

Münchner Isarbrücken Im Jahr 1158 ließ Heinrich der Löwe eine neue Holzbrücke über die Isar errichten
Holpern über Stock und Schwellen In New York startete 1908 das skurrilste Rennen der Automobilgeschichte
Ohr ins Weltall Erfolgreiches Bürgerengagement: Das Radom im oberbayerischen Raisting wird zu einem Museum

KULTUR & TECHNIK



Brücken bauen

Schwerkraft überlisten. Verbindungen schaffen zwischen Orten und Menschen. Im Brückenbau findet Ingenieurkunst zur Meisterschaft.



Inhalt

Brücken bauen

Thema

- 14** **Münchner Isarbrücken**
Die Geschichte einer Familie
Dirk Bühler
- 20** **Bibliophile Kostbarkeit**
Carl Christian Schramm über
Brückenbauten des Spätbarocks
Helmut Hilz
- 22** **Die Kintai-Kyo-Brücke**
... und das Brückenmuseum
in Japan
Dirk Bühler
- 28** **Spielwiese für Ingenieure**
Fußgängerbrücken
Andreas Keil

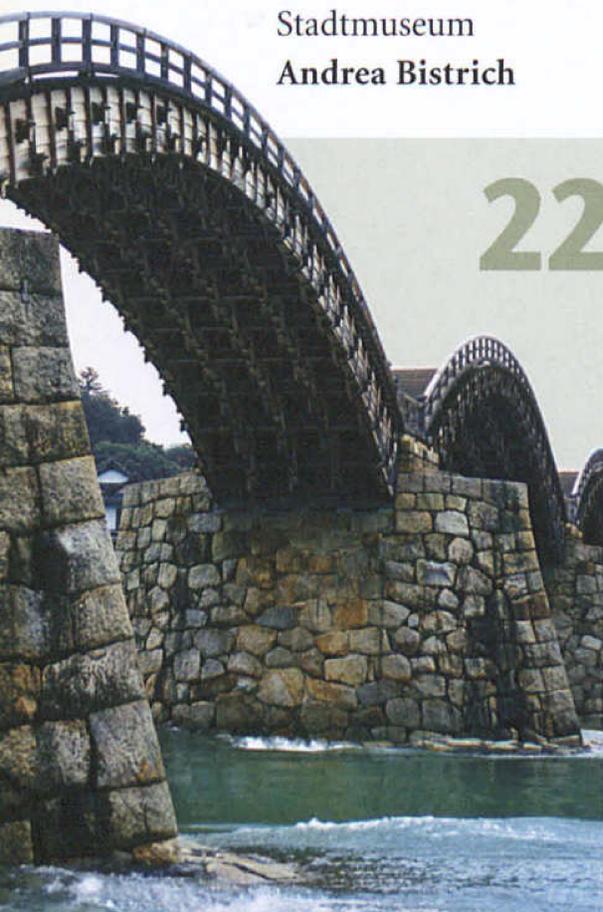
Magazin

- 10** **Typisch München!**
Thomas Weidner über die
neue Ausstellung im Münchner
Stadtmuseum
Andrea Bistrich

- 42** **Holpern über Stock und Schwellen**
Ein total verrücktes Autorennen
von New York nach Paris
Bettina Gundler
- 46** **Ohr ins Weltall**
Die Erdfunkstelle in Raisting
Max Bräutigam, Ronald Sinda,
Robert Uhlitzsch
- 50** **Woher weht der Wind?**
Ein neuer Forschungszweig
etabliert sich
Detlev Heinemann et al.
- 54** **Wasser, Luft und Sonne**
Das Wetter und die Fliegerei
Beatrix Dargel
- 56** **Lebende Bilder**
Zu Paul Lindners Natur-
geschichte der Schattenbilder
Tim Otto Roth

Rubriken

- 4** **Kaleidoskop**
- 27** **Buch-Auslese**
- 34** **MikroMakro**
Die Seiten für junge Leser
- 39** **Historische Galerie**
Juli bis September
- 61** **Termine**
- 63** **Neues aus dem Freundes-
und Förderkreis**
- 64** **Schlusspunkt**
Gephyrophobia
Daniel Schnorbusch
- 66** **Vorschau, Impressum**



22

In acht Bögen überwindet die Kintai-Kyo-Brücke in Japan den Nishiki-Fluss. Das Bauwerk gilt heute als Ikone technischer Ästhetik und hat nichts von seiner Faszination verloren.

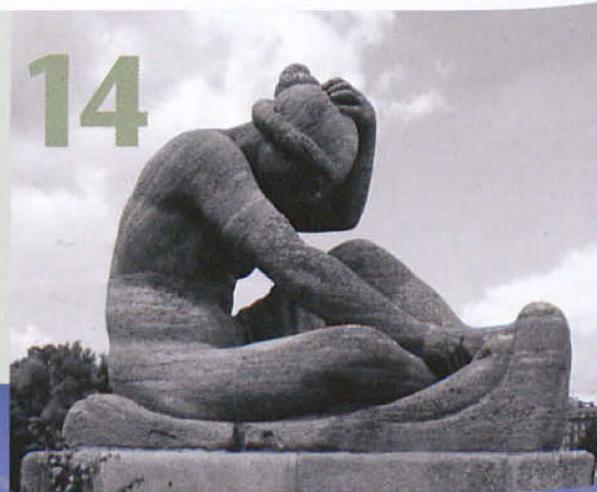
Die Erdfunkstelle in Raisting: Unter der weißen Kuppel des Radoms (ganz rechts) verbirgt sich eine riesige Satellitenschüssel.

21 Brücken führen in München über die Isar. Jede hat ihren ganz eigenen Charakter und gemeinsam bilden sie eine große Familie. Das Bild zeigt eine Frauenfigur auf der Reichenbachbrücke.

46



14



**LIEBE LESERIN,
LIEBER LESER,**

Vor 850 Jahren baute Heinrich der Löwe eine Brücke über die Isar und begründete damit den Aufstieg Münchens. Vor zehn Jahren eröffnete das Deutsche Museum seine Ausstellung »Wasser- und Brückenbau«. Zwei runde Geburtstage also, die Anlass waren, sich in dieser Ausgabe der Kunst der Überwindung von Abgründen ausführlicher zu widmen.

Die Themen waren rasch gefunden – doch wer hätte gedacht, dass es so schwierig sein würde, einigermaßen attraktives Bildmaterial von den Münchner Isarbrücken zu bekommen. Am Ende half der Verlag Schiermeier (Danke!). Dieser hat soeben ein Buch der Münchner Brücken herausgegeben, das nicht nur durch wunderbares Bildmaterial und die kenntnisreichen Texte von Christine Rädlinger besticht, sondern auch durch die sorgfältige



DR. DIRK BÜHLER
hat die Ausstellung
Brückenbau aufge-
baut, seit der Eröff-
nung 1998 betreut
und immer wieder

aktualisiert. Er hat sich seither leidenschaftlich dem Brückenbau verschrieben und einen gefragten Ausstellungsführer, ein Sachbuch und viele Artikel zum Thema Brückenbau veröffentlicht. In den vergangenen Jahren konnte er die modernen und viele der historischen Brücken in Japan intensiv studieren, nachdem er im Rahmen der alle zwei Jahre in München und Osaka stattfindenden japanisch-deutschen Brückenbausymposien zahlreiche Kontakte zu Brückenbauern aus Japan geknüpft und Freundschaften mit ihnen geschlossen hat.

Ausstattung und Gestaltung (ISBN 978-3-9811425-2-5, 34,50 Euro).

Brückenbau gilt vielen Bauingenieuren als die Kür ihres Faches – ein Bereich, den sie ungerne den Architekten überlassen, deren Umgang mit Statik und Konstruktion sie bei diesen Aufgaben grundsätzlich misstrauen. Der Kurator der Abteilung Brückenbau – selbst Architekt – begegnet derlei Abgrenzungsbemühungen mit großzügiger Gelassenheit. Die beliebte »Besucherbrücke« wurde daher von Ingenieuren entworfen und realisiert. Mit 27 Metern Spannweite schwingt sich die Brücke aus Stahl und Glas durch den Ausstellungsraum. Ersonnen hat diese raffinierte Brückenkonstruktion das renommierte Ingenieurbüro Schlaich, Bergermann & Partner. (Beitrag ab Seite 28) Beim Darübergehen werden die Schwingungen spürbar und sichtbar: Videokameras zeichnen die Durchbiegungen auf. Die Intensität der Schwingungen kann auf einem Bildschirm als Kurve verfolgt werden. Und einen wunderbaren Blick über die Ausstellung hat man von oben! Mehr dazu – nicht nur für junge Leser – in MikroMakro (ab Seite 34).

Bauingenieure und Architekten mögen zwar aufeinander schimpfen – am Ende müs-



»Kräftemessen« in der Abteilung Wasser- und Brückenbau.

sen sie sich aber doch zusammenraufen – und dabei kommen ja durchaus spektakuläre Bauwerke heraus. Das Verhältnis der Freunde des Radoms in Raisting zur Telekom ist da etliche Grad frostiger: Seit Jahren engagiert sich eine wachsende Zahl von Fans für den Erhalt dieser ersten Erdfunkstelle Europas. Ohne ihr unermüdliches Engagement hätte die Telekom das Bauwerk samt Interieur längst abtragen lassen. Nun aber wurde der weiße Kuppelbau unter Denkmalschutz gestellt, demnächst wird hier ein Museum entstehen (ab Seite 46).

Entspannte Lesestunden wünscht Ihnen
Sabrina Landes

KONTROLLE DER JAHRESKARTEN

Liebe Mitglieder des Deutschen Museums,

in den letzten Jahren sind Ihre Jahreskarten nur stichprobenartig überprüft worden. Sie werden daher möglicherweise überrascht (gewesen) sein, bei Ihrem Besuch nun öfter um Vorlage Ihres Personalausweises gebeten zu werden. Leider mussten wir feststellen, dass die Jahreskarten immer wieder auch von unberechtigten Dritten genutzt werden. Der Verlust an Eintrittsgeldern, der durch diese unbefugte Nutzung entsteht, kann vom Deutschen Museum nicht aufgefangen werden.

Bitte beachten Sie, dass Ihr Mitgliedsausweis nur in Verbindung mit dem Personalausweis gültig ist. Der freie Eintritt kann nur Mitgliedern gewährt werden, die sich entsprechend ausweisen können. Falls Ihr unter gleicher Wohnadresse gemeldeter Ehe- oder Lebenspartner das Deutsche Museum auch häufiger ohne Sie besuchen möchte (z. B. mit den gemeinsamen Kindern), können Sie diesen auf Ihrer Karte mit eintragen lassen. Bitte wenden Sie sich in diesem Fall an die Mitgliederbetreuung oder an die Kollegen am Informationsschalter in der Eingangshalle.

Ihre Mitgliederbetreuung:

Sabine Müller · Tel. 089/2179-310 · Fax. 089/2179-324 · mitgliederinfo@deutsches-museum.de



ZWEI GRAD MEHR

Machen wir uns nichts vor, die Partnerschaft zwischen Mensch und Planet steckt in einer Krise: Zwei Grad Erderwärmung mehr lassen sich gerade noch kompensieren, alles was darüber hinausgeht, stellt eine Bedrohung für das bestehende Ökosystem dar. Das Klima und sein Schutz sind nicht nur Themen für die Natur-, sondern auch für die Kulturwissenschaft. Meteorologen verfügen zwar über das nötige Handwerkszeug, um Klima über den täglichen Wetterbericht hinaus beschreiben zu können. Die Kultur- und Geisteswissenschaften hingegen suchen Antworten auf die Frage zu finden, wie dieser Zustand konkret herbeigelebt wurde. Es geht um mehr als Emissionsstatistiken, wenn man sich überlegt, wie man in Zukunft seinen Alltag gestalten muss. Dazu gibt die neue Ausstellung des Hygiene-Museums in Dresden jetzt reichlich Anregung. Weil Klima lokal ver-

Eine scheinbar kulturelle Konstante: In England regnet es. Davon zeugt die Regenschirmsammlung der Queen.

standen werden muss, berichten Menschen aus den verschiedensten Regionen der Erde, wie sie mit den sich schnell verändernden Rahmenbedingung leben. Und weil Klimaveränderung auch global gesehen werden muss, in politischen und technologischen Zusammenhängen, machen Installationen und Objekte diese verständlich.

Ein umfangreiches Rahmenprogramm ergänzt die Ausstellung und lädt zum Dialog ein.

Deutsches Hygiene-Museum Dresden

11. Juli 2008 bis 19. April 2009

www.dhmd.de

EINE FRAGE DER PERSPEKTIVE

Die Einführung der Perspektive in der Malerei gilt als eine der größten Errungenschaften der Renaissance. Diese wiederum ist unbestritten eine Blütezeit abendländischer Kultur. Hans Belting geht in seinen westöstlichen Betrachtungen aber über den Kulturkreis, der normalerweise als Referenz herangezogen wird, hinaus und arbeitet die Verbindungen zwischen Orient und Okzident heraus: Die Theorien, denen die Kunst der Perspektive zu Grunde liegt, stammen aus dem arabischen Raum. Naturwissenschaftliche Studien, insbesondere Mathematik und Geometrie führten zu einer Neudefinition von Wahrnehmung. Unter dieser Prämisse untersucht Belting die gemeinsamen Wurzeln und unterschiedlichen Umsetzungen in der Kunst beider Kulturen. Florentiner Malerei und islamische Ornamentik könnten unterschiedlicher nicht sein, und doch haben sie ihre Wurzeln in der wissenschaftlichen Vermessung von Blicken und Lichteinfall.

Florenz und Bagdad

C.H.Beck 29,90 Euro

ISBN 978-3-406-57092-6

Hans Belting
FLORENZ UND BAGDAD
Eine westöstliche
Geschichte des Blicks
C.H.Beck





FRAU MEISE LÄSST SICH SCHEIDEN

Als vor einigen Jahren die Wissenschaft Blaumeisen als notorische Fremdgänger outete, trugen die putzigen Kerlchen einen gehörigen Imageschaden davon – war man doch von der Vorstellung ausgegangen, dass sich Blaumeisenpaare ein Leben lang treu ergeben sind. Doch je mehr Naturforscher über die Tierwelt herausfinden, desto unromantischer werden unsere Vorstellungen davon. In diese Kerbe schlagen die Ornithologen vom Max-Planck-Institut in Seewiesen: die Scheidungsrate bei Blaumeisen ist auf ähnlich hohem Niveau wie beim bundesrepublikanischen Menschen. Eine Langzeitstudie zeigt, dass über 50 Prozent der Vögel sich von ihren angestammten Partnern trennen und eine neue Lebensgemeinschaft eingehen. In Seewiesen wollte man aber darüber hinaus herausfinden, welcher der Partner von diesem Verhalten profitiert. Bisher ging man davon aus, dass die Weibchen den größeren Gewinn dabei erzielen, denn statistisch hatten sie mit dem neuen Partner eine größere Zahl an überlebenden Jungen. Nun stellte sich heraus, dass das nur dann zutrifft, wenn auch ein Umzug in ein anderes Territorium erfolgt – und meistens sind es die Weibchen, die wechseln. Die Forscher vermuten nun, dass die Weibchen von stärkeren Geschlechtsgenossinnen verdrängt werden, die Männchen und Territorium einfach übernehmen. Für die Männchen eine feine Sache, sie bleiben am Standort und erhöhen die Möglichkeiten sich fortzupflanzen – ganz ohne sich anzustrengen.

www.orn.mpg.de

– Webtipp –

WERDEN SIE GASTHÖRER

Es ist ein ziemlich unscheinbarer kleiner Link, der sich auf der Website des kommerziellen Musikdownload-Portals »iTunes Store« befindet, aber hinter »iTunes U« verbirgt sich eine riesige Welt des Wissens. Amerikanische, australische und britische Universitäten öffnen ihre Hörsäle dem Podcast. Kostenlos finden sich hier Hunderte von Vorlesungen und Präsentationen aus allen Fakultäten. Die Formate variieren in Qualität und Aufwand von durchwachsenen Audioaufnahmen bis hin zu aufwendigen Videos.

www.apple.com/itunesu

Anzeige



Klimaschutz ist unser Antrieb



Der Klick zu Ihrem Fahrplan:
www.mvv-muenchen.de

Fahren Sie mit den Öffentlichen.
Kleiner Beitrag. Große Wirkung.

S-Bahn | U-Bahn | Bus | Tram
www.mvv-muenchen.de

BUCH MACHT KLUG

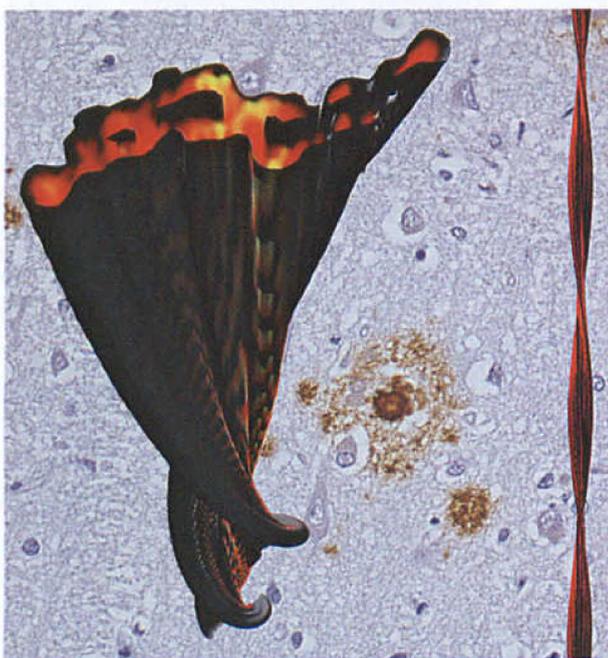
Wer in Bayern die Schulbank gedrückt hat, hat möglicherweise mit einer Fibel aus dem Hause Oldenbourg das Lesen erlernt. Seit 1874 erscheinen in dem Münchner Verlag Bücher zum Lesen lernen. Allerdings wurden die Fibern anfangs kaum modernisiert. Die 146. Auflage der Soleder-Fibel unterschied sich nur unwesentlich von der ersten. Erst 1923 kam mit dem Konzept von Max Brückl der Umschwung zum modernen Schulbuch: *Mein Buch* hieß von nun an das erste Buch für Grundschüler: Optisch ansprechend und zum Blättern anregend, mit Illustrationen, die das Zielpublikum mit Szenen aus seinem Alltag wirklich erreichten. Bis zur heute vertriebenen *Leseschule* haben sich pädagogischer Ansatz und Gestaltung natürlich oft verändert, das Kind als Leser steht jedoch nach wie vor im Mittelpunkt. Aber natürlich geht das Spektrum des Oldenbourg Verlags in seiner 150-jährigen Geschichte weit über reine Schulbücher hinaus, wie eine Sonderausstellung im Deutschen Museum zeigt. Technische Dokumentationen und vor allem Bücher zur Technikgeschichte gehörten von Anfang an zum Programm. Pioniere der Luft- und Raumfahrt fanden hier eine Plattform, ihre in den Zwanzigerjahren des 20. Jahrhunderts utopisch anmutenden Theorien zu veröffentlichen. Am Puls der Zeit ist der Verlag immer noch, traditionsbewusst in die Zukunft schauend – es ist ein spannendes Stück Kulturgeschichte zu sehen, wie sich nicht nur Wissen, sondern auch seine Vermittlung seit 1858 entwickelt hat.

Bis 30. September, Bibliothek des Deutschen Museums

Eintritt frei, www.oldenbourg.de



Keine Science-Fiction, sondern wissenschaftliche Fakten liefert Hermann Oberth in diesem Buch von 1923.



Aufsicht auf den Querschnitt einer Alzheimer Amyloidfibrille (rot). Im Hintergrund: Amyloidablagerungen (braun) im Hirngewebe eines Alzheimerpatienten.

FEINDBILD

Sich ein Bild von seinem Gegner machen zu können, ist hilfreich, aber nicht immer möglich. Krankheitserreger etwa sind zwar ganz real gegenständlich, aber viel zu winzig, um vom menschlichen Auge erfasst werden zu

können. Mikroskopie und dreidimensionale Darstellungen können da aushelfen, man denke an das HI-Virus, das erst so richtig ins Bewusstsein rückte, als sein kugeliges Abbild auf allen Titelseiten prangte.

Nun haben Mikrobiologen aus Deutschland und den USA die grafische Darstellung des wahrscheinlichen Auslösers für Alzheimer veröffentlicht: eine Amyloidfibrille, die im Gehirn von Alzheimerpatienten zu finden sind. Amyloidfibrillen sind aus Eiweißketten bestehende, faserige Verklumpungen. Ihr Auftreten im menschlichen Gewebe ist in zunehmendem Alter normal, allerdings ist ihre Zahl

bei an Alzheimer Erkrankten deutlich erhöht. Wissenschaftler gehen davon aus, das zwischen ihrem gehäuften Auftreten und den schnell voranschreitenden Zerfallsprozessen im Gehirn ein Zusammenhang besteht.

Den Aufbau der Fibrille bestimmten die Forscher mithilfe der Elektronenmikroskopie, die Auflösung liegt unter zehn Angström (ein Angström = 10^{-10} Meter). Dabei mussten erst die Computerprogramme, die zur Auswertung der erfassten Daten eingesetzt werden, angepasst und verbessert werden. Eine Strukturanalyse auf atomarer Basis liegt damit zwar nicht vor, aber die Wissenschaftler konnten frühere Modelle widerlegen und somit die Alzheimerforschung ein Stück voranbringen.

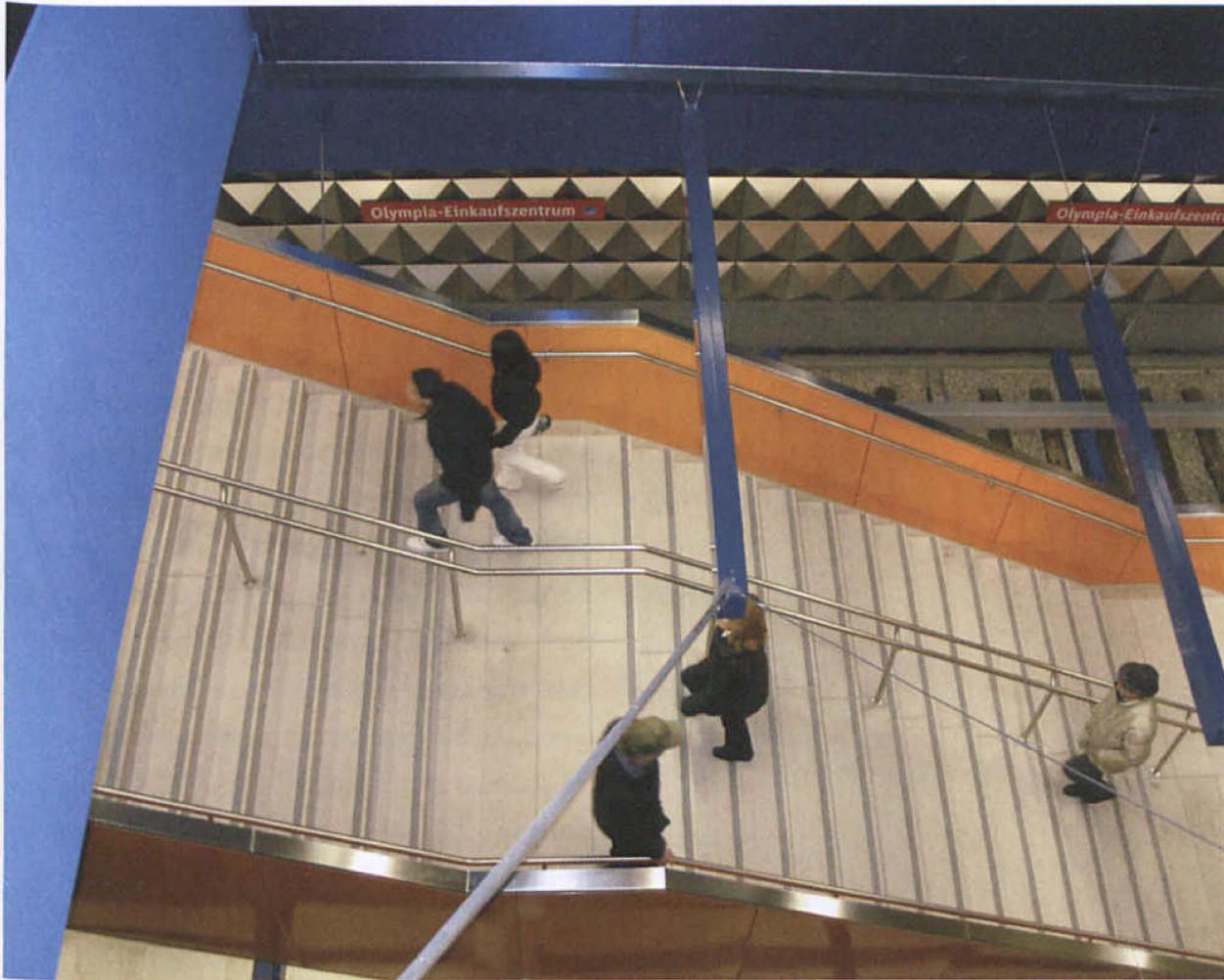
www.enzyme-halle.mpg.de

„Alles fließt“ – die Ausstellung der Stadtwerke München

Was ist notwendig, um die herausragende Qualität des Münchner Trinkwassers zu sichern? Wie sieht Münchens zukünftige Energieversorgung aus? Wer Antworten auf diese und viele andere Fragen sucht, sollte sich die Ausstellung „Alles fließt“ nicht entgehen lassen.

Bis zum 3. August 2008 präsentieren die SWM in einer groß angelegten Schau im Neuen Forum des Deutschen Museums ihre Leistungen, die für das Funktionieren des Alltags und zum Erhalt der Münchner Lebensqualität unerlässlich sind. Damit eben „Alles fließt“ in der Millionenstadt München!

Die Besucher erfahren Wissenswertes rund um die zentralen Themen Strom, Erdgas, Fernwärme, Trinkwasser, die 18 Hallen- und Freibäder, U-Bahn, Bus und Tram sowie Telekommunikation. Durch Anfassen, Ausprobieren und Schauen erschließt sich dem Besucher, was hinter dem Alltäglichen, scheinbar Banalen der Energie- und Wasserversorgung steckt. Zudem präsentiert die Ausstellung historisches Bildmaterial, das Einblicke in die Versorgung der Vergangenheit gewährt. Immerhin sind die SWM seit über 100 Jahren ein Eckpfeiler der kommunalen Daseinsvorsorge!



1971: München bekommt einen Verkehrsweg im Untergrund.



1930: Eine Gasspürkolonne unterwegs in der Stadt.

AUSSTELLUNG: »ALLES FLIESST«

Um eine Millionenstadt wie München am Laufen zu halten, muss so einiges im Fluss sein: Trink- und Badewasser, Strom, Verkehr und Kommunikation. Meist geschieht das zwar vor unseren Augen, aber so reibungslos, dass man sich darüber kaum Gedanken macht. Die Ausstellung der Stadtwerke München, der MVG und von M-Net zeigt auf, was man sonst als selbstverständlich hinnimmt und eröffnet gleichzeitig den Blick auf die historische Entwicklung der Infrastrukturen in der Landeshauptstadt. Gaslaternen, Pferdebahnen und Bademoden aus dem 19. Jahrhundert sind ebenso Thema wie Klimaschutz und moderne Verkehrsüberwachung.

Vieles können die Münchner auf dieser Schau, die übrigens der Beitrag der SWM zum 850. Stadtgeburtstag ist, auch anfassen

und ausprobieren – nicht nur wie man z.B. eine Glühbirne durch Muskelkraft zum Leuchten bringen kann. Begleitet wird die Ausstellung durch viele weitere SWM-Aktivitäten für alle Münchnerinnen und Münchner.

Die Highlights sind: »M-Radelt«, der Radel-Aktionstag am 28. Juni vom Deutschen Museum in das Wassergewinnungsgebiet Mangfalltal, und der M-Bädertag am 1. August, an dem alle Saunen und Schwimmbädern zum kostenlosen Besuch geöffnet sind.

Bis 3. August 2008

Neues Forum am Deutschen Museum

Museumsinsel 1, 80538 München

Tägl. außer donnerstags von 9 bis 18 Uhr

Donnerstag von 11 bis 20 Uhr

Eintritt: kostenlos, www.swm.de



**Ausstellung
der Stadtwerke München
Neues Forum am
Deutschen Museum
12. Juni bis 3. August 08
täglich 9 bis 18 Uhr,
donnerstags 11 bis 20 Uhr
www.swm.de**



Alles fließt



Inventur eines Maßes

Mit Silizium will das Team um Dr. Peter Becker von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) die Welt der Waagen erobern: Mit einer isotonenreinen Siliziumkugel soll das Kilogramm neu definiert werden. Damit sind sie nicht die einzigen, aber diejenigen mit dem schönsten und vollkommensten Untersuchungsobjekt.

In einem dunklen silbrigen Ton schimmert die Siliziumkugel – sie ist ungefähr so groß wie eine Apfelsine und besteht aus fast lupenreinem (99,99 Prozent) Silizium-28. Sie ist so perfekt geformt, dass die Abweichung zwischen Kugelmittelpunkt und Oberfläche nirgends größer ist als 30 Nanometer. Verglichen mit der Erde bedeutet dies: keine Hügel, die höher als ein paar Meter sind.

Damit wollen die Forscher aus Braunschweig das in die Jahre gekommene Urkilogramm in Paris zwar nicht ersetzen, aber eine neue Referenz schaffen. Denn die 1889 hergestellte Legierung aus Platin und Iridium ver-

liert an Genauigkeit. Als die Hüter ihr Gralstück 1990 aus dem Schrein holten, stellten sie mit Erschrecken einen Gewichtsverlust fest: 50 Mikrogramm zu wenig brachte das Urkilo im Vergleich zu nationalen Standards auf die Waage. Dr. Peter Becker und seine Kollegen wollen mit der hochreinen Siliziumkugel das Kilogramm neu definieren, indem sie es mathematisch mit einer unveränderlichen Konstante, der Avogadro-Konstanten, verknüpfen. Dazu zählen sie, wie viel Silizium-28-Atome sich in ihrer Kugel befinden. Ziel ist es, diese Konstante noch genauer zu bestimmen und damit auch das Kilogramm auf eine unveränderliche Größe zu beziehen. Die Kugel muss dazu extrem rein an diesem Isotop sein und hat deswegen eine besondere Geschichte hinter sich.

Geburtsort: St. Petersburg, Zentrifuge

Wo früher russische Atomwissenschaftler Uran für Atomraketen anreicherten, soll nun

das reinste Silizium der Welt entstehen. Eine Vorstufe dafür ist das gasförmige Siliziumtetrafluorid, hergestellt aus metallurgischem Silizium, Natronlauge und Flusssäure. Diese farblose und hoch giftige Verbindung schleuderten die russischen Zentrifugen in St. Petersburg 18 Monate lang. Immer wieder trennten die Forscher aus dem Isotopenmix die schwereren Anteile der Siliziumverbindung (Si-29 und Si-30) ab, bis das Siliziumtetrafluoridgas schließlich 99,996 Prozent Silizium-28 enthielt. Mit dem Flugzeug reiste es nach Nischni Nowgorod in das Institut für hochreine Materialien. Dort kristallisiert man das Silizium zu einem dünnen Kristallstab. Nach einem Vierteljahr hatte sich eine achtzig Zentimeter lange und sechs Zentimeter dicke Stange aus Silizium abgeschieden.

Zwischenstation: Berliner Schmelze

Weiter ging die Reise im September 2006 nach Berlin. Im Institut für Kristallzüchtung führen die Wissenschaftler den polykristallinen Rohstab durchs Feuer: In einer haushohen Anlage bewegt sich der Siliziumstab durch einen Heizring. In dieser schmalen Zone schmilzt das Silizium und die Atome können sich frei bewegen, beim Erstarren der Schmelze ordnen sie sich jedoch sehr gleichmäßig an.

Günstiger Nebeneffekt ist, dass Verunreinigungen in der heißen Zone mitwandern, sich am Ende des Stabes ansammeln und dort abgetrennt werden können. Das Zonenschmelzen ist das gängige Verfahren für hochreines Silizium, ohne das heutige Bauelemente für die Mikrosystemtechnik undenkbar wären. Anfang 2007 waren die Berliner Wissenschaftler fertig und vor ihnen stand der perfekte Silizium-Einkristall.

Polieren am anderen Ende der Welt

Aber zum Messen taugt er den PTB-Forschern noch immer nicht. Man schneidet den

hochreinen Stab in zwei Teile und schickt diese nach Australien – ins Zentrum für Präzisionsoptiken. Dort landen die beiden Siliziumstücke in den Händen von Achim Leistner, einem gelernten Feinoptiker aus Sachsen. Er soll daraus zwei nahezu perfekte Kugeln polieren. Leistners Arbeit ist Handarbeit. Wo die Maschinen kapitulieren, beginnt er den letzten Feinschliff. Dazu gehört neben feinstem Schleifschlamm vor allem viel Erfahrung und Intuition, denn nach eigener Aussage spürt Leistner, »wenn er Atomschichten bewegt.«

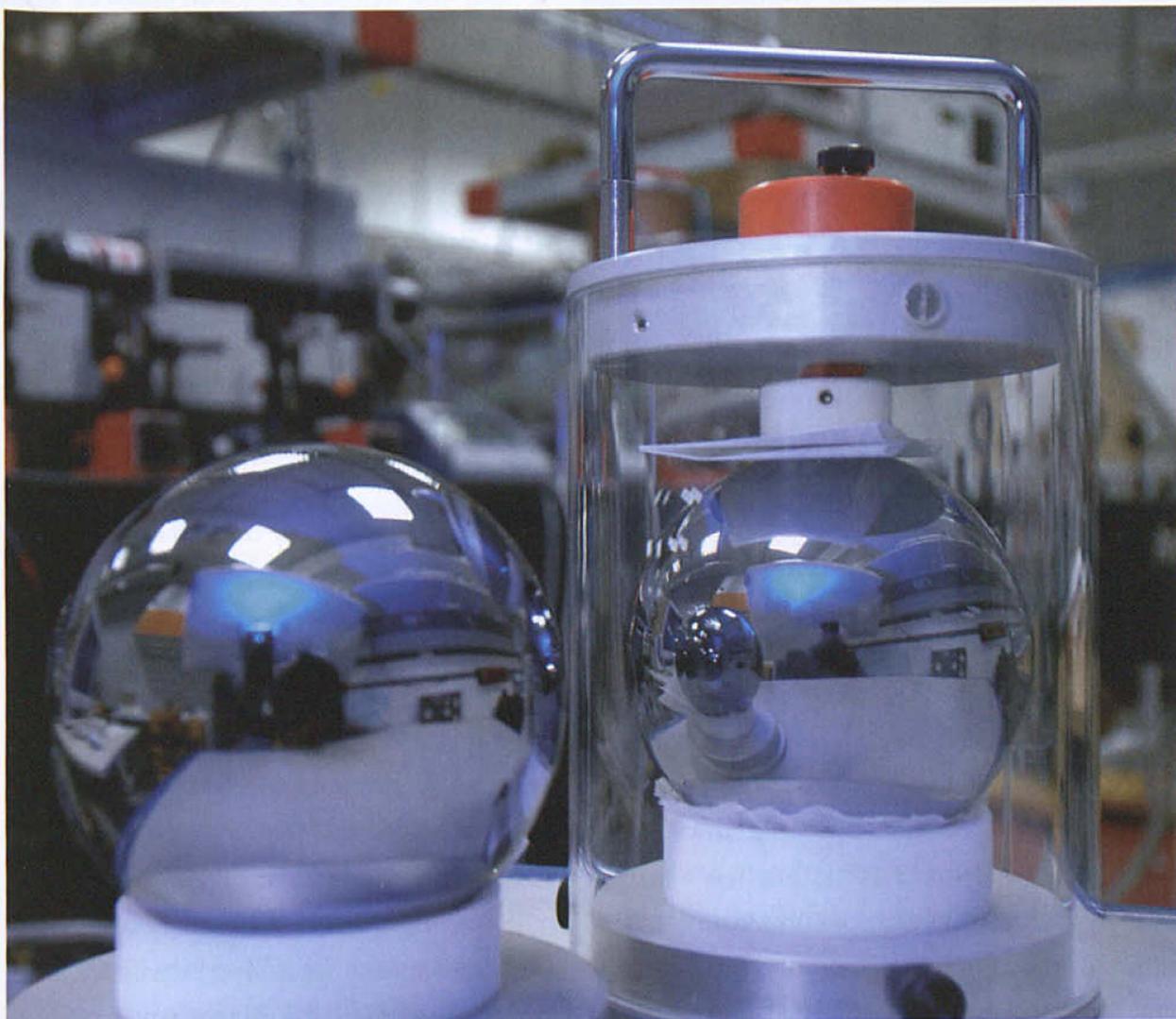
Ein halbes Jahr dauert die Präzisionsarbeit an den Kugeln, die schließlich mit einer Million Euro pro Stück wohl auch die teuersten ihrer Art sind.

Endstation Braunschweig

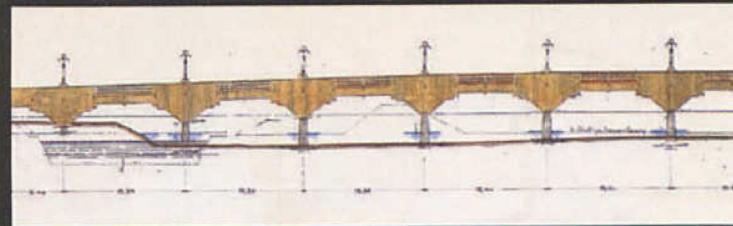
Am 10. April 2008 landete eine der Kugeln in Braunschweig und ließ die Herzen der PTB-Physiker höher schlagen. Diese nehmen sie nun genauestens unter die Lupe, messen Oberflächentopografie, Volumen der Kugel und ihre Masse sowie das Volumen einzelner Atome und deren Abstand im Kristallgitter.

Wenn die Wissenschaftler aus Braunschweig beim Wettrennen um die Definition des Kilogramms die Nase vorn haben, soll die Masse eines Siliziumatoms als unveränderliche Bezugsgröße für die Basiseinheit Kilogramm dienen. Vielleicht heißt es also bald: Ein Kilogramm ist gleich der Masse von x Siliziumatomen, wobei es sich hierbei um eine Zahl mit 25 Stellen handelt.

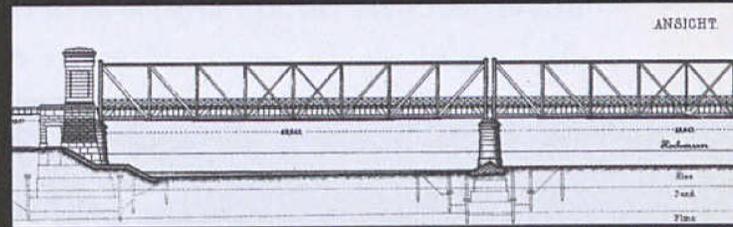
Caroline Zörlein



Wie viele Atome stecken in diesen Kugeln, die als nahezu perfekte Kristalle aus purem Silizium bestehen? Mit ihrem Avogadro-Projekt will die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) die Antwort auf diese Frage geben und so zu einer neuen Definition des Kilogramms beitragen.



