie die Bildung von Bündeln parallel angeordneter, stark aneinander haftender Moleküle.

EINSATZ ALS HYDROKOLLOID. Guar ist das mit Abstand wirtschaftlichste Galactomannan: zum Verdicken reicht schon eine Konzentration von wenigen Zehntelprozent. Eine einprozentige Guarlösung weist eine vierzig Mal höhere Viskosität auf, als eine gleich konzentrierte Lösung des aus Johannisbrotkernen gewonnenen Hydrokolloids. Im Vergleich zur elektrolytempfindlichen Carboxymethylcellulose andererseits ist sie 3,5 Mal stärker viskos. Guarlösungen haben den Vorteil, im sehr breiten pH-Bereich von 1,0 (stark sauer) bis 10,5 (stark alkalisch) wie auch in Salzlösungen stabil zu sein.

Die Verwendung von Guar als Verdickungsmittel hat nur eine kurze Geschichte. Als in den USA im Zweiten Weltkrieg Stärke für die Papierfabrikation zur Mangelware wurde und aus dem Mittelmeerraum kein Johannisbrot mehr importiert werden konnte, stieß man bei der Suche nach Alternativen



Johannisbrotbaum mit reifen, bohnenartigen Früchten.



Querschnitt des Guarsamens:
1. Samenhülle, 2. Endosperm (Guaran), 3. Proteinreserve, 4. Keimling.

auf das längst bekannte, aber fast vergessene Guar-Endosperm. Es erwies sich als ein der Stärke weit überlegenes Hydrokolloid, das die gegenseitige Haftung von Cellulosefasern im Rohpapier stark verbessert. In der Folge fand man für Guarkernmehl zahlreiche Anwendungen im Nahrungsmittel- und Nonfoodsektor.

ANBAU IN DEN USA. Erste, durchaus erfolgreiche Versuche, die äußerst trockenresistente, salztolerante und an hohe Sommertemperaturen angepasste *C. tetragonoloba* auch in den USA anzubauen, hatte man schon 1903 in den südwestlichen Gliedstaaten durchgeführt, insbesondere in Louisiana. Doch gab es damals keinen Markt für Guarkernmehl.

Als im Zweiten Weltkrieg der Bedarf an einheimisch produzierbaren Hydrokolloiden in den USA enorm anstieg, wurde der Anbau von Guar wieder aufgenommen, zuerst im Südwesten. Später verschob sich die Produktion nach West-Texas im Umkreis von Lubbock und ins angrenzende Oklahoma. Dort wird Guar heute auf ca. 10.000 Hektar sandiglehmigen,

pH-neutralen Böden auf einer durchschnittlichen Höhe von 1.050 Meter über Meer produziert.

Guar ist dort eine Alternative zur dominierenden Baumwolle und zur weniger bedeutsamen Hirse. Der mit Guar erzielte Gewinn ist zwar klein, dafür muss die Pflanze nicht bewässert, gedüngt oder mit Pflanzenschutzmitteln behandelt werden. Unter trockenen Bedingungen leidet Guar weder an Insektenfraß noch an Pilzkrankheiten. Nach der Aussaat kann man ihn bis zur Ernte, also 160 bis 165 Tage lang, sich selbst überlassen.

Zur Vorbereitung des Bodens tötet man im Frühjahr die Unkräuter mit einem Herbizid ab und hebt Furchen aus. Gesät wird von Mitte Mai bis Anfang Juli, da zum Auskeimen der Samen eine relativ hohe Temperatur von 21 °C bis 30 °C benötigt wird. Der Abstand von Pflanze zu Pflanze beträgt 30, der Reihenabstand 90 Zentimeter. Geerntet wird von Ende Oktober bis Mitte November mit geringfügig modifizierten Mähdreschern. Die abgeernteten Stängel lässt man vor Ort verrotten, gepflügt wird in West-Texas kaum mehr. Der Ertrag liegt bei 800 Kilogramm Guarsamen pro Hektar, der Farmer erlöst damit nur halb so viel, wie mit Baumwolle. Allerdings muss er in den Anbau von Baumwolle erheblich mehr investieren.

ANBAU IN INDIEN UND PAKISTAN. Indien und Pakistan sind mit insgesamt über einer Million Hektar Anbaufläche (80 Prozent davon in Indien) die weltweit führenden Guar-Produzenten. Beidseits der Grenze dieser beiden Länder, unter subtropischen bis tropischen Klimabedingungen, begann nach dem Zweiten Weltkrieg die Produktion von Guar für den Export, als der Bedarf für Hydrokolloide weltweit rasch zunahm. Im Prinzip war der Export von Nahrungsmitteln aus den damals immer wieder von Hungersnöten heimgesuchten Ländern untersagt. Die Behörden konnten jedoch überzeugt werden, dass nur das unverdauliche Endosperm ins Ausland ging, während der nahrhafte, proteinreiche Embryo nach der Verarbeitung im Lande blieb.

Guar-Felder werden vor dem Monsun (der Ende Mai im Süden beginnt und Anfang Juli im Norden abklingt) mit Ochsespannen umgepflügt, dann wird ausgesät. In Indien kann ein Teil der Guar-Anbaufläche bewässert werden, dort wird Ende Juni bis Anfang Juli gesät. Fünf Wochen später erscheinen in den Blattachsen der Pflanzen die ersten, acht Millimeter langen, lavendelfarbenen Blüten, aus deren Ovar nach der Selbstbestäubung die Bohnen entstehen. Optimal ist es, wenn vor der Ernte während einiger Wochen kein Regen mehr fällt und die Stängel austrocknen. Dann kann man sie Anfang November leicht mit der Sichel abschneiden – Mähdrescher sind in diesem Teil der Welt eine ausgesprochene Seltenheit.

Die indischen Produzenten bringen den in Jutesäcke abgefüllten Guar auf den nächsten von etwa 100 Märkten, wo er von erfahrenen Händlern begutachtet wird. Der Preis wird durch Feilschen bestimmt, für die Ware wird auf der Stelle bar bezahlt. Der Bauer erhält also sofort Geld, während der Händler den Guar einlagert und möglichst kontrazyklisch zum Markt weiterver-

kauft, um seinen Gewinn zu optimieren. Unter trockenen Bedingungen ist Guar jahrelang lagerfähig. In Pakistan andererseits beherrschen 20 bis 30 Händler das gesamte Guargeschäft und können ihre jeweiligen Preisvorstellungen bei den Produzenten weitgehend durchsetzen.

VERARBEITUNG. Für die Verarbeitung der Guar-Samen gibt es in den USA nur eine einzige Anlage: sie steht in Vernon (Texas) an der Grenze zu Oklahoma und gehört zum französischen Chemiekonzern Rhodia (früher Rhône-Poulenc). Dort wird vor allem Guar aus Indien und Pakistan verarbeitet, doch kauft Rhodia jeweils die Guar-Ernte in Texas auf. Das gereinigte Material führt man einer Scheibenmühle zu; sie besteht aus zwei vertikalen, mit Stiften versehenen Scheiben, die mit unterschiedlicher Geschwindigkeit rotieren. Ihr Abstand wird auf den Durchmesser des jeweiligen Mahlguts eingestellt. Mit diesem ersten Mahlprozess erreicht man eine Spaltung der Samenkörner in zwei gleiche Hälften, wie dies bei Erbsen der Fall ist.

Der »Embryo«, der 44 bis 45 Prozent des Gewichts ausmacht, wird dabei freigelegt und zerrieben. Dieses proteinreiche Pulver wird abgeseibt, während die noch aus schalenbedecktem Endosperm bestehenden gespaltenen Samenkörner in einem Durchlaufofen erhitzt werden. Dabei trocknet das Endosperm, zieht sich zusammen und löst sich von der Hülle. Ein weiterer Mahlprozess bewirkt die vollständige Trennung der beiden Komponenten. Anschließend werden die Hüllen durch Sieben entfernt und mit den pulverisierten Keimlingen vermischt. Dabei entsteht ein protein- und faserstoffreiches Tierfutter.

SPLITS. Vom Sieb abgezogen werden die sogenannten Splits, die aus weitgehend reinem Guar-Endosperm bestehen und halbkugelförmig sind, mit einem Durchmesser von zwei bis 3,5 Millimetern. Vor dem Mahlen zu Guarmehl werden die Splits in einer Förderschnecke mit Dampf hydratisiert. Dabei nehmen sie bis zu 70 Prozent Feuchtigkeit auf, was die Löslichkeit des Guarans erheblich verbessert. Unter Einblasen von heißer Luft (300 °C) wird dann auf die gewünschte Feinheit gemahlen und homogenisiert. Moderner ist das Walzen der Splits zu Flocken. Guarkernmehl enthält bis 80 Prozent Galactomannan und kann für alle Anwendungen im Nahrungsmittel- und Nonfoodbereich direkt eingesetzt werden. Für den Menschen ist Guar völlig unverdaulich, es wirkt im Verdauungstrakt als reiner Ballaststoff.

VERDICKEN VON NAHRUNGSMITTELN. Am schnellsten wächst zurzeit der Einsatz von Guar im Nahrungsmittelsektor (unter Einschluss des Tierfutters), der etwa ein Drittel der weltweiten Produktion von 125.000 Tonnen Guarkernmehl pro Jahr absorbiert. Wie bereits erwähnt, ist Guar das effizienteste Hydrokolloid, eine Konzentration im Bereich von 0,1 bis 1 Prozent genügt. Es wird jedoch häufig in Kombination mit anderen Verdickungsmitteln wie Johannisbrotkernmehl, Stärke, dem aus Algen gewonnenen Carrageen und/oder Carboxymethylcellulose verwendet, um die Eigenschaften und die Wirtschaftlichkeit von Fall zu Fall zu optimieren.

Die wichtigsten Produkte, bei deren Fabrikation Guar eine Rolle spielt, sind Streichkäse, Weichkäse, tiefgefrorene Nahrungsmittel, Eiscreme, Backwaren, Süßwaren, Fleischkonserven, Hunde- und Katzenfutter, Saucen und Salatsaucen, Nektar-Fruchtgetränke und Instant-Kakaogetränke. Bei allen diesen Anwendungen wird von den wasserbindenden, verdickenden sowie emulsions-, suspensions- und gelstabilisierenden Eigenschaften von Guar Gebrauch gemacht.

Im Kosmetik- und Pharmabereich findet Guar vielfältige Anwendungen als Verdickungsmittel; zudem wirkt Guar als Laxativ, da es den Stuhl erweicht und voluminöser macht. Sogar Windeln wird Guar zugegeben, da es deren Saugkraft erheblich erhöht und salzresistent ist. Das kationi-



Indien und Pakistan sind mit insgesamt über einer Million Hektar Anbaufläche die weltweit führenden Guar-Produzenten. In der Karte grün eingezeichnet ist das Anbauggebiet im Distrikt Sindh von Pakistan.

sche Guarderivat (Hydroxypropyltriammoniumchlorid) wird in Conditioner-Shampoos eingesetzt. Es schmiegt sich an die negativ geladenen Haarfaser und füllt den Raum zwischen den Schuppen, was dem Haar mehr Volumen gibt. Weitere industriell genutzte Guarderivate sind Hydroxypropyl-, Hydroxyethyl-, Carboxymethyl- und Carboxymethyl-hydroxypropylguar.

GUAR IN DER PAPIERFABRIKATION.

Eine der wichtigsten Anwendungen von Guar findet sich in der Papierfabrikation, die nahezu ein Drittel des weltweit produzierten Guars absorbiert. Man fügt ihn als wässrige Lösung dem Papierbrei zu, unmittelbar bevor dieser auf ein endlos umlaufendes, aus feinmaschigem Kunststoffgewebe bestehendes Sieb gepumpt wird. Dort wird die Aufschlämmung von Cellulosefasern zuerst auf der Unterseite, dann kombiniert unten und oben entwässert, bevor man das werdende Papier durch Laufen über Rollen presst und trocknet.

Weil die chemische Struktur von Cellulose derjenigen von Galactomannan stark gleicht, bindet das Molekül über eine große Zahl von Wasserstoffbindungen meist an mehrere Cellulosefasern. Diese Bindung von Faser zu Faser hat eine homogene, dichte und glatte Papierstruktur sowie eine höhere Festigkeit zur Folge, die ein schnelleres Laufen der Papiermaschinen ermöglicht.

GUAR IN DER ÖLINDUSTRIE. Rund ein Drittel des Guars wird von der Ölindustrie dem Bohrschlamm zugegeben bzw. bei der Ölförderung verwendet. Als Bohrschlamm-Additiv wird mit Guar die Viskosität auf den optimalen Wert eingestellt, zudem wird damit auch die Suspension von Tonmineralien im Schlamm stabilisiert. Bei der sekundären Ölförderung fügt man Hydroxypropylguar dem Wasser zu, mit dem das Öl zu den Förderbohrungen gepresst wird.

Die Technik des Hydrofracturing beinhaltet das Aufbrechen des ölhaltigen Gesteins durch Wasser unter sehr hohem Druck. Damit die dabei entstehenden Felsspalten sich nicht wieder schließen, wenn der Druck abgelassen wird, gibt man dem Druckwasser Sand zu, der die Spalten offenhält, auch wenn kein



Guar-Silos bei Rhodia in Texas.

Druck angelegt wird. Guar dient zur Stabilisierung der Suspension von Sandkörnern und sorgt für ihre gleichmäßige Verteilung in den Spalten. Zudem wird für das Hydrofracturing fünfmal weniger Energie benötigt, wenn dem Wasser Guar zugesetzt wird. Man gibt den Guarpräparaten für das Hydrofracturing gleich ein Enzym zu, mit welchem Guar nach einer vorgegebenen Zeit wieder abgebaut wird. So kann es den Ölfluss nicht durch Verstopfen von Kapillarspalten beeinträchtigen.

GUAR IM BERGBAU. Guar vermindert die innere Reibung von Wasser signifikant. Aus diesem Grund wird Kohleaufschlämmungen Guar zugesetzt, um den Energieaufwand beim Pumpen zu minimieren. Ähnliches gilt für die pumpbaren Sprengstoffe des Slurry-Typs, denen Guar als Verdickungsmittel zugegeben wird. Solche Gel-Sprengstoffe auf der Basis von Ammoniumnitrat haben als viel billigere Alternative das Dynamit fast restlos verdrängt.

Im Bergbau hat Guar Anwendungen bei der Reinigung von Pottasche durch Flotation gefunden; Fremdstoffe wie Ton, Talk und Sand werden durch Guar sehr effizient ausgefällt. Auch als Flockungsmittel in Eindickern und Filtrierungsanlagen, insbesondere bei der Aufbereitung von Trinkwasser, hat sich Guar gut bewährt, denn es bewirkt die Ausfällung kleinster Partikel in der Form größerer Flocken, die nicht verstopfend wirken. ■■

DR. LUCIEN F. TRUEB studierte Chemie an der ETH Zürich. Er arbeitete mehr als zehn Jahre lang als Materialwissenschaftler in den USA, bevor er sich dem Wissenschaftsjournalismus zuwandte.

DR. ULRICH WYSS ist Chemiker der ETH Zürich. Er spezialisierte sich auf die Gewinnung und Verwertung von Naturprodukten in den USA, Indien und Pakistan.

