Kultur und Technik – Das Magazin aus dem Deutschen Museum **2/2006** I 7 Euro I B 9797

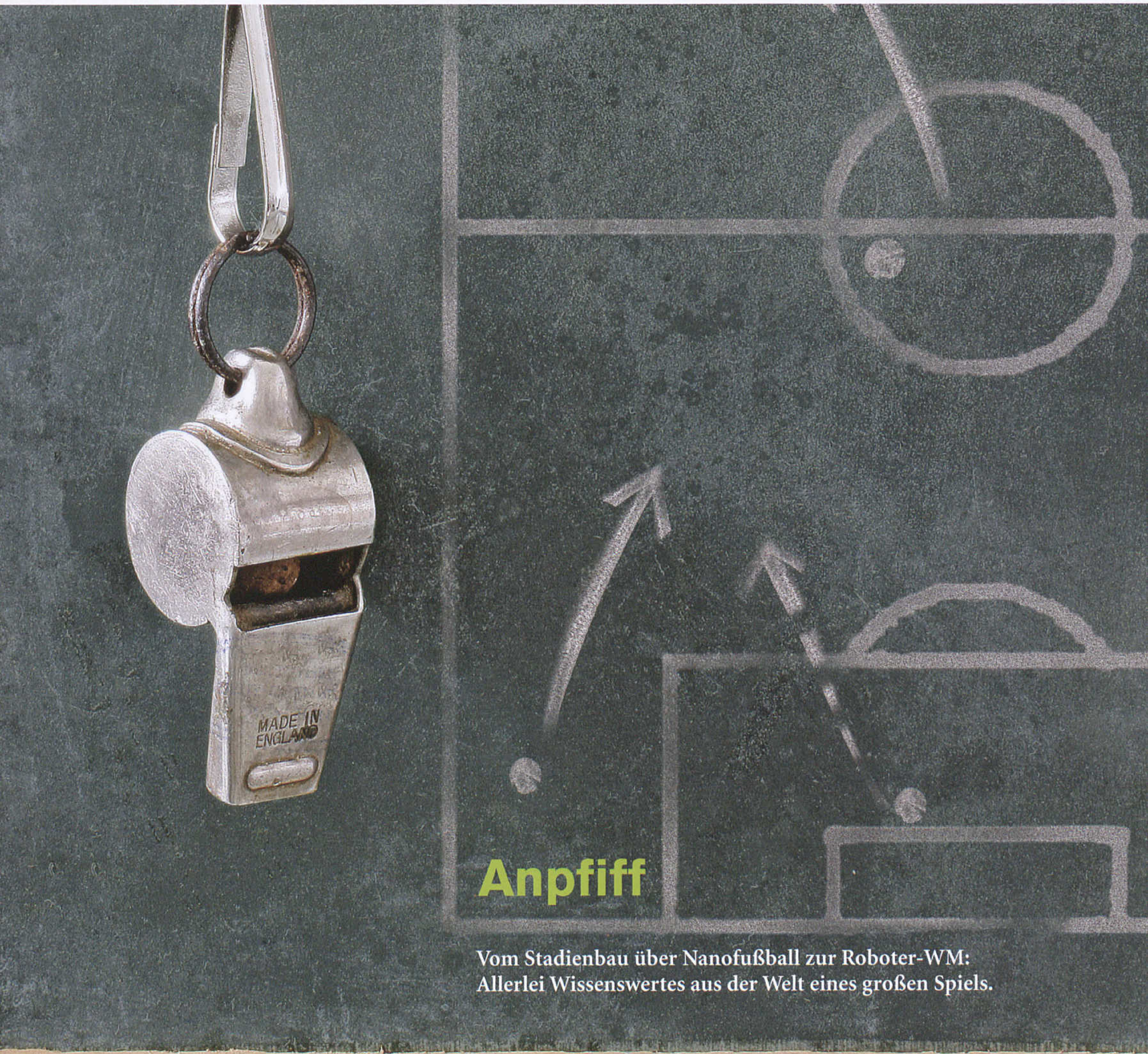
H ZB 7361 4

Eine kurze Geschichte des Fußballs Von China über Italien nach England. Ein Spiel erobert die Welt

Weltmeisterschaft der Roboter Spätestens 2050 sollen Roboter gegen Menschen spielen. Noch üben sie

Der Computervater als Mechaniker Das Deutsche Museum erhält den kompletten Nachlass Konrad Zuses

KULTUR & TECHNIK



Anpfiff

Vom Stadienbau über Nanofußball zur Roboter-WM:
Allerlei Wissenswertes aus der Welt eines großen Spiels.

Inhalt

Anpfiff

Thema

10 **Eine kurze Geschichte des Fußballs**
Von den Anfängen in China bis zum europäischen Fußballhype
von Markus Speidel

17 **Gefühle im Museum eingefangen**
Interview mit Martin Wörner
von Markus Speidel

18 **Freie Sicht aufs Spektakel**
Konstruktive Anforderungen an Stadien und Arenen
von Martin Möller

25 **Schuss und Tooor!**
Wissenschaftler spielen Nanofußball
von Florian Breitsameter

26 **Damit alles fließt**
Moderne Systeme zur Steuerung von Verkehrsströmen
von Ralf Spicker

31 **Roboter im Fußballfieber**
Der 50-Jahre-Wettkampf
von Helmut Marsiske

Magazin

36 **Der Computervater als Mechaniker**
Der Nachlass Konrad Zuses
von Hartmut Petzold

40 **Auftauchen im Museum**
Das Unterseeboot U1 wird 100 Jahre alt
von Jobst Broelmann

46 **Georgius Agricola**
450 Jahre »De re metallica«
von Helmut Hilz

48 **Wie entstehen Wirbel?**
Strömungsforscher im Streit um Theorie und Wirklichkeit
von Michael Eckert

58 **Tag der Archive 2006**
von Eva Mayring

Rubriken

3 **Editorial**

4 **Kaleidoskop**
Nachrichten aus Wissenschaft, Bildung und Kultur

55 **Historische Galerie**
April bis Juni

61 **Deutsches Museum intern**
Nachrichten, Tipps, Termine

59/60 **Termine**

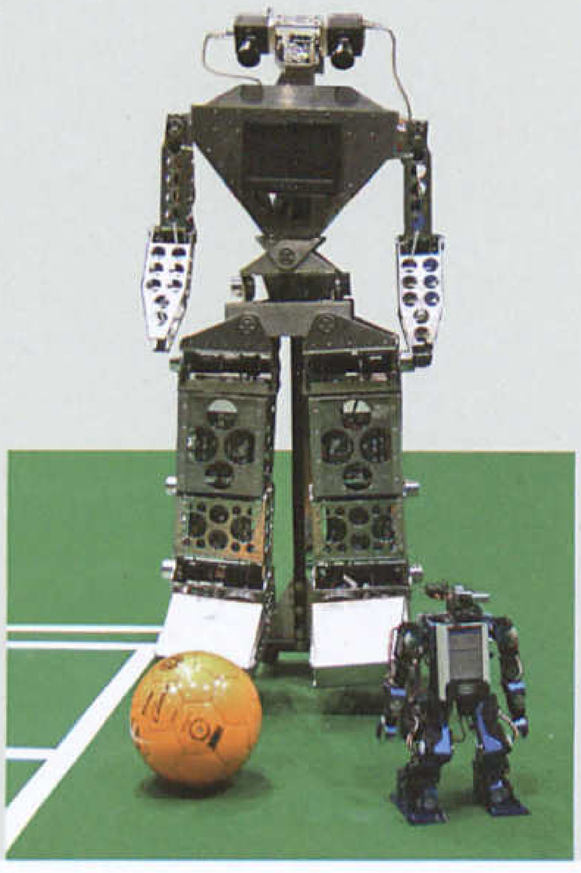
62/63 **Veranstaltungen für Kinder**

64 **Schlusspunkt**
Togo wird Weltmeister
von Daniel Schnorbusch

66 **Vorschau, Impressum**

Abbildungen: FIFA Collection; Hans-Arthur Marsiske; Deutsches Museum; Bruce Lonngren (Titel)

10 **Schnürstiefel, Schienbeinschoner und ein Fußball aus Leder gehörten in den 1920er Jahren zur Standardausrüstung des Fußballers.**



31 **Ihre Fangemeinde wächst: Roboter unterschiedlicher Bauart treten weltweit in Fußballturnieren gegeneinander an.**

36 **Das Deutsche Museum hat den Nachlass des Computerpioniers Konrad Zuse erworben.**

Editorial

Anpfiff

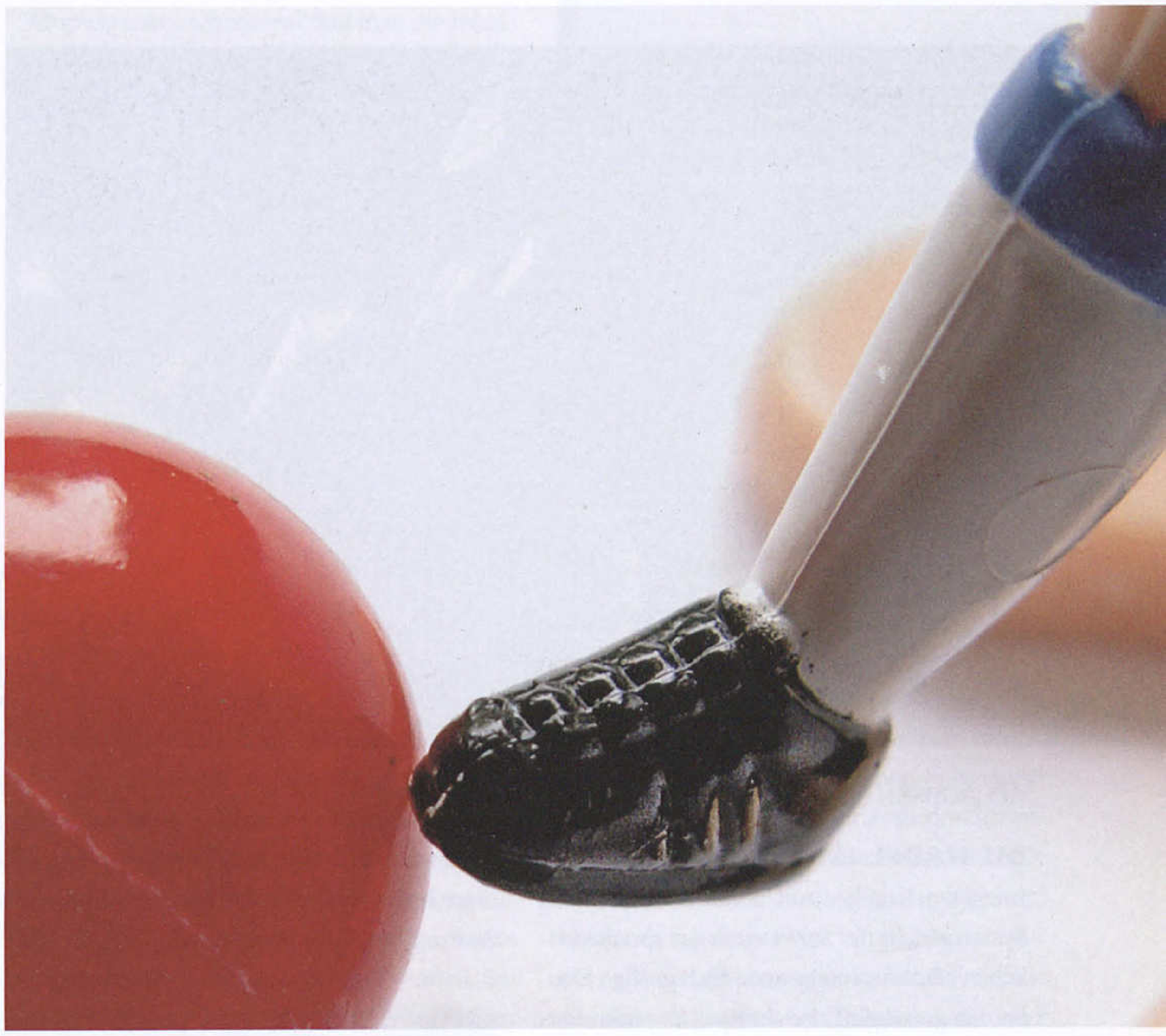
LIEBE LESERIN,
LIEBER LESER,

Es soll sie noch geben: die eingefleischten Fußballverweigerer. Doch sie werden, wenn wir dem multimedial inszenierten Wir-Gefühl vertrauen dürfen, weniger. Wohlmeinende Mitbürger fordern bereits fußballfreie Zonen für jene rarer werdende Spezies. Denn der Rest Deutschlands – und – wie uns glaubhaft versichert wird, der ganzen Welt – befindet sich im Fieber.

Für die bürgerliche Szene hatte das Spiel 11:11 lange den Hautgout des »arme Leute« Sports. Doch seit erfolgreiche Fußballspieler innerhalb weniger Jahre zu Millionären werden, scheinen sie auch den »besseren« Kreisen als Identifikationsfiguren zu taugen. Umso mehr, als die Intellektuellen: Dichter, Philosophen, Künstler aller Sparten den Fußball mittlerweile zu einem Kulturgut erhoben haben:

Der Fußball ist in den Feuilletons angekommen und nun auch in Kultur&Technik gelandet. Und nach anfänglicher Skepsis war rasch klar, dass es so viele spannende Themen rund um dieses Ballspiel gibt, dass am Ende die Qual der Auswahl stand: Sollten wir nun über den Aufbau des neuen Balls oder die Geheimnisse des Fußballschuhs berichten? Wollen unsere Leserinnen und Leser etwas über modernste Kameratechniken wissen? Am Ende der Diskussionen standen drei große Bereiche: Die Geschichte des Spiels, die Entwicklung des Stadionbaus und die Lenkung der Verkehrsströme. Themen, die – so hoffen wir – auch jene unter Ihnen interessieren, die mit Fußball wenig anfangen können.

Für Sie gibt es dann ja auch noch unseren Magazinteil. Darin lesen Sie, unter anderem, über ein Lieblingsobjekt vieler Museumsbesucherinnen und -besucher: das Unterseeboot U1. Es feiert in diesem Jahr seinen 100. Geburtstag. Nicht nur für Computerfreaks spannend: Das Deutsche Museum hat den Nachlass Konrad Zuses erworben. Noch werden Dokumente und Objekte gesichtet und für die spätere Präsentation vorbereitet. Einen Vorgeschmack liefern wir Ihnen in diesem Heft. Nun aber:

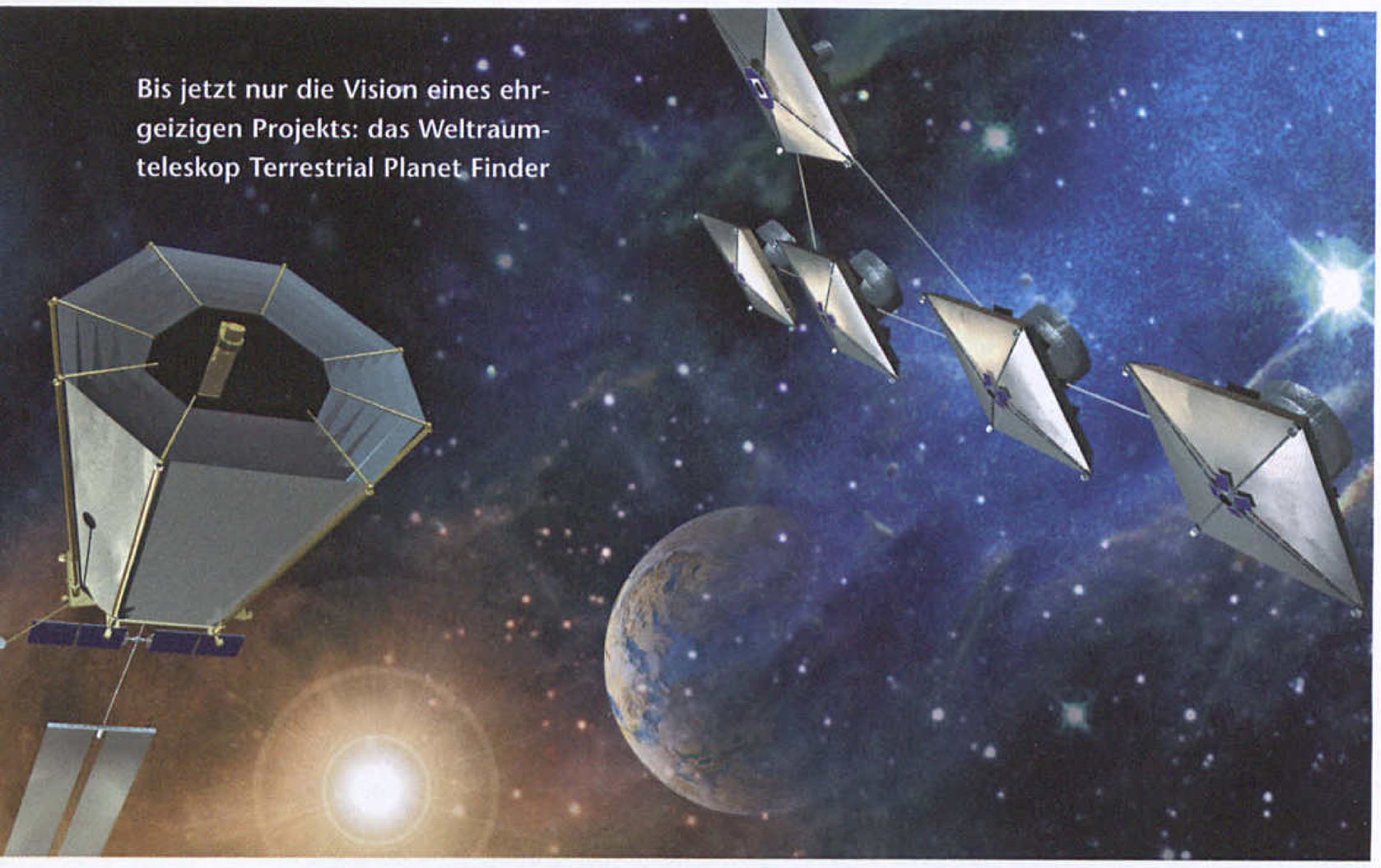


Friedlicher Ersatz für Zinnsoldaten: Plastikkicker mit stilechten Strümpfen und Ball.

Abbildung: Ina Strübel

Viel Spaß beim Lesen wünscht Ihnen
im Namen des Redaktionsteams

Sabrina Landes



Bis jetzt nur die Vision eines ehrgeizigen Projekts: das Weltraumteleskop Terrestrial Planet Finder

WO WOHNEN DIE GRÜNEN MÄNNCHEN?

DIE NADEL IM HEUHAUFEN

Intelligentes Leben auf anderen Planeten zu finden gleicht der Suche nach der sprichwörtlichen Nadel in einem unendlich großen Heuhaufen. Es scheint also sinnvoll, Kriterien festzulegen, die die Suche eingrenzen. Die Astrobiologin Margret Turnbull von der Carnegie Institution in Washington erregte kürzlich Aufsehen mit einer Hitliste zehn vielversprechender Ziele. Anhand ihrer Eigenschaften bewertete sie Sternensysteme und »Habstars«: Sterne, in deren Umgebung Bedingungen herrschen könnten, die biologisches Leben möglich machen. So müssen die potentiellen Kandidaten ein Alter von mindestens 3 Millionen Jahren erreicht haben, um sich zu qualifizieren. Sterne, die 1,5 Mal so groß sind wie unsere Sonne, fallen aus dem Raster, weil das Risiko zu hoch ist, dass sie das Erwachsenenalter gar nicht erreichen. Außerdem muss der Eisengehalt stimmen, um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass sich rohstoffreiche Planeten in einer stabilen Umlaufbahn an den Stern binden. Natürlich spielt auch die Erforschbarkeit eine Rolle. Zwei Forschungseinrichtungen sind dafür vorgesehen: das im Auftrag des SETI-Instituts operierende Allen Telescope Array (ATA), das derzeit in Nordkalifornien aufgebaut wird und aus einem Cluster von über 300 kleinen Sechs-Meter-Radioteleskopen bestehen soll. Bei der zweiten handelt es sich um den Terrestrial Planet Finder (TPF), ein Weltraumteleskop bestehend aus optischem Teleskop und Infrarot-Interferometer, dessen Start die NASA für 2014 geplant hatte, das aber aus finanziellen Gründen fürs Erste auf Eis liegt. So wird das Allen Telescope wahrscheinlich alleine suchen müssen. Vielleicht wird es auch tatsächlich zunächst die Sterne betrachten, die Margret Turnbull für dieses Teleskop als Wunschkandidaten genannt hat: HD 10307, HD 211415, 18 Sco, 51 Pegasus und beta CVn. Der Letztgenannte ist ein sonnenähnlicher Stern im Sternbild der Jagdhunde (canes venatici) und Turnbulls heißester Favorit.

www.aaas.org/news/releases/2006/0218habitable.shtml

www.seti.org

PRIVATE RECHNER-POWER FÜR DIE FORSCHUNG

Millionen von Heimcomputern forschen seit Jahren in den unendlichen Weiten des Weltraums. In dem Projekt SETI@home (Search for ExtraTerrestrial Intelligence at Home), das an der University of California in Berkeley beheimatet ist, suchen Heimsurfer nach außerirdischer Intelligenz. Das zugrunde liegende Prinzip nennt sich »Verteiltes Rechnen« und ist bestechend einfach: Computerbenutzer spenden Rechnerleistung. Statt eines Bildschirmschoners wird SETI@home aktiv, wenn der Rechner gerade nicht benutzt wird. Die Daten selbst werden von dem Radioteleskop in Arecibo, Puerto Rico aufgezeichnet – ohne den wissenschaftlichen Betrieb zu behindern. Die Rechenleistung dieses Netzwerks muss sich nicht verstecken, je nach Schätzung liegt die Leistungsfähigkeit zwischen ca. 100 und 200 TeraFlops. (Zum Vergleich: IBMs Supercomputer Blue Gene/L schafft 280 Teraflops). Seit ein paar Monaten läuft die Auswertungssoftware nun ausschließlich über das BOINC (Berkley Open Infrastructure for Network Computing) -System, das es ermöglicht, mit derselben Software auch andere wissenschaftliche Projekte mit Rechnerleistung zu unterstützen.

www.setigermany.de **boinc.berkeley.edu**

Abbildung: NASA

DIGITALES ARCHIVIEREN

Viele kennen das Problem: Unschätzbare Kostbarkeiten lagern in den heimischen Regalen. Da ist die Super-8-Spule mit Babys ersten Schritten, das Video von Omas 90. Geburtstag und der Lieblingsfilm auf VHS, dessen Ende mit Sportschau überspielt wurde. Jedoch: Filmprojektoren, Videorecorder und Co. sind selten geworden. Noch kurzlebiger könnte die Ära der DVD sein – diverse Nachfolger wie HD-DVD und Blue-Ray-Disc stehen schon in den Startlöchern. Das Dilemma des Informationszeitalters betrifft einen immer größeren Prozentsatz von Veröffentlichungen – nicht nur der Unterhaltungsindustrie, sondern auch der Wissenschaftsgemeinde. Für Bibliotheken und Archive wird das Problem des richtigen Bewahrens stetig drängender, denn Weltwissen findet heute oft auf so flüchtigen Medien wie Websites statt. Das Kompetenznetzwerk Langzeitarchivierung »nestor« nimmt sich der Problematik an, versucht praktikable Lösungsansätze zu finden. Welche Strategie soll man also verfolgen, um die Verluste bei der Konservierung möglichst gering zu halten. Soll man Trägermedien und Abspielgeräte archivieren? Soll man die Inhalte jeweils auf die neueste Datenträger-Generation überspielen? Oder soll man die Daten speichern und die Abspielmethoden dann emulieren, also etwa einen PC der neuesten Generation schlicht so tun lassen, als sei er ein C64? Das alles sind teure und jeweils nur bedingt durchführbare Ansätze. Der Triumphzug der digitalen Medien könnte sich langfristig als Pyrrhussieg entpuppen.

www.langzeitarchivierung.de

MIT DER ENERGIE DES DRACHEN

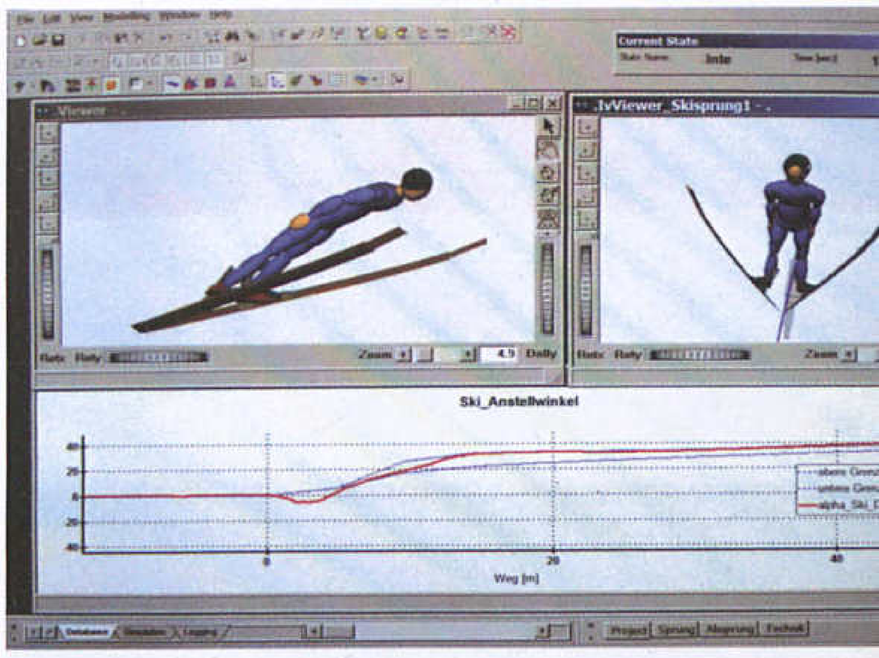
SEGEL HELFEN TREIBSTOFF SPAREN

Lange wurden Segelschiffe kaum noch beim Transport von Frachten eingesetzt. Das könnte sich jetzt wieder ändern: Die SkySails-Technologie soll die auf dem Meer im Überfluss vorhandene Windkraft auch für die schweren Schiffe der Frachtschifffahrt nutzbar machen. Als erstes soll die »MS Beluga« der Bremer Beluga-Reederei 2007 mit einem 160 m^2 großen Lenkdrachen ausgestattet werden, der den Dieselverbrauch des Schiffes im besten Fall um die Hälfte reduzieren könnte. Damit würden nicht nur Kosten eingespart, sondern auch schädliche Emissionen stark vermindert. Außerdem könnten die Schiffe auf langen Strecken mit weniger Tankstopps auskommen. Gesteuert wird der Lenkdrachen mittels komplizierter Elektronik: Sensoren überprüfen laufend die Windverhältnisse und regulieren die Zugseile. Bei Bedarf, also etwa bei Sturm oder bei Hafeneinfahrten, kann das Segel einfach eingezogen und auf Deck verstaut werden. Bei Versuchen auf der Ostsee hat schon alles geklappt, die Frage ist nun, ob sich das System auch im großen Maßstab bewähren wird.

www.skysails.de

Versuchsfahrten mit Lenkdrachen auf der Ostsee.

Abbildungen: Skysails; IAT



BIOMECHANISCHE SIMULATIONEN HELFEN IM SPITZENSPORT

AUF DIE SPRÜNGE HELFEN

Die Olympischen Winterspiele in Turin sind vorbei, das Prinzip »höher, schneller, weiter« gilt im Spitzensport jedoch zu allen Zeiten. Wissenschaftler am Institut für Mechatronik (IfM) in Chemnitz und am Institut für Angewandte Trainingswissenschaften (IAT) in Leipzig arbeiten daran, Skispringern mit Hilfe von virtuellen Computermodellen unter die Arme zu greifen. Modellierungs- und Simulationssoftware, die das biomechanische Zusatzmodul namens DYNAMIKUS beinhaltet, wurde so programmiert, dass sie einen Skispringer vom Anlauf bis zur Landung als dreidimensionalen Körper abbilden und virtuelle Sprünge bis ins kleinste Detail analysieren kann. Die Ergebnisse von Windkanaluntersuchungen fließen ebenso in das Modell ein wie die Auswertungen von Testsprüngen realer Springer. Alle Faktoren wie der Springer selbst, das Schuh- und Bindungssystem und der Ski werden miteingerechnet, sie bilden die Parameter für die Simulation eines extrem komplexen Bewegungsablaufs. Vor allem der Übergang von Absprung zu Flugphase steht im Blickpunkt der Wissenschaftler – ist dieser doch der entscheidende Schlüssel zum Erfolg beim Skisprung. Nur wenn Absprunggeschwindigkeit und Drehimpuls stimmen, kann schnell eine aerodynamische Flughaltung erreicht werden. Das Allerschwierigste ist es aber, die Ergebnisse der Simulation dann wieder auf den Sportler zu übertragen.

www.tu-chemnitz.de/ifm

www.sport-iat.de

JUGENDSOFTWAREPREIS 2006

Jedes Jahr vergibt die Klaus-Tschira-Stiftung in Heidelberg den Jugendsoftwarepreis für Schüler. Die Teilnehmer werden in drei Altersstufen eingeteilt, Preise werden dann in zwei Kategorien vergeben: Interaktive Multimedia-Programme (Teaching) und Simulationen/Experimente (Learning). Die Multimedia-Programme sollen originelle Präsentationen von naturwissenschaftlichen Themen enthalten, der Stoff muss hierbei für andere Schüler verständlich und interessant aufbereitet sein. In der zweiten Kategorie geht es um Software, die naturwissenschaftliche, mathematische und informatiknahe Phänomene und Experimente simuliert. Inhaltlich sollten sich die Projekte mit Fragen aus den Fachgebieten Physik, Chemie, Biologie, Informatik oder Mathematik beschäftigen. Bewerben können sich einzelne Schüler, aber auch Gruppen oder ganze Klassen. Die Teilnehmer dürfen nicht älter als 21 Jahre sein und aus Deutschland, Österreich oder der Schweiz kommen. Die genauen Bedingungen können auf der unten angegebenen Website nachgelesen werden.