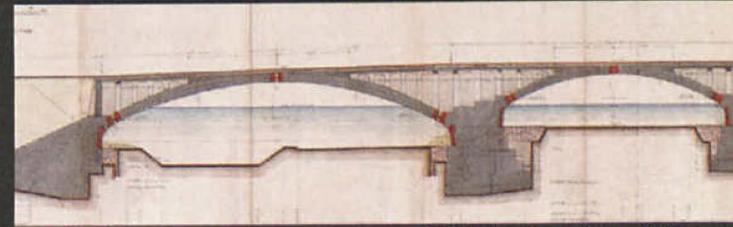
Thalkirchner Brücke 1923



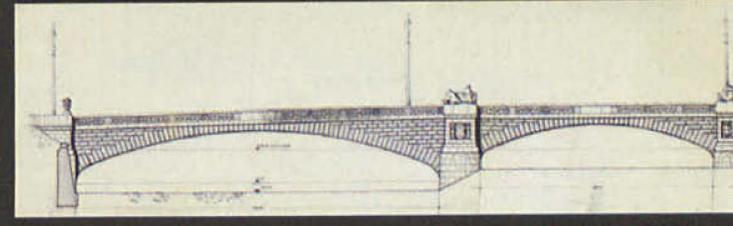
Braunauer Eisenbahnbrücke 1898



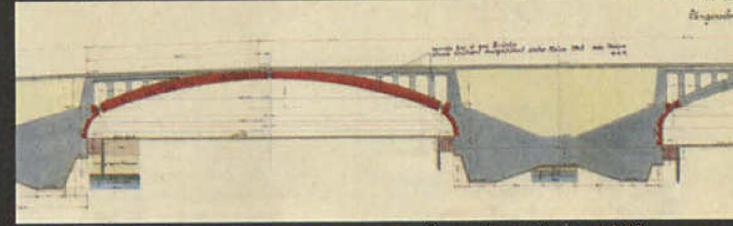
Wittelsbacherbrücke 2007



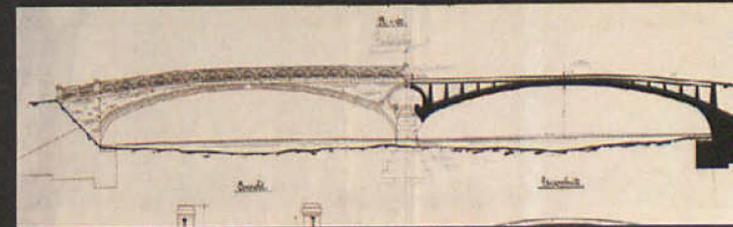
Wittelsbacherbrücke 1905



Reichenbachbrücke 1902



Corneliusbrücke 1903



Kabelsteg 1898

Christine Rädlinger

Geschichte der Münchner Brücken

Brücken bauen von der Stadtgründung bis heute

Herausgegeben vom Baureferat der Landeshauptstadt München

288 Seiten, 350 Abbildungen
Hardcover
Ladenpreis 34,50 Euro

Bestellungen an den Verlag unter:
Franz Schiermeier Verlag München
Waltherstraße 28
80337 München
Tel. 089 / 599 477 51

muenchner-bruecken.de

Typisch München!

Pünktlich zum 850. Geburtstag der Stadt München eröffnet das Stadtmuseum eine neue Dauerausstellung. *Kultur & Technik* sprach darüber mit Kurator Dr. Thomas Weidner.

Von Andrea Bistrich

Stiglmaierplatz bei Nacht, Wilhelm Heise, 1935, Öl auf Leinwand



Maßkrug mit der Darstellung der Frauenkirche, Martin Pauson, um 1889, Porzellan

Sie sind der Frage nachgegangen, was das »Münchenerische« ausmacht. Was ist denn typisch für München? Die Isar? Der Alte Peter? Die Wiesn? Lässt sich das Münchenerische an einem Ort festmachen oder ist es eher ein Lebensgefühl, eine Stimmung?

Zunächst einmal ist es mehr eine Fragestellung als eine Antwort. Wir als Münchner Stadtmuseum wollten wissen: Was ist in 850 Jahren das Typische an dieser Stadt?, und da ist es nur selbstverständlich, dass sich unter anderem auch viele Klischees etabliert haben, wie Sie sie selber gerade genannt haben. Für uns als Ausstellungsmacher war es interessant

zu fragen: Seit wann gibt es diese Klischeebilder, unter welchen Umständen kommen die auf? Wir sind dann relativ schnell bei dem Begriff gelandet, den die Historiker seit etwa 30 Jahren als »Invention of Tradition« bezeichnen, also die Erfindung von Traditionen. Mit anderen Worten: Wie, unter welchen Konditionen und zu welchem Zweck werden Traditionen erfunden?

Für uns als Stadtmuseum war es eine der Grundprämissen der Ausstellung, München aus kommunaler Sicht zu untersuchen. Im Mittelpunkt steht die kommunale Emanzipation, mit der sich die Stadt von ihrer durchwegs höfischen Geschichte verabschiedet und städtisches Selbstbewusstsein erlangt.

Wann wird München zu München, und was hat diese Entwicklung auf den Weg gebracht?

München wird zur Stadt München im 19. Jahrhundert, in Zeiten des Historismus und zu einer Zeit, in der München sich erstmals auf seine eigene Geschichte besinnt. Das Stichdatum, das diesbezüglich genannt wird, ist das Jahr 1858, die 700-Jahrfeier.

In dieser Tradition stehend gab es 1908 eine 750-Jahrfeier, es gab 1958 – für viele Zeitgenossen unvergessen – die 800-Jahrfeier, und es gibt aktuell die 850-Jahrfeier. Was es nicht gab, ist eine 600-Jahrfeier oder eine 500-Jahrfeier oder eine 400-Jahrfeier. Das wäre aus

damaliger Sicht völlig irrelevant gewesen, und da sind wir auch bei unserer These: dass München sich erst relativ spät, nämlich im 19. Jahrhundert, auf die eigene Vergangenheit besinnt.

Um auf diesem neuen Terrain Fuß zu fassen, kommt es zu dem Prozess der »erfundenen Tradition«. Das heißt, es findet ein Emanzipationsprozess statt – weg von der jahrhundertlangen dominierten herrschaftlichen landesherrlichen Geschichte, hin zu einer eigenen kommunalen Vergangenheit.

Dafür gibt es Modelle und Vorbilder, das sind die freien Reichsstädte – nehmen Sie Nürnberg oder meinetwegen auch Augsburg –, die im 19. Jahrhundert an Bedeutung verlieren. Die zentralistische Hauptstadt erlebt eine enorme Aufwertung und ersinnt nun eine ebensolche Vergangenheit für sich, wie sie vermeintlich im 16. und im 17. Jahrhundert in den freien Reichsstädten noch präsent gewesen war.

Was erwartet den Besucher in der Ausstellung des Stadtmuseums?

In einem Rundgang, der über drei Etagen des Museums führt und insgesamt 2.400 Quadratmeter Ausstellungsfläche umfasst, haben wir erstmals die Kulturgeschichte Münchens von der Gründung bis zur Gegenwart zusammengeschlossen. Die Dauerausstellung präsentiert die bedeutendsten Werke, die das Münchner Stadtmuseum seit seiner Gründung 1888 gesammelt hat. Zu sehen ist ein sehr heterogenes Angebot, eine gewaltige Themenvielfalt, die in den jeweiligen stadthistorischen Kontext gestellt wird: Grafiken, Plakate und Gemälde, Möbel, Skulpturen, Kunsthandwerke, Mode, Fotografien, Film, bis hin zu volkskundlichen Zeugnissen, um die uns selbst die Staatlichen Sammlungen beneiden würden.

Welche bekannten und auch weniger bekannten Exponate werden gezeigt, und was erzählen diese Gegenstände über den Charakter und die Entwicklung der Stadt?

Unter den etwa 400 Objekten sind so bekannte Exponate wie unsere Morsikentänzer, die

ältesten Stadtwappen, Jugendstilmöbel von Richard Riemerschmid und nicht zuletzt auch das berühmte Sandtner-Modell, womit wir aber auch bei einem Problem wären.

Das Sandtner-Modell, jedem Münchner seit Schulzeiten als das Identifikationsmodell schlechthin bekannt, steht im Original im Bayerischen Nationalmuseum.

Was wir haben, ist eine pädagogisch äußerst kluge und sinnvolle, nämlich im dop-

Münchner Frauentracht, um 1840

pelten Maßstab hergestellte Kopie aus der Zeit um 1930, als die Münchner sich ihrer eigenen Geschichte bewusst wurden und anfangen, sie zu konstruieren beziehungsweise zu »erfinden«. Das hatte zur Folge, dass all die fürstlichen Konnotationen, die mit diesem Modell verknüpft sind – im Sinne einer fürstlichen »Repraesentatio« –, in unserem Modell bei der Herstellung völlig ausgeblendet wurden, sodass es nun eher als funktionales Identifikationsmodell dient.

Hier zeigt sich eine gewisse Problematik, nämlich: dass wir diese frühen Jahrhunderte vom Bestand her gar nicht abdecken können. Weil sie keine städtische Provenienz haben. Das prominenteste Beispiel dafür ist die sogenannte Gründungsurkunde Münchens. Diese befindet sich nicht in unserem Besitz, sie befindet sich überhaupt nicht im Besitz der Stadt München, sondern ist im Bayerischen Hauptstaatsarchiv, weil sie eben einen landesherrlichen Hintergrund hat.

Nun werden wir beständig gefragt, dass es doch selbstverständlich sei, wenn wir als Stadtmuseum auch die Stadtgründungsurkunde zeigten. Was wir tun, und das charakterisiert die Ausstellung in ihrem ersten Abschnitt, ist: Wir zeigen eine Reproduktion – wobei das nun wirklich schon eine historische Reproduktion ist. Denn als das Haus 1888 eröffnet wurde, stand der damalige Gründungsdirektor vor demselben Problem. Er hat die Urkunde reproduzieren lassen, und diese reproduzierte Gründungsmappe ist selbst schon wieder authentisch und historisch genug, um sie auszustellen und daran aber auch die Problematik aufzuzeigen.

Das ist der erste Teil, der unter dem Begriff des »Alten Münchens« für die langen Jahrhunderte der Dominanz der Herzöge und Kurfürsten steht – von der Gründung bis zu dem einschneidenden Ereignis 1806, als München zur Hauptstadt des Königreiches Bayern wird.

Es folgt im zweiten Teil das »Neue München«, die Zeit der Wittelsbacher Dynastie, das sogenannte Biedermeier, die Restaurations-



epoche, also die Zeit Maximilians I., Josephs, Ludwigs I. und Maximilians II.

Die dritte Epoche, oder der dritte Abschnitt, ist die Stadt München – das »Making of«. Plötzlich wird die Stadt auch zu einem politisch-wirtschaftlichem Gewicht. Das kann man auf das Gründungsjubiläum von 1858 datieren.

Mit Einführung von Gewerbefreiheiten zeichnen sich auch reale, wirtschaftliche Konsequenzen ab: eine ganz neue Kompetenz in administrativer und nicht zuletzt auch kultureller Hinsicht wird erkennbar. In diesem Jahrzehnt findet München zu seinem ersten Slogan: es wird die Kunst- und Bierstadt...

»Der Münchner liebt Tanz und Musik, vor allem aber das Bier...«, heißt es im *Meyer'schen Konversationslexikon* von 1852, das Sie in Ihren Ausstellungsinformationen zitieren. Dieses Image scheint bis heute untrennbar mit München verbunden.

Man stelle sich vor: eine Stadt tritt ganz selbstverständlich unter diesem gemeinsamen

Mit welchen Epochen geht es weiter?

Als Nächstes folgt der Historismus, auf den der Jugendstil antwortet: die Prinzregentenzeit. Hier zeigen wir unsere wirklich sehr herausragende Plakatsammlung, die weit über Deutschland hinaus Bekanntheitsgrad erlangt hat. Es sind nicht nur bemerkenswerte Motive aus der Frühzeit des Plakats – hinter jeder

wird. Unter diesem Begriff versuchen wir, die verschiedenen Tendenzen der Zwanzigerjahre darzustellen – von der Gründung der NSDAP bis hin zu Werken der Avantgarde. In der Musik mit Karl Amadeus Hartmann oder den Protagonisten Bertolt Brecht und Thomas Mann und natürlich auch mit Karl Valentin selber. Von dort aus zeichnen wir den Weg in die »Hauptstadt der Bewegung« nach. Wir



München als Bier- und Kunststadt. Bild oben: Elf Künstlerstatuetten nach Ludwig Schwanthalers Modellen für die Künstlerbalustrade der Alten Pinakothek, um 1840, Ton. Bild unten: Elf Bierkrüge von Münchner Brauereien, um 1900, Steinzeug.

enden dieses dritte Areal aber nicht – und das ist für die Konstruktion ganz entscheidend – mit dem Jahr 1945 als der sogenannten Stunde Null, sondern fragen unter der Überschrift »Brüche und Kontinuitäten« nach den stadtypischen Eigenheiten des Wiederaufbaus und schließen das Jahrhundert mit dem Jahr 1958 ab. Der dritte Teil der Ausstellung umfasst also 100 Jahre München zwischen der 700- und 800-Jahrfeier.

Der letzte Abschnitt ist die Olympiade beziehungsweise die Vorbereitungen zu den Olympischen Spielen von 1972 bis heute. Hier ändert sich die Methode der Darstellung. Es wird weniger auf das musealisierte Objekt, auf Vitrine, auf Parkett gesetzt, sondern entsprechend der modernen technologischen Entwicklung nutzen wir dazu die Formen und Möglichkeiten multimedialer Darstellung.

München als Kunst- und Bierstadt, München als Olympiastadt. Ist eine solche Sicht auf München nicht mit Einschränkungen verbunden? Ist München nicht weitaus mehr?

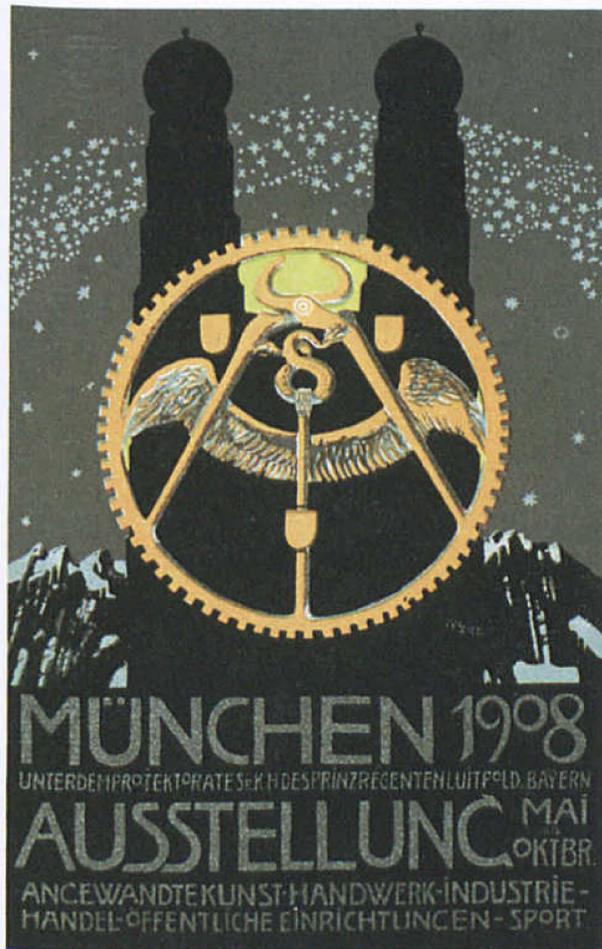
Das liegt natürlich daran, wie sich München seit 1972 »verkauft«. Ich sehe das tatsächlich eher im positiven Sinne, denn für mich ist die Entscheidung des IOCs, die Olympischen Spiele nach München zu geben, mindestens genauso wichtig für die Biografie der Stadt, wie die napoleonsche Entscheidung 1806, München zur Hauptstadt des Königreiches Bayern

Label auf – Kunst- und Bierstadt. Das ist an sich sehr lustig. Thomas Mann hat bereits festgestellt, dass das typisch München sei. Das kann man sich für andere Städte nicht unbedingt vorstellen. Mann beschreibt das so: in München sei es ganz normal, dass zwei Brüder, der eine Architekt und der andere Bierbrauer, beide Mitglieder des Kunstvereins sind. Genau das ist »Kunst- und Bierstadt«.

In der Ausstellung zeigen wir auf der einen Seite die Kunststadt: mit Bildern, Statuetten, Repliken wie der Balustrade von Klenzes Pinakothek. Wir präsentieren maßgebliche Künstler und ihre Werke und unmittelbar daneben die verschiedenen Maßkrüge der damaligen Brauereien Münchens – im 19. Jahrhundert sind es immerhin 22.

dieser Darstellungen steckt auch eine Geschichte, nehmen Sie beispielsweise die Plakate Hohlweins zu den Flugwerken Ottos, oder für den Tierpark Hellabrunn, oder Kandinsky und der »Blaue Reiter« und so fort.

Das ist die erste Etappe dieses entscheidenden dritten Teils. Der Erste Weltkrieg setzt eine Zäsur. Wirklich spannend wird es dann für München in den 1920er und 1930er Jahren. Wir stellen die Zwanzigerjahre in Anlehnung an Feuchtwangers *Erfolg* dar. Wir adaptieren diesen Roman und greifen eine Idee aus dem Handlungsstrang heraus. Dort ist immer die Rede von dem Vorhaben, eine Revue zu veranstalten – »Kasperl im Klassenkampf« oder »Höher geht's nimmer« –, eine Idee, die an der Person Karl Valentins festgemacht



zu machen. Denn dadurch wurde nur wenige Jahre, nachdem sich München als »Hauptstadt der Bewegung« einen Namen gemacht hatte, das Image grundlegend – im positiven Sinne – gewandelt. Das passiert nicht, und das ist die Aussage der Ausstellung, in den Fünfzigerjahren, im Wiederaufbau, sondern 1972, wenn – nicht zuletzt mit dem Wirken von Hans-Jochen Vogel – aber auch im bundesrepublikanischen Kontext, eine ganz neue Ära einsetzt. München wurde zur »heimlichen Hauptstadt« der Bundesrepublik, wie der *Spiegel* einmal schrieb. München wurde vor allem zur »Medienstadt«, und da stehen wir heute.

Gibt es Exponate in der Ausstellung, die Ihnen besonders am Herzen liegen? Lieblingsobjekte?

Im Grunde sind es alle. Gerade weil wir ganz bewusst nicht auf die Masse setzten, sondern versucht haben, jeweils nur das Exemplarische herauszustellen. Das heißt, die Module der einzelnen Kapitel werden selten mit mehr als mit vier, manchmal aber auch nur anhand von zwei exemplarischen Objekten dargestellt. Die sind dann allerdings wirklich unter dem Label des »Best of Münchner Stadtmuseum« zu verbuchen. Es sind alles »Lieblingskinder«, Dinge, die für ihre Zeit stehen, und sie sind natürlich heterogen. »Typisch Mün-

Plakat »München 1908«, Julius Diez, 1908

chen« ist ja keine kunsthistorische Ausstellung. Es ist eine stadthistorische, eine stadtkulturelle Ausstellung und da haben wir keine Hemmschwellen gegenüber den verschiedenen Wertigkeiten der Objekte – die uns natürlich bewusst sind. Da ist beispielsweise so ein hochkarätiges Kunstwerk wie die vier Heldenputten von der Mariensäule, die bei uns im Original vorhanden sind – auf dem Marienplatz stehen moderne Kopien –, ein Hauptwerk des deutschen Frühbarocks. Da sind aber auch genauso irgendwelche Plüschwaldis oder das sogenannte Schlüsselbein Herzog Heinrichs des Löwen.

»Typisch München!« gehört wohl zu den größten Unternehmungen des Stadtmuseums. Worin lag für Sie die eigentliche Herausforderung?

Wir haben die 850-Jahrfeier zum willkommenen Anlass genommen, uns komplett neu zu positionieren. Das war nicht zuletzt deshalb eine enorme Herausforderung, weil es nicht nur darum ging, eine temporäre Ausstellung zu machen, sondern diesmal ging es um die Konzipierung einer Dauerausstellung, und dafür musste das historische Zeughaus grundlegend saniert werden.

Mit einem Betrag von sieben Millionen Euro reiner Sanierungskosten, die uns eigens zu diesem Zweck vom Stadtrat bewilligt worden sind, konnte das Gebäude auf einen musealen Standard gebracht werden, der längst überfällig war.

Was kommt nach der 850-Jahrfeier? Inwiefern wird sich das jetzige Bild Münchens als Welt- und Medienstadt in den nächsten hundert Jahren verändern, vielleicht sogar verändern müssen?

München ist eine Stadt, die sich Widersprüche leistet und auch leisten kann. Die Konsequenzen wird man im Jahr 2058 sehen, wenn das Stadtmuseum eine neue Dauerausstellung anlässlich der 900-Jahrfeier eröffnet. ■■

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

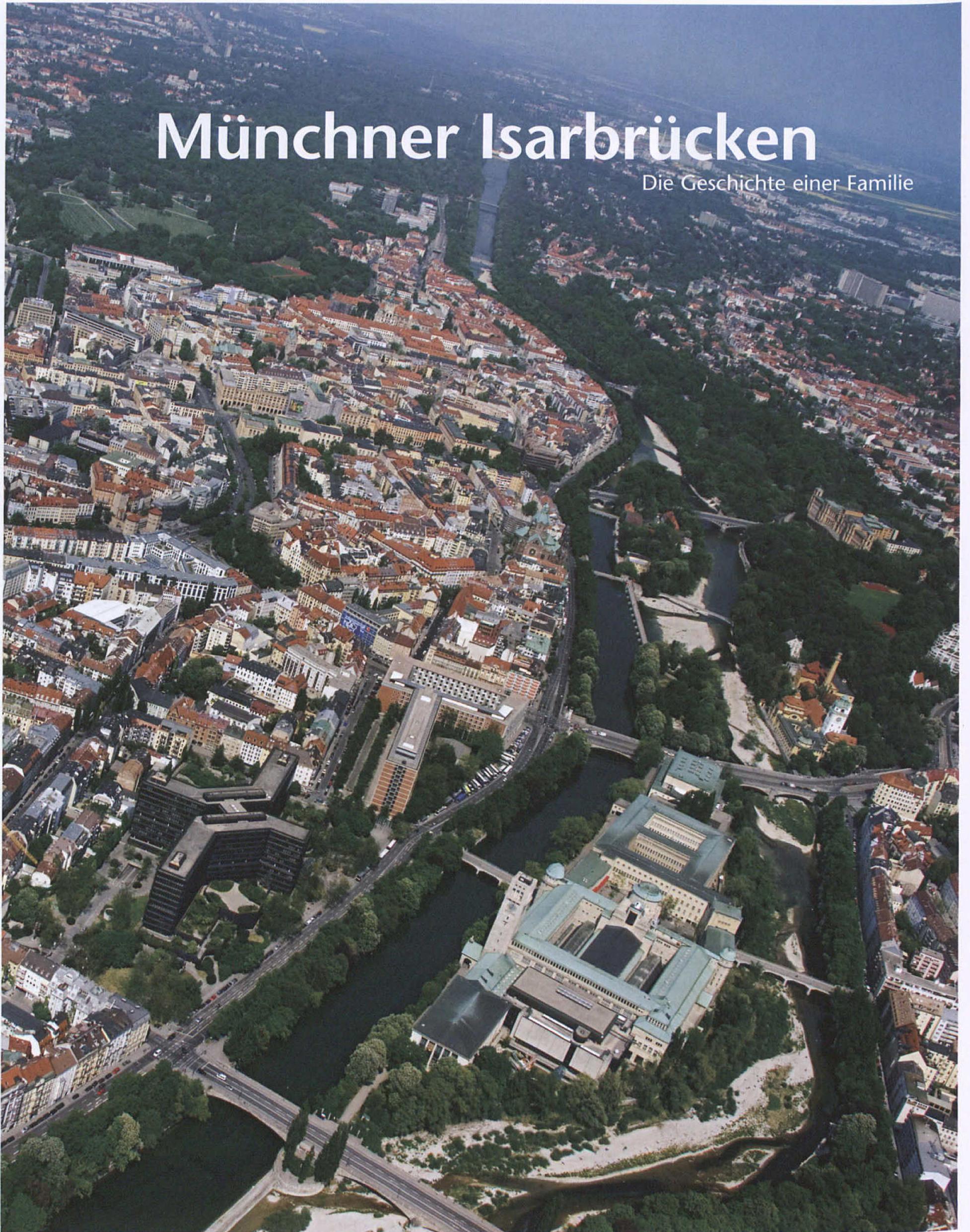
Telefon 089/23 50 98-0

Fax 089/26 42 17

mail@radspieler-muenchen.de

Münchner Isarbrücken

Die Geschichte einer Familie



Die erste Münchner Isarbrücke wurde 1158 errichtet: Heinrich der Löwe hatte die Brücke der damals weiter nördlich verlaufenden Salzstraße zerstören und in seinem Gebiet bei »Munichen« einen neuen Flussübergang bauen lassen. Heute führen einundzwanzig innerstädtische Brücken über die Isar.

Von Dirk Bühler

Gleich zwei historische Anlässe gibt es in diesem Jahr, um über die Münchner Isarbrücken zu schreiben und beide sind jeweils mit einem »Brückenjubiläum« verbunden, das gefeiert sein will. Da ist einmal das allseits beworbene Münchner Stadtjubiläum, das die – will man es höflich ausdrücken – »Verlegung« einer Isarbrücke vor 850 Jahren als Ausgangspunkt für die Stadtgründung nimmt. Und außerdem ist da, ganz in der Nähe dieses geschichtsträchtigen Isarübergangs, jedoch vielleicht nicht ganz so bekannt wie die Stadt selbst, ein weiterer Jahrestag zu feiern, nämlich das zehnjährige Bestehen der im Mai 1998 eröffneten Ausstellung »Brückenbau« im Deutschen Museum mit der ihrerseits berühmt gewordenen Brücke aus Stahl und Glas.

Was die Brückenverlegung und Stadtgründung angeht, soll hier noch einmal daran erinnert werden, dass Heinrich der Löwe 1158 die Isarbrücke in Oberföhring zerstörte, deren Wegezoll dem Bischof von Freising zugutekam, um seinerseits in den Genuss der Zölle am neuen, jetzt südlicher gelegenen und weltlich beherrschten Isarübergang zu kommen. Eine politische und wirtschaftliche Maßnahme also, der die Stadt München ihre Entstehung verdankt. Die Isarbrücke sollte über Jahrhunderte hinweg im wirtschaftlichen und verkehrstechnischen, aber auch im symbolischen Mittelpunkt des städtischen Lebens stehen.

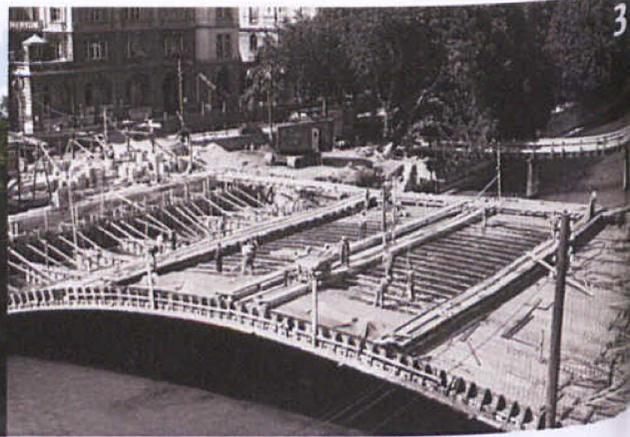
EIN JUNG GEBLIEBENER JUBILAR. Innovativ und folgenreich war dieses Vorgehen ganz gewiss. Aber galt das auch für die technische Umsetzung des Vorhabens beim Brückenbau? Und was bedeutete damals die Überwindung eines wilden Gebirgsflusses wie der Isar? Wie diese erste Brücke tatsächlich aussah, lässt eine Beschreibung aus dem Stadtrechtsbuch von 1347 erahnen: eine hölzerne, sogenannte Pfahljochbrücke muss es wohl gewesen sein, eine Brückenbauweise, die uns die Römer überliefert hatten, wie wir aus *Caesars De bello gallico* wissen. Beim Bau wurden im Abstand von etwa zehn Metern Böcke aus Holz längs ins Flussbett der Isar gerammt und mittels Holzbohlen zu einer Brücke miteinander verbunden. Natürlich konnte diese Konstruktion trotz aller technischer Kniffe, die angewandt wurden, um die Standsicherheit in der starken Strömung zu verbessern, vor allem während der häufigen Hochwasser nicht dauerhaft bestehen und musste daher alle paar Jahre wieder gründlich repariert oder ganz neu gebaut werden. Erst 1750 bis 1752 lösten zunächst steinerne Brückenpfeiler die hölzernen Joche auf der Stadt zugewandten Isarseite ab. 1760 wurden die ersten Brückenbögen auf der Stadt abgewandten Seite mit Stein gebaut und schließlich wurden 1776 die steinernen Pfeiler auf der anderen Seite mit einem steinernen Überbau vervollständigt. Doch auch diese Brücke hatte keinen dauerhaften Bestand und wurde 1822 bis 1828 durch einen Neubau nach einem Entwurf von Leo von Klenze ersetzt, die mit Renovierungen, Umbauten und Verbreiterungen bis zum Bau der heutigen Ludwigsbrücken im Jahre 1935 ihren Dienst taten.

Gerade diese Brücke von 1935 ist nun auch als Modell in der Ausstellung »Brückenbau«, dem zweiten Jubilar dieses Jahres, zu sehen. Ihr Bau wurde damals vom Turm des Deutschen Museums aus interessiert beobachtet und dokumentiert. In der Ausstellung ist aber auch eine der modernsten Brücken zu sehen und sogar zu benutzen: ein Fußgängersteg aus Glas und Stahl aus dem

Bild links: Luftbild der Isar aus der Höhe des Deutschen Museums. Nach der Corneliusbrücke im Süden folgen in Richtung Norden die Bosch- und Zenneckbrücken zum Museum, die Ludwigsbrücken sowie der Kabel- und Wehrsteg beim Müller'schen Volksbad. Das Bild schließt mit der Maximiliansbrücke im Norden ab.



Auch das Deutsche Museum hat ein Jubiläum zu feiern: Vor zehn Jahren wurde die Ausstellung »Wasser- und Brückenbau« eröffnet.



Büro Schlaich, Bergemann und Partner, über den schon oft und ausführlich berichtet worden ist. Die Ausstellung hat seit ihrer Eröffnung nichts an Beliebtheit eingebüßt, zumal da sie immer wieder neuen Erkenntnissen und Gegebenheiten angepasst wurde – ein jung gebliebener Jubilar.

BRÜCKEN AUS HOLZ UND BETON.

Nachdem in *Kultur & Technik* (2/2008, Seite 52ff.) mit dem Artikel über das 150-jährige Jubiläum der Großhesseloher Brücke eine historische Stahlkonstruktion über die Isar im Mittelpunkt stand, sollen heute zum Stadt- und Ausstellungsjubiläum zwei Holzbrücken sowie die Münchner Betonbrückenfamilie über die Isar gewürdigt werden.

Diese Münchner Betonbrücken sind in ihrer gestalterischen und baulichen Einheitlichkeit und durch ihre frühe Entstehungszeit wohl als einmalig zu bezeichnen, denn vor allem beim Brückenbau mit dem modernen Baustoff Beton nahm Bayern schon früh eine bedeutende Stellung ein. Seit die erste »Romancementfabrik« im Jahre 1832 in München eröffnet worden war, breiteten sich bis 1845 weitere Fabriken in ganz Bayern aus. Ab 1847 wurde die Kalkfabrik Schwenk in Ulm zum Hauptlieferanten von Roman-, später von Portlandzement in Süddeutschland.

Die erste Portlandzementfabrik Deutschlands eröffnete bereits 1855 in Züllchow bei Stettin, während etwa in Rüdersdorf bei Berlin, wo man die riesigen Kalklager seit dem 16. Jahrhundert nutzte, ab 1836 zunächst nur hydraulische Kalke hergestellt wurden, bis schließlich im Jahre 1884 – zu einem recht späten Zeitpunkt – die Produktion von Portlandzement aufgenommen wird. Für Süddeutschland war neben der Schwenk'schen Zementfabrik die Gründung der Portlandze-

Ganz familiär wirkt sich die Abfolge der Münchner Betonbrücken über die Isar. Trotz einheitlicher Gestaltung bei unterschiedlichen Bauverfahren hat jede von ihnen ihren eigenen, unverwechselbaren Charakter.

- 1 Kabelsteg
- 2 Prinzregentenbrücke
- 3 Ludwigsbrücke
- 4 Corneliusbrücke
- 5 Reichenbachbrücke
- 6 Grünwalder Brücke

10 Jahre Ausstellung

Wasser- und Brückenbau:

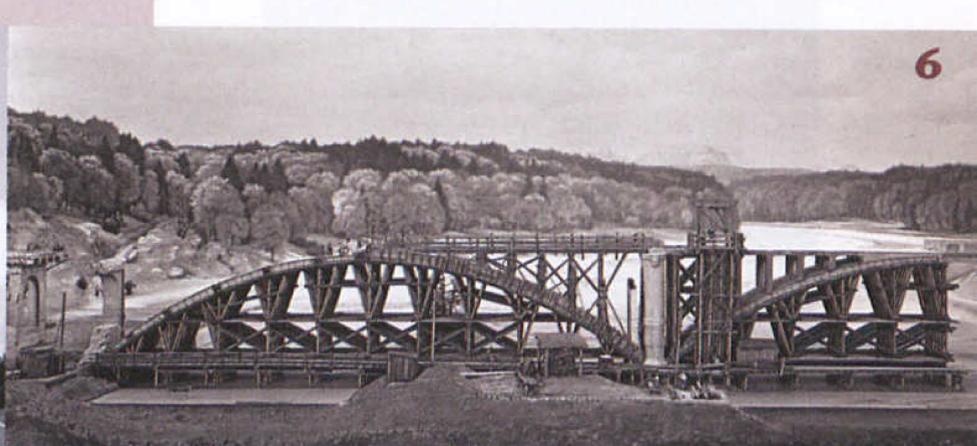
Anlässlich des 10-jährigen Ausstellungsjubiläums plant das Deutsche Museum Mitte November ein ganztägiges Brückensymposium. Einzelheiten dazu in der nächsten Ausgabe von *Kultur & Technik*.

mentfabrik in Amöneburg bei Mainz unter der Leitung von Wilhelm Gustav (1805–1894) und Eugen Dyckerhoff (1844–1924) im Jahre 1865 von wesentlicher Bedeutung. Aus dieser Fabrikantendynastie ging einige Jahre später die Baufirma Dyckerhoff und Widmann AG hervor, in der besonders Ingenieure wie Franz Dischinger (1887–1953) und Ulrich Finsterwalder (1897–1988) als Vorreiter der modernen Betontechnologie wirkten.

Die erste Brücke aus Beton in München entstand im Jahre 1892 über den Kanal zum Schloss Nymphenburg, ganz zeitgemäß als Bogenbrücke mit einer Dekoration, die der Schlossarchitektur angemessen und daher dem Barock nachempfunden war. Für den Bau der Brücke, dem viele Experimente mit dem neuen Baustoff vorausgegangen waren, musste damals noch eine Firma aus Berlin engagiert werden.

JUGENDSTIL-SCHÖNHEIT. Doch bereits die zweite Münchner Betonbrücke, ein Kleinod des Jugendstils, wurde im Jahre 1898 schon von einem bayerischen Unternehmen erbaut. Es ist die Isarbrücke bei der Isarlust, eine der schönsten Münchner Brücken. Heute wird sie »Kabelsteg« genannt, weil sie die Stromkabel für Stadtbeleuchtung und Straßenbahn von einem 1883 gebauten und 1893 vergrößerten Flusskraftwerk auf der Höhe des Muffatwerks über die Isar führte.

Nach einem Entwurf aus dem Stadtbauamt wurde diese Brücke vom Münchner Bauunternehmen Wayss & Freytag AG gebaut. Sie besteht aus zwei schwungvollen und flachen, dabei besonders schlanken Bögen, die in Bogenmitte mit einer Bauhöhe von nur 55 Zentimetern auskommen. Am Ausgangspunkt der Bögen über dem Mittelpfeiler prangt ein ovales Auge, Simse und Ornamen-



te unterstreichen die gelungene gestalterische Wirkung. Auch das Brückengeländer und die Straßenlaternen aus Eisen sind stilistisch auf den Gesamtentwurf abgestimmt.

Die Möglichkeit für einen grundlegenden Neubeginn in Sachen Brückenbau ergab sich für die Stadt München nach einer verheerenden Überschwemmung vom 14. September 1899, bei der alle Isarbrücken beschädigt oder weitgehend zerstört wurden. Die wieder zu errichtenden Brücken sollten jetzt, ganz im Sinne eines wirtschaftlich aufstrebenden bayerischen Staatswesens, ebenfalls aus dem modernen Baustoff »Stapfbeton« hergestellt sein. Moderne Rüst-, Stampf- und Bewehrungsverfahren sollten dabei zum Einsatz kommen. Weil Prinzregent Luitpold (1821–1912) und der betriebsame erste Bürgermeister Münchens, Wilhelm Georg von Borscht (1857–1919), darüber hinaus eine stilistische Einheitlichkeit und Ästhetik für die Brückenneubauten anstrebten, wurden 1901 die großen Münchner Meisterarchitekten Friedrich von Thiersch (1852–1921) und Theodor Fischer (1862–1938) mit den Entwürfen beauftragt. Das Ergebnis ist eine Abfolge von sechs neuen Isarbrücken im Innenstadtgebiet, deren flache Stapfbetonbögen einheitlich mit Muschelkalk verkleidet sind. Doch über die einheitlich geformten Bögen und ihre Verkleidungen hinaus, die ihre Wirkung auf die städtebauliche Harmonie nicht verfehlen, weist sich jede der sechs Brücken zusätzlich durch individuelle Gestaltungs- und Unterscheidungsmerkmale als unverwechselbares Einzelstück aus.

Der erste dieser sechs Entwürfe stammt noch aus der Königlich-Bayerischen Obersten Baubehörde und betrifft die 1900 bis 1901 erbaute Luitpoldbrücke im Verlauf der Prinzregentenstraße. Hier sind nur die Fundamen-

Isarbrückenfest,

1. bis 3. August 2008

Im Rahmen des 850-jährigen Stadtjubiläums feiert München ein romantisches Isarbrückenfest mit Musikveranstaltungen, Lichterglanz auf dem Wasser und den Brücken, Theater zwischen alten Bäumen, Projektionen und einer Windinstallation, einem Zeittunnel, mit Essen und Trinken vom Feinsten, Inseln zum Flanieren oder Ruhen und Bühnen mit Shows und Konzerten. Das Festgelände erstreckt sich von der Corneliusbrücke entlang der Isar bis über die Maximiliansbrücke hinaus.

Aktuelle Informationen:

Stadtinformation im Rathaus

Marienplatz 1. Öffnungszeiten:

Mo bis Fr 10–20, Sa 10–16 Uhr

www.muenchen850.de

Das **Deutsche Museum** beteiligt sich an den Festveranstaltungen mit Aktivitäten im **Innenhof des Museums** und auf den Brücken.

Außerdem gibt es von Freitag 1.8. auf Samstag 2.8.2008 eine **Familienübernachtung** in der Ausstellung **Brückenbau**.

Schriftliche Anmeldung:

Deutsches Museum, Kinder- und Jugendprogramme, Museumsinsel 1, 80538 München; E-Mail: g.kramer@deutsches-museum.de

te aus Beton, der Überbau besteht aus massiven, gemauerten Muschelkalkbögen. Die Bauarbeiten werden von der Münchner Firma Sager & Woerner ausgeführt, die nach und nach schließlich für den Bau aller sechs Brücken den Zuschlag erhielt. Gleich danach wurde in den Jahren 1901–1902 die Max-Joseph-Brücke nach dem Entwurf von Theodor Fischer bereits als Stapfbetonbogen mit Muschelkalkverkleidung gebaut.