Veranstaltungen & Ausstellungen APRIL BIS JUNI 2008

MUSEUMSINSEL



Derzeit geschlossen: Aussichtsplattform des Turms
Das Museum ist geschlossen am: 1. Mai 2008

SONDERAUSSTELLUNGEN

Theatrum Machinarum (bis 25. Mai)

Wunderkammer Museum (bis 29. Juni)

1858 bis 2008: 150 Jahre Wissen für die Zukunft –

Der Oldenbourg Verlag (ab 4. Juni)

SONDERVORFÜHRUNGEN GLASBLASEN

2. OG, Glasbläserstand neben der Altamira-Höhle

Di 08.04. 14.00 Uhr Fadengläser

Sa 17.05. 11.30 u. 14.00 Uhr Neonglas

So 18.05. 11.30 u. 14.00 Uhr Neonglas

Di 10.06. 14.00 Uhr Glasaugen

Mi 11.06. 11.30 Uhr Glasaugen

MONTAGSKOLLOQUIUM

Bibliotheksbau, Seminarraum der Institute (Raum 1402), Eintritt frei

Information: Andrea Walther, ☎ 089 / 21 79-280

E-Mail: a.walther@deutsches-museum.de

Beginn 16.30 Uhr, ab 16 Uhr Austausch bei Kaffee/Gebäck im Foyer der Verwaltung

21.04. Straßenmöbel und Blickfetisch – die Litfaßsäule

05.05. Verstrickt in Materie und Metapher: Dinge im Forschungsprozess

19.05. Weimarer Republik: Verheißung und Tragik

02.06. Preparations: Anatomical, Microscopical, Biochemical

16.06. Roboter – und was sie nicht sind

30.06. Das Bild der Ausstellung

SONDERFÜHRUNGEN BIBLIOTHEK

Führung durch die Ausstellung »Theatrum Machinarum – Das technische Schaubuch der frühen Neuzeit«

Fr 18.04., 15.30 Uhr und Sa 24.05., 14.00 Uhr

Treffpunkt: Eingangshalle der Bibliothek, Eintritt frei

FÜHRUNGEN FÜR SENIOREN

Donnerstag 10 und 14 Uhr, Eingangshalle, Anmeldung: Seniorenbeirat der

LH München, Burgstraße 4, 80331 München, ☎ 089 / 233-2 11 66

10.04. Schwefel, Gold und Transurane – Von den Anfängen der Chemie bis zur Gegenwart

08.05. Staunen erwünscht – Phänomenen der Wissenschaft auf der Spur

12.06. Vom Atom zum Quark – Die wunderbare Welt des Mikrokosmos

SONDERFÜHRUNG

06.04., 27.04., 04.05., 25.05., 01.06. und 29.06., jeweils 14 Uhr Lerche oder Nachtigall
So 20.04., 11.15 Uhr Sondervorführung: Siemens-Studio für elektronische Musik

FRAUEN TECHNIK WISSEN

Treffpunkt: Hauptpforte des Museums

Mi 23.04. 10.00 Uhr Eine Reise durch die Bibliothek des Deutschen Museums

KONZERTE IN DER MUSIKINSTRUMENTEN-AUSSTELLUNG

Weitere Informationen unter www.deutsches-museum.de sowie

☎ 089 / 21 79-445, E-Mail: s.berdux@deutsches-museum.de

So 13.04. 11.15 Uhr **Matinee** »Das Beste vom Himmel auf Dich herab ...« – Clara Schumann und die Münchner Schwestern List

Sa 12.04. 14.30 Uhr **Orgelkonzert** »Fiori musicali – Musikalische Blumen«

Mi 16.04. 18.00 Uhr **der dritte mittwoch** »flûte traversiere & cie« – Kammermusik mit Traversflöte

Mi 21.05. 18.00 Uhr **der dritte mittwoch** »Musique vor die Cammer ...«

MIMKI – MITTWOCH IM KINDERREICH

Mittwoch 14.30–15.30 Uhr, Workshops für Kinder von 4 bis 8 Jahren;

keine Anmeldung erforderlich, Kosten: Museumseintritt für Kinder ab 6 Jahren

09.04. **ich und du**

23.04. **ich und du**

14.05. **Aus der mathematischen Trickkiste!**

28.05. **Aus der mathematischen Trickkiste!**

11.06. **Mathematik zum Anfassen**

25.06. **Mathematik zum Anfassen**

MATHE-QUEENS UND MATHE-KINGS – MATHEMATIK ZUM ANFASSEN

Aktionsausstellung im Kinderreich des Deutschen Museums

für Kinder zwischen vier und acht Jahren und ihre erwachsenen Begleiter

Sonntag, 1. Juni bis Montag, 30. Juni

TRY IT! – WORKSHOPS FÜR JUNGE LEUTE AB 13

Anmeldung: ☎ 089 / 21 79-592, E-Mail: g.kramer@deutsches-museum.de

Kosten: Museumseintritt und ggf. Materialkosten

Sa 05.04. 10.30 – 13.30 Uhr **Wie gedruckt!**

Sa 10.05. 10.30 – 13.30 Uhr **Wie gedruckt!**

Sa 14.06. 10.30 – 13.30 Uhr **Wie gedruckt!**

Sa 14.06. 9.00 – 17.00 Uhr **Ein Blick in die Welt des Kleinen**

Fr 20.06. 15.00 – 18.00 Uhr **Musik mathematisch**

SCHÜLER FÜHREN DURCH DIE AUSSTELLUNGEN

Sonntags, jeweils 11.00 Uhr

06.04. **Solarenergie - die Lösung für die Zukunft?**

13.04. **Geschichte des Fernsehens**

20.04. **Wie fliegen Flugzeuge?**

27.04. **Von der Muskelkraft bis zum Ottomotor**

04.05. **Was ist digitale Rechentechnik?**

TUMLAB – LABOR FÜR SCHÜLER UND LEHRER

Kinder ab 10 Jahre; Anmeldung: montags 10–12 Uhr/14–16 Uhr unter

☎ 089 / 21 79-558, Informationen unter: www.tumlab.de, kontakt@tumlab.de

VERKEHRZENTRUM



SONDERAUSSTELLUNGEN

Dutch Automotive Design & Technology (16. April bis 15. Mai)
Bavaria-Dampftopf, Mahlers Achte und die Mondrakete (ab 12. Juni)

RADL-SONNTAGE: »RADELN IN ALLEN LEBENSLAGEN!«

In Kooperation mit GreenCity und HPV
18. Mai, 1. Juni

DONNERSTAGSVORTRÄGE

Beginn: 18.30 Uhr, Eintritt 3 Euro, Mitglieder frei

- 17.04. Das Auto der Zukunft – aus holländischer und deutscher Sicht
(Beginn 18.00 Uhr!)
- 08.05. Thema s. Tagespresse
- 03.04. Mit dem Eisbrecher durch die Nordwestpassage
- 24.04. Thema s. Tagespresse
- 29.05. Thema s. Tagespresse
- 12.06. Geschichte der ehemaligen Messehallen auf der Theresienhöhe
- 19.06. Thema s. Tagespresse
- 26.06. Ein neuer Dieselmotor für Motorräder
- 05.06. Stadteiltage Schwanthalerhöhe 2007

PODIUMSDISKUSSION

Museumseintritt, Mitglieder frei

Sa 26.04. 19.00 Uhr Mobil im Alter - aber sicher!

GIRLS DAY 2008

Do 24.04. 9.30–12.30 Uhr

Mobilität und Technik, Fahrzeug und Funktion

FRAUEN TECHNIK WISSEN

Treffpunkt: Eingangsbereich Halle III, Kosten: Museumseintritt

Mi 25.06.10.00 Uhr Wie viel Mobilität können wir uns in Zukunft noch leisten?

FÜHRUNGEN FÜR SENIOREN

Jeweils 14 Uhr, Treffpunkt: Eingangsbereich Halle III, Anmeldung: Seniorenbeirat der LH München, Burgstr. 4, 80331 München, ☎ 089 / 233-2 11 66

- Mi 16.04. Spätzünder - Die ersten Jahrzehnte des Automobils
- Mi 21.05. Der InterCity Express (ICE)
- Mi 18.06. Entwicklung des Fahrrads: Von der Laufmaschine zur modernen Straßen-Rennmaschine

KINDER- UND JUGENDPROGRAMM IM VERKEHRZENTRUM

Buchung von Kindergeburtstagsfeiern unter ☎ 089 / 50 08 06 - 500

FAHRRAD-FLICK-KURSE

Kinder von 6 bis 12 Jahren, jeweils mittwochs, 14.30–16.30 Uhr

Eintritt: 3 Euro + 1,50 Euro Materialkosten; Treffpunkt an der Information

Anmeldung erforderlich: ☎ 089 / 50 08 06-500

02.04., 07.05. und 04.06.

FERIENPROGRAMM

Workshops mit Voranmeldung für Kinder von 9 bis 12 Jahren
Treffpunkt: Kasse; Anmeldung (soweit nicht anders angegeben):
☎ 089 / 21 79-592, E-Mail: g.kramer@deutsches-museum.de

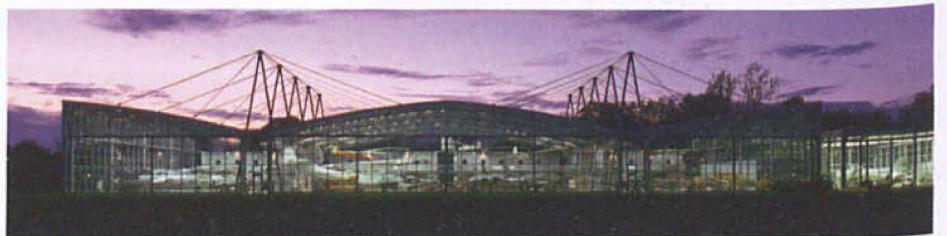
- Di 13.05. 10.00–12.30 und 13.30–16.00 Uhr
Mit dem mathematischen Blick
- Di 13.05. 10.00–16.00 Uhr
Trickfilm-Workshop
- Mi 14.05. 10.00–12.30 und 13.30–16.00 Uhr
Mit dem mathematischen Blick
- Mi 14.05. 10.00–16.00 Uhr
Trickfilm-Workshop
- Fr 16.05. 10.00–16.00 Uhr
Fahrrad-Geschicklichkeitsparcours der Verkehrswacht München
- Fr 16.05. 13.30–16.00 Uhr
Frühjahrs-Check fürs Fahrrad
- Fr 23.05. 10.00–16.00 Uhr
Fahrrad-Geschicklichkeitsparcours der Verkehrswacht München
- Fr 23.05. 13.30–16.00 Uhr
Frühjahrs-Check fürs Fahrrad

TRY IT! – WORKSHOPS FÜR JUNGE LEUTE AB 13

Eintritt: 3 Euro + 3 Euro Materialkosten; Treffpunkt: Kasse

Anmeldung: ☎ 089 / 21 79-592, E-Mail: g.kramer@deutsches-museum.de

Sa 28.06. 10.00–12.30 Uhr Woher kommt die Energie?



FLUGWERFT SCHLEISSHEIM

SONDERAUSSTELLUNG

Sa 05.04. und So 06.04., jeweils 9.00–17.00 Uhr

Modelleisenbahn in Spur N

SONDERVERANSTALTUNG

Sa 12.04.9.00–14.00 Uhr RC-Modellbau-Flohmarkt

GIRLS-DAY2008

Do 24.04. 9.00–12.00 Uhr

Für Flugbegeisterte: Geschichte der Luftfahrt, Berufe und Technik

VORTRAG

Do 05.06. 17.30 Uhr German Advanced Aviation Technology in WW2

FLUGMODELLBAUKURS

Für Kinder ab 12 Jahre, Jugendliche und Erwachsene

Anmeldung: 01 73 / 4 80 73 68, E-Mail: epocheIII@t-online.de

Kosten: 39 Euro bis 69 Euro (je nach Modell, inklusive Kursgebühr, Materialkosten und Museumseintritt); Werkzeug wird gestellt.

Sa. 12.04., Sa. 03.05., Di. 20.05., Sa. 07.06., Sa. 21.06., jeweils 9.00–17.00 Uhr

ZWEITAGESWORKSHOP

Für Familien mit Kindern von 5 bis 9 Jahren

Anmeldung und Informationen: 089 / 31 57 14-10

Kosten: 25,- Euro (inkl. Materialkosten und Museumseintritt)

Treffpunkt: Kasse; Anmeldung erforderlich

Sa 24.05. und So 25.05. jeweils 9.00–16.00 Uhr

Wir bauen einen Wurfgleiter.

FRAUEN TECHNIK WISSEN

Treffpunkt: Eingangsbereich Halle III, Kosten: Museumseintritt

Mi 28.05. 10.00 Uhr Vom Fliegerhorst zum Luftfahrtmuseum

Historische Galerie

Gedenktage technischer Kultur: April bis Juni 2008 ✓

Manfred von Weiher



Raffaels Engel zu Füßen der »Sixtinischen Madonna« (1512/13)

1.4.1783

In Augsburg stirbt Georg Friedrich **Brander**. Gegen den väterlichen Rat Gewürzhändler zu werden, entscheidet er sich für den Mechanikerberuf, stellt chirurgische und mathematische Präzisionsinstrumente her und nimmt als erster in Deutschland 1737 die **Produktion hochwertiger Teleskope** auf. Seinem innovativen Geschick verdankt die aufstrebende feinmechanische Industrie im gesamten süddeutschen Raum nachhaltige Impulse.

3.4.1933

Mit zwei »Westland«-Flugzeugen gelingt britischen Piloten erstmals die **Überquerung des Mount Everest**.

4.4.1883

In seiner Geburtsstadt New York stirbt 92-jährig der Unternehmer Peter **Cooper**. Aus einer Handwerkerfamilie stammend gründet er um 1830 bei Baltimore mehrere Eisenwerke und bringt die **erste amerikanische Lokomotive** auf den Markt. In seinem New Yorker Walzwerk gelingt ihm bei der Herstellung von Schweißstahl eine wesentliche Verbesserung des damals gebräuchlichen Puddel-Verfahrens, indem er dem Roheisen im Flammofen besonders rußarme Anthrazitkohle zufügt. Als Brückenschlag zur

Alten Welt empfiehlt Cooper die **elektrische Telegrafie** mit Europa und setzt sich, mit Field und Morse, vehement für die Verlegung der ersten transatlantischen Tiefseekabel ein.

6.4.1483

In Urbino, Italien, wird Raffael **Santi** geboren, dessen Gemälde zu den bedeutendsten Werken der Renaissance gehören. Nach dem Tod seines Lehrers Donato Bramante macht sich »Raffael« auch als Baumeister einen Namen, als er in Rom 1514 die **Bauleitung des Petersdomes** übernimmt, der weltweit größten Kirche, die schließlich ab 1547 unter Michelangelo in ihrer heutigen Gestalt vollendet wird.

7.4.1833

In Göttingen nehmen die Professoren Carl Friedrich **Gauß** und Wilhelm Weber zwischen ihren Instituten einen von ihnen gemeinsam entwickelten elektromagnetischen Telegrafen in Betrieb: zwei etwa 1.000 Meter lange Kupferdrähte, über die Dächer der Stadt gespannt, sorgen zwischen dem astronomischen Observatorium und dem physikalischen Kabinett fünf Jahre lang für sicheren Datenaustausch! Diese erfolgreiche Versuchsanordnung kennzeichnet weltweit den **Beginn der elektrischen Nachrichtenübermittlung**.

17.4.1958

In Brüssel wird die erste **Weltausstellung** nach Ende des 2. Weltkrieges eröffnet: 53 Nationen präsentieren ihre Exponate, besondere Beachtung findet die Weltraumtechnologie sowie die Kernkraft. Das 110 Meter hohe »Atomium«, eine 150-milliardenfache Vergrößerung des Alpha-Eisenkristalls, wird als Symbol des ungebrochenen Glaubens an den Fortschritt gefeiert.

21.4.1908

In Stuttgart stirbt Wilhelm **Raydt**. Bereits als Physiklehrer an einem Realgymnasium beschäf-

tigt ihn lebhaft die Verflüssigung von Kohlendioxid. 1880 lässt er sich die **Herstellung künstlichen Mineralwassers** sowie die Bierabfüllung mit Kohlendioxid patentieren – Verfahren, die nicht nur Brausen und Sprudelwasser spritziger machen und daher für die Getränkeindustrie bis heute von zentraler Bedeutung sind. 1885 entsteht bei Krupp Raydts erste, mit Kohlendioxid betriebene Kältemaschine.