Einsendeschluss ist der 18. September 2006
www.jugendsoftwarepreis.de

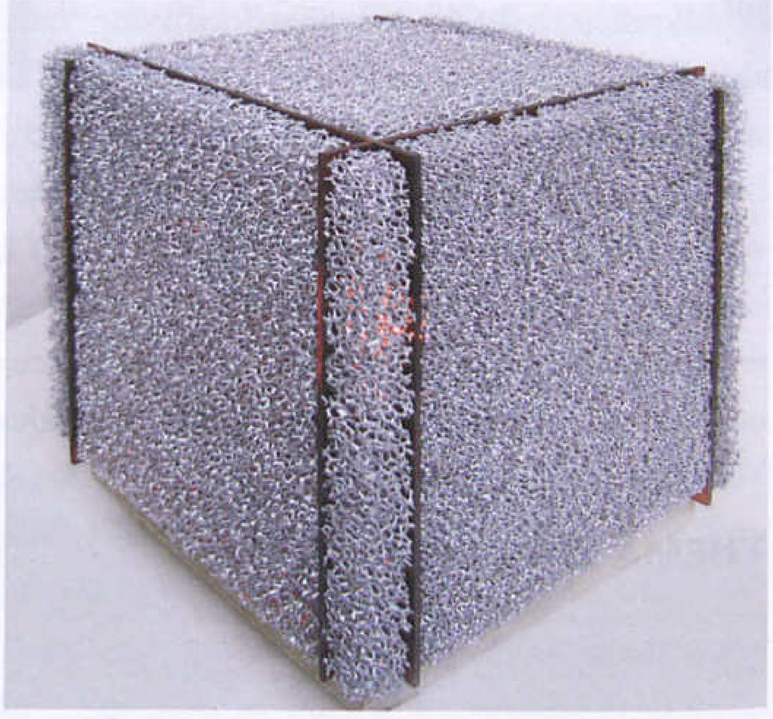
STANDORTINITIATIVE

365 ORTE DER IDEEN

Von der Fußball-WM soll auch der Wirtschaftsstandort Deutschland profitieren. Selbstbewusstes Auftreten und die Besinnung auf die eigenen Qualitäten können dabei nicht schaden. »Land der Ideen« heißt eine Aktion der Bundesregierung und der deutschen Wirtschaft. 1.200 »Orte« – übrigens nicht im streng geographischen Sinn zu verstehen – hatten sich bei der Aktion beworben. 365 wurden ausgewählt. An jedem Tag des Jahres wird nun ein anderer Ort in den Mittelpunkt gestellt, an dem in Deutschland große Ideen oder wichtige Erfindungen entstanden sind oder gerade entstehen: Dazu gehören große Forschungsinstitute, Schulen oder kleine Studierstuben, Gebäude und Institutionen genauso wie Initiativen und Vereine. Auf der Website der Initiative lässt sich prächtig schmöckern. Herausgekommen ist eine Deutschlandkarte der besonderen Art – sogar ein Reiseführer ist erhältlich.

Deutschland
Land der Ideen

www.landderideen.de



Metallschaum: Diese Lampe ist aus Metall gegossen und trotzdem lichtdurchlässig.

WERKSTOFF MIT ZUKUNFTSPERSPEKTIVE

SCHAUM AUS METALL

Die Herstellung von geschlossenporigen Metallschäumen ähnelt im Prinzip dem Backen von Hefegebäck: Durch ein Treibmittel, das dem Metallpulver beigesetzt wird und das im Schmelzvorgang Gase freisetzt, können Metalle auch als Schaum in Form gebracht werden. Leicht und trotzdem stabil ist der Werkstoff dabei, sich zu etablieren: im Fahrzeugbau zum Beispiel bei Stoßabsorbern oder in Katalysatoren. Neuartige Materialien können aber auch gestalterische Akzente setzen. Um Metallschäume richtig in Szene setzen zu können, bedarf es allerdings einer anderen Herstellungsweise. Die Löcher in optisch attraktiven, offenporigen Metallschäumen können nicht mit einem Treibgas erzeugt werden, denn durch die durchgängigen Löcher im Material, würde das Gas ja entweichen. Deswegen wird hier eine spezielle Art von Gusstechnik angewandt, bei der Polyurethanschaum als Platzhalter für das Metall und hitzebeständige Keramikmasse als Platzhalter für die Zwischenräume verwendet wird. Im Guss verbrennt das flüssige Metall, etwa auf 700 °C erhitztes Aluminium, den Schaum. Anschließend wird die Keramikmasse entfernt. So entstehen Platten, die bis zu 90% aus Luft bestehen können.

www.iwu.fraunhofer.de/schaumzentrum
www.m-pore.de

KLIMA-AUSSTELLUNG IN HERNE

KLIMA UND MENSCH. LEBEN IN eXtremen

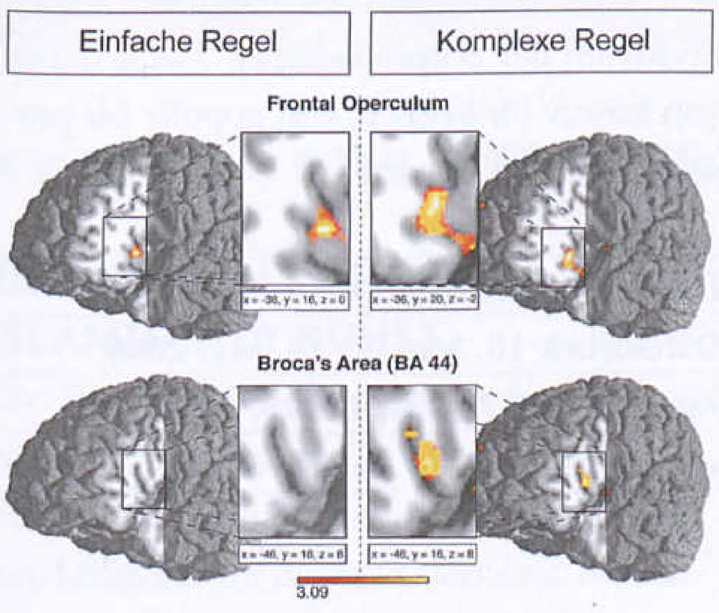
2006 ist auch das Jahr des Neanderthalers: Vor 150 Jahren wurden seine Überreste entdeckt. Mehrere Ausstellungen beschäftigen sich daher mit dem Urmenschen und seiner Welt. Klimatische Veränderungen und ihre Auswirkungen auf Flora und Fauna hat die große Sonderausstellung zum Thema, die Ende Mai im Westfälischen Museum für Archäologie eröffnet wird. Die Ausstellung wirft den Blick sechs Millionen Jahre zurück, verfolgt die Entwicklung bis in die Gegenwart und gibt schließlich noch einen Ausblick auf die Zukunft. Entlang einer Klimakurve veranschaulichen 300 Exponate den Verlauf von Zeit und Klima, die Ausstellungsmacher haben für die Besucher einen Weg durch inszenierte Landschaften vorbereitet. Vorbei an einer 3,6 Millionen Jahre alten Fußspur aus Afrika, versteinertem Laub, Mammutskeletten und einem Säbelzahntiger folgt der heutige Mensch seinen Vorfahren durch die klimatischen Veränderungen, die ihre Entwicklung entscheidend geprägt haben und in denen sie nur durch ihre Fähigkeit zur Anpassung überleben konnten.

Westfälisches Museum für Archäologie, 30. Mai 2006 bis Mai 2007

www.lwl.org/LWL/Kultur/WMfA_Herne

Zum Jahr des Neanderthalers: www.neandertalerundco.de

Ein Highlight der Ausstellung ist Dima, ein vor rund 35.000 Jahren in Sibirien verstorbenes Mammut-Baby, dessen Leiche im Permafrostgebiet von der Kälte konserviert und 1977 von Goldsuchern gefunden wurde.



Vergleich der Hirnaktivität der Hirnareale bei der Interpretation einfacher und komplexer Grammatik-Regeln

EVOLUTIONSSCHRITT GRAMMATIK

GRUNDLAGENFORSCHUNG ZUM THEMA SPRACHERKENNUNG

Die Entwicklung von komplexen Sprachstrukturen ist ein großer Evolutionsschritt. Zwar können bestimmte Affenarten durchaus einzelne Worte verstehen, der Gebrauch einer Grammatik jedoch, eines reglementierten Sprachsystems also, bleibt dem Menschen vorbehalten. Wissenschaftler des Leipziger Max-Planck-Instituts für Kognitions- und Neurowissenschaften haben nun in einer Versuchsreihe den Nachweis für die Theorie erbracht, dass die Interpretation komplizierter Sprachstrukturen in einem entwicklungsgeschichtlich jüngeren Teil des Gehirns – dem so genannten Broca-Areal – stattfindet. In dem Versuch brachten die Wissenschaftler den Probanden zunächst eine eigene Grammatik bei. Die verwendete Sprache bestand nur aus zwei Kategorien: A) Silben mit hellen Vokalen (de, gi, le ...) und B) Silben mit dunklen Vokalen (da, bo, fu ...). Die Grammatik bestand aus zwei Schwierigkeitsstufen. Bei der »Einfachen Regel« (Verknüpfungswahrscheinlichkeit) war die Silbenabfolge immer AB AB, bei der »Komplexen Regel« (Hierarchie) dagegen wurden beide Kategorien verknüpft, etwa zu AA BB. Eine Hälfte der Versuchspersonen lernte nun die einfache Regel als richtig zu bewerten, die andere die komplexe.

Während ihre Gehirnaktivitäten mit einem funktionellen Kernspintomografen (fMRT) aufgezeichnet wurden, interpretierten die Teilnehmer Silbenfolgen, die auf einem Bildschirm präsentiert wurden, als richtig oder falsch. Dabei war deutlich zu sehen: Einfache Regeln werden im Gehirn im frontalen Operculum verarbeitet, komplexe Regeln dagegen erfordern Aktivität im Broca-Areal – einem Teil des Gehirns, das sich stammesgeschichtlich erst beim Menschen nachweisen lässt. Der nächste Schritt wird die Untersuchung dieser Verknüpfungen sein.

www.mpipf-muenchen.mpg.de

Abbildungen: Roger Asbury; m-pore; Max-Planck-Gesellschaft; LWL

– Webtipp –

ALGORITHMUS DER WOCHE

Wie durchsucht man sein CD-Regal schnell und effektiv? Nicht nur abstrakte, sondern auch ganz alltägliche Probleme können durch die Anwendung von Algorithmen gelöst werden. Im Informatikjahr 2006 betreibt der Fakultätstag Informatik eine Website, die jede Woche einen anderen Algorithmus vorstellt und ausführlich erklärt.

www-i1.informatik.rwth-aachen.de/~algorithmus

Anzeige

Faszination Weltall

Alles über Astronomie und Raumfahrt!

Ständig riesige Auswahl preiswerter Fachliteratur, Diaserien, DVD/CD-Roms, Globen, Meteorite, Poster, Kalender u.v.m.

Gratisunterlagen anfordern!

Weltraum-Versand Stefan Böhle
Connollystraße 29/2, 80809 München
Telefon: 0162/5910355
www.weltraum-versand.de
E-Mail: kontakt@weltraum-versand.de

Der Produktion und dem Konsum auf die Finger geschaut: Musik gehört einfach zum Leben.

MUSIK ZUM ANFASSEN

In Dortmund lädt die Deutsche Arbeitsschutzausstellung (DASA) der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin zum Besuch des Music Village ein, einem Dorf bestehend aus dreizehn Häusern, die um eine zentrale Piazza gruppiert sind. In dieser Ausstellung wird der Besucher unter dem Motto »macht Musik!« auf eine Entdeckungsreise durch diese Räume geschickt, in denen sich das Reich der Musik in seiner Vielfalt präsentiert. 200 Exponate und vor allem die 70 Hörbeispiele zwischen Sphärenmusik und Rock zeigen, welchen Stellenwert Töne in unserem Leben haben. Schamanenkulte heilten mit Musik, heute suchen viele ihr Heil im Hype der Popkultur. Aufnahme- und Wiedergabetechniken haben sich stark verändert, Instrumentenbauer dagegen arbeiten heute oft noch wie vor langer Zeit: Einblicke in Studios und Werkstätten machen dies deutlich. Doch es dreht sich hier nicht nur um den Klangkonsum, von dem wir ständig – nicht immer freiwillig – umgeben sind. Es wird auch der Frage nachgegangen, was die elementare Faszination ausmacht, die den Menschen zur Produktion und zum Konsum von Musik treibt. Dabei geht es um das technische Meistern von Instrumenten, das Erlangen eines gewissen musikalischen Wissens, aber auch um subjektive Eindrücke, gefühlte Töne, Lautstärken und Rhythmen. Oder um gemeinschaftliches Musizieren, das ohne ein fein koordiniertes Miteinander nicht möglich wäre. Hirnforschung, Psycho- und Soziologie sind sich mittlerweile einig, dass Musik neuronale Gehirnströme ebenso trainiert wie soziale Kompetenzen. Auf diesem Gebiet gibt es noch viel zu entdecken.

DASA Dortmund – bis 15. Oktober 2006
www.macht-musik.de

SMART ART

Bereits zum 19. Mal trifft sich die Medienkunstszene zum European Media Art Festival in Osnabrück. Unter dem Leitgedanken »Smart Art« wollen die Veranstalter diesmal Werkstücke zeigen, »die gesellschaftliche Konventionen hinterfragen, Bekanntes und Vertrautes aus ihrem Kontext lösen und Absurditäten des individuellen und sozialen Alltags subtil aufspüren«. Eine Mischung aus Arbeiten von Newcomern und etablierten Künstlern sorgt dafür, dass ein möglichst breites Spektrum der zeitgenössischen Medienkunst von kreativ bis kritisch, von populär bis provokant abgedeckt wird.

European Media Art Festival 2006,
Osnabrück 10. Mai bis 14. Mai 2006
Ausstellung: 10. Mai bis 18. Juni 2006
www.emaf.de

KONTRAPUNKT SETZEN:

ZEITGENÖSSISCHES IM MOZARTJAHR 2006

Dieses Jahr jährt sich bekanntlich der Geburtstag W.A. Mozarts zum 250. Mal: ein Anlass für Feiern, Konzerte und Ausstellungen. Salzburg setzt diesem manchmal etwas süßlichen Reigen ein besonderes Klang- und Kunsterlebnis entgegen. Von Mai bis Juli setzen die Macher des Festivals »Kontracom«, Max Hollein und Tomas Zierhofer, den Akzent auf zeitgenössische Kunst und Musik im öffentlichen Raum. Gassen und Plätze werden zur Bühne, Alltägliches wird neu inszeniert. Geplante Aktionen sind ein von den Glockentürmen ausgehendes Klangnetz des Klangkünstlers Franz Pomassl, das sich über die Altstadt legt oder ein Kiosk der besonderen Art, den das skandinavische Künstlerduo Elmgreen und Dragse am Hanuschplatz eröffnen wird. Die über verschiedene Schauplätze der Mozartstadt verteilten Installationen, Performances und Klanginstallationen sind aber nicht nur klares Bekenntnis zum kontemporären Kulturschaffen. Sie wollen auch zeigen, dass Bewahren der Tradition und die Auseinandersetzung mit dem experimentell Neuen sich nicht ausschließen müssen.

»Kontracom 06« vom 12. Mai bis 16. Juli 2006, www.salzburg-kontra.com

Abbildungen: DASA Dortmund

MUSEUMSTIPP

LEONARDO DA VINCI

Bis zum September 2006 ist das deutsch/holländische Grenzgebiet Schauplatz von »Leonardo Da Vinci – 101 Projekt«, einer Ausstellungs- und Veranstaltungsreihe zum Werk des großen Universalgenies. Zentrum ist dabei das Industrion in Kerkrade. Bis zum 7. Mai werden im Aachener Marienhospital Zeichnungen gezeigt, die sich mit dem menschlichen Körper beschäftigen. Zu sehen sind anatomische Studien, die in ihrer Präzision verblüffen. Zum Vergleich werden Aufnahmen mit modernen Diagnosegeräten gezeigt.

www.industrion.nl/davinci

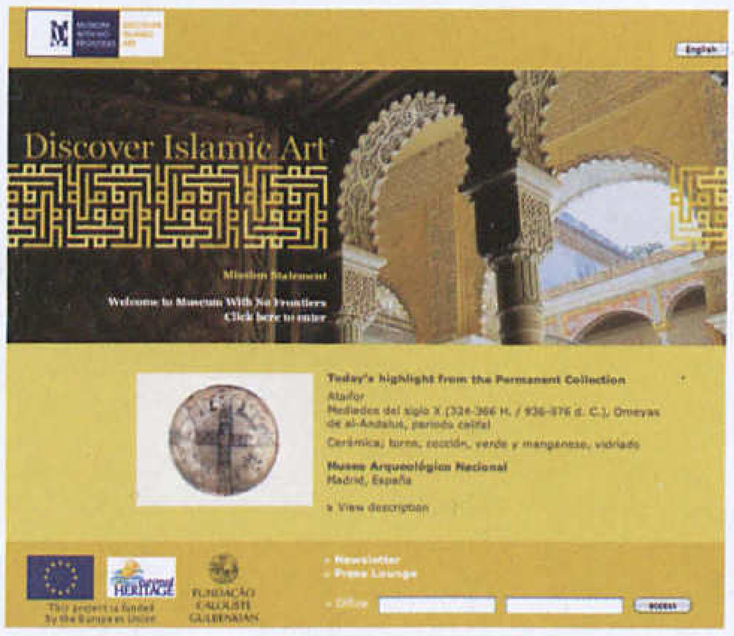
Muskeln, Nervensystem, Skelett und Schwangerschaft sind die Hauptthemen in der Aachener Ausstellung.

WEBTIPPS

EIN VIRTUELLES MUSEUM ISLAMISCHER KUNST

Die Exponate dieses Museums können nur am Bildschirm besichtigt werden: sie befinden sich in einem Online-Museum im Internet. Leihgeber für dieses Projekt sind 14 namhafte Museen in Europa, Nordafrika und im Nahen Osten. Unter Federführung der Organisation »Museums With No Frontiers« wird hier versucht, die einzelnenen Sammlungen zu einem Gesamtüberblick über das künstlerische und kulturelle Erbe des Islam in der Mittelmeer-Region zusammenzufügen. Der erfasste Zeitraum reicht von der Zeit der Umayyaden (ab 661) bis zum Ende des Osmanischen Reichs (1922). Obwohl an manchen Stellen noch im Aufbau befindlich, zeigt das virtuelle Museum schon jetzt über tausend Kunst- und Bauwerke.

www.discoverislamicart.org



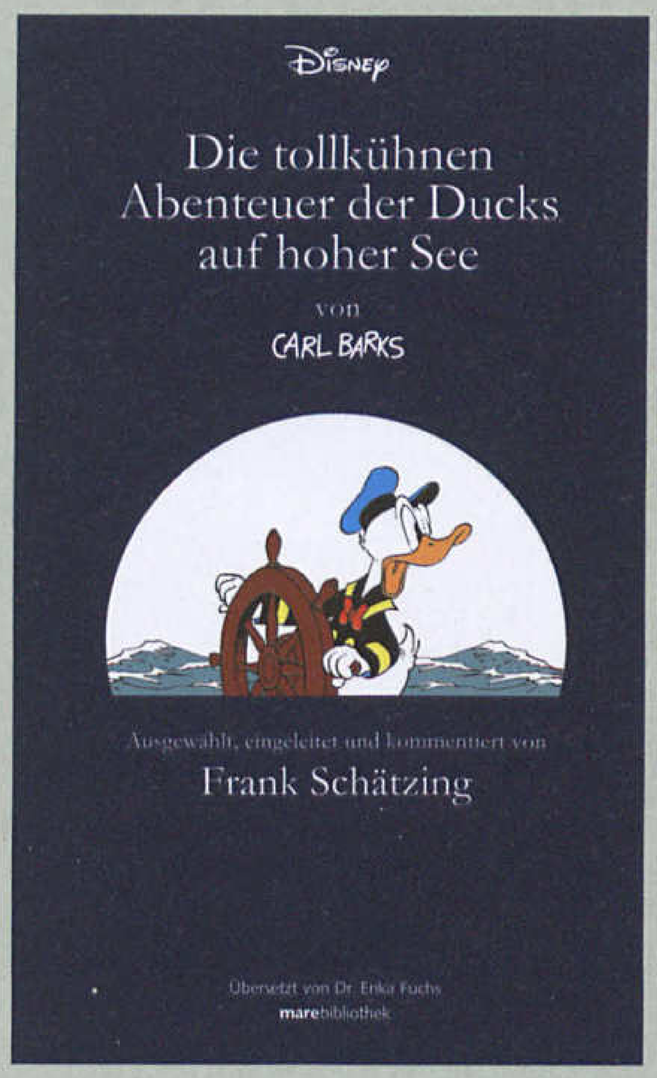
Virtuelle Museumsreise: Das Portal für Islamische Kunst öffnet viele Tore.

DIALOG MIT DER ISLAMISCHEN WELT

Qantara ist das arabische Wort für Brücke. Und Brücke will das Internetportal der Bundeszentrale für politische Bildung, der Deutschen Welle, des Goethe-Instituts und des Instituts für Auslandsbeziehungen auch sein. Durch ein breitgefächertes Informationsangebot soll der Grundstock für friedliche Auseinandersetzung und kompetenten Dialog geschaffen werden. In Berichten und Kommentaren werden aktuelle Themen aus Politik, Gesellschaft und Kultur des Nahen Ostens genauso aufgegriffen wie Aspekte muslimischen Lebens in Deutschland. Damit das Portal nicht zur Einbahnstraße wird, sind die Seiten dreisprachig angelegt: Deutsch, Arabisch und Englisch.

www.qantara.de

– Buchtipp –



DONALDISTEN ANS RUDER

Nicht umsonst trägt der berühmteste Erpel der Welt einen Matrosenanzug: die Ducks sind eine große Seefahrer-Dynastie. Von Carl Barks brillant in Szene gezeichnet – und von Erika Fuchs kongenial deutsch versprachlicht – sind in diesem etwas anderen Comicband Geschichten versammelt, in denen Donald & Co. Entenhausen verlassen, um in See zu stechen. Zwischen Atlantis und Nordpol müssen sie sich mehr als einmal als wahre Helden bewähren, sei es um auf Schatzsuche große Mengen Goldmünzen zu bergen, oder um bei lauernder Gefahr den eigenen Bürzel zu retten. Auswahl, Einführung und Kommentar übernahm der Autor und bekennende Duck-Fan Frank Schätzing.

Carl Barks/Frank Schätzing
Die tollkühnen Abenteuer der Ducks auf hoher See
Mare Buchverlag
ISBN 3-936384-24-X – 39,90 Euro

Abbildungen: Industrion, Kerkrade; www.discoverislamicart; Mare Buchverlag

Eine kurze Geschichte des Fußballs

Fußball und Arbeiterkultur sind eng miteinander verwoben. Ein kurzer, flüchtiger Blick zurück zeigt, wie die zwei zueinander fanden und was mit dem Ball sonst noch geschah.

Von Markus Speidel

Einige Leute behaupten, Fußball sei eine Sache auf Leben und Tod. Ich mag diese Haltung nicht. Ich kann denen versichern, dass es viel ernster ist als das.« Dieser Ausspruch von Bill Shankley, einem ehemaligen Manager des FC Liverpool, beschreibt sehr genau, welche Bedeutung Fußball für viele Menschen in unserer Gesellschaft hat. Damit das Spiel zu dem werden konnte, wovon das Zitat spricht, bedurfte es einer langen Entwicklung. Obwohl das Grundprinzip immer gleich war, war es niemals dasselbe Spiel. Fußball formte und veränderte sich unter der Einwirkung von gesellschaftlichen und kulturellen Entwicklungen. Frühformen des Fußballs gab es in China bereits 2600 v. Chr. Einfache Abbildungen legen davon Zeugnis ab. Dass das Spiel mit Füßen in Asien eine ganz andere Bedeutung inne hatte als die, die wir ihm heute und hier geben, zeigt das Beispiel Kemari. Diese japanische Abwandlung des erwähnten chinesischen Spiels ist im Gegensatz zu den für uns gewöhnlichen Sportveranstaltungen ein rituell-religiöser Akt. Zwar kann für manchen Fußballfan auch heute noch der Lieblingsverein zu einer Ersatzreligion werden, doch es ist kein Sport, »der zum Nutzen des Landes und Volkes, zur Mehrung der Ernten und zur Abwehr innerer und äußerer Feinde gepflegt wird«. Aber eben das ist Kemari.

WURZELN IN EUROPA. Die Ahnen des heutigen Spiels sind in Europa zu finden und dabei hauptsächlich in England und in Italien. Während das Calcio-Spiel, hauptsächlich in Florenz ausgetragen, sehr steif und stark reglementiert war, galt der Volksfußball in England als undiszipliniert, rau und gefährlich. Die ersten Erwähnungen des Spiels aus dem 13. bis 15. Jahrhundert, sind allesamt Verbote, die versuchen, das Spektakel einzudämmen, da man von ihm eine Gefahr ausgehen sah, die in Aufständen münden konnte oder die Wehrhaftigkeit der Bevölkerung zersetzte. Volksfußballspiele konnten sowohl spontan entstehen als auch für große Festtage geplant werden. Es standen sich zwei Gruppen gegenüber, die jeweils eine ganze Dorfbevölkerung umfassen konnten. Die Rollen von Zuschauer und Spieler waren beliebig wechselbar. Manchmal wurde den ganzen Tag gespielt, da es keine zeitliche Fixierung des Spiels gab. Ziel war es, einen Ball, in Form einer aufgeblasenen Tierblase, ins gegnerische Tor zu schießen, wobei es sich dabei oft tatsächlich um ein Stadttor handelte. Das Spiel erstreckte sich auf eine ganze Stadt oder auf die Felder zwischen zwei wettstreitenden Dörfern. Man durfte mit Händen und Füßen spielen, Fouls gab es nicht, da es keinen Schiedsrichter gab. Dafür wurden Verletzte und manchmal sogar Tote in Kauf genommen.

DIE INDUSTRIE PRÄGT DAS SPIEL. Fußball, wie wir ihn heute kennen, hat nur noch wenig mit dem Volksfußball zu tun. Zwar sind die Grundelemente, wie das Treten nach dem Ball mit den Füßen und der Wettkampf zwischen zwei Gruppen, identisch, das Spiel als Ganzes ist aber ein völlig anderes. Heute ist Fußball sowohl räumlich als auch zeitlich eingegrenzt. Ein einheitliches Regelwerk definiert das Verhalten der Spieler. Schiedsrichter fungieren als Kontrollinstanz, die die Spieler überwachen und illegales Verhalten sanktionieren können. Aus dem zwanglosen Verbund von Einzelakteuren sind Mannschaften geworden, innerhalb derer jeder Spieler eine zugeteilte Aufgabe zu erfüllen hat. Die größte Masse aber wurde zu Zuschauern, die in das Spiel nicht mehr eingreifen dürfen. Dieser Fußball, den wir heute aus den Stadien und von den Bolzplätzen auf der ganzen Welt kennen, hat sich nicht unmittelbar aus dem Volksfußball heraus entwickelt, sondern ist eine englische Erfindung des 19. Jahrhunderts. Die mit der Industrialisierung in England einhergehenden sozialen Veränderungen führten zu diesem Schnitt. Landarbeiter zogen zunehmend in die Städte, um ihren Lebensunterhalt in Fabriken zu bestreiten. Volksfußball war in einer agrarischen, feudalen Gesellschaft entstanden. Freizeit und Arbeit waren hier weder räumlich noch zeitlich voneinander getrennt. Jene uns geläufige Ausdifferenzierung der Lebensbereiche fand erst durch die Industriearbeit statt. Die neu entstandene Arbeiterschicht hatte weder die Zeit noch den Platz oder gar die Kraft, um einen ganzen Tag lang einem Ball hinterher zu jagen. Durch den klar definierten Tages- und Wochenablauf blieb sehr wenig Freiraum, um sich einem Spiel hinzugeben. Wenn überhaupt, dann waren nur spontane, kurze Spiele auf den Hinterhöfen oder in den Straßen der Städte möglich, doch selbst diese hatten Seltenheitswert. Die ganze Entwicklung wäre wohl in einer Sackgasse geendet, hätte nicht eine andere gesellschaftliche Gruppe das Spiel für sich entdeckt.

Aus China importiert und weiterentwickelt: Kemari, das zeremonielle Fußballspiel der Japaner. Seine Hochzeit erlebte das Spiel in der Heian-Periode zwischen dem 8. und 12. Jahrhundert, aber auch heute noch wird in Japan die Tradition des Kemari erhalten (Wasserfarbe auf Seide, 19. Jahrhundert).

Bild linke Seite: Fußballspieler in den Gassen Londons im 17. Jahrhundert, gemalt von Amedee Forestier zu Beginn des 20. Jahrhunderts.

Abbildungen: FIFA Museum Collection

In friedlicher Eintracht sind die »Famous Football Players« des Jahres 1881 abgebildet, darunter Nationalspieler mit den berühmten drei Löwen auf der Brust. Fußball und Rugby-Ei zeigen an: der Bruch zwischen Football Association und Rugby Union ist hier noch nicht sichtbar. (Farblithographie 1881)

FUSSBALL MACHT SCHULE. Die Public Schools in England, Ausbildungsstätten für den Nachwuchs des niederen Adels, sollten sich seiner annehmen und zur Wiege des modernen Fußballs werden. Schon gegen Ende des 18. Jahrhunderts begannen die Schüler an diesen neu gegründeten Privatschulen in ihrer Freizeit Fußball zu spielen. Völlig selbstständig organisiert und meist gegen den Willen der Lehrer, brachten die Jugendlichen das Spiel in die Schulen. Grundlegend dafür war, dass die faktische Machtsituation an den Schulen nicht der formalen entsprach. Da sich der Lehrkörper aus niedrigeren sozialen Rängen als die Schüler zusammensetzte, war es ihm nahezu unmöglich, das Freizeitverhalten der Jugendlichen zu kontrollieren. Deutlich wird das Machtgefälle an der Tatsache, dass es zwischen 1728 und 1832 zu 22 Rebellionen an den Public Schools kam. Das wilde, unbändige Freizeitvergnügen war definitiv keine gewollte pädagogische Maßnahme. Erst als klar wurde, dass sich durch den Fußball an den Public Schools Hierarchien innerhalb der Schüler ausbildeten, änderte sich mancherorts die Einstellung gegenüber der Bedeutung des Spiels. Die Stärkung des Leistungsgedanken und der Rangordnungen entsprach den gesellschaftlichen Vorstellungen einer gelungenen Vorbereitung auf Führungspositionen innerhalb des britischen Empire.

SPIEL GEGEN SONNE UND WIND. In der Mitte des 19. Jahrhunderts suchte das durch die Industrialisierung aufstrebende Bürgertum auch zunehmend seinen Platz in den Public Schools. Eine dadurch hervorgerufene Schulkrise mündete in verschiedene Reformen. Inhalt war unter anderem an der Public School von Rugby, dass das Fußballspiel von einem inoffiziellen Spiel zu einem pädagogischen Modell wurde. Die Charakterbildung durch den Fußball rückte zunehmend in den Mittelpunkt. Pädagogische Ideale und moralische Überzeugungen flossen in ein Regelwerk ein, das 1846 schriftlich vorgelegt wurde. Das unter dem Titel »The Law of Football as Played in Rugby School« veröffentlichte Werk stellt somit eine erste »Bändigung« des Spieles dar, indem es die erlaubte Gewalt eingrenzte und Eigenschaften wie Selbstdisziplin und Durchsetzungsvermögen fördern sollte. Gleichzeitig wurden hier aber auch erstmals die Spielerzahl, Spielfeld- und Torgröße als

auch die Spieldauer festgelegt. »Die Festlegung von Anzahl und Maßen, wie sie im Verlauf des 19. Jahrhunderts eingeführt wurde, entspricht, ohne Analogien überstrapazieren zu wollen, der Vereinheitlichung von Maßen und Gewichten als Voraussetzung der Konkurrenz. Sinnbildlich kommt dieses Gleichheit als Voraussetzung der Konkurrenz in Halbzeiten, im Wechsel der Seiten zum Ausdruck: Jede der beiden Mannschaften soll einmal gegen die Sonne oder mit dem Wind im Rücken spielen. Die Addition von Punkten und Toren und die Erstellung von Tabellen erinnern nicht von ungefähr an die Buchführung, und die Verzeitlichung des Spiels korrespondiert mit dem durch den industriellen Kapitalismus bewirkten Umschlag zur zeitlich bemessenen Arbeit, die ihren gültigsten Ausdruck in der Wendung ›Zeit ist Geld‹ erfährt.« (Lindner 1983).