EIN UNFALL UND SEINE FOLGEN. Baulich ist die Corneliusbrücke in der Corneliusstraße die interessanteste der sechs Geschwister. Sie sollte, nach dem Entwurf von Friedrich von Thiersch, eine zusätzliche Verbindung zwischen Innenstadt und der Au bringen und wurde nach Peter von Cornelius benannt, dem beliebten Zeichner und Maler der Romantik (1783–1867). Der Bogen über die große Isar ist noch ganz aus Muschelkalkquadern hergestellt, die beiden anderen aber sind aus Stapfbeton mit Muschelkalkverkleidung in den Jahren 1901 bis 1903 gebaut. Die Fahrbahnplatte ist ebenfalls aus Beton, der auf eine Sandschüttung aufgebracht wurde. Technisch handelt es sich um Dreigelenkbögen, eine Neuerung im Brückenbau, die erst wenige Jahre zuvor im Stein- und Betonbau eingeführt worden war.

Doch am 26. August 1902 geschah das Unglück, das für die weitere Entwicklung des Betonbaus wesentlich sein sollte: Das hölzerne Lehrgerüst stürzte beim Betonieren ein. Bei den folgenden gerichtlichen Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Rüstung wesentliche Mängel aufwies: Die Zimmerer hatten schlechtes Holz mit Zapflöchern aus einem abgerissenen Wehr wiederverwendet, das schließlich nach einer Absenkung des Gerüsts im Baugrund zum Einsturz und in der Folge



Zur Eröffnung des Deutschen Museums 1925 ist die ebenfalls gerade erst fertiggestellte Boschbrücke feierlich mit Girlanden geschmückt. Bauherr und Baumeister sind stolz auf ihre Leistung und die Errungenschaften der modernen Betontechnologie.

Neu erschienen

Christine Rädlinger
Geschichte der Münchner Brücken
Brücken bauen von der Stadtgründung bis heute
Schiermeier Verlag,
München 2008, 34,50 Euro
ISBN 978-3-9811425-2-5

zu sechs Monaten Gefängnis für die schuldigen Zimmerleute führte. Dass das Lehrgerüst beim Betonieren des Bogens für die Corneliusbrücke nachgab und zusammenbrach, erwies sich für die Münchner Ingenieure aber letztlich als Vorteil, denn schon am 4. Juli desselben Jahres wurden die neuen ortspolizeilichen Vorschriften erlassen, die die Herstellung von normgerechtem Beton und die zugelassenen Betonierverfahren erläuterten, Regeln für den Bau der Gerüste, der Schalung und für das Ausschalen aufstellten sowie die Pflichten der Bauaufsicht definierten. Mit diesen Vorgaben wurden etwas später vom Deutschen Betonverein die längst überall notwendig gewordenen »Leitsätze für die Verarbeitung, Ausführung und Prüfung von Bauten aus Stampfbeton« erstellt und nach ihrer Veröffentlichung 1906 im ganzen Reich verbindlich. Die nächste, die Reichenbachbrücke, besteht aus vier Dreigelenk-Stampfbetonbögen mit Muschelkalkverkleidung

und entstand in den Jahren 1902 bis 1903 nach einem Entwurf von Friedrich von Thiersch im Zuge der Fraunhofer Straße als Verbindung zwischen Angertor und Mariahilfplatz in der Au.

Benannt wurde sie nach Georg von Reichenbach (1772–1826), dessen optische Instrumente legendär waren. Erste Planungen für diesen Übergang gab es schon seit 1816. 1832 wird dann eine Jochbrücke aus Holz errichtet, die 1842 einer neuen, nach den Plänen von Architekt Friedrich von Gärtner (1791–1847) und Stadtbaurat Karl Muffat weichen musste. Doch auch diese Brücke war immer wieder reparaturbedürftig, überlebte aber zunächst das Hochwasser von 1899. So wurde sie nur der Eingliederung in das Gestaltungskonzept aller Isarbrücken wegen neu gebaut. Neuerungen sind die aufgeständerte Fahrbahn zur Gewichtsersparnis und die Wiederverwendung der Gerüste beim Bau der Wittelsbacher Brücke. Erst 1964 musste die Brücke erneuert werden.

Ebenfalls von Friedrich von Thiersch ist der Entwurf für die Maximiliansbrücke, die zwischen 1903 und 1905 aus Stampfbetonbögen mit Muschelkalkverkleidung errichtet wird, während die Entwürfe für die 1901 bis 1902 erbaute Max-Joseph-Brücke und die 1904 bis 1905 errichtete Wittelsbacher Brücke von Theodor Fischer stammen, gebaut wurden sie wieder in gleicher Weise wie die anderen von der Baufirma Sager & Woerner.

ELEGANTE BÖGEN ÜBER DIE ISAR. Schnell hatten sich im 19. und beginnenden 20. Jahrhundert neben der Stampfbetonweise aber auch neue Bauverfahren mit eisenbewehrtem Beton entwickelt. Joseph Moniers (1823–1906) Bewehrung mit Eisenstäben war bereits marktführend, als schon erste Versuche mit vorgespannten Bewehrungen durchgeführt wurden und auch die Gerüst sparende Melanbauweise aufkam.

Die erste bayerische Stahlbetonbrücke stammt denn auch aus der gleichen Zeit wie die anderen Isarbrücken. Es ist die durch ihre majestätischen Bogen besonders eindrucksvoll wirkende Isarbrücke bei Grünwald, die 1904 nach dem Entwurf von Emil Mörsch (1872–1950) fertiggestellt wurde. Mörsch war seit 1901 Leiter des technischen Büros der Baufirma Wayss & Freytag in München und Professor an der ETH Zürich. Seine eleganten Bögen hatten 70 Meter Spannweite. Nach teilweiser Zerstörung 1945, Umbauten 1948 und 1972 wurde die Grünwalder Brücke schließlich abgerissen und 2001 durch eine ähnlich gestaltete Stahlbrücke ersetzt.

Der 1906 begonnene Bau des Deutschen Museums ist ebenfalls ein eindrucksvolles Beispiel für die Anwendung moderner Betonbauverfahren nach Monier und François Hennebique (1842–1921). Rechtzeitig zur Eröffnung des Museumsneubaus auf der jetzt in »Museumsinsel« umbenannten »Kohleinsel« wurden die provisorisch erbauten Holzbrücken von 1897 in den Jahren 1924 und 1925 durch die modernen Bosch- und Zenneckbrücken ersetzt. Sie wurden aus Stahlbeton als gevoutete Plattenbalkenkonstruktionen auf gut gestalteten Betonpfeilern erbaut. Eine zwar schlichte und funktionale, aber doch gestalterisch anspruchsvolle Bauweise, die dem damaligen Stand der Technik entsprach und damit eine Stilform, die sich ja auch beim Sammlungsbau wiederfindet. Ausgeführt wurden die Brückenbauarbeiten denn auch von derselben Baufirma

Wolle, die wesentlich am Bau des Museums beteiligt war.

Der Bau der Ludwigsbrücke, die in einem Bogen von 43 Metern die Isar überspannt, war in den Jahren 1934 und 1935 ein besonders öffentlichkeitswirksames Ereignis, denn das Bauwerk entstand vor den Toren des Deutschen Museums auf der Nordseite der Isarinsel. Von dort aus wurde der Baufortschritt stets von Besuchern beobachtet und von Ingenieuren dokumentiert, sodass selbstverständlich auch ein Modell dieser Brücke für die Ausstellung »Brückenbau« angefertigt wurde. Diese in Melanbauweise als Dreigelenkbogen errichtete Brücke besticht auch heute noch durch den sanften Schwung ihrer Wölbung und



ihre vornehm zurückhaltende Dekoration. Der Ingenieur Joseph Melan (1853–1941) aus Prag hatte im Jahre 1892 eine neue – von Moniers Verfahren abweichende – Bauweise für eine Stahlbetonbrücke im österreichischen Steyr entwickelt, die den Bau eines hölzernen Lehrgerüsts erspart. Dafür wurden genietete Gitterträger aus Stahl dicht nebeneinander im Freivorbau errichtet. An der Unterseite dieser starren, meist bogenförmigen Stahlkonstruktion wurde die Schalung für den Beton aufgehängt. Die Gitterträger wurden einbetoniert und dienten nach dem Erhärten des Betons als Bewehrung; danach konnte die Schalung entfernt werden.

Doch nicht alle berühmten Münchner Isarbrücken sind aus Beton. Isarauf- und abwärts gibt es noch zwei weitere bedeutende Holzbrücken, die besonders erwähnenswert sind.

FILIGRANE HOLZKONSTRUKTION. Seit 1991 ziert die neue Thalkirchener Brücke aus dem Büro Dietrich als räumliches Fachwerk die Landschaft der oberen Isar in München. Hier musste eine 1903 bis 1904 erbaute, baufällige Holzbrücke durch eine neue, moderne Holzkonstruktion ersetzt werden, die auf den bestehenden Massivpfeilern errichtet werden sollte. Das ganze neue Tragwerk kommt mit nur zwölf verschiedenen Stäblängen aus. Die Stäbe sind beidseitig mit Stabköpfen aus Gusstahl ausgerüstet. Eine klare und eindeutige Konstruktion, die gleichzeitig die ursprüngliche Form der alten Brücke mit moderner Leichtigkeit wiederaufnimmt und sich der natürlichen Flusslandschaft anpasst.

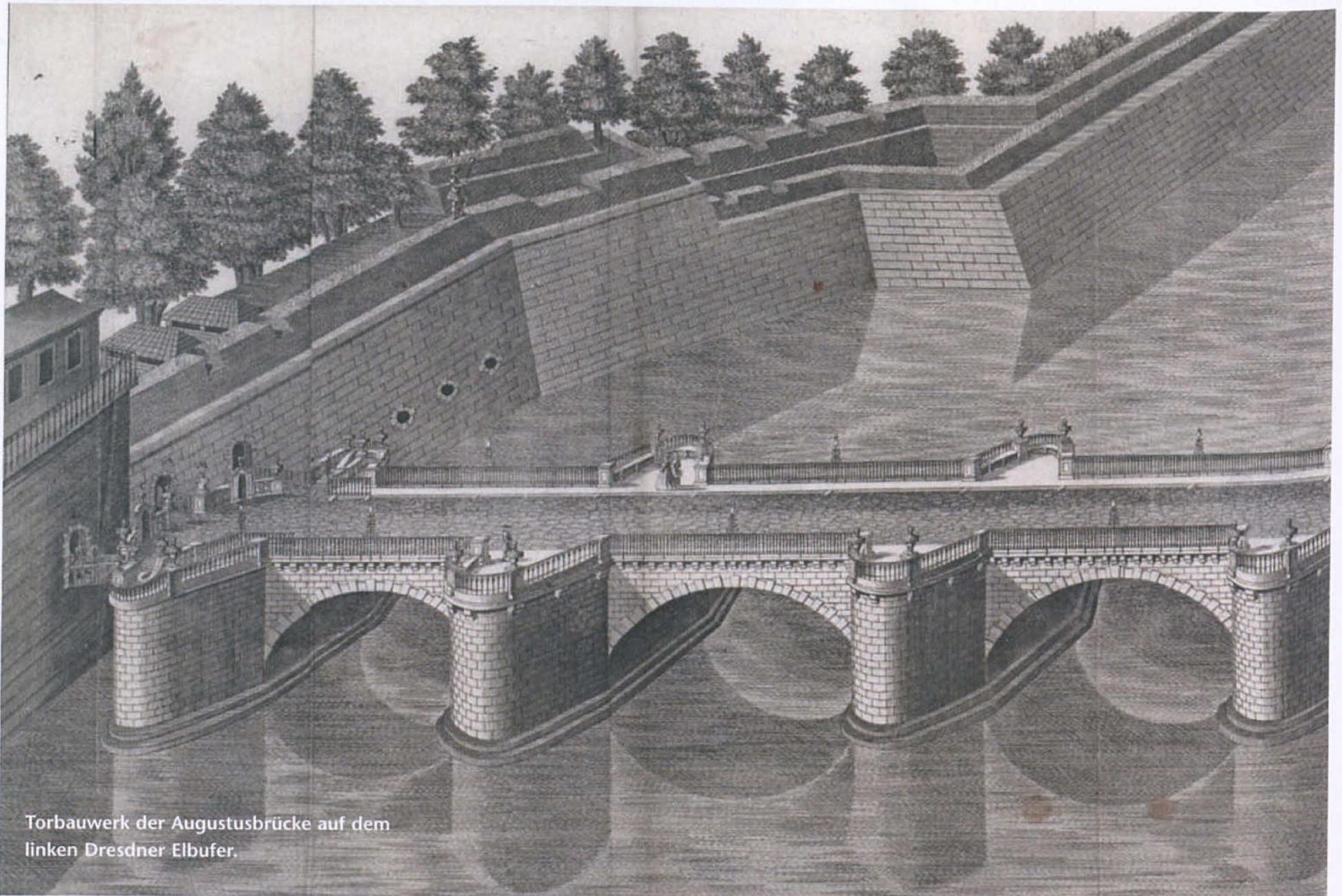
Im nördlichen, unteren Isartal bei Sankt Emmeram und damit etwa an der Stelle in Oberföhring, an der Heinrich der Löwe einst die Brücke des Bischofs niederriss, brannte in der Nacht vom 2. auf den 3. September 2002 die erst 1978 errichtete Holzbrücke, eine überdachte Fachwerkkonstruktion, ab. Böse Zungen behaupten, dass man sich einen Gutteil der Entsorgungskosten hätte sparen können, hätte sich die Feuerwehr mit den Löscharbeiten nicht allzu sehr ins Zeug gelegt ... aber wer weiß das schon genau. Immerhin steht heute an derselben Stelle wieder eine neue, hölzerne Oberföhringer Brücke, die wie die Thalkirchener Brücke ein Entwurf aus dem Büro von Richard Dietrich zusammen mit dem Ingenieurbüro Süss-Staller-Schmitt ist. Die neue Brücke ist ebenfalls eine überdachte Holzkonstruktion, die sich jedoch im Gegensatz zum Vorgängerbau durch ihre besonders filigrane Struktur auszeichnet.

Diese beiden zuletzt gezeigten Holzbrücken markieren die Endpunkte zwischen denen sich unser Rundgang zu den innerstädtischen Isarbrücken und ihren Entstehungsgeschichten bewegte. Die wahre historische Bedeutung dieser Brücken für die nun 850 Jahre alte Stadt ist heute in unserem verkehrsreichen Alltag oft nicht mehr so präsent. Über diese Bedeutung hinaus sind sie alle auch als technische Denkmale und als konstruktive Merkzeichen in der Münchner Stadtlandschaft von hohem ästhetischem und symbolischem Wert. ■■

Den Überbau der Thalkirchner Brücke bildet ein filigranes räumliches Stabwerk aus Holz, das die Brücke leicht und elegant erscheinen lässt. Nur mit diesem Tragwerk ließ sich erreichen, dass eine Holzbrücke für den modernen Verkehr taugt und gleichzeitig fast schwerelos den Fluss überwindet.

Brückenbeschreibungen aus dem Spätbarock

Carl Christian Schramms Werk über spektakuläre Brückenbauten seiner Zeit



Torbauwerk der Augustusbrücke auf dem linken Dresdner Elbufer.

Die Dresdner Augustusbrücke, die sich von 1735 bis 1907 über die Elbe spannte, war ein architektonisches Meisterwerk. Sie inspirierte Carl Christian Schramm zu einem Buch über die Kunst des Brückenbaus.

Von Helmut Hiltz

Matthäus Daniel Pöppelmann (1662–1736), als Architekt des Dresdner Zwingers berühmt geworden, stellte 1731 den Umbau der Dresdner Elbbrücke fertig. Bereits seit dem 11. Jahrhundert gab es an dieser Stelle eine Brücke, seit 1222 eine Steinbrücke. Dieses Bauwerk wurde unter August dem Starken (1670–1733) grundlegend modernisiert und sollte künftig seinen Namen tragen. Die Brücke wies eine Länge von 402 Metern auf und besaß 17 Bögen. Bei einer Breite von gut elf Metern zwischen den Brüstungen betrug die Fahrbahnbreite 6,80 Meter. Sie war für damalige Verhältnisse wegen ihrer Größe, insbesondere ihrer Fahrbahnbreite, besonders majestätisch.

Bei den meisten in der vorindustriellen Zeit errichteten Brücken handelte es sich, vor allem aus Kostengründen, um Holzkonstruktionen. Nur an wenigen Orten wurden, so auch in Dresden, überhaupt steinerne Brückenbauwerke ausgeführt. Diese waren in der Ausführung erheblich teurer, doch hielten sie Eisgang und Hochwasser wesentlich besser stand.

Wie heute zählten auch im 18. Jahrhundert Brücken zu den meistbewunderten Bauwerken. Dresdner bestaunten ebenso wie auswärtige Besucher die neu fertiggestellte Augustusbrücke. Unter ihnen war auch Carl Christian Schramm, Amtsrat der Reichsgrafen zu Solms. Ihn regte das Bauwerk nicht nur zu einer eingehenden Beschäftigung mit dem Bau und der Geschichte der Augustusbrücke an, sondern vor allem mit dem Brückenbau im Allgemeinen.

Wenige Jahre nach Fertigstellung der Augustusbrücke im Jahr 1735, veröffentlichte Schramm im Leipziger Verlag von Bernhard Christian Breitkopf sein Werk *Historischer Schauplatz, in welchem die Merkwürdigsten Brücken aus allen vier Theilen der Welt, Insonderheit ... die Dresdner Elb-Brücke ... vorgestellt und beschrieben werden*. Es handelt sich um ein spätbarockes, reichhaltig mit Kupferstichen illustriertes Tafelwerk. Die umfangreiche Vorrede ist entsprechend dem sächsischen Kurfürsten und polnischen König August dem Starken gewidmet.

Schramms Werk besteht aus drei Teilen: der erste befasst sich mit dem Brückenbau im Allgemeinen, der zweite mit den Brücken an Elbe, Mulde und Saale, der dritte mit berühmten Brücken in und außerhalb Europas. Zur Geschichte und zum Stand des zeitgenössischen Holz- und Steinbrückenbaus ist das Buch eine hervorragende Quelle. Auf über sieben Seiten werden allein die an der Donau und ihren Nebenflüssen befindlichen Brückenbauwerke vorgestellt. Hier wird auch die »Haupt- und Residenzstadt München, welche man sonst vor die schönste in ganz Deutschland gehalten« mit ihrer über den »Iserstrohm« angelegten Brücke behandelt.

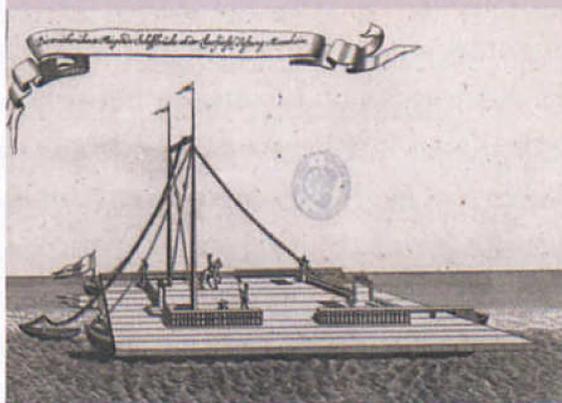
Dieses Buch ist mit seiner breiten Darstellung der technischen Einzelheiten des Holz- und Steinbrückenbau von technikhistori-



Die mit Geschäften und Wohnungen überbaute London Bridge vor 1762.



Chinesische Kettenbrücke. Im Gegensatz dazu gab es in Europa zu Beginn des 18. Jahrhunderts keine Hängebrücken.



Fliegende Schiffbrücke an der Kurfürstlichen Festung zu Mannheim.

DR. HELMUT HILZ leitet die Bibliothek des Deutschen Museums.

schem Interesse. Gerade durch die Einbeziehung außereuropäischer Bauwerke bietet es aber auch spannende Einblicke in die Kulturgeschichte. Neben dem Erläuterungstext werden in Schramms Werk auch zahlreiche Urkunden wiedergegeben, die sich auf Brückenbauten beziehen. Bemerkenswert ist der umfangreiche Anmerkungsapparat, ungewöhnlich für ein technisches Buch des frühen 18. Jahrhunderts.

Das Werk ist mit 87 Kupferstichen reichhaltig illustriert. Die meisten der Stiche schuf der von 1727 bis 1755 in Nürnberg wirkende Künstler Johann Wilhelm Stör, daneben ist auch Christian Friedrich Boethius (1706–1782) prominent vertreten. Die Stiche zeigen die bemerkenswertesten der im Buch vorgestellten Brücken und sind von hervorragender Qualität. Die ausklappbare Falttafel mit der Ansicht der Dresdner Elbbrücke ist ein Meisterwerk der Kupferstichkunst und wurde aus fünf separaten Stichen zusammengefügt. ■■

Die Kintai-Kyo-Brücke

und das Brückenmuseum in Japan



In fünf weiten Bögen schwingt sich die Kintai-Kyo-Brücke in Japan über den Nishiki-Fluss. Vor 335 Jahren wurde das spektakuläre Bauwerk errichtet.

Von Dirk Bühler

Der Taifun, der eben noch über dem Süden der japanischen Insel Honshu und dem Norden der Insel Kyushu gewütet und den Fährverkehr zwischen den größeren und kleineren japanischen Inseln lahm gelegt hat, verliert zwar seit ein paar Stunden wieder an Kraft, doch es regnet noch immer aus einem dicht und düster bewölkten Himmel herab. Der Regen lässt die vielen Flüsse anschwellen und reißt alles mit sich, was den Fluten nicht standhält. So präsentiert sich auch die Kintai-Kyo-Brücke ganz anders als die bekannten Bilder der berühmten Brücke vermuten lassen: Auf diesen nimmt man den Nishiki-Fluss kaum wahr, die Kiesbänke der Ufer sind breit und die Pfeilergründung mit dem dazwischen befestigten Flussbett ist bei niedrigem Wasserstand deutlich zu erkennen. Nun stehen sogar die Joche der seitlichen Bögen tief im Wasser, die Fischerboote sind am Ufer fest und sicher angeleint, der plätschernde Fluss ist zum reißenden, erdbraun gefärbten Strom geworden, der Äste, Zweige, Blätter und Grasfetzen mit sich führt, die sich in den hölzernen Stützen und den steinernen Pfeilern verfangen. Doch so schnell der Sommerregen den Fluss anschwellen und ausufern lässt, so schnell kehrt er, sobald der Niederschlag ausbleibt, nach wenigen Tagen mit der gewohnten Trägheit in sein Kiesbett zurück. Diesmal sollte das erst wieder nach dem buchstäblich ins Wasser gefallenen Brückenfest am 3. August geschehen, nachdem die Festgäste der Stadt Iwakuni längst abgesagt hatten und sich auf das kommende Jahr vertrösten lassen mussten.

Iwakuni, nur 40 Kilometer südwestlich von Hiroshima gelegen, ist heute eine mittelgroße Stadt in der Präfektur Yamaguchi, die seit dem Zusammenschluss mit sieben weiteren Gemeinden im Jahre 2006 etwa 150.000 Einwohner beherbergt. Die Altstadt liegt im Mündungsgebiet des Nishiki-Flusses, der in den Bergen des Hinterlands entspringt, durch das er sich mit einem Einzugsgebiet von 884 Quadratkilometern und 110 Kilometern Länge schlängelt: es ist der größte dieser Präfektur.

Iwakuni erreichte erst kurz nach der für die japanische Geschichte so entscheidenden Schlacht von Sekigahara vom 21. Oktober 1600 Bedeutung, als nämlich Hiroie Kikkawa, ein mit der Mori-Herrscherfamilie verwandter Feudalherr als erster Daimyo von Iwakuni den Auftrag erhielt, die landeinwärts gelegene Stellung zur Festung auszubauen. 1603 wird der Grundstein für die Burg gelegt, die bis 1608 an den Ufern des Nishiki-Flusses entstand. Die Festung liegt strategisch geschickt auf einer Anhöhe des Berges Shiroyama, der eine enge Flussschleife des Nishiki überragt. Der Ausbau zur Festung förderte die Entfaltung des Ortes zu einem aufblühenden Handels- und Kulturzentrum. Auf der rechten, engen Flussseite entstanden in diesen Jahren die Burg und die Häuser der Samurai, am gegenüberliegenden Ufer entwickelte sich eine Siedlung, in der sich die gewöhnlichen Krieger, Händler und Handwerker niederließen. Doch schon acht Jahre nach der Gründung wurde die Festung wieder geschleift, weil sie den Tokugawa-Herrschern ein Dorn im Auge war, deren militärische Strategie nur eine Festung in jeder Präfektur zuließ. Dem Daimyo blieb nur ein Palast an einem allerdings durchaus privilegierten Ort im Tal. Erst 1962 entstand auf dem Shiroyama wieder eine neue, jetzt aus Beton gebaute Burg, die für Touristen mit einer Seilbahn bequem zu erreichen ist. Die Häuser der Samurai sind in einem eigens angelegten Park zu besichtigen, auch ein hochattraktives historisches Museum, das Nishimura-Samurai-Museum fehlt nicht.

SYMBOLISCHER BRÜCKENSCHLAG. Weil auf dem rechten, engen Flussufer schließlich nicht mehr genügend Grundstücke für alle Samurai zur Verfügung standen, mussten sich immer mehr von ihnen auf der anderen Flussseite in der Nachbarschaft einfacher Leute ansiedeln. Vor allem für diese hochrangigen Krieger war eine schnelle und sichere Verbindung über den Fluss von existenzieller Bedeutung, bis im Jahr 1639 ein erster Holzsteg gebaut war. Nachdem dieser durch eine Flut im folgenden Jahr wiederum zerstört wurde, verbanden nur Fähren die Flussufer, eine Schwachstelle der Wehrsystems; da bei Flut auch dieser Fährverkehr eingestellt werden musste, war ein fester, dauerhafter Übergang über den Nishiki für das Bestehen der Siedlung der Samurai an beiden Ufern unverzichtbar. So wurde schließlich 1673 die Kintai-Kyo-Brücke als feste Verbindung zwischen der Stadt der Samurai auf der einen und der Stadt der einfachen Bürger auf der anderen Seite des Nishiki-Flusses gebaut. Doch sie diente nicht nur als praktisch-taktischer Übergang, sondern galt zugleich als symbolischer Ersatz für die 1615 geschleifte Burg. Von Anfang an ist die Brücke damit als metaphorischer Brückenschlag gedacht gewesen, der für Iwakuni die Wiederherstellung der einstigen, wenn auch kurzen Pracht der Festung bedeutet, die nun zwar politisch korrekt und daher friedlicher Natur ist, aber doch die Macht des Daimyo und seiner Samurai deutlich unter Beweis stellt, denn sie durfte bis 1868 natürlich nur von diesen genutzt werden. Diese Symbolik finden wir sowohl in der gewagten konstruktiven Lösung als auch in der zierlichen Anmutung der Brücke noch einmal verwirklicht. So deutet denn auch der Name der Brücke: »Kintai-kyo«, zu Deutsch »Brokatgürtel« oder »Brokatschärpe«, diskret und maleisch zugleich auf ihre unbeschwert gebogene und fein verzierte, dabei doch markante Silhouette hin.

Der Erbauer der Brücke ist der berühmte Hiroyoshi Kikkawa (1621–1679) der dritte Daimyo der Iwakuni-Sippschaft. Hiroyoshi war von seinem Entwurf derart bezaubert, dass er während der gesamten Bauzeit in Sichtweite der Baustelle Quartier bezog und dort verweilte, um den Baufortschritt persönlich beobachten

Bild links: Als könnte es nicht anders sein, steht die Kintai-Kyo-Brücke auf dem Farbholzschnitt von Katsushika Hokusai (1760–1849) von 1834 im strömenden Regen. Das Bild stammt aus der Sammlung *Seltene Ansichten berühmter japanischer Brücken*.

Bild unten: Ein Blick über die ersten beiden Bögen hin zu den Gebäuden der Samurai. Erst beim zweiten Bogen sind Stufen für den jetzt steileren Aufstieg nötig.



Die Draufsicht zeigt technische Präzision und ästhetischen Gestaltungswillen, mit denen die Oberseiten der Steinpfeiler gearbeitet sind.



und überwachen zu können. Nach beinahe vier Monaten war die Brücke am 1. Oktober 1673 fertig gestellt und konnte am 3. November desselben Jahres dem Verkehr übergeben werden.

Fünf hölzerne Kragbögen spannen sich über die vier Flusspfeiler. Die ursprüngliche Gründung der Brückenpfeiler bestand aus hölzernen Rammpfählen, die in einem Fangedamm, also in einem vor Wassereinbruch geschützten Raum ins Flussbett eingebracht wurden. Auf einer über den Pfahlköpfen liegenden Schicht aus vermauerten Bruchsteinen entstanden die Brückenpfeiler – ebenfalls als Bruchsteinmauerwerk. Eine Schwäche dieser Gründungen war, dass sie durch Auskolkung immer wieder zu Senkungen und Verschiebungen der Pfeiler führten. So wurden sie beim Wiederaufbau 1953 durch Betonfundamente ersetzt, auf dem die ursprünglichen Brückenpfeiler heute sicher stehen.

KUNSTVOLLE HOLZKONSTRUKTION.

Die beiden uferseitigen Bögen sind mit 34,80 Metern Spannweite auf je fünf hölzernen Jochen abgestützt und besonders flach, während die drei Bögen in Flussmitte als Kragkonstruktionen mit je 35,10 Metern Spannweite etwas weniger flach ausgebildet sind als die beiden anderen. Entsprechend der unterschiedlichen Bauweise der drei inneren und der beiden äußeren Bögen sind auch die

Die Holzböcke unter dem ersten, flachen Brückenbogen sind kräftig umspült, wenn der Nishiki-Fluss Hochwasser führt.



Erst wenn der Wasserspiegel sinkt, erkennt man, dass die Streben aus Holz auf Schuhen aus Werkstein stehen, damit die Balkenköpfe wieder trocknen können und nicht so schnell verfaulen.

Bodenbeläge der Überbauten so ausgebildet, dass die größere Wölbung der inneren Bögen durch flache, hölzerne Treppenstufen und die sanfte Rundung an den Uferseiten stufenlos überwunden wird. Die fünf Hauptträger für jeden der Bögen entstehen aus dem Zusammenschluss verschieden langer, als Kragarme wirkender Holzbalken, die miteinander verzapft und mit gusseisernen Klammern zusammengehalten sind. Diese Träger werden untereinander durch ein Stabwerk ausgesteift. Über diesen Trägern liegen der hölzerne Belag und das Geländer. Je nach den Anforderungen an die auf das Bauteil wirkenden Kräfte, oder dessen Verschleiß, wird einmal das Holz von japanischen Zypressen, Zelkoven (einer Ulmenart, die gerne für Bonsai-Bäumchen verwendet wird) oder Rotkiefern verwendet. Die Träger wurden – von der maßstäblichen Zeichnung weg vergrößert – als Fertigteile an Land vormontiert, mit Flößen zur Einbaustelle gebracht und dort mit Flaschenzügen angehoben und verbaut. Nägel wurden dabei nicht verwendet: Die Brücke ist also eine echte Zimmermannskonstruktion.

Im Nishimura-Samurai-Museum ist ein eindrucksvolles Modell der Brücke zu sehen. Dort werden vor allem aber die historischen Zeichnungen der alten Baumeister aufbewahrt und die zeigen auf, dass sich an Materialwahl und Bauweise seit 1673 nichts geändert hat. Besonders stolz ist die Museumsleitung dort auf ein Holzkästchen mit einem Brückenplan des 18. Jahrhunderts auf dem ein Zettel mit einer Kalligrafie klebt, die daran erinnert, dass diesen Plan sogar der Tenno, der Kaiser Japans, eingesehen und gelobt hat.

Schon am 28. Mai 1674 geben nach einer Flut erstmals drei der vier Brückenpfeiler nach und ein vollständiger, verbesserter Neubau der Brücke wurde erforderlich, der am 22. November 1674 fertig gestellt und dann am 30. November desselben Jahres feierlich eröffnet wurde. Bis 1950, also immerhin 276 Jahre lang, musste dann der hölzerne Überbau lediglich alle 36 bis 37 Jahre erneuert und der hölzerne Straßenbelag und die Geländer alle 17 bis 18 Jahre repariert werden. Die Baumeister haben es dabei immer verstanden, die ursprüngliche Form und Bauweise der Brücke zu erhalten; auch die beim Bau verwendeten

Baustoffe und traditionellen Bauverfahren sind über die Jahrhunderte weitergeführt worden und erhalten geblieben. Berühmt wurden im 20. Jahrhundert die völlige Zerstörung bei einer Überschwemmung am 14. September 1950 und der spektakuläre Wiederaufbau der Pfeiler und des Überbaus 1953. Nach konstruktiven Untersuchungen wurde der Überbau 2001–2004 zwar noch einmal komplett erneuert, doch als in der Nacht vom 6. auf den 7. September 2005 eine Überschwemmung nach einem Taifun die Brücke ungewöhnlich stark beschädigte, entschied sich die Gemeinde für einen unvergleichlich gut dokumentierten Wiederaufbau der Brücke unter wissenschaftlicher Betreuung. Historische Techniken und Baustoffe sollten bewusst erforscht und beim Wiederaufbau 2006 angewendet werden.

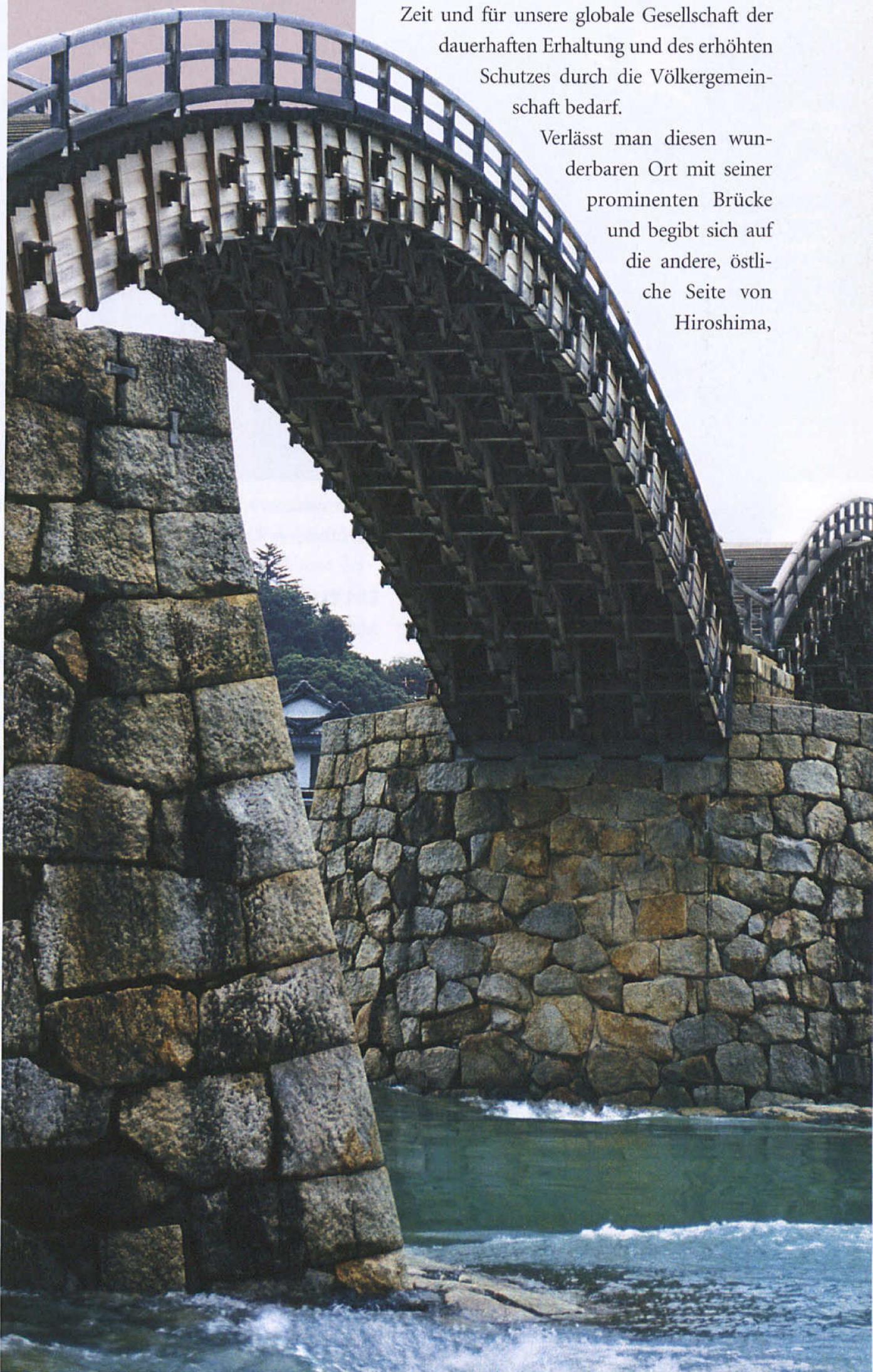
IKONE TECHNISCHER ÄSTHETIK. Heute ist die Brücke natürlich eine Berühmtheit und eine Touristenattraktion, die Menschen aus Japan und aus aller Welt anzieht. Japanische Pärchen lassen sich sogar auf dieser Brücke trauen. Zu den Besuchzeiten zwischen 9 und 18 Uhr wird ein Brückenzoll von 300 Yen (1,88 Euro) erhoben, für den man aber eine wundervolle Eintrittskarte mit einer Zeichnung der Kintai-Kyo-Brücke von Katsushika Hokusai als Andenken erhält: ein liebenswerter Hinweis darauf, wie oft doch diese Brücke in der japanischen Kunst, vor allem als Holzschnitt immer wieder als Motiv dient. So haben Künstler diese Brücke zur Ikone einer frühen technischen Ästhetik erhoben. Dabei wurde sie, einmal stilisiert als zerbrechliches Bogenwerk, in die liebliche Flusslandschaft eingefügt und ein anderes Mal taucht sie nur als Zeichen abgebildet in utopischen Umgebungen auf, oder sie ist zur leicht wieder erkennbaren Chiffre verfremdet.

Derzeit laufen Bemühungen, diese einmalige Brücke über die Ernennung zum nationalen Denkmal hinaus auch in die Liste des Weltkulturerbes der UNESCO aufzunehmen, denn auch wenn ihr heutiger materieller Bestand nicht gerade ein historischer ist, so sind doch die ursprüngliche Form und die Baustoffe der Brücke durchaus authentisch erhalten und sie ist mit traditionellen Techni-

Der elegante Schwung der Brückenbögen ist am besten in der Untersicht zu erkennen. Hier ist die komplexe Bogenkonstruktion aus fünf geschwungenen Holzträgern und den fast zierlichen Aussteifungen zwischen ihnen gut erkennbar.

ken neu erbaut: Ein typischer Fall für ein im Fachjargon »Intangible Heritage« genanntes, immaterielles Kulturgut, das durch seinen hohen technischen, historischen und künstlerischen Wert und seine heute 325 Jahre überdauernde Kontinuität vor allem in unserer Zeit und für unsere globale Gesellschaft der dauerhaften Erhaltung und des erhöhten Schutzes durch die Völkergemeinschaft bedarf.

Verlässt man diesen wunderbaren Ort mit seiner prominenten Brücke und begibt sich auf die andere, östliche Seite von Hiroshima,





gelangt man nur wenige Kilometer entfernt zunächst in die bemerkenswerte historische Altstadt von Kurashiki in der Okayama-Präfektur, von wo aus das Städtchen Kojima am Ausgangspunkt des Seto-Ohashi-Brückenzuges schnell zu erreichen ist. Auch dort gibt es etwas, das zu den diesjährigen Brückenfesten einen ausgezeichneten Beitrag leisten kann: ein wirklich nur den Brücken gewidmetes Museum, das nun sein 25-jähriges Jubiläum feiert.