22.4.1833

In Dartford, England, stirbt 62-jährig Richard **Trevithick**. 1803/04 konstruiert er die **erste Dampflokomotive** und setzt sie im südenglischen Kohlenrevier erfolgreich als Grubenlokomotive ein. 1809 tritt er am Londoner Euston Square mit einem ersten praktischen Versuch der herrschenden Meinung entgegen, die Personenbeförderung mittels einer auf Räder gesetzten Dampfmaschine sei gesundheitsschädlich: seine Lokomotive »Catch me who can« zieht mehrere Wagemutige über einen kleinen Schienenkreis, der durch hohe Sichtschutzpalisaden abgesichert ist, um Passanten vor der befürchteten »Geschwindigkeits-Affection« zu bewah-

2008 feiert das »Atomium« sein 50-jähriges Jubiläum.



Historische Galerie

Gedenktage technischer Kultur: April bis Juni 2008

Manfred von Weiher

ren. Mit Trevithicks Präsentation einer funktions-tüchtigen »Eisen-Bahn« beginnt das Zeitalter der Mobilität als Massenphänomen.

22.4.1933

In West-Wittering, England, stirbt Frederick Henry **Royce**. Die Reparatur eines 2-Zylinder-Kraftwagens, Baujahr 1890, begeistert den Mechaniker für die Konstruktion leistungsstarker Verbrennungsmaschinen. Mit dem Ingenieur und Sportsmann C. S. Rolls entwickelt und produziert er im aufstrebenden Gemeinschafts-unternehmen die bis heute »very british« anmu-tenden **Rolls-Royce-Nobelkarossen**. Später ent-stehen hier auch Flugmotoren und Strahltrieb-werke der internationalen Spitzenklasse.

24.4.1858

In Kiel wird Max **Planck** geboren. Als Physiker leitet er mit seinem berühmten Vortrag über die Quantentheorie im Dezember 1900 ein neues Zeitalter in der Naturwissenschaft ein: sowohl die Emission als auch die Absorption von Strah-lung verlaufe im Mikrokosmos nicht kontinuier-lich, sondern in sprunghaften Energieportionen, die Planck »Quanten« nennt. Diese Veränderun-gen seien, entgegen den Vorstellungen der klas-sischen Physik, nicht beliebig genau vorhersag-bar, lediglich »quantisierende« Aussagen über die Wahrscheinlichkeit des Eintretens gewisser Ereignisse seien möglich. Erst durch Plancks **Quantentheorie**, die Vorgänge in der atoma-ren Welt korrekt beschreibt, werden moderne technische Entwicklungen wie die Kernenergie, Lasertechnologie oder Halbleitertechnik reali-sierbar. Seit 1948 trägt die angesehene Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft den Namen »Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften«. (Siehe Beitrag auf Seite 58 ff.)

25.4.1983

In Lille/Nordfrankreich, nimmt die **erste vollau-tomatisch betriebene U-Bahn** ihren Betrieb auf.

25.4.1983

Nach 11-jährigem Flug durch das Weltall ver-lässt die 1972 gestartete US-amerikanische Raumsonde **Pioneer 10** das Sonnensystem.

1.5.1933

In Luzern stirbt der Erfinder Roman **Abt**. Nach konstruktiven Verbesserungen für die zahnrad-betriebenen Bergbahnen seiner Schweizer Hei-mat entwickelt er 1882 eine **automatisierte Ausweichstation für Standseilbahnen**, die es fortan zuverlässig möglich macht, Bergbahnen bis auf ein kurzes Mittelstück eingleisig und damit äußerst wirtschaftlich zu führen.

5.5.1883

Zur Einführung der Edison'schen Glühlampen-Beleuchtung in Deutschland gründet in Berlin Emil **Rathenau**, unterstützt von Werner Siemens, die Deutsche Edison-Gesellschaft. Aus dieser geht 1887 die Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft hervor, die u. a. im Kraftwerksbau jahrzehntelang eine führende Rolle spielt und als Markenname **AEG** bis heute die Wertigkeit zahlreicher Elektroartikel steigert.

8.5.1808

In Vale of Clyde, England, wird als Sohn eines Geistlichen John Scott **Russel** geboren. Seine wissenschaftlichen Untersuchungen zur Wellen-bewegung des Wassers führen ihn zur Konstruk-tion eines **strömungstechnisch harmonisier-ten Bootskörpers**, der sich beim entsprechend aquadynamisch angepassten Rumpf seines Ver-suchsschiffes »Wave« 1835 erstmals praktisch bewährt. Am Bau des 27.000-BRT-Riesenschiffes »Great Eastern« (1852–59) ist Russel maßgeb-lich beteiligt.

14.5.1633

In St. Léger de Fougeret, Frankreich, wird der spätere Festungsbaumeister und Ingenieuroffi-zier Sebastian le Prestre **de Vauban** geboren. Seit 1669 Generalinspekteur aller französischen Festungen, baut er etwa 270 **Festungsanlagen** nach neuesten Verteidigungserkenntnissen um, plant und errichtet 30 neue. Seine Befestigung der Stadt Landau/Pfalz von 1687 gilt bis weit ins 19. Jahrhundert als uneinnehmbar. 1707 fällt de Vauban mit seinem Vorschlag einer am Einkommen orientierten Steuerabgabe am Hofe des »Sonnenkönigs« in Ungnade.

15.5.1933

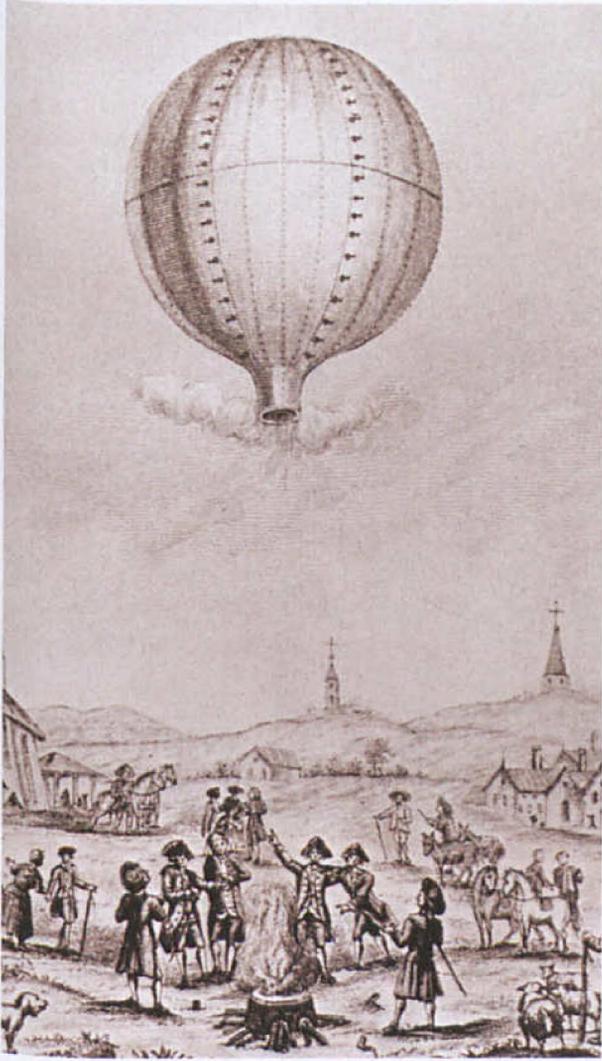
Zwischen Hamburg und Berlin nimmt der schnellste, regelmäßig verkehrende Eisenbahn-zug, der **Schnelltriebwagen »Fliegender Hamburger«** seinen Betrieb auf.

22.5.1783

In Whittington/England wird William **Sturgeon** als Sohn eines Schusters geboren. Das Haupt-interesse des späteren Physiklehrers gilt der Erforschung der seinerzeit noch weithin unbe-kannten elektrophysikalischen Zusammenhän-ge: 1823 baut er erste Versuchsanordnungen, die eine magnetische Wirkung elektrisierter Drahtspulen belegt. 1825 präsentiert Sturgeon seine **Erfindung des Elektromagneten**, ohne den heute z. B. kein Auto per Anlasser gestartet werden könnte und weder Elektromotoren noch elektrische Türöffner funktionierten.

22.5.1908

Während die Motorfliegerei noch in den Kinder-schuhen steckt, wird in Spandau bei Berlin durch den Einsatz von Brieftauben versucht, **automati-sche Geländefotografien** herzustellen.



Die Mongolfière auf ihrem Jungferflug 1783.

24.5.1883

Zwischen den New Yorker Stadtteilen Manhattan und Long Island wird die **Brooklyn Bridge** nach 14-jähriger Bauzeit dem Verkehr übergeben. Konstrukteur ist der deutsch-amerikanische Brückenbauer John August **Röbling**. Seine Frau Emilie und sein Sohn Washington vollenden das Bauwerk. Mit einer Gesamtlänge von 1826 Metern und einer Spannweite von über 486 Metern war sie seinerzeit die größte Seilhängebrücke der Welt.

26.5.1983

Auf dem Luftwaffenstützpunkt Vandenberg/USA, gelingt der **erste Start eines Satelliten der europäischen Weltraumorganisation »ESA«**.

29.5.1933

Vor der westafrikanischen Küste erfolgt der erste **Katapult-Schleuderstart** eines Dornier-Walflugbootes von Bord eines deutschen Flugsicherungsschiffes. In einer Zeit, da die begrenzte Reichweite von Flugzeugen noch keine regulären Nonstop-Flüge über größere Distanzen erlaubt, ermöglicht der Katapultstart wasser-tauglicher Flugzeuge von Schiffen bereits eine Woche später die **Einrichtung der Transoze-**

an-Flugpost-Linie Deutschland–Südamerika, die bis zum Ausbruch des 2. Weltkriegs regelmäßig befliegen wird.

5.6.1783

In Annonay/Frankreich lassen die Brüder Joseph Michael und Jacques-Etienne **Montgolfier** während eines Ständetages den **ersten Heißluftballon** öffentlich aufsteigen. Die Hülle des Ballons besteht aus Leinwand und Papier, erreicht – noch unbemannt – eine Höhe von 11,40 Metern und kennzeichnet den Beginn der Eroberung des Luftraums durch den Menschen.

6.6.1758

In Gera wird Ernst August **Geitner** geboren. Zunächst tätig als Theologe, wird er später Chemiker und Arzt in Löbnitz/Sachsen. Er erfindet das **Neusilber** (Argentan), eine Kupferlegierung die z. B. in der Besteckherstellung eine bedeutende Rolle spielt und führt das Färben mit Chromaten ein, das inzwischen als krebserregende Verbindung eher gemieden wird. Von Geitner stammt der Vorschlag, Treibhäuser über unterirdisch brennenden Kohleflözen anzulegen.

16.6.1983

In Kourou, Französisch-Guayana, startet die **erste europäische Trägerrakete Ariane** erfolgreich ins Weltall.

18.6.1783

In Neuhaus bei Paderborn wird Friedrich Wilhelm Adam **Sertürner** geboren. Bereits als Apothekerlehrling untersucht er das Narkotikum Opium und veröffentlicht 1805/06 seine Entdeckung der aus dem Opium synthetisierten Mekonsäure. Das von ihm aus Rohopium erstmals gewonnene **Morphin** macht er 1817 bekannt. Es ist bis heute Bestandteil stark schmerzlösender Medikamente.

18.6.1983

In Cape Canaveral, USA, startet die US-Raumfähre **»Challenger«** **erstmalig mit einer Frau** an Bord. Als dieselbe Raumfähre bei einem späteren Start explodiert (1986) finden sieben Astronauten den Tod.

19.6.1933

Die Neuverteilung der Hörfrequenzen nach dem **Luzerner Wellenplan** tritt in Kraft. Dem Deutschen Reich werden nur 17 Sendefrequenzen zuerkannt – für die Nationalsozialisten ein willkommener Anlass, weitere Radiostationen »gleichzuschalten« und die Programmvierfalt einzuschränken.

24.6.1783

Auf Gut Kanarienhäusen bei Jever wird Johann Heinrich **von Thünen** geboren. In seinem Hauptwerk *Der isolierte Staat* begründet er 1826 die **Standorttheorie der Landwirtschaft**, die besagt, dass die Intensität einer Bewirtschaftung abnimmt, je weiter der Produktionsort vom Absatzort der Waren entfernt liegt. 1847 wagt er einen für damalige Verhältnisse besonders mutigen Vorstoß zur Lösung der sozialen Problematik, indem er auf seinem Gut die **Gewinnbeteiligung aller Landarbeiter** einführt und damit hervorragende Erfolge erzielt.