VERBINDLICHE REGELN FÜR ALLE. Allgemein verbindlich waren damit die Regeln noch lange nicht. Fast jede Public School hatte ihre eigenen Regelwerke, die sich zum Teil deutlich unterschieden. 1849 folgte Eton mit der Verschriftlichung von Regeln. An dieser Schule waren die Aristokratenkinder in der Mehrheit. Das Regelwerk darf damit auch als Antwort auf das bürgerliche Rugby verstanden werden. Eton untersagte es strengstens, mit den Händen zu spielen. Eine Maßnahme, die noch mehr Selbstbeherrschung von den Spielern verlangte und noch mehr dem Ideal des »Sportsman« als Gentleman entsprach. Dieses Paradigma beinhaltete auch, dass Fußball nur um der Freude am Spiel willen gespielt werden dürfe, und nicht, um einen finanziellen Gewinn zu erzielen. Eine Idee, die in Deutschland bis in die 1960er dominant war. Durch die Reglementierung wurde schon sehr früh die Ausdifferenzierung der beiden Sportarten Fußball und Rugby eingeleitet, die sich durch den nächsten Schritt zur Disziplinierung und Vereinheitlichung des Spiels manifestierte.

Mit der Gründung eines Verbandes, der Football Association (FA), im Jahre 1863, zunächst auch von Anhängern der Rugby-Variante vorangetrieben, wurde am 8. Dezember jenes Jahres ein Regelwerk beschlossen, welches das Handspiel auf ein Minimum begrenzte. Der damit geschaffene »Association Football« wurde zukünftig, auch um ihm von »Rugby Football« zu unterscheiden, als »Soccer« verballhornt. Der Einfluss der FA reichte zunächst nicht über die Stadtgrenzen Londons hinaus, gewann aber mit der Zeit zunehmend an Bedeutung durch die Einführung eines landesweiten Pokalwettbewerbs in den Jahren 1871/72. Ein überregionaler Wettbewerb wäre ohne den Ausbau des Schienennetzes nicht möglich gewesen.

Fußball verdankt seine Entwicklung zum Massensport auch in Teilen der Eisenbahn. Durch die Veränderungen im öffentlichen Personentransport konnten nicht nur eine Mannschaft, sondern auch die Zuschauer weite Entfernungen in kurzer Zeit überwinden – eine notwendige Bedingung um Pokalspiele zu ermöglichen.

Der von der FA »gezähmte« Fußball entwickelte sich bis zum Ende des 19. Jahrhunderts zur bedeutendsten Freizeitsportart der Arbeiter in England. Voraussetzung dafür war deren zunehmende Organisation und die damit verbundenen sozialen Kämpfe in den 1860er und 1870er Jahren, infolge derer sich die Arbeitsbedingungen und die Lohnverhältnisse verbesserten. Das war Grundbedingung dafür, dass es sich die Arbeiter sowohl finanziell als auch zeitlich leisten konnten, einer

Der Ball war nicht immer rund. Dieser hier hat den Ruf, wie eine gigantische englische Schweinepastete auszusehen. Mit Maßen von ca. 45 cm Durchmesser und ca. 30 cm Höhe ist dieser wohl nach mittelalterlichem Vorbild gestaltete Spielball eine echte Herausforderung. Er gehört zum »Harrow Football«, oder kurz »Footer«, einer aus heutiger Sicht ziemlich rauen Vorstufe von Rugby und Fußball, die ausschließlich von Schülern und Ehemaligen der exklusiven Harrow Public School gespielt wird – immer noch findet jedes Jahr ein Footer-Turnier in Harrow statt.

1871 posierte das Footerteam der Harrow Public School für den Fotografen. Die Streifen waren übrigens blau und weiß.

Abbildungen: HWM Museum London

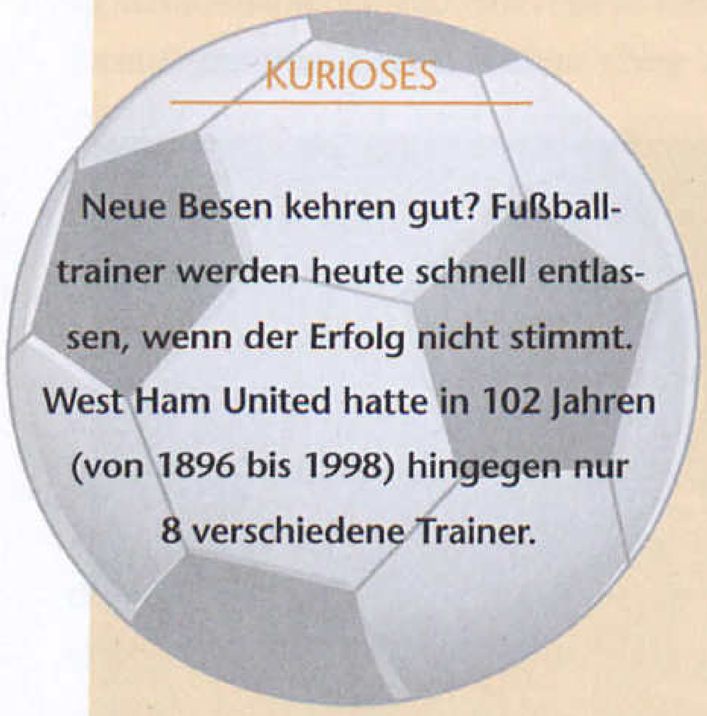
Zur Spielerausrüstung in den 1920er und 1930er Jahren des gehörten Schnürstiefel, Schienbeinschoner und ein Fußball aus Leder.

Sportart nachzugehen. Dass es nun gerade Fußball war, lag wohl an den niedrigen Kosten, dem klar begrenzten zeitlichen Rahmen, aber auch daran, dass es durch die Arbeitsteilung auf dem Feld für jeden Typ von Spieler Verwendung gab, wohingegen beispielsweise beim Rugby nur große, stämmige Männer benötigt wurden.

DER FUSSBALL KEHRT ZURÜCK. Die Verbreitung des Spiels sorgte auch für eine zunehmende Organisation in Form von Vereinen. Drei institutionelle Zusammenhänge waren fast immer damit verbunden: Kneipe, Betrieb oder Kirche. Während Kneipenmannschaften uns auch heute noch durchaus geläufig sind, rührt kirchliches Engagement in Sachen Fußball von der Vorstellung des »Athletenchristentums« her, dabei spielte der Versuch, religiöse Werte über den Sport zu vermitteln, eine tragende Rolle. Für die Gründung von Betriebsmannschaften gab es zwei unterschiedliche Motive. Entweder wurden sie von oben angeordnet und entsprangen den paternalistischen Vorstellungen eines Unternehmers, der damit die Identifikation zum Betrieb fördern und seine Wohltätigkeit darstellen wollte, oder sie wurden von den Arbeitern selbst organisiert. Berühmtestes Beispiel dafür ist der Arsenal Football Club London, gegründet von den Arbeitern einer Waffenfabrik, der noch heute als Zeichen seiner Herkunft eine Kanone im Wappen trägt. Fußball wurde zu einem wichtigen Bestandteil der Arbeiterkultur. »Wie kein anderer Sport ergriff Fußball von der Zeit und der Seele der europäischen Arbeiterschaft Besitz. Die Rückkehr des Spiels zu den Unterschichten – nach seiner bürgerlich-aristokratischen Zwischenphase der Umwandlung vom unstrukturierten Volksspiel zum modernen Sportspiel - , und die ungeheure Begeisterung die er hier auslöste, wirkten als konstitutive Faktoren bei der Herausbildung einer Arbeiterkultur.«(Schulze-Marmeling 2002)

DIE ANFÄNGE IN DEUTSCHLAND. Hierzulande galt lange das Turnen als Nationalsport und erzieherisches Ideal. Die Wurzeln dieses Sports liegen in der deutschen Nationalbewegung gegen die französische Besatzung. Friedrich Ludwig Jahn, der »Vater« der Turnbewegung, wollte damit die Wehrhaftigkeit der deutschen Männer erhöhen und sie auf einen Guerillakrieg gegen die Besatzer vorbereiten. Nach der gescheiterten Revolution von 1848 sorgte das aufstrebende Bürgertum auch in Deutschland für gesellschaftliche Veränderungen, in deren Sog sich der Fußball etablieren konnte und zur schärfsten Konkurrenz des Turnens wurde. Untrennbar verbunden damit ist der Name Konrad Koch, obwohl der Pionier heute beinahe in Vergessenheit geraten ist. Der Gymnasialprofessor führte das Spiel 1874 am Braunschweiger Martino-Katharineum-Gymnasium ein und kämpfte für die Anerkennung des »englischen« Spiels als neues pädagogisches Konzept. Grund dafür war, dass sich die Anforderungen an die Pädagogik an den Schulen verändert hatten. Es bildeten sich zunehmend Schülerverbindungen, die den Austausch zwischen Bürgertum und Aristokratie förderten. Exzessive Trinkgewohnheiten waren nur ein Resultat, das zu öffentlichem Ärgernis führte.

Koch erkannte im Fußball das Potential, um die Jungen zur Selbstdisziplin zu erziehen. Ein Gegenentwurf zur Fremddisziplinierung beim Turnen durch Vorturner und Turnlehrer. Zudem entsprach Fußballspielen mehr den Bedürfnissen der Schüler, es war geselliger und ließ mehr Raum zum Austoben. Die begeisterten Jugendlichen gründeten dann innerhalb ihrer Verbände die ersten Vereine. Erwähnt seien exemplarisch der Fußballclub 1888, aus dem der spätere Hamburger Sportverein (HSV) hervorging oder der VfB Stuttgart, gegründet 1893. Neben diesen Vereinen wurden auch Fußballklubs von in Deutschland lebenden Engländern, meist Schüler, Kaufmänner oder Ingenieure, gegründet. Der Fußball blieb also zunächst in bürgerlichen Händen. Erst in der Zeit zwischen Jahrhundertwende und Ausbruch des 1.Weltkriegs verlor das Spiel seine Exklusivität und die Arbeiter nahmen sich mehr und mehr des Sports an. Gesellschaftlich etablieren konnte sich das Spiel, als Prinz Heinrich von Preußen, der Bruder des Kaisers Wilhelm II.,



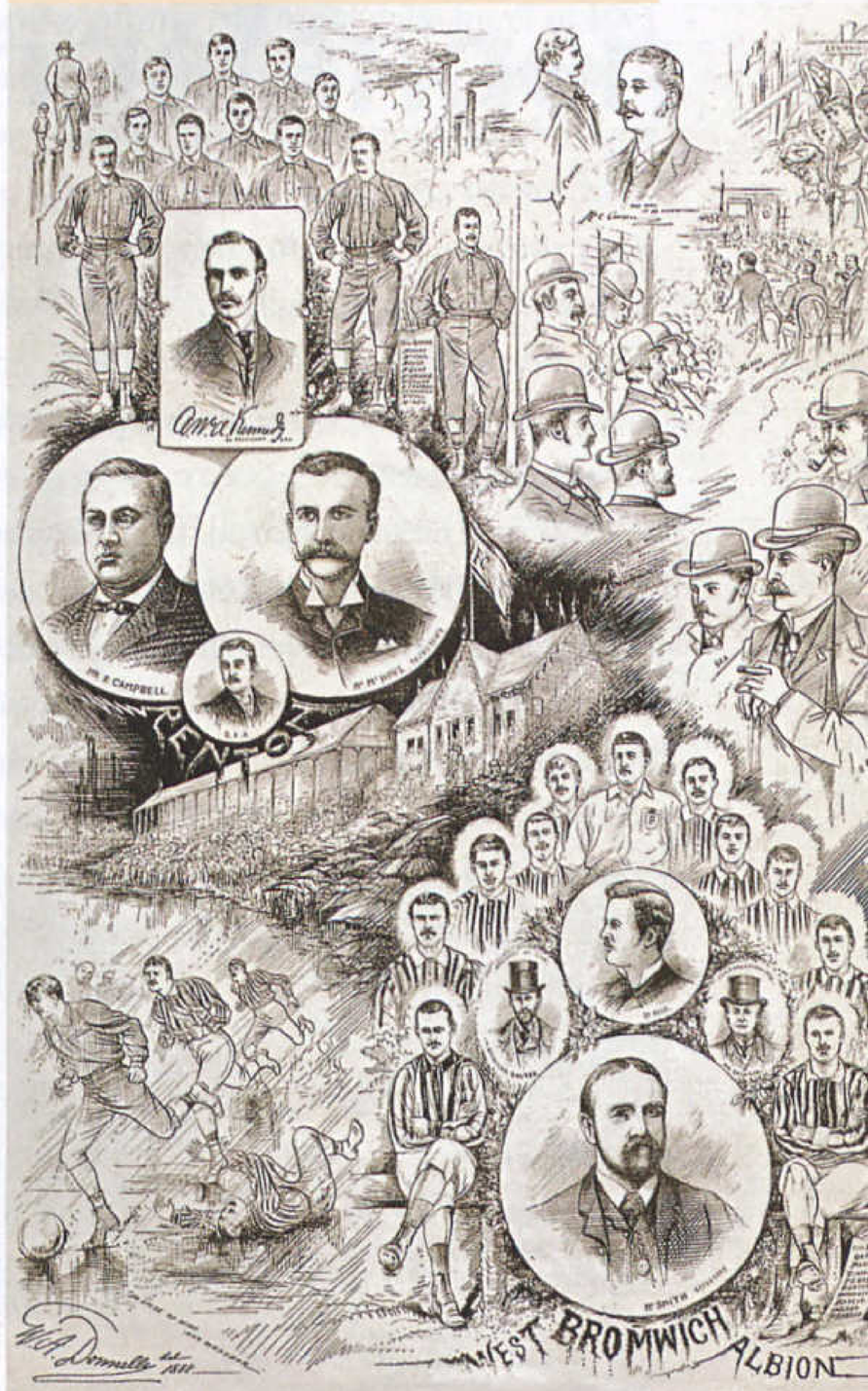
einen Wanderpokal auslobte und zudem das Spiel 1910 in den Ausbildungsplan des Militärs aufgenommen wurde. Damit hatten sich die zwei wichtigsten Institutionen des Deutschen Reiches, nämlich Adel und Militär, hinter das Spiel gestellt und es hoffähig gemacht. Ein kurzer Weg, wenn man bedenkt, dass noch 1898 der Gymnasialprofessor Karl Planck eine vernichtende, aber verbreitete Kritik in seinem Buch »Fusslümmelei. Über Stauchballspiel und englische Krankheit« formulierte: »Laßt euch doch lieber beide Arme abhacken oder mit Lederriemen doppelt und dreifach an den Leib schnüren! Sie sind ja doch nur eine stete Versuchung bei eurem wundersamen Spiel! Und dann: Läge es eigentlich nicht ganz im Zuge des Spiels, wenn den Teilnehmern auch noch der Kopf abgesprochen würde!«

Die Arbeiter maßen dem Spiel eine andere Bedeutung bei und bewirkten damit eine Veränderung in Spielart und -verständnis. Für sie ging es nicht um die Erfüllung eines erzieherischen oder staatsbürgerlichen Ideals. Der Sport stärkte ihr Selbstbewusstsein. Das Spiel ermöglichte ihnen eine völlig neue Erfahrung: auf dem Platz waren sie in der Lage, das Bürgertum zu schlagen. Entscheidend dafür war, dass die Arbeiter anfingen, das Spiel nach ihren Vorstellungen zu formen. Sie übertrugen das Prinzip der Arbeitsteilung, das ihren Alltag in den Fabriken und Bergwerken bestimmte, auf das Spiel. Damit entstand eine klare Aufgabenverteilung, die zu einem Zusammenspiel in Form von vielen Pässen führte. Die Spielweise verlangte Vertrauen und schaffte Abhängigkeiten. Für viele Bergarbeiter war dies Normalität, da sie mit ihren Teamkollegen Tag für Tag in den Schacht einfuhren und dort das gegenseitige Vertrauen überlebenswichtig war. Im Gegensatz dazu neigten Spieler aus dem Bürgertum zu langen Dribblings – für sie Ausdruck des reinen Sportsgeists – eine Spielweise, die dem schnellen Spiel der Arbeiter bald unterlegen war.

DAS SPIEL SETZT SICH DURCH. Fußballspieler konnten schon vor dem 1.Weltkrieg zu lokaler Prominenz kommen. Sie und die Zuschauer kannten sich von der Arbeit oder lebten im selben Viertel. Der Sportler wurde auf dem Platz zum Stellvertreter für die Kollegen, die Nachbarn oder für die Landsmannschaft und spielte auch um deren Anerkennung. Für viele Arbeitsimmigranten wurden die Vereine zur zweiten Heimat, in denen sie ihre Muttersprache sprechen konnten und Landsleute trafen. Dass sich durch die persönliche Nähe zu den Zuschauern und die zunehmende Prominenz der Druck auf die Fußballer vergrößerte, versteht sich beinahe von selbst. Bei einer schlechten Leistung auf dem Platz waren sie der Kritik am Arbeitsplatz oder im ganzen Viertel ausgesetzt. Nur durch eine stetige Verbesserung der eigenen Fertigkeiten konnte ein Spieler diese Situation umgehen. Damit gewann das Spiel immer mehr an Qualität, und gute Fußballer wurden für die Betriebsvereine interessant, bei denen der Chef die Mannschaft als Aushängeschild für das eigene Unternehmen verstand. Der erste Schritt in Richtung Profifußball war getan. Fußballspielende Arbeiter wurden per Stellenanzeige gesucht und erhielten für ihre spielerischen Leistungen Extrabezahlungen und Arbeitserleichterungen.

Dies entsprach allerdings nicht dem Amateurideal des Deutschen Fußballbundes (DFB), der seit seiner Gründung im Jahr 1900 alle Belange des deutschen Fußballs vertrat. Jahrzehntelang verbot er die Bezahlung von Fußballspielern, da im Verband sehr lange das britische Vorbild des »Sportsman« als Gentleman eine zentrale Rolle spielte, das sich mit bezahltem Fußball nicht vereinbaren ließ. Dass in England der Profifußball schon im 19. Jahrhundert etabliert wurde, hinderte den DFB nicht daran, sich diesem Schritt bis zur Einführung der Fußballbundesliga 1963 zu verweigern. Letztendlich wurde dieser Entschluss auch nur deswegen gefasst, da zunehmend deutsche Nationalspieler ins Ausland abwanderten, wo sie mit ihren Fähigkeiten Geld verdienen konnten. Man hatte Angst vor dem Ausverkauf des deutschen Fußballs und musste Anreize schaffen, wichtige Spieler im Land zu halten. Schließlich hatte die Nationalmannschaft spätestens seit der gewonnenen Weltmeisterschaft von 1954 einen ganz besonders hohen Stellenwert in der BRD.

DIE WELT RÜCKT ZUSAMMEN. Die Legende sagt, dass es sich ein neu gegründeter Staat heutzutage genau überlegt, ob er zuerst der UNO oder der FIFA beitritt. Angemessener kann man die Bedeutung des weltweiten Fußballverbandes kaum beschreiben. Als die Organisation am 21. Mai



1888 holte sich West-Bromwich Albion die erste Meisterschaft in der neu gegründeten englischen Profi-Liga. Den ersten Weltmeistertitel gewann dann aber eine Dorfmannschaft aus Schottland. Am 19. Mai 1888 verlor West-Bromwich das Spiel um »The First World Club Championship« mit 1:4 gegen den Renton F.C.: Die Welt des organisierten Klub-Fußballs bestand damals eben nur auf den britischen Inseln. (Holzschnitt 1888)

1904 in Frankreich gegründet wurde, erfreute sie sich bei weitem nicht dieser Beliebtheit. England als Mutterland des Fußballs war nicht einmal anwesend und boykottierte sehr lange diesen internationalen Zusammenschluss. Gründungsmitglieder waren Frankreich, Niederlande, Belgien, Dänemark, Spanien, Schweden und Schweiz. Eine rein europäische Angelegenheit.

Dennoch reifte innerhalb der FIFA sehr schnell der Plan, eine Weltmeisterschaft auszutragen. Schon 1906 tauchte der Gedanke bei einem FIFA-Kongress auf. Sollten die Pläne zunächst durch den 1. Weltkrieg noch vereitelt werden, so wurde 1924 ein erster Schritt in die Richtung getan. Der Verband organisierte das Fußballturnier der Olympischen Spiele in Paris. Beim Finale, das Uruguay mit 3:0 gegen die Schweiz gewann, waren 60.000 Zuschauer anwesend. Schnell zeichnete sich jedoch ein unlösbarer Konflikt ab. Das olympische Amateurideal ließ sich mit der zunehmenden Professionalisierung im Fußball nicht verbinden.

ALLE VIER JAHRE EINE WM. Die Meldezahlen für das Turnier von 1928 waren erschreckend gering. Aus dieser Not heraus beschloss die FIFA 1926, ab 1930 alle vier Jahre eine Weltmeisterschaft auszutragen. Erster Austragungsort war Uruguay. Die europäischen Nationen scheuten jedoch die weite Reise, was zu massiven Missstimmungen in ganz Südamerika führte. Nur durch lange Überzeugungsarbeit von Jules Rimet, dem damaligen FIFA-Präsidenten, ließen sich Frankreich, Belgien, Jugoslawien und Rumänien zur Teilnahme bewegen. Diesen vier zweitklassigen europäischen Mannschaften standen sieben südamerikanische Teams gegenüber. Bei keiner späteren Weltmeisterschaft fiel das Verhältnis so ungünstig für Europa aus, prompt schieden auch alle vier Mannschaften nach der Gruppenphase aus und der Gastgeber wurde zum ersten Fußballweltmeister. Vor 93.000 Zuschauern siegte er im Finale mit 4:1 über Argentinien.

Das Medienecho in Europa war verhalten – zu weit war das Turnier entfernt, zu lange waren die Spieler unterwegs. Der Wettstreit um den Titel erhielt auch bei den nächsten

Wermut als Zielwasser oder als Tröster nach verlorenem Spiel – schon um 1920 herum lies sich mit Fußball prächtig werben, wie diese italienische Anzeige beweist.

Weiterführende Literatur

Dietrich Schulze-Marmeling, Fußball. Zur Geschichte eines globalen Sports, Göttingen 2002

Rolf Lindner (Hg.), Der Satz »Der Ball ist rund« hat eine gewisse philosophische Tiefe, Berlin 1983

Wilhelm Hopf (Hg.), Fußball. Soziologie und Sozialgeschichte einer populären Sportart, Bensheim 1979

Markwart Herzig (Hg.), Fußball als Kulturphänomen. Kunst – Kultur – Kommerz, Stuttgart 2002

MARKUS SPEIDEL M.A. hat an der TU in Berlin Ethnologie studiert. Im Deutschen Museum ist er als Wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig.

beiden Turnieren nur auf dem austragenden Kontinent eine vermehrte Aufmerksamkeit. Während im 19. Jahrhundert in England die Eisenbahn die Verbreitung des Fußballs ermöglichte, benötigte das WM-Turnier zu seiner Durchsetzung den Flugverkehr. Auch Reporter und eine größere Menge an Zuschauern waren erst dadurch in der Lage, eine Mannschaft zu begleiten, um dann von vor Ort zu berichten oder das eigene Team anzufeuern.

Die erste große Popularisierungswelle setzte deswegen erst nach dem 2. Weltkrieg ein, als der Fernflugverkehr eine höhere Leistungsfähigkeit erreichte. Später sorgten die Verbreitung des Fernsehempfangs und die Möglichkeiten der störungsfreien Liveübertragung dafür, dass das Fußballturnier zum medialen Großereignis wurde. Seitdem sitzen zeitgleich auf der ganzen Welt über eine Milliarde Menschen vor ihren Fernsehapparaten, um 22 Männern beim Spielen zuzusehen.

NACHSPIEL. Fußball und Gesellschaft sind in unserer Kultur fest miteinander verwoben. Soziokulturelle Veränderungen schlagen sich im Spiel, dessen Organisation oder dessen Akteuren nieder. Mit der Bändigung des Spiels begannen verschiedene gesellschaftliche Gruppen, sich das Spiel zu eigen zu machen und nach ihren Vorstellungen zu verändern. Oftmals wurde es missbraucht, wie 1978 in Argentinien, als eine Weltmeisterschaft eine Diktatur verharmlosen sollte. Anderswo kann Fußball der Versöhnung dienen, wie am »Simon Peres Center for Peace«, wo jugendliche Palästinenser und Israelis gemeinsam Fußball spielen. Fußball kann zu Kriegen führen und Frieden schaffen, er ist eine internationale Sprache, die man fast auf der ganzen Welt spricht. Fußball ist ein Spiel um Milliarden von Sponsorengeldern, aber auch ein Spiel mit einer Dose im Hinterhof. Arthur Hopcraft, Autor, Journalist und Fußballfan, hat wohl die schlüssigste Antwort auf die Frage, warum Fußball das alles kann: »Was auf dem Fußballfeld passiert, hat große Bedeutung, nicht so wie Essen und Trinken, sondern die Bedeutung, die für manche Leute Lyrik hat und für andere Alkohol. Er nimmt von der Persönlichkeit Besitz.« ▮▮

Abbildung: FIFA Museum Collection

Gefühle im Museum eingefangen

Ein Interview mit dem Kulturwissenschaftler Martin Wörner

Von Markus Speidel

Kulturwissenschaftler Martin Wörner

Der Gewinn der Weltmeisterschaft von 1954 zählt heute zu den Gründungsmythen der BRD. Politiker suchen während der WMs die Nähe von Spielern und greifen immer häufiger auf fußballspezifische Begriffe zurück. Wie konnte dieses Spiel so in den Mittelpunkt unserer Gesellschaft rücken?

Der Hauptgrund ist meines Erachtens die seit einigen Jahrzehnten zunehmende Medienpräsenz, v.a. im Fernsehen. Fußballspieler werden deshalb verstärkt als Personen des öffentlichen Lebens wahrgenommen. Die Erfolge der Nationalmannschaft sorgen darüber hinaus für ein kollektives gesellschaftliches »Wir«-Gefühl. ■■

Herr Wörner, Sie wollen mit Ihrem Team ein Deutsches Fußballmuseum aufbauen. Fußball lebt jedoch von seiner Spontaneität und seinen Emotionen. Was ist an dem Spiel erinnernswert und wie wollen Sie die Gefühlswelt eines Fans in einem Museum einfangen?

Wörner: Fußball lebt nicht zuletzt von Mythen und Geschichten. Diese sollen anhand von Exponaten ebenso spannend wie unterhaltend in Szene gesetzt werden. Heroen und tragische Helden, Fußball und Politik, Fußball und Medien – die auszustellenden Themenbereiche sind dabei vielfältig.

Die Gefühlswelt des Fans soll natürlich ebenfalls angemessen berücksichtigt werden: Als Ausstellungsstücke fallen mir da spontan eine Urne in Schwarz-Gelb ein, die für verstorbene Fans von Borussia Dortmund angeboten wird, oder der ausgestopfte Ziegenbock »Hennes«, ein verblichener Vorgänger des Maskottchen des 1. FC Köln. Eine Klang-Collage mit Fangesängen wird in diesem Bereich natürlich auch nicht fehlen.

Wir kennen aus allen Epochen seit der Erfindung des aktuellen Fußballs Bilder riesiger Zuschauermengen, die gespannt einem Spiel folgen. Was macht die Faszination des Spiels aus?

Wörner: Das Spiel ist einfach (»das Runde muss ins Eckige«), und auch die Regeln sind einfach – nimmt man vielleicht das Abseits aus. Dazu lebt der Fußball von seiner Spannung, seinen Emotionen und nicht zuletzt von der Identifikation der Fans mit ihrem Verein.

Abbildung: privat

Fr/Sa/So 12. – 14. Mai 2006

„Jahr der Informatik – Vom Abakus zum Superrechner"

An diesem Wochenende erfahren Sie einiges über die Geschichte und Entwicklung der Informatik. Der Bogen spannt sich vom Ausprobieren alter Rechenmaschinen über Lochkartensteuerung bis zum hochmodernen Hochleistungsrechner. Anhand von Führungen durch die Ausstellungen, Vorträgen und praktischen Arbeiten im Seminarraum werden Sie tiefere Einblicke in die Informatik erhalten.

Zwei Übernachtungen mit Frühstück, inklusive anspruchsvolles Seminarprogramm: 120,00 Euro im Einzelzimmer, 110,00 Euro im Doppelzimmer. (Preise inkl. Frühstück und 7% Mehrwertsteuer).

Die Kosten für die Anreise tragen Sie selbst. Sie wohnen im Kerschensteiner Kolleg in modern eingerichteten und ruhigen Zimmern direkt auf der Museumsinsel. Anreise Freitag 15.00 - 17.00 Uhr, Abreise Sonntag bis 13.00 Uhr

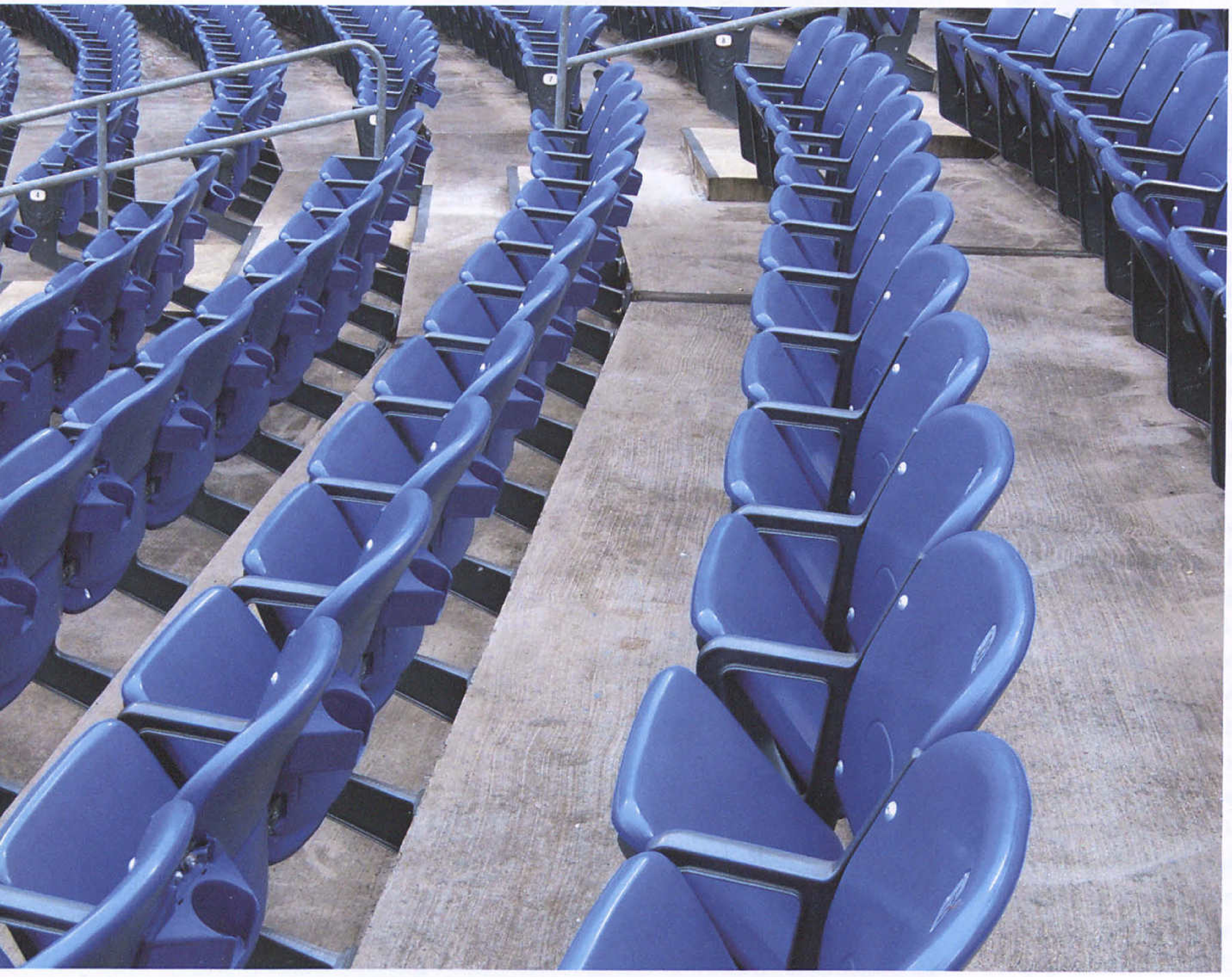
Information und Anmeldung: Nicole Kühnholz-Wilhelm
Tel. +49- (0)89-2179-523, Fax +49- (0)89-2179-273
email: n.kuehnholz@deutsches-museum.de

Deutsches Museum
Museumsinsel 1
80538 München

Deutsches Museum
Kerschensteiner Kolleg

Freie Sicht aufs Spektakel

Konstruktive Anforderungen an Stadien und Arenen



San Siro, Bernabéu, Wembley – alles klangvolle Namen traditionsreicher Sportstätten. Was aber macht den Ruhm dieser Orte aus? Sind es nur die sportlichen Ereignisse oder hatte auch die Architektur der Stadien maßgeblichen Anteil daran?