Das eigenwillige Gebäude von Atsushi Ueda mit seiner einmaligen Ausstellung wurde 1983 anlässlich der Fertigstellung des ersten der drei großen Brückenzüge zwischen den japanischen Inseln Honshu und Shikoku eröffnet. Die Seto-Ohashi-Brücken verbinden

mit insgesamt 9,4 Kilometer Länge die Städte Kojima auf Honshu und Sakaide auf Shikoku über die Inlandsee hinweg.



Bild oben: Das Brückenmuseum in Kojima mit einer traditionellen japanischen Brücke im Vordergrund.

Bild unten: Blick auf das Modell im japanischen Brückenmuseum, in dem viele der in Hokusais 100 Traumbrücken dargestellten Brücken aus Japan maßstabsgetreu nachgebaut und in eine Fantasie-landschaft eingefügt worden sind.

EIN ELDORADO FÜR BRÜCKENBEGEISTERTE. Die Gebäudehülle, das eigentliche Dach des Museums, besteht aus einem breiten, etwas abgeflachten Bogen, der die Ausstellungshalle schwungvoll überspannt und an den glasverkleideten Stirnseiten von zwölf schlanken Säulen getragen wird. Das Gebäude nimmt so die Formensprache der typisch japanischen Gassho-Brücken, den auf Böcken stehenden Holzbogenbrücken auf. Das Dach kann daher auch wie eine Brücke begangen werden. Unter der mit Deckengemälden geschmückten Dachwölbung findet sich im Inneren der Halle das eigentliche Ausstellungsgebäude. Es ist eine bauliche Umsetzung des Entwurfsvorschlages für die Rialto-Brücke aus den 1570 erschienenen Architekturbüchern des italienischen Baumeisters Andrea Palladio (1508–1580), die im Mittelpunkt der Präsentation steht. Im Obergeschoss dieses eindrucksvollen, begehbaren Brückenbauwerks ist der historische Teil der Ausstellung zu sehen, während im Erdgeschoss ein monumentales Modell des gesamten Seto-Ohashi-Brückenzuges und ein Unterrichtsraum mit Experimentiertischen untergebracht sind. Zwei Galerien, vom Obergeschoss des Palladio-Baus aus erreichbar, zeigen riesige Brückenmodelle und ein großartiges Landschaftsmodell, das viele der mehr als 100 dargestellten Brücken aus Hokusais Sammlungen *Ungewöhnliche Ansichten der berühmten japanischen Brücken in allen Provinzen* und *100 Traumbrücken* in ihren einmaligen, ausdrucksvollen Umgebungen dreidimensional zeigt: ein wirklicher Glanzpunkt der Ausstellung. Eine kleine Installation zeigt die Wirkungsweise und Möglichkeiten beweglicher Brücken. Besonders beeindruckend ist der Brückenpark gegenüber der Ausstellungshalle. In einer baumbestandenen, von Gewässern durchzogenen Grünanlage sind fast alle Brückenarten als bege- und erlebbare Beispiele aus Holz gebaut: eine Pontonbrücke, Balken- und Bogenbrücken – natürlich in vielen Formen – und auch eine Schrägseil- und eine Hängebrücke sind dort zu finden.

Dieses Brückenmuseum ist trotz seiner spannenden Architektur und der außergewöhnlichen Ausstellung auch in Japan nur wenig bekannt und – vielleicht seiner Lage wegen – bislang von vorwiegend lokaler Bedeutung geblieben. Für sein Jubiläum wünschen wir auch ihm überregionale Anerkennung und viele, viele Besucher. ■■

Schleifen und Zufälle

Neue Antworten auf alte Fragen

DOUGLAS HOFSTADTER

Ich bin eine seltsame Schleife. Klett-Cotta, Stuttgart 2008, 528 S., 29,50 €

KLAUS MAINZER

Der kreative Zufall – Wie das Neue in die Welt kommt. Verlag C.H. Beck, München 2007, 283 S., 24,90 €

Kommunikation spielt sich entscheidend auch innerhalb unseres Gehirns ab. Ohne wohlgeordnete und doch auch zufallsbeeinflusste Kommunikation gibt es kein Bewusstsein, kein Ich. Physiologisch gesehen feuern die Neuronen untereinander, neurologisch-philosophisch gesehen tauschen sich Muster, Symbole mit Erlebtem in unserem episodischen Gedächtnis aus.

Von dieser Kommunikation im Ich handelt Hofstadters Buch *Ich bin eine seltsame Schleife*. Hofstadters neues Werk trägt die große Bürde seines Welterfolgs *Gödel, Escher, Bach* von 1979, das vor zwei Jahren noch einmal in der 17. deutschen Auflage erschienen ist.

Um es gleich vorwegzunehmen: Wer es noch nicht kennt, dem empfehle ich es jetzt. Es ist faszinierender, tiefsinniger, fantasievoller, weitsichtiger als sein neues, allerdings auch oft (nicht immer) komplizierter. Leidenschaftlich geschrieben ist auch das neue, und mit vielen persönlichen Erlebnissen angereichert. Thema ist die berühmte alte Frage des Abendlandes: Was ist unser Ich? Seine Antwort: Es entsteht – als seltsame Schleife – aus Symbolen und Mustern in unserem Gehirn,

die Handlungen verursachen, deren Rückwirkungen auf uns wieder neue Symbole auslösen, und so fort. »Seltsam«, weil sich Wahrnehmung mit Abstraktion und Formung von »Kategorien« verknüpft. Unser episodisches Gedächtnis behält also nicht einfach Videobilder, sondern komplexe Strukturen von Erinnerungen. Sie machen unsere Persönlichkeit aus. Aber das alles ist letztlich physiologisch bestimmt, wenn wir es wohl auch nie auf die Ebene der Moleküle/Atome reduzieren werden können.

Der Zufall kommt bei Hofstadter nicht wesentlich vor, auch einen freien Willen lässt er letztlich nicht gelten. Im Verhältnis zur heutigen hin und her wogenden Diskussion von Neurologen, Psychologen und Philosophen über Geist und Bewusstsein erscheint sein Buch, so lebendig es daherkommt, doch oft monoman. Sieht etwa nicht die chinesische Kultur die Farbe Weiß ganz anders als die europäische? Da genügt doch Farbphysiologie nicht zur Reflexion!

Klaus Mainzers Buch *Der kreative Zufall – Wie das Neue in die Welt kommt* ist das Gegenteil davon. Es »zeigt die Rolle des Zufalls in allen nur denkbaren Zusammenhängen« (laut Klappentext) – zu viel allerdings für 230 Seiten reinen Text. Im Gegensatz zu Hofstadters lebendigen Stil wirkt alles zu stark, und mitunter auch wissenschaftlich eindimensional komprimiert. Für Bachs Musik etwa bleiben drei Sätze.

Aber das Buch ist ein ausgezeichnetes, wenn auch oft anstrengender Überblick zum Thema. So erfährt man auf zwei Seiten prä-

Klaus Mainzer

Der kreative Zufall

Wie das Neue

in die Welt kommt

C.H.Beck

DOUGLAS
HOFSTADTER



Ich
bin eine

seltsame
Schleife

Klett-Cotta

nant Fähigkeiten und Grenzen des Verschlüsselungsprinzips unserer modernen Kommunikation, etwa bei Kreditkarten: Das Produkt zweier Primzahlen mit je 200 Stellen kann durch keinen vorhandenen Algorithmus in diese zwei Primzahlen zerlegt werden, also nicht geknackt werden – solange es noch keine Quantencomputer gibt. Die Quantenkryptografie selbst dagegen liefert ein absolut sicheres Verfahren. (Mehr dazu übrigens auf unserer Museums-DVD, als Audiovideobuch sozusagen: *Der Schlüssel zur sicheren Kommunikation* aus der Reihe Wissenschaft für jedermann.)

Für Mainzer gibt es einen freien Willen, letztlich zurückführbar auf ein Zufallsrauschen auch im Gehirn. Nur wahrscheinliche Trends sind vorherbestimmt. Auch hier würde man gerne mehr erfahren. Aber beide Bücher enden ja mit einer reichhaltigen Bibliografie. Dort kann man mit den gleichen Autoren, und vielen anderen, weiter kommunizieren – wenn man will. ■■

Spielwiese für Ingenieure

Fußgängerbrücken sind die neuen Prestigeprojekte europäischer Städte

Fußgängerbrücken müssen sehr viel weniger aushalten als Straßen- oder Eisenbahnbrücken. Ingenieuren und Architekten bieten sie daher mehr Freiraum zum Experimentieren.

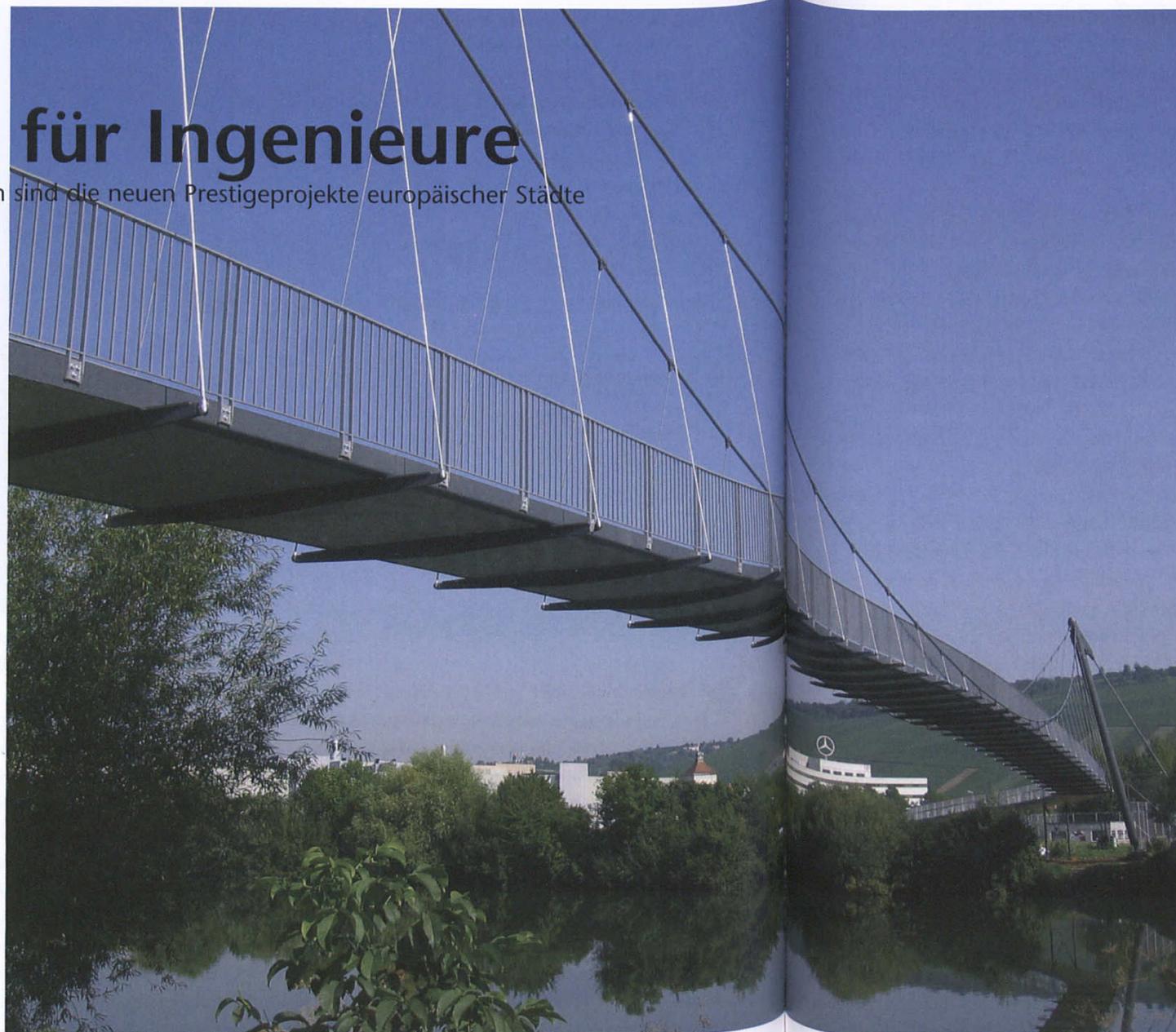
Von **Andreas Keil**

Die Berechnung von Tragwerksstrukturen hat sich in den letzten 20 Jahren rasant entwickelt. Die verfügbare Software erlaubt heute die Berechnung sämtlicher, auch noch so komplizierter Tragwerke. Die Möglichkeit, dadurch große Systeme detailgenau zu berechnen, ist Segen und Fluch zugleich. Ein »Segen«, weil mithilfe entsprechender Software das Tragverhalten schnell nachzuvollzogen werden und vor allem die Beanspruchungen quantifiziert werden können. Damit lässt sich schnell abschätzen, ob die Ideen, die man entwickelt hat, in einem wirtschaftlichen Rahmen umsetzbar sind. Es ist aber auch gefährlich, weil dies dazu führen kann, dass man erst auf Basis der Rechenergebnisse versucht, das Tragwerk zu verstehen, ohne sich vorher genauer überlegt zu haben, was bei der Berechnung herauskommen und welches qualitative Verhalten das Tragwerk haben muss. Dennoch: Die heutigen Programme animieren Architekten, neue Strukturen auszuprobieren und in Grenzbereiche vorzustoßen.

Viele öffentliche Bauherren haben die Fußgängerbrücken als Visitenkarten für ihre Städte entdeckt und versuchen, diese identitätsstiftend einzusetzen. Sie sollen einprägsame, unverwechselbare Zeichen sein. Vielerorts ausgelobte Wettbewerbe spiegeln den Wunsch der Bauherren wieder, Besonderes zu schaffen und mit extravaganten und kühnen Entwürfen ihre Städte und Landschaften zu verschönern. Das fordert Architekten und Ingenieure heraus und weckt den Ehrgeiz und die Freude, Neues und Ungewöhnliches entstehen zu lassen. Ob filigran oder monumental, ob

skulptural oder grafisch – Beispiele in der ganzen Welt zeigen, dass diese Wettbewerbe lohnen und zu spektakulären Bauwerken führen können.

Während bei Straßen- und Eisenbahnbrücken den funktionalen und technischen Qualitäten die erste Priorität eingeräumt werden und sich die Gestaltung über den technischen Weg erschließen muss, spielt bei Fußgängerbrücken von Anfang an der städtebauliche Kontext, die Linienführung und die Anbindung an bestehende Wegenetze eine ganz entscheidende Rolle.



Literatur:

Ursula Baus, Mike Schlaich, Wilfried Dechau, Fußgängerbrücken. Konstruktion Gestalt Geschichte, Verlag Birkhäuser, 2008 ISBN 978-3-7643-8138

Bild 1 (links): Hängebrücke über den Neckar in Esslingen. Leicht und weit – mit 20 Zentimeter Bauhöhe über 100 Meter.

Bild 2 (rechts): Fußgängerbrücke um ein Gebäude in Paris. Spielerischer Umgang mit den Kräften.

nach der richtigen Breite für eine Brücke. Sie sollte so bemessen sein, dass Fußgänger und Radfahrer sie, ohne sich gegenseitig zu behindern, benutzen können.

Kann eine ganz einfache Brücke mit einer minimalen Breite von fünf Zentimetern auskommen, so brauchen innerstädtische Brücken, die in Stoßzeiten große Fußgängermassen zu bewältigen haben, vielleicht zehn Meter Breite oder mehr. Für die meisten Fuß- und Radwegbrücken sind Breiten von 2,50 bis 3,50 Metern angemessen.

STATIK UND DYNAMIK. Die statischen Anforderungen werden in der Regel vorgegeben. Die Lasten, das Sicherheitskonzept und die zulässigen Spannungen werden über die Bemessungskonzepte geregelt und vorgeschrieben. Es bestehen zwar nationale Unterschiede, jedoch sind diese logischerweise nicht so ausgeprägt, dass sich das grundsätzlich auf die Art des Entwurfs auswirken könnte. Insofern ist die Diskussion über Materialien und Tragwerksform nahezu unabhängig davon, wo und nach welchen Richtlinien die Brücke gebaut wird. Generell sind drei Materialtypen im Einsatz. Die mineralischen Baustoffe wie Beton und Stein, sowie Stahl und Holz. Jeder Werkstoff hat seine spezifischen Eigenschaften, die man auch entsprechend nutzen sollte. Die Kombination unterschied-



licher Werkstoffe macht meist die Qualität der Bauwerke aus. Die sogenannte Reißlänge zeigt die Leistungsfähigkeit des jeweiligen Materials an. Sie gibt die »vertikale« Länge an, die vom Material selbst noch getragen werden kann. Sie ist unabhängig von der Fläche und nur vom spezifischen Gewicht und von der Widerstandsfähigkeit des Materials abhängig.

Kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe haben ein großes Potenzial für den Leichtbau, da ihre Reißlänge einem Vielfachen der von Stahl



Bild 3: Fußgängerbrücke in Bad Homburg. Maste aus Grantblöcken tragen den Betonüberbau.

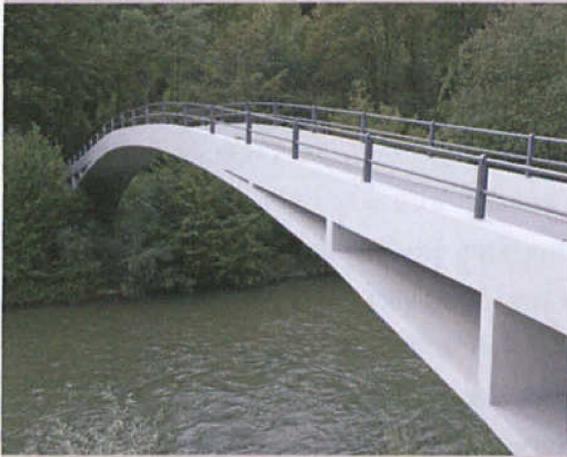


Bild 4: Einfach und effizient wirkt der Tösssteg bei Wülfigen.

Bild 5: Hafenbrücke in Barcelona/Spanien. Die Fachwerkkonstruktion suggeriert einen Innenraum.



entspricht. Allerdings muss ihr Einsatz so erfolgen, dass die Beanspruchung möglichst in Faserrichtung stattfindet, dann führt der Einsatz dieses Werkstoffs zu einem extrem geringen Materialeinsatz. An der TU Berlin wird im Rahmen eines Forschungsprojekts untersucht, wie dieser Werkstoff bei Spannbandbrücken, bei denen sehr hohe Zugkräfte auftreten, sinnvoll eingesetzt werden kann. Durch den Einsatz sehr dünner Lamellen mit einer Dicke von 0,1 Millimetern kann eine sehr geringe Biegesteifigkeit erreicht werden und somit das Verankerungsproblem elegant gelöst werden.

Neben den neuen Werkstoffen kann es aber auch durchaus interessant sein, mit den heutigen Berechnungsmethoden (Volumenelemente) ältere Werkstoffe zu reaktivieren und sie in Verbindung mit neuen Werkstoffen zu leistungsfähigeren Tragstrukturen zu kombinieren.

Zwei Beispiele: Bei einer Brücke in Bad Homburg (Bild 3) wurde ein sehr widerstandsfähiger Granitstein, der mit hochfestem Beton mühelos konkurrieren kann (Bruchfestigkeit > 200 Mpa), für die Maste eingesetzt. Um dessen Tragfähigkeit zu optimieren, wurden die einzelnen gefrästen Blöcke mit hochwertigen Stahlstäben zusammengespannt. So entstand ein sehr komplexes Tragwerk, dessen Statik dank der heute verfügbaren, computergestützten Methoden exakt berechnet werden konnte. Inspiriert von dieser Konstruktion wurde im Rahmen eines Wettbewerbs für eine Brücke in Lyon, zusammen mit Feichtinger Architectes in Paris, eine neuartige, vorgespannte Steinbrücke entwickelt. Dort wurden die Spannglieder nach außen gelegt. So sind sie gut inspizierbar, auch auswechselbar und dienen als Auflager für den außen angeordneten, transparenten Gehbelag. Die Granitblöcke untereinander sind mit einem schwindarmen Mörtel verbunden.

Bei Fußgängerbrücken gibt es selten sehr große Spannweiten, sodass sich die Frage nach den Grenzen der Tragsysteme bei Fußgängerbrücken anders stellt als bei den Großbrücken im Straßenbau oder im Eisenbahnbrückenbau. Während man im Großbrückenbau nach Spannweiten jagt, ob nun gerechtfertigt oder nicht, und dort die Grenzen eher über die Spannweiten definiert werden, dominiert bei Fußgängerbrücken mehr die Frage wie schlank, wie leicht und auch wie kühn kann man eine Fußgängerbrücke konstruieren, wie lassen sich Tragsysteme interessant kombinieren und wie weit lassen sich Tragsysteme ausreizen?

BALKEN- UND FACHWERKBRÜCKEN. Biegetragwerke, die aus massiven konstanten Querschnitten bestehen, sind vom Materialeinsatz her sehr ineffizient. Sie können sich selbst auffressen, da sie viel unnötiges Material und damit Gewicht besitzen. Deshalb ist es bei Balkenbrücken folgerichtig, das Material dort wegzunehmen, wo man es nicht braucht und dort, wo man es braucht, hinzuzufügen. Da sich durch die Wegnahme von Material nicht nur das Gewicht, sondern auch die Steifigkeiten und damit bei statisch unbestimmten Systemen die Beanspruchungen ändern, kann man durch die geschickte Wahl sehr unterschiedlich optimierte Querschnittsformen erhalten. Ältere Beispiele machen uns vor, wie Funktion, Wirtschaftlichkeit und Form in perfekter Art und Weise zusammengebracht werden können (Bild 4).

Fachwerkbrücken verzichten auf unnötiges Material, da sie im Wesentlichen nur axial (auf Zug oder Druck) beanspruchte Bauteile haben und daher schon einmal wesentlich effizienter und leistungsfähiger als normale Balkentragwerke sind. Allerdings wirken derartige Konstruktionen sehr schnell gedrungen und beeinträchtigen mit ihren Diagonalen und Pfosten die Transparenz und Filigranität. Sie können aber bei größeren Spannweiten durch ihre dominante Gestalt und ihre konstruktive Präsenz prägenden Charakter haben und werden oft dann eingesetzt, wenn man Brücken eine innenräumliche Anmutung verleihen möchte (Bild 5).

SCHRÄGKABELSYSTEME. Das Schrägkabelsystem wird bei Straßenbrücken mit größeren Spannweiten häufig eingesetzt, da sie dadurch sehr wirtschaftlich und vergleichsweise einfach zu bauen sind. Schrägkabelsysteme erreichen im Straßenbrückenbau mittlerweile Spannweiten, die lange Zeit nur den Hängebrücken vorbehalten waren. Entscheidend für diese Entwicklung ist das Verhältnis Eigengewicht/Dehnsteifigkeit der Schrägkabel, das durch den Verzicht auf Zementmörtel als Korrosionsschutzverfüllung der Kabel deutlich verbessert wurde. Der Steifigkeitsabfall

infolge des Durchhangs von Seilen, deren Länge bis zu 500 Meter betragen kann, wird reduziert. Noch günstiger wäre es, wenn es gelänge, Werkstoffe einzusetzen, die bei gleicher oder höherer Festigkeit ein geringeres Gewicht haben, wie zum Beispiel ein kohlestofffaserverstärkter Kunststoff (siehe: »Reißlänge«). Die Versteifung der Schrägseile könnte durch zusätzliche Koppelseile erreicht werden. Dies ist zwar effizient, allerdings muss beim Entwurf darauf geachtet werden, dass es zu keinen visuellen Überschneidungen der Seilelemente kommt.

HÄNGE- UND SPANNBANDBRÜCKEN. Statisch gesehen kann man die Hängebrücken (sofern rückverankert) und Spannbandbrücken zusammenfassen. Es sind hoch effiziente Tragwerke, da sie in ihrer Form exakt dem Momentenverlauf folgen und die Zugelemente keine Stabilitätsprobleme kennen. Beide Typen tragen ihre Kräfte über Hängetragglieder ab, mit dem Unterschied, dass bei der Spannbandbrücke die Gehfläche der Hängelinie folgt und bei der Hängebrücke diese vom Tragseil entkoppelt ist. Damit wird bei der Spannbandbrücke die Form durch die funktionalen Anforderungen (Steigungsverhältnis) an die Gehfläche bestimmt. Da Steigung/Geometrie und Seilkraft voneinander abhängen, wird über die maximal zulässige Steigung auch die minimal mögliche Seilkraft definiert.

Da insbesondere die Einleitung der horizontalen Kräfte sehr aufwändig und kostenintensiv ist, sind diesem Brückentyp Grenzen gesetzt. Der Einsatz neuer Materialien vereinfacht zwar die Problematik der Biegespannungen an den Umlaufpunkten, kann aber das Verankerungsproblem nicht entschärfen. Zwar gibt es gebaute Beispiele mit Spannweiten bis zu 136 Metern (Bild 6), allerdings auch mit Steigungsverhältnissen, die den heutigen »normalen« Anforderungen an behindertengerechtes Bauen nicht entsprechen. Bei Steigungsverhältnissen von ca. acht Prozent an den Enden hat man mit Spannweiten von 40 bis 50 Metern eine Grenze erreicht, ohne dass sehr aufwändige Fundamente für die Zugkräfte notwendig werden. Größere Spannweiten sind nur mit einer Trennung von Zugelement und Überbau möglich – man erhält dann die klassische Hängebrücke. Deren möglichen Spannweiten werden im Wesentlichen von der Leistungsfähigkeit der Zugglieder bestimmt.

Betrachtet man die rein vertikale Lastabtragung, so ist man selbst bei großen Fußgänger-Hängebrücken noch lange nicht an die Grenzen des Machbaren gestoßen. Da die Fußgängerbrücken gegenüber Straßenbrücken sehr viel schmaler sind, spielt bei großen Spannweiten der horizontale Lastabtrag eine entscheidende Rolle. Fußgängerbrücken, deren Spannweite 250 bis 300 Meter überschreiten und die eine gängige Gehbreite von drei bis fünf Metern aufweisen, benötigen zusätzliche Querversteifungen in Form von Schrägabspannungen oder horizontal liegenden Hängeseilen.

Gebaute Beispiele wie die Millenniumsbrücke in London zeigen (Bild 7, Seite 32), dass es technisch auch möglich ist, das f/L Verhältnis (Verhältnis von Abspannungshöhe f zur Länge L) bis zu einer Größe von weniger als 1:60 auszureizen. Dass hierbei ein enorm schlank und elegant wirkendes Bauwerk entstanden ist, bleibt unbestritten, doch benötigte die Verankerung der sehr großen Seilkräfte gewaltige, kostenintensive Gründungskörper. Mit den Seilen und den Fundamentkörpern der Millenniumsbrücke könnte man eine »klassische« Hängebrücke ($f/L = 1/10$) mit einer Mittelspannweite von immerhin 930 Metern umsetzen.

Damit verändern sich zwar grundlegend die Beanspruchungen für den Überbau und dessen Auslegung, es eröffnen sich aber auch neue und interessante Möglichkeiten von Tragwerken.

Lange Zeit war es nicht möglich, solche räumlichen Systeme statisch und auch geometrisch zu erfassen und umzusetzen. Mit der Entwicklung leistungsfähiger Berechnungs- und Konstruktionssoftware haben sich die Grenzen des Machbaren deutlich verschoben. Richtig eingesetzt erlauben diese Programme eine nie dagewesene Entwurfsvielfalt von kombinierten Tragsystemen.

BOGENBRÜCKEN. Bogenbrücken, seit jeher die expressivste Form des Brückenbaus, haben mit einem wesentlichen Problem zu kämpfen: der Stabilität. Die Sicherheit gegen Ausknicken dominiert die Wahl des richtigen Bogenquerschnitts, wobei dem Ausknicken des Bogens aus der Bogenebene heraus die weit größere Beachtung geschenkt werden muss, sofern der Bogen nicht

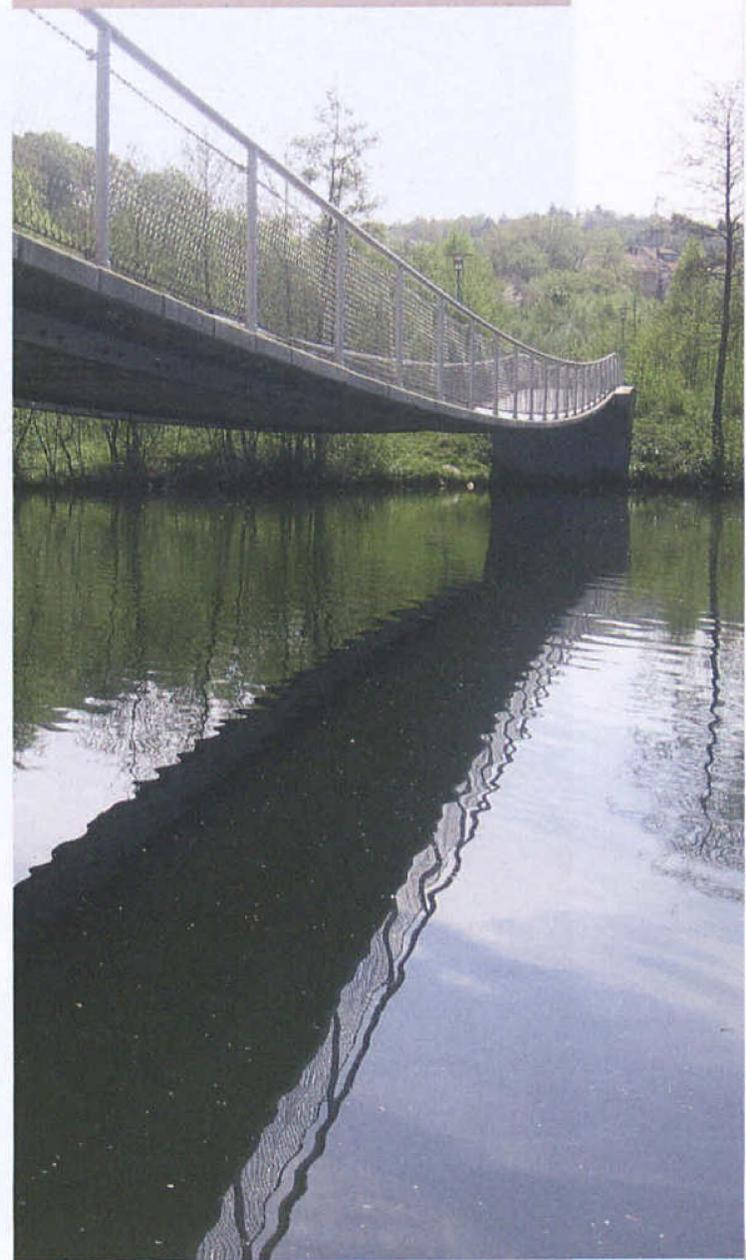


Bild 6: Spannbandbrücke über die Enz bei Pforzheim. Der Gehbelag folgt der Hängelinie.

Galileo Galilei prägte als Erster den Begriff der »Reißlänge«. Sie ist definiert durch das Verhältnis von Zugfestigkeit R_m zum Produkt aus Dichte p und Erdbeschleunigung g . Die Länge wird meist in Kilometer angegeben. Die Reißfestigkeit ist eine charakteristische Materialeigenschaft. Es handelt sich dabei um diejenige Länge, bei der ein »freihängender Querschnitt« (zum Beispiel ein Draht) eines Stoffes durch sein Eigengewicht an der Befestigung abreißt.



Bild 7: Die Millenniumsbrücke in London/England. Die spektakuläre Hängebrücke wirkt grazil und elegant, benötigt allerdings aufgrund der großen Seilkräfte massive Fundamentkörper.

räumlich gekrümmt ist. Bei der Anordnung von zwei Bögen können sich diese gegenseitig helfen, indem sie zueinander geneigt und/oder über eine biegesteife Konstruktion verbunden werden.

Die vielfältige Auseinandersetzung mit diesem Tragwerkstyp sowie der Wunsch, ganz besondere, einmalige Ikonen zu schaffen, hat aber auch Ergebnisse hervorgebracht, die schon vom Ansatz her falsch sind, da sie nicht der idealen Bogenform, der Stützlinie, folgen. Dies hat äußerst negative Auswirkungen auf den Bogenquerschnitt und den Materialeinsatz. Während man beim idealen Bogen keine Biegemomente und nur Normalkräfte entstehen, treten beim »falschen« Bogen auch Biegemomente auf, die dazu führen, dass man ein Vielfaches an Material braucht. Um mit Bogen wirklich in Grenzbereiche vorstoßen zu können, ist die ideale Stützlinie die erste Voraussetzung für den Entwurf.

Betrachtet man zuerst die geradlinigen Bögen, dann sind, wie das Beispiel der Rhein-Brücke Weil zeigt, Spannweiten von weit über 200 Metern möglich, sofern sich genügend



Bild 8: Campo de Volantín in Bilbao/Spanien.

Quersteifigkeit erreichen lässt. Bei gekrümmten Bogenbrücken sind die Stabilitätsverhältnisse wesentlich günstiger, da die räumliche Krümmung dem Bogen die nötige Steifigkeit verleiht. Das führt auch bei größeren Spannweiten zu sehr schlanken und transparenten Bogenquerschnitten – sofern eine vorgeschaltete Formfindung die Bogengeometrie bestimmt (Bild 8).

BEWEGLICHE BRÜCKEN. Bei weniger stark frequentierten Fußgängerbrücken kann es gerade im Hinblick auf lange Rampenbauwerke, die oft notwendig werden, um die Lichtraumprofile freizuhalten, wirtschaftlicher sein, bewegliche Brücken umzusetzen.

Sie sind für die Planer ein sehr reizvolles Thema, da zu der statischen Komponente die bewegliche noch dazu kommt. Das eröffnet ganz neue Möglichkeiten, erfordert aber auch die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit den Ingenieuren des Maschinenbaus, wenn sich die Brücken möglichst spektakulär heben, drehen oder klappen sollen. Es gibt viele kleine (Bild 9) aber auch große, stadtbildprä-

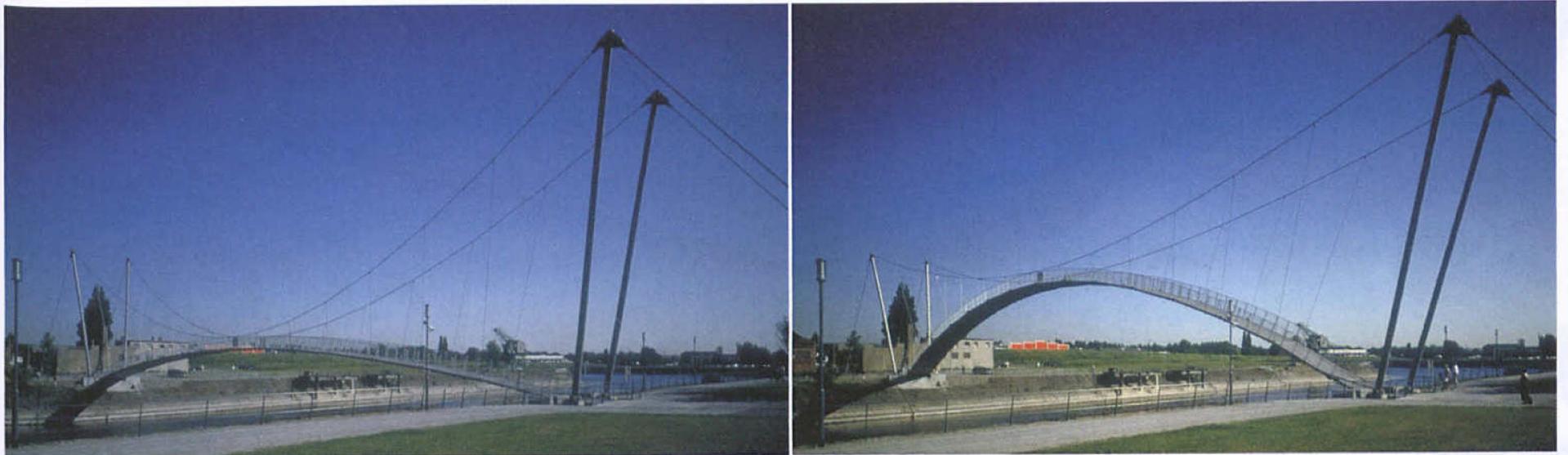


Bild 9: »Katzbuckelbrücke«, Innenhafen Duisburg. Durch Zurückziehen der Abspannseile hebt sich die Brücke.

gende Beispiele. Ihre Bewegungsvorgänge sind oft spektakulär und üben eine große Anziehungskraft aus.

Im Gegensatz zu den beweglichen Brücken behalten bei adaptiven Systemen die Tragwerke ihre volle Funktionstüchtigkeit bei. Sie sind in der Lage, auf kurzzeitige oder auch langfristige Veränderungen in der Beanspruchung zu reagieren, um die Gebrauchstauglichkeit zu gewährleisten.

Bei allen Bemühungen, neue Berechnungsmethoden und Werkstoffe zu entwickeln und die dynamischen Effekte zu erforschen, letztlich entscheidet doch vor allem der Entwurf des Tragwerks selbst über Effizienz, Eleganz und Wirtschaftlichkeit einer Brücke.

Die Entwurfsarbeit an komplexen Tragssystemen setzt ein profundes Verständnis des Tragverhaltens voraus. Das gilt insbe-

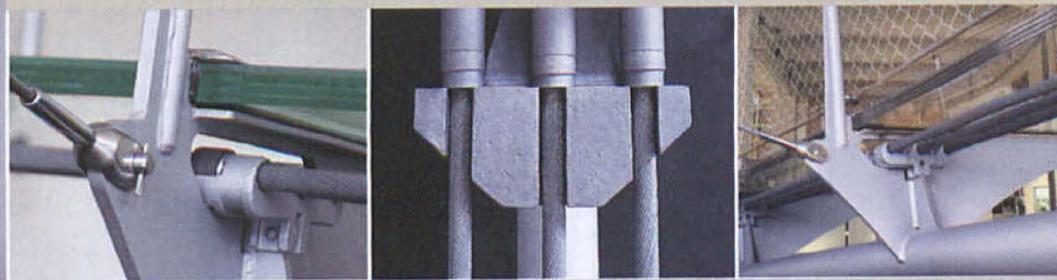
sondere, wenn man in Grenzbereiche vorstoßen möchte. ■■

DIPL.-ING. ANDREAS KEIL ist Mitglied der Geschäftsführung des Ingenieurbüros Schlaich, Bergemann & Partner, das übrigens auch die Brücke in der Ausstellung Wasser- und Brückenbau im Deutschen Museum geplant und realisiert hat.

Anzeige



un-sichtbares
verstehen





Schaukelnde Brücken

Hängebrücken verbinden auch weit entfernte Ufer, sie erreichen die größten Spannweiten und dennoch wirken sie wie keine andere Brückenart leicht und anmutig. Aber diese Leichtigkeit hat ihre Grenzen. Missachtet man sie, können gefährliche Schwingungen zur Katastrophe führen.



Die Tacoma-Brücke bei ihrem Einsturz.

Im November 1940 stürzte in Amerika eine der längsten Hängebrücken der Welt in sich zusammen: die Tacoma-Brücke. Sie verband die beiden Ufer der Meeresbucht »Puget Sound« im Bundesstaat Washington. Wie keine Brücke zuvor sollte sie besonders elegant und leicht wirken. Die Fahrbahnplatte war im Verhältnis zur enormen Spannweite unglaublich dünn.

Schon bald nach ihrer Fertigstellung wurde sie bekannt, weil sie auffällig stark auf und ab schwang. Viele Leute mieden deshalb die Brücke, andere jedoch zog sie gerade deshalb an – aus Neugier und Abenteuerlust. Schon bald bekam sie einen Spitznamen: »Galloping Gertie« (die galoppierende Gertie).

Wenn der Wind weht...