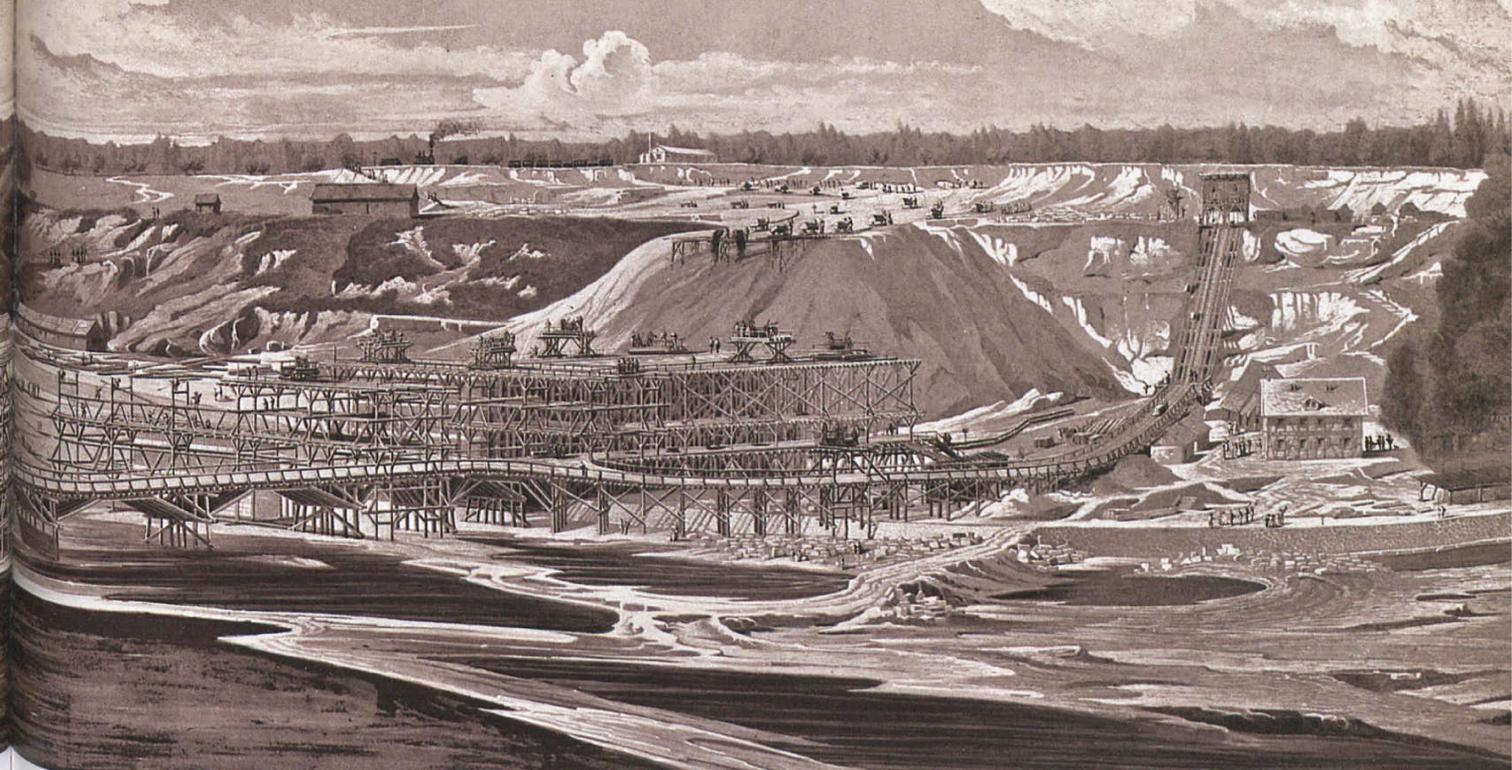
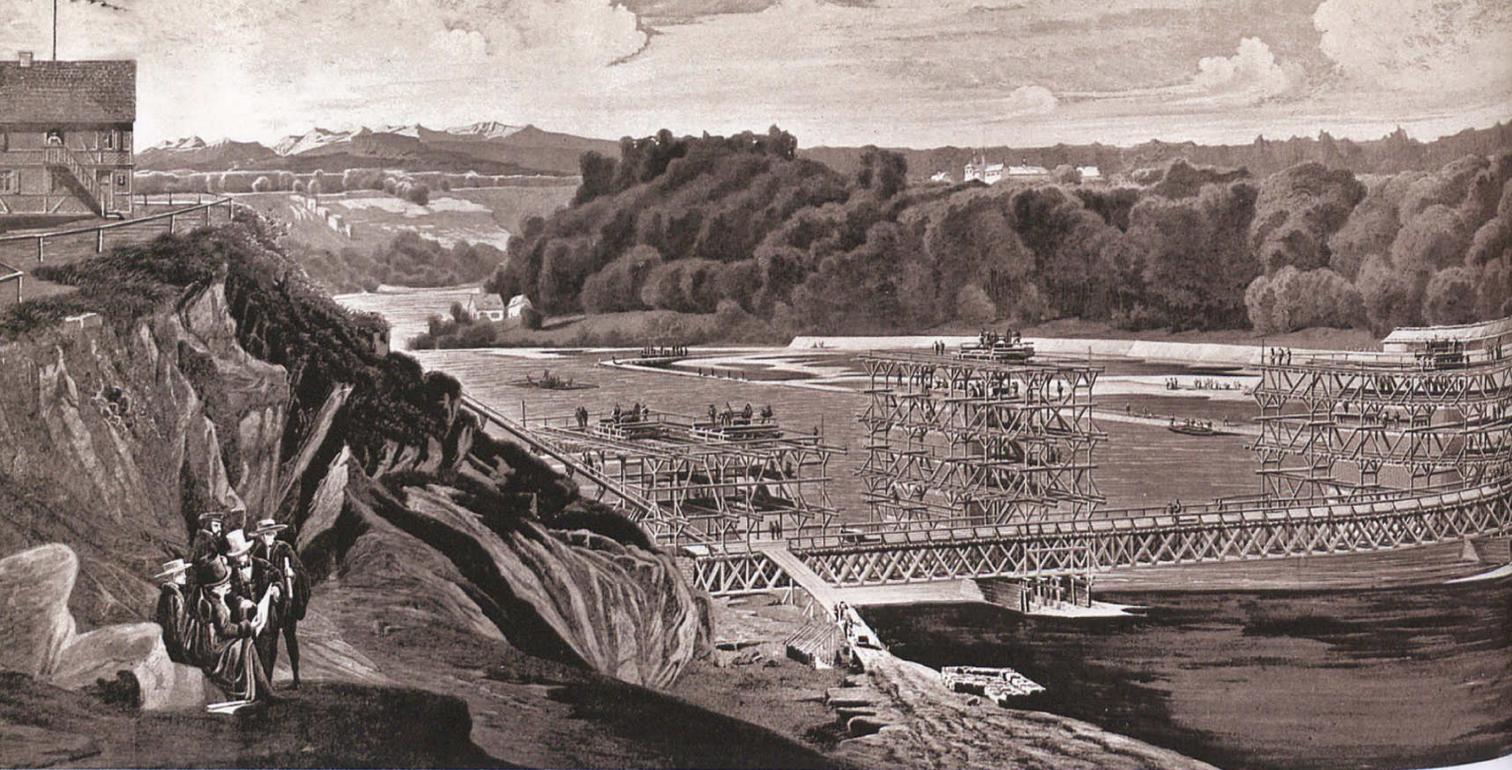
26.6.1883

In Bad Kissingen stirbt Friedrich August **von Pauli**. Sein 1856 erfundener **»Pauliträger«** erlaubt den Bau stabiler Eisenbahnbrücken mit erweiterter Spannweite und bewährt sich erstmals bei der Konstruktion der bis heute genutzten Großhesseloher Isarbrücke im Münchener Süden (siehe Beitrag Seite 52 ff.).

27.6.1933

Als Tochterunternehmen der Deutschen Reichsbahn wird die Gesellschaft **»Reichsautobahnen«** gegründet. Sie stützt sich auf das **»HaFraBa-Projekt«**, das eine direkte Autobahnverbindung von Hamburg über Frankfurt/Main nach Basel sowie ein großzügiges Netz weiterer vier-spuriger Schnellstrassen bereits seit 1926/27 vorsieht. Damit werden die bis zum Kriegsbeginn 1939 fertiggestellten Autobahnen von der nationalsozialistischen Propaganda zu Unrecht als die **»Straßen des Führers«** gefeiert.

MANFRED VON WEIHER setzt die *Sammlung Von Weiher zur Geschichte der Technik* seines Vaters fort. Von Weiher leitet in Stockstadt/Main ein Institut zur Rehabilitation von Führungskräften.



Von München nach Innsbruck

Die Eisenbahnbrücke Großhesselohe

Auf der Strecke München – Rosenheim – Innsbruck wurde vor 150 Jahren die erste Großhesseloher Eisenbahnbrücke gebaut. Die 1857 fertiggestellte Großbrücke gehörte zu den prominentesten Ingenieurwerken des 19. Jahrhunderts im Königreich Bayern.

Von Dirk Bühler

Die seit 1850 geplante Bayerische Maximiliansbahn sollte München, so war die Zielvorstellung, mit dem nächstliegenden Mittelmeerhafen Triest verbinden und den Transitverkehr aus Ungarn mit seinen Getreidelieferungen durch Bayern führen, um die aufkeimende bayerische Wirtschaft, den Handel und die Industrie international konkurrenzfähig zu machen. Der erste Streckenabschnitt München – Großhesselohe war bereits am 24. Juni 1854 fertiggestellt. Auf der folgenden, 63 Kilometer langen Strecke bis Rosenheim, die am 21. Oktober 1857 eingeweiht

werden sollte, war vor allem das tief eingeschnittene Isartal bei Großhesselohe zu überwinden. Nach Rosenheim zweigte eine Strecke nach Salzburg und eine andere nach Innsbruck ab. Auf dem Abschnitt nach Innsbruck folgten die Eröffnungen der Teilstrecken Rosenheim – Kufstein am 5. August 1858, Kufstein – Innsbruck am 24. November 1858 und schließlich die Eröffnung der Brennerbahn Innsbruck – Bozen im Jahre 1867.

Das Jubiläum der ersten Brücke war der Anlass, auch die Herkunft des Linsenträgers etwas näher zu untersuchen, dessen Name sei-

ner Form geschuldet ist, die dem Profil einer Linse oder eines Fischbauches gleicht. Statisch gesehen nimmt bei diesem Trägersystem der gekrümmte Obergurt die Druckkräfte, der Untergurt die Zugkräfte auf. Die Spannung innerhalb des Fachwerkträgers bleibt auch unter Belastung gleich, denn er ist in der neutralen Achse gelagert. Erst seit der massiven Verbreitung dieser Trägerform in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts durch Friedrich August von Pauli, über den noch zu reden sein wird, wurde sie auch unter dem Namen »Pauliträger« bekannt.

TRÄGER IN LINSENFÖRMIG. Wie so viele technische Neuerungen ist auch die Idee für einen Linsenträger erstmals in den Zeichnungen Leonardo da Vincis (1452–1519) im *Codex Atlanticus* festgehalten. Ob ein solcher Träger in Leonardos Zeit jemals gebaut wurde, wissen wir nicht, doch er scheint nicht zum Standardrepertoire der Brückenbauer zu gehören, als etwas später Andrea Palladio (1508–1580) 1570 seine *Vier Bücher zur Architektur* veröffentlicht und dort zwar Fachwerk- aber keine Linsenträger zeigt. Erst ein Jahrhundert nach den Skizzen Leonardos erscheint eine zweite grafische Darstellung in den 1616 von Faustus Verantius in Venedig veröffentlichten *Machinae novae*, ein Werk, in dem auch grundlegende Lösungen für Brückenträger angeboten werden, darunter ein Fachwerk- und ein Linsenträger aus Holz, die sehr kunstvoll zusammengesetzt sind.

Erst weitere zweihundert Jahre später befassten sich Ingenieure und Mathematiker, aber auch Unternehmer wieder mit dieser Trägerform. Es ist Claude Navier (1785–1836) der sich 1826 als Erster theoretisch mit diesem Träger beschäftigt und nur wenig später, 1829 studiert Prosper Débia (1791–1876) ebenfalls seine statischen Eigenschaften. So ist es denn auch nicht weiter erstaunlich, dass eine der ersten Eisenbahnbrücken die Linsenform annimmt: Die Stockton-Darlington-Linie in England überquert auf einem Streckenabschnitt den Gaunless-River. Dort lässt Robert

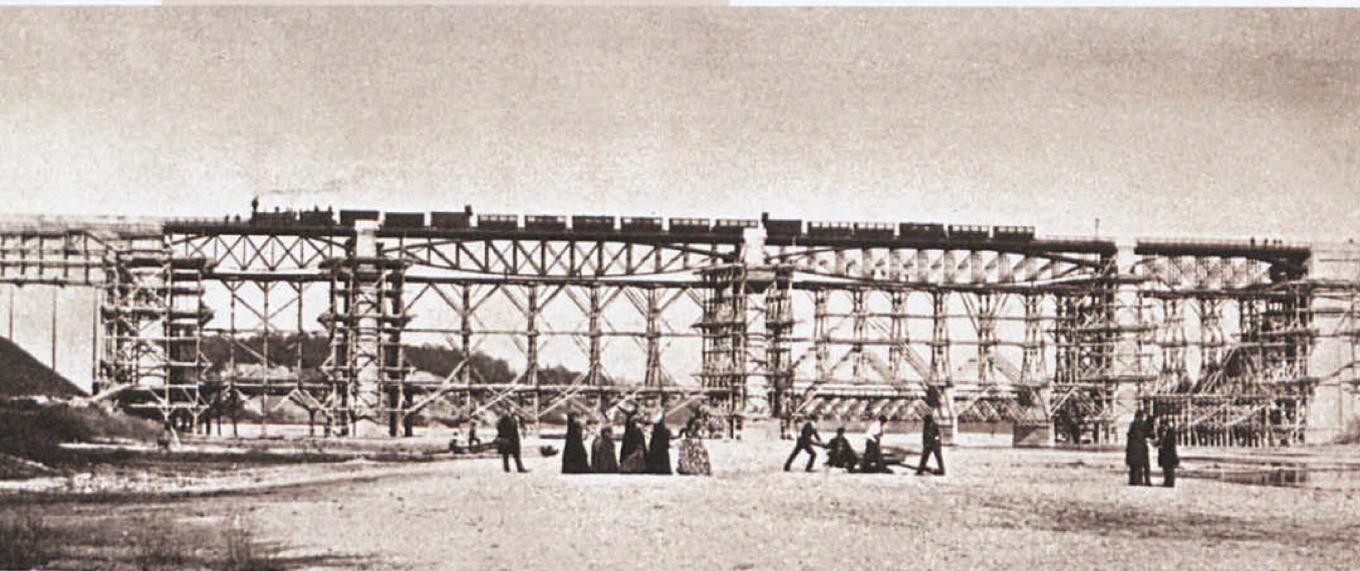
Das Bild – eine kolorierte Zeichnung aus der Plansammlung des Deutschen Museums – zeigt den Beginn der Bauarbeiten mit der Behelfsbrücke, den Gerüsten für das Aufmauern der Stützen und die Aufschüttung, die die Spannweite verringern sollte.

Als die Großhesseloher Brücke nach sechs Jahren Bauzeit am 31. Oktober 1857 eingeweiht wurde, überquerte sie in 31 Meter Höhe das Isartal mit einer Gesamtlänge von 259,25 Meter. Die Spannweiten der vier Pauliträger betragen 56 Meter in den beiden Mittelfeldern und 30 Meter in den beiden Seitenfeldern. Bei einem ersten Umbau 1907 bis 1909 wurden diese Träger durch neue, belastbarere unterspannte Stahlträger ausgetauscht. Die Brücke diente in der Folge bis 1983 dem Eisenbahnverkehr, bis sie durch einen vollständigen Neubau ersetzt werden musste, der am 29. September 1985 eingeweiht wurde und gestalterisch weit hinter seinen Vorgängerbauten zurückblieb: ein fantasie- und gestaltloser Stahlfachwerkträger.

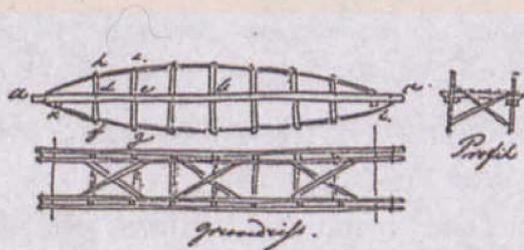
Stephenson 1825 eine Brücke mit vier Linsenträgern aus Gusseisen bauen. Die Spannweiten sind mit 13 Fuß, also etwa vier Metern, noch vergleichsweise gering, doch Abbildungen in Zeitschriften und Fachbüchern machen diese Brücke populär.

In Deutschland beschäftigen sich die Baumeister zu dieser Zeit noch eher mit der Umsetzung des Linsenträgers in Holzbauweise, und so erscheint einer der ersten konkreten Vorschläge in einem 1832 erstmals in München erschienenen Musterbuch des Bauinspektors Ludwig Friedrich Wolfram (1781–1846), den *Darstellungen der Zimmerbauwerke von den einfachsten Holzverbindungen bis zu großen zusammengesetzten Dächern*. Gezeigt wird dort ein bemerkenswerter Entwurf einer Holzbrücke mit bereits 30 Metern Spannweite.

NATURBRÜCKE AUS ÄSTEN. Wirklich bedeutend wurde der hölzerne Linsenträger in Deutschland aber erst durch den Hofarchitekten Georg Ludwig Friedrich Laves (1788–1864) aus Hannover. Laves unternahm in seinen jungen Jahren – wie so viele seiner wissbegierigen Zeitgenossen – eine Englandreise, auf der er 1834 Isambard Kingdom Brunel (1806–1859) und dessen Vater Marc (1769–1849) traf, die ihn wesentlich beeinflussten und mit denen er auch später in engem Briefkontakt blieb. In einem Brief an Moller vom 30.08.1834 stellt Georg Ludwig



Bevor die Großhesseloher Brücke für den Verkehr freigegeben wurde, musste sie ab dem 24. September 1857 einen Monat lang Belastungsproben mit verschiedenen Lokomotiven und Waggons bestehen.



Mit dieser kleinen Skizze am Rande eines Briefes von 1834 an seinen Freund Moller erläuterte Stadtbaurath Laves seine Grundgedanken zum Bau eines Fischbauchträgers.

Weiterführende Literatur:

Helmut Hiltz, Eisenbrückenbau und Unternehmertätigkeit in Süddeutschland, in: Heinrich Gerber, *Zeitschrift für Unternehmensgeschichte*, Beiheft 80, Franz Steiner Verlag, Stuttgart, 1993

Vom gleichen Autor sind in der *Deutschen Bauzeitung* Nr. 6/2001 und Nr. 6/2002 auch die besonders lesenswerten Ingenieurportraits von Heinrich Gerber und Friedrich August von Pauli erschienen.