Von Eberhard Möller

Stadien sind meist Zweckbauten, selten architektonische Kunstwerke aus einem Guss. Die Arenen von Mailand und Madrid beispielsweise, sind über die Jahrzehnte ihrer Existenz immer wieder umgebaut, erweitert oder aufgestockt worden. Das ehrwürdige Wembley-Stadion, Symbol von nationaler Bedeutung und Sinnbild eines ruhmreichen englischen Fußballtempels, wurde kürzlich sogar vollständig abgerissen um größer, höher, weiter und in völlig neuer Pracht wieder aufzuerstehen. Die Architektur dieser Pilgerstätten tritt kaum in Erscheinung, dient nicht einmal als Kulisse, da das Bauwerk selbst – vor lauter Zuschauern – fast nicht mehr zu sehen ist. Die Fans bestimmen das Bild. Daneben bleibt allenfalls noch Platz für ein bisschen Rasen, bei einigen Stadien für die – vom Fußballfan gehasste – Laufbahn und zunehmend für ein großes, schützendes Dach. Mehr ist vom Stadion im Stadion nicht zu sehen.

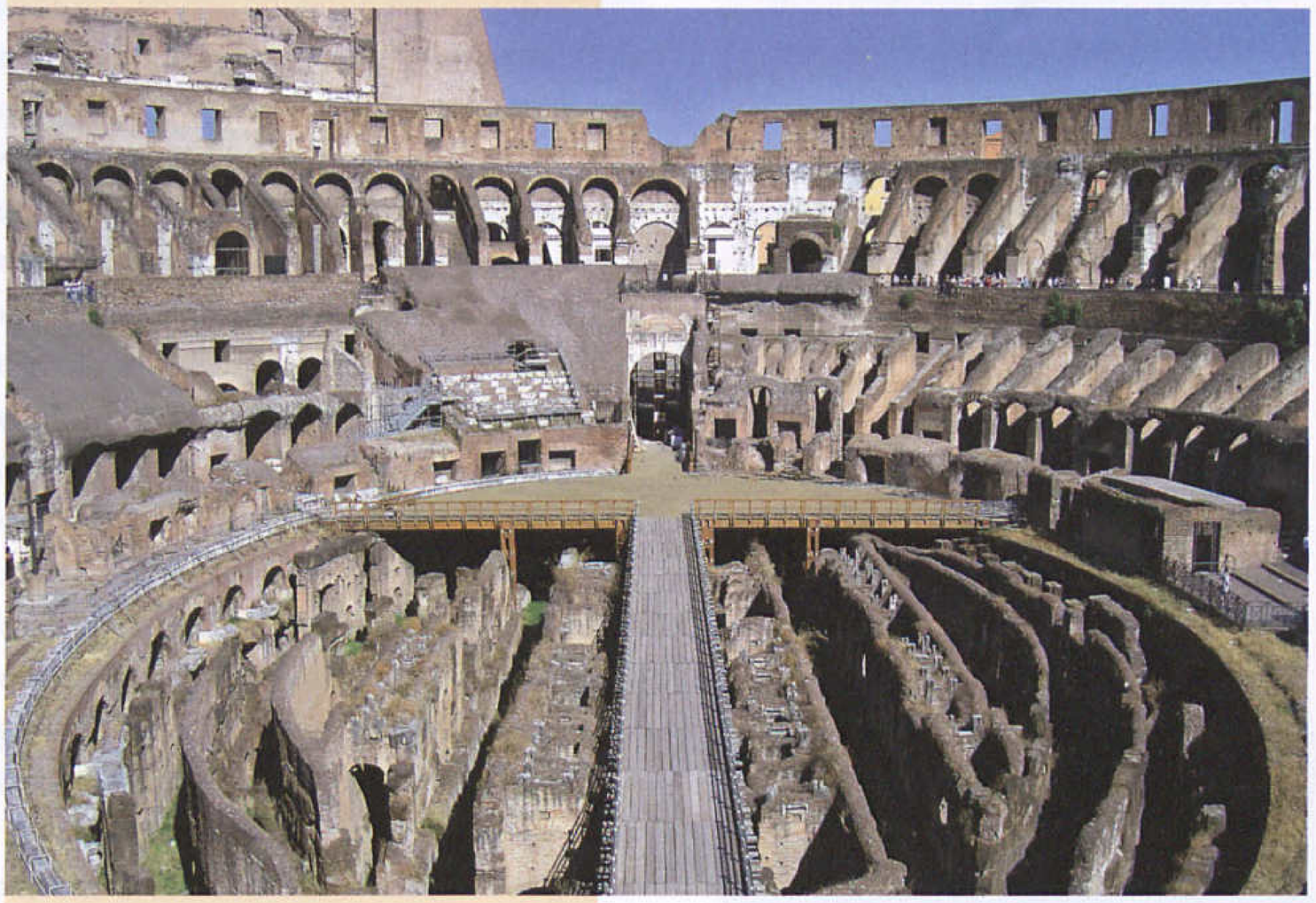
Viel wichtiger ist es, die Wettkämpfe erleben zu können, mitzufiebern und sich dabei als Teil einer großen, jubelnden Masse zu fühlen. Für einen gelungenen Stadionbesuch ist die freie Sicht aufs sportliche Geschehen wesentlich, ebenso wie die körperliche und akustische Nähe zu den Gleichgesinnten – neben dem sportlichen Ergebnis, versteht sich. Die optische Konzentration aufs Geschehen darf nicht gestört werden, eine Forderung, die unmittelbar dazu führt, dass die Tribünen das Spielfeld vollständig, also amphitheatralisch, umschließen. Nur eine belebte Gegentribüne kann die geeignete Kulisse für ein hochkarätiges Sportereignis bieten. Sie ist neben der größtmöglichen Nähe des Zuschauers zum Geschehen eine der wichtigsten Anforderungen an ein Stadion.

Die Aufgabe, möglichst viele bei bester Sicht unmittelbar an die Wettkämpfe heranzubringen, ist seit der Antike Ziel des Stadionbaus. Die ansteigenden Ränge, die für freie Sichtlinien von jedem Platz auf das ganze Spielfeld sorgen, ergeben sich, indem eine natürlich vorhandene oder künstlich geschaffene Geländesenke genutzt, ein Wall aufgeschüttet oder ein entsprechendes Bauwerk errichtet wird. Typologisch unterscheidet man daher zwischen den so genannten Erdstadien, den Wallstadien sowie den Hochbauten. Reinformen dieser Typen sind allerdings selten. So lässt sich der Aushub einer künstlichen Senke gut für einen umlaufenden Wall nutzen und dieser anschließend noch mit einem Bauwerk überhöhen.

DIE GRIECHEN WAREN DIE ERSTEN. Zwar gab es bereits zur ägyptischen Pharaonenzeit »Sportanlagen«, doch mit dem Stadionbau haben – zumindest dem Ursprung des Wortes nach – die Griechen begonnen. »Stadion« ist dabei zunächst lediglich der Name für ein allgemein gebräuchliches, wenn auch nicht exakt genormtes Längenmaß, das an den heiligen Stätten Olympias beispielsweise 192,25 m betrug. Indem die dortigen Wettläufe über eben diese Distanz von einem Stadion ausgetragen wurden, entwickelte sich aus der schlichten Maßangabe über die Jahre der Begriff für eine phänotypische Bauform. Auf einfachen Erdwällen verfolgten im antiken Olympia bereits 20.000 Menschen die klassischen Läufe, in späteren Zeiten wuchs deren Zahl auf bis zu 45.000 an.

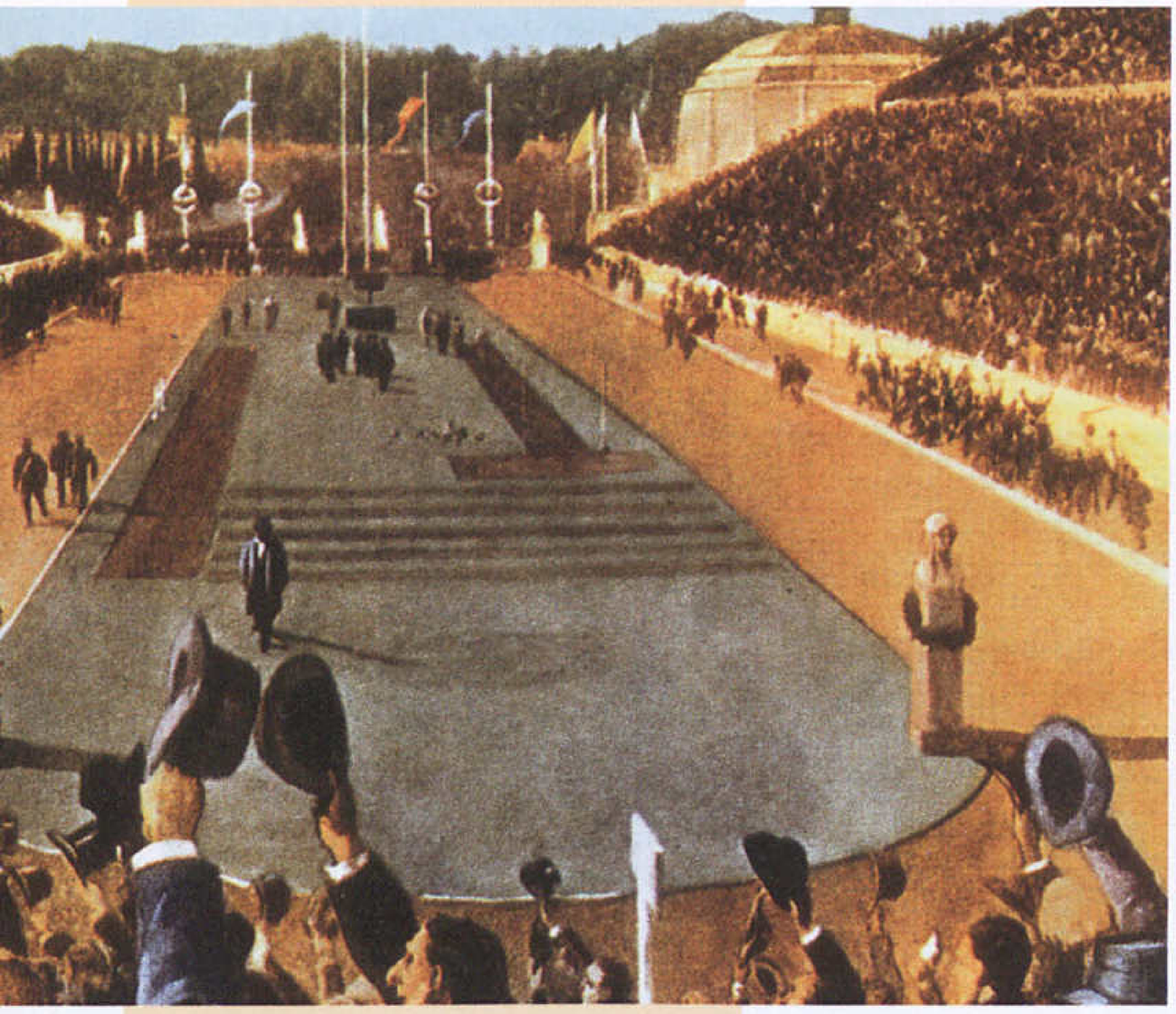
SPORT ALS POLITISCHES PROGRAMM. Sowohl das Kolosseum in Rom (siehe Bild oben) als auch die vielen weiteren Arenen und Zirkusse, die im Römischen Reich entstehen, sind stark publikumsgeprägt. Mit der Idee, das Volk mit »panem et circenses« (Brot und Spielen) auf der einen Seite satt und träge zu machen und ihm auf der anderen Seite Orte

Blick in das Kolosseum in Rom. Das römische »Amphitheater Flavium«, wegen der benachbarten Kolossalstatue Neros unter dem Namen »Kolosseum« berühmt geworden, bot manchen Quellen zufolge bis zu 100.000 Menschen Platz. Eine Dimension, die selbst bei heutigen Sportbauten nur sehr selten überschritten wird.



EBERHARD MÖLLER ist Architekt und Bauingenieur. Er arbeitet als wissenschaftlicher Assistent am Architekturmuseum und am Lehrstuhl für Tragwerksplanung der TU München.

Abbildungen: Savon Tham; Roger Pueyo Centelles



Das Olympiastadion in Athen. Als Pierre Frédy Baron de Coubertin in den 1890er Jahren der antiken olympischen Idee neues Leben einhaucht und damit Bedarf an Stadionbauten weckt, liegt es nahe, sich nicht nur in der Größe, sondern auch architektonisch am historischen Vorbild zu orientieren. Die ersten Spiele 1896 werden gar im wieder aufgebauten Panhellenischen Stadion in Athen abgehalten.

White-City-Stadium in London.

zur Verfügung zu stellen, an denen es seine Emotionen und Aggressionen gezielt und kontrolliert ausleben kann, wird aus dem »Sport« politisches Programm. Der Zuschauer steht an diesen Orten im Mittelpunkt, das Bauwerk wird zuallererst für ihn und gar nicht so sehr für den aktiven »Sportler« gebaut. Allein für den Komfort der Besucher verfügte das Kolosseum deshalb – neben vielen Stehplätzen – über 50.000 Sitzplätze. Mit dem Nutzungswandel vom Sportplatz mit Zuschauerrängen hin zur gesellschaftlichen Versammlungsstätte mit Animationsprogramm ging auch ein Begriffswechsel einher. Die einfachen, stadionlangen Läufe hatten ausgedient, nun waren spektakuläre Wettkämpfe auf sandbestreuten Turnierplätzen gefragt. Aus den Stadien waren Arenen geworden. Und mit dem Kolosseum oder den Arenen in Nimes, Nizza, Pompeji, Pula oder Verona entstanden großartige Bauten auf konstruktiv hohem Niveau, die zumindest in Teilen bis heute überdauert haben.

OLYMPISCHE NEUZEIT. Die großen Sportstätten unserer Tage, die seit dem Ende des 19. Jahrhunderts errichtet werden, sind also nicht ganz ohne Vorbilder, und das sowohl in Bezug auf die Größe als auch was die Fragen des Komforts betrifft. Allerdings liegt der Bau dieser Vorbilder etwa zwei Jahrtausende zurück. Vergleichbare jüngere Bezüge gibt es kaum. Und nicht nur die Arenen, auch der Begriff »Sport« selbst hat seine Wurzeln in römischer Zeit, im lateinischen »disportare«, sich zerstreuen. Der eigentliche »Sportler« ist also der Zuschauer, derjenige, der bei sehenswerten Aktionen von Wettkämpfern leichte Zerstreuung und belustigenden Zeitvertreib sucht. Mitte des 19. Jahrhunderts, nach Umwegen über Frankreich und England, wandelt sich die Bedeutung jedoch und der Begriff Sport setzt sich auch in Deutschland in erster Linie als Bezeichnung für die aktive körperliche Betätigung durch. Aus dem Sport wird eine athletische und zunehmend wieder eine gesellschaftliche Bewegung. Mit wachsendem Nationalgefühl beginnt analog zu den sportlichen Wettkämpfen dann aber auch ein konstruktiver Wettbewerb um die besten Sportstätten, die größten Stadien und besonders um die am weitesten gespannten Dächer.

EISENKONSTRUKTIONEN. Die ersten, aus bautechnischer Sicht bemerkenswerten olympischen Sportstätten der Neuzeit werden für die Spiele 1908 in London errichtet. Die unverkleidete Eisenskelettkonstruktion der Tribünenanlage sorgt durch ihre nüchterne, technische Erscheinung bei den Besuchern für Erstaunen, teilweise sogar für Ablehnung. Dafür sind erstmals in der jungen olympischen Geschichte der Neuzeit Teile der Zuschauerränge überdacht, wohl nicht zuletzt dem Londoner Wetter Rechnung tragend. Für die Hauptträger der einfachen, langgezogenen Satteldachkonstruktion des White-City-Stadiums werden dem Stand der Bautechnik entsprechend Stabwerke aus Eisen verwendet, die zum einen rückwärtig auf der Tribüne, zum anderen auf der Stadioninnenseite auf hohen, leider sichtbehindernden Stützen aufliegen.

BETONBAUWERKE. Neben dem Eisen gewinnt mit der Industrialisierung ein zweiter revolutionärer Baustoff an Bedeutung: der Beton. Das erste olympische Stadion, das von der Betonbauweise deutlich sichtbar geprägt ist, entsteht für die Spiele 1924 in Paris. Die Tribünen lagern auf einem modernen, im Bereich der Kurven unverkleideten Stahlbetonskelett. Lediglich hinter den beiden überdachten Längstribünen ist das Tragwerk durch vorgesetzte Wände aus verputztem Mauerwerk verdeckt. Fünf Jahre nach den Spielen in Paris gewinnt der junge italienische Ingenieur Pier Luigi Nervi (1891–1979) den Wettbewerb für den Bau eines Stadions, das in Florenz für die zweite Fußball-Weltmeisterschaft 1934 errichtet werden soll. Mit seinem Entwurf setzt er einen Meilenstein im Stadionbau, sowohl hinsichtlich der architektonischen und konstruktiven Qualitäten als auch in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit: Die Baukosten pro Platz beschränkten sich

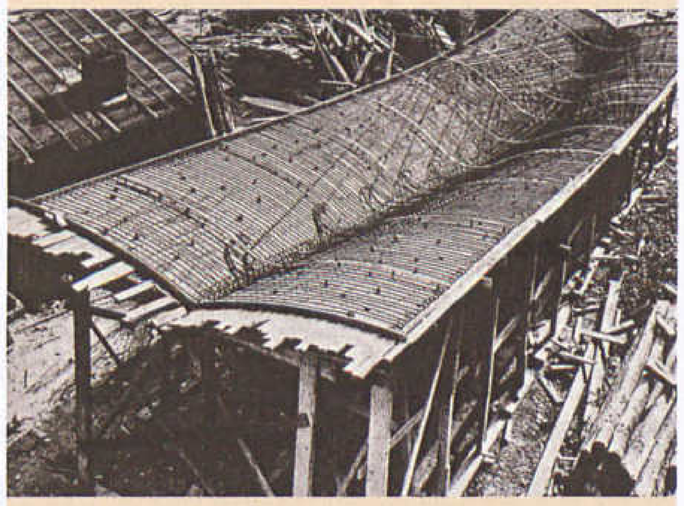
auf lediglich 1.800 Lire. Auch auf den teuren (überdachten) Plätzen beeinträchtigen hier keine lästigen Stützen den Blick auf das sportliche Geschehen, eine konstruktive Errungenschaft, die dem heutigen Betrachter so selbstverständlich geworden ist, dass er das Fehlen der Stützen oft gar nicht bemerkt. Die statischen Berechnungen der »dynamischen Formen« bergen allerdings so manche Schwierigkeiten. Neben vereinfachenden Annahmen hilft Nervi bei der Lösung der Probleme sein großes Vertrauen in das neue Material: »Ein Problem stellte sich bei den Außentreppen, deren Ausführung (…) mich zum ersten Mal die ganze Weite des Fortschritts im Bereich des Eisenbetons erkennen ließ. (...) ich vertraute darauf, dass die großartigen formgebenden Möglichkeiten des Betons aus sich selbst heraus zu einer vollen und wirksamen Kompaktheit zwischen den Bauelementen führen würden. Die Tatsachen haben bestätigt, dass mein Vertrauen voll gerechtfertigt war.«

Nervis Stadion in Florenz.
Kühne Elemente wie die weit geschwungenen, freitragenden Wendeltreppen, der 55 m hohe, charakteristische Marathonturm oder das weit auskragende Tribünendach bestimmen das futuristische Erscheinungsbild der Arena »Giovanni Berta«.

»LA ZARZUELA« IN MADRID: MODERNE SCHALENBAUWEISE. Mit dem spanischen Ingenieur Eduardo Torroja (1899–1961) engagiert sich etwa zeitgleich ein zweiter Pionier des konstruktiven Betonbaus auf dem Gebiet der Sportstätten. In den 1930er Jahren stellt er ein Projekt der Öffentlichkeit vor, das in beeindruckender Weise die technischen und gestalterischen Möglichkeiten des frei formbaren »Kunststeins« Beton demonstriert und daher als bahnbrechende Konstruktion des leichten Schalenbaus gilt. Den Wettbewerb für das neue Hippodrom »La Zarzuela« in Madrid gewinnt Torroja 1934 gemeinsam mit den Architekten Arniches & Domínguez. Sein 12,57 m weit auskragendes Tribünendach sieht auf den ersten Blick wie eine Aneinanderreihung von einfachen Tonnenschalen aus. Erst über die Betrachtung der Randfelder erschließt sich die eigentliche Konstruktion und damit die Wirkungsweise des Tragwerks.

KUPPELN AUS BETON. Besonders bei größeren Sporthallen kommt die Betonschalenbauweise während der Folgezeit häufig zur Anwendung. Für die Olympischen Spiele 1960 in Rom errichtet Pier Luigi Nervi mit Palazzo und Palazzetto dello Sport zwei überdachte Arenen, die bis heute als Klassiker des Schalenbaus gelten. Um noch größere Spannweiten bewältigen zu können, sind kontinuierliche, massive Schalen allerdings zu schwer. Die Konstruktion muss in leichte, diskrete Stabtragwerke aufgelöst werden. Bereits zu Beginn der Industrialisierung entstanden die ersten derartigen Kuppeln. 1811 bauten Bélanger und Brunet eine gusseiserne Rippenkuppel für die Halle-au-Blé in Paris mit 41 m Spannweite. Später machten sich die beiden deutschen Ingenieure Johann Wilhelm Schwedler (1823–1894) und Gustel R. Kiewitt (1902–1964) bei der Weiterentwicklung der Bauweise so verdient, dass die jeweils von ihnen verwendeten Kuppeltypen noch heute mit ihren Namen verbunden sind. Kiewitt, der in Stuttgart promovierte und bereits in sehr jungen Jahren in die USA auswanderte, baute 1929 das Dach der St.-Louis-Arena. Die langgestreckte Tonnenschale über dem Mittelteil der Halle war von zwei Halbkuppeln abgeschlossen. 20.000 Zuschauer fanden in dieser frühen Mehrzweckhalle Platz. Neben Basketball, Eishockey und anderen Sportarten diente sie auch zu Messe- und Ausstellungszwecken. 1994 zogen die Hauptnutzer jedoch in eine neue, modernere Halle und besiegelten damit das Ende der alten Arena, die 70 Jahre nach ihrer Einweihung am 27. Februar 1999 gesprengt wurde.

War es 1929 schon möglich, ein ganzes Eishockeystadion unter ein geschlossenes Dach zu bringen, so war es letztlich nur eine Frage der Zeit, wann im »Land der unbegrenzten Möglichkeiten« das erste, deutlich größere Baseballstadion unter einer kompletten Dachfläche verschwinden würde. Die heißen Sommer in Houston brachten den Richter Roy Mark Hofheinz, eine große Persönlichkeit der Stadt – inspiriert durch die Vela des Kolosseums und Nervis Pallazzo dello Sport – Anfang der 1960er Jahre zu der angeblichen Äußerung, »if those Romans can put a lid on their sta-



La Zarzuela in Madrid.
Im Bild das Tribünendach während der Bauarbeiten.

Abbildungen: akg-images; Sammlung Möller

dium, so can we«. Und mit der von ihm initiierten Errichtung der Kiewitt-Kuppel des Astrodomes in Houston war der nächste Entwicklungsschritt im Stadionbau am 9. April 1965 getan.

Die Ausmaße des Bauwerks erforderten einige technische Anstrengungen. Allein die Höhe des Gebäudes musste der eines 20-stöckigen Hochhauses entsprechen, um ausreichend Platz für die hoch geschlagenen Bälle zu haben. Daneben sorgen Hurrikans in der Region für Windgeschwindigkeiten von über 200 km/h, die die eigentlich kreisrunde Halle unter ihrem Druck vorübergehend zu einem leichten Oval verformen. Doch die in zwölf Sektoren aufgeteilte Stabwerksschale aus 720 ca. 1,5 m hohen Stahlgitterträgern hat bis heute allen natürlichen Angriffen getrotzt. Für die später hinzugekommene Zusatznutzung der Halle als Footballarena erhielt der Astrodome sogar eine bewegliche Tribüne, durch die aus dem eher dreieckigen Baseballplatz innerhalb weniger Stunden ein rechteckiges Footballfeld entsteht. 65.000 Zuschauer konnten somit die Spiele der Houston Oilers verfolgen.

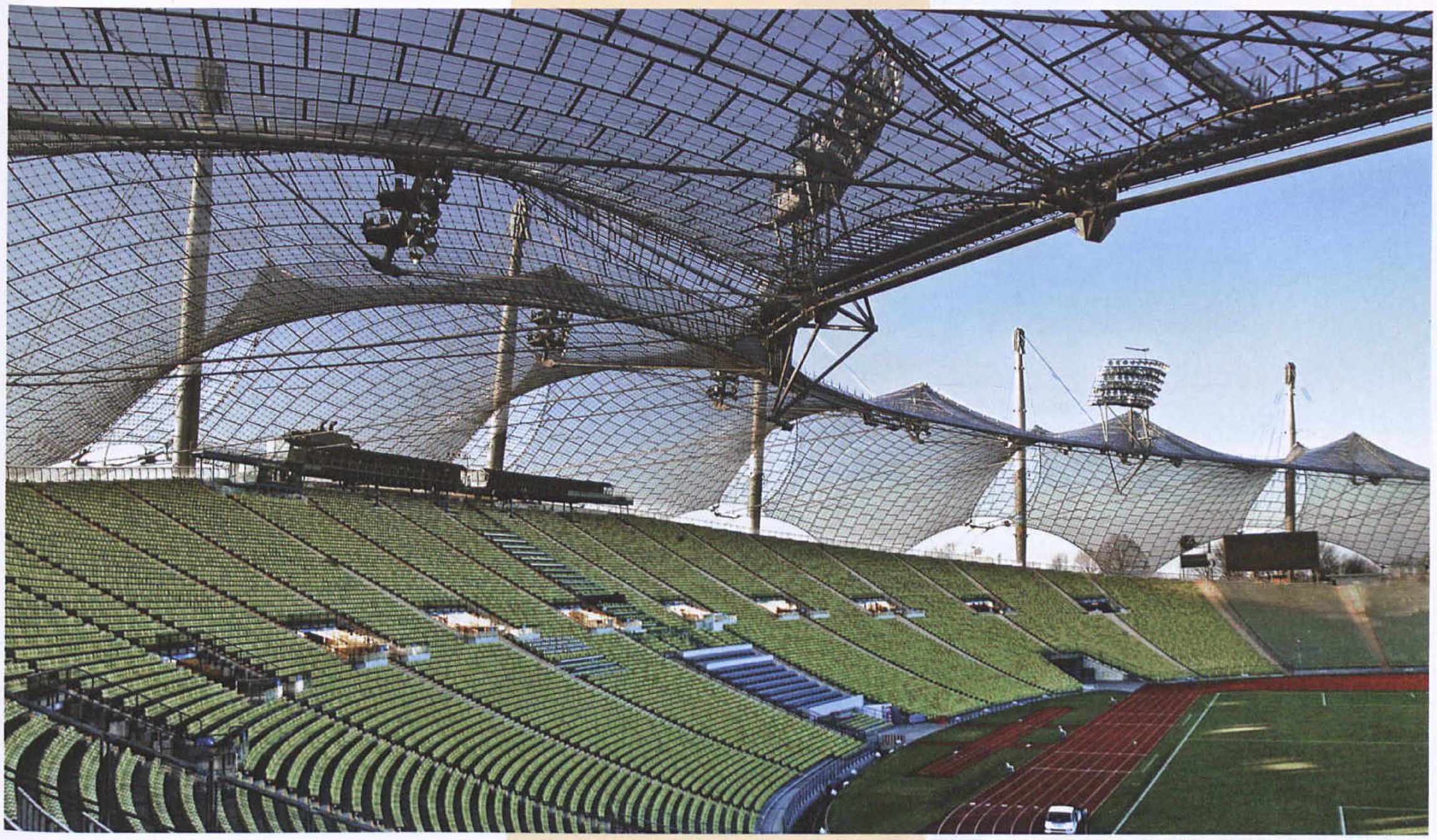
SEILNETZE. Einen konstruktiven Gegensatz zu den »stehenden«, überwiegend druckbeanspruchten Stabwerkskuppeln bilden die noch leichteren »hängenden«, zugbeanspruchten Dächer. Als Prototyp dieser leichten Flächentragwerke gilt das Dach der J. S. Dorton Arena, einer Sporthalle in Raleigh, North Carolina. Die Architekten Mattew Nowicki und William Henley Deitrich spannen 1951/1952 ein Netz aus Stahlseilen zwischen zwei schräg liegenden Stahlbetonbögen.

Die Hauptlasten des Daches werden dabei von denjenigen Seilen getragen, die von einem Bogen zum anderen laufen. Die quer dazu angeordneten Seile spannen das Dach gegen mögliche Lasten aus Windsog nach unten ab. Die so erzeugte, doppelt gegensinnig gekrümmte Dachfläche ist charakteristisch für die Seilnetzbauweise und an allen Nachfolgebauten – bis hin zum Münchner Olympiastadion – mehr oder weniger wiederzuentdecken. Und aufgrund des äußerst geringen Materialaufwandes für solche Dachkonstruktionen gibt es zahlreiche bedeutende Bauten, die dieses Tragwerksprinzip nutzen, gerade auf dem Gebiet der Sportstätten. Ohne große Träger und, bei entsprechender Planung, sogar fast ohne Montagegerüste lassen sich stützenfrei weite Flächen überdecken – ideal für Sportbauten.