Bei starkem seitlichem Wind geschah dann die Katastrophe. Anfänglich leichte Schwingungen schaukelten sich durch den beständigen Wind immer mehr auf, riesige Wellen schüttelten die Brücke. Teilweise waren die Fahrbahnen über neun Meter aus ihrer normalen Lage gelenkt. Schließlich konnte das Material nicht mehr standhalten und die Tacoma-Brücke brach in sich zusammen. Ein Kamerateam filmte die Katastrophe, bei dem glücklicherweise niemand zu Schaden kam. Diese Bilder wurden weltberühmt.

Riesige Kinderschaukel

Warum kam es zu diesem Unglück? Schließlich war es kein Orkan, der an der Brücke zerrte, sondern ein stürmischer Wind der Stärke acht. Wieso können sich Schwingungen so weit hochschaukeln, dass eine Brücke bricht?

Vergleichen kann man die Tacoma-Brücke tatsächlich mit einer Schaukel auf dem Spielplatz: Wollen wir einen Spielkameraden wirklich hoch schaukeln lassen, müssen wir ihn genau im richtigen Moment anschubsen.

Bei der Tacoma-Brücke trafen die Schwingung der Brücke und die Verstärkung dieser Schwingung durch den Wind so unglücklich zusammen, dass die Schwingung immer mehr zunahm. Die Fachleute sprechen dann von einer »Resonanzkatastrophe«. Seit dem Zusammenbruch der Tacoma-Hängebrücke müssen Modelle von zukünftigen Brücken im Windkanal getestet werden.

Auch eine Ansammlung vieler Menschen kann ein solches Unheil auslösen, und zwar, wenn diese im Gleichschritt über Brücken marschieren – so geschehen 1850 in Frankreich. Über 200 Soldaten fanden den Tod als sich die Saane-Brücke soweit aufschwang, dass sie brach. Seitdem heißt es beim Überqueren nicht mehr »im Gleichschritt Marsch!«, sondern »ohne Tritt Marsch!«.

Die längste Brücke »hängt« in Japan:

Sie hat eine Gesamtlänge von fast vier Kilometern und eine freie Spannweite von 1991 Metern – die Akashi-Kaikyo-Brücke. Beim Bau musste einiges bedacht werden, denn das Gebiet ist sehr erdbebengefährdet. Auch Taifune treten regelmäßig auf und die Meeresströmung zwischen den Inseln, die die Brücke verbindet, ist sehr stark. Man baute die tragenden Pfeiler 60 Meter tief in den Meeresboden und fügte schwingungsdämpfende Bauteile ein.

Gehüpft wie Gesprungen

Im Deutschen Museum kannst du eine Brücke zum Schwingen bringen!

Mitten im Deutschen Museum steht eine Brücke. Sie überwindet zwar keinen Fluss oder Graben, ist aber dennoch eine Überquerung wert: sie hat eine Spannweite von 27 Metern, ein Gewicht von fast 15 Tonnen und einen nahezu sieben Meter hohen Mast.

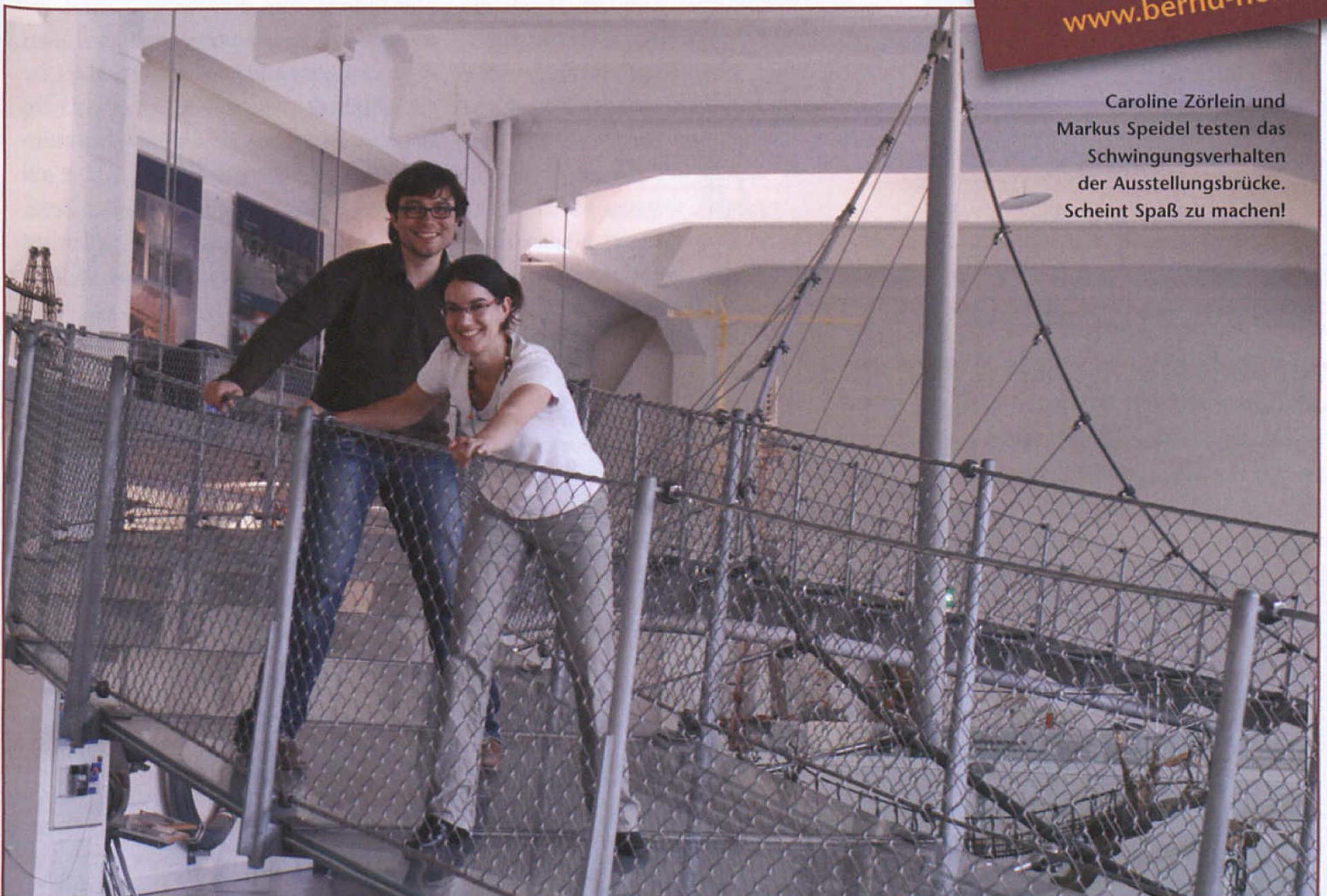
Diese Brücke schwingt in einem großen Bogen durch den Raum und ist mit Stahlseilen an einem Mast aufgehängt, der mit dem Boden nur locker über ein Gelenk verbunden zu sein scheint. Doch das ist nur ein Teil, der die Brücke hält. Unter den Gehplatten verborgen sind drei Stahlseile, sogenannte Zugseile sowie ein Druckstab angebracht, die den Bogen der Brücke von ihrem einen Ende zum anderen nachzeichnen. 16 Meter tief unter der Erde wurden die Pfahlfundamente zur Sicherung des Mastes im Isarbett verankert.

Wenn du magst, kannst du die Brücke, deren Boden aus 23 Glasplatten besteht, betreten und dabei ein Experiment wagen. Durch Gehen oder Hüpfen bringst du die Brücke zum Schwingen. (Keine Sorge, sie stürzt nicht ein!) Die Schwingungen der Brücke werden mit Videokameras aufgezeichnet, anschließend werden die Bilder von Computern ausgewertet und die Stärke der Schwingungen dann anhand einer Kurve an die Wand projiziert. Zusätzlich sind an der Stelle, an der der Mast mit dem Boden verbunden ist, Druckdo-

sen eingebaut. Diese Instrumente können den Druck messen, die der Mast auf den Boden ausübt. Die Messergebnisse werden auf einer Anzeige dargestellt. So kann jeder ausprobieren welche Belastungen eine Brücke aushalten muss, wenn eine Person, eine Familie oder eine Schulklasse sie begehen oder auf ihr herumhüpfen.

WEBTIPP
Spannend geschriebene Informationen über Brücken findest du auf der Website des Bauingenieurs und Brückenfans Bernd Nebel:
www.bernd-nebel.de

Caroline Zörlein und Markus Speidel testen das Schwingungsverhalten der Ausstellungsbrücke. Scheint Spaß zu machen!



Mauerwerk aus einem Guss

Tempel und Hafenanlagen, Aquädukte und Brücken haben etwas gemeinsam. Es gab sie bereits im alten Rom, und sie bestehen aus künstlichem Stein: Römischen Beton. Später geriet der Baustoff in Vergessenheit. Wiederentdeckt wurde er erst im 18. Jahrhundert von dem Engländer John Smeaton.



Aus Beton ließ Kaiser Hadrian um 125 n. Chr. die Kuppel des Pantheon in Rom fertigen. 1600 Jahre lang war sie die größte Kuppel der Welt.

Das Rezept für Beton ist recht einfach, die Natur liefert alle Zutaten: Sand, Kies, Wasser und vor allem Zement. Denn dieser ist das sogenannte Bindemittel, welcher Sand und Steinchen miteinander zu einem harten Gebilde vereint. Und das geschieht gerade in Gegenwart von Wasser, denn der Baustoff braucht keine Luft, um sich zu festigen. Deswegen nennt man Zement auch ein hydraulisches Bindemittel. Der Begriff leitet sich von dem lateinischen Begriff »opus caementicium« ab und bedeutet soviel wie »das Werk mit den Zuschlagstoffen«. So nennt man die beigemischten groben Steine und den Kies.

Die Römer kannten bereits den Grundstoff für einen natürlichen Zementleim, der ihrem Mauerwerk Festigkeit verlieh: Puzzolanerde. Sie ist vulkanischen Ursprungs und verdankt ihren Namen dem Ort Puzzoli, er liegt in Italien zwischen Rom und Neapel.

In der Puzzolanerde sind chemische Verbindungen enthalten, die aus den Elementen Silizium, Kalzium und Sauerstoff bestehen, sogenannte Kalziumsilikate, sie sind der Grundstoff für den späteren festen Stein. Damit sich diese Elemente verbinden, sind allerdings sehr hohe Temperaturen notwendig. Die finden sich in den heißen Vulkanen, dort reagieren Kalzium aus Kalkstein und Silizium aus dem Ton zu Puzzolanerde.

VOM LEIM ZUM STEIN

Heutzutage sind die Menschen nicht mehr auf Vulkane angewiesen, denn mittlerweile gibt es spezielle Öfen, mit denen sich diese hohen Temperaturen von fast 1500 Grad Celsius erreichen lassen. 1824 gelang es dem Engländer John Aspdin, den ersten künstlichen Zement herzustellen.

Rührt man dieses noch trockene Bindemittel mit Wasser an, geschieht etwas – zunächst Unsichtbares – mit dem Zement: Seine Inhaltsstoffe, die

Kalziumsilikate, verhalten sich wie ausgetrocknete Schwämme und saugen die Wassermoleküle regelrecht auf. Mit Hilfe der Wasserteilchen können nun kleine Kristalle entstehen, die Kalziumsilikate beginnen, ein festes Netzwerk aufzubauen. Das Zementkörnchen zerrt das Wasser immer weiter ins Innere, und schließlich hat sich das ganze Korn in einen festen Kristall verwandelt, und auch die darum liegenden Körnchen werden miteinander verklebt. Dann ist der Zement ausgehärtet. Er hat sich vom Zementleim zum Zementstein verwandelt. Die größeren Kies- und Sandkörner sind darin eingebettet und fest umschlossen – fertig ist der künstliche Stein.

Gerade für Brücken, Häfen oder Fundamente für Bohrrinseln war und ist Beton, dank dem hydraulischen Bindemittel Zement, ein genialer Stoff. Befestigungen auch unter Wasser zu erstellen, macht Beton besonders für diese Bauwerke unersetzlich. Er kann nicht in Flammen geraten wie Holz und ist eben steinhart. Für weit gespannte Brücken wird er mit Stahl zu Stahlbeton kombiniert: Der Beton hält hohem Druck stand und der Stahl bringt eine weitere wichtige Eigenschaft mit, die Zugfestigkeit.





Ob die Brücke aus Papier eine Tasse trägt?
Probier es aus!

TRICK 2: ROLLEN. Auch das Einrollen von Papier erhöht seine Tragfähigkeit. Am Besten rollst du das Papier um einen Stift, so kannst du sehr gleichmäßige und dünne Röhren produzieren, die sich zu filigraneren Bauwerken verbinden lassen. Damit lassen sich nicht nur Stützen und Pfeiler, sondern auch ganze Tragwerkskonstruktionen anfertigen.

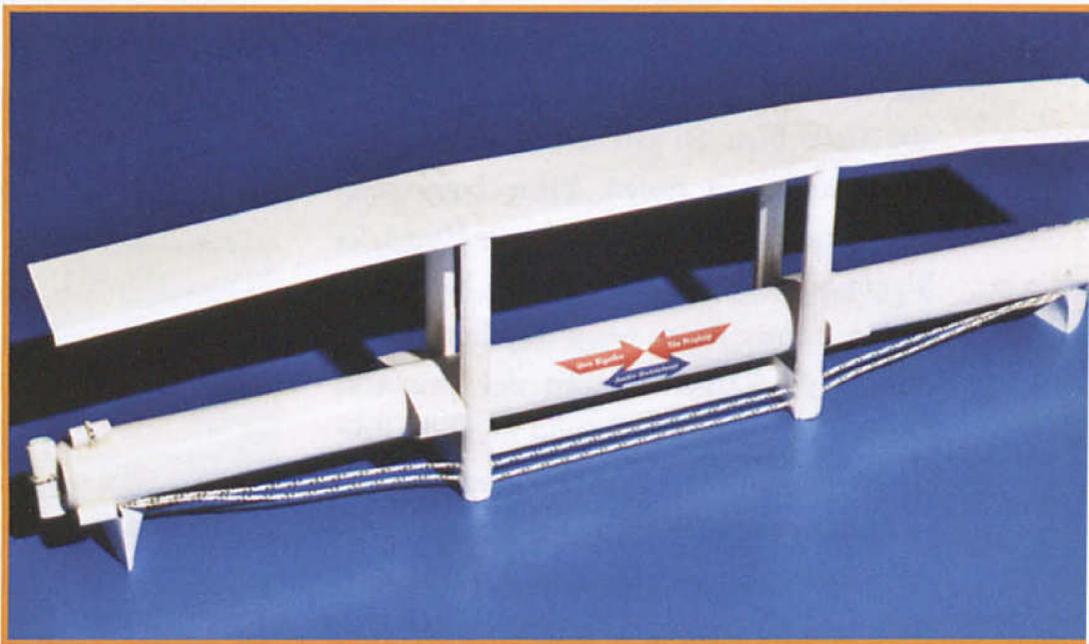
Schicke dein Foto per E-Mail an:

MikroMakro@folio-muc.de

oder per Post an:

»MikroMakro«, c/o 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!



Vor acht Jahren schafften drei Bauingenieurstudenten der Ruhruniversität Bochum mit einer Papierbrücke sogar den Eintrag ins Guinnessbuch der Rekorde: Die Brücke selbst wog 237 Gramm und konnte eine Last von 284,5 Kilogramm tragen!

**NUR WER
MITMACHT,
KANN
GEWINNEN!**

JETZT BIST DU DRAN!

Brücken kann man nicht nur aus Beton, Stahl oder Holz bauen.

Selbst aus den leichtesten Materialien lassen sich wahre

Meisterwerke der Baukunst herstellen, wenn man richtig mit dem Baumaterial

umgeht. Auch der Werkstoff Papier ist erstaunlich stabil. Ein

normales Blatt Papier kann nicht viel Gewicht tragen. Recht schnell verliert es die Form, reißt und bricht zusammen. Wendet man jedoch ein paar Tricks an, kann eine Papierbrücke das Vielfache ihres eigenen Gewichts tragen. Zwei dieser Tricks wollen wir dir vorstellen und dann bist du dran: Bau eine Brücke aus Papier, Klebstoff und Bindfaden, die nicht nur viel Gewicht tragen kann, sondern auch noch schön aussieht. Mach ein Bild davon und schick es uns. Die schönsten und stabilsten Brücken gewinnen.

TRICK 1: FALTEN. Wenn man ein Blatt Papier wie eine Ziehharmonika faltet, gewinnt es an Stabilität und ist dadurch in der Lage, deutlich mehr Gewicht zu tragen. Zusätzlich kann man jetzt oben und unten jeweils noch ein weiteres Blatt ankleben und erhält so ein sehr stabiles Brückenbauteil.

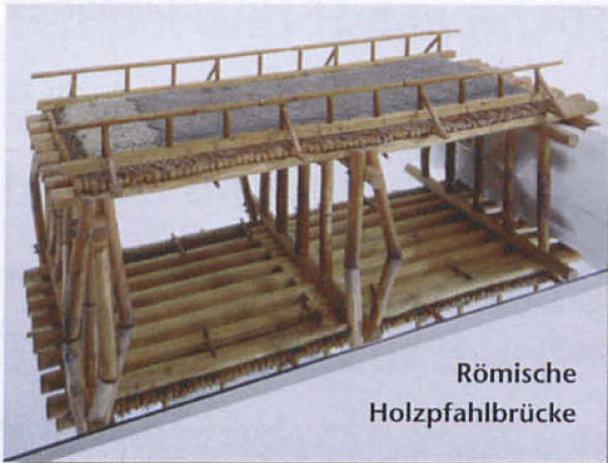
»Der Wetterfrosch« – die Gewinner:

Des Rätsels Lösung aus MikroMakro 2/2008 lautete: **Der Frosch muss auf die achte Stufe klettern.**

Je einen Kosmos-Baukasten gewonnen haben: Immanuel Sander aus Eichenau, Anne-Sophie Haugg aus Gauting, Paul Schwaiger aus Stephanskirchen

HERZLICHEN GLÜCKWUNSCH!

Eine Brücke in zehn Tagen



Römische
Holzpfehlbrücke

Im Jahre 54 v. Chr. stand Gaius Julius Cäsar mit seinen Truppen in der Nähe des heutigen Bonns. An dieser Stelle wollte er den Rhein überschreiten. Doch der Fluss war hier rund 400 Meter breit. So gab er den Auftrag, eine Überquerung zu bauen. Zehn Tage später stand eine Holzpfehlbrücke, die die Fluten des Rheins überwand. Solche Brücken bauten die Römer immer dann, wenn es schnell gehen musste, die Dauerhaftigkeit des Bauwerks nicht so entscheidend war und wenn die Brücke nicht besonders schön sein musste.

Zum Bau wurden zunächst Lotpfähle senkrecht in das Flussbett gerammt. Davon gab es mehrere Reihen, die im Abstand von ein paar Metern entstanden und von der einen Seite des Flusses bis zur anderen Seite reichten. Anschließend verbanden die römischen Brückenbauer die in einer Reihe stehenden Pfähle mit einem Querbalken. An diese wurden ein paar schräg stehende Pfähle zusätzlich angebracht, um das Bauwerk zu stützen.

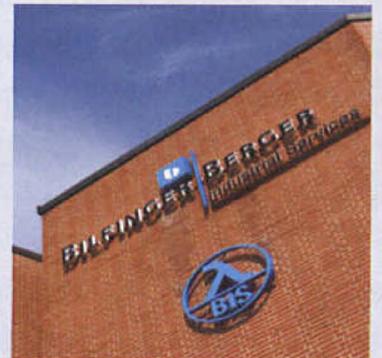
Gefährlich für die Stabilität einer Brücke ist die Strömung des Flusses und Treibgut. Um die Holzbrücke vor solchen Schäden zu bewahren, wurden an die äußersten Pfähle jeder Reihe auch schräge Pfähle angebracht. Zum Schluss verband man die Reihen und legte auf die Querbalken Längsbalken. Nach dieser Arbeit waren die Flussufer schon miteinander verbunden. Auf die Längsbalken

legte man nochmals Rundhölzer quer, um der Brücke mehr Stabilität zu geben und die Oberfläche zu ebnen. Zu guter Letzt wurde

darauf noch eine dicke Erdschicht aufgetragen. Nun konnten Cäsars Truppen den Rhein überwinden.

Anzeige

 **BILFINGER BERGER**
Industrial Services



Wir sind so interessant wie München

Besuchen Sie uns! Am 19./20. Juli 2008
auf der „Wirtschaftsmeile“ am Stachus

Die Bilfinger Berger Industrial Services AG (BIS AG) gehört mit mehr als 21.000 Mitarbeitern in Europa und Nordamerika zu den renommiertesten Unternehmen für industrielle Serviceleistungen und Instandhaltung. Gegründet 1887 und seit 25 Jahren mit Hauptsitz in München, erzielte die BIS AG 2007 eine Gesamtleistung von über 1,7 Mrd. Euro.

Wir danken München und den Münchnern für die ausgezeichnete Arbeitsatmosphäre! Zum Jubiläum unterstützen wir als Partner der Stadt die Job-Initiative „850 Talente für München“.

Bilfinger Berger Industrial Services AG
Gneisenaustraße 15, 80992 München
www.BIS.bilfinger.com

Solutions for Industrial Services

BIS AG ist Premium Partner des 850 Stadtgeburtstages



Statue von
Julius Cäsar

Historische Galerie

Gedenktage technischer Kultur: Juli bis September 2008

Manfred von Weiher

5.7.1833

In Chalons sur Saône, Frankreich, stirbt der Erfinder der Fotografie Joseph Nicéphore **Niépce**. Seit 1822 nach einem Verfahren suchend, die von einer Camera obscura wiedergegebenen Lichtbilder dauerhaft zu fixieren, gelingt ihm nach einstündiger Belichtungszeit auf einer mit Asphalt beschichteten Zinkplatte 1827 die **erste beständige Fotografie**. Zwei Jahre später bindet er sich vertraglich an den Schausteller Louis J. M. Daguerre, um mit ihm seine »Héliographie« genannte Technik so weit fortzuentwickeln, dass sie der Öffentlichkeit als ausgereiftes Verfahren präsentiert werden kann – was Niépce selbst nicht mehr erlebt: 1839 gibt der Physiker Dominique F. J. Arago die nun abgeschlossene Erfindung der Fotografie unter der Bezeichnung »**Daguerreotypie**« bekannt – der Name des tatsächlichen Erfinders bleibt »unterbelichtet«!

10.7.1908

In Hildesheim nimmt das **erste automatische Fernsprechamt** Deutschlands seinen Betrieb auf. Der mit einer US-amerikanischen Lizenz ermöglichte Selbstwählbetrieb verbindet 1.400

Teilnehmer und die ersten »Fräuleins vom Amt« verlieren ihren Arbeitsplatz als Vermittlerinnen.

12.7.1983

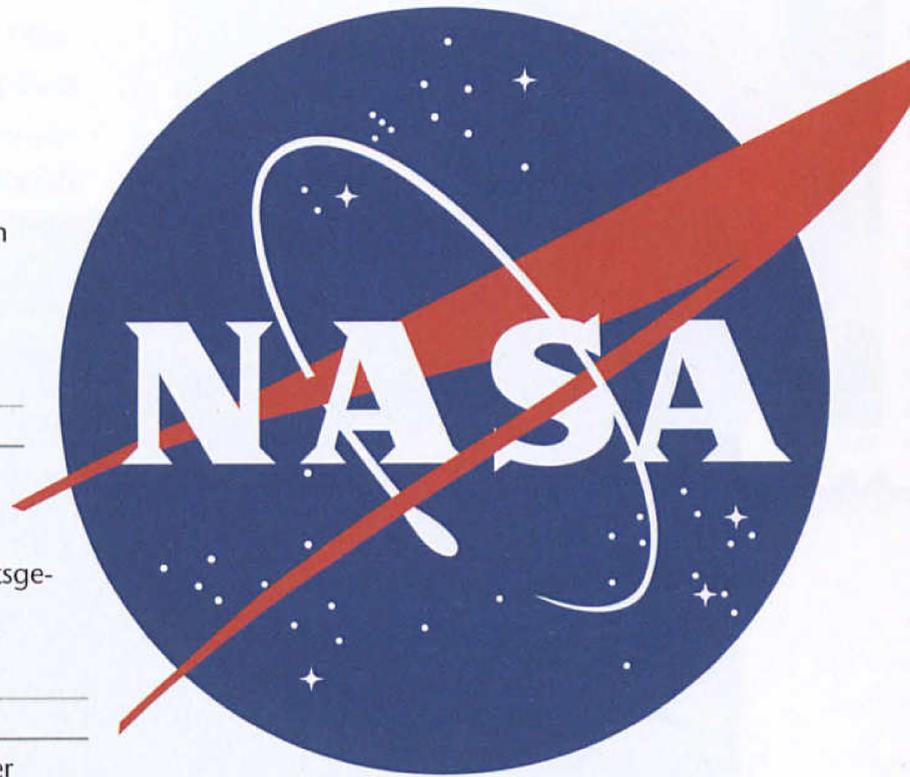
Auf der Insel Pellworm/Nordsee, nimmt das bisher größte europäische **Sonnenkraftwerk** seine fotovoltaische Elektrizitätsgewinnung auf.

14.7.1808

In Bradley, Staffordshire/England stirbt der »Eisenmeister« John **Wilkinson**. Als kreativer Hütteningenieur setzt er in seinen Hochöfen erstmalig als Brennstoff die Steinkohle ein. 1773/79 ist er neben A. Darby maßgebend am Bau der **ersten gusseisernen Brücke** beteiligt, die noch heute bei Coalbrookdale/Mittelengland über den Fluss Severn führt.

26.7.1933

In Berlin stirbt der Physiker Adolf **Koepsel**. Als sich die gerade aufkommende Funktechnik um 1900 rasant weiterentwickelt, führt er zum exakten Abstimmen empfangbarer Funksignale 1902 seinen kurz zuvor entwickelten **Dreh-**



Logo der National Aeronautics and Space Administration (NASA).

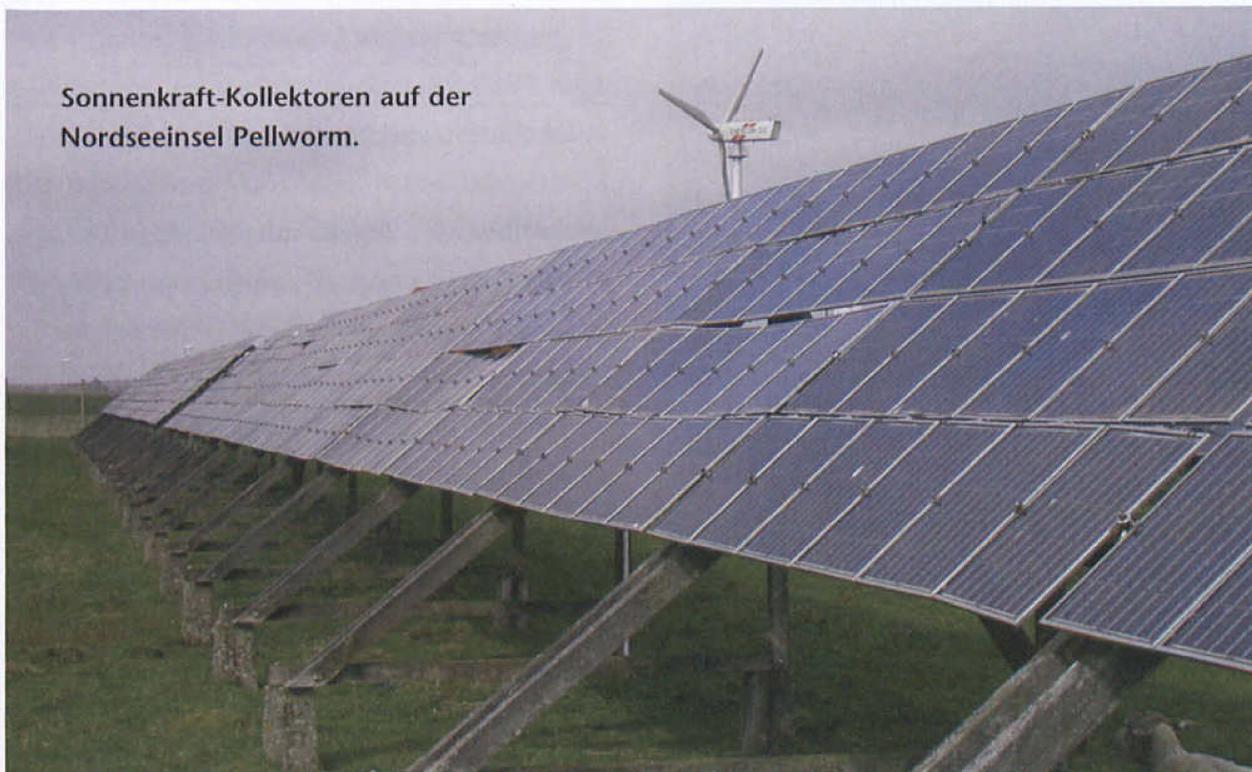
platten-Kondensator in die drahtlose Telegrafie ein, der – wie sich erst später herausstellt – bereits schon einmal 1892 von Desider Korda erfunden worden war.

29.7.1958

In den USA wird die Luft- und Raumfahrtbehörde **NASA gegründet**: Nach dem »Sputnik-Schock« soll der bemannte Flug zum Mond nicht der Sowjetunion überlassen werden. Unter der Regie der NASA gelingt 1969 zwei amerikanischen Astronauten erstmals die Landung auf dem Erdtrabanten.

Sommer 1858

Auf der Gemarkung der späteren Stadt Gelsenkirchen beginnt die Schachtanlage »Hibernia« als **erste Tiefbauzeche des Ruhrgebietes** mit der Kohleförderung. Nachdem Dampfmaschinen das Abpumpen des Grundwassers auch aus größeren Tiefen möglich machen und der britische Ingenieur **William Coulsen** die Sicherung der Schachtwände mit gusseisernen Ringen (Tübbings) eingeführt hat, erlaubt der Zugang zu tieferen Abbauschichten (100 Meter und mehr) nunmehr eine beachtliche Steigerung der Kohleförderung.

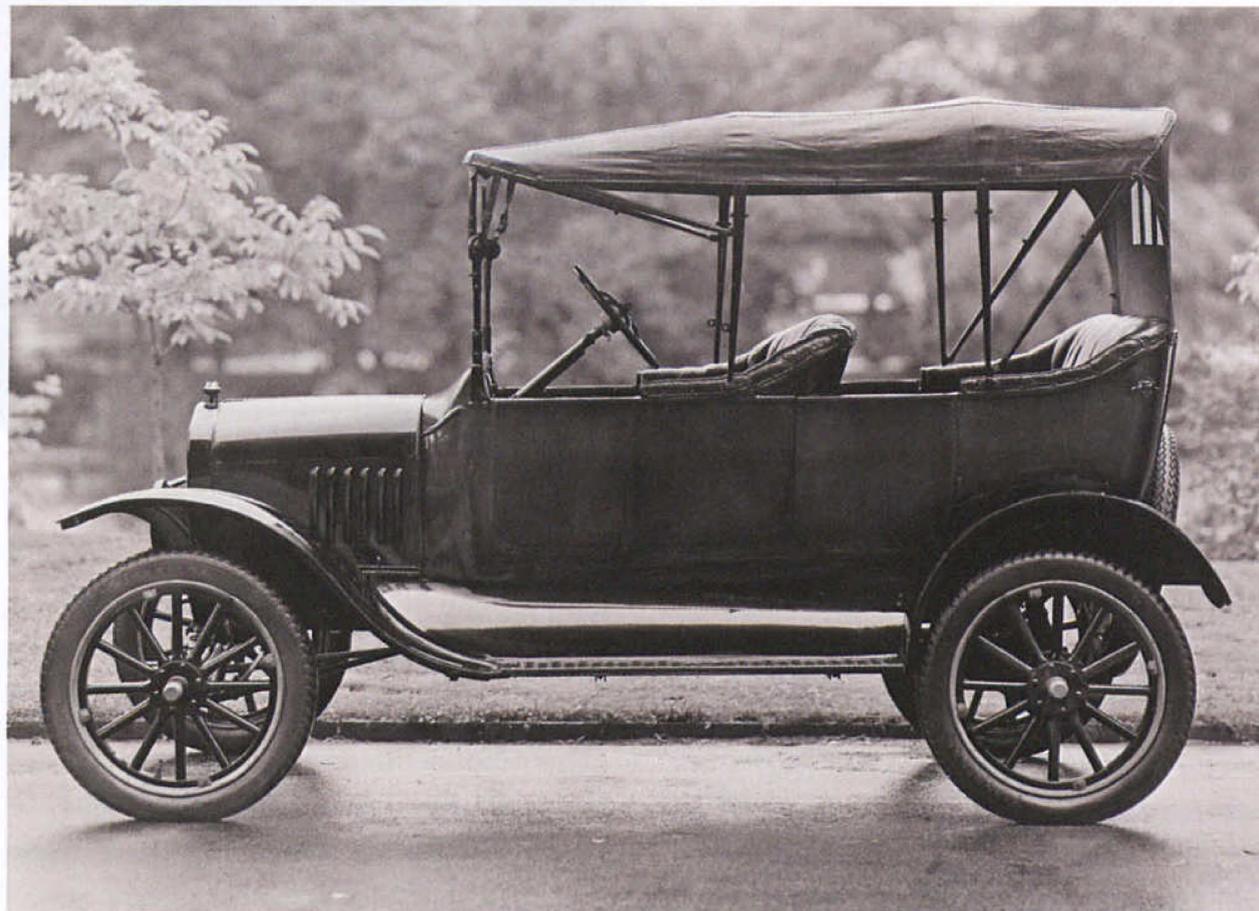


Sonnenkraft-Kollektoren auf der Nordseeinsel Pellworm.

Historische Galerie

Gedenktage technischer Kultur: Juli bis September 2008

Manfred von Weiher



Früher Bestseller der Automobilindustrie: Fords »Tin Lizzy«.

1.8.1933

In Berlin übernimmt der Ingenieur Eduard **Schüller** von AEG-Telefunken die Aufgabe, ein von F. Pfelemer angegebenes Tonaufzeichnungsverfahren praktisch weiterzuentwickeln, das **magnetisierbare Bänder als Tonträger** verwendet. Schon im Dezember 1933 stellt er einen ringförmigen Elektromagneten vor, der als sogenannter Tonkopf auf mit Magnetit beschichteten Kunststoffbändern sowohl Sprache wie Musik aufzeichnet als auch von diesen wiedergibt. Die Klangqualität kann bereits während der Aufnahme überprüft werden (Hinterband-Kontrolle) und übertrifft die der damaligen Schallplattentechnik in Dynamik und Frequenzumfang. Auf dieser Basis präsentiert Schüller sein **erstes Magnetophon** bei der Berliner Funkausstellung 1935: Dieser erfolgreiche Prototyp aller späteren Tonbandgeräte, Kassetten- und Videorecorder wird vom Reichsrundfunk und der boomenden Tonfilmindustrie begeistert aufgenommen.

5.8.1858

Unter der Leitung von Cyrus West **Field** und Samuel Canning wird die **erste Interkontinental-Telegrafennlinie** fertiggestellt. Das 3.745 Kilometer lange Seekabel verbindet Großbritannien mit Nordamerika und erlaubt vier Wochen lang schnellsten Informationsaustausch durch Übertragung elektrischer Telegrafendepeschen (siehe auch 3.9.1858).

5.8.1908

Während einer Luftreise vom Bodensee nach Mainz wird LZ 4, das vierte **Luftschiff** des Grafen Zeppelin, nach einer Notlandung bei Echterdingen durch einen Orkan **völlig zerstört**. Bereits am nächsten Tag gibt es in vielen deutschen Städten spontane Sammlungen, die dem Bau neuer »Zeppeline« gelten. Diese unerwartete nationale Spendenbereitschaft ermöglicht es dem greisen Graf, mit einem neuen Starr-Luftschiff bereits 1910 den ersten Luftverkehrsbetrieb zu starten.

5.8.1958

Das US-amerikanische Atom-U-Boot »Nautilus« beendet erfolgreich die erste **Unterquerung des Nordpolmeeres**.

10.8.1783

In Hanau wird Johann Christian **Hundeshagen** geboren. 1821 bearbeitet er eine *Encyclopädie der Forstwissenschaft* und begründet 1826 mit einer Einrichtung für forstliches Versuchswesen die **forstwissenschaftliche Produktionslehre**. Er gilt als erster Rationalist unter den Forstmännern. Seitdem ökologische Aspekte die Waldwirtschaft wieder stärker beeinflussen, wird seine pragmatische Lehre auch kritisch beurteilt.

12.8.1908

In Detroit, USA, beginnt die Ford Motor Company mit der Produktion des später weltberühmten **»Modell T«**, das binnen weniger Monate zum beliebtesten und meistverkauften PKW in den USA wird. Die »Tin Lizzy« kostet 850 Dollar, ihr Vierzylinder-Motor leistet bei einem Hubraum von 2892 cm³ etwa 21 PS und Henry **Ford** löst mit diesem frühen Volks-Wagen sein Versprechen ein, ein zuverlässiges Automobil für die breite Masse zu bauen.

19.8.1808

In Edinburgh wird James **Nasmyth** geboren. Künstlerisch und technisch talentiert, findet er seinen Weg zum Ingenieurberuf und entwickelt 1838 mit dem **ersten Dampfhammer** ein automatisiertes Werkzeug, das in der Schwerindustrie des 19. Jahrhunderts bald größte Verbreitung findet. Ebenso betreibt Nasmyth astronomische Forschungen und macht sich als Maler technischer Motive einen Namen.

25.8.1908

In Croisic, Bretagne, stirbt der Physiker Antoine Henry **Becquerel**. Bei einer zufälligen Beobachtung entdeckt er 1896 die **Radioaktivität**, die

dann als »Becquerel-Strahlung« von dem Forscher-Ehepaar Curie eingehender untersucht und beschrieben wird. 1903 erhält Becquerel gemeinsam mit den Curies den Nobelpreis für Physik; die Aktivität einer radioaktiven Substanz wird bis heute international in der Einheit »Becquerel« (Bq) angegeben.

27.8.1783

Etwa drei Monate nach dem Aufstieg des Warmluftballons der Brüder Montgolfier in Annonay erreicht der mit Wasserstoffgas gefüllte Ballon des Pariser Physikers Jacques Alexandre César **Charles** eine Höhe von fast 3.000 Meter und legt die etwa zehn Kilometer lange Strecke vom Pariser Marsfeld bis zum Dorf Gonese in 42 Minuten zurück. Dort wird seine »Charlière« bei der Landung von aufgebracht Bauern sehr heftig empfangen, die den Ballon als Luftungeheuer sehen und ihn schließlich mit Mistgabeln abstechen. Am 3.12.1783 startet Charles von den Tuilerien bei Paris aus selbst im Korb eines Ballons in die noch unbekannt Höhen und wird so zum vermutlich **ersten Luftreisenden** der Menschheit. 1787 entdeckt er den Zusammenhang zwischen dem Volumen eines Gases und seiner Temperatur (Wärmeausdehnung), das nach 1802 als Gay-Lussac'sches Gesetz bekannt wird.

1.9.1858

In Wien wird Carl Freiherr **Auer von Welsbach** geboren. Nach dem Studium der Chemie untersucht und isoliert er eine Reihe seltener Erden, 1885 bis 1892 entwickelt er den Gasglühstrumpf, erfindet um 1900 die Osmium-Glühlampe und stellt 1904 die selbstentzündliche Legierung von Cer und Eisen vor: das nach ihm benannte und noch heute für Gasanzünder und Feuerzeuge gebräuchliche »**Auer-Metall**«.