1839 in Hannover veröffentlichten Werk *Über die Anwendung und den Nutzen eines neuen Konstruktionssystems nebst erläuternder Beschreibung*, in dem die Stadtgrabenbrücke von Hannover besonderes ausführlich erörtert wird. Eine echte Kuriosität ist eine linsenförmige Naturbrücke aus Ästen, die Laves 1842 vor dem Mausoleum des Grafen von Alten in Wilkenburg bei Hannover mit einer Spannweite von 12 Hannoverschen Fuß (3,60 Meter) entworfen und gebaut hat.

Rückblickend wird Friedrich Heinzerling in seinem Werk *Die Brücken der Gegenwart*, das 1879–1880 in Aachen erschien, die Entwicklung des Linsenträgers chronologisch und konstruktiv darstellen. So zeigt er nun auch die ersten schmiedeeisernen Linsenträger in Deutschland: die Fußgängerbrücke im Gräflich Münsterschen Park in Derneburg, die 1838 mit 8,18 Metern Spannweite und 1,17 Metern Breite erbaut wurde und eine andere, die 1850 im Garten von Montbrillant mit 17,82 Metern Spannweite entstand, um schließlich den damals bereits berühmt gewordenen Pauliträger gleich dreifach, nämlich mit oben, mittig und unten liegender Fahrbahn darzustellen.

In diesem Zusammenhang verdient nun nicht nur das Werk, sondern auch das Leben von Friedrich August von Pauli Beachtung, der am 6. Mai 1802 bei Worms als Sohn aus einer Pastorenfamilie geboren wurde. Schon mit 15 Jahren verließ er das Gymnasium und machte sich für einige Jahre nach Großbritannien auf. In Manchester unternahm er eine Ausbildung zum Mechaniker. Zurück in Deutschland beginnt er 1821 ein Mathematikstudium an der Universität Göttingen. Vier Jahre später besteht er die Prüfung für den bayerischen Baudienst. Obwohl man in ihm zuvor bereits den Nachfolger von Joseph von Fraunhofer (1787–1826) an der Bayerischen Akademie der Wissenschaften gesehen hatte, entschied er sich schließlich für die Baukunst. Als Oberingenieur kommt er daher zur Obersten Baubehörde Bayerns, wird Professor an der Universität München und Leiter der Polytechnischen Schule. 1843 und 1844 reist er erneut nach Großbritannien. Schon ab 1841 arbeitet er an der Ludwigs-Nord-Südbahn und übernimmt 1852 bis 1860 auch die Leitung der Strecke München – Rosenheim – Salzburg. Er gilt damit als »Schöpfer der Bayerischen Staatseisenbahnen«. Seine ersten Bauten sind Holzbrücken nach dem System Howe, wie etwa die Illerbrücke in Kempten, die 1851 fertiggestellt, 1880 verstärkt und 1906 nach dem Bau der neuen Betonbrücken zur Fußgängerbrücke umgewidmet wurde.

Die Fachwerktheorie von Karl Culmann (1821–1881), der von 1841 bis 1855 enger Mitarbeiter Paulis war, diente ihm als mathematische Basis. So besuchte Culmann auch auf besondere Veranlassung Paulis von 1849 bis 1850 Großbritannien und die Vereinigten Staaten, um dort die verwendeten Trägersysteme zu studieren. Das Fachwerkssystem des Linsenträgers wurde außerdem durch Zusammenarbeit mit seinem Schüler Heinrich Gerber und Carl von Bauernfeind verbessert. Über den Linsenträger hat Pauli, dessen Leistungen mehr auf organisatorischem Gebiet zu suchen sind, selbst nichts geschrieben. Erst Heinrich Gerber veröffentlicht 1865 einen bahnbrechenden Aufsatz über den Linsenträger, der in der Folge »Pauliträger« genannt werden wird.

Auf Unternehmenseite arbeitet Pauli eng mit der Eisenbaufirma Klett & Co. aus Nürnberg zusammen, die durch den Bau der Schrankenhalle (1852) und des Glaspalastes (1854) in München bekannt geworden war und in der Folge auch viele von Paulis Brücken bauen sollte. Schließ-

lich wird Pauli seiner Verdienste um das Eisenbahnwesen in Bayern wegen 1847 in den persönlichen Adelsstand erhoben. Er stirbt am 26. Juni 1883 in München.

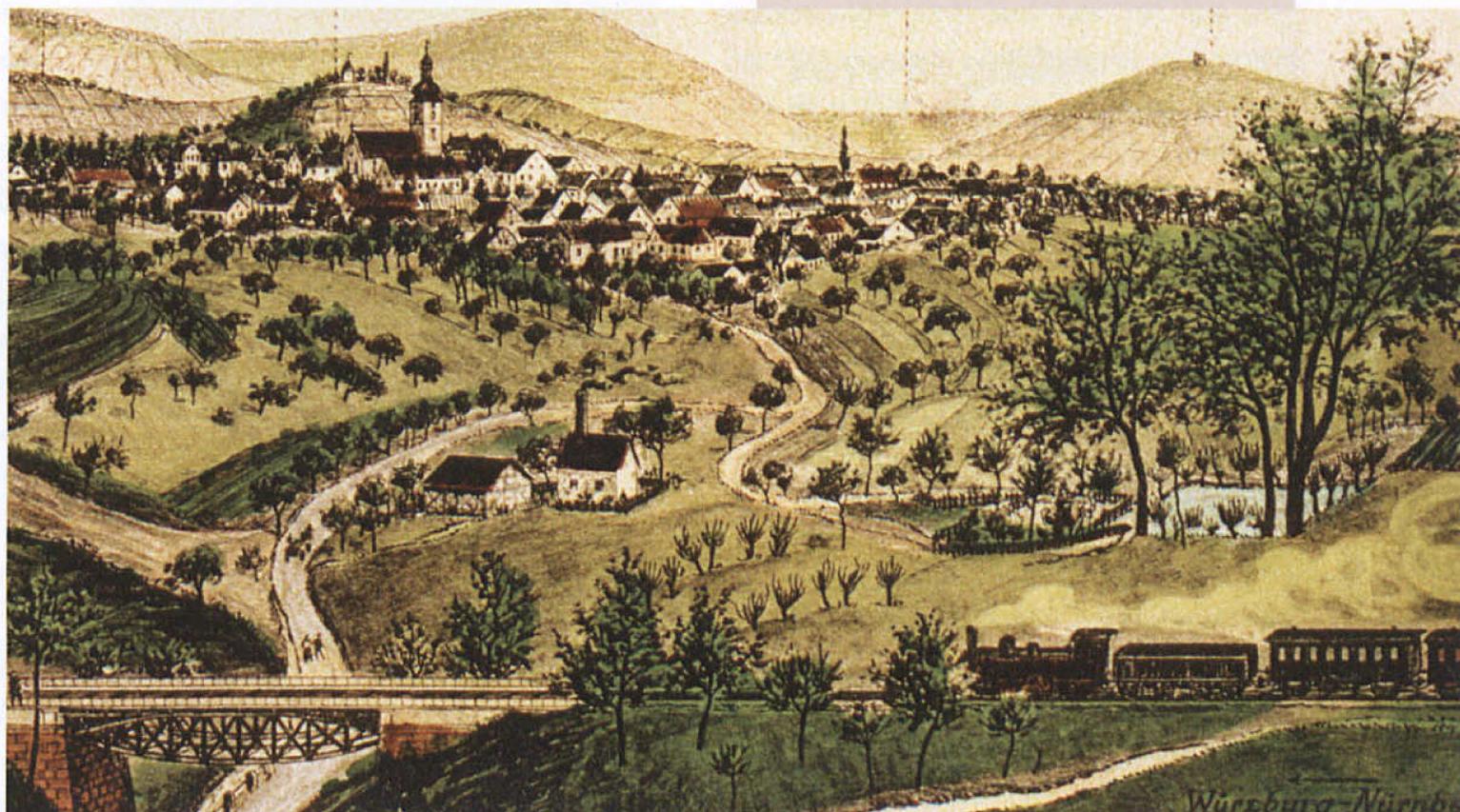
DIE BRÜCKE ÜBER DEN MORSEEBACH. Ein Testfall für Paulis Trägersystem sollte die 1853 erbaute Brücke über die Günz bei Günzburg werden. Die vier schmiedeeisernen Träger mit gekrümmten Obergurten hatten 12,3 und 10,3 Meter Spannweite und wurden von der Firma Klett & Co. gefertigt. Dabei wurden schmiedeeiserne Bolzen und hölzerne Schrauben als Befestigungsmittel verwendet. Schon ein Jahr nach der Erbauung, 1854, knickten die Obergurte seitlich aus und wurden bei Klett bis zum Mai 1855 verstärkt und danach wieder eingebaut. Die Brücke hielt bis 1868, dann wurden die Pauli'schen Überbauten durch einen Blechträger ersetzt. Trotz dieser ersten schlechten Erfahrungen mit dem Pauli'schen Trägersystem wurde es auf das Betreiben Paulis hin intensiv weiter verbessert und hauptsächlich auf den neu zu bauenden Eisenbahnstrecken verwendet. So wurde das Pauli'sche System auch beim Ausbau der Eisenbahnstrecke zwischen Nürnberg und Würzburg verwendet, auf der bis zu ihrer Eröffnung 1865 nach Paulis Entwürfen eine Vielzahl gleichartiger Eisenbahnbrücken entstanden sind, wie zum Beispiel die über den Main in Kitzingen oder über die Aurach in Emskirchen und schließlich eine sehr kleine über den Morseebach bei Markt Einersheim, von der noch ein besonders schönes Modell erhalten und im Deutschen Museum zu sehen ist. Die Spannweite der Brücke beträgt zwar nicht mehr als 36 Meter, aber das Modell der Brücke ist ein wirkliches Kleinod, das durch seine grazile Schönheit das anschauliche und ausgewogene Trägersystem buchstäblich zum Kunstwerk erklärt. Die Originalbrücke selbst musste, wie so viele andere auch, noch vor der Jahrhundertwende zum 20. Jahrhundert einer tragfähigeren weichen, denn die Eisenbahnen entwickelten sich in rasantem Tempo und wurden dabei immer schwerer. Außer dem Modell im Deutschen Museum sind nur noch eine Postkarte (die Brücke war der Stolz des Dorfes!) und ein Foto der 1865 erbauten Brücke erhalten. Fünf Großbrücken, darunter natürlich die Großhesseloher, die Mainzer Rheinbrücke und eine Unzahl kleinerer entstehen unter Paulis Leitung bis 1870 im Königreich Bayern. Doch als Pauli 68 Jahre alt und pensioniert wird, findet das System kaum noch Verwendung im bayerischen Brückenbau.

PAULI UND GERBER. Der zweite Protagonist der Großhesseloher Brücke ist ein Mitarbeiter Paulis, Heinrich Gerber (1832–1912), der in Hof geboren wurde. Dort besuchte er die Gewerbeschule, an der sein Vater als Zeichenlehrer arbeitete. Er beginnt das Studium an der Polytechnischen Schule in Nürnberg mit Schwerpunkt Bauwesen, das er 1851 in München abschließt. Bis 1856 arbeitet er bei der Bayerischen Staatsbahn und beendet dort seine Ausbildung 1856 mit der zweiten Staatsprüfung, dem Bayerischen Staatskonkurs. Beim Bau der Großhesseloher Brücke leitete Gerber zuerst nur den Bau der Gerüste, erst später arbeitet er beim Bau der Eisenträger eng mit Friedrich Werder von der Firma Cramer-Klett zusammen und tritt 1858 selbst in das Unternehmen ein. Gerbers Tätigkeiten sind im Gegensatz zu Paulis sehr viel mehr unternehmerischer und technischer Natur. So erwirbt er 1866 ein Patent auf einen Gelenkträger, der seinen Namen tragen wird: Durchlaufträger sind schwer zu berechnen und empfindlich für Setzungen der Pfeiler, da war der Gerberträger,



Das Modell des Pauliträgers aus der Brücke über den Morseebach bei Markt Einersheim ist eines der ältesten und elegantesten in der Ausstellung Brückenbau. Erst nach langer Suche gelang es dem Autor, vor Ort eine historische Abbildung des Originalbauwerks (siehe Bild unten) zu finden.

Auf der Postkarte steht die Eisenbahn mit ihrer Brücke über den Morseebach in direkter Sichtbeziehung zum fränkischen Markt Einersheim. Das Dorf, auf dem Hügel thronend, bringt so seinen Stolz auf seine moderne Brücke mit dem grazilen Pauliträger zum Ausdruck.





ein mit Gelenken versehener Auslegerträger, eine praktikable Lösung. Außerdem verwendete er beim Bau der Simbacher Innbrücke 1870 erstmals in Süddeutschland die Caissonbauweise für Fundamente.

Er war als Unternehmer und Ingenieur in Nürnberg und später auch im Werk Gustavsburg tätig, baute mehr als 600 Brücken, aber auch viele Hochbauten. Als Unternehmer leitete er die Firma Cramer-Klett. Das Gustavsburger Werk wird 1873 ein selbstständiges Unternehmen und kommt als »Süddeutsche Brückenbau AG« 1898 zur Firma MAN. Als wissenschaftlich arbeitender Ingenieur entwickelte er Berechnungsverfahren: das Rechenverfahren für den Pauliträger ist nur eines von vielen. Er erhielt die Ehrendoktorwürde der Technischen Hochschule München und 1911 sogar die Medaille der Berliner Akademie für Bauwesen in Berlin.

Unter der Leitung und mit den Ideen dieser beiden Protagonisten entstand zwischen 1851 und 1857 nun auch die Großhesseloher Brücke. Der ursprüngliche Plan von 1850 sah auf Wunsch von König Maximilian II. eine Eisenbahnbrücke vor, über die seitlich ein Reitweg führen sollte. Für den Bau und dessen Finanzierung wurde 1850 der »Privat-Eisenbahn-Verein« gegründet, der außerdem die Planung übernehmen sollte. Die ersten Überlegungen waren zwar von den Erfahrungen beim Bau der gerade 1851 vollendeten Göltzsch- und Elstertalbrücken beeinflusst, zwei riesigen Bogenbrücken aus Ziegelmauerwerk, doch für die Großhesseloher Brücke stand recht schnell fest, dass sie aus Ziegelpfeilern auf Pfahlgründungen mit dazwischen eingehängten Eisenträgern bestehen sollte. Auf beiden Talseiten wurden Dämme errichtet, die das Flussbett der Isar soweit einengten,

Die Eisenbahnbrücke bei Mainz überquerte den dort 360 Meter breiten Rhein mit vier Pauliträgern mit je 105,20 Metern Spannweite. Die Überbauten wurden von März bis Dezember 1862 unter der Leitung Heinrich Gerbers fertig gestellt. Sie war die dritte feste Rheinbrücke zwischen Basel und der Flussmündung nach Fertigstellung der Kölner Dombrücke (1859) und der Brücke zwischen Kehl und Straßburg (1861).

DR. DIRK BÜHLER studierte Architektur an der RWTH Aachen. Er verbrachte 12 Jahre als Bauforscher und Dozent für lateinamerikanische Baugeschichte in Mexiko. Seit 1993 leitet er die Abteilung Bauwesen des Deutschen Museums und hat die Brückenausstellung aufgebaut, die jetzt 10 Jahre alt wird.

dass die geplante Brücke mit drei Öffnungen und zwei Pfeilern auskommen konnte. Die Spannweite der Mittelöffnung sollte 34,4 Meter, die der beiden Seitenöffnungen 26,6 Meter betragen. Der Bau der Pfeiler wird vehement vorangetrieben und auch am Entwurf der Träger wird gearbeitet.