PNEUMATISCH GESTÜTZTE DÄCHER. Durch hoch entwickelte Baustoffe, ausgereifte Tragwerke und sinnvolle Formgebung sind dem Bau von Stadiondächern seit den 1960er Jahren kaum mehr konstruktive Grenzen gesetzt. Als weiteres gesellschaftliches Ziel ist jedoch verblieben, die teils hohen Baukosten solcher Stadiondächer zu senken. Eine Idee, wie dies gelingen könnte, geht auf die Brüder Joseph Michel (1740–1810) und Jacques Étienne (1745–1799) Montgolfier zurück. Mit der Erfindung des Heißluftballons haben sie gezeigt, dass Luft unter bestimmten Umständen eine Art Tragfähigkeit entwickeln kann, eine Tatsache, die heute jeder von Luftballons, Hüpfburgen und Fahrradreifen kennt. Als Erster hat der englische Automobilingenieur Frederick William Lanchester 1917 ein Patent auf ein pneumatisches Dach angemeldet. Nach dem Zweiten Weltkrieg arbeiten vor allem Walter Bird in Amerika und Frei Otto in Deutschland an den durch leichten inneren Überdruck (2 bis 5 hPa, entspricht 0,2 bis 1,5 kN/m^2) gestützten Membranen. In den späten 1960er Jahren erleben die »Lufthallen«

Der Astrodome in Houston. Als »achtes Weltwunder« wurde die 30.000 m^2 große und über 60 m hohe Halle bei ihrer Einweihung gefeiert. 50.000 Fans der »Houston Astros« konnten auf den Rängen Platz nehmen. Der natürliche Rasen der Halle wurde von 4.596 Oberlichtern in der flachen Dachkuppel ausreichend belichtet. Zuviel Licht aber, um den kleinen Baseball erkennen und fangen zu können. Um die Blendung der Spieler künftig zu vermeiden, wurden die Scheiben im Dach kurzerhand mit weißer Farbe gestrichen. Das wiederum ließ in kürzester Zeit den Rasen verkümmern. Kinderkrankheiten eines Weltwunders. Ein eilig entwickelter künstlicher Rasen, später unter dem Namen »Astroturf« berühmt geworden, half, auch dieses Problem zu lösen.

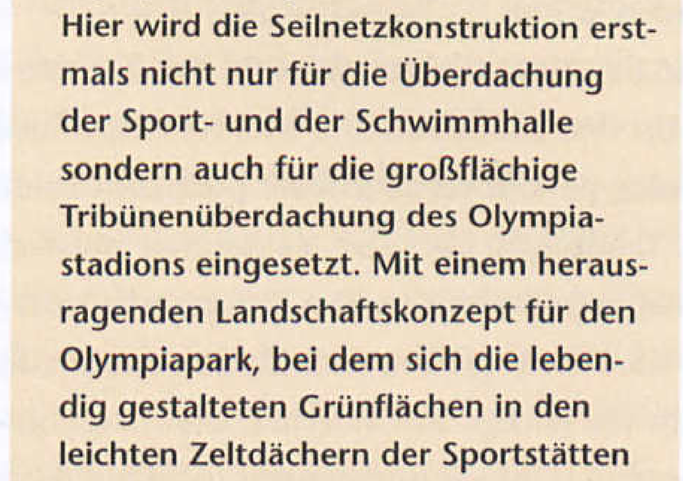
Die neue Fußballarena bei München. Die Fassade besteht aus 2.874 Luftkissen.



wegen ihrer außerordentlichen Wirtschaftlichkeit und der einfachen Montage einen regelrechten Boom als Industriebauten, besonders aber auch als Tennishallen. Der Boom wiederum führte zu einer gewissen Leichtsinnigkeit im Umgang mit der Bauweise, was zur Folge hatte, dass bis 1980 etwa 400 dieser Membranhallen durch äußere Einflüsse wie Wind und Schnee zerstört wurden.

Den enormen finanziellen und zeitlichen Einsparungen beim Bau der pneumatisch aufgespannten Dächer stehen allerdings einige Probleme beim Unterhalt der Gebäude gegenüber. Zunächst muss der innere Überdruck in der Halle ständig durch den Einsatz von Gebläsen aufrechterhalten werden. Außerdem dürfen die Schneelasten konstruktionsbedingt nicht zu groß werden. Bei starken Schneefällen oder sehr nassem Schnee muss dieser daher in vorsichtiger Handarbeit vom Dach entfernt werden, um die dünne Haut des »Luftballons« nicht zu gefährden. Im Zusammenhang mit solcherlei Problemen kam es auch bei den großen, sorgfältig geplanten Hallen über die Jahre hinweg zu einigen dramatischen Zwischenfällen, die das Vertrauen in die pneumatische Ultra-Leicht-

Das Olympiastadion in München. Ein Quantensprung in der Seilnetzbauweise folgt mit den Bauten für die Olympischen Spiele 1972 in München. Hier wird die Seilnetzkonstruktion erstmals nicht nur für die Überdachung der Sport- und der Schwimmhalle sondern auch für die großflächige Tribünenüberdachung des Olympiastadions eingesetzt. Mit einem herausragenden Landschaftskonzept für den Olympiapark, bei dem sich die lebendig gestalteten Grünflächen in den leichten Zeltdächern der Sportstätten fortzusetzen scheinen, hatten die Architekten Behnisch + Partner 1967 den Wettbewerb gewonnen. Viele Experten hielten die Spannweiten der Dächer jedoch für sehr gewagt, teilweise sogar für unrealisierbar.



Der Sky Dome in Montreal. Blick ins Stadion bei geöffneter Kuppel.

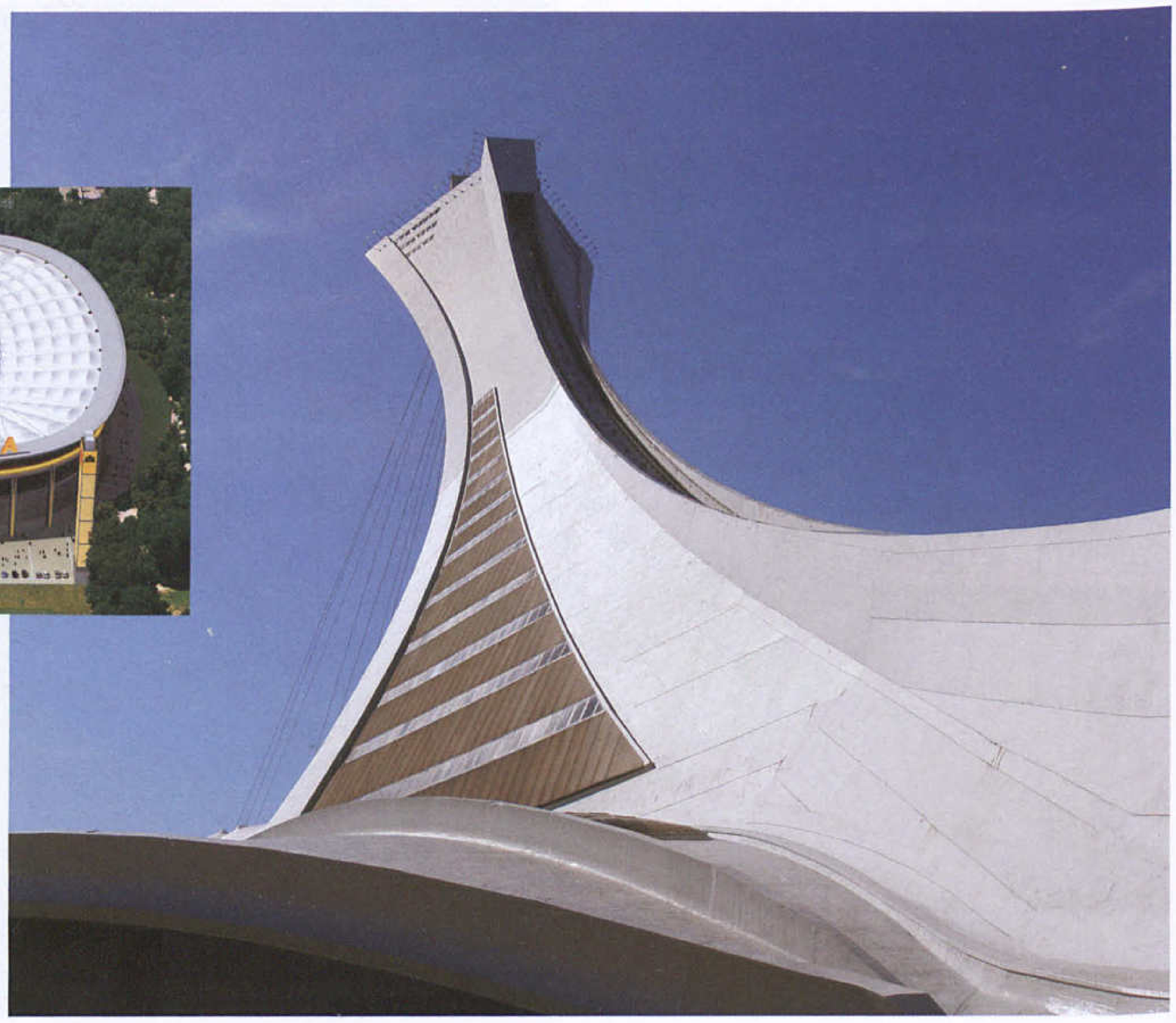
bauweise empfindlich störten. Dieser Tage erleben die Pneus eine Renaissance. 2.874 Luftkissen mit einer 0,2 mm dünnen, teil durchsichtigen ETFE-Folienhaut bilden seit Frühjahr 2005 Fassade und Dach der neuen Münchner Fußball-Arena.

WANDELBARE DÄCHER. Noch schöner, als ein festes Dach über dem Kopf zu haben, ist es, nur dann ein Dach über dem Kopf zu haben, wenn man es auch wirklich braucht. Ein attraktiver Gedanke, den mit einiger Sicherheit bereits die Römer in Form von raffbaren Segeln über einigen ihrer Arenen verwirklicht hatten, der in solchen Dimensionen dann aber viele Jahrhunderte hindurch als nicht realisierbar galt. Von dieser Ansicht ließ man sich in Pittsburgh Mitte der 1950er Jahre nicht beeindrucken und plante eine wandelbare Stahlkuppel über einer 12.500 m^2 großen Grundfläche. Gedacht war die Kuppel eigentlich als Auditorium für die örtliche Civic Light Opera, wegen der äußerst mäßigen Akustik wurde sie aber bald hauptsächlich vom Sport in Beschlag genommen.

Ein 20.000 m^2 großes, wandelbares Zeltdach wollte der Architekt Roger Taillibert

Das ehemalige Waldstadion in Frankfurt. Bei Regen schützt eine flexibel ausfahrbare Dachkonstruktion die Zuschauertribünen.

Olympiastadion in Montreal. An dem geneigten Turm sind die einziehbaren textilen Dachmembrane aufgehängt (Bild rechts).



über das Olympiastadion von Montreal 1976 spannen. Der riesige, sich über das Stadion neigende Turm, der die Membran tragen beziehungsweise bei geöffnetem Dach in seinem Kopf aufnehmen sollte, wurde aber nur zur Hälfte vollendet, weshalb das Zeltdach gar nicht erst aufgespannt werden konnte.

In den 1980er Jahren versucht sich Toronto an einem neuen Superlativ, dem Sky Dome. Anders als bei den Landsleuten in Montreal entschied man sich in Toronto für eine biegesteife, in Segmenten parallel verschiebbare Dachkonstruktion. Bei geöffnetem Zustand parken die drei mobilen Teilflächen über der stationären nördlichen Halbkuppel und lassen viel Sonnenlicht auf Kunstrasen und bis zu 65.673 Fans scheinen. Auf Knopfdruck schließt sich das 86 m hohe Dach der 46.000 m^2 großen Multifunktionsarena innerhalb von 20 Minuten. Das imposante Dach ist nicht die einzige Besonderheit der Arena, in der Sport nur noch Nebensache ist, da eigentlich Konzerte, Opernaufführungen, religiöse, politische oder gesellschaftliche Veranstaltungen den Terminkalender dominieren. In der Nordkurve befindet sich nämlich zusätzlich ein Vier-Sterne-Hotel mit 346 Zimmern, 70 dieser Zimmer haben beste Aussicht auf das Geschehen im Stadion.

Mit dem Toronto Sky Dome ist der Durchbruch bei den wandelbaren Stadiondächern geschafft. In Japan sind seit 1990 über ein halbes Dutzend dieser biegesteifen, beweglichen Konstruktionen errichtet worden, ebenso in Europa mit dem Center Court in Halle und den Arenen in Amsterdam, Arnheim, Cardiff, Madrid, Kopenhagen, Schalke und Düsseldorf. Melbourne verfügt aktuell sogar über drei derartige Dächer und auch Houston gönnte sich im Jahr 2002 mit dem Reliant-Stadium schon ein zweites Großstadion mit wandelbarem Dach. Damit steht heute gleich neben dem Astrodome, dem achten, ein neuntes Weltwunder.

Dank der Entwicklungsarbeit von Jörg Schlaich und Werner Sobek sind mit den Segeln über der Stierkampfarena in Saragossa und dem Center Court in Hamburg heute auch zwei große wandelbare Membrandächer in Betrieb. Beim »größten Cabrio der Welt«, wie die Innenraumüberdachung der neuen Frankfurter WM-Arena im Werbetext gerne genannt wird, steht der Nachweis der dauerhaften Funktionstüchtigkeit – nach mindestens zwei Pannen im ersten Jahr – allerdings noch aus. ■■

Ausgewählte Literatur:

Horst Berger, Light Structures – Structures of Light. The Art and Engineering of Tensile Architecture, Basel, Boston, Berlin 1996

Institut für leichte Flächentragwerke (Hg.), IL 5. Wandelbare Dächer, Stuttgart 1972

Jürgen Joedicke (Hg.), Schalenbau, Stuttgart 1962

Winfried Nerdinger (Hg.), Frei Otto – Das Gesamtwerk. Leicht bauen, natürlich gestalten, Basel, Boston, Berlin 2005

Michelle Provoost (Hg.), The Stadium. The Architecture of Mass Sport, Rotterdam 2000

Thomas Schmidt, Olympische Stadien von 1896 bis 1988, Berlin 1994

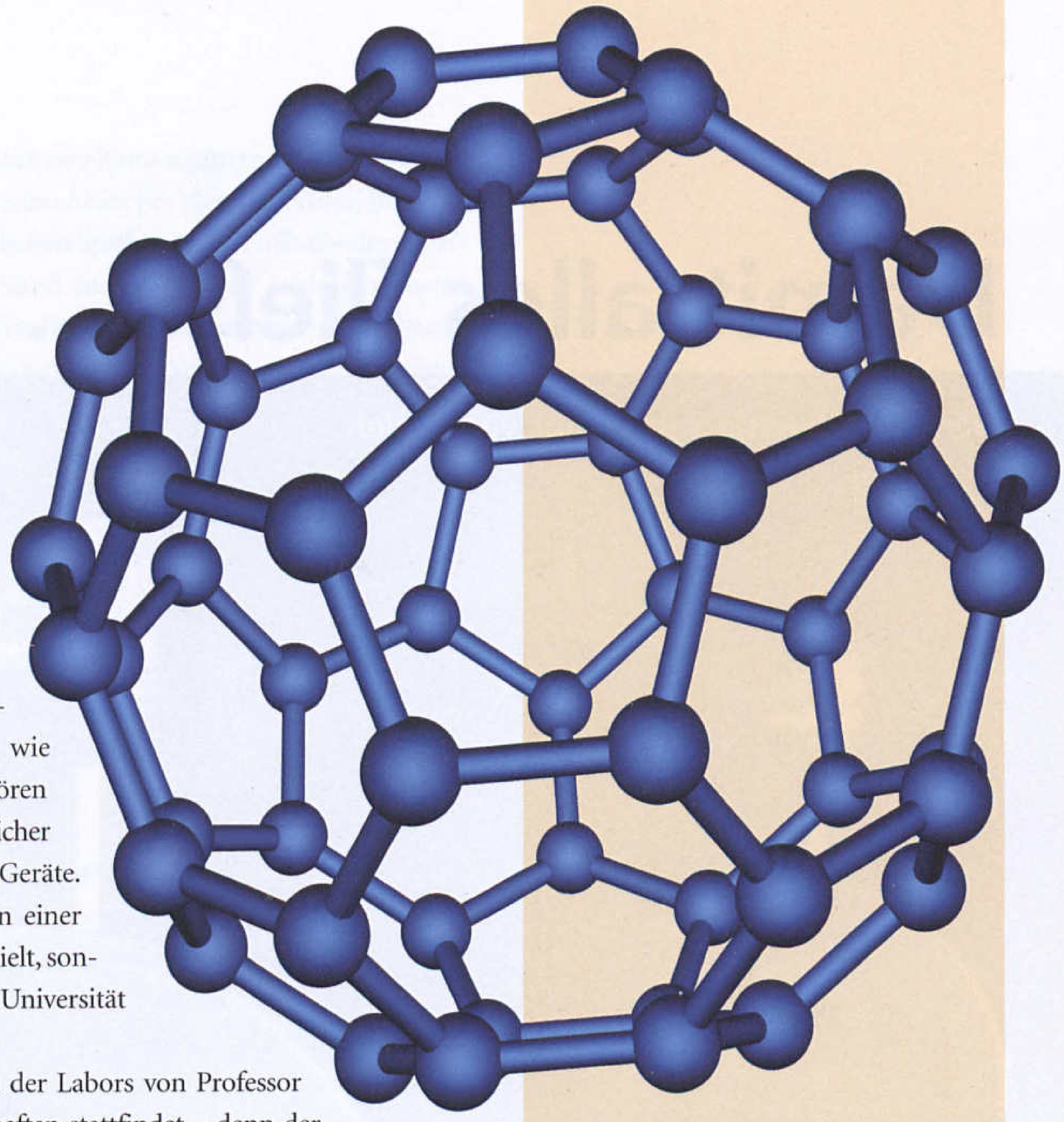
Franz Joachim Verspohl, Stadionbauten von der Antike bis zur Gegenwart. Regie und Selbsterfahrung der Massen, Gießen 1976

Martin Wimmer, Bauten der olympischen Spiele, Tübingen 1976

Abbildungen: bünck+tehse, Berlin/Commerzbank AG; P_Wei/Springboard

Schuss und Tooor!

Wissenschaftler spielen Nano-Fußball.



Modell eines kugelförmigen C60-Kohlenstoffmoleküls.

Kein Schiedsrichter pfeift, kein tosender Beifall brandet auf, als der Ball bei diesem Fußballspiel wie gewünscht ins Tor rollt. Das einzige Geräusch, das man hören kann, ist das leise und einschläfernde Rauschen zahlreicher Lüfter und das Summen einer Vielzahl elektrischer Geräte. Denn das kleinste Fußballspiel der Welt wird nicht in einer großen Sportarena vor vielen Tausend Zuschauern gespielt, sondern in einem mit Elektronik vollgestopften Labor der Universität München.

Es ist ein seltsames Fußballspiel, dass hier in einem der Labors von Professor Heckl am Department für Geo- und Umweltwissenschaften stattfindet – denn der einzige »Spieler«, der zum Schuss antritt, sitzt an einer elektronischen Apparatur. Doch bevor es losgehen kann, muss der Wissenschaftler erst das Spielfeld präparieren, denn in der Nanowelt wird nicht auf Rasen, sondern auf einer Graphitoberfläche gespielt. Auf diese wird zuerst eine verdünnte organische Säure getropft, deren Moleküle sich durch Selbstorganisation als monomolekulare Schicht eigenständig auf der Graphitoberfläche verteilen und dabei eine bienenwabenartige Struktur herausbilden. Die so entstehenden sechseckigen Tore haben einen Durchmesser von ca. 1,1 Nanometer, und sind damit gerade groß genug, um einen Nanofußball, einen so genannten Buckyball, aufzunehmen. Denn diese kleinsten »Fußbälle« der Welt, die im nächsten Schritt in einer Lösung ins Spiel kommen, sind nur etwa einen Nanometer groß, also einen milliardstel Meter! Wie ihre ledernen Verwandten aus der Makrowelt haben diese kugelförmigen C60-Kohlenstoffmoleküle eine Struktur aus zwölf Fünfecken und zwanzig Sechsecken, aber sie sind kostbar wie Diamanten. Und siehe da: Einige dieser Bälle finden im Flüssigkeitstropfen ihren Weg auf die Oberfläche und setzen sich in den Toren ab.

TORSCHUSS MIT EINER METALLSPITZE. Eigentlich könnte es jetzt losgehen, doch noch fehlt der Spieler! In der Nanowelt spielt man allerdings mit einem Rastertunnelmikroskop, dessen feine Metallspitze mit Hilfe des sogenannten Tunnelstroms nicht nur den Ball herumschubsen kann, sondern auch das Spielfeld überhaupt erst für das menschliche Auge am Computerbildschirm sichtbar macht! Professor Heckl erklärt die Spielweise für das Nano-Fußballspiel so: »Die Metallspitze muss man vorsichtig an den Ball heranführen, dann wird dieser ein wenig angezogen und wenn man ihn jetzt anstößt, dann fällt dieser Ball von einem Tor in das nächste. Vor zehn Jahren hätte niemand geglaubt, dass es jemals möglich sein würde, so etwas mit einzelnen Molekülen zu machen!«

Dabei ist auch hier aber der richtige Schwung wichtig: Schiebt der Spieler nämlich das Molekül zu stark an, so rollt es nicht etwa weiter, sondern es fliegt von der Oberfläche in die Flüssigkeit hinein – fast wie im richtigen Leben, wenn so mancher Ball beim Elfmeter weit über das Tor hinweg in den blauen Himmel fliegt! ■

Dr. Florian Breitsameter

Weiterführende Literatur

Griessl, S. H. J., Lackinger M., Jamitzky F., Markert T., Hietschold M. Heckl, W. M. J. Phys. Chem. B 2004, 108, 11556–11560.

Auf einer Graphitoberfläche bilden C60-Kohlenstoffmoleküle die »Tore« des Spielfeldes.

Abbildungen: Deutsches Museum; saffron graphics

Damit alles fließt ...

Verkehrssteuerung soll Staus vermeiden.

Tausende von Zusehern und Schlachtenbummlern werden anlässlich des Mega-Events Fußballweltmeisterschaft in den Austragungsorten erwartet. Durch den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur und die gezielte Steuerung des Verkehrsflusses wollen Verkehrsplaner den Ansturm der Fans bewältigen. **Von Ralf Spicker**

Die modernen Verkehrsmittel machen es möglich: Wer eine Karte ergattern konnte oder auch einfach nur am Ort des Geschehens sein möchte, kann heute per Flugzeug, Bahn, Bus oder Auto am WM-Spektakel teilnehmen. Nach den Olympischen Spielen ist die Fußballweltmeisterschaft das zweitgrößte Sportereignis weltweit. Deutschland ist 2006 mit 12 Austragungsorten Gastgeberland für die Fußball-WM. Ca. 3,37 Mio. Tickets für die Stadien stehen zur Verfügung, von denen 1,12 Mio. Karten weltweit zum Verkauf gelangen. Die Verantwortlichen rechnen jedoch mit um die 3,5 Mio. Zuschauern, die zum Besuch der WM und der Begleitveranstaltungen nach Deutschland kommen. Planer und Veranstalter müssen den Besuchern wie den aktiven Sportlern und Betreuern eine geeignete und leistungsfähige Infrastruktur bieten. Keine leichte Aufgabe, zumal auch die Qualitäts- und Sicherheitsansprüche in den letzten Jahren gewachsen sind. Es gilt nicht nur die Fahrten zu den Spielen in den Stadien zu organisieren: auch die Logistik der »Neben«-Veranstaltungen ist aufwändig, da Massen von Besuchern erwartet werden. So rechnen beispielsweise die Veranstalter in Leipzig mit bis zu 160.000 Besuchern in der Stadt über die 40.000 Zuschauer hinaus, die das Leipziger Zentralstadion während der WM aufnehmen kann. Beim Fan-Fest im Münchner Olympiapark haben bis zu 20.000 Zuschauer die Möglichkeit, alle WM-Spiele live auf einer Großleinwand zu verfolgen.

AUSBAU DER VERKEHRSINFRASTRUKTUR – DAS BEISPIEL MÜNCHEN. In knapp dreijähriger Bauzeit entstand von 2002 bis 2005 in Fröttmaning, einem Stadtteil im Norden Münchens, das neue Fußballstadion. Es ist zum einen der reguläre Spielort für die beiden Münchner Fußballvereine F. C. Bayern München und TSV 1860 München, denen das Stadion auch jeweils zur Hälfte gehört. Zum anderen ist der neue »Fußballtempel« auch einer der Hauptaustragungsorte der Fußballweltmeisterschaft. Es bietet derzeit fast 70.000 Plätze (davon 66.000 Sitzplätze). Die Standortwahl für das neue Stadion berücksichtigte die Anbindung an das öffentliche Nahverkehrsnetz nur in unzureichendem Maße: Statt eines S-Bahnanschlusses wie beim Olympiastadion 1972, zu dem noch die U-Bahn und Straßenbahn hinzukommen, ist das neue Fußballstadion lediglich mit einer bereits bestehenden U-Bahnstrecke an das Netz des öffentlichen Verkehrs angebunden. Damit stehen keine unterschiedlichen und kein so massenleistungsfähiges öffentliches Verkehrsmittel wie die S-Bahn zur Verfügung. Außerdem ist das Stadion nicht direkt an den Hauptbahnhof und damit ans Fernbahnnetz angebunden. Dafür liegt das Stadion in unmittelbarer Nähe der Autobahnen BAB 9 (München-Nürnberg) und BAB 99 (Münchner Nordumfahrung).

Anhand eines Verkehrsgutachtens und aus den Erfahrungen bei den Fußballspielen im Olympiastadion prognostizierten die Verkehrsplaner die Verteilung der Spielbesucher, den so genannten Modal Split, auf die verschiedenen Verkehrsmittel. Danach werden bei Bundesligaspielen etwa 60 Prozent der Zuschauer mit Bussen und eigenen Pkws anreisen. 350 Busparkplätze und fast 9.800 Pkw-Parkplätze in Europas größtem Parkhaus sollen den individuellen Verkehr aufnehmen. Der überwiegende Rest der Besucher kommt mit der U-Bahn zum Spiel. Die Fahrgastzahlen lagen auf dieser Strecke bis zur Eröffnung des Stadions bei maximal 10.500 Personen in der Stunde.

Auswärtige Zuschauer reisen in der Regel frühzeitig an, so dass sich der Zuflussverkehr über mehrere Stunden erstreckt. Problematischer ist der »Abfluss« nach Spielende, der nach Überle-

Bild links: An den eisernen Wächtern muss jeder vorbei, der ins Stadion will. Die Hightech-Scanner ersetzen den Kartenabreißer.

Hoch zu Ross hat die Polizei immer noch den besten Überblick, um Besucherströme in die richtigen Bahnen leiten zu können.

Abbildungen: SV-Bilderdienst/R.Haas

Jahrelang standen Pendler, die aus dem Norden Münchens kamen im Stau. Jetzt soll damit Schluss sein. Wechselwegweiser und mehr Fahrspuren sollen den Ansturm der Fußballfans bewältigen helfen.

gungen der Betreiber und Verkehrsplaner selbst bei maximaler Besucherzahl in einem Zeitraum von 1,5 bis 2 Stunden erfolgen soll. – Diese Zeitspanne gilt als Qualitätsmerkmal für eine gute Planung aus Sicht der Verantwortlichen. Um dies zu erreichen, wurden die Zubringerstraßen ausgebaut, die Kapazität der U-Bahn angepasst und das außer- und innerstädtische Verkehrsleitsystem auf- und ausgebaut. Bei diesem Ausbau der Verkehrsinfrastruktur arbeiteten kommunale und staatliche Institutionen, wie die Autobahndirektion Südbayern, die Stadt München, die Münchner Verkehrsgesellschaft und der private Betreiber des Stadions, eng zusammen.

MIT DEM AUTO ZUM STADION. Die Anbindung des Stadions an den Straßenverkehr allein über die Autobahnen schränkt die Zu- und Abfahrtsmöglichkeiten stark ein. Die Stadionbesucher müssen zudem Strecken benutzen, die schon jetzt zu den stark bis sehr stark belasteten Autobahnabschnitten zählen. Um beispielsweise nach einem Bundesligaspiel an einem Samstag den Stadionbereich in zwei Stunden weitestgehend zu räumen, müssen ca. 5.300 Pkws und 175 Busse pro Stunde über die beiden Autobahnanschlüsse des Stadions abfahren. In diesem Zeitfenster ist die A 9 schon jetzt stadtauswärts mit ca. 3.000 Fahrzeugen pro Stunde belastet. Die prognostizierte zusätzliche Belastung dieser Autobahn durch das Stadion liegt bei 2.100 Fahrzeugen. Um den Verkehrsfluss dennoch aufrecht zu erhalten, werden bis Frühjahr 2006 eine Reihe von Baumaßnahmen durchgeführt. So wird beispielsweise die Autobahn 9 zwischen Autobahnkreuz Neufahrn und Autobahnkreuz München-Nord von sechs auf acht Fahrstreifen erweitert. Der Abschnitt zwischen Ausfahrt Fröttmaning und dem Frankfurter Ring an der Peripherie der Münchner Innenstadt erhält sechs Fahrstreifen.

MEHR ZÜGE BEI GLEICHER STRECKE. Die U-Bahnlinie U 6 zählt zu den ältesten Strecken des Münchner U-Bahn-Netzes und wurde 1971 eröffnet. Die Strecke zwischen dem Stadion und der Innenstadt ist dem Andrang, der bei Fußballspielen erwartet wird, nicht gewachsen. Bisher war die Stadionhaltestelle Fröttmaning hauptsächlich als Umsteigepunkt für Berufspendler vom Pkw auf die U-Bahn konzipiert. In der Innenstadt müssen Besucher, die zur S-Bahn und damit zu den Fernbahnen am Hauptbahnhof wechseln wollen, an der Haltestelle Marienplatz umsteigen. Beide Bahnhöfe müssen daher für eine größere Fahrgastzahl ausgebaut werden.

Fröttmaning wurde von einem zweigleisigen zu einem viergleisigen Bahnhof mit Mittelbahnsteigen erweitert. Zwei Fußgängerbrücken verbinden den Bahnsteig mit dem Stadion und dem Parkhaus. Zusätzlich wurden Abstellgleise für bis zu elf Langzüge geplant, die eine rasche Zugfolge ermöglichen.

Der U- und S-Bahnhof Marienplatz im Herzen Münchens war bereits vor dem Stadion als Knotenpunkt stark belastet. Die bisherigen unterirdischen Lauf- und Warteflächen erfüllten daher nicht die Anforderungen des Passagieraufkommens bei einer Großveranstaltung. Parallel zum bestehenden Bahnsteig entstanden im Untergrund neue Warteflächen, während der reguläre U-Bahnbetrieb fortgesetzt wurde. Die Bahnsteigflächen erweiterte man so, dass sich die Passagierströme beim Umsteigen nicht treffen.

Um mehr Züge zwischen Fröttmaning und dem Marienplatz fahren lassen zu können, musste die Zugfolge verkürzt werden. Die

KURIOSES

1989 trennten sich in Buenos Aires die »Argentinos Juniors« und »Racing« unentschieden. Ein Elfmeterschießen musste das Spiel entscheiden. Das Ende erlebten jedoch nur die Mannschaften. Erst nach der Weltrekordzahl von 44 Strafstößen war das Spiel entschieden.