2.9.1958

Die Volksrepublik **China** beginnt mit der Ausstrahlung ihres ersten regelmäßigen **Fernsehprogramms**.

3.9.1858

Nach vierwöchiger erfolgreicher Tätigkeit für den Depeschendienst zwischen England und Amerika **verstummt das erste Transatlantik-**

Telegrafenkabel (siehe 5.8.1858): vermutlich hat eine Undichtigkeit der dünnen Isolation zum Kurzschluss geführt. Viele, die das zunächst gelungene Werk als »Gotteslästerung« betrachtet hatten, sahen sich nun bestätigt! Erst 1866 gelang es unter der Leitung von Cyrus W. Field ein weitaus stärker armiertes Seekabel zu verlegen – seitdem riss der Kontakt zwischen »alter« und »neuer Welt«, ab 1900 ergänzt durch die »drahtlose Telegrafie« (Funk) – nie mehr ab.

6.9.1683

In Paris stirbt 65-jährig Jean Baptiste **Colbert**, der Finanzminister des »Sonnenkönigs« Ludwig XIV. 1662 baut er die Teppichknüpferei des Färbers Gobelin zur staatlichen Manufaktur aus, gründet 1668 die **Pariser Akademie der Wissenschaften**, die sich ganz gezielt der Förderung der Technik verschreibt und veröffentlicht den Plan der 240 Kilometer langen Languedoc-Wasserstraße, die schließlich ab 1681 als »Canal du Midi« durch 103 Schleusen den Golf von Biscaya mit dem Mittelmeer verbindet. In den Jahren Colberts entwickelt sich Frankreich zur ersten Industrienation Europas, das von ihm propagierte Wirtschaftssystem des **Merkantilismus** wird als »Colbertismus« im 18. Jahrhundert europaweit richtungsweisend.



Dr. Carl Freiherr Auer von Welsbach.



Briefmarke der Schweizer Post zum 300. Geburtstag Leonhard Eulers.

18.9.1783

In St. Petersburg stirbt der Schweizer Mathematiker und Physiker **Leonhard Euler**. In Basel geboren, kommt er mit 21 Jahren nach St. Petersburg, wird dort Professor und Mitglied der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. 1736 erscheint sein klassisch gewordenes Werk *Mechanica*, später legt Euler die erste vollständige analytische Behandlung von **Algebra, Trigonometrie und Geometrie** vor. Von 1741 bis 1766 nimmt er unter Friedrich dem Großen praktische technische Aufgaben für Preußen wahr. Sein Lebenswerk vollendet er mit einem reichen naturwissenschaftlichen Alterswerk in der St. Petersburger Wahlheimat.

19.9.1783

In Versailles lassen die Brüder Montgolfier vor den Augen des französischen Königs einen **15 Meter hohen Heißluft-Ballon** aufsteigen. Bei diesem spektakulären Versuch werden erstmalig **Lebewesen höheren Luftschichten ausgesetzt**: ein Hammel, ein Hahn und eine Ente. Die drei Tiere kehren wohlbehalten zur Erde zurück. Nur zehn Wochen später wagt sich mithilfe eines Ballons auch ein Mensch in den Luftraum vor. (siehe 27.8.1783).

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.



Der Protos mit verstärktem Fahrwerk und 30-PS-Motor steht heute im Verkehrszentrum des Deutschen Museums.

Holpern über Stock und Schwellen

New York – Paris 1908

Im Februar des Jahres 1908 startete am Times Square in New York einer der skurrilsten Wettbewerbe der Automobilgeschichte: ein Rennen, das sechs Mannschaften aus vier Nationen um die halbe Welt, von New York nach Paris führen sollte, durch eine Welt ohne Straßen, ohne Tankstellennetz und Vertragswerkstätten.

Von Bettina Gundler

Unter den Teilnehmern war auch ein deutscher Wagen – ein speziell für dieses Rennen gefertigter schwerer Tourenwagen der Berliner Firma Protos, der mit den beiden Ingenieuren Ernst Maaß und Hans Knappe und dem deutschen Oberleutnant Hans Koeppen ins Rennen aufbrach und fünfzehn Monate später mit neu zusammengewürfelter Besatzung nach rund 21.000 Reisekilometern, wenn auch nicht als Sieger, so doch als erster Wagen den Zielort Paris erreichte. Heute gehört der Protos zu den Highlights der Automobilsammlung des Deutschen Museums.

Zu den grundlegenden Einsichten der jüngeren Automobilgeschichte gehört die Er-

kenntnis, dass der langfristige Erfolg des Automobils in den ersten Jahrzehnten ein sehr »holpriger Siegeszug« war (wie der Schweizer Historiker Christoph Maria Merki anmerkt), ein Erfolg, der sich erst nach Jahrzehnten der aktiven Popularisierung, Werbung und Lobbyarbeit einstellte und anfangs gerade in Deutschland mancherlei Widerstände und Proteste in der Bevölkerung provozierte. Spektakuläre Rennveranstaltungen und Automobilwettbewerbe trugen seit Ende des 19. Jahrhunderts auf vielfältige Weise dazu bei, dem Automobil gesellschaftlich den Weg zu ebnen. Sie boten den Automobilisten ein Forum, dem Publikum Spannung, schufen populäre »Sieger« und »Helden«, machten neugierig und führten einer breiten Öffentlichkeit das technische Potenzial der »Selbstfahrer« vor Augen.

FAHRT DURCH DIE KÄLTE. Dieses Potenzial sichtbar zu machen, war auch eines der Ziele der Pariser Tageszeitung *Le Matin*, die im Herbst 1907 zu einer »Tour de Pol«, einer Wettbewerbsfahrt durch die Kältezonen der nördlichen Hemisphäre, inklusive Alaska und das nördliche Sibirien, aufrief, die im Winter 1907/08 in New York starten und in Paris enden sollte. Schnell in Euphorie geraten, diskutierte die automobilen Welt, ob denn eine solche Fahrt mit dem Automobil auch tatsächlich machbar war, immerhin gab es kaum Erfahrung mit Benzinern in Eis und Schnee. Die Einschätzung seitens der Experten war jedoch optimistisch. Angesichts der raschen technischen Entwicklung des Automobils »sollte eine solche Tour keine unüberwindlichen Schwierigkeiten bieten«, wie Henry Savage Landor, ein damals bekannter Exkursionsreisender, der *New York Times* als Mitveranstalter auf amerikanischer Seite attestierte (*New York Times*, 27.11.1907). Das einzige Element der Unsicherheit erschien ihm die Passage der Beringstraße. Für den Rest der Route könnten Automobilisten überall Wege finden.

Der Optimismus, eine solche Fahrt bewältigen zu können, nährte sich aus den Erfahrungen einer damals gerade erfolgreich abgeschlossenen Fernfahrt von Peking nach Paris, die im Sommer 1907 stattgefunden hatte. Im Jubel über ihr glückliches Ende geriet beinahe

in Vergessenheit, dass die Reise durch Wüstenregionen Asiens mehreren Teilnehmern des Wettbewerbs fast das Leben gekostet hätte.

Auch zu dieser Fernfahrt hatte *Le Matin* aufgerufen, war Frankreich doch um die Jahrhundertwende ein Trendsetter des Automobils und ein wichtiger Standort der aufkeimenden Automobilindustrie. Nachdem die französischen Teilnehmer den Sieg der Fernfahrt im Sommer 1907 einem italienischen Wettbewerber hatten überlassen müssen, meldeten sich gleich drei Mannschaften aus Frankreich für das neue Rennen von New York nach Paris, darunter ein DeDion-Bouton-Wagen mit Monsieur Bourcier de St. Chaffrey an Bord, der zugleich den Mitveranstalter



Karte mit Fahrtroute des Protos.



Die Protos-Mannschaft am Start, am Steuer Hans Knappe, auf dem Sitz hinter dem Beifahrer Hans Koeppen.

stalter *Le Matin* im Rennen vertrat und unterwegs diverse organisatorische Fragen zu lösen hatte.

In dieser Zeit des verschärften Imperialismus und Nationalismus waren internationale Automobilrennen eine Bühne des nationalen Schauaufens und Wettbewerbs. So war es auch nicht automobiler Enthusiasmus, sondern nationaler Stolz, der den 31-jährigen deutschen Oberleutnant Hans Koeppen bewog, sich dafür zu engagieren, dass ein deutscher Wagen an dem Wettbewerb teilnahm. Bis 1908 war er sportlich nur als Ausdauerger beim Militär aufgefallen; er konnte zum Zeitpunkt des Rennstarts weder ein Auto fahren, noch hatte er je an einem Rennen teilgenommen. Gleichwohl gelang es ihm, mit Unterstützung der Berliner Firma Protos



Der Protos hatte am Anfang einen Planaufbau und war schwer beladen. Unterwegs versuchte die Mannschaft immer wieder, das Gewicht zu reduzieren.

Knape führte. Am Start in New York, am 12. Februar 1908, allerdings waren sie noch guten Mutes. Wie viele andere Teilnehmer unterschätzten sie die Strapazen, die sie erwarten würden. Koeppen glaubte sich zunächst auf einer Wettbewerbs-Tourenfahrt, bei der es, wie bei den damals bekannten Zuverlässigkeitsfahrten, weniger um Schnelligkeit, als ums Ankommen ging. Erst allmählich realisierte er, dass die Fahrt die Qualität eines Langstreckenrennens annahm.

Neben der Konkurrenz aus Frankreich – drei Teams auf DeDion, Motobloc und Sizaire-Naudin, unter denen sich Veteranen des Rennens Peking – Paris befanden – waren am Start am Times Square. Eine Crew aus Italien auf einem Züst und ein amerikanischer Thomas Flyer, der

mit dem Rennfahrer Montgomery Roberts am Steuer und dem Teamleiter George Schuster, einem bewährten Entwickler und Erprobungsfahrer der Firma Thomas, schnell zu den Favoriten zählte und auf der Strecke durch die USA meist in Führung lag.

In den meisten Wagen fuhren zudem Zeitungsberichterstatter, Korrespondenten und Fotografen mit, die während des Rennens zum Teil wechselten. Ihre Meldungen boten die Grundlage dafür, dass regelmäßig Artikel in den großen Zeitungen zu finden waren und dass die internationale Öffentlichkeit über den Verlauf des Rennens fortwährend informiert wurde. Nur wenige automobile Wettbewerbe der Zeit fanden überregional ein solches Presseecho, wenn auch das Interesse zwischenzeitig etwas abflaute. Mindestens entlang der Strecke eilte die Nachricht des Rennens den Teilnehmern beständig voraus. Mochten die Orte der Durchfahrt auch noch so klein sein, vielerorts fand sich Publikum, manchmal von weither angereist, auf den Augenblick wartend, da die Rennteilnehmer die Stelle passierten. Jede Ankunft in größeren Ortschaften sorgte für Volksaufläufe, und selbst im dünn besiedelten Sibirien fanden sich staunende Zuschauer.



Zum Start am Times Square, am 12. Februar 1908, fanden sich viele Tausend Menschen ein.

Der Ablauf des Rennens ist in diversen Artikeln und den Büchern von Koeppen, Schuster und Antonio Scarfoglio, der auf dem Züst mitfuhr, lebhaft beschrieben worden. Besonders das Buch von Hans Koeppen, das zeitnah 1909 erschien, ist noch heute eine vielseitige Quelle und spannend zu lesen, denn es ist nicht nur ein Rennreport, sondern ein Reisebericht aus der Perspektive eines Menschen, der neben dem Wettbewerb ein Auge für Land und Leute hatte, mit denen er in Kontakt kam – nicht frei von Vorurteilen, aber offen für Eindrücke.

Die erste große Etappe führte die Teilnehmer durch die USA, auf einer Strecke etwas nördlich des 40. Breitengrades, im Osten durch Albany, Buffalo, Cleveland, Chicago, im Westen durch Omaha, Columbus, Ogallala und die Rocky Mountains, dann etwas südlicher nach San Francisco. In Abwandlung der ursprünglichen Pläne – es drohte infolge eines mehrfach verschobenen Starts

zu warm zu werden, um über Eis fahren zu können, wurde die Fahrtroute von hier an geändert. Fahrzeuge und Mannschaften wurden statt nach Alaska von Seattle nach Wladiwostok verschifft und setzten ihre Fahrt auf dem eurasischen Kontinent durch das südlichere Sibirien fort, vorbei am Baikalsee, durch die Taiga, schließlich über Moskau, St. Petersburg, Königsberg und Berlin nach Paris. Einzig George Schuster erlaubte sich einen Abstecher mit dem Schiff nach Valdez, nur um zu berichten, dass es unmöglich war, mit dem Auto Alaska zu bereisen. Später wurden ihm dafür 15 Bonustage gutgeschrieben.

VIELE BLEIBEN AUF DER STRECKE. Aber auch der Winter in den nördlichen Staaten der USA hatte den Teilnehmern manche Herausforderung zu bieten. Kilometer über Kilometer mussten sie sich den Weg freischaufeln oder von Bauern räumen lassen. Die erste Gruppe auf einem 1-Zylinder Sizaire-Naudin schied so schon am ersten Tag aus. Als es wärmer wurde, erwarteten die Fahrer dagegen überall morastige Straßen und Sümpfe, in denen die Wagen förmlich versanken. Einen Ausweg boten in dieser Welt ohne geeignete Straßeninfrastrukturen einzig die Eisenbahntrassen, wie die Strecken der Union Pacific oder der Transsibirischen Eisenbahn. Das Holpern über Schwellen strapazierte die Wagen arg und zog geplatze Reifen, zerschundene Getriebeeinheiten oder Materialbrüche nach sich. Schwere Pannen hielten die Betroffenen oft über Tage an einem Ort fest, wo sie auf Ersatzteile warteten oder mit Hilfe der örtlichen Schmiede versuchten, ihre Fahrzeuge wieder in Gang zu setzen. Auch das Fehlen von Brücken warf große Probleme auf. Als weitere Herausforderung gestaltete sich die Versorgung mit Benzin. Zwar hatte die Rennleitung Depots einrichten lassen, die aber oft weit auseinanderlagen oder nicht zugänglich waren. Deshalb mussten sich die Teilnehmer selbst mit Treibstoff bevorraten. Durch die dauernden Belastungen, das gefürchtete Rocky-Mountain-Fieber und Malaria-Mücken erkrankten einige Teilnehmer zudem schwer.

Unter diesen Umständen erreichten letztlich nur drei Mannschaften das Ziel. Nach einem hart umkämpften Rennen, das sich der Thomas Flyer und der Protos auf ihrer Reise durch Sibirien und Europa lieferten, wo sie wechselweise in Führung lagen und wieder zurückfielen, erreichte der Protos am 26. Juli 1908 als Erster das Ziel. In Berlin schon als Sieger gefeiert, mussten sich Koepen und seine neuen Begleiter jedoch mit dem zweiten Platz begnügen, denn die Protos-Mannschaft war nicht über San Francisco gefahren, sondern wegen eines schweren Wagendefekts mit der Eisenbahn von Ogden nach Seattle gereist, was ihr 15 Straftage eintrug. Zum Sieger des Rennens wurde das Team auf dem Thomas Flyer erklärt, das Paris vier Tage später erreichte. Als Dritter folgte im September der Züst.

Hans Koeppen nahm es nach anfänglichem Ärger vergleichsweise sportlich. Für ihn hatte die Langstreckenfahrt vor allem bewiesen, dass das Auto eine große Zukunft als Reiseverkehrsmittel vor sich hatte. In seiner persönlichen Biografie, war das »Great Race«, wie es in den USA genannt wurde, der unwiederbringliche Höhepunkt. Das Rennen faszinierte jedoch nicht nur viele Zeitgenossen, sondern auch Generationen von Auto- und Motorsportliebhabern. In den 1960er Jahren bot es die Vorlage für den Hollywoodfilm »Das große Rennen rund um die Welt« und wurde für das Jubiläum 2008 gerade erst neu verfilmt. In diesem Jahr erinnern zudem verschiedene Revival-Fahrten an das Abenteuer von 1908.

Tatsächlich bedarf es keines Enthusiasmus für den Motorsport, um zu erkennen, dass das automobile Event von 1908 ebenso wie sein Vorläufer Paris – Peking ein nachhaltig wirkendes Ereignis auf dem Weg der Verbreitung des Automobils war. Es belegte nicht nur, dass man sich mit einer genügenden Portion Hartnäckigkeit, Organisationstalent und technischem Geschick im Auto um die Welt bewegen konnte. Es war nach zeitgenössischen Maßstäben auch ein großes Medienereignis und damit, rückwirkend betrachtet, eine spektakuläre, breitenwirksame Werbetour für den Automobilismus. Dem entspricht, dass mindestens zwei der Teilnehmerfahrzeuge bis heute erhalten sind: der Thomas Flyer im National Automobile Museum in Reno/USA, und der Protos seit 1911 im Deutschen Museum. ■■



Die Mannschaft des Protos schaufelt sich aus dem Schnee.

Dr. Bettina Gundler ist seit 1993 Kuratorin im Deutschen Museum. Heute zuständig für die Sammlungsabteilungen Straßenfahrzeuge/Straßenverkehr und die Exponate des vorindustriellen Landverkehrs. Mitentwicklung der Ausstellungen des Verkehrszentrums. Derzeit bereitet sie zwei Sonderausstellungen vor zur Geschichte der Messehallen und zum 100. Jubiläum des Ford Model T.

Ohr ins Weltall

Die Erdfunkstelle in Raisting



Engagierte Bürger bewahren es seit Jahren vor dem Verfall: das Radom im oberbayerischen Raisting. Der Einsatz hat sich gelohnt. Die einzigartige Satellitenanlage unter dem weißen Ballondach wird schon bald als Museum ihre Pforten für Besucher öffnen. Von Max Bräutigam, Ronald Sinda, Robert Uhlitzsch

Wer von München nach Weilheim fährt, hat am Südende des Ammersees einen grandiosen Blick auf die »Raistinger Wanne«. In dieser weiten Talebene steht ein einzigartiges Industriedenkmal, die Erdfunkstelle Raisting. Nach Süden breitet sich das Alpenpanorama aus, mit der Zugspitze in der Ferne. Und nur wenige hundert Meter südlich der Funkstelle bietet die kleine Kapelle St. Johann einen reizvollen Gegensatz zwischen Tradition und Technik.

Der Kenner des Alpenvorlandes weiß, dass er in der näheren Umgebung eine Reihe erstrangiger Kulturdenkmäler findet, wie die Kirchen in Andechs, Dießen, Polling, Rotten-

buch oder Wessobrunn, und wundert sich vielleicht, ausgerechnet hier eine technische Einrichtung dieser Größenordnung zu sehen. Die Raistinger Wanne war aufgrund ihrer Abschirmwirkung hervorragend geeignet für den Empfang sehr schwacher Hochfrequenzsignale. Und so wurde hier ab 1963, beginnend mit der Antenne 1, eine der größten Erdfunkstellen für den Nachrichtenverkehr über Satelliten aufgebaut.

Technisch ist die Erdfunkstelle heute längst überholt, aber sie ist ein höchst interessantes Monument der Technikgeschichte: Weltpolitik und -wirtschaft, aber auch die Lebensgewohnheiten und der Alltag vieler Erdenbür-

ger wurden durch die neuen Möglichkeiten der Bildübertragung beeinflusst, die die Erdfunkstelle Raisting vor etwa 40 Jahren eröffnete. Heute werden in jedem Winkel der Erde und zu jeder Zeit alle Informationen in beweglichen Bildern, Schrift und Ton empfangen. Die Industrialisierung und die nachfolgend einsetzende Mobilität mit seinem Verkehrsaufkommen am Boden und in der Luft haben die Personen und die Landschaften verändert.

Vor der Inbetriebnahme der Erdfunkstelle Raisting und der zugehörigen Satelliten und Sender in Breitbandtechnik (1964) war die Übertragung von Livebildern aus Übersee

technisch nicht möglich. Um Gefilmtes anderswo sehen zu können, mussten 2-Zoll-Bänder für Videomaschinen per Flugzeug von Kontinent zu Kontinent geflogen werden. In den Jahren des Kalten Krieges gab es nur siebenzehn Telefonleitungen von Deutschland in die USA. Damals boten weder Kurzwellenfunk noch Seekabel die notwendige, breitbandige Übertragungskapazität und zudem fehlte es an der geforderten Abhör-, Stör- und Sabotagesicherheit.

Der neue Übertragungsweg über Satellit bot nun völlig neue Möglichkeiten wie die weltweite Liveübertragung von Olympiaden (erstmalig bei den Olympischen Spielen in Tokio im September 1964) und Weltmeisterschaften. Die Übertragung solcher Ereignisse, die heutzutage als völlig selbstverständlich erachtet wird, erschien den Zuschauern damals noch wie ein Wunder.

Die Menschheit konnte erstmals live am Bildschirm die großen Ereignisse und Auseinandersetzungen der Welt mitverfolgen. Die neuesten technischen Errungenschaften und Leistungen konnten publik gemacht werden.

Wie ein riesiger weißer Champignon ragt die weiße Kuppel des Radoms (markiert durch Pfeil) aus den saftigen Wiesen der Voralpenlandschaft hervor. Längst gehören die Antennen der Erdfunkstelle zum Landschaftsbild dazu.



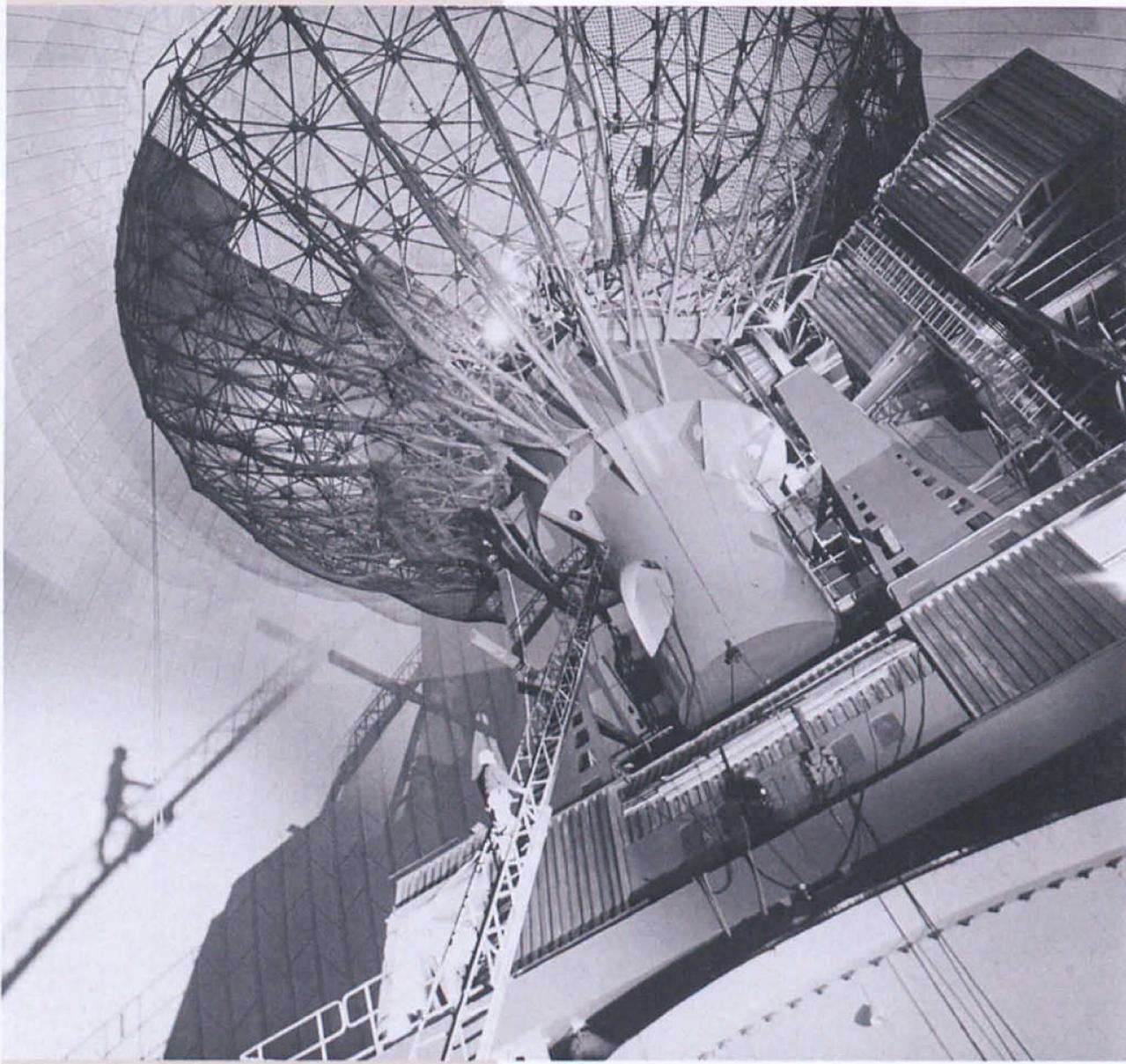
Das »rote Telefon« zwischen Washington und Moskau gab es wirklich: Die Verbindung wurde über die Erdfunkstelle Raisting hergestellt.

Selbst die Mondlandung wurde weltweit übertragen, ja es war sogar möglich, mit den Astronauten auf dem Mond zu sprechen und dieses Interview zeitgleich in nahezu jeden Winkel dieser Erde zu übermitteln.

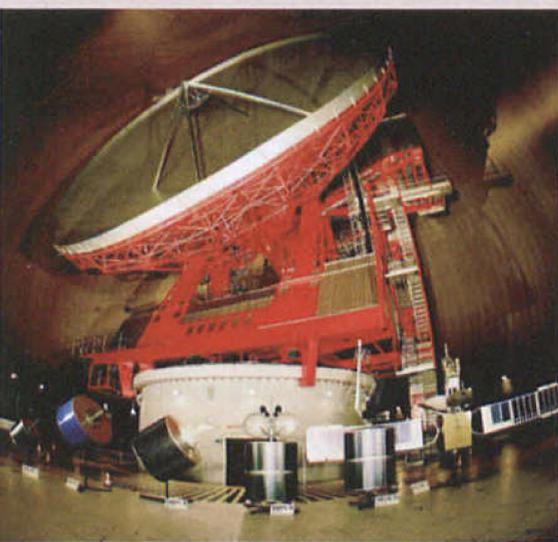
Die neue Liveberichterstattung veränderte auch das Geschichtsbewusstsein. Frühe Beispiele wie die Kubakrise, das Attentat auf J. F. Kennedy, die Mondlandung, die Beendigung des Vietnamkrieges, das Attentat bei der Olympiade in München sind bleibende (wenn auch nicht immer positive) Erinnerungen. Kriegsveteranen sitzen in gemütlicher Atmosphäre im Wohnzimmer und verfolgen erstmals in der Geschichte den realen Krieg als Direktübertragung – die militärische Besetzung des Iraks durch die USA. Feriengäste in der Sommerfrische erleben im Fernsehzimmer des Hotels beim Fünf-Uhr-Teelive die Besteigung der Eiger Nordwand. Die Verbreitung der Kommunikation, besonders der Nachrichten über Satelliten hat sicher auch die deutsche Wiedervereinigung und das Ende der Zweiteilung der Welt in Ost und West im Jahre 1989 wesentlich mitbewirkt.

Am 2. Mai 1965 zeigte das deutsche Fernsehen die Eröffnungssendung »Rund um die Welt« – eine Sendung die erstmals per Satellit übertragen wurde. Die Welt begann zu einem globalen Dorf zu werden. Nur 20 Jahre war die Antenne 1 in Betrieb, bevor sie durch neuere Antennen ersetzt wurde. Aber in dieser Zeit wurden mit ihr Maßstäbe für eine zukunftsführende Technologie gesetzt. Mittlerweile sind auch die neuen Antennen durch die Übertragung mit Glasfaserkabeln abgelöst worden.

BAU UND BETRIEB DES RADOMS. Das Radom – ein Kunstwort – leitet sich von »Radar« und den damals gebräuchlichen domkuppelförmigen Schutzhüllen ab. Die Radomhülle hat die Aufgabe, die empfindliche Konstruktion vor Witterungseinflüssen und direkter Sonnenbestrahlung sowie die Parabolantenne selbst vor direktem Kontakt mit Regen oder Schnee zu schützen. Das Radom wurde 1963 erbaut. Seine Tragluft-halle in Form einer 3/4-Kugel hat 48 Meter Durchmesser und ruht auf einem Fußring aus Beton. Der runde Gebäudekomplex wird so



25 Meter misst der Durchmesser des Antennenspiegels im Inneren des Radoms. Auch heute noch funktioniert die Antenne einwandfrei. Rund um die Antenne präsentiert der Förderverein Original-Objekte und Modelle, die die Geschichte der Kommunikationstechnik lebendig werden lassen.



mit einer 15 Tonnen schweren und nur 1,8 Millimeter starken Hypalon/Dacronhülle gekrönt. Die Hülle wurde in einer Kiste angeliefert, über den Fußring gezogen und aufgeblasen. Sie steht nun mehr als 44 Jahre. An den Werkstoff der Hülle und deren Verarbeitung wurden eine Reihe von Anforderungen gestellt, wie geringe Abschirmung von Mikrowellen, große Gasdichte, geringes spezifisches Gewicht und große Bandbreiten und Längen der Folie. Alle Tragluft-Radome der Erdfunkstellen aus der damaligen Ära, wie in Millville/Kanada, in Andover/USA und Pleumeur-Bodou/Frankreich wurden abgerissen. Einige Jahre später, beim Bau der Antenne 2 konnte auf die Hülle verzichtet werden, da unter anderem die Spiegelkonstruktion beheizt wurde.

PICO-SIGNALE AUS DEM ALL. Die Antenne ist eine 280 Tonnen schwere MAN-Stahlkonstruktion. Sie hat einen 25-Meter-Spiegeldurchmesser, arbeitet im C-Bandbereich (Sendefrequenz 5.925–6.425 MHz; Empfangsfrequenz 3.700–4.200 MHz) und funktioniert

nach dem »Cassegrainprinzip«. Die rote Fachwerkstruktur der Parabolantenne ruht auf einem »Knick-A-Bockträger«. Dieser Spiegel verlangt höchste Geometrie und Formstabilität. Die Oberfläche des Spiegels durfte nur weniger als zwei Millimeter von der theoretischen Linie abweichen. Die zulässige Streuung auf den Satelliten war auf nur $0,04^\circ$ vorgegeben. Der Schwenkbereich und die Drehgeschwindigkeit des Kolosses waren enorm, in der Vertikalen 115° bei $3,5^\circ/\text{sec}$ in der Horizontalen 360° bei $2^\circ/\text{sec}$. Die räumliche Bewegung der Antenne und deren Antrieb mussten in allen Verbindungen spielfrei sein, um so die Ansteuerung zum Satelliten zu ermöglichen. Die Anforderung ist verständlich, wenn man berücksichtigt, dass bei der Übertragung, d.h. Senden und Empfangen, die zweite Antenne für die Kommunikation in den USA steht und die Signale über einen – in 36.000 Kilometer über dem Äquator stehenden – Satelliten laufen. Der Satellit hatte die Größe eines Esstisches. Dieser musste die Signale aufnehmen und wieder zur Erde weiterleiten. In Zahlen ausgedrückt bedeutet dies bei einer Sendeleistung von 2.000 Watt zum Satelliten eine empfangene Leistung an der Gegenstelle von etwa $0,000000000001$ Watt oder ein pico Watt.

Ein weiterer Höhepunkt technischer Leistung war es, diese vorher nicht verstärkbaren elektromagnetischen Signale wieder in eine verständliche Form aufzubereiten. Die Lösung war der Bau eines sogenannten Masers (Mikrowave Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Die physikalischen Grundlagen für die Masertechnologie und der daraus folgenden Lasertechnik wurden erst im Jahre 1955 in USA erkannt, und dieses Erkenntnis wurde dann auch 1964 mit dem Nobelpreis geehrt. Das Kernstück des Masers war ein künstlich hergestellter Einkristall, ein Rubin von ca. 80 Millimeter Länge. Die Züchtung großer Einkristalle war ebenfalls technisches Neuland. Die Kristalle für die Chipherstellung werden heute in Massenproduktion gezüchtet. Dieser Rubin, eine extrem reine Materie mit exaktem Atomgitteraufbau, hing in einem Isoliergefäß zwischen den Polen eines starken Dauermagneten an den Hochfrequenz Zu- und Ableitungen. Das Isoliergefäß mit diesem Kristall wurde mit flüssigem Helium gefüllt. Die Siedetemperatur von Helium ist minus 269° Celsius und somit nahe dem absoluten Nullpunkt der Temperaturskala. In diesem

Zustand wurde es nun möglich, diese verschwindend geringe empfangene Leistung aufzunehmen und um das 10.000fache zu verstärken.

DIE SATELLITEN UND DEREN TRÄGERRAKETEN. Zur Erinnerung: Im Jahr 1957 wurde der erste Satellit »Sputnik« platziert. Es folgten die ersten Nachrichtensatelliten »Relay« und »Telstar«. Diese kreisten auf einer elliptischen Umlaufbahn, 45° geneigt zum Äquator und in einem Abstand zur Erde zwischen 1.000 und 10.000 Kilometern, die Umlaufzeit war etwa drei Stunden. Die Antenne musste daher sehr genau nachgeführt werden. Die Raketenbauer waren gefordert, ihre Trägersysteme dahingehend zu entwickeln, die Satelliten in noch größere Höhen zu positionieren, da sich mit größerem Abstand eines Satelliten zur Erde auch die Umlaufzeit vergrößert. Die Forderung war, einen Satelliten in einer Höhe von 36.000 Kilometer mit konstantem Abstand auf eine Kreisbahn mit einer Umlaufzeit von 24 Stunden zu platzieren – quasi synchron zur Erddrehung. Dies wurde erstmals 1963 mit dem Satellit »Syncom II« erreicht. Die Nutzung dieser neu gewonnenen Technologien wurde bald beim

Bau von allen Trägerraketen, Satelliten, Antennen, sowie von Computern eingesetzt. 1961 kam es zur ersten Vereinbarung zwischen der Deutschen Bundespost und der NASA bezüglich der Teilnahme an Versuchen mit Nachrichtensatelliten. Die Tests wurden im Jahr 1964 aufgenommen. Noch 1964 wurde die Intelsat (Internationale Telecommunication Satellite Consortium) gegründet – es waren elf Staaten beteiligt. Nach zwanzig Jahren war das Konsortium auf 110 Staaten und zwanzig Satelliten angewachsen.

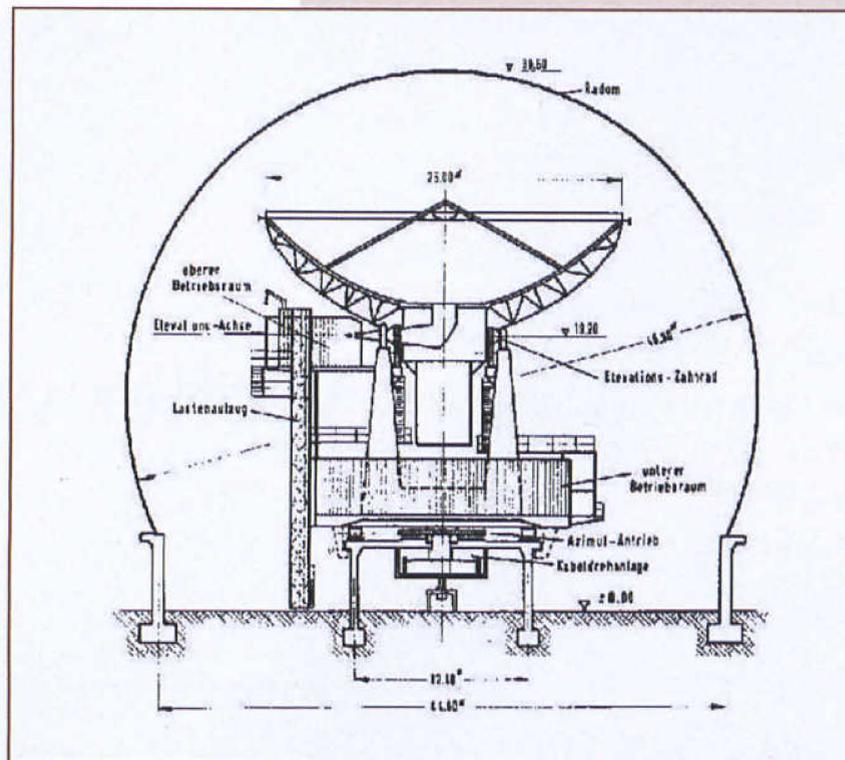
DAS RADOM ALS DENKMAL UND MUSEUM. Schon das Betreten des Radoms ist ein Erlebnis. Durch eine Luftschleuse gelangt man ins Innere der ballonartig aufgeblasenen Kuppel und staunt über die Ausmaße der Antenne, die darunter verborgen ist. Obwohl seit 23 Jahren außer Betrieb, lässt sich die Antenne nach wie vor auf den Millimeter genau justieren. Besonders eindrucksvoll ist es, wenn die Antenne bewegt wird. Sowohl die Sende- als auch die Empfangsbetriebsräume sind komplett erhalten und entsprechen dem Zustand von 1985, lediglich die Anlage zur Heliumverflüssigung wurde zwischenzeitlich abgebaut.

Der kreisringförmige Raum ist bereits angefüllt mit singulären Exponaten der Kommunikations- und Nachrichtentechnik, die engagierte Freunde des Radoms vor der Vernichtung gerettet haben. Sogar Satellitenbauteile und Satellitenmodelle, im Maßstab 1:1 und 1:2, der Typen »Symphonie«, »Early Bird«, bis »Intelsat V« sind zu sehen. Speziell erwähnenswert ist der original Schwarz-Weiß-TV-Analog-Normwandler, über den im Jahre 1969 die Mondlandung von »Apollo 11« übertragen wurde. In weiteren Bereichen des Museums, und eng verbunden mit dem Bildungsauftrag, sind animierte Funktionsdarstellungen verschiedener Geräte wie Fernseher, Modems, Satellitensteuerung, Kepler'sche Gesetze, Maser-Verstärker und Computer aufgebaut.

Ein wesentlicher Teil und das Besondere dieses Museums wird die Darstellung der vielen hochkomplexen Ingenieurleistungen, das weltweite Zusammenwirken nahezu aller Disziplinen sein. Bau und Betrieb werden als komplexes System an einem authentischen Ort mit authentischen Exponaten sichtbar gemacht. Physikalische und mathematische Zusammenhänge werden erläutert und die gesellschaftspolitische und historische Bedeutung der Antenne für die Entwicklung der weltweiten Kommunikation dargestellt.

WER DIE ZUKUNFT LESEN MÖCHTE, MUSS IN DER VERGANGENHEIT BLÄTTERN.

Bereits 1999 wurde das Radom in die Denkmalschutzliste aufgenommen. 2003 wurde der Förderverein Industriedenkmal Radom Raisting e.V. gegründet. Ein Denkmal wie das Radom in Raisting ist nicht wegen seiner Vergangenheit und Gegenwart interessant, sondern für die Zukunft und deren Bezug auf die Vergangenheit. Ohne diese Entwicklung gäbe es die viel diskutierte Globalisierung heute nicht. ■



Die Zeichnung zeigt den Aufbau der Antenne und ihre Platzierung innerhalb der Ballonkonstruktion.

Eigentümer des Radoms ist die Radom GmbH, Landkreis Weilheim-Schongau.

Derzeit wird das Denkmal instand gesetzt. Ein Ausbau als Museum ist geplant. Bis Mitte 2009 sind voraussichtlich keine Besichtigungen möglich.

Weitere Information gibt es beim Förderverein Industriedenkmal Radom Raisting e.V. www.spacetouch.de

ROBERT UHLITZSCH – Projekt- und Betriebsleiter des Radoms von der Aufbau-phase 1963 bis 1969.