UNTERSÜPFLTER PFEILER. Noch während der Aufmauerung der Pfeiler führte die extreme Einengung der Isar an den Ufern bei einem Hochwasser am 18. Juni 1853 zur Unterspülung der Pfeiler. Sehr schnell, nämlich am 30. Juni 1863, entscheidet die Eisenbahnkommission über den Abbruch des linksseitigen Brückenlagers und des unterspülten Pfeilers, über die Öffnung des Profils und die Einführung eines zusätzlichen Pfeilers. Die Arbeiten werden im Winter 1853/54 mit bis zu über 1500 Arbeitern weitergeführt. Doch zwischen November 1855 bis Herbst 1856 kamen die Bauarbeiten wegen der unklaren Entwurfslage für die Träger praktisch zum Erliegen, bis 1856 Pauli zum Direktor der Obersten Baubehörde ernannt wurde. Schon am 11. Februar 1857 nahm er die Firma Klett für die Eisenträger unter Vertrag, und nach dem Baubeginn am 3. Juli 1857 sind die Arbeiten an den Trägern schon Ende September abgeschlossen. Stolz weist Pauli später darauf hin, dass die Materialersparnis seiner gegenüber anderen gängigen Trägern 30 Prozent beträgt.

Schon bald nach der Eröffnung der Großhesseloher Brücke wurde ab 1860, kurz nach dem Eintritt Gerbers in die Fa. Cramer-Klett, eine zweite, noch spektakulärere Eisenbahnbrücke mit Pauliträgern geplant. Sie wurde bei Mainz über den Rhein gebaut, der an dieser Stelle 360 Meter breit ist. Bis 1862 waren die Gründungen aus Beton und die Pfeiler aus Sandsteinquadermauerwerk mit hydraulischem Mörtel fertiggestellt.

Die mit 139 Metern Spannweite größten je gebauten Pauliträger entwarf Isambard Kingdom Brunel (1806–1859) für die Saltashbrücke über den Tamar bei Plymouth, die 1859 von Prinz Albert eröffnet wurde. Der Entwurf ist mit einem Druckrohr als Obergurt und einer Kette als Zugelement des Untergurtes äußerst konsequent konzipiert. Dazwischen

befinden sich Hängerseile und ein Gegenfachwerk: ein Meisterwerk der Ingenieurkunst, über dessen Ästhetik sich aber streiten lässt.

Neben dem Pauliträger, der schon gegen Ende des Jahrhunderts im Brückenbau kaum noch verwendet wird, erreichte der Gerberträger eine weitaus größere Verbreitung. Die Mainbrücke bei Hassfurth wurde von Gerber in den Jahren 1866 bis 1867 als Gelenk- oder Gerberträger aus Schweißseisen mit 36,3 Metern Mittelöffnung und zwei Seitenöffnungen mit 23,1 Metern Spannweite gebaut. Nachdem diese Brücke durch die Weltausstellung von 1873 in Wien berühmt wurde, entstand 1882–1890 mit der Firth of Forth Brücke bei Queensferry in Schottland nach dem Entwurf von Sir Benjamin Baker und John Fowler mit 521 Metern Spannweite eine der größten Brücken mit diesem System, nur übertroffen von der 1917 erbauten St. Lawrence-Brücke in Quebec mit 549 Metern Spannweite.

Die Geschichte vom Bau der Großhesseloher Brücke zeigt, wie sehr ein Großbauwerk auch in Politik und Wirtschaft seiner Zeit eingebunden ist, und wie die Protagonisten des Baus mit ihren individuellen Fähigkeiten und ihren ganz besonderen Lebenszielen dazu beitragen, ein Meisterwerk zu schaffen, das über seine Zeit hinaus wirken kann. ■■



Dieses Portrait zeigt uns einen jungen, nachdenklich und streng dreinblickenden Friedrich August von Pauli.

Der Eimerkettenbagger kam bei den Erdarbeiten für die Pfeilergründung der Großhesseloher Brücke zum Einsatz. Deutlich zu erkennen sind der Verbau für die Gründung und die Dampfmaschine für den Baggerantrieb, der auf der Arbeitsbühne steht.

Begegnen Sie Ihrem neuen Zuhause.

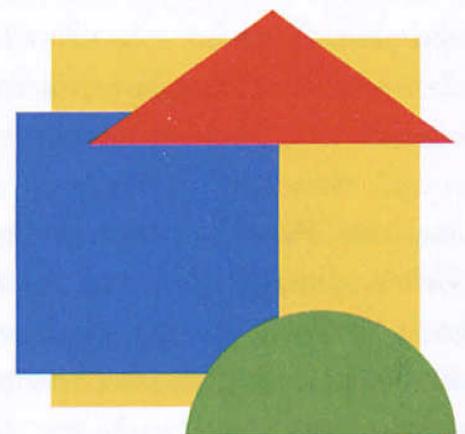
Erleben Sie Traumhäuser in vielen verschiedenen Bauweisen.



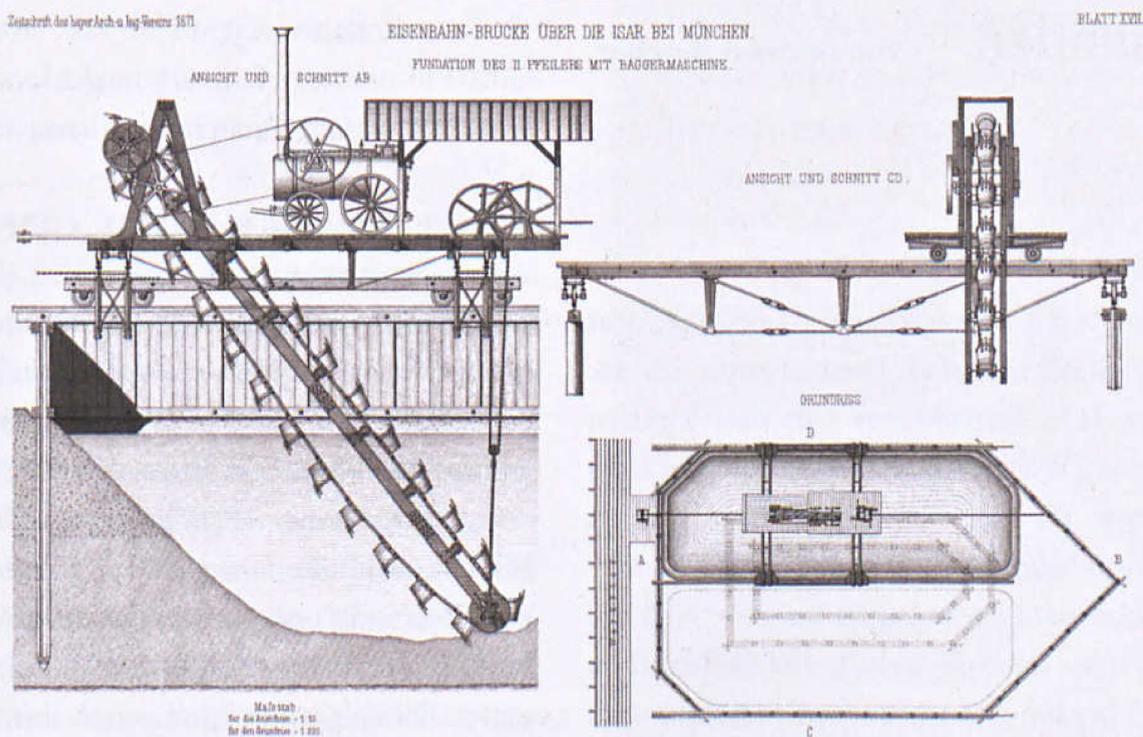
58 Musterhäuser!

Geöffnet von 10 bis 17 Uhr, auch an Sonn- und Feiertagen.
Montag Ruhetag.
Technologiepavillon täglich geöffnet.

Bayerns größte Eigenheim-Ausstellung



BAUZENTRUM POING
85586 Poing, Senator-Gerauer-Str. 25, Tel. (089) 99 02 07 60
www.bauzentrum-poing.de



Planck, Diesel und die Thermodynamik ✓



Zwei Ikonen der Wissenschafts- und Technikgeschichte feiern in diesem Jahr ihren 150. Geburtstag: Rudolf Diesel und Max Planck. Beide waren dem Deutschen Museum eng verbunden. Von Michael Hascher

Diesel und Planck sind Ikonen zweier Welten, die sich kaum zu berühren scheinen. Dennoch ist die gemeinsame Betrachtung beider historischen Persönlichkeiten lohnenswert.

Zunächst spiegeln sich in der Gegenüberstellung der biografischen Eckdaten die deutsch-französische und die innerdeutsche, bayerisch-preußische Geschichte: Der Buchbinder Theodor Diesel wanderte nach der

Revolution 1848 nach Paris aus, heiratete dort Elise Strobel. Rudolf Diesel wurde am 18. März 1858 als mittleres von drei Kindern geboren. Während des deutsch-französischen Krieges 1870/71 siedelte die Familie nach London um. Den 12jährigen Rudolf aber schickte man nach Augsburg, wo er erst die Gewerbe-, dann die Industrieschule besuchte. 1875 begann er in München Maschinenbau zu studieren. An der Technischen Hochschule

lernte Diesel auch Carl von Linde kennen, in dessen Firma er 1880 nach dem Studium beschäftigt wurde. Bei Linde entwickelte Diesel bis 1893 sein berühmtes Patent über »Arbeitsverfahren und Ausführungsart für Verbrennungskraftmaschinen«, verließ im selben Jahr die Firma und entwickelte bis 1897 im Maschinenlabor der MAN den Dieselmotor weiter. Die folgenden Jahre waren durch ein ständiges Auf und Ab gekennzeichnet: Oft

stand Diesel kurz vor dem Bankrott und erlitt physische und psychische Zusammenbrüche. Dass seine im *Solidarismus* 1903 publizierten sozialen Ideen verspottet wurden, machte ihm zusätzlich zu schaffen. Im September 1913 bestieg Diesel in Antwerpen ein Schiff nach England, wo er nie ankam. Sein Leichnam wurde in der Oosterschelde gesichtet, konnte aber nicht geborgen werden. Allen Anzeichen nach hatte er Selbstmord begangen.

EINE STEILE KARRIERE. Max Planck wurde am 23. April 1858 in Kiel geboren. Sein Vater war dort Professor der Rechtswissenschaft, wechselte aber 1867 nach München, da er die Annexion Schleswig-Holsteins durch Preußen nicht gut hieß. Am Maximiliansgymnasium erwarb Max 1874 das Abitur und begann im Wintersemester 1874/75, an der Universität München Mathematik und Physik zu studieren. 1879 wurde er in Physik promoviert und schon 1880 habilitiert. Fünf Jahre lang wartete Planck auf eine Professur und lehrte währenddessen als Privatdozent. 1885 berief ihn die Universität Kiel zum außerordentlichen Professor. Zum Wintersemester 1888/89 erhielt er schließlich einen Ruf als Professor für theoretische Physik an der Universität Berlin, die ihn schließlich 1892 zum ordentlichen Professor bestellte. Als ihn 1894 die preußische Akademie der Wissenschaft als neues Mitglied wählte, hatte Planck den Gipfel der formalen Karriere erreicht.

1900 formulierte er ein neues Strahlungsgesetz das auf der revolutionären Hypothese basierte, dass die Energieaufnahme und -abgabe nicht kontinuierlich, sondern in Portionen, sogenannten »Energiequanta«, erfolgt.

PLANCKS ZWEITE KARRIERE. Bis 1911 wurde die Tragweite dieser mittlerweile auch in anderen Bereichen bestätigten Annahme der Physikergemeinde nach und nach bewusst. Um diese Zeit begann Planck jedoch schon eine zweite Karriere als Wissenschaftspolitiker. Von 1912 bis 1938 war er als einer von vier ständigen »Sekretaren« Repräsentant der Preußischen Akademie der Wissenschaften, 1930 bis 1936 und nochmals 1945/46 Präsident der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (der Vorgän-

Abbildungen links: Max Planck (links) und Rudolf Diesel (rechts).

Carnot'scher Kreisprozess

Der Carnot'sche Kreisprozess setzt sich aus zwei isothermen (ohne Temperaturveränderung) und zwei adiabatischen (ohne Wärmeaustausch) Zustandsänderungen eines idealen Gases zusammen.

Der von dem französischen Physiker Sadi Carnot beschriebene hypothetische Prozess bildet die Grundlage des später formulierten 2. Hauptsatzes der Thermodynamik.

gerin der heutigen Max-Planck-Gesellschaft). Daneben war er Mitglied in weiteren Kuratorien und Gremien, stand wissenschaftlichen Vereinen wie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft oder seiner Universität als Rektor vor.

Die Tragik des Lebens Rudolf Diesels bestand in seinem frühen, etwas mysteriösen Tod. Max Planck hatte, bevor er 1947 mit fast 90 Jahren starb, eine Reihe von Schicksalsschlägen zu verkraften: 1911 starb seine Frau, 1916 fiel sein ältester Sohn Karl im Ersten Weltkrieg, 1917 und 1919 starben seine beiden Töchter jeweils bei der Geburt ihrer ersten Kinder, schließlich wurde 1945 sein Sohn Erwin als einer der Verschwörer des 20. Juli 1944 hingerichtet.

DIESEL UND DIE THERMODYNAMIK.

Der genauere Blick auf die Arbeiten Plancks und Diesels enthüllt ein entscheidendes gemeinsames Thema: Die Thermodynamik. Als ihr Begründer gilt der Franzose Sadi Carnot (1796–1832). Er hatte sich mit den seinerzeit relativ neuen Dampfmaschinen beschäftigt, die das eindruckvollste Beispiel der Umwandlung von Wärme in mechanische Arbeit waren. Der nach ihm benannte Carnot'sche Kreisprozess liefert eine theoretische Antwort auf die Frage, wie viel Wärme maximal in Arbeit umgewandelt werden kann. Die Gedanken Carnots wurden – dafür sind Planck und Diesel geradezu idealtypisch – von zwei unterschiedlichen Kreisen weiterentwickelt.

Diesels wichtigster akademischer Lehrer war der später als Kältemaschinenfabrikant bekannt gewordene Carl von Linde, der auch ein Pionier des neuen Faches technische Thermodynamik war. Für Diesel war der Wirkungsgrad entscheidend. Der Kontrast zwischen der wenig effizienten Realität der Dampfmaschine und dem Ideal des Carnot-Prozesses inspirierte Diesel zur Entwicklung seiner neuen Wärmekraftmaschine. Dabei lag er im Trend der Zeit, die mit der »Energie« gerade erst einen Begriff fand, mit dem sich das Verhältnis der zugeführten Wärme zur nutzbaren mechanischen Arbeit anschaulicher beschreiben ließ (vgl. Sichau K&T 1/2007).

Die **Entropie** lässt sich am ehesten beschreiben als ein Maß für die Menge an Zufall oder die Gesamtzufallsmenge, die in einem oder mehreren Zufallsereignissen steckt. Ein beliebtes Beispiel zur Annäherung an den Begriff bietet ein gefrorener Eisblock aus Wasser: Will man diesen Eisblock auftauen, dann muss man am Gefrierpunkt Energie hineinstecken, ohne dass sich die Temperatur erhöht. Man spricht von der Schmelzwärme. Diese Energie dient nur dazu, die bestehende Ordnung der festen Wasserteilchen aufzulösen und mehr Unordnung zu ermöglichen. Das Wasser wird flüssig – die Unordnung wird größer – die Entropie nimmt zu.