Stromversorgung der Strecke und die Signaltechnik wurden erweitert und erneuert, so dass statt bisher zwölf Zügen pro Stunde in einer Richtung jetzt 30 Züge fahren können, um über 25.000 Personen zu befördern. Die Zugsicherungstechnik stellte einen wichtigen Baustein dar, um die Zugfrequenz zu erhöhen.

Bisher war die Strecke durch Blocksignale gesichert: Die Strecke war in Gleisabschnitte eingeteilt. Fuhr ein Zug in einen Gleisabschnitt ein, löste er ein Signal aus, das die Strecke für nachfolgende Züge sperrte. Nach dem Verlassen des Abschnitts wurde die Strecke wieder freigegeben. Auf der modernisierten Strecke kommt die »Linienzugbeeinflussung« zum Einsatz: Dazu werden kontinuierlich Daten austauscht. Der Zug erkennt, ob der vor ihm liegende Gleisabschnitt frei ist, anderenfalls wird er automatisch abgebremst. Auch die Bahn nutzt dieses System bei ihren Hochgeschwindigkeitsstrecken. Zudem wurde die Strecke für den Zweirichtungsbetrieb erweitert. Bisher erlaubte die Signal- und Sicherungsausstattung nur die Fahrt in eine Richtung. Um bei Störungen einen nachfolgenden Zug über das Gegengleis umleiten zu können, erfolgte die Nachrüstung der Signaltechnik auf der ganzen Strecke, so dass auf beiden Gleisen in jede Richtung Züge fahren können. Zusätzlich mussten 24 Weichen eingebaut werden, um den Zügen das Umfahren eines gestoppten Zuges zu ermöglichen.

Doch die Umrüstung der Strecke allein genügt nicht, um die Leistungsfähigkeit zu erhöhen. Das neue Stellwerk der Münchner U-Bahn in Fröttmaning wurde als elektronisches Stellwerk gebaut. Statt Relais schalten Computer die Weichen und Signale. Diese bei der Münchner U-Bahn neue Signal- und Stellwerkstechnik erlaubt es, alle 90 Sekunden einen Zug fahren zu lassen.

Was erfordert eine höhere Zugfolge noch? Neben dem Ausbau der Gleisstrecken, Signal- und Stellwerkstechnik hat eine höhere Zugfolge auch einen größeren Strombedarf zur Folge. Daher sind die Fahrleitungen und die Umspann- und Gleichrichterwerke entlang der Strecke ebenfalls den höheren Anforderungen angepasst worden. Auch das eingesetzte Wagenmaterial ist für die Leistungsfähigkeit der Linie wichtig, daher werden im Juni neu beschaffte Langzüge auf der Stadionlinie verkehren.

Ohne öffentlichen Nahverkehr würde der Verkehr während der WM-Spiele schnell zusammenbrechen.

LENKUNG DER VERKEHRSSTRÖME. Die zweite Säule der Verkehrsplanung nach dem Ausbau der Infrastruktur ist die Steuerung der Verkehrsströme. Örtliche Gegebenheiten erlauben zum Teil keinen Ausbau der Straßen und Bahnen, wenn ein Stadion in dicht bebauten Stadtbereichen steht. Der Ausbau der Infrastruktur muss auch nach ökonomischen Gesichtspunkten geplant werden: Weshalb sollten Straßen und Bahnen auf eine Belastung ausgelegt werden, die wie im Falle einer Weltmeisterschaft oder von Olympischen Spielen möglicherweise erst wieder in Jahrzehnten auftritt? Um eine unökonomische Überdimensionierung zu vermeiden setzten daher Verkehrsplaner für Mega-Events auf das Mittel der Lenkung und Steuerung, das den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur ergänzt und teilweise ersetzt.

Zur Steuerung zählt auch die Erfassung und Überwachung des Verkehrs. Die Steuerung selbst erfolgt durch Wechselwegweiser und -tafeln, wo diese modernen Mittel nicht vorhanden sind, durch Menschen. Im Umfeld des Stadions befinden sich daher 50 Detektoren zur Erfassung des Straßenverkehrs. An 22 dynamischen Schilderstandorten – vornehmlich auf der Autobahn – können von einer Verkehrsleitzentrale aus die Richtungshinweise verändert werden. Und 32 Verkehrsampeln im Münchner Norden verfügen über eine Steuerungseinrichtung, die es erlaubt, die Signalphasen aus dem Leitstand zu verändern. Diese Eingriffe in den Verkehr erfordern einen extrem hohen und komplexen Abstimmungsbedarf der unterschiedlichen zuständigen Stellen: Das Kommunalverwaltungsreferat (KVR) der Stadt München, die Polizei, die Autobahndirektion Südbayern und die Betreibergesellschaft des Parkhauses am Stadion müssen zusammenarbeiten. Daher befindet sich der Verkehrsleitstand im Stadion vor Ort. Um das System auch großflächig funktionsfähig zu halten, arbeiten der Verkehrsleitstand im Stadion und die Verkehrszentrale München zusammen.

Weiterführende Literatur:

G.W. Heinze, Verkehrskonzepte von Mega-Events. Bericht für das 122. Round Table der Europäischen Verkehrsministerkonferenz«, Technische Universität Berlin 2002.

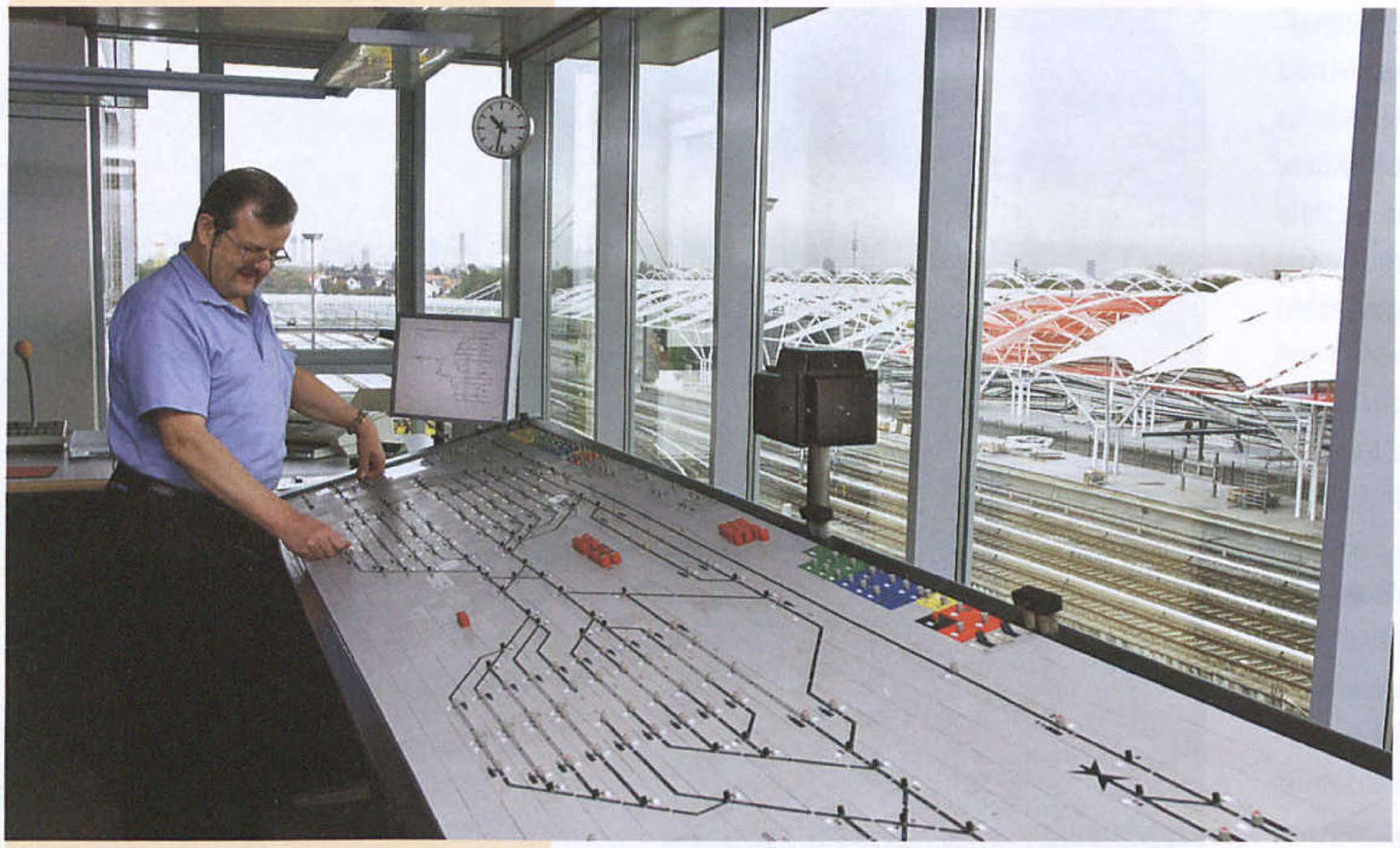
S. Bernhardt, Planung/Konzeption von Großevents. In: Internationales Verkehrswesen 55 (2003), H. 10, S. 460–462

Handbuch Eventverkehr, (Hrsg. H.-L. Dienel und J. Schmithals), Erich Schmidt Verlag, Berlin 2004.

Mobilitätsmanagement bei Großveranstaltungen – Erfahrungen und Ausblick auf die WM ´06, (Hrsg. Gesellschaft für Verkehrstelematik München – ITS-Munich e.V.), München ITS 2005.

N. Pullmann, S. Scherz, B. Schuster, P. Sturm, Verkehrsmanagement für Großveranstaltungen. In: Internationales Verkehrswesen 58 (2006), H. 1+2, S. 29–33.

Abbildungen: SV-Bilderdienst/K.Haas; Brian Kelly



Auch bei der Steuerung des U-Bahn-Verkehrs hält die Elektronik Einzug, um das Verkehrsaufkommen bei der WM und bei den Bundesligaspielen bewältigen zu können. Oben: Das Bedienpult des alten Relais-Stellwerks. Unten: der neue Bedienplatz des elektronischen Stellwerks.

RALF SPICKER studierte Geschichte, Wissenschafts- , Technikgeschichte und Verkehrswissenschaften an der Universität Stuttgart. Am Deutschen Museum arbeitet er seit 2004 im Team des Verkehrszentrums.

WAS TUN BEI STÖRUNGEN? Die Steuerungskonzepte für die Abwicklung des durch einen Mega-Event entstehenden Verkehrsaufkommens stellen an sich schon eine große Herausforderung dar. Nichtsdestotrotz müssen Verkehrsplaner auch zusätzlich auftretende Störungen durch Unfälle, Staus etc. in ihre Planungen miteinbeziehen, um gegebenenfalls schnell reagieren zu können. Im Falle des Münchner Stadions rechneten die zuständigen Stellen verschiedene Szenarien in die Konzeption der Verkehrsleitsysteme mit ein. Beispielsweise kann die Zahl der ankommenden Fahrzeuge die Aufnahmekapazität der Parkhäuser übersteigen. Dann werden die Pkw-Fahrer über das Leitsystem zu den nächstgelegenen Ausweichparkplätzen geführt. Wenn die Zufahrtstraßen überlastet sind, werden den Fußballfans Alternativrouten angeboten. Handelt es sich um eine nur kurzfristige Störung einer Autobahnzufahrt, wird der Verkehrsstrom zur nächsten Zufahrt zum Stadion umgeleitet. Bei längerfristigen Störungen hingegen leitet das System bereits weit im Vorfeld des Stadions um. Je nach Situation werden die Autofahrer auch zu Ausweichparkplätzen geführt. Sowohl den Beamten, die den Verkehr vor Ort regeln, wie den anreisenden Zuschauern wird dabei viel Geduld und Verständnis abverlangt. Insbesondere dann, wenn den Autofahrern und Fußballfans Fahrrouten vorgegeben werden, die zunächst als völlig abwegig vom angestrebten Ziel erscheinen.

DER PRAXISTEST STEHT NOCH AUS. Ob die theoretischen Konzepte der Verkehrsplanung und -lenkung der Realität standhalten, wird die Fußballweltmeisterschaft zeigen. Erfahrungen aus dem Bundesligabetrieb zeigen welche Probleme und »Kleinigkeiten« große Auswirkung auf den Verkehrsfluss um die Stadien haben können. Ein Beispiel: Im Münchner Stadion erfolgt die Zahlung bargeldlos mit einer Stadioncard, die zu Beginn des Besuchs gekauft und mit einem Geldbetrag aufgeladen wird. Besucher, die mit dem Pkw anreisen, zahlen beim Verlassen des Parkhauses mit dieser Karte ihre Parkgebühren. Dazu muss ein ausreichend großer Restbetrag auf der Karte vorhanden sein. Bei den ersten Spielen zeigte sich jedoch, dass dies nicht allen Besuchern klar war. Dies führte zu Staus in den Parkhäusern und damit zu Problemen beim Abfluss des Verkehrs vom Stadiongelände.

Bei der Weltmeisterschaft werden noch die Verständigungsschwierigkeiten der ausländischen Gäste hinzukommen und die nicht immer friedliche Haltung mancher Fußballfans. Nach Vorgabe der FIFA ist in München wie auch bei den Stadien der Verkehr in unterschiedliche Gruppen aufzutrennen: so genannter »VIP«-Verkehr soll getrennt von den restlichen Besuchern geführt werden. Diese Besonderheiten des Großereignisses WM müssen noch zusätzlich beachtet werden und Eingang in die Planung der Verkehrsströme während der Spieltage und bei den Veranstaltungen des Rahmenprogramms finden. Schließlich will sich Deutschland als Austragungsort positiv bei den vielen Fans des runden Leders präsentieren. Die An- und Abreise bei den Spielen und Veranstaltungen soll dabei nicht in Erinnerung bleiben, sondern das Gesamterlebnis Fußballweltmeisterschaft.

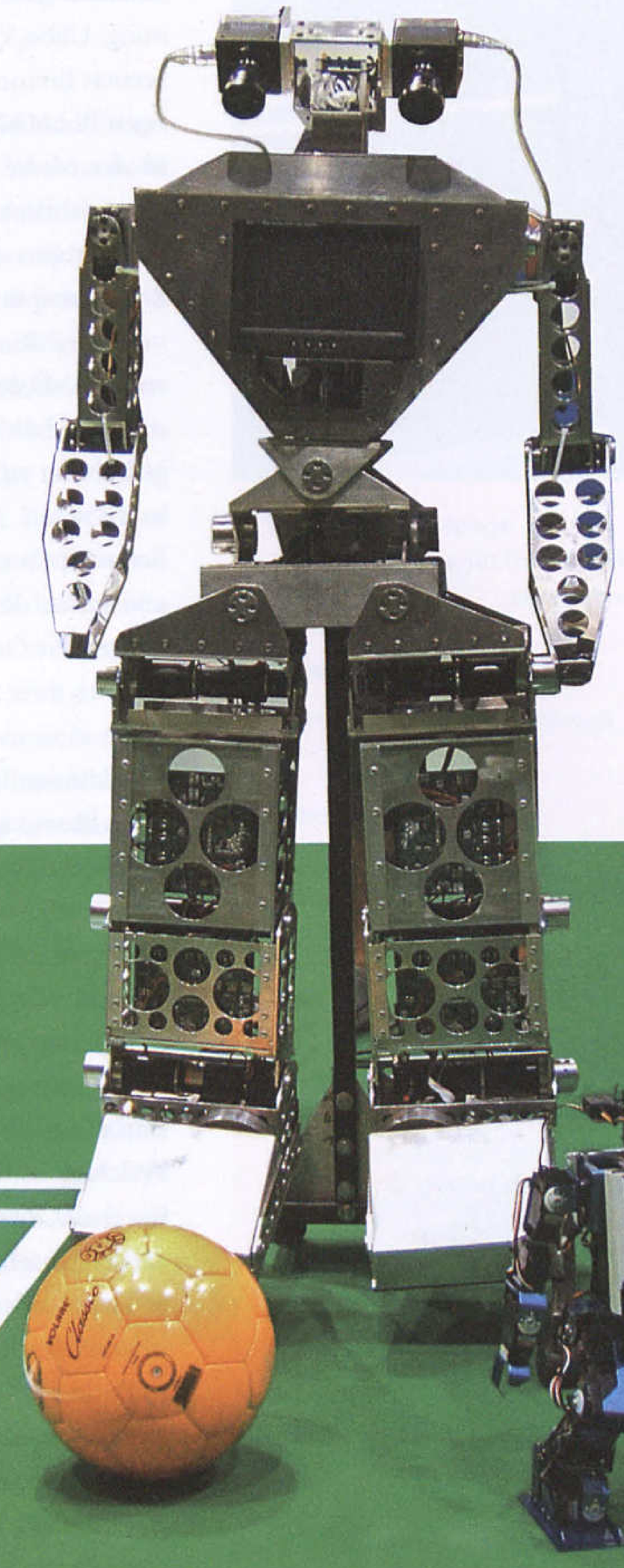
Abbildung: SV-Bilderdienst/R.Haas

Roboter im Fußballfieber

Der 50-Jahre-Wettkampf

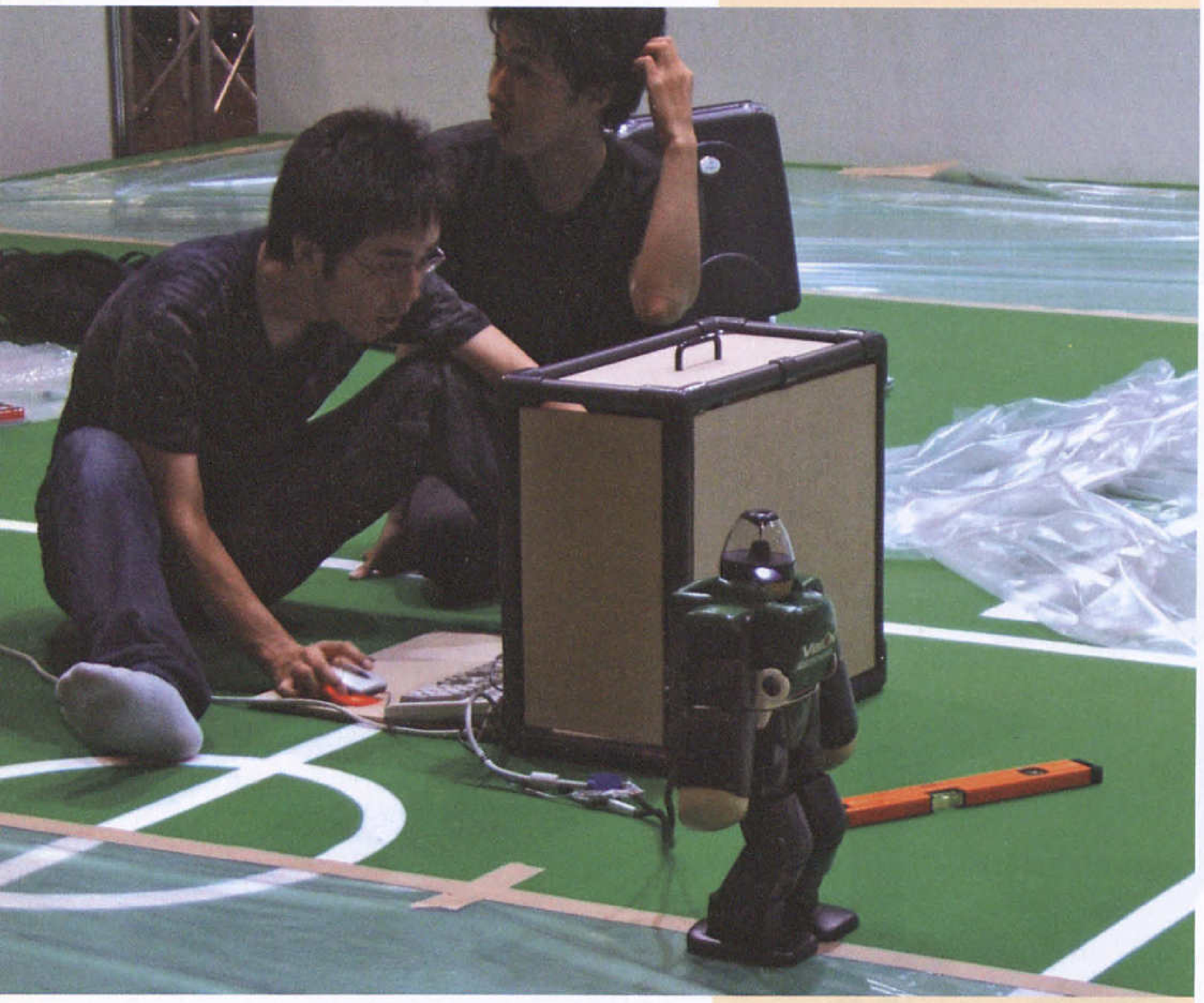
Noch gelten sie als Geheimtipp einer wachsenden Fangemeinde: Fußballturniere – ausgetragen von Robotern. Deren Konstrukteure verfolgen ein ehrgeiziges Ziel. Spätestens 2050 sollen humanoide Roboter-Fußballer gegen Menschen antreten.

Von Hans-Arthur Marsiske



David und Goliath: Die Roboter *GuRoo* (hinten, University of Queensland) und *Darmstadt Dribbler* präsentieren sich bei der RoboCup-WM in Osaka 2005.

Abbildung: Hans-Arthur Marsiske



Vision Nexta wird für sein nächstes Spiel vorbereitet.

Werden die deutschen Kicker bei der WM im eigenen Land wieder »Roboterfußball« bieten? Beim letzten WM-Turnier 2002 in Japan ist ihnen das gelegentlich vorgeworfen worden. Womit gemeint war, dass sie spielten, als würden sie stur einem vorgegebenen Programm folgen: hoch diszipliniert, effektiv, langweilig. Roboterfußball, so die verbreitete Meinung, steht für Sport ohne Spaß. Wer so urteilt, hat wahrscheinlich noch nie wirkliche Roboter Fußball spielen gesehen. Denn dann hätte er erlebt, wie Teams und Zuschauer die Kickmaschinen anfeuern und jede gelungene Aktion bejubeln. Er hätte mit den Akteuren auf dem Feld und ihren Konstrukteuren am Rand gefiebert und wüsste: Roboterfußball kann irrsinnig Spaß bringen.

Das Spiel ist spannend, weil man nicht weiß, wie es ausgeht. Diese Fußballweisheit gilt für Menschen und Maschinen gleichermaßen. Bei den Robotern kommt jedoch hinzu, dass sich diese Ungewissheit über den Ausgang nicht nur auf die einzelne Begegnung oder ein Turnier bezieht. Die in der internationalen RoboCup Federation organisierten Robokicker verfolgen auch eine langfristige Zielsetzung – und die macht die besondere Faszination des Vorhabens aus: Bis zum Jahr 2050, so die ehrgeizige Vorgabe, sollen humanoide, menschenähnliche Roboter gegen Menschen um die Fußballweltmeisterschaft spielen und gewinnen – nach den dann gültigen offiziellen Fifa-Regeln selbstverständlich.

DIE ROBOCUP-INITIATIVE. Ist das zu schaffen? Die Experten sind geteilter Meinung. Ubbo Visser, Informatiker an der Universität Bremen und Organisator der diesjährigen RoboCup-WM, die vom 14. bis 20. Juni in der Messe Bremen ausgetragen wird, ist zuversichtlich: »Angesichts des Entwicklungstempos der letzten Jahre halte ich die Zielsetzung für absolut realistisch.«

Martin Riedmiller, Teamleiter des amtierenden 2-D-Simulations-Weltmeisters Brainstormers, hält es zwar für möglich, zweibeinige Roboter zu konstruieren, die Fußball spielen können. Trotz der alljährlich bei den RoboCup-Turnieren zu beobachtenden Fortschritte ist der Informatikprofessor von der Universität Osnabrück jedoch skeptisch hinsichtlich ihrer Siegchancen. »Dass die bis 2050 gegen eine menschliche Mannschaft gewinnen können, ist für mich weiterhin schwer vorstellbar«, sagt er, ist sich aber zugleich sicher: »Auf dem Weg dorthin werden wir riesige Fortschritte im Bereich Robotik und intelligenter Steuerungen machen.«

Das ist der springende Punkt. Selbst wenn die Roboter in 44 Jahren den Einzug ins WM-Finale verpassen sollten, wird die RoboCup-Initiative nicht vergeblich gewesen sein. »Wichtig ist der Versuch«, sagt Hans-Dieter Burkhard, Professor für Künstliche Intelligenz an der Humboldt-Universität in Berlin. »Ob es klappt oder nicht: Hinterher sind wir in jedem Fall schlauer.«

Burkhard ist ein RoboCup-Veteran. Als einziger deutscher Teilnehmer ist er seit der ersten Weltmeisterschaft im Jahr 1997 dabei, gewann damals den Titel in der Simulationsliga. Für ihn ist der RoboCup auch eine neue Art, Wissenschaft zu betreiben, die nicht nur vom gegenwärtigen Erkenntnisstand ausge-

KURIOSES

Das knappste Fußballergebnis betrug 0,5:0. Bei einem Strafstoß im brasilianischen Bezirk Paraiba platzte in den 40er Jahren die Naht. Das Leder flog vorbei, die Blase landete im Netz. Der Schiedsrichter wertete das als halbes Tor. Da in dem Spiel kein weiteres Tor mehr fiel, blieb es beim 0,5:0.

hend den jeweils nächsten möglichen Schritt plant. »Stattdessen setzen wir uns dieses Ziel in einer ferneren Zukunft und rechnen zurück«, sagt er. »Wenn wir im Jahr 2050 mit Robotern die Fußball-WM gewinnen wollen, müssen wir wenigstens 2040 das Energieproblem gelöst haben, müssen 2030 mit den Maschinen im Freien spielen können, darf es 2020 keine Bildverarbeitungsprobleme mehr geben und so weiter. Dann müssen wir überlegen, wer sich mit wem zusammentun muss, um diese Etappenziele in der gegebenen Zeit erreichen zu können. Von all dem gehen sehr kreative Impulse aus.«

ORIENTIERT AM VERGNÜGEN. Mittlerweile sind schon 3.000 bis 4.000 Wissenschaftler und schätzungsweise zehnmal so viele Schülerinnen und Schüler in etwa 40 Ländern von der Idee des RoboCup infiziert und orientieren sich damit an einem Ziel, das dem puren Vergnügen dient. In Zeiten, da die Forschungspolitik sich weitgehend der Profitlogik unterworfen hat, ist allein das schon eine bemerkenswerte Akzentsetzung. Wann hat es jemals ein Projekt vergleichbarer Größenordnung gegeben, das weder von Marktvorgaben noch von militärstrategischen Erwägungen getrieben worden wäre?

Natürlich geht es nicht nur ums Vergnügen. Klar ist: Roboter, die Fußball spielen können und sei es nur auf Kreisliganiveau, können noch ganz andere Dinge. Das Fußballspiel dient als einheitliche Testumgebung für mobile, autonome, kooperierende Roboter. Hier entwickeln sie die grundlegenden Fertigkeiten, die dann auch in vielfältigen anderen Anwendungen zum Einsatz kommen können, etwa bei der autonomen Steuerung von Produktionsprozessen oder bei der Montage großer Strukturen im Weltraum. Aber die Prioritäten sind klar gesetzt: Erst das Spiel, dann die Anwendungen.

Tatsächlich hatte der japanische Informatiker Hiroaki Kitano, der maßgebliche Initiator des RoboCup, Anfang der neunziger Jahre zunächst an einen Wettbewerb gedacht, der sich an konkreten Anwendungen wie Pflegerobotern oder Katastrophenhelfern orientieren sollte. Er erkannte aber schnell, dass sich die Aufgaben dabei schwer fokussieren ließen.

Der Computermonitor im Vordergrund zeigt das Bild der omnidirektionalen Kamera des Roboters.

Web-Links:

RoboCup-Homepage
www.robocup.org

RoboCup German Open
www.robocup-german-open.de

RoboCup-WM 2006
www.robocup2006.org

Bei der Bestimmung der eigenen Position auf dem Spielfeld haben sich so genannte Monte-Carlo-Methoden etabliert: Statt einer exakten Positionsbestimmung, die zu rechenaufwändig wäre, wird mit Wahrscheinlichkeitswerten gearbeitet. Der Roboter glaubt, an einer bestimmten Stelle zu sein und gleicht diese Vermutung ständig mit aktuellen Messwerten ab – eigentlich ganz ähnlich wie ein Mensch.

Die Anforderungen an Rettungsroboter sind sehr unterschiedlich. Für einen breit angelegten, möglichst internationalen Wettbewerb keine günstige Voraussetzung. Kitano zog die Konsequenzen: »Statt sich direkt auf spezifische Anwendungen zu konzentrieren, hielt ich es für eine bessere Strategie, sich eher abseits des Weges zu orientieren.« Das Fußballspiel erwies sich als am geeignetsten aufgrund seiner großen Dynamik, des erforderlichen hohen Grads an Kooperation und der im Vergleich zu American Football eher geringen direkten körperlichen Konfrontation.

Ein ebenso wichtiger Aspekt war die weltweite Popularität des Fußballs. Das Runde muss ins Eckige – das versteht jeder. Und so bietet Roboterfußball auch Laien die Chance, von Jahr zu Jahr die Fortschritte der Robotik mitzuverfolgen. Die zeigen sich insbesondere im zunehmenden Tempo der Spiele. Immer weniger Zeit geht mit der Suche nach dem Ball und der Orientierung auf dem Spielfeld verloren, immer zielstrebiger werden die Bewegungen. Das hat überwiegend mit Verbesserungen bei der Software zu tun.

Manche technischen Errungenschaften werden indessen durch regelmäßige Erschwerungen bei den Spielbedingungen kompensiert. So wurde zum Beispiel im Jahr 2002 bei den mittelgroßen Robotern die Spielfeldbande entfernt. Die hatte bis dahin die Selbstlokalisierung der Spieler erleichtert, weil die senkrechten Wände eine gute Reflektionsfläche etwa für Laserscanner abgaben. Inzwischen bestimmen fast alle Roboter ihre Position ebenso zuverlässig mithilfe von Kameras anhand der Linien und anderer Markierungen auf dem Spielfeld. Die meisten stützen sich dabei auf eine so genannte omnidirektionale Kamera, die nach oben auf einen konvex geschliffenen Spiegel gerichtet ist und dadurch stets das gesamte Spielfeld im Blick hat. Das Bild ist zwar verzerrt, doch das lässt sich durch die Software leicht herausrechnen.

Omnidirektionalität ist auch bei den radgestützten Antrieben immer mehr zum Standard geworden. Die Spieler bewegen sich dabei zumeist auf drei Rädern, deren Reifen wiederum aus aufgereihten, kleinen Passivrädern bestehen. Ein Rad, das quer zur Bewegungsrichtung steht, blockiert daher nicht,

Abbildungen: Hans-Arthur Marsiske

Souverän errang *Vision Nexta* aus Japan den Weltmeistertitel in der Humanoid League.

sondern rollt auf diesem Räderkranz. Dieses Prinzip, erstmals bei der WM 2000 vom italienischen *Golem*-Team eingesetzt, verleiht den Robotern eine hohe Beweglichkeit und ermöglicht manch schönes Dribbling.