RONALD SINDA – Systemtechniker, Bundespost, Post Telekom, DeTeSat, DTAG, T-Systems, T-Com, Intelsat, DLR.

MAX BRÄUTIGAM – mehrere Jahrzehnte leitender Ingenieur bei Linde, Anlagen und Apparatebau. Vor 40 Jahren bei der Inbetriebnahme der Heliumverflüssigung zur Maserkühlung verantwortlich.



Woher weht der Wind?

Ein neuer Forschungszweig etabliert sich

Mithilfe von Satellitendaten und Computersimulationen wollen Energiemeteorologen das Potenzial der aus Solar- und Windanlagen gewonnenen Energie steigern.

Von Annette Hammer, Detlev Heinemann, Elke Lorenz, Abha Sood

Die rasante Entwicklung der erneuerbaren Energien erfordert ein Umdenken im Umgang mit der Ressource »Energie«. Während bei fossilen Energiequellen wie Kohle, Öl und Gas »Wetter und Klima« eine untergeordnete Rolle spielen, sind erneuerbare, unbegrenzte Energien wie Wind, Solar, Biomasse und Wasser in starkem Maße von meteorologischen Randbedingungen abhängig.

Aus diesem Grund benötigen wir unbedingt präzise Informationen über das Angebot von Sonnen- und Windenergie. Wenn künftige Solar- und Windkraftwerke errichtet

werden sollen, sind genaue Kenntnisse über die potenziell verfügbare Energie an dem jeweiligen Standort erforderlich. Um solche Anlagen wirtschaftlich betreiben zu können, werden exakte Vorhersagen über das aktuelle Energieangebot nötig. Die Entwicklung kommender Generationen von Anlagen wird ohne eine genaue Festlegung der relevanten meteorologischen Bedingungen nicht mehr auskommen.

Diesem Bedarf an meteorologischer Information, der einhergeht mit neuem technologischem Know-how, stellt sich das neue inter-

disziplinäre Forschungsgebiet Energiemeteorologie. Es ist an der Schnittstelle zwischen Atmosphärenphysik und Energiesystemforschung angesiedelt. Die Energiemeteorologie behandelt die vielfältigen Einflüsse von Wetter und Klima auf Umwandlung, Übertragung und Nutzung von Energie. Dabei verknüpft sie meteorologische mit physikalisch-technischen Fragestellungen. Grundsätzlich lassen sich energiemeteorologische Methoden entsprechend der Anwendung in zwei Gruppen einordnen. Dabei geht es zunächst um die Frage: »Wie viel Energie kann langfristig an

einem Standort geliefert werden?«. Diese Frage ist entscheidend für die Standortauswahl von Solar- oder Windenergieanlagen. Doch auch für den aktuellen Betrieb solcher Anlagen sind meteorologische Informationen von großer Relevanz. Sie lässt sich mit einer zweiten Grundfrage auf den Punkt bringen: »Wie viel Leistung steht aktuell oder kurzfristig wann und wo zur Verfügung?«.

Diese zweite Frage führt zu einer weiteren wichtigen Betrachtungsweise. Zukünftig müssen verstärkt nicht nur einzelne Anlagen je für sich, sondern eben das Gesamtsystem mit vielen großräumig verteilten Quellen und Standorten betrachtet werden. Nur so können Solar- und Windenergiekraftwerke optimal in die Energieproduktion integriert und die schwankenden Leistungen aus den verschiedenen Anlagen abgeschätzt werden. Wie sich langfristige klimabedingte Änderungen auf das Potenzial verfügbarer Wind- und Solarenergie auswirken oder wie sich das lokale Klima möglicherweise durch die Energieerzeugung selbst verändert, sind weitere Themen der energiemeteorologischen Forschung.

SATELLITENDATEN FÜR SOLARENERGIE.

Die wichtigste Informationsquelle für Meteorologie und Klimatologie sind heute – neben Bodendaten – Satellitendaten. Sie liefern unter anderem wertvolle Informationen für die Bestimmung der Sonneneinstrahlung am Erdboden. Ein entscheidender Schritt wurde dabei mit der Bereitstellung von Daten gemacht, die von sogenannten Radiometermessungen an Bord geostationärer Satelliten stammen. Solche Messdaten stehen seit nunmehr einem Jahrzehnt zur Verfügung. In Fünfzehn-Minuten-Intervallen, und räumlich bis zu einem Kilometer aufgelöst, bieten sie im europäischen Raum Informationen über die jeweils vorliegende Globalstrahlung.

Das Prinzip ist einfach: Gemessen wird die von der Erde und der Atmosphäre zurückgestreute kurzwellige Solarstrahlung. Aus diesen Messungen lassen sich dann Kenntnisse über die Bewölkung gewinnen. So wird das Radiometer im Wesentlichen als Sensor für die in seinem Blickwinkel vorhandene Bewölkung genutzt. Daraus kann grundsätzlich das Solarenergieangebot am Erdboden berechnet wer-

Literatur

Drews et al.: Monitoring and Remote Failure Detection of Grid-connected PV Systems Based on Satellite Observations, *Solar Energy*, 81, 2007

Hammer, Lorenz: Fernerkundung der Solarstrahlung für Anwendungen in der Energietechnik, DACH 2007, 10.–14. September 2007, Hamburg

Perez: Emerging Opportunities For Improved Solar Resource Information. In: **Dunlop, Wald, Šúri:** *Solar Energy Resource Management for Electricity Generation from Local Level to Global Scale*, Nova Science Publishers, New York, 2006

den. Die dabei erreichte Genauigkeit ist für viele Anwendungen mit Messungen am Boden vergleichbar. Sie hat jedoch einen enormen Vorteil: Die erzielte räumliche Auflösung (typisch: 3–5 Kilometer) ist der der Bodenmessnetze weit überlegen.

Satellitendaten können aber noch mehr leisten. So verzeichnen insbesondere kleinere Fotovoltaik-Anlagen häufig Einbußen im Energieertrag – weil Fehlfunktionen nicht rechtzeitig erkannt werden. Da das Solarstrahlungsangebot ja prinzipiell Schwankungen unterliegt, fällt es sehr schwer, solche Fehler rechtzeitig zu erkennen.

DER BLICK AUF DAS GESAMTSYSTEM.

Ein Verfahren zur Fernüberwachung von Fotovoltaik-Systemen wurde im Rahmen des europäischen Projekts PVSAT-2 entwickelt. Wiederum auf der Basis von Satellitendaten wird damit die zu erwartende Energieausbeute einer Anlage berechnet. Das Muster der Abweichung zwischen berechneter und gemessener Leistung ermöglicht es, die Ursache einer Fehlfunktion bereits nach kurzer Zeit zu bestimmen. Auf diese Weise können die häufigsten Fehlerursachen identifiziert werden: eine Voraussetzung für den optimalen Betrieb der Anlage.





Offshore-Windpark

Der Offshore-Windpark »alpha ventus« vor der Nordseeinsel Borkum ist das erste deutsche Pilotprojekt mit zwölf geplanten Windenergieanlagen bis zum Jahr 2009. Der Antrag auf Errichtung des Windparks Borkum-West wurde bereits im Jahr 1999 durch die PROKON Nord GmbH gestellt und 2001 genehmigt. Der Windpark wird auf einer Fläche von vier Quadratkilometern ausgelegt und soll künftig der kommerziellen Nutzung von Windenergie dienen. Die Testanlage wird für grundlegende Erfahrungen im Bereich Bau und Betrieb eines Offshore-Windparks genutzt. Durch das Konsortium Deutsche Offshore Testfeld- und Infrastruktur-Gesellschaft (DOTI GmbH & Co. KG), bestehend aus den namhaften Energiekonzernen E.ON Energie Projects GmbH, EWE AG und Vattenfall Europe New Energy GmbH, soll das Projekt bis spätestens zum Sommer 2008 realisiert werden und die ersten Windenergieanlagen nach dem derzeitigen Planungsstand in Betrieb genommen werden. DOTI will das Projekt mit einer Gesamtinvestition von 180 Millionen Euro vorantreiben. Erstmals werden Windenergieanlagen in der Leistungsklasse fünf Megawatt in 45 Kilometer Küstenferne und in 30 Meter Wassertiefe bei einer Windgeschwindigkeit von durchschnittlich zehn Metern pro Sekunde errichtet.

Werden zeitlich und räumlich hoch aufgelöste Solarstrahlungsdaten mit entsprechenden Daten der Verbrauchslast im Stromnetz in Verbindung gebracht, ergeben sich darüber hinaus wichtige Erkenntnisse, wie durch eine geschickte Einbindung der Solarenergie große Vorteile erzielt werden können. Ein Beispiel aus den USA und Kanada mag dies verdeutlichen. So kam es am 14. August 2003 in Nordamerika zu einem »Blackout« in der Stromversorgung. Mehr als 50 Millionen Menschen waren davon betroffen, und der wirtschaftliche Schaden wird mit acht Milliarden US-Dollar beziffert. Zeitweise wur-

den mehr als 100 Kraftwerke abgeschaltet. Wesentliche Ursache des Vorfalls war: Zur Deckung der lokalen Stromnachfrage waren ungewöhnlich hohe Stromtransporte zwischen einzelnen Regionen notwendig geworden. In einer Computersimulation, in der hochaufgelöste Solarstrahlungsdaten mit Daten zur Netzlast kombiniert wurden, konnte nachgewiesen werden: Solarenergieanlagen mit einer Leistung von wenigen hundert Megawatt, verteilt auf die entscheidenden Metropolregionen, wären ausreichend gewesen, um den Vorfall zu verhindern. Dieses Beispiel zeigt, dass die Verfügbarkeit von spezifischen Solarstrahlungsinformationen in Kombination mit entsprechenden Daten der Energiesysteme zu Erkenntnissen über das Systemverhalten führen, die weder intuitiv noch mit traditionellen Verfahren gewinnbar sind.

VON DER WETTER- ZUR ENERGIEVORHERSAGE. Aber das Beispiel zeigt noch etwas anderes: Energie ist nicht immer gleich viel wert. Sie muss auch zum richtigen Zeitpunkt zur Verfügung stehen. Die Unsicherheiten durch die schwankenden Beiträge aus erneuerbaren Energien müssen deshalb deutlich reduziert werden. Es sind präzise Informationen über die zu erwartende Erzeugung bereitzustellen. Mit anderen Worten: Wir benötigen eine Energievorhersage!

Solche Vorhersagen für Wind- und Solarleistungen im Bereich von ein bis drei Tagen basieren durchweg auf – numerischen – Wettervorhersagen (siehe dazu *Kultur & Technik* 2/2008). Um die Ergebnisse dieser Wettermodelle in entsprechende Vorhersagen der Leistungen von Solar- und Windenergiesystemen zu übertragen, werden unterschiedliche Verfahren verwendet. Dabei fließen statistische Zusammenhänge und weitergehende physikalische Modellierungen ein. Aktuelle Entwicklungen in der Forschung zielen unter anderem auf die Bestimmung und Einbeziehung der Vorhersage-Unsicherheiten sowie die intelligente Verwendung unterschiedlicher Vorhersage-Informationen. Im Fall der Solarstrahlung ist beispielsweise die Wolkenvorhersage ein Schlüssel zur Verbesserung.

Für kurze Zeiträume von wenigen Stunden können Solarstrahlungsvorhersagen wiederum aus Satellitendaten gewonnen werden. Dazu wird die weitere zeitliche Entwicklung der Wolkenstrukturen berechnet, da sie die Strahlung wesentlich bestimmt. Aus dem vorhergesagten Satellitenbild kann dann die Solarstrahlung berechnet werden.

WO UND WANN WEHT DER WIND? Auch in der Windenergie ist die genaue Kenntnis des möglichen Ertrags für einen gegebenen Standort eine wesentliche Voraussetzung für die wirtschaftliche Nutzung. Fehlende Informationen über die Windverhältnisse an schwer zugänglichen Standorten wie im Offshore-Bereich oder im komplexen Gelände sind oft ein Investitionshindernis.

Um die Frage: »Wie viel Wind kann an einem gegebenen Standort erwartet werden?« zu beantworten, bedarf es der Kombination vielfältiger Daten und unterschiedlicher Methoden. Auswertungen von kurzen Zeitreihen örtlicher Messungen werden ebenso benötigt wie präzise und geeignete Langzeitmessungen. Im Idealfall werden diese ergänzt durch hochaufgelöste computergestützte Simulationen oder sogenannte Re-Analyse-Daten – konsistente und homogene Daten, die für mehrere Jahrzehnte vorliegen. Detaillierte quantitative Beschreibungen des Windpotenzials für vorgegebene Standorte können dann beispielsweise über Computersimulationen gewonnen werden, denen atmosphärische Strömungsmodelle zugrunde liegen. Von besonderer Bedeutung sind hier »mesoskalige Modelle«. Sie berechnen atmosphärische Prozesse in Auflösungen

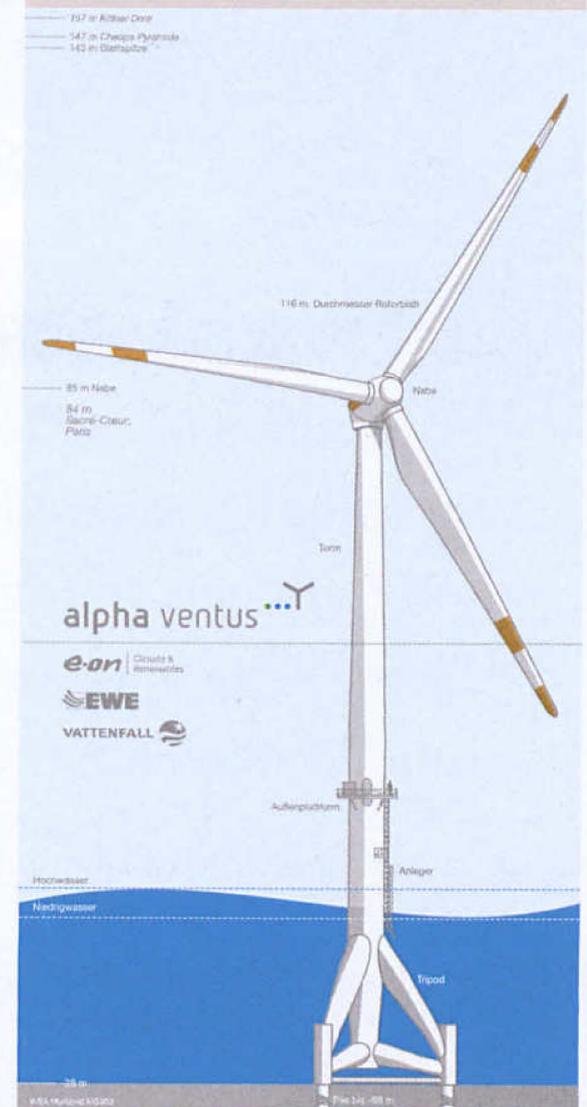
von unter einem bis zu ca. hundert Kilometern. Damit werden kurzfristige Wettervorhersagen erstellt oder regionale – vergangene und »zukünftige« – Klimazustände berechnet. Auf dieser Basis können sowohl kurzfristige Vorhersagen der Windleistung als auch langfristige Windpotenzialberechnungen für Windpark-Standorte erstellt werden – einschließlich möglicher Veränderungen des Windklimas.

Für die Nutzung der Windenergie ist eine Eigenart des Windes von besonderer Bedeutung: In der atmosphärischen Grenzschicht weisen Windfelder auf langen Zeitskalen standortspezifische Fluktuationen auf. Für die Nutzung der Windenergie sind hier insbesondere saisonale bis mehrjährige dekadische Variabilitäten zu nennen. Sie müssen noch besser erfasst und berücksichtigt werden. Ein weiteres Ziel ist, die räumliche und zeitliche Genauigkeit der Berechnungen zu erhöhen und – an vorhandene örtliche Randbedingungen angepasst – auf die Langzeitbetrachtungen zu beziehen. Hierzu werden regionale Computersimulationen sowohl der jüngeren Klimavergangenheit als auch für zukünftige Klimaszenarien durchgeführt.

WIND ERNTEN AUF DEM MEER. Windenergieanlagen sind häufig an exponierten Standorten errichtet, die extremen Windverhältnissen ausgesetzt sind. Extremwerte sind dabei die größten zu erwartenden Ereignisse. Sie können anhand von Statistiken der Windgeschwindigkeit über lange Zeiträume ermittelt werden. Solche Informationen über die zu erwartenden Extremwerte sind für die Konstruktion von Windenergieanlagen zwingend notwendig. Extremwerte müssen dabei nach zwei Gesichtspunkten erfasst werden: Zum einen geht es um große Stürme, die eine Anlage oder Rotorblätter beschädigen können; zum anderen um starke Böen, deren gehäuftes Auftreten zu einer erhöhten mechanischen Belastung im Dauerbetrieb führen.

Derartige Extremereignisse haben eine besondere Bedeutung für die »Offshore«-Nutzung. Gemeint sind Windkraftanlagen, die im küstennahen Meer errichtet werden. Über die Windverhältnisse über dem Meer ist weit weniger bekannt als dies für Standorte an Land mit entsprechend zahlreichen Messungen gegeben ist. Zudem liegen hier einige Besonderheiten vor, etwa die Wechselwirkungen zwischen Wind und Wellen oder die thermischen Eigenschaften des Wassers. Diese Faktoren beeinflussen deutlich die Windverhältnisse im Offshore-Bereich. Eine präzise Bestimmung des Windenergieangebots für die Planung großer Offshore-Windparks, sowie die sichere Vorhersage der Stromerzeugung für den Betrieb, sind somit sichtlich erschwert. Zudem erfordern veränderte Turbulenzeigenschaften des Windes über dem Meer ein anderes Anlagendesign, das die veränderte mechanische Belastung der Anlagen berücksichtigt. Um die benötigten Erkenntnisse für eine gesicherte Beschreibung der Windverhältnisse zu gewinnen, sind hochwertige und genaue Messungen notwendig. Zu diesem Zweck steht z.B. für die Deutsche Bucht seit 2005 eine Messplattform zur Verfügung (FINO-1: www.fino-offshore.de). Die 2008 beginnende Errichtung eines Offshore-Testfeldes, etwa 43 Kilometer nördlich von Borkum (»alpha ventus«), wird weitere wichtige Erkenntnisse liefern.

Gerade im Bereich der zukunftssträchtigen und wirtschaftlich wichtigen Offshore-Anlagen bietet sich ein großes Forschungsfeld, das eine differenziertere Erfassung des Windfeldes mit speziellen Messverfahren (etwa mit LIDAR: »Light Detection and Ranging«, ein optischer Radar) ebenso erfasst wie neue Computersimulationen zur Ermittlung der Strömungsverhältnisse in Windparks (etwa die »Large Eddy Simulation«, LES). Verbesserte numerische Modelle und präzise Strömungsmessungen helfen hier, die entscheidenden Kenntnisse und Daten zu liefern, um Anlagen optimal aufzustellen und künftige Anlagengenerationen an diese Bedingungen anzupassen. ■■



Modell einer Offshore Windenergieanlage im Windpark »alpha ventus«. 116 Meter beträgt der Durchmesser der Rotorblätter.

**DR. ANNETTE HAMMER,
DR. DETLEV HEINEMANN
DR. ELKE LORENZ UND**

DR. ABHA SOOD gehören zum Forschungsteam »Energiemetereologie« am Institut für Physik der Universität Oldenburg. Unter der Leitung von Dr. Heinemann werden unter anderem Untersuchungen zum Einfluss des Wetters auf die Wind- und Solarenergie-nutzung durchgeführt.

Wasser, Luft und Sonne

Das Wetter und die Fliegerei

Der Pilot braucht mehr als das »normale Wetter«. Besonders in der leichten Fliegerei entscheidet die richtige Einschätzung des Wetters maßgeblich darüber ob geflogen werden kann und wie das Flugziel erreicht wird. Beim Fliegen lässt sich das Spiel von Sonne, Wind und Wolken hautnah erleben. **Von Beatrix Dargel**



Bild oben: Wolken, wie sie Segelflieger lieben.

Bild unten: Hier türmen sich Kumuluswolken auf.

Wetter bedeutet für den Piloten vor allem das Wechselspiel von Wind und Wolken. Kleinflugzeuge sind meistens nach Sichtflugregeln unterwegs. Das bedeutet, dass die Besatzung zu jedem Zeitpunkt wenigstens die vorgeschriebenen Mindestsichtbedingungen vorfinden muss. Der Einflug in Wolken ist dabei tabu. Der Einfluss des Windes leuchtet sofort ein. Richtung und Stärke sind für die voraussichtliche Flugzeit und den abzusehenden Kraftstoffverbrauch entscheidend. Bei Rückenwind ist die Flugzeit kürzer. Starker Wind aus einer »ungünstigen« Richtung erschwert Start und Landung, besonders von kleinen und leichten Flugzeugen. So mancher Flug endete aus Windgründen nicht auf dem vorgesehenen Zielflugplatz, sondern auf einem Ausweichflugplatz, auf dem die Pistenrichtung besser zur Windrichtung passt.

SCHÄFCHEN- UND ANDERE WOLKEN. Wolken sind aus verschiedenerlei Gründen für Piloten interessant. Zum einen liefern sie vorzügliche Hinweise auf nützliche oder gefährliche Wetterphänomene. Kumuluswolken weisen auf thermischen Aufwind hin. Der Pilot eines Segelflugzeuges plant seinen Streckenflug mit Blick auf diese Aufwinde. Stratuswolken hingegen schatten die Erdoberfläche vom Sonnenlicht ab, die Entwicklung thermischer Aufwinde unter dieser Decke ist deutlich schwächer ausgeprägt. Kumulonimbuswolken sind ein sichtbares Zeichen gewaltiger atmosphärischer Energie wie starke Turbulenzen, Hagel, Gewitter und Starkwind. Ein Pilot, nicht nur der eines kleinen Flugzeuges, ist gut beraten, solche Gewitterzellen weiträumig zu umfliegen.

LUFTDRUCK – »VOM HOCH INS TIEF GEHT'S SCHIEF«. Von entscheidender Bedeutung für die Luftfahrt ist auch der Luftdruck. Der Höhenmesser der allermeisten Flugzeuge ist eigentlich ein Luftdruckmesser. In den Anfangsjahren der Fliegerei wurden zur Höhenmessung gewöhnliche Barometer verwendet. Heute ist die Skala des Barometers natürlich in Meter oder

Fuß geeicht und zeigt die aktuelle Flughöhe direkt an. Da aber neben der Platz- oder Flughöhe auch die Wettersituation Einfluss auf den aktuellen Luftdruck hat, muss der Höhenmesser vor jedem Flug neu eingestellt werden. Vor dem Start gestaltet sich das einfach. Über eine Einstellschraube wird solange nachgeregelt, bis der Höhenmesser die bekannte Platzhöhe anzeigt.

Bei einem längeren Überlandflug können sich die Wetterbedingungen jedoch ändern. Sinkender Luftdruck führt dazu, dass der Höhenmesser eine größere Höhe anzeigt. Da das gerade beim Landeanflug nicht ungefährlich ist, wird vor der Landung meistens per Funk der aktuelle Luftdruck am Platz erfragt und der Höhenmesser korrigiert.

WETTERBERICHTE. Größere Flugplätze betreiben eine Wetterstation. Zur Flugvorbereitung gehört es, den Wetterbericht und gegebenenfalls die Wettervorhersage für den Zielflugplatz einzuholen. Das kann telefonisch, per Funk oder über das Internet erfolgen. Dabei werden die flugrelevanten Informationen in eine Kurzform, das METAR, zusammengefasst. Dieser Flugwetterbericht enthält Windstärke, Richtung, Sichtbedingungen, Wolkenuntergrenzen, Wettererscheinungen und die Beschaffenheit der Start- und Landebahn. Die in einem ähnlichen Format zusammengefassten Kurzzeitwettervorhersagen heißen TAF. Große Flughäfen bieten METAR und TAF als Ansagedienst per Funk oder Telefon an. Zur Vorbereitung eines Überlandfluges gehört die Zusammenstellung von METAR und TAF von Flugplätzen entlang der geplanten Flugroute.

VON CHARLIE BIS X-RAY. Die Vorhersage der Wolkenuntergrenzen und Sichtweiten in Deutschland für die nächsten 6 Stunden bietet der GAFOR-Dienst des Deutschen Wetterdienstes (GAFOR – General Aviation Forecast). Dazu ist Deutschland in eine Vielzahl einzelner Vorhersagegebiete unterteilt. Einen schnellen Überblick bietet die Übersichtskarte. Entsprechend der Wetterbedingungen wird dem Gebiet dann eine farbige Bewertung von »C« bis »X« zugeordnet, ähnlich der Schulnoten von 1 für sehr gut bis 5 – mangelhaft.

POLSICHT UND WETTERFALLEN. Dass man beim Flug mit einem Kleinflugzeug in Deutschland den Nordpol sehen kann, gehört in das Reich des »Fliegerlateins«. Nicht immer herrschen ideale Sichtbedingungen. Und nicht immer hält sich das Wetter an den Wetterbericht. Eine Warmfront nähert sich manchmal schneller als vorhergesagt. Den Autofahrer stört das nicht sonderlich. Damit die absinkenden Wolkenuntergrenzen nicht zu einer Wetterfalle werden, gehört die Wetterbeobachtung während des Fluges zu den ständigen Aufgaben der Besatzung. Unter Sichtflugbedingungen ist auch die Freiheit über den Wolken nicht grenzenlos. Spätestens zur Landung muss der Pilot eine Wolkenlücke für den sicheren Abstieg finden. Und wenn über dem Zielflugplatz gerade kein »Loch vom Dienst« zu finden ist, hilft hier nur der Flug zu einem Ausweichflugplatz mit besserem Wetter. In diesem Fall zahlt sich eine gute Flugvorbereitung mit ausführlichem Wetterstudium aus. ■■



Eine Warmfront nähert sich. Die Bedingungen für Sichtflug werden schlechter.



Die Morgensonne setzt die Wolkenbildung in Gang.

METAR. DER WETTERBERICHT IN KURZFORM ...

METAR EDDM 140920Z

26004KT 0600

R26R/0650V1000N

R26L/0400N FZFG VV///

M04/M04 Q1034 BECMG

1000=

... UND WAS ER BEDEUTET:

Ort: EDDM (= München, Flughafen Franz-Josef-Strauss)

Tag: 14 Uhrzeit: 09:20 UTC (= Donnerstag, 14. Februar 2008, 10:20 lokale Zeit)

Wind: Richtung = 260 Grad

Geschwindigkeit: 4 Knoten

Minimale horizontale Sichtweite:

600 Meter, Piste 26 rechts, Sicht veränderlich von wenigstens 650 Meter bis zu 1.000 Meter, keine Tendenz. Piste 26 links, Sicht 400 Meter, keine Tendenz

Wetterbeobachtung: Reif, Nebel, bedeckter Himmel – vertikale Sicht kann nicht bewertet werden

Temperatur: minus 4 Grad Celsius

Taupunkt: minus 4 Grad Celsius

Luftdruck = QNH: 1.034 Hektopascal

Die folgenden Wetterverhältnisse sind vorübergehend zu beobachten:

minimale horizontale Sichtweite = 1.000 Meter

DIPL.-ING. (FH) BEATRIX

DARGEL studierte Garten- und Landschaftsarchitektur an der FH Erfurt. Seit 2001 arbeitet sie in München als Fach- und Fotojournalistin für Gartenthemen, Architektur, Technik, Modellbau, Luftfahrt und Luftbilder.



Lebende Bilder

Zu Paul Lindners Naturgeschichte der Schattenbilder

Ausgerechnet ein Berliner brautechnisches Institut wird nach 1912 zur Forschungsstätte einer Bildform, der im wissenschaftlichen Kontext vorher keine sonderliche Beachtung geschenkt wurde: das Schattenbild.

Von Tim Otto Roth

Mit *Photographie ohne Kamera* erschien 1920 die erste Auseinandersetzung mit dem Schattenbild in Buchform. Der Braubiologe Paul Lindner (1861–1944) erläutert darin nicht nur unterschiedliche Herstellungstechniken, sondern reflektiert Licht und Schatten aus der Sicht der Biologie und Naturgeschichte: Schattenbilder von Gerstenkörnern, Hopfenranken und Bierschaum führen ihn bis in die Tiefen des Meeres. Die Natur im Schattenbild animiert den Professor zu einer Biomedientheorie, die die Natur als Licht empfangenden und Licht spendenden Organismus entdeckt. Eine Entdeckungsreise, auf die sich auch heute noch Wissenschaftler, aber auch Künstler begeben.

Das Interesse für Schattenbilder entwickelte sich bei Paul Lindner (1861–1944) aus dem praktischen Forscheralltag am Berliner Institut für Gärungszwecke. Der ehemalige Mitarbeiter Robert Kochs hatte Schwierigkeiten, die in zylindrischen Zuchtgefäßen wachsenden Pilz-

kulturen mit einer Kamera zu fotografieren. Um den Entwicklungsstand der meist farbenfrohen, konzentrischen »Tagesringe« dennoch zu dokumentieren, beschloss Lindner 1912, die Kamera beiseite zu lassen und die Kulturen als eine Art Lichtmatrize zu benutzen, um sie als Kontaktkopie auf lichtempfindlichem Papier festzuhalten. Hierzu wölbte er in der Dunkelkammer ein Fotopapier an die Glasaußenwand, beleuchtete das Gefäß von der anderen Seite und hielt somit ein Schattenbild der durchleuchteten Kulturen fest (Bild 2).

Diese Vorgehensweise ähnelt einer prominenten Szene in der Geschichte der Entdeckung lichtempfindlicher Medien: Eben auf diese Art und Weise bestätigte bereits 1717 Johann Heinrich Schulze die Lichtempfindlichkeit von Silbersalzen. Der Hallenser Universalgelehrte klebte Schablonen auf ein Glasgefäß, in dem sich ein mit Silbernitrat angereicherter Kreideschlamm befand, und stellte dies ins Sonnenlicht. Die Stellen, wohin das



Bild 1: Edgar Lissel (1965),
»Bakterium Vanitas«, 2000/2001
Edition auf Ilfochrome,
80 x 80 cm, bzw. 40 x 40 cm.

In der Serie »Bakterium Vanitas« (2000–2001) arbeitet der in Wien lebende deutsche Künstler mit einer Langzeitbelichtung lichtliebender Cyanobakterien. Der allmähliche Zerfall von Objekten formiert sich nach und nach zu einem lebenden Schattenbild.

Sonnenlicht drang, färbten sich aufgrund der Reduktion zu elementarem Silber schwarz. Diese Schattenbilder waren jedoch nicht beständig, da sich bei der Betrachtung im Licht zwangsläufig auch der Rest des weißen Schlamms schwärzte. Erst 1839 gelang es dem Engländer Henry Fox Talbot und ungleich später dem Franzosen Hippolyte Bayard Kontaktkopien von Pflanzen, Schriftstücken oder Textilien permanent zu fixieren. Systematisch setzte die britische Botanikerin Anna Atkins dieses Verfahren ein, um eine Art Schattenbildherbarium von Algen herzustellen. Hierfür trocknete sie die Pflanzen und kopierte diese an der Sonne unter einer Glasplatte flach aufliegend auf Blaupausenpapier, das sie selbst herstellte. Den Prozess dieser »Cyanotypie«, die später u.a. zum Kopieren von Architekturplänen verwendet wurde, lernte sie von dessen Erfinder John Herschel. Bereits 1843, also noch ein Jahr vor dem Erscheinen von Henry Fox Talbots *Pencil of Nature*, publizierte Atkins den ersten Band von *British Algae*.

Lindner löste sich undogmatisch von der ebenen Positionierung des Fotopapiers und schmiegte es bei den Pilzaufnahmen nun räumlich um den Aufnahmegegenstand. Schon 1912 dachte der Forscher über einen Schattenbildfilm nach: Wenn man die sukzes-

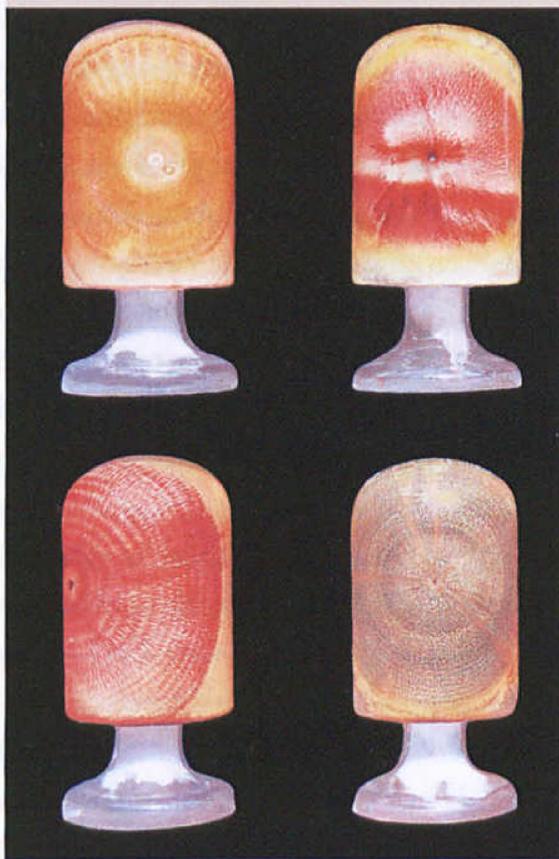


Bild 2: »Pilzrosen« nach Paul Lindner.

siven Schattenbildaufnahmen auf Kinofilm reproduzierte, so ließe sich in der Projektion die Entwicklung der Pilzkulturen als Animation auch in Bewegung verfolgen.

Paul Lindner erkannte ein grundlegendes Problem dieser Art von Schattenbilderei. Die aufliegenden Gegenstände mussten zwangsläufig flach und möglichst in Kontakt aufliegen, damit Details auch scharf abgebildet werden. Den Grund hierfür fand er in der Beschaffenheit des Lichts. Jeder kennt seinen eigenen unscharfen Schatten im diffusen Licht eines leicht bewölkten Himmels. Einen nahezu scharfen Schlagschatten wirft hingegen der direkte Schein der Sonne. Das Zentralgestirn ist eine nahezu punktförmige Lichtquelle mit überwiegend parallelem Licht. Dennoch ist ein gewisser Anteil an diffusem Licht auch bei lichtem Sonnenschein unvermeidbar, da das Licht stets auch in der Atmosphäre gestreut wird. Was Lindner letztlich vom Sonnenlicht als Beleuchtungsquelle hat Abstand nehmen lassen, ist neben den inkonstanten Witterungsverhältnissen auch der Sachverhalt, dass die Sonne stets in Bewegung ist. Aufgrund der Erdrotation entstehen bei längeren Belichtungszeiten auf den damals üblichen Tageslicht-Auskopierpapieren auch bei flachgedrückten Pflanzen bereits nach wenigen Minuten leichte Unschärfen.

Lindner war sich dieser Probleme bewusst. Kopierte er 1912 die Pilzkulturen noch mit einer Glühbirne durch das dünne Glas seiner Pilzzuchtgefäße hindurch, so entschied er sich später, insbesondere bei Aufnahmen von dreidimensionalen Gegenständen, für eine künstliche, punktförmige Lichtquelle. Er benutzte hierzu eine Lichtbogenlampe, wie sie auch in der Mikroskopie verwandt wurde, und richtete mittels eines Kondensors die Strahlen parallel aus. Die spektakulären Schattenaufnahmen von Bierschaum verdanken sich insbesondere den außerordentlich kurzen Belichtungszeiten seines Verfahrens.

Expositionszeiten von lediglich einem Bruchteil einer Sekunde erlaubten es, auch von sich schnell bewegenden Kleinstinsekten scharfe Schattenaufnahmen zu fertigen. Im Winter 1915 stellte Lindner schließlich der Deutschen Botanischen Gesellschaft seine »Farbschattenaufnahmen« von Bernstein-



Bild 3: Ducos Du Haurons
Versuche mit Dreifarbdruk, 1869.
Reproduktion aus: Frizot, Michel:
Neue Geschichte der Photographie.



Bild 4: Walter Ziegler, Cyanotypie von
blühenden Wiesenpflanzen mit
Insekten, 1906 Kunstbibliothek Berlin.

stücken und geschliffenen Halbedelsteinen auf Lumière'schen Autochromplatten vor. Zwar waren bereits 1869 die von Louis Ducos du Hauron gefertigten, ersten Farbaufnahmen gewissermaßen Kontaktkopien von Blüten und Pflanzen (Bild 3), jedoch war es Paul Lindner, der erstmals die Schatten nicht von flachen, sondern dreidimensionalen Gegenstände in einem Farbverfahren festhielt.

Farbe und Form sah Lindner unterschiedlich in den positiven Farbaufnahmen und den negativen Schwarz-Weiß-Aufnahmen behandelt. Eigneten sich nach seinem Dafürhalten die »Farbschattenaufnahmen« dazu, aufgrund der Farbschattierungen Dinge mehr in der Fläche festzuhalten, so läge die Qualität der schwarz-weißen »Hellschattenaufnahmen« in der Betonung und Konturierung der äußeren Form. Dass es ihm hierbei nicht um eine simple Silhouettierung des Gegenstands ging, wird offensichtlich anhand der Originalschattenaufnahme einer Paradiesvogelfeder, die Paul Lindner 1942 einer Buchstiftung für das Deutsche Museum beigelegt hatte (Bild 5). Diese bislang einzige bekannte Originalaufnahme, die die Wirren des Krieges überlebt hat, demonstriert die bildliche Dichte der Lindner'schen »Hellschattenaufnahmen«, die insbesondere in der Vergrößerung immer noch weitere, bislang verborgene Details offenbart.

DIE PFLANZE ALS DRUCKSTOCK BENUTZT. 1920 fasst Paul Lindner seine Auseinandersetzung mit dem Schattenbild in dem Werk *Photographie ohne Kamera* zusammen. Der Band, der in der Reihe *Photographische Bibliothek* erscheint, geht weit über ein fotohandwerkliches Manual hinaus. Lindner löst die Schattenbilderei aus dem kamerafotografischen Kontext heraus und bettet sie ein in einen größeren biologischen und naturhistorischen Zusammenhang. Dies zeigt sich bereits zu Beginn des Hauptteils seines Buches, in dem er eine Übersicht über die verschiedenen Verfahren gibt, »bei denen ohne Kamera gearbeitet wird, bei denen also die Lichtwirkung ohne optische Linsen zustande kommt«. Bemerkenswerterweise stellt er seinen Ausführungen den »Naturselbstdruck« voran, der gänzlich ohne Licht verfährt. Lindner verweist auf die Anfänge dieses Verfahrens im 16. Jahrhundert, bei dem Pflanzen selbst als Druckstock benutzt werden, indem sie mit Farbe eingestrichen und auf Papier abgedruckt werden. Im 19. Jahrhundert erfuhr das Verfahren eine wesentliche Neuerung durch Alois Auer an der k. u. k. Hof- und Staatsdruckerei Wien, der in seinen »Physiotypien« nicht mehr die Pflanzen direkt als Druckstock verwendete. Vielmehr presste er unter hohem Druck eine auf eine Stahlplatte aufgelegte Pflanze gegen eine Bleiplatte und erhielt auf diese Weise eine hoch differenzierte Bleimatrize, die anschließend noch galvanisch gehärtet wurde. Von dieser Matrize konnte nun eine höhere Auflage im Tiefdruckverfahren realisiert werden.