ENERGIEVERTEILUNG IN QUANTEN. Während Linde und Diesel in den technischen Wissenschaften konkrete Probleme mit Kälte- und Wärmemaschinen vor Augen hatten, versuchten in den Naturwissenschaften unter anderem Rudolf Clausius und Hermann von Helmholtz dem »Wesen der Energie« auf die Spur zu kommen. Clausius verallgemeinerte die Aussagen Carnots über die Umwandlung von Wärme in mechanische Energie und formulierte den 2. Hauptsatz der Thermodynamik. Dessen entscheidendes Element ist der Begriff der **Entropie**. Von dieser schwierig zu verstehenden Größe ist an dieser Stelle nur entscheidend, dass sie die Unterscheidung verschiedener thermodynamischer Prozesse erleichtert: Während die Energie nach dem 1. Hauptsatz immer gleich bleibt, wächst die Entropie immerfort. Bleibt sie gleich, so sind die Prozesse umkehrbar, andere Prozesse sind unumkehrbar.

Helmholtz vermittelte diese Erkenntnisse auch in populären Vorträgen. Er setzte dabei – ohne es zu wollen – die Vorstellung in die Welt, dass die wachsende Entropie am Ende zum »Kältetod des Universums« führen müsse, weil die Energie sich immer weiter im Raum verteile. Dieser »Kältetod« war ein in weiten Kreisen der Gesellschaft diskutiertes Thema und wurde in wenigen Fällen auch künstlerisch umgesetzt.

Planck, der 1877 in Berlin Vorlesungen bei Helmholtz hörte, vor allem aber die Schriften von Clausius las, fand mit der Entropie sein Thema. Nachdem er sich zunächst mit physikalisch-chemischen Prozessen befasst hatte, fing er Anfang der 1890er Jahre an, Strahlungsvorgänge zu untersuchen. Planck als theoretischem Physiker kam dabei zu gute, dass sich die Industrie ebenfalls für Strahlungsvorgänge interessierte: Mit der beginnenden Elektrifizierung suchten die Akteure nach Standards, anhand derer man Neuentwicklungen, etwa bei Glühlampen, besser beurteilen konnte.

Vor allem Werner von Siemens war es zu verdanken, dass 1887 mit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt eine Einrichtung geschaffen wurde, deren Aufgabe Messungen waren, die zu derlei Standards führen sollten. Die Physiker an der PTR suchten nach einer Formel für die Intensität der Strahlung bei unterschiedlichen Frequenzen, die mit ihren Messwerten übereinstimmte. Das Strahlungsgesetz, das Planck Ende 1900 vorstellte, ergab zwar nur wenig bessere Werte als die zuvor vorgeschlagenen, seine theoretische Begründung war jedoch revolutionär anders. Dabei war die Tragweite der Hypothese der Quantelung der Energieaufnahme und -abgabe um 1900 weder Planck noch seinen Kollegen bewusst. Erst als nach und nach in verschiedenen anderen Bereichen ebenfalls eine Quantisierung festgestellt wurde, erkannten die Physiker, dass die Quantenhypothese grundsätzliche Annahmen infrage stellte. 1913 gab das Bohr'sche Atommodell dem Wirkungsquantum eine physikalische Bedeutung: Die Quanten entsprachen nun der Energie, die beim Springen der Elektronen zwischen den Bahnen aufgenommen oder abgegeben wird. Das Modell, das von Bohr selbst und Arnold Sommerfeld weiterentwickelt wurde, stieß in den 1920er Jahren an seine Grenzen. Es zeigte sich zunehmend, dass die Quantenwelt ganz anders funktioniert als unsere bekannte Makrowelt. Die Quantenphysik wurde unanschaulicher, doch der Baustein, den Planck geliefert hatte, ist bis heute von zentraler Bedeutung.

DER DIESELMOTOR SOLL DIE DAMPFMASCHINE ERSETZEN. Nachdem Rudolf Diesel 1878 in der Vorlesung von Linde zum ersten Mal vom Carnot'schen Kreisprozess gehört hatte, begeisterte er sich dafür, ihn in einer Maschine zu verwirklichen. Mitte der 1880er Jahren begann er bei Linde mit den Arbeiten, die schließlich in sein berühmtes Patent von 1892 und 1893 in die zugehörige Publikation über *Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors zum Ersatz der Dampfmaschinen und der heute bekannten Verbrennungsmotoren* von 1893 mündeten. Schon im Titel untermauerte er also seinen Anspruch, mit seinem Motor die Wirtschaft umzukrempeln. Während wir es bei Planck also mit einem »Revolutionär wider Willen« zu tun haben, wollte Diesel ganz bewusst etwas Neues.

Diesel gelang es, die Maschinenfabrik Augsburg und Friedrich Krupp davon zu überzeugen, dass es sich lohnte, in die Entwicklung einer neuartigen Wärmekraftmaschine zu investieren. In einem in Augsburg eingerichteten Labor, und unterstützt von Technikern der Maschinenfabrik, arbeitete Diesel vier Jahre an einem Versuchsmotor. Die Arbeit führte schließlich in den im Fe-

bruar 1897 abgenommenen »ersten Dieselmotor«. Dieser war zwar weit effizienter als die Dampfmaschine, aber streng genommen auch weit entfernt vom Carnot-Prozess und damit von den Ansprüchen des Patents von 1892.

Die Entwicklung, die mit der Abnahme des Versuchsmotors 1897 begann, war äußerst zwiespältig: Einerseits begann die Erfolgsgeschichte des Dieselmotors, andererseits konnte Diesel persönlich nicht nachhaltig davon profitieren. Die Motoren wurden zunächst in großen stationären Anlagen verwendet. Mit der Zeit gelang es, sie kleiner zu machen, womit auch die Anwendungsfelder und die Zahl der verkauften Motoren wuchsen. Noch vor dem Ersten Weltkrieg wurden die ersten Schiffsmotoren gebaut – ein Feld, auf dem der Dieselmotor heute nahezu eine Monopolstellung einnimmt.

Diesel selbst hatte seine Patente bald in vielen Ländern angemeldet und auch einige Lizenzverträge geschlossen. Als Unternehmer gelang es ihm aber nicht, darauf einen dauerhaften wirtschaftlichen Erfolg aufzubauen. Generell bewies Diesel im Umgang mit Geld weit weniger Talent als bei der Formulierung innovativer Ideen. Er verspekulierte sich mehrfach, und als seine Kinder nach seinem Tod die Konten prüften, mussten sie feststellen, dass er kurz vor dem Ruin gestanden hatte.

DEM DEUTSCHEN MUSEUM VERBUNDEN. Ein drittes Feld der Gemeinsamkeiten zwischen Diesel und Planck ist ihre Beziehung zum Deutschen Museum. Beide waren schon in der Gründungszeit mit dem Projekt Oskar von Millers verbunden. Planck hatte zusammen mit von Miller das Maximiliansgymnasium besucht, wurde 1913 in den Vorstandsrat des Museums gewählt und lieferte für die Physikausstellung des 1925 eröffneten Neubaus auf der Museumsinsel einige Erläuterungen. Diesel gehörte zu den Unternehmern, die 1903 mit Spenden die Gründung des Museums ermöglichten. Nach seinem Tod 1913 übernahm es sein Sohn Eugen, den Mythos Diesel wach zu halten. In viel gelesenen Publikationen sowie als Berater der Diesel-Ausstellungen am Deutschen Museum (1947) und am Conservatoire des arts et métiers (1959) dominierte er lange die Erinnerung an seinen Vater.

Vergleicht man damit die auf Planck bezogene Erinnerungskultur, so ist der bereits zu seinen Lebzeiten wachsende Mythos bemerkenswert: 1929 stiftete die Deutsche Physikalische Gesellschaft eine Max-Planck-Medaille, die Planck selbst dem ersten Preisträger, Albert Einstein, überreichte. Ab den frühen 1930er Jahren gab es Büsten von Planck, schließlich wurde 1938 der Asteroid 1069 *Stella Planckia* benannt. ■■

AUSSTELLUNGEN ZUM THEMA:

Ab 19. März 2008, **150 Jahre Rudolf Diesel**, MAN-Museum, Heinrich-von-Buz-Straße 28

86153 Augsburg, Tel.: 08 21 / 3 22 39 12

27. April bis 5. Oktober 2008, **Max Planck – Revolutionär wider Willen**

Deutsches Technikmuseum Berlin (DTMB), Trebbiner Straße 9

10963 Berlin-Kreuzberg, Tel.: 0 30 / 90 25 40



Rudolf Diesel (links) zu Besuch bei Thomas Alva Edison in West-Orange/New Jersey, 1912.

DR. MICHAEL HASCHER arbeitet als freier Wissenschafts- und Technikhistoriker. Er hat der Planck- und der Dieselausstellung zugearbeitet.

Deutsches Museum intern

Nachrichten, Tipps, Termine

+++ **SONDERAUSSTELLUNG** bis 25. Mai im Foyer der Bibliothek, **Theatrum Machinarum** – Das technische Schaubuch

der frühen Neuzeit +++

+++ **KABINETTAUSSTELLUNG** bis 29. Juni in der Abteilung Foto + Film, **Wunderkammer**

Museum – Fotogramme von Floris Neusüss und Renate Heyne +++

DEUTSCHES MUSEUM, ABHANDLUNGEN UND BERICHTE – NEUE FOLGE, BAND 22 UND 23

Im Jahr 2007 begann der Neustart der seit 1906 bestehenden wissenschaftlichen Publikationsreihe des Deutschen Museums im Wallstein Verlag Göttingen. Aus den ab 1906 unter dem Titel *Abhandlungen und Berichte* aufgelegten, überwiegend kleinformatigen Heften wurde ab 1984 die *Neue Reihe* mit gebundenen Monografien oder Sammelbänden zur Wissenschafts- und Technikgeschichte. Nachdem das Museum von 2004 bis 2006 die einst im Oldenbourg Verlag angesiedelte Reihe selbst verlegt hatte, bot sich der vertriebsstarke Wallstein-Verlag als Partner insofern an, als er einen ausgewiesenen Schwerpunkt im Bereich der Wissenschafts- und Technikgeschichte hat. 2007 startete die neue Kooperation gleich mit zwei sehr unterschiedlichen Bänden, einem zu »fliegenden Frauen« und einem zu Bildern von Wissenschaft und Technik.

In »*Schneidige deutsche Mädels*«. *Fliegerinnen zwischen 1918 und 1945* wird erstmals das Phänomen der deutschen Sportfliegerinnen zwischen 1918 und 1945 erforscht – von den Anfängen unter den Bedingungen des Versailler Vertrags bis hin zur Betätigung der Frauen im Zweiten Weltkrieg als Überführungsfliegerinnen und als Fluglehrerinnen im Rahmen des Nationalsozialistischen Fliegerkorps.

Die Autorin, Dr. Evelyn Zegenhagen, 2004/2005 Scholar in Residence am Deutschen Museum und derzeit als Historikerin in Washington, würdigt mit kritischer Distanz die Leistungen der Fliegerinnen, die keine Ikonen der Emanzipation waren, sondern in Abhängigkeit von den politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Gegebenheiten ihrer Zeit agierten. Das Buch beruht auf Biografien von etwa achtzig Motorfliegerinnen und etwa einhundert Segelfliegerinnen und entstand auf der Grundlage von Recherchen in deutschen, US-amerikanischen, sowjetischen und israelischen Archiven, von Interviews und umfassender Korrespondenz mit Zeitzeugen, Luftfahrtexperten, Fliegerinnen und deren Nachkommen, sowie auf der Basis der hier erstmals erschlossenen Nachlässe von etwa zwanzig Fliegerinnen.



Abhandlungen und Berichte – Neue Folge, Band 23: Alexander Gall, Hrsg., *Konstruieren, kommunizieren, präsentieren. Bilder von Wissenschaft und Technik*. Wallstein Verlag, Göttingen 2007. 476 Seiten mit 141 z.T. farb. Abbildungen, Einband: gebunden, Schutzumschlag, 49 Euro
ISBN-10: 3-8353-0180-2
ISBN-13: 978-3-8353-0180-1

Der von Dr. Alexander Gall herausgegebene Band *Konstruieren, kommunizieren, präsentieren. Bilder von Wissenschaft und Technik* begleitet die im Jahr 2007 eröffnete neue Dauerausstellung »Foto + Film: Von Daguerre bis DVD«. Aus verschiedenen Perspektiven untersuchen die Autoren die Voraussetzungen, von denen das Bild abhängt, das sich die Öffentlichkeit von Wissenschaft, Technik und den entsprechenden Protagonisten macht. Welche Wege wählte man zum Beispiel Anfang des 20. Jahrhunderts, um Einsichten in die Struktur der Materie zu erlangen und welche Bilder vom Atom ergaben sich daraus? War es womöglich ein Besuch im Deutschen Museum, der Marcel Duchamp entscheidende Impulse für seine weitere Entwicklung als Künstler gab? Diese Fragen stehen beispielhaft für das Thema dieses Buches, die instrumentelle Konstruktion von wissenschaftlichen und technischen Bildern im Experiment, die technisch vermittelte Kommunikation und die Zirkulation solcher Bilder in den Medien sowie schließlich die Präsentation und Kanonisierung der Bilder im Museum.

Dorothee Messerschmid



Abhandlungen und Berichte – Neue Folge, Band 22: Evelyn Zegenhagen, »*Schneidige deutsche Mädels*«. *Fliegerinnen zwischen 1918 und 1945*. Wallstein Verlag, Göttingen 2007. 504 Seiten mit 58 Abbildungen, Einband: gebunden, Schutzumschlag, 42 Euro
ISBN-10: 3-8353-0179-9
ISBN-13: 978-3-8353-0179-5

Liebe Mitglieder, liebe Freunde und Förderer des Deutschen Museums,

wir freuen uns, Sie 2008 (wieder) als Mitglied des Deutschen Museums begrüßen zu dürfen und senden Ihnen auf diesem Wege unsere besten Wünsche. Im Dezember haben wir den Weihnachtsbrief mit Rechnung und Wertmarke 2008 versandt. Sollten Sie eine Rechnung ohne Wertmarke erhalten haben, geben Sie uns bitte baldmöglichst Bescheid – schließlich möchten wir, dass Sie Ihre Mitgliedschaft das ganze Jahr nutzen können! Bei den Öffnungszeiten des Verkehrszentrums hat sich leider erst nach Druck unserer Jahresmarken 2008 folgende Änderung ergeben: Täglich 9–17 Uhr (Abendöffnung entfällt).

Ihre Mitgliederbetreuung:

Maike Furbach, Sabine Müller

Telefon: 089 / 21 79-310

(Mo–Do von 9–12 Uhr)

Telefax: 089 / 21 79-324

mitgliederinfo@deutsches-museum.de

Freundes- und Förderkreis Deutsches Museum e.V.

BILDER DER TECHNIK, INDUSTRIE UND WISSENSCHAFT



Der Freundes- und Förderkreis hat durch eine großzügige finanzielle Unterstützung ein neues, besonders reizvolles Projekt des Deutschen Museums möglich gemacht: einen Bestandskatalog der Technik- und Industriegemälde des Deutschen Museums. Der gedruckte Katalog stellt diese bislang weitgehend unbekannt Bilder erstmals umfassend vor.

Technik- und kulturgeschichtlich bemerkenswert ist die Entstehung der Sammlung. Die meisten Werke wurden nicht gesammelt, sondern entstanden im Auftrag des Museums. Schon in den ersten Ausstellungen im Alten Nationalmuseum wurden die Bilder seit 1906 neben Maschinen, Instrumenten und Demonstrationen gehängt. Gedacht waren sie als ein Mittel der Visualisierung und Inszenierung von Technik und Wissenschaft. Im Vorgriff auf heutige multimediale Ausstellungstechniken setzte das Museum auf die Gemälde und ihre hohe suggestive Kraft. Bewusst wählte man nicht fotografische Reproduktionstechniken, sondern das Medium des Gemäldes: Ansichten von Fabrikanlagen, Einblicke in Montagehallen, Szenen aus der Schifffahrt und dem Schienenverkehr, Darstellungen zum Berg- und

In vielen Ausstellungsräumen des Deutschen Museums veranschaulichen Technik- und Industriegemälde die jeweiligen Themengebiete. All diese Bilder werden nun erstmals in einem Katalog vorgestellt.