Die größten Publikumslieblinge sind aber eindeutig die Roboter mit Beinen, seien es die vierbeinigen *Aibos*, die seit 1999 in einer eigenen Liga kicken, oder die *Humanoiden*, die wie Menschen auf zwei Beinen dem Ball nachjagen. Insbesondere bei Letzteren verläuft die Entwicklung gegenwärtig mit großer Dynamik. So ging es bei der Einführung der Zweibeiner-Liga im Jahr 2002 noch um Basisfähigkeiten wie Stehen auf einem Bein, Gehen um eine Säule oder Kicken des Balls. Bei der WM 2005 traten dagegen bereits 20 Teams mit humanoiden Robotern an, die sich zum Teil packende Spiele zwei gegen zwei lieferten. Und die besten von ihnen konnten sich nach Stürzen, die häufig vorkamen, innerhalb von Sekunden aus eigener Kraft wieder aufrichten und weiterspielen. Angesichts der rasch zunehmenden Fähigkeiten der humanoiden Roboter lässt sich das Ende der Aibo-Produktion leichter verschmerzen, das die Firma Sony Anfang des Jahres überraschend verkündete. Bei der diesjährigen RocoCup-WM werden die putzigen Roboterhündchen auf jeden Fall noch einmal antreten. Die Aibos waren insbesondere für Informatiker interessant, weil die sich mit der Programmierung realer Roboter beschäftigen konnten, ohne sich um die Hardware kümmern zu müssen. Nun hoffen viele, dass bald ein ähnlich fähiges Modell mit zwei Beinen auf den Markt gebracht wird.

AKTUATOREN MIT MUSKELN UND EMOTIONSMODULEN. Für reine Programmierer gibt es auf jeden Fall noch genug zu tun beim RoboCup. So ist etwa das Teamspiel bei den realen Robotern bislang nur in Ansätzen entwickelt. Abgesehen von der Small Size League, wo die besten Teams schon gezieltes Pass-Spiel praktizieren, besteht die Kooperation der Spieler noch vornehmlich darin, sich nicht gegenseitig im Weg zu stehen. Auch die Bildverarbeitung bedarf noch weiterer Verbesserungen. Die Roboter sollen unempfindlich gegenüber Helligkeitsschwankungen werden und zuverlässig weiterspielen, auch wenn sich mal eine Wolke vor die Sonne schiebt. In naher Zukunft sollen sie auch den Ball nicht mehr an der Farbe erkennen, sondern mit jedem beliebigen Ball spielen können, der ihnen kurz vor dem Spiel gezeigt wird.

Die Ingenieure müssen sich auf dem Weg zum Endspiel 2050 ebenfalls noch einiges einfallen lassen. Humanoide Roboter, die beim Laufen und Springen mit Menschen mithalten sollen, werden nicht mehr mit Elektromotoren, Getrieben und Seilzügen betrieben werden können. Hierfür werden grundlegend neue, mit künstlichen Muskeln ausgestattete Aktuatoren erforderlich sein. Roboter, die von der Fifa zugelassen werden sollen, dürfen auch keine zentnerschweren, metallenen Ungetüme sein. Sie müssen über eine weiche, nachgiebige Oberfläche verfügen. Völlig offen ist bislang noch die Frage, woher sie die Energie für ein bis zu 120 Minuten dauerndes, kräftezehrendes Fußballspiel beziehen sollen. Gegenwärtig werden die Roboter noch mit gewöhnlichen Nickel-Cadmium- oder auch Bleiakkus gespeist. Für humanoide Roboter der Zukunft denken die Experten an sehr stark verbesserte Brennstoffzellen »oder wahrscheinlich etwas noch Futuristischeres«, wie Kitano vermutet. Vielleicht muss auch eine dezentrale Form der Energieversorgung entwickelt werden, ähnlich der bei Säugetieren.

Ein spannender Aspekt bei der Steuerung der Roboter ist die Bedeutung von Emotionen. Brauchen Kickmaschinen so etwas wie Ballgefühl oder Torinstinkt oder ist es für sie ein Vorteil, völlig emotionslos zu spielen? Beim Menschen können Emotionen eine Quelle der Verunsicherung, zugleich aber auch eine ungemein effektive Form der Informationsverarbeitung sein, eine Art Abkürzung im Gehirn. Fußball ist immer auch eine Auseinandersetzung auf psychologischer Ebene. Roboter bieten hier bislang keine Angriffsfläche, können aber auch nicht auf die Kraftreserven zurückgreifen, die durch Begeisterungsfähigkeit mobilisiert werden können. Ob sich das allein durch schnellere Prozessoren ausgleichen lässt, wie Kitano vermutet, muss sich erst noch zeigen. Vielleicht brauchen Fußballroboter, die auf Weltklasseniveau spielen sollen, allein schon deshalb so etwas wie »Emotionsmodule« in ihrer Software, um den emotionalen Status ihrer menschlichen Gegner erkennen und sich darauf einstellen zu können.

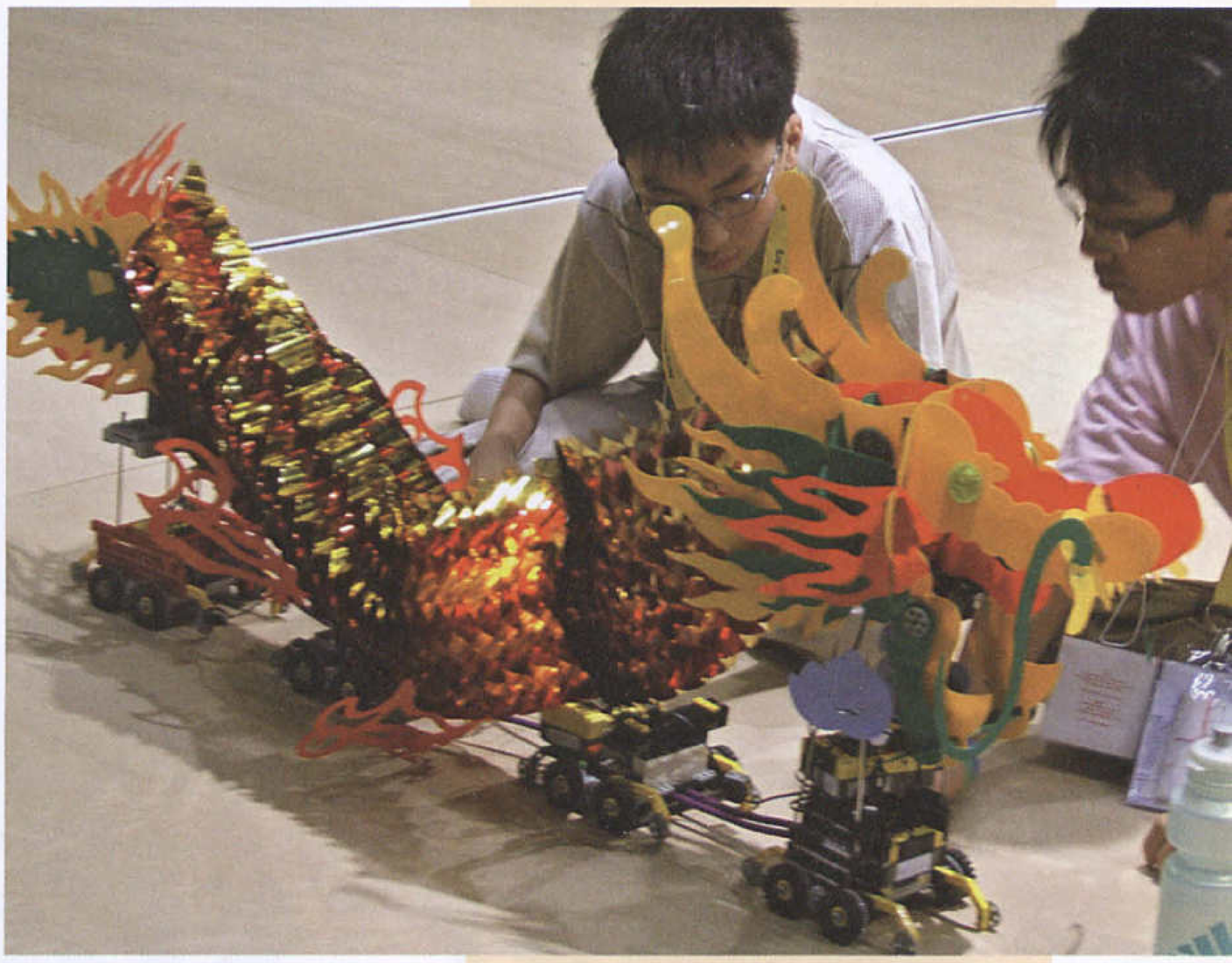
Literatur

Hans-Dieter Burkhard / Hans-Arthur Marsiske: Endspiel 2050 – Wie Roboter Fußball spielen lernen. Heise Verlag, 19,50 Euro

DR. HANS-ARTHUR MARSISKE, promovierter Historiker, lebt als freier Autor in Hamburg. Seit er 1998 erstmals vom RoboCup hörte, hat er sich kaum ein Turnier entgehen lassen. Zuletzt erschien von ihm: Heimat Weltall – Wohin soll die Raumfahrt führen? (Edition Suhrkamp)

Bislang lernen beim Fußball noch praktisch ausschließlich die Roboter von den Menschen. Es ist aber nur eine Frage der Zeit, bis auch in der umgekehrten Richtung Lernprozesse ablaufen werden. So könnten etwa Softwareagenten mit den Daten realer Spiele gefüttert werden, sodass die Begegnungen nachträglich im Computer in verschiedenen Varianten noch einmal durchgespielt werden können. Auf diese Weise ließe sich simulieren, welche Auswirkungen Auswechselungen einzelner Spieler hätten haben können. Für bevorstehende Begegnungen ließen sich unterschiedliche Spieltaktiken erproben und Trainingspläne optimieren. Gewiss werden solche, auf RoboCup-Technologie gestützte Computeranalysen beim Spitzenfußball bald so selbstverständlich werden, wie sie es bei der Leichtathletik heute schon sind.

Wenn dann eines Tages auch die humanoiden Roboter so weit sind, dass sie auf dem grünen Rasen gegen Menschen antreten können, werden sie möglicherweise tatsächlich »Roboterfußball« spielen: diszipliniert, effektiv, präzise. Ihre menschlichen Gegner werden gut beraten sein, ihnen nicht auf die gleiche Weise zu antworten, sondern sich auf spezifisch menschliche Qualitäten zu besinnen: Fantasie, Intuition, Spielfreude. Es gibt keinen Grund Fußballroboter zu fürchten. Im Gegenteil, sie könnten der schönsten Nebensache der Welt zu einem ungeahnten Entwicklungsschub verhelfen.



Letzter Schliff: Ein Drache wird für seinen Auftritt beim RoboCup-Junior-Tanzwettbewerb fit gemacht.

DIE SPIELKLASSEN BEIM ROBOCUP ...

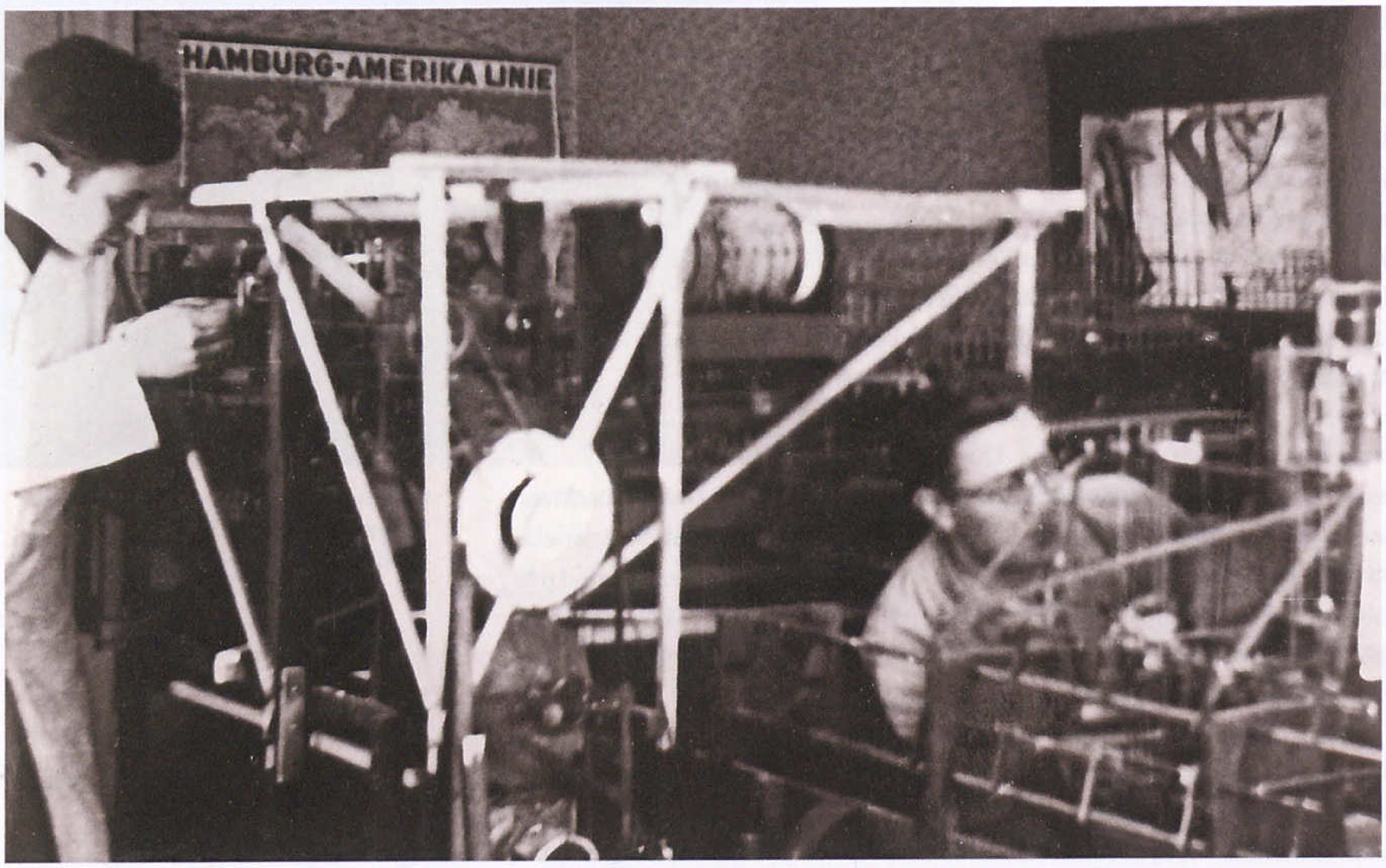
... kennzeichnen unterschiedliche Spielumgebungen mit jeweils spezifischen technischen Anforderungen. Für alle Ligen gilt: Die Spieler müssen autonom agieren. Fernsteuerung durch Menschen ist nicht zugelassen. Je nach Liga dauern die Spiele 10 bis 20 Minuten.

- Die Spiele der Simulation League finden ausschließlich im Computer statt, der auch die Einhaltung der Regeln überwacht. Jedes Team besteht aus elf autonomen Spielerprogrammen, so genannten Agenten, die auf einem virtuellen Spielfeld versuchen, den Ball ins gegnerische Tor zu befördern. Es gibt keine zentrale Lenkung, jeder einzelne Software-Agent handelt eigenständig, soll aber möglichst effektiv mit seinen Mitspielern kooperieren.
- In der Small Size League kommen bereits richtige Roboter zum Einsatz. Sie sind klein und schnell. Eine Kamera über dem Spielfeld gibt ihnen stets den Überblick über das gesamte Spielgeschehen, vergleichbar einem Satellitennavigationssystem. Gesteuert werden sie über Funk durch Computer am Spielfeldrand.
- Die Roboter der Middle Size League müssen dagegen die Sensoren und die Computer mit sich herumschleppen. Diese Liga gilt wegen der erforderlichen hohen Autonomie der Roboter bislang noch als die Königsklasse des RoboCup.
- Dem menschlichen Fußball näher ist aber die Legged Robot League, weil die Roboter hier tatsächlich so etwas wie Füße haben, während sie sich in den anderen Ligen auf Rädern fortbewegen. Diese Liga ist für Informatiker besonders interessant, weil alle Teams die gleiche Standard-Hardware verwenden: den vierbeinigen Aibo von Sony. Wie in der Simulationsliga geht es ausschließlich ums Programmieren. Allerdings stellt die Programmierung realer Roboter andere Anforderungen als die pure Simulation.
- In der Humanoid League treten zweibeinige, menschenähnliche Roboter gegeneinander an, bislang noch in Zweierteams auf kleinen Feldern oder bei Spezialwettbewerben wie Strafstößen oder Balanceübungen. Doch gerade in diesem Bereich verläuft die Entwicklung derzeit rasend schnell.
- Im Rahmen des RoboCup Junior sind Kinder und Jugendliche aufgefordert, Roboter für Tanzdarbietungen, Fußballspiele und einfache Rettungsszenarien zu konstruieren. Schwierigere Rettungseinsätze werden von den Erwachsenen beim RoboCup Rescue, einem Wettbewerb für Rettungsroboter und Katastrophensimulationen, geübt.
- In der 2006 erstmals eingeführten Liga RoboCup@Home geht es um das Zusammenspiel von Mensch und Maschine in Alltagsanwendungen.

Abbildungen: Hans-Arthur Marsiske

Der Computervater als Mechaniker

Konrad Zuse (1910–1995) im Deutschen Museum



Seit Januar 2006 befindet sich der Nachlass des Computerpioniers im Deutschen Museum.

Von Hartmut Petzold

Konrad Zuse (1910–1995) wird auch international uneingeschränkt als der prominenteste unter den deutschen Propheten und Pionieren des Computers und der Informatik angesehen. Im Januar 2006 konnte das Archiv des Deutschen Museums seinen wissenschaftlich-technischen Nachlass übernehmen. Wer sich in Zukunft mit den vielfältigen Aktivitäten des Erfinders auseinander setzen will, findet im Deutschen Museum nun neben einer größeren Zahl von Zuse-Rechnern, darunter Z3, Z4, Z11, Z22, eine Fülle von originalen Schriftstücken, Fotos, technische Skizzen und Zeichnungen. Das Deutsche Museum macht diese Archivalien erstmals der wissenschaftlichen und auch der interessierten Öffentlichkeit zugänglich.

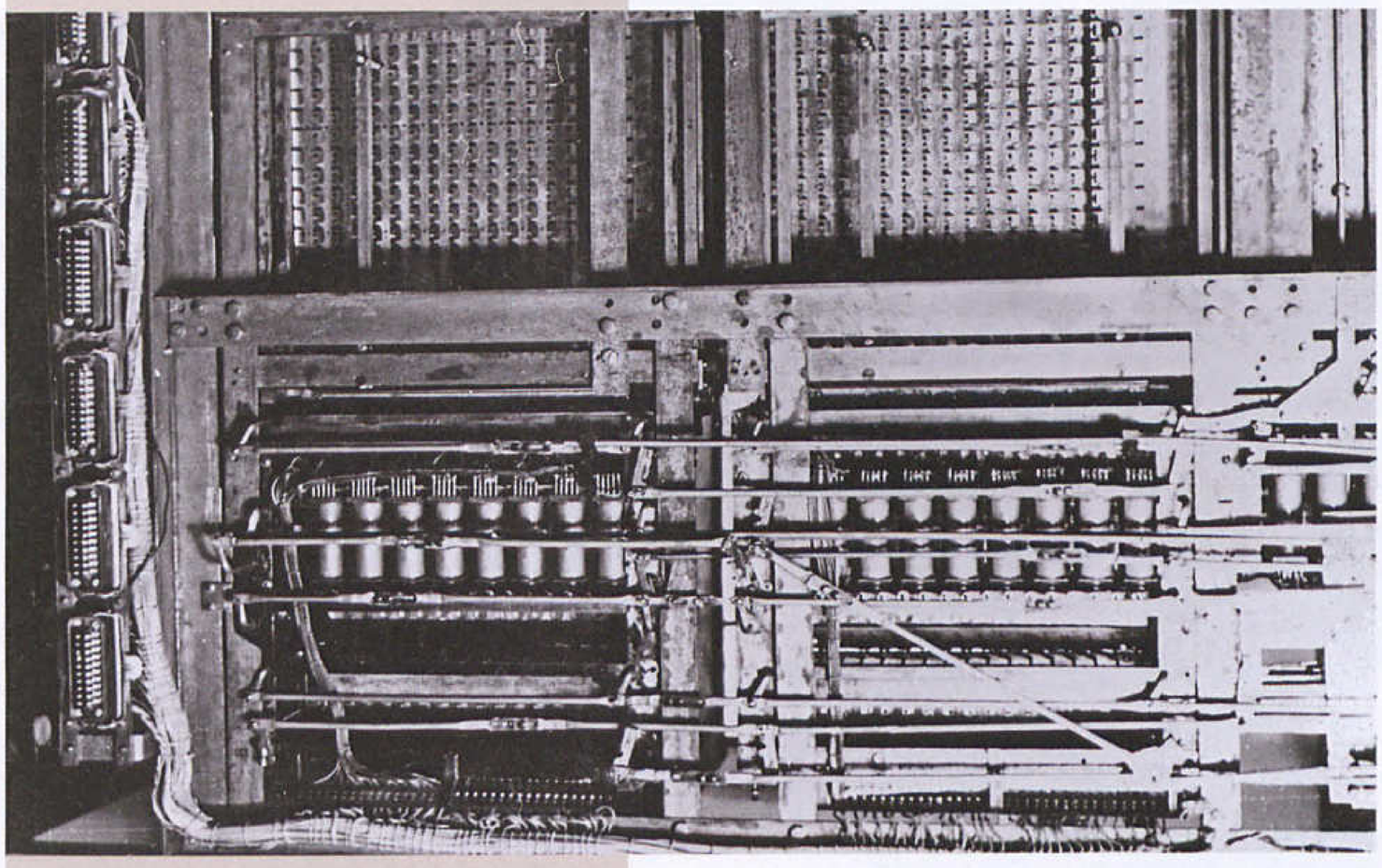
Nach seinem Diplomabschluss als Bauingenieur und kurzer Tätigkeit als Statiker in der aufstrebenden deutschen Flugzeugindustrie hatte Zuse beschlossen, Erfinder eines frei programmierbaren Rechenautomaten zu werden. In der Wohnung seiner Eltern arbeitete er dafür nicht nur Konzepte, Patentschriften und weitreichende Überlegungen zur zukünftigen Bedeutung der Computertechnik aus, sondern es gelang ihm dort auch nach mehreren Anläufen der Aufbau einer funktionsfähigen Maschine. Die Vorführung der später als »Z3« bezeichneten Maschine am 12. Mai 1941 vor einer Gruppe von Wissenschaftlern der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL), die im Gästebuch dokumentiert ist, gilt heute als Geburtstag des ersten funktionsfähigen, frei programmierbaren Rechenautomaten. Nachdem dafür ein Vierteljahrhundert später auch im deutschen Sprachgebiet der Begriff des »Computers« üblich wurde, hat Konrad Zuse seine Erinnerungen mit dem vielsagenden Titel »Der Computer, mein Lebenswerk« versehen.

Es fällt auch den Besuchern des Deutschen Musums, die sich noch an die Zeit vor dem PC erinnern können, nicht immer leicht, bei der Betrachtung der ausgestellten Z3 den

Abbildungen: Deutsches Museum

Urahn des eigenen Laptops zu erkennen. Wenn diese Maschine bei der Vorführung zwei eingetastete Zahlen addiert oder, vom Programm gesteuert, eine längere Folge elementarer Rechenschritte ausführt, kann man das Zusammenspiel und die Funktion der klappernden elektromechanischen Relais unmittelbar mit den Augen verfolgen. Der Erfinder hat sowohl den Speicher als auch das Rechenwerk der Z3 mit diesen Bausteinen aus der damaligen Telefonvermittlung aufgebaut. Um heute am eigenen PC derartig elementare Rechnungen ausführen zu können, benötigt man eine spezielle Software. Wie die Erfahrung zeigt, nehmen es die Besucher dem Vorführer gerne ab, wenn er erklärt, dass dabei ähnliche Schaltvorgänge in den kleinen elektronischen Chips während winziger Sekundenbruchteile und in sehr großer Anzahl unsichtbar und unhörbar ausgeführt werden. Auf diese Weise fasziniert die Z3 im Museum die Besucher täglich aufs Neue. Ganz unabhängig vom Alter kommt offenbar ein Wunsch nach mechanisch-sichtbarem Funktionieren zum Ausdruck, der in unserer von Elektronik und Software bestimmten Alltagswelt immer seltener erfüllt wird.

DISTANZ ZUR ELEKTRONIK. Dabei hatte es kein Jahrzehnt gedauert, dass nach der erwähnten denkwürdigen Vorführung in der Berliner Wohnung in den USA und in England die ersten elektronischen Computer betrieben werden konnten, wobei diese nicht zuletzt über den Begriff des »Elektronengehirns« weltweit populär wurden. Seither ist unsere Vorstellung vom Computer mit der Elektronik untrennbar verknüpft. Um so erstaunlicher muss es erscheinen, dass Konrad Zuse, der sich bereits 1936 mit der Idee einer elektronischen Ausführung seiner Maschine beschäftigt hatte, in seiner Firma Zuse KG erst ab 1958 elektronische Computer herstellen sollte. Für seine Zurückhaltung gegenüber der Elektronik gab es mehrere Gründe. Als Bauingenieur war er dafür nicht ausgebildet und die unumgängliche Einrichtung eines elektronischen Labors überstieg lange Zeit seine finanziellen Möglichkeiten. Der Nachlass von Konrad Zuse lässt eindrucksvoll erkennen, dass die Elektronik nicht seine Welt war, obwohl

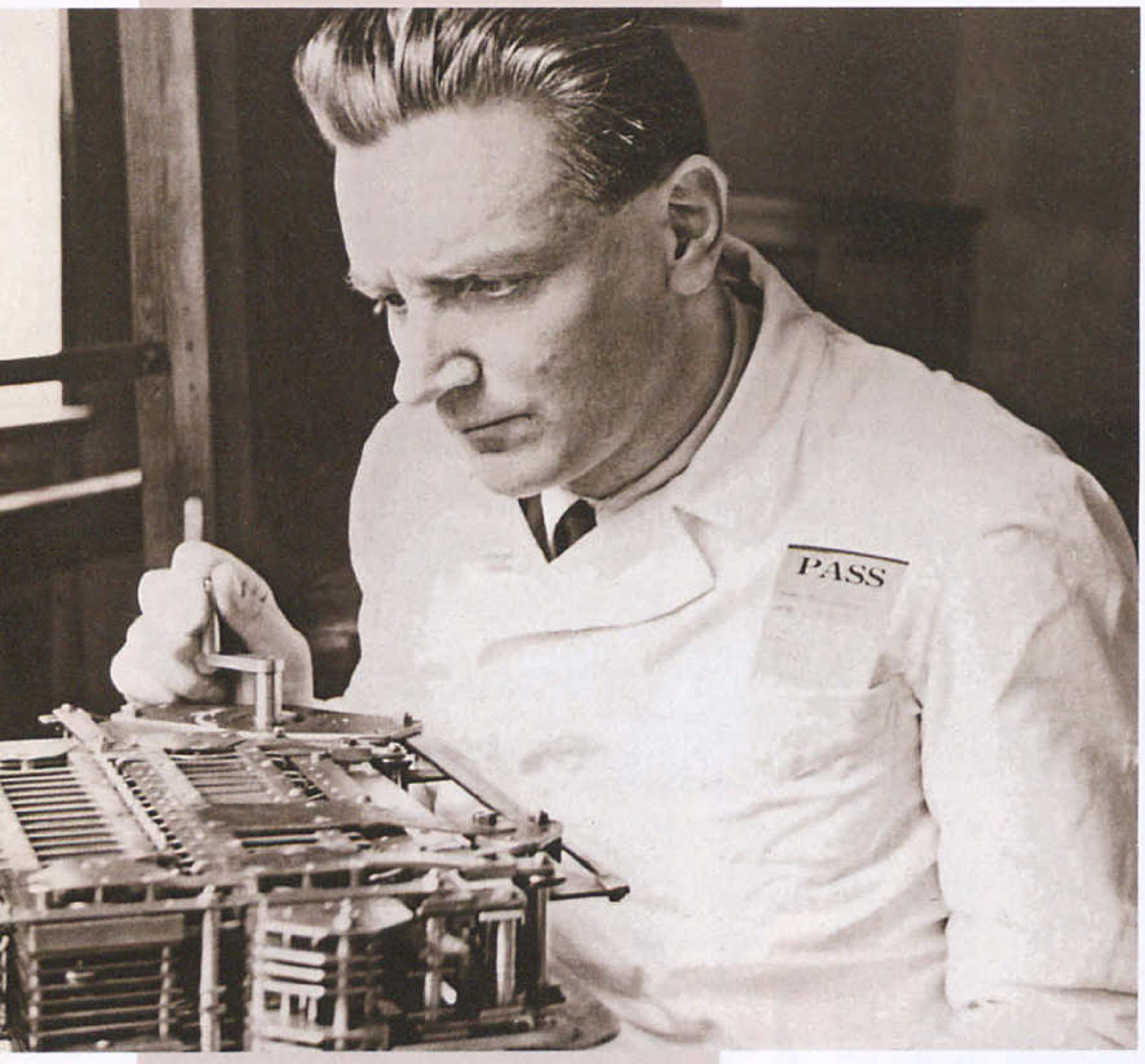


Unterseite des mechanischen Speichers der Maschine Z4, wie er 1949 nach Zürich ausgeliefert wurde.

Bild linke Seite: Konrad Zuse und sein Freund Helmut Schreyer bauen den Mechanismus des ersten programmgesteuerten Rechners auf (um 1936).

sie die technischen Entwicklungen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts ganz überwiegend prägte. Man gewinnt sogar den Eindruck, dass er, in einer Zeit, als der Personalcomputer bereits selbstverständlich war und die breite Nutzung des WWW sich unübersehbar ankündigte, gegen Ende seines langen Lebens der Welt nochmals die Möglichkeiten der Mechanik in exemplarischer Weise demonstrieren wollte. Die Rekonstruktion seiner um 1936 aufgegebenen mechanischen Maschine Z1 für das heutige Deutsche Technikmuseum und, vielleicht noch mehr, mit dem neu konstruierten und zum Patent angemeldeten sich selbst auf- und abbauenden Turm, raubten ihm – in der Zeit der abstrakten Gigabits – in ganz eigener Weise den Atem.

MECHANISCHE SCHALTGLIEDER. In seinen 1984 erschienenen, überarbeiteten Lebenserinnerungen hatte der Erfinder bereits erklärt, dass er die Elektronik nie ernsthaft verfolgt habe und dies hauptsächlich seiner »optischen Einstellung zur Welt« zugeschrieben. Es war beinahe ein halbes Jahrhundert vergangen, seit er sich entschlossen hatte, seine erste Maschine auch nicht mit den erwähnten, in den Telefonvermittlungsämtern der Reichspost üblichen Relais zu bauen, da diese in der erforderlichen Zahl das Wohnzimmer vollständig ausgefüllt hätten. Damals hatte er seine eigenwillige binäre mechanische Schaltgliedtechnik entwickelt. 1984 hatte er darüber nicht nur die Erkenntnis mitgeteilt,



Zuse mit einer für Remington Rand gebauten Demonstration der mechanischen Schaltgliedtechnik um 1950.