Dieser technologische Wandel in der botanischen Illustration lässt sich auch anhand von Raritäten in der Bibliothek des Deutschen Museums verfolgen. Dazu gehört das seltene Büchlein *Neueste Anweisung, Pflanzen nach dem Leben abzudrucken* des Apothekers Ernst Wilhelm Martius von 1784, das das Verfahren in ausführlicher Form behandelt und dem zwei Originaldrucke beigelegt sind. Stellt man den beiden Drucken Auers Album *Die Entdeckung des Naturselbstdrucks* aus dem Jahr 1854 gegenüber, so wird der technologische Sprung offensichtlich. Die von Auer realisierte Qualität der Drucke, nicht nur von Pflanzen, sondern auch von Spitzen, Tierhäuten oder präparierten Mineralien, ist heute nach wie vor atemberaubend. Selbst unter der Lupe werden Details noch scharf wiedergegeben. Ähnlich fesselnd sind die fünf monumentalen Bände der *Physiotypia plantarum austriacarum* (1856) von Constantin von Ettinghausen und Alois Pokorny, die in 500 großformatigen Tafeln die österreichische Fauna dokumentieren (Bild 7).

Auf den Naturselbstdruck aufmerksam wurde Paul Lindner vermutlich 1913 durch den Artikel »Originalkopien von Pflanzenteilen« in der Gartenbauzeitschrift *Die Gartenwelt*. In diesem Text wurde auch das Schattenbildverfahren vorgestellt und mit Überlegungen verknüpft, wie man dieses zur Diagnose von Blattkrankheiten einsetzen könnte. Paul Lindner war also keineswegs der Einzige, der den Naturselbstdruck mit lichtbasierten Schattenbildaufnahmen in Verbindung brachte. Ähnliche Vergleiche tauchen zu jener Zeit auch in der amateurfotografischen Literatur zum »photographischen Zeitvertreib« auf oder finden Erwähnung im kunstgewerblichen Kontext, wie

z.B. in einem Übersichtswerk zu grafischen Drucktechniken von Walter Ziegler (Bild 4). Paul Lindner interessierten aber weniger formal-ästhetische Fragen der Gestaltung, sondern vielmehr Fragen nach wissenschaftlicher Darstellbarkeit. Entscheidend war hierbei für ihn die Dichte der Abbildung: So wie man unter dem Mikroskop in Auers Drucken eine mineralogische Feinstruktur von Gesteinen entdecken konnte, so offenbart sich in der Vergrößerung einer Originalschattenaufnahme einer Hühnerfeder eine dem menschlichen Auge bislang verborgene Struktur.

GEHEIMNISVOLLES LEUCHTEN DES MEERES. Das Faszinierendste an Paul Lindners Werk *Photographie ohne Kamera* ist die Einleitung. Auf der Suche nach der Natur von Licht und Schatten unternimmt er einen brillanten Exkurs durch die Naturgeschichte, beginnend von der Entstehung des Alls bis hin zum Phänomen selbstleuchtender Organismen. Er verfolgt, wie die Natur auf die An- und Abwesenheit von Licht reagiert, wie sie Licht speichert oder Licht absondert. Den »unendliche Lichtmengen verschluckenden« Meeresspiegel vergleicht er mit einer fotografischen Platte. Das pflanzliche Plankton in der obersten Meeresschicht funktioniert dabei wie die Silberalkörnchen in einer fotografischen Emulsion, die Atmosphäre mit ihren Wolkengebilden wie das zu kopierende Negativ. Nur dort, wo keine Wolke einen Schatten auf die Meeresoberfläche wirft, kann sich das Plankton optimal vermehren und das Licht bis in eine Tiefe von 200 Metern vordringen. Eine Art Schattenbild der Atmosphäre sollte Lindner zufolge gar eine Periode der Windstille hervorrufen: Große Wolkengebilde hinterließen aus der Vogelperspektive gesehen ihre Spuren als unterschiedliche Verfärbungen des Meeres. Auch wenn sich diese Verfärbungen heute in Satellitenbildern nicht nachweisen lassen, so liegt Lindner mit seiner Darstellung des Meeres als gewaltigem Lichtspeicher durchaus richtig. Die im Meerschlam »verschüttete Tier- und Pflanzenwelt vergangener Äonen« liefert Rohstoffe wie Öl und Kohle, die als Grundlage zur Erzeugung künstlichen Lichts dienen – für Lindner »wiedererstandenes Sonnenlicht«.

Auf vielfältige Weise schildert Lindner, wie er »lebende Bilder« im Kleinformat des Labors zu kreieren vermag. Ein Aquarium kann mit einem Negativ an der Außenwand versehen werden, sodass die sich an der Glaswand bildenden Algen vornehmlich an den hellen Stellen zu einem Bild wachsen. Ähnlich kann mit dem auch »Bombenwerfer« genannten Pilz »*Pilobus cristallinus*« unter einer dunkel verkleideten Glasglocke verfahren werden. Der Pilz richtet seine Fruchtkörper auf eine Lichtöffnung in der Verkleidung aus und schleudert dorthin seine Sporen. Auch die keimtötende Wirkung von Sonnenlicht kann für ein Schattenbild genutzt werden. Lindner erläutert dazu ein Experiment von Hans Buchner: Auf einer Platte wurde eine Kultur von Typhusbakterien angelegt, teilweise mit einem aus Stanniolpapier geschnittenem Schriftzug »Typhus« abgedeckt und anschließend in der Sonne belichtet. Auf dem Abzug zeichnete sich der Schriftzug negativ ab, da sich die Erreger nur unter dem vor der UV-Strahlung schützenden Stanniol entwickelten.

Paul Lindners Licht- und Schattenexkurs in die organische Welt schildert aber nicht nur lebende Bilder, sondern auch lebendes Licht: leuchtendes Fleisch beim Schlachter, glühende Baumstämme, leuchtende Bakterien, Leuchtkäfer und natürlich das Meeresleuchten. Vom Leuchten des Meeres wird bereits in der Antike berichtet. Doch versetzten erst im 19. Jahrhundert entsprechende Mikroskope die Wissenschaftler in die Lage, diese Form der Biolumineszenz neben Qualenarten auch bestimmten Planktonarten zuzuordnen. Die Forschungen hierzu begannen im deutschen Raum mit Michaelis und Christian Gottfried Ehrenberg in den 1830er Jahren.

1904 legte Hans Molisch mit *Leuchtende Pflanzen* das erste Übersichtswerk vor, das die Biolumineszenz bei Pflanzen umfassend beschrieb. Bereits Molisch unterscheidet prinzipiell zwei Arten der organischen Lichtemission: ein gleichmäßiges, andauerndes Leuchten und ein momentanes, diskontinuierliches Leuchten, heute spricht man von »Glimmen« (engl. glow) und »Blitzen« (engl. flashing). So »glimmt« das Bakterium, das für das Leuchten von Fleisch- und Metzgereiprodukten verantwortlich ist, kontinuierlich, wohingegen der Lichtemission der für das Meeresleuchten überwiegend verantwortlichen Dinoflagellaten ein »Blitzen« im Zellinneren zugrunde liegt.

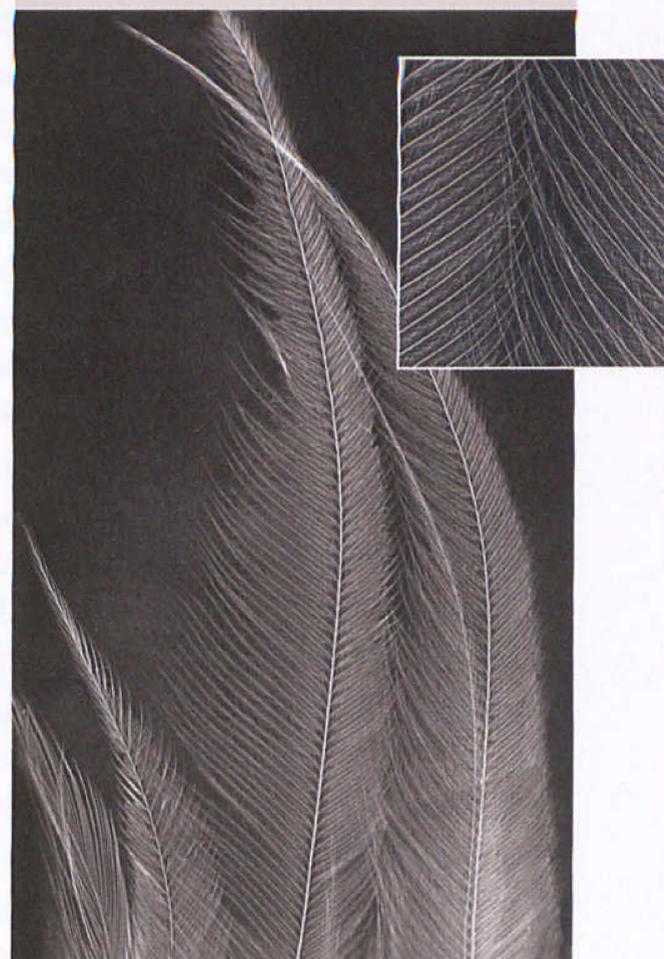


Bild 5: Paul Lindner, Hellschattenaufnahme von Paradiesvogelfedern, undatiert (Schenkung 1942 an die Bibliothek des Deutschen Museums). Die Detailaufnahme (kleines Bild, oben) zeigt, wie Lindner die Mikrostrukturen sichtbar macht.



Bild 6: Meeresleuchten unter Stress: Die Lichtpunkte stammen von einer Zellkultur der einzelligen Meeresalge *Pyrocystis elegans*, die direkt auf einen lichtempfindlichen Farbfilm aufgetragen wurde. Die Stresssituation veranlasste die Zellen, permanent ihr bläuliches Licht zu emittieren, das als unmittelbare Lichtimpression vom Film festgehalten wird. (Tim Otto Roth in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Rüdiger Hardeland, Institut für Zoologie und Anthropologie der Universität Göttingen, 2007.)

DAS PHÄNOMEN »BIOLUMINISZENZ«.

Viele kennen das Phänomen der Lumineszenz aus eigener Anschauung, etwa als das Leuchten von Glühwürmchen. Geläufig sind auch Bilder von »Monstern« aus der Tiefsee mit den abenteuerlichsten Leuchtorganen. Die wenigsten wissen jedoch vom Phänomen des Meeresleuchtens, das vornehmlich von bestimmten einzelligen Organismen im Plankton, den Dinoflagellaten, herrührt. Der Reizauslöser für eine Leuchtreaktion ist bei den Dinoflagellaten stets eine mechanische Erschütterung. Am besten lässt sich die Lichtreaktion am Ende des Hochsommers beobachten, wenn sich das Plankton stark vermehrt hat. Dann leuchten die in der Brandung sich brechenden Wellen, die Schiffsschraubenspur der Fähre leuchtet nach, aber auch die Bewegung eines Schwimmers oder das Aufsetzen eines Ruderpaddels hinterlassen ihre luminösen Spuren. Bemerkenswert aus biologischer Sicht ist der circadiane Rhythmus, den die Dinoflagellaten mit vielen anderen biolumineszenten Organismen teilen: Die Organismen orientieren ihre Leuchtaktivitäten am Tag- und Nachtzyklus. Sie leuchten nur nachts, während sie tagsüber die Leuchtaktivität zurückfahren. Obgleich der Prozess der Biolumineszenz bei den Dinoflagellaten mittlerweile wissenschaftlich gut erforscht ist, bleibt es nach wie vor ein Rätsel, warum die Meeresorganismen Licht absondern.

Dass Paul Lindner keine Versuche unternommen hat, lebendes Licht direkt auf der fotografischen Platte zu exponieren, verwundert kaum. Das gestreute Licht der Organismen hätte höchstens diffuse Schatten erzeugt, an denen Lindner überhaupt nicht interessiert war. Dennoch gab es von künstlerischer Warte aus immer wieder aufschlussreiche Begegnungen zwischen lebenden Organismen und lichtempfindlichem Material. Hierzu gehören Fritz W. Goros Aufnahmen des biolumineszenten südamerikanischen Eisenbahnwurms aus dem Jahre 1945 (Bild 8).

Bei diesem frühen Experiment mit Farbmateriale legte der amerikanische Wissenschaftsfotograf Farbnegativmaterial von oben direkt auf die leuchtende Käferlarve, deren unterschiedlich rot und gelb leuchtende Körperteile ihre Spuren quasi als »Selbstportrait«



Bild 7: Constantin von Ettinghausen und Alois Pokorny, Paeonia tenuifolia – dünnblättrige Pfingstrose. Physiotypie aus: Physiotypia plantarum austriacarum, 1856 (im Besitz der Bibliothek des Deutschen Museums).

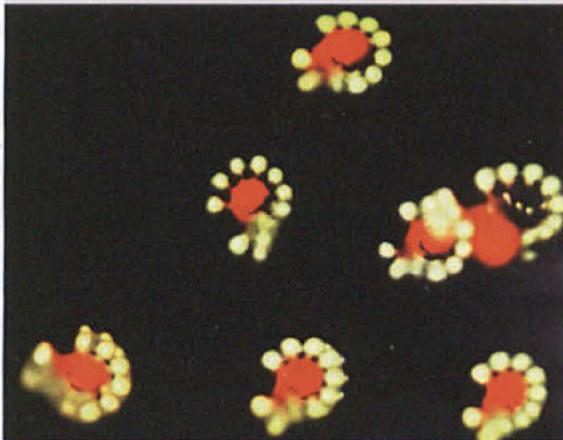


Bild 8: Fritz W. Goro, Aufnahmen des biolumineszenten südamerikanischen Eisenbahnwurms, 1945.



Bild 9: Michael Flomen, Escape, 2001, Edition auf getöntem Bromsilber, 152 x 122 cm.

auf dem Material hinterlassen. Auch Michael Flomen entschied sich 1999 für eine direkte Art und Weise, Lichtspuren von Leuchtkäfern einzufangen, nicht zuletzt, da er unzufrieden mit kamerafotografischen Darstellungen war. In seinen schwarz-weißen »Firefly«-Bildern (1999–2004) benutzte der kanadische Künstler die Leuchtkäfer als Lichtquelle, um Schattenbilder von Wiesensituationen in dynamischen Lichtsetzungen festzuhalten (Bild 9).

Als Alleinstellener setzte in den letzten Jahren der deutsche Künstler Jochen Lempert leuchtende Organismen ein. Er experimentierte zu Land mit Leuchtkäfern und auf hoher See mit leuchtenden Dinoflagellaten. Weniger für die leuchtende als die lichtabsorbierende Natur interessierte sich Ende der 1960er Jahre der deutsche Konzeptkünstler Timm Ulrichs. In »Haut-Film« benutzte er die eigene, sich bräunende Haut, in seinen Grasbildern und -texten arbeitete er durch Auflegen von Formen mit der unterschiedlichen Färbung des Rasens.

Eine ganz andere Note setzt Edgar Lissel seit 1999 in seinen Bakterienbildern. In der Serie »Bakterium Vanitas« (2000–2001) arbeitet der deutsche Künstler mit einer Langzeitbelichtung lichtliebender Cyanobakterien. Der allmähliche Zerfall von Objekten formiert sich so nach und nach zu einem lebenden Schattenbild (Bild 1).

Die Faszination für die Licht empfangende und Licht spendende Natur ist also auch heute noch vorhanden, wenn sich diese auch nicht so melancholisch artikuliert wie in Lindners Vorwort zu *Photographie ohne Kamera*: »Möge die schöne Kunst der Hellshattenaufnahmen uns die kommende Zeit der schwarzen Schatten etwas leichter tragen und uns von düsteren Gedanken ablenken helfen.« ■■

TIM OTTO ROTH Tim Otto Roth setzt sich seit rund zehn Jahren sowohl als Künstler wie auch als Medientheoretiker mit dem Schattenbild auseinander. Er arbeitet aktuell an einem Übersichtswerk zu Schattenbildern in Kunst und Wissenschaft.

Veranstaltungen & Ausstellungen JULI BIS SEPTEMBER 2008

MUSEUMSINSEL

Derzeit geschlossen: Aussichtsplattform des Turms

SONDERAUSSTELLUNGEN

150 Jahre Wissen für die Zukunft – Der Oldenbourg Verlag (bis 30. September)
Techscapes – Fotografien von Jürgen Scriba (29. Juli bis 11. Januar)

SONDERVERANSTALTUNG

Sa 06.09. Reise in den Kosmos – Astronomietag 2008

ISARBRÜCKENFEST

Sa 02.08 und So 03.08.

Programm: Öffnung der Aussichtsplattform des Museumsturms (11.30–22 Uhr),
»Brücken bauen«: Aktion im Innenhof des Museums mit dem THW, Biergarten mit
Musik im Innenhof des Museums, Feuerspuckerin auf der Boschbrücke (ab 14 Uhr)

SONDERVORFÜHRUNGEN GLASBLASEN

2. OG, Glasbläserstand neben der Altamira-Höhle

Fr 18.07., 14 Uhr Montagetechnik

Di 19.08., 14 Uhr Fadenglas

Fr 12.09., 11.30/14 Uhr Glasfiguren

Sa 13.09., 11.30/14 Uhr Glasfiguren

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

Mo 14.07. **Imagining Rooms: The Collection and Display of Historic Interiors in Late-nineteenth and Early-twentieth Century Europe and America**

FÜHRUNGEN FÜR SENIOREN

Donnerstag 10 und 14 Uhr, Eingangshalle, Anmeldung: Seniorenbeirat der
LH München, Burgstr. 4, 80331 München, ☎ 089 / 233–2 11 66

Do 11.09. »Galileo Galilei bis Conrad Röntgen«. Eine Zeitreise
durch die Abteilung Physik

KONZERTE IN DER MUSIKINSTRUMENTEN-AUSSTELLUNG

Weitere Informationen unter www.deutsches-museum.de sowie

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

Orgelkonzert

Sa 05.07., 14.30 Uhr **Werke von Johann Pachelbel, Dietrich Buxtehude und
Johann Sebastian Bach**

Sa 19.07., 14.30 Uhr **Studierende von Prof. Harald Feller**

Sonderführungen

So 06.07., 27.07., 03.08., 31.08., 07.09., 28.09., jeweils 10.30 Uhr

Zwischermaschine – Lerche oder Nachtigall

Fr 25.07., Sa 20.09., jeweils 15 Uhr

Von Maß, Zahl und Klang

So 13.07., 11.15 Uhr **Sondervorführung: Siemens-Studio für
elektronische Musik**

FERIENPROGRAMM

Teilnahmegebühr: 22 Euro pro Person (inkl. Museumseintritt und einem kleinen
Frühstück), schriftliche Anmeldung für jeweils ein bis zwei Erwachsene mit bis zu
vier Kindern im Schulalter an: Deutsches Museum, Kinder- und Jugendprogramme,
Museumsinsel 1, 80538 München, E-Mail: g.kramer@deutsches-museum.de
Fr 01.08. 16.15 Uhr **Übernachten im Museum** (bis 02.08., 8 Uhr)

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

09.07. **Der kleine Mathe-Engel OHO**

23.07. **Natur, Welt, Wasser**

24.09. **Dubs, der kleine Wassertropfen**

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

Di 05.08., 11–15 Uhr **Fotografieren im Deutschen Museum**

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, E-Mail: kontakt@tumlab.de

FLUGWERFT SCHLEISSHEIM

SONDERVERANSTALTUNG

Sa 12.07. und So 13.07., jeweils 9–17 Uhr

**Flugwerft Fly In 08 – Oldtimer der Lüfte in der Flugwerft
Schleißheim**

VORTRAG

Do 18.09., 17.30 Uhr **Die Untertageverlagerung der deutschen Luftfahrtindus-
trie im Zweiten Weltkrieg am Beispiel von »Weingut II«,
Landsberg am Lech, Gerhard Roletscheck**

FLUGMODELLBAUKURS

Für Kinder ab 12 Jahre, Jugendliche und Erwachsene

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

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

Sa 05.07., Sa 19.07., Do 07.08., Sa 13.09., Sa 27.09.,

jeweils 9 bis 17 Uhr

ZWEITÄGIGE WORKSHOPS FÜR FLIEGENDEN ZIRKUS

Für Kinder und Jugendliche von 9 bis 15 Jahren

Kosten: 25 Euro (inkl. Materialkosten und Museumseintritt)

Anmeldung erforderlich (Teilnehmerbegrenzung), ab 14. Juli (Vorauszahlung zur
Bestätigung der Anmeldung), Anmeldung und Informationen:

☎ 089 / 31 57 14–10; Treffpunkt: Kasse

Di 02.09. und Mi 03.09., jeweils 9–17 Uhr

Wir bauen ein Elektrofesselflugmodell

Mo 08.09. und Di 09.09., jeweils 9–17 Uhr

Wir bauen ein Elektrofesselflugmodell

Veranstaltungen & Ausstellungen JULI BIS SEPTEMBER 2008

VERKEHRZENTRUM

SONDERAUSSTELLUNGEN

Bavaria-Dampftopf, Mahlers Achte und die Mondrakete (bis 28. September)

150 Jahre Rudolf Diesel (8. Juli bis 31. August)

Die moderne Tram in Europa (ab 4. September)

Sonderveranstaltung

- Do 03.07., 14 Uhr Podiumsdiskussion: Städtische Umweltzonen in deutschen Großstädten – Sachstände und Konsequenzen
- Mo 21.07., ab 9 Uhr Infotag im Verkehrszentrum zu Mobilität und Verkehr
- So 07.09., ab 10 Uhr Treffen der Brezelfenstervereinigung
- So 14.09., 11–16 Uhr Tag des Offenen Denkmals: Oldtimer und Umwelttechnik

RADL-SONNTAGE

- 10.08., 11–17 Uhr »Radeln in allen Lebenslagen!«
- 21.09., 11–17 Uhr »Radeln in allen Lebenslagen!«

VORTRÄGE

- Beginn: 18.30 Uhr, Eintritt 3 Euro, Mitglieder frei
- Do 03.07., 18.30 Uhr 100 Jahre S3/6
- Do 10.07., 18.30 Uhr Dialog-Display: Geschwindigkeiten senken mit emotionaler Ansprache
- Do 17.07., 18.30 Uhr Der Mobilitäts- und Verkehrsmanagementplan München
- Do 24.07., 18.30 Uhr New York – Paris 1908: das längste Automobilrennen der Welt
- So 27.07., 11 Uhr »Diesel«. Das beispiellose Leben Rudolfs Diesels aus literarischer Sicht: Lesung aus dem biografischen Roman

FÜHRUNGEN FÜR SENIOREN

- Mittwoch 14 Uhr, Eingangshalle, Anmeldung: Seniorenbeirat der LH München, Burgstr. 4, 80331 München, ☎ 089 / 233-2 11 66
- Mi 17.09. Die 100jährige Geschichte der historischen Messehallen

Podiumsdiskussion in Halle III des Verkehrszentrums.



KINDER- UND JUGENDPROGRAMM IM VERKEHRZENTRUM

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

FAHRRAD-FLICKKURSE

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

Anmeldung erforderlich: ☎ 089 / 50 08 06-500

Mi 02.07., 06.08., 03.09., jeweils 14.30–16.30 Uhr

KINDERFÜHRUNG

Do 07.08., So 10.08., Do 14.08., jeweils 15 Uhr

Wie die Kutsche auf die Schiene kam

WOCHENENDSEMINAR FÜR MITGLIEDER DES DEUTSCHEN MUSEUMS

Von Daguerre zur DVD

Termin: Fr, 19.09. – So, 21.09.

Louis Daguerre hätte sich nicht träumen lassen, welche Möglichkeiten die digitale Fotografie erschließt. Die Ausstellung Foto + Film, 2007 eröffnet, gibt einen fesselnden Überblick über die Geschichte der Fototechnik. Kosten pro Teilnehmer für zwei Übernachtungen/Frühstück, Seminargebühr: 110,- € im DZ, 120,- € im EZ

FORTBILDUNG FÜR LEHRKRÄFTE

Erzählen im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht

Termin: Mi, 22.10. – Sa, 25.10.

Aufbau-Workshop, vorherige Teilnahme ist nicht unbedingt erforderlich. Wie kann man narrative Elemente in den Unterricht einbinden? Dies zeigen Vorträge mit Beispielen aus naturwissenschaftlichen Fächern. Doch die Teilnehmer werden unter theaterpädagogischer Anleitung auch selbst Geschichten, Anekdoten, fiktive Dialoge erarbeiten und präsentieren. Kosten: 240,- € (Seminargebühr, drei Übernachtungen/Frühstück, Museumseintritt)

Immer nur eine Lösung? – Mathematik, Denken und Fantasie

Termin: So, 02.11. – Mi, 05.11.

Mit aktuellen Methoden der Mathematikdidaktik, der Pädagogischen Psychologie und der Museumspädagogik sowie praktischen Anregungen für den Unterricht soll Mathematik mit der Lebenswelt von Schülern verknüpft werden. Kosten: 260,- € (Seminargebühr, drei Übernachtungen/Frühstück, Museumseintritt)

Mit Übernachtung im Kerschensteiner Kolleg
Information und Anmeldung
Nicole Kühnholz-Wilhelm, Tel. 089 / 2179 - 523
E-Mail: n.kuehnholz@deutsches-museum.de
<http://www.deutsches-museum.de/information/fortbildung/fuer-lehrkraefte>

Deutsches Museum
Kerschensteiner Kolleg

Freundes- und Förderkreis Deutsches Museum e.V.



GESCHÜTZTE KOSTBARKEITEN IN DER BIBLIOTHEK

Der Freundes- und Förderkreis hat in den letzten Jahren mit großzügigen Finanzierungen die Arbeit der Museumsbibliothek gefördert. Mit einem Bestand von reichlich 900.000 Bänden ist sie eine der großen naturwissenschaftlich-technischen Spezialbibliotheken in Deutschland. Seit jeher hat sie das Ziel, sowohl der naturwissenschaftlich-technischen Bildung breiter Kreise der Bevölkerung zu dienen, als auch über ihren hoch spezialisierten Buchbestand Quellenmaterial zur Geschichte von Naturwissenschaften und Technik zur Verfügung zu stellen.

Die Arbeit einer Bibliothek vollzieht sich traditionell in drei Hauptbereichen: der Erwerbung, der Katalogisierung und der Benutzung. Der Freundeskreis hat die Museumsbibliothek in all diesen Bereichen in den vergangenen Jahren substantiell unterstützt.

Dass die Bibliothek eine sehr wertvolle Sammlung alter und seltener Werke der Naturwissenschaften und Technik besitzt, ist in internationalen Fachkreisen bekannt. Dazu zählen auch Faksimiles berühmter Manuskripte Leonardo da Vincis. Die ältesten dieser Faksimiles stammen aus dem 19. Jahrhundert und haben heute einen beträchtlichen Wert. Diese Sammlung wurde mit Unterstützung des Freundeskreises um drei wertvolle Faksimile-Ausgaben erweitert: *Il codice Arundel*

263 nella British Library (Florenz 1999), *The Codex Hammer of Leonardo da Vinci* (Florenz 1987) und *I disegni di Leonardo da Vinci e della sua cerchia nel Gabinetto dei Disegni e Stampe delle Gallerie dell'Accademia di Venezia* (Florenz 2003). Dank der Unterstützung durch den Freundeskreis stehen nun alle Handschriften Leonardos Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in qualitativ hochwertigen Faksimiles zur Verfügung.

Eine Besonderheit der Bibliothek des Deutschen Museums ist, dass sie seit ihrer Gründung historische Aufsätze in ihren Katalogen verzeichnet. Einfach und schnell können Besucher der Bibliothek Literatur auch zu speziellsten Themen finden. Diese Artikel wurden bis vor wenigen Jahren in Zettelkatalogen nachgewiesen. Angesichts der Bedeutung des Internets war es ein wichtiger Wunsch der Bibliothek, diese Arbeit von Jahrzehnten nun auch auf elektronischem Weg zugänglich zu machen. Seit dem letzten Jahr können, dank der Hilfe des Freundeskreises, die seit 1934 erschienenen Aufsätze über das Internet recherchiert werden. In diesem Jahr werden auch die vor 1934 veröffentlichten Aufsätze über das Internet zu finden sein.

Zu den Highlights in der Museumsbibliothek zählen die Ausstellungsaktivitäten. Teile der äußerst wertvollen Sammlung werden jährlich in



Die Bibliothek des Deutschen Museums präsentiert in regelmäßigen Ausstellungen wertvolle Werke.

Sonderausstellungen präsentiert. Beispielsweise wurden in den vergangenen Jahren Pflanzenbücher und Werke zum Vermessungswesen gezeigt, zuletzt zu Beginn dieses Jahres die Maschinenbuch-Sammlung in der Ausstellung »Theatrum machinarum«. Die Sammlung frühneuzeitlicher Bücher zum Maschinen- und Mühlenbau ist weltweit die größte ihrer Art. Bei dieser Ausstellung fanden erstmals die vom Freundeskreis finanzierten neuen Buchvitriken Verwendung. Sie bieten den wertvollen Objekten wesentlich besseren Schutz gegen Einbrüche oder Vandalismus und passen hervorragend zum Stil des Vorraums der Bibliothek. Die Mitglieder des Freundeskreises können sich schon jetzt auf viele Ausstellungen aus den Schätzen der Bibliothek freuen.

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



Gephyrophobia

Text: Daniel Schnorbusch, Illustration: Jana Konschak

Der Mensch und seine Ängste gehört seit jeher zu meinen Lieblingsthemen. Dass ich beispielsweise natürliche Gewässer nicht so schätze, jedenfalls nicht, wenn man von mir verlangt, mich in diese hineinzubegeben, habe ich an dieser Stelle schon gestanden. Dass ich das beruhigend flache Land den schwindelerregenden Höhen der Berge vorziehe, ist auch keine Neuigkeit. Und dass ich in Aufzügen, dank schlechter Erfahrungen, gewisse Beklemmungen bekomme, dürfte eventuell ebenfalls noch in Erinnerung sein. Eine Kombination aus Wasser, Höhe und Enge ist also so ungefähr das, was ich am allerwenigsten gebrauchen kann.

Diese wirklich fabelhafte Horrormischung bekommt man gratis anlässlich sogenannter Brückeneinweihungen. Brückeneinweihungen gehören für mich zu jener Art von Veranstaltungen, die gerne dort stattfinden können, wo ich nicht bin. Vorgestern war ich auf einer. Besser gesagt: die Brückeneinweihung war bei mir.

Fräulein Schröder und ich saßen am Samstagabend auf dem Sofa vor dem Fernseher und chillten ein bisschen. Chillen sieht bei uns so aus, dass Fräulein Schröder die Fernbedienung auf den Fernseher richtet und im Sekundentakt den Kanal wechselt in der Hoffnung, dass auf einem der 27 Programme etwas Inter-

essantes gesendet wird. Samstagabends freilich eine vergebliche Hoffnung. Wenn sie die 27 Programme durchgezappt hat, fängt sie wieder von vorne an, und so geht das dann immer weiter. Ich dagegen chillte, indem ich mit geschlossenen Augen den Geräuschfetzen lausche, die im Sekundentakt dem Fernsehgerät entsallen, und indem ich versuche, daraus parallel 27 kohärente Fernsehbeiträge zu rekonstruieren. Das ist schlimmer, als mit fünf konkurrierenden Cheerleadergruppen blind Synchronschach zu spielen. Daher döse ich gewöhnlich auch nach spätestens zwei Kanaldurchläufen weg.

Irgendwann wurde ich durch ein heftiges Rütteln geweckt und Fräulein Schröder sagte eindringlich: »Sieh mal, wie süüüß!« Ich habe in Trance erst meine Brille suchen müssen, die irgendwie zwischen die Sofapolster gerutscht war. Als ich sie endlich gefunden hatte, war der Bericht vorbei. Es schien um Erderwärmung,

schmelzendes Polareis und Eskimos im Bikini zu gehen. Und um eine Flocke. Diese Flocke müsse man sich unbedingt ansehen. Fräulein Schröder war ganz aufgeregt. Die Eisbären würden ja bald aussterben. Nach und nach dämmerte mir, dass Flocke der weibliche Knut von Nürnberg ist, dass ich das Auto zu checken hätte, dass ich am nächsten Tag früh würde aufstehen müssen und dass der Sonntag mit einem Ausflug in den Nürnberger Zoo bereichert werden würde. Wäre ich nicht so gechillt gewesen, ich hätte sicher deutlich mehr Widerstand geleistet.

Also darüber, dass ich diese »Flocke« am Ende gar nicht zu sehen bekommen habe, weil anscheinend das halbe Land ähnliche Fernsehgewohnheiten und Ideen hat wie Fräulein Schröder, darüber will ich nicht lamentieren. Ich will auch nicht darüber klagen, dass wir die Autobahn schon bald wegen Dauerstaus verlassen und auf die Landstraße ausweichen

mussten. Ich will über mein Auto sprechen. Ich gebe zu, es ist weit davon entfernt, das aktuellste Modell seiner Art zu sein. Ich gebe ferner zu, dass ich es mit der Regelmäßigkeit der Inspektionen nicht übertrieben genau nehme. Wofür bin ich schließlich im ADAC? So gesehen sind die Dinge dann auch wirklich perfekt gelaufen.

Wir kurvten gemütlich durch die Lande Richtung Nürnberg, Peter Licht besang die gelben Augen seiner transsylvanischen Verwandten, der Wagen schnurrte und Fräulein Schröder schenkte mir heißen Kaffee aus der Thermoskanne ein. Dann schnurrte der Wagen nicht mehr, er röhrt vielmehr, schließlich rollte er nur noch, durchtrennte ein rotweißes Absperrungsband und blieb stehen. Das musste ja so kommen, schnippte mich Fräulein Schröder von der Seite an. In dieser misslichen Lage erwies es sich als äußerst praktisch und durchaus auch als deeskalierend,

dass die Telefonnummer des Automobilclubs bereits ab Werk in meinem Mobiltelefon eingespeichert war. Wir sollten uns auf etwa eine Stunde Wartezeit einrichten, sagte die freundliche Stimme von der Zentrale. Fräulein Schröder schlug die Beifahrertür heftig hinter sich zu. Ich stieg auch aus, schaute mich um und stieg sofort wieder ein. Ich fühlte meinen Puls, ich legte mir die Hand auf die Stirn. Ich suchte im Handschuhfach nach einem Erfrischungstuch.

Wie groß ist die Chance, dass ein halbwegs ordentliches Auto mitten auf einer niegelneuen Brücke verreckt? Wie groß ist die Chance, dass in diesem Auto ein Gephyrophobiker sitzt? Fräulein Schröder setzte sich wieder ins Auto. »Hast du was?«, wollte sie wissen, »du guckst so komisch?« »Och, nichts«, versetzte ich. »Alles in Ordnung. Ich habe nur gerade einen kleinen gephyrophobischen Schub.« »Einen was?« »Na, eine Brückenpanikangstattacke.«

Im selben Moment hörte ich die Blaskapelle. Mir brach der Schweiß aus. Kurz darauf waren wir von Leuten in Trachten umzingelt. Fahnen wurden geschwenkt. Jemand spannte ein buntes Band von einem Brückengeländer zum anderen. Es kamen auch Leute in Anzug und Krawatte. Einer hatte eine große Schere dabei. Dass diese Menschen Sektkelche und Bierkrüge auf meine Kühlerhaube stellten, störte mich weniger, als ich geglaubt hätte. Das Blitzlichtgewitter, der tosende Applaus und die Marschmusik waren auch gar nicht so schlimm. Gegen Hyperventilation hilft es, wenn man in eine Plastiktüte atmet. Wahrscheinlich wird in der Lokalpresse zu lesen sein, dass der ADAC anlässlich einer Brückeneinweihung eine Liveperformance an der Rostbeule eines tendenziell aus der Fassung geratenen Münchners zum Besten gegeben hat. Sollten Sie zufällig Fräulein Schröder begegnen, verraten Sie ihr bitte nicht, dass ich die Fernbedienung in der Blumenvase von Tante Martha versteckt habe. Da kommt sie nie drauf. ■

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

Im Depot des Deutschen Museums warten Objekte auf ihren Einsatz in einer Ausstellung. So wie diese Fernseher aus den 1950er Jahren, die laut Inventarettikett vor etwa 30 Jahren von ihren Besitzern gestiftet wurden.

Kraft VI: Fliehkraftregler einer Halbbalancier-Dampfmaschine von 1847.



WIE SERVIEREN: ALS VORSPEISE

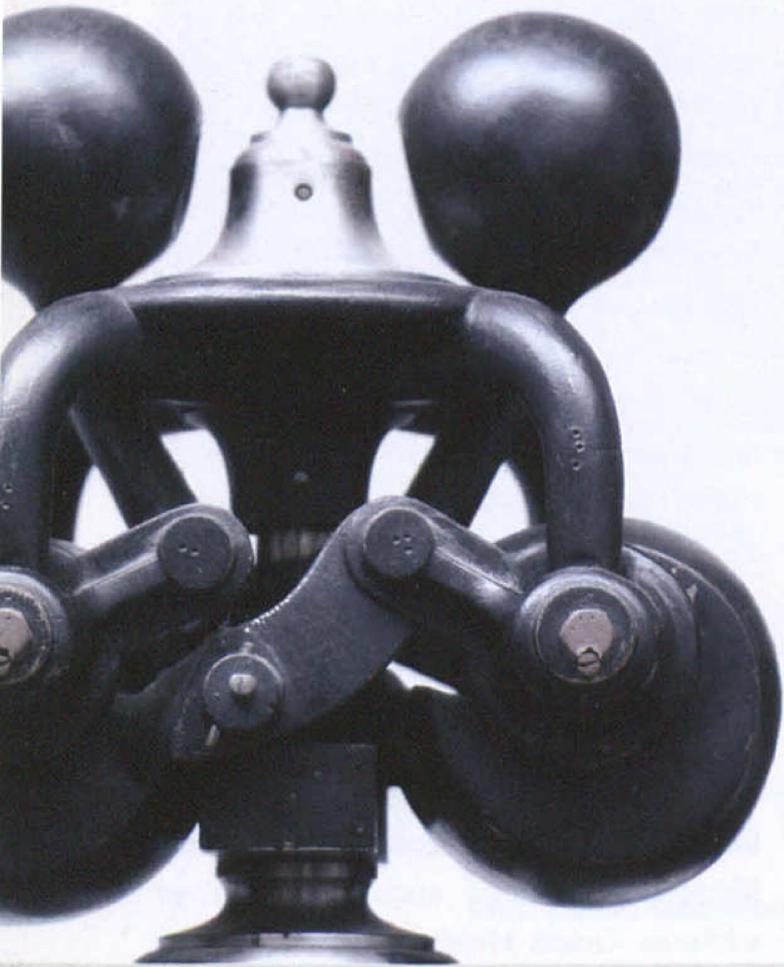
Im Deutschen Museum begeben wir uns auf Entdeckungsreise. Das heißt: Der Physiker, Wissenschaftsautor und Fotograf Jürgen Scriba hat sich auf den Weg gemacht und seine Ansichten dieser wunderbaren Schatzkammer in Bildern und Texten festgehalten. Die Bilder von Jürgen Scriba können Sie übr-

gens bereits jetzt in der Ausstellung »Techscapes« in der Abteilung Foto + Film des Deutschen Museums besichtigen. Auch unser MikroMakro-Team ist schon unterwegs, um allerlei Spannendes, Ungewöhnliches und Geheimnisvolles auf der Museumsinsel für unseren jungen Leserinnen und Leser einzusammeln.

DAS HAUPTGERICHT: Unter anderem werden wir servieren: »Eine Reise in ungarische Technikmuseen«, »Angenehme Düfte und ihre unangenehmen Seiten«, »Papier unter Strom«, »Modell Nummer 4835: Die Schwamkrugturbine«.

... UND ZUM DESSERT? Nun ja: Den Schlusspunkt. Was dem Autor diesmal wohl begegnet? Wir sind selber gespannt! Appetit bekommen? Dann reservieren Sie sich rechtzeitig Ihr Exemplar und ausreichend Zeit zum Lesen!

Einen schönen Sommer wünscht Ihnen
Ihr Redaktionsteam



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. Dirk Bühler

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; Korrektur), 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 Freyemann, Maïke Furbach, Dr. Hel-
mut Hilz, 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 Lebherz (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. 24,
Anzeigenschluss: sechs Wochen vor Erscheinen.

Repro: Rehmsbrand, Rehms & Brandl Medientechnik
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