Hüttenwesen, Maschinen- und Brückenbau, Geologie, Gemälde von zum Teil beeindruckendem Format von bis zu sechs auf 10 Meter.

Der Katalog stellt den Gesamtbestand der Sammlung dar, der – Kriegsverluste eingerechnet – 408 Ölgemälde, großformatige Gemälde in Tempera, Kohle und Kasein umfasst. Die Bilder werden im Einzelnen inhaltlich beschrieben, die Bildinhalte darüber hinaus in den technik- und wissenschaftshistorischen Kontext gestellt. Weiterhin wird der Bezug zu den Ausstellungseinheiten und den jeweiligen Objekten erläutert, um die Funktion der Gemälde innerhalb eines technisch-wissenschaftlichen Museums deutlich zu machen.

Die Gemälde waren mehr als begleitendes Dekor, ihr Einsatz reichte über rein gestalterische und didaktische Methoden der Darstellung und Vermittlung von Wissenschaft und Technik hinaus. Der besondere ästhetische Wert, der dem Gemälde als etablierte Kunstform zugesprochen wird, konnte in einer eher kunstfernen Umgebung Wirkungen und Assoziationen entfalten, die die dreidimensionalen Artefakte aus sich selbst heraus nicht hervorzurufen vermochten. Durch die Präsentation in Form eines Gemäldes erlangten die Objekte und Themen eine besondere Bildwürdigkeit und damit eine neue Qualität. Ganz im Sinne des Gesamtanspruchs des Deutschen Museums dienten die Gemälde auch einer bestimmten Ausdeutung technischer und wissenschaftlicher Kultur. Die als Meisterwerke der Naturwissenschaften und Technik ausgestellten dreidimensionalen Artefakte wurden durch die bildkünstlerische Wiedergabe vom reinen Objekt zum Kunstgegenstand und erfuhren so eine zusätzliche Aufwertung.

Abgeschlossen wird der Katalog durch Kurzbiografien der Künstler, darunter bekannte Industriemaler (Otto Bollhagen, Fritz Gärtner, Adolf Wriggers), Landschafts-, Genre- und Historienmaler (Michael Zeno Diemer, Heinrich Heim, Wilhelm Räuber), Marinemaler (Lüder Arenhold, Claus Bergen, Fritz Stoltenberg), Theater- und Dekorationsmaler (Wilhelm Kranz, Richard Fischer) sowie Günter B. Voglsamer, der allein in den 1950er Jahren 37 Gemälde schuf. Dem umfangreichen Katalogteil vorangestellt sind drei wissenschaftliche Aufsätze, die die Gemälde historisch, kunsthistorisch und soziologisch einordnen.

Der Bestandskatalog mit 312 Seiten und 315 Abbildungen kann über den Buchhandel für 45 Euro bezogen werden (ISBN 978-3-938832-28-8)

Unterstützen Sie den Freundeskreis des Deutschen Museums!

Jahresbeitrag:

- ▶ 500 Euro für persönliche Mitgliedschaften
- ▶ 250 Euro für Juniormitgliedschaft (bis 35 Jahre)
- ▶ 2.500 Euro für Mitgliedschaften mittelständischer Unternehmen nach EU-Norm
- ▶ 5.000 Euro für die Mitgliedschaft großer Unternehmen

Kontakt:

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

Ihre Ansprechpartnerin:

Claudine Koschmieder
Telefon: 0 89 / 21 79-314
Telefax: 0 89 / 21 79-425
c.koschmieder@deutsches-museum.de



Zu den unzerstörbaren Mythen des Alltags gehört ja: Im Norden regnet es, im Süden scheint die Sonne. Am Himmel und auch sonst. Ende der Diskussion. Dennoch neigen die Norddeutschen dazu, und ich bin zufällig einer, das zu bestreiten. Sie sagen: Stimmt ja gar nicht, ich hab die Statistik zufällig bei mir. Und dann falten sie haufenweise irgendwelche Zettel auseinander mit Tabellen und Diagrammen von Sonnenstunden, Niederschlagsmengen, Temperaturwerten zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten und so

Fräulein Schröder liebt Italien. Fräulein Schröder kocht italienisch. Fräulein Schröder spricht Italienisch. Ich spreche bestenfalls Plattdeutsch. Seit 13 Jahren fahren wir nach Elba, weil unser Freund Didi dort ein Haus hat, das er uns günstig vermietet. Ich kenne Napoleons Elba-Residenz inzwischen in- und auswendig. Ich könnte im Schlaf einen Grundriss davon zeichnen. Den schiefen Turm von Pisa kenne ich auch auswendig, weil der auf dem Weg nach Elba liegt. Ich besitze inzwischen sieben geflochtene Ledergür-

der sagte, das sei samt und sonders irrelevant. Wetter sei eine Gefühlssache. Ich sagte: Wetter ist eine Sache der Fakten, eine Sache des Luftdrucks, der Windgeschwindigkeit, der Temperatur, der Sonnenscheindauer und der Niederschlagsmenge. Das könne sie alles im Internet recherchieren. Der Deutsche Wetterdienst habe da wirklich fabelhafte Daten. Fräulein Schröder sagte gar nichts mehr und machte sich wortlos einen Latte macchiato. Ich kochte mir einen Tee. Ostfriesische Mischung.

Wissen Sie, es ist ja im Allgemeinen schon eine sehr schöne Fügung des Schicksals, wenn man einen intelligenten Partner hat. Man kann anregende Gespräche führen, man lernt etwas von dem anderen. Und wenn der Partner oder, genauer gesagt, die Partnerin sogar Fremdsprachen spricht, dann ist das auch sehr praktisch. Man ist, wenn man ins Ausland fährt, den Einheimischen und ihren lustigen Gebräuchen nicht so hilflos ausgeliefert. Manchmal aber, manchmal wünscht man sich doch – ich gebe hier meinen heimlichsten Gedanken preis – jemanden, die einfach nur hübsch, nett und anschmiegsam ist, keinesfalls aber jemanden, die sich eigene Gedanken zu den Dingen macht. Fräulein Schröder macht sich laufend eigene Gedanken. Sie liebt eigene Gedanken. Sie lässt sich kein X für ein U vormachen. »Hier, mein Lieber«, sagte sie gestern und warf mir einen Stapel Papiere des Wetterdienstes auf den Küchentisch. Danach lag die Tagesmitteltemperatur im Juli auf Sylt bei 15,7 Grad Celsius, auf Korsika, wohin man von Elba aus quasi schwimmen kann, dagegen bei 22,3° C. Die mittlere Niederschlagsmenge lag dort im selben Monat bei 11 mm. Auf Sylt sind es 62 mm. Die Sonnenscheindauer beträgt auf Sylt im Juli 7,4 Stunden, auf Korsika 11,8. Und die Daten zur Wassertemperatur verschweige ich hier mal lieber gleich ganz. Nun denn, so ist es eben, in den Mythen stecken wohl doch tiefe Wahrheiten. Ich habe mir fest vorgenommen, diesmal keinen Gürtel zu kaufen. Vielleicht finde ich ja eine passende Sonnenbrille. ■■

DR. DANIEL SCHNORBUSCH ist freier Autor und Dozent für Theoretische Linguistik an der Ludwig-Maximilians-Universität in München.

Wetterbericht

Text: Daniel Schnorbusch, Illustration: Jana Konschak

weiter. Schließlich erzählen sie einem noch gerne, wie es vor zwölf Jahren auf Amrum in ihrem Sommerurlaub nur ein einziges Mal ein bisschen bedeckt gewesen sei – sonntags. Aber das machen sie nur, wenn sie einem Süddeutschen begegnen. Wenn sie unter sich sind, sagen sie: »Es gibt kein schlechtes Wetter, es gibt nur falsche Kleidung.« und zwingen ihre Kinder mit gelben Öljacken und ebensolchen Gummistiefeln nach draußen in den peitschenden Nordwest. Seit ich groß bin und in München wohne, besitze ich kein Ölzeug mehr, weswegen ich hier dann gegebenenfalls einfach klitschnass werde, dabei aber denke, dass das, wenn überhaupt, nur mit dem Klimawandel zu tun haben kann. Weil, Regen gibt's hier ja eigentlich gar nicht, Regen ist hier ja immer Pech. In Hamburg oder Bremen, tja da ist das natürlich alles ganz anders: Regen ist der Standard, und Sonne ist Glück. So kommt es, dass ich in Bayern selbst dann mit dem Wetter zufrieden bin, wenn es aus Eimern gießt. Kann ja nicht lange dauern. Wenn ich aber auf dem Deich stehe und kein Wölkchen ist am Himmel, die Sonne scheint und das Meer glitzert so schön, dass ich es kaum fassen kann, dann denke ich trotzdem an das Unwetter, das in seiner Tücke bestimmt hinter der nächstgelegenen Insel lauert. Es ist da. Immer. Ich weiß es. Es ist in meinem Kopf.

Seit 13 Jahren fahren Fräulein Schröder und ich Sommer für Sommer nach Italien.

tel, die ich mir von afrikanischen Straßenhändlern in Pisa habe aufschwätzen lassen, weil ich für den Weltfrieden und globale Völkerverständigung bin. Und weil ich für Imitate von Gucci-Brillen keine Verwendung habe. Fräulein Schröder hat Verwendung dafür. Die genaue Anzahl ihrer Imitat-Sonnenbrillen kenne ich nicht. Jedenfalls fand ich, dass es nun mal genug sei mit dem ewigen Italien. Die Entscheidung über den Urlaubsort ist rein beziehungsstechnisch ja auch eine Machtfrage. Und mein Beziehungsmachtkonto, so sehe ich das, ist in den letzten Jahren irgendwie deutlich in die Miesen gerutscht. Das sagte ich Fräulein Schröder auch dem Sinne nach. Ich sagte zu ihr, als das Gespräch darauf kam, dass ich mir sehr gut vorstellen könnte, den kommenden Sommer mal an der Nordsee zu verbringen. Ich sagte: Langeoog, Spiekeroog, Wangerooge! Das wär doch mal was! Das seien ganz tolle Inseln! Fräulein Schröder fragte, ob ich schlecht geträumt habe. Sie sagte: Ich fahre nicht in den Regen! Ich sagte: Das mit dem Regen, das stimmt gar nicht! Sie sagte: Doch, das stimmt! Aber ich war vorbereitet und legte ihr die Statistiken vor. Wussten Sie eigentlich, dass, nur als Beispiel, die mittlere Jahresniederschlagsmenge zwischen 1961 und 1990 auf Helgoland bei 718,6 mm lag, in München aber bei 974 mm? Im Juli regnet es in München sogar im Schnitt 114,5 mm, auf Helgoland aber nur 58,7 mm! Fräulein Schrö-



Blick in die Abteilung Wasser- und Brückenbau.

BRÜCKEN BAUEN

Es gibt viele gute Gründe, sich in der nächsten Ausgabe mit Brücken zu beschäftigen. Zum einen muss jeder, der das Deutsche Museum besuchen möchte, eine Brücke überqueren. Im Museum angekommen hat man dann Gelegenheit, der Abteilung Brückenbau zum zehnjährigen Geburtstag zu gratulieren. Im Mai 1998 wurde sie eröffnet. Und dann wäre da natürlich noch der 850. Münchner Stadtgeburtstag, den wir Münchnerinnen und Münchner feiern, weil Heinrich der Löwe die zum Freisinger Bistum gehörende Brücke bei Oberföhring 1158 in Flammen aufgehen ließ und damit die Handelsreisenden zwang, in seiner neugegründeten Siedlung »Munichen« Station zu machen.

Begleiten Sie Dirk Bühler auf seinem Streifzug entlang der Münchner Isarstrände und lassen Sie sich von ihm die Brücken der Stadt näherbringen. Oder wagen Sie mit uns eine Reise nach

Iwakuni in Japan und staunen dort über die Kintai-Kyo Brücke aus dem 17. Jahrhundert, die sich in fünf Bögen über den Nishiki-Fluß erstreckt.

Auf Brücken wird Ihnen schwindelig? Im Magazin berichtet Max Bräutigam über die Zukunft der ehemaligen Erdfunkstelle in Raisting, die als einzigartiges Industriedenkmal für die Nachwelt halten bleiben soll. Und das Wetter beschäftigt uns weiter: Christian Sichau sprach mit Wetterguru Jörg Kachelmann. Detlef Heinemann erläutert, warum die Wettervorhersage künftig eine wichtige Rolle bei der Energieversorgung spielen wird und die Hobbypilotin Beatrix Dargel zeigt, welche Techniken Piloten nutzen, um das Wetter vorauszusagen.

Bis dahin eine schöne Zeit wünscht Ihnen

Ihr Redaktionsteam



Die Kintai-Kyo Brücke in Iwakuni/Japan.

IMPRESSUM

Das Magazin
aus dem Deutschen Museum

32. Jahrgang

Herausgeber: Deutsches Museum München
Museumsinsel 1
80538 München
Postfach: 80306 München
Telefon (089) 2179-1
www.deutsches-museum.de

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

Fachberatung, Deutsches Museum:
Dr. Christian Sichau

Redaktion: folio gmbh, Gistelstraße 63, 82049
Pullach, Telefon (089) 121167-12, E-Mail: lan-
des@folio-muc.de; Sabrina Landes-Rachlé (Redak-
tionsleitung), Bärbel Bruckmoser (Redaktion; Kaleido-
skop), Andrea Bistrich (Redaktion), Birgit Schwintek
(Grafik); www.folio-muc.de

Verlag: Verlag C. H. Beck oHG, Wilhelmstraße 9,
80801 München; Postfach 400340, 80703
München, Telefon: (089) 38189-0, Telex: 5215085
beck d, Telefax: (089) 38189-398, Postbank: Mün-
chen 6229-802, www.beck.de; Der Verlag ist oHG.
Gesellschafter sind Dr. Hans Dieter Beck und
Dr. h.c. Wolfgang Beck, beide Verleger in München.

Redaktionsbeirat: Dr. Alto Brachner, Dr. Jobst Broel-
mann, Dr. Klaus Freymann, Maike Furbach, Dr. Hel-
mut Hiltz, Dr. Eva A. Mayring, Dorothee Messer-
schmid, Dr. Annette Noschka-Roos, Prof. Dr. Jürgen
Teichmann, Prof. Dr. Helmuth Trischler

Herstellung: Bettina Seng, Verlag C.H.Beck

Anzeigen: Fritz Leberherz (verantwortlich), Verlag
C.H.Beck oHG, Anzeigen-Abteilung, Wilhelm-
straße 9, 80801 München; Postfach 400340, 80703
München; Telefon: (089) 38189-598, Telefax: (089)
38189-599. Zurzeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 23,
Anzeigenschluss: 6 Wochen vor Erscheinen.

Repro: Rehbrand, Rehms & Brandl Medientechni-
k GmbH, Friedenstraße 18, 81671 München

Druck und Bindung: Memminger MedienCen-
trum, Fraunhoferstraße 19, 87799 Memmingen

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

Bezugspreis 2008: Jährlich 24 €;
Einzelheft 7 €, jeweils zuzüglich Versandkosten

Für Mitglieder des Deutschen Museums ist der
Preis für den Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbei-
trag enthalten (Erwachsene € 52, Schüler und Stu-
denten € 25,50). Erwerb der Mitgliedschaft:
Schriftlich beim Deutschen Museum, 80306 Mün-
chen. **Für Mitglieder der Georg-Agricola-
Gesellschaft** zur Förderung der Geschichte der Na-
turwissenschaften 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) 393406.

Bestellungen von Kultur & Technik über jede
Buchhandlung und beim Verlag. **Abbestellungen**
mindestens sechs Wochen vor Jahresende beim Ver-
lag.

Abo-Service: Telefon (089) 38189-679.

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

ISSN 0344-5690