DR. HARTMUT PETZOLD leitet die Sammlungsbereiche »Mathematische Instrumente« und »Informatik« des Deutschen Museums.

»daß die Mechanik für solche Aufgaben nicht flexibel genug ist«, sondern auch noch bedauernd festgestellt: »Zwei Jahre meines Lebens hatte ich mich mit mechanischen Konstruktionen herumgequält, bis ich es schließlich doch aufgeben mußte.« Es blieb nicht sein letztes Wort zur Mechanik. Nur einige Jahre später sollte er mit der Rekonstruktion dieser aufgegebenen, rein mechanischen Maschine mit aktuellen technischen Mitteln neu beginnen.

Bereits nach dem Erfolg der funktionsfähigen Z3, bei der Rechenwerk und Speicher mit Relais aufgebaut waren, war er bei der Ausführung seines ersten größeren Auftrags wegen des geringen Platzaufwandes und einer erhofften billigen Herstellung in Stanztechnik beim Speicher zu seiner mechanischen Schaltgliedtechnologie zurückgekehrt und der Erfolg gab ihm Recht: Die so entstandene Maschine stellte mit der Bezeichnung »Z4« für kurze Zeit sogar den einzigen funktionsfähigen Computer auf dem europäischen Kontinent dar.

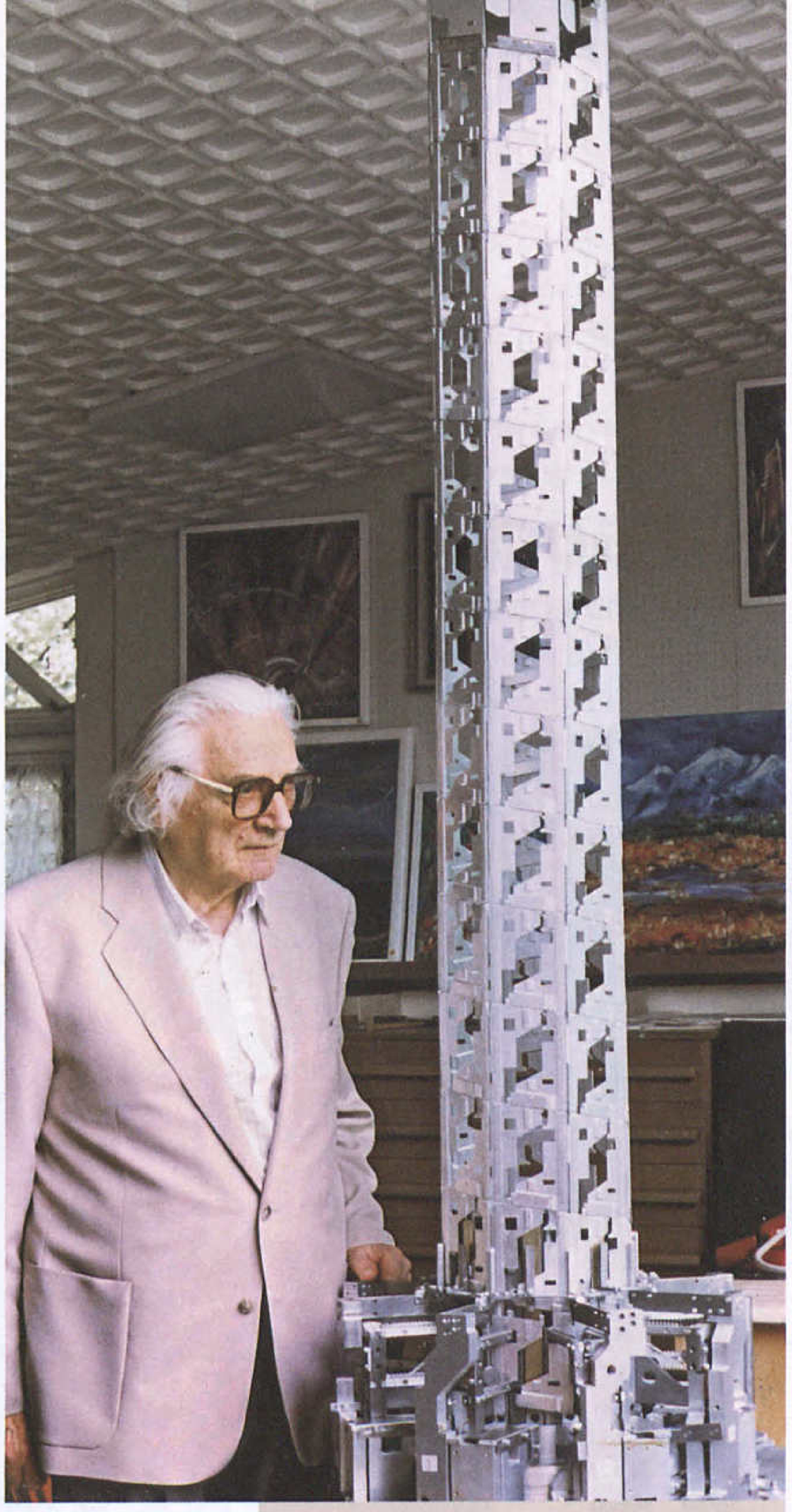
Das auslösende Moment für die aus heutiger Sicht eindrucksvollen Visionen von der späteren Bedeutung des Computers, die Konrad Zuse bereits in den 1930er Jahrenentwickelte, war nicht die Einsicht in die Möglichkeiten der Elektronik gewesen, sondern die Erkenntnis der umfassenden Bedeutung der dualen Schaltungstechnik für die Informationsverarbeitung. Ihm erschien schon damals die systematische technische Anwendung der Logik und der Algorithmen als der entscheidende Aspekt. In deren Bann sollte er sein ganzes Leben bleiben und sie schienen sich als dauerhafter zu erweisen als die immer neuen Erscheinungsformen der Elektronik, die damals noch auf der zweckentfremdeten Verwendung von Radioröhren beruht hatte. Auch nach dem Kriegsende bemühte er sich nicht vorrangig um den Aufbau eines Elektroniklabors, sondern formulierte am Schreibtisch mit seinem »Plankalkül« die Beschreibung einer ersten algorithmischen Programmiersprache und war immer überzeugt, damit der Entwicklung der Computertechnik am besten gedient zu haben.

BLECHE MIT LÖCHERN UND SCHLITZEN. Um so eigentümlicher erscheint es uns heute, wie Zuse gerade die mechanische Konstruktion mit diesen abstrakten Einsichten in Einklang bringen konnte. Beeindruckt von der mechanischen Massenproduktion, hatte er um 1935 ein System aus übereinander angeordneten Blechen mit raffiniert angebrachten Löchern und Schlitzen entwickelt, in denen kurze Zylinderstiftchen hin- und hergeschoben wurden. Wie Kulissen mussten die aufeinander liegenden Bleche senkrecht zueinander verschoben werden und die auf jeweils zwei Positionen plazierbaren Stiftchen standen für eine 0 oder eine 1 im binären Zahlensystem oder auch einem binär kodierten Rechenbefehl. Auf diese Weise konnte er prinzipiell alle Teile seines Rechenautomaten mechanisch realisieren.

Der Vergleich mit Pascal und Leibniz drängt sich auf, hatten sie doch bereits vor drei Jahrhunderten die Realisierbarkeit der als rein geistige Tätigkeit verstandenen Rechenarbeit durch einen Mechanismus demonstriert und damit Aufsehen erregt. Auch Zuse ging es lange um diesen Nachweis, wobei sein Plan jedoch von Anfang an über die alltägliche Zahlenrechnung hinausging und auch logische Entscheidungen miteinbezog. Auch sollte seine Konstruktion nicht nur den am einfachsten funktionierenden Automaten ermöglichen, sondern dabei die am billigsten herstellbaren Teile enthalten. Als jedoch in den Kriegsjahren die angestrebte industrielle Massenproduktion in der Stanzerei eines Industriebetriebes nicht zustande kam, blieb Zuse nur die Heimarbeit mit der Laubsäge. Er hat oft beschrieben, wie er dabei von Freunden unterstützt wurde, die ihm selbstlos halfen und auf seine bedeutende Erfindung große Erwartungen setzten. Die überlieferten Fotos vermitteln einen Eindruck von den eigenwilligen Apparaten, die auf diese Weise zustande kamen und so gar nicht in die Zeit des Computers zu passen scheinen.

Abbildungen: Deutsches Museum

64 WORTE IM MECHANISCHEN SPEICHER. 1936/37 gelang Zuse der funktionsfähige Aufbau eines Speichers und einer Recheneinheit, wenn auch mit allen Unzulänglichkeiten der von Hand gebastelten Einzelteile. Die Zusammenschaltung musste er schließlich aufgeben. Für die Ausführung des vom Luftfahrtministerium in den letzten Kriegsjahren erteilten ersten größeren Auftrags plante er den Speicher erneut im mechanischen System und es entstand die Maschine Z4. Dass seine damaligen Pläne über den späteren Z4-Speicher weit hinausgegangen waren, belegt der Auftrag, in dem eine Speicherkapazität von 1.000 Worten vereinbart war, wobei diese in einem ergänzenden Auftrag noch verdoppelt werden sollte. Für die Vorführung der Maschine im April 1945 in Göttingen, wo man bereits den Geschützdonner aus Kassel hören konnte, war nur eine minimale Ausführung des Speichers mit 16 Worten eingebaut. Der Nachweis, ob der 1.000-Wort-Speicher technisch realisierbar sein würde, fehlt bis heute. Bekanntlich konnte die provisorisch zusammengebaute Maschine in einem Bauernhof im Allgäu untergestellt werden. Bevor sie 1949 an die ETH Zürich vermietet wurde, wurde sie noch entsprechend den Wünschen der Züricher Mathematiker ergänzt. Der anschließende, beinahe fünf Jahre lang anhaltende Routinebetrieb in Zürich bewies die Tragfähigkeit der mechanischen Konstruktion Zuses. Der mechanische Speicher mit nunmehr 64 Worten war funktionsfähig – wenn er entsprechend gewartet wurde. Das Fragment dieses Speichers kann heute ebenfalls im Deutschen Museum besichtigt werden. Kurz vor der Aufstellung in Zürich hatte 1949 Maurice Wilkes im englischen Cambridge erstmals die Möglichkeiten eines voll funktionsfähigen elektronischen Computers mit gespeichertem Programm demonstriert und an immer mehr Stellen in Amerika und in Europa wurde mit dem Bau eigener elektronischer Computer begonnen. Die dabei üblichen Rechengeschwindigkeiten waren tausendfach höher als bei Zuses Mechanismus. Niemand hatte Zweifel daran, dass die Zukunft des Computers elektronisch sein würde.



Als 80jähriger entwickelte Konrad Zuse den mit einem Elektromotor angetriebenen, sich selbst auf- und abbauenden Turm (Bild oben).

Als Schüler baute Zuse in den 1920er Jahren mit seinem Metallbaukasten einen großen Bagger (Bild unten), der ebenfalls mit einem Elektromotor betrieben werden konnte.

PATENT FÜR WINDKRAFTANLAGEN. Um so bemerkenswerter erscheint es aus heutiger Sicht, dass die amerikanische Firma Remington Rand sich gerade zu dieser Zeit für Zuses binäre Mechanismen so stark interessierte, dass sie ihm den Auftrag zum Bau von Mustern erteilte. Selbst die Neue Züricher Zeitung gab in ihrem Bericht über die Aufstellung der Z4 der mechanischen Zuse-Technik eine Zukunft. Auch wenn in den folgenden beiden Jahrzehnten, in denen der Erfinder als Unternehmer die Zuse KG betrieb, die binären mechanischen Schaltungen keine Rolle mehr spielten, bedeutete das nicht, dass das Thema für ihn abgeschlossen gewesen wäre.

Nach 1980 kam der inzwischen Siebzigjährige mit einem neuen großen Vorhaben auf die mechanische duale Rechnertechnologie zurück. Er sollte und wollte für das damalige Museum für Verkehr und Technik, das heutige Deutsche Technikmuseum, in Berlin seinen ersten, damals entnervt aufgegebenen Rechenautomaten Z1 rekonstruieren. Nun stand ihm die modernste Fertigungstechnologie zur Verfügung und er baute die Maschine mit außerordentlichem Engagement und jahrelangem geistigen und körperlichen Einsatz erneut auf. Die ursprünglichen Ziele der maximalen Rechenleistung, der kostengünstigen Fertigungstechnik und des raumsparenden Aufbaus ließ er dabei fallen. Sie waren seit langem durch die Mikroelektronik überholt worden. Es ging nur noch darum, an einem öffentlich zugänglichen Ort zu demonstrieren, dass der rein mechanisch arbeitende Rechenautomat tatsächlich realisiert werden konnte.

Auch jetzt gab Zuse die mechanische Konstruktion nicht auf und entwickelte in seinen letzten Lebensjahren einen Turm, dessen ausgeführtes Modell allein mit einer Kurbel angetrieben, auf eine Höhe von über zwei Metern wuchs und sich bei Umkehrung der Drehrichtung wieder abbaute. Dieses letzte Werk des Erfinders soll für Windkraftanlagen eingesetzt werden und wurde durch Patente in vielen Ländern geschützt. ■■

Auftauchen im Museum

Das Unterseeboot U1 wird 100 Jahre alt

Vor hundert Jahren wurde mit U1 das erste Unterseeboot der deutschen Marine zu Wasser gelassen. Ein Jahrhundert lang haben danach U-Boote den Verlauf zweier Weltkriege und einen Kalten Krieg mitbestimmt. Oskar von Miller holte die zunächst verpönte »Zerstörungsmaschine« ins Deutsche Museum.

Von Jobst Broelmann

Selten wurde Erfindergeist so geschmäht. Als im Jahre 1900 der »Flotten-Agitator« Professor Carl Busley in Gegenwart von Kaiser Wilhelm II. über den internationalen Status der Unterseeboote vortrug, versäumte er es nicht, mit demografischer Akribie an die Vertreter bürgerlicher Stände Seitenhiebe auszuteilen: »Auf keinem Gebiete des Schiffbaues haben sich Unberufene oder gar Unwissende so breit gemacht, als auf dem des Entwerfens von unterseeischen Fahrzeugen [...] Es berührt doch etwas eigentümlich, [...] wie sich Pastoren, Lehrer, Seminaristen, Apotheker, Sparkassenbeamte [...] und andere ganz friedliche Leute mit den verschiedensten Technikern vom einfachen Maschinenarbeiter bis zum sogenannten Ingenieur im bunten Wechsel ablösen, um eine schreckenerregende Zerstörungsmaschine herzustellen.«

DAVID GEGEN GOLIATH. Hier ging es aber weniger um Standeskämpfe der Ingenieure, als darum, den Widerwillen der Marineleitung zu formulieren, sich von Laien und Zivilisten in vorschnelle Abenteuer mit einer ihr suspekten Waffe drängen zu lassen. Und in Großbritannien, dem großen Vorbild Kaiser Wilhelms, dachte man kaum anders.

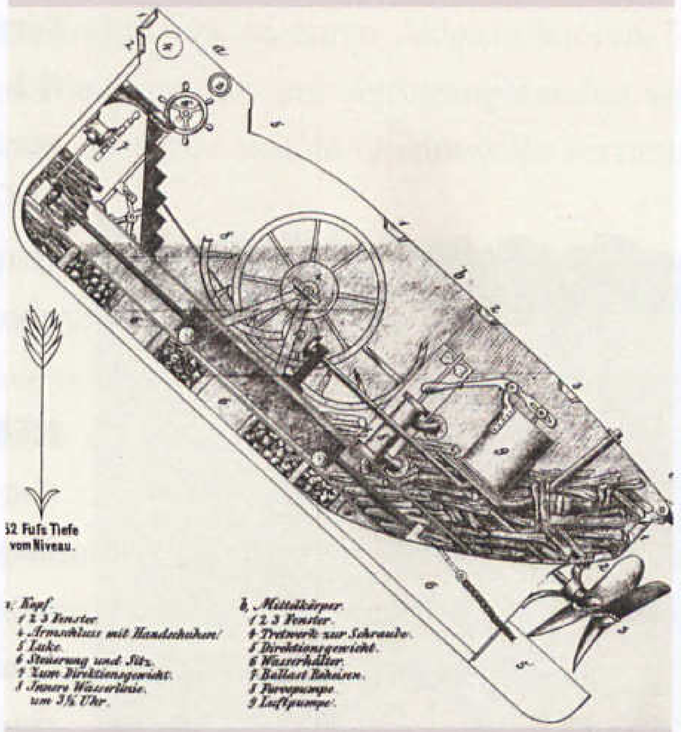
Woher stammte diese Ablehnung einer so verheißungsvollen Technikvision? Die Geheimnisse des Meeres lockten schon Alexander den Großen (356–323 v. Chr.) in die Tiefe, aber bereits Leonardo da Vinci (1452–1519) sah sich genötigt, sein Verfahren, unter Wasser zu bleiben, geheim zu halten, »wegen der bösen Natur der Menschen, die damit die Böden der Schiffe brächen und diese mitsamt den Menschen versenkten«.

REVOLUTIONÄRES PROJEKT. Solche Projekte lassen sich also weit zurückverfolgen. Unterseeboote waren in mehrfacher Hinsicht herausfordernd und revolutionär. Als tauchfähige Gebilde mussten sie das Archimedische Prinzip exakter beachten als jedes andere Schiff zuvor, das in seinem Überwasserteil noch beträchtliche Auftriebsreserven barg, sich also wesentlich gutmütiger verhielt. Gleichzeitig wurde eine »natürliche« Stabilität durch flutendes Ballastwasser außer Kraft gesetzt. Erstmals waren auch die Physiologie und der Luftbedarf der Besatzung zu beachten, zumal die Antriebsfrage lange durch Muskelkraft gelöst werden musste.

In diesen Besonderheiten, die den Konstrukteuren vieles abverlangten, sahen diese auch ihre Chance. Der traditionelle Schiffbau, wie er in den Arsenalen der Seemächte betrieben wurde, bot dem privaten Erfinder kaum Angriffspunkte. Das System der Kriegsschiffe beruhte auf einer durchorganisierten Normung und Vorratshaltung aller Teile, die ebenso streng geregelt und überwacht wurde wie die Disziplin an Bord. Insofern stellte das U-Boot auch eine geistige und listige Auflehnung gegen eine organisierte Übermacht dar und führte einen neuen, gesetzlosen Handlungsraum ein, in dem etwa Kapitän Nemo, der Kommandeur des Nautilus bei Jules Verne, »nicht mehr den Regeln der Gesellschaft gehorchte, mit denen er gebrochen hatte«.

Die Absicht, sich unbemerkt einem mächtigen Linienschiff zu nähern und dieses zu sprengen, um sich an einer ungeliebten Großmacht zu rächen, erfüllte einen Tatbestand, der heute als Terrorismus bezeichnet wird. So wurde der Erfinder John Holland anfangs von der irischen Freiheitsbewegung in Amerika finanziert, um gegen England seinen *Fenian Ram* zu entwickeln. Der als hitzköpfig geltende bayerische Erfinder Wilhelm Bauer äußerte in dieser Weise gar die Absicht, »mich ungesehen feindlichen Schiffen zu nähern, an diesen Sprengladungen zu befestigen und zu entzünden, wobei ich mich durch Schwimmen retten oder mitexplodieren wollte.«

Die tatsächlich ausgeführten kleinen U-Boote entsprangen also nicht einer fortschrittlich-überlegenen Technik, sondern einem Gefühl der Ohnmacht, aus dem heraus sie auch »Davids« genannt wurden. Robert Fulton versuchte 1797, Frankreich zu überzeugen, die weit überlegene Seemacht England mit einem Unterseeboot bekämpfen zu können. Er stieß jedoch dort – wie auch nach einem Frontenwechsel in England – auf Ablehnung: die Kriegführung unter Wasser sei zu heimtückisch und unehrenhaft, um sie im Namen des Staates ausüben zu lassen. Das Unterseeboot erhielt den Ruf der Waffe des Schwachen und Minderen: »l'arme du faible,



Eine labile Schwimmlage, die zum Untergang führte, zeigt die Skizze des »Brandtauchers« von Wilhelm Bauer, der 1851 im Kieler Hafen versank.

Ballastwasser: Ein Tauchboot taucht durch »Selbstversenkung«: das Öffnen von Ventilen und Einlassen von Ballastwasser in die dafür vorgesehenen Räume. Entstehen dabei zu große freie Wasseroberflächen, kann die Schwimmlage labil werden. Gut auszuprobieren an einer schwimmenden, halb gefüllten Schüssel.

Archimedisches Prinzip: Der Auftrieb eines Schwimmkörpers ist gleich dem Gewicht der von ihm verdrängten Flüssigkeitsmenge. Ein »Überwasserschiff« taucht gerade so tief ein, bis das von seinem Rumpf verdrängte Wasser dem Gesamtgewicht des Schiffes entspricht.

Bild links: Zunächst war U1 für eine Besatzung von 12 Mann vorgesehen. Im Schulungsbetrieb steigerte sich diese auf bis zu 22. Rangordnung und Trennung von Offizieren und Mannschaften traten in den Hintergrund.

Abbildungen: Möllenberg; Deutsches Museum

Der spanische Ingenieur D'Equevilley, der am Entwurf von U1 beteiligt war, auf dem Versuchs-U-Boot *Forelle*. Verständlich, dass die Verfechter einer Hochseeflotte solche Projekte verspotteten. Die schlechte Sehfähigkeit im reinen Unterseeboot sollte durch kleine verglaste Kuppeln oder einfachste Sehrohre überwunden werden, die ein schwieriges Manövrieren nahe der Wasseroberfläche erforderten; außerdem neigten die spindelförmigen Rümpfe bei schneller Überwasserfahrt zum Unterschneiden, d.h. zum ungewollten Untertauchen.

l'arme du pauvre«. Der Brandtaucher Bauers, schließlich widerwillig finanziert und zu schwach ausgeführt, versank 1851 schon beim ersten Tauchgang im Kieler Hafen. Der »reisende Erfinder« Bauer bot ihn später in Österreich, Frankreich, England und Russland an – ohne Erfolg.

NERVENKRIEG. Das Beunruhigende und Bedrohliche dieser neuen Waffe, ihre Unsichtbarkeit und ihr ungewisses Potential dem Feinde wie dem Insassen gegenüber versprachen nur neue Unwägbarkeiten und Risiken. Erste Stimmen verwiesen auf die Dimension eines »Nervenkrieges«, auf eine Auseinandersetzung mit und inmitten einer Maschinerie, die »starke Nerven« forderte, und nahmen das Spannungsmoment vorweg, wie es später tatsächlich herrschte und in vielen Kriegsfilmen thematisiert wurde: »Die Nervenanspannung, die dies andauernde Ausspähen nach dem Unsichtbaren mit sich bringt, das unaufhörliche Warten auf das, was nicht eintritt, ist unerträglich« (Alan Burgoyne, 1903). Selbst Visionäre äußerten sich angesichts der komplexen technischen Probleme skeptisch, wie H.G. Wells bemerkte: »Unterseeboote werden allenfalls ihre Besatzungen ersticken.«

»SOUS-MARIN« UND »SUBMERSIBLE«. Aus der Vielzahl der Entwürfe kristallisierten sich um 1900 zwei Varianten heraus: das »reine« Unterseeboot, in Spindel- oder Fischform, mit schlechten Überwassereigenschaften sowie das tauchfähige Überwasserschiff, relativ langsam und unbeholfen unter Wasser. Die Tendenz ging zum Tauchboot, vom »sous-marin« zum »submersible«, denn die Antriebsenergie unter Wasser blieb an Akkumulatoren gebunden, und das Leitbild der Überwasserschiffe wirkte überzeugender, besonders das der Torpedoboote, die die neue Waffe des Torpedos lancierten. Hier hatte der französische Marineingenieur Maxime Laubeuf eine Ära des offensiven Hochsee-U-Bootes eingeleitet, als er 1896 ein Torpedoboot entwarf, »das im Inneren ein Unterseeboot versteckte«, also ein Zweihüllenboot. Ebenso erhielt das Tauchboot einen zweiten Antrieb, um für längere Strecken vom Elektroantrieb unabhängig zu werden; bereits 1901 sah Laubeuf hierfür einen Dieselmotor vor.

Frankreich, das mit einer »jeune école« sich im Sinne Fultons gegen die Seemacht England wappnen wollte, besaß so bis zur Jahrhundertwende einen großen Technologievorsprung mit einer »Musterkarte der verschiedensten Typen«.

In dieser Zeit erhielt die Germaniawerft der Firma Krupp in Kiel von einem spanischen Ingenieur Vorschläge für Unterseeboote. Raimondo d'Equevilley, sozusagen ein spanischer Wilhelm Bauer, war Mitarbeiter von Laubeuf gewesen, hatte in Frankreich aber nicht Fuß fassen können. Da die deutsche Marine sich immer noch abwartend verhielt, gab Krupp schließlich den Auftrag, auf eigene Rechnung ein kleines Versuchsboot herzustellen, die *Forelle* (siehe Abbildung links). D'Equevilley reproduzierte nun bei Krupp die beiden in Frankreich etablierten Grundvarianten. Dem Elektroboot *Forelle*, als »sous-marin«, folgten drei für Russland bestimmte Tauchboote, danach bis 1906 schließlich U1 für die Kaiserliche Marine, die auf Plänen von Laubeuf beruhten.

Der von der Marine abkommandierte deutsche Ingenieur Berling, der bisher das U-Bootswesen für »großen Unsinn« gehalten hatte, kritisierte d'Equevilley in vielem, etwa wegen eines krassen Fehlers bei der Berechnung des Druckkörpers von U1. Er habe die sogenannte Kesselformel benutzt, die von einem größeren Innendruck ausgeht, und nicht die wesentlich geringere Beul–festigkeit für einen größeren Außendruck zugrunde gelegt. In längeren Erprobungen von U1 waren etliche Mängel zu beheben. Insgesamt bedurfte es in dieser Anfangsphase allgemein auch

der Entwicklung vieler Komponenten bei den Zulieferindustrien, Motoren, Akkumulatoren, Signalmitteln und Sehrohren. Da noch keine geeigneten Dieselmotoren zur Verfügung standen, wurden Petroleummotoren eingesetzt, die die ersten Boote mit einer weißen Qualmwolke verrieten.

UNTERSEEBOOTE IN DER ÖFFENTLICHKEIT UND IM TECHNISCHEN MUSEUM. Es wirkt wie eine Ironie der Geschichte, dass Oskar von Miller für den Aufbau der Schiffbauabteilung seines Museums sich just die Dienste Carl Busleys als Fachbeirat sicherte, um gerade jenen Bevölkerungsschichten, deren erfinderisches Interesse dieser vorher so verspottet hatte, diese Technik im Museum nun populär näher zu bringen.

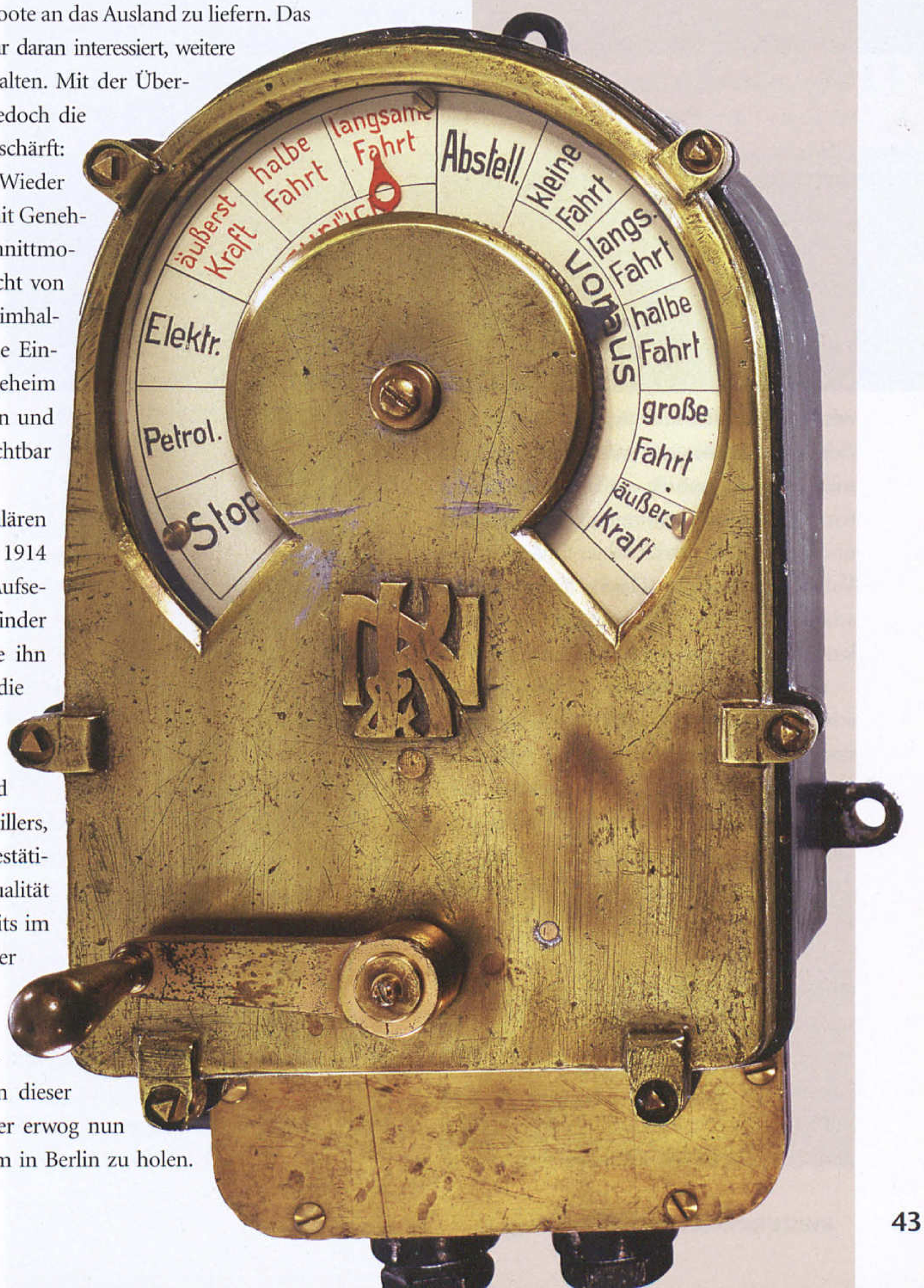
Im Wettbewerb mit dem 1906 eröffneten Meereskundemuseum in Berlin lag Miller insofern im Hintertreffen, da dieses den inzwischen gehobenen Brandtaucher des Münchner Wilhelm Bauer zeigen konnte, nachdem das Wrack zuvor vom Bayerischen Armeemuseum abgelehnt worden war.

Die Thematik der U-Boote wurde nun von der Industrie vorangetrieben, die, wie die Firma Krupp, Miller auf seiner Seite wusste. Die auf Export bedachte Germaniawerft suchte weiter die internationale Bühne, wie die Weltausstellung in Mailand 1906, wo sie ein genaues, maßstäbliches Modell von U1 zeigte, um danach wiederholt U-Boote an das Ausland zu liefern. Das Museum, das dieses Modell anschließend erhielt, war daran interessiert, weitere Details zu U1 und der U-Boot-Entwicklung zu erhalten. Mit der Übernahme des U-Bootes durch die Marine wurde jedoch die Geheimhaltung aller technischen Details noch verschärft: U1 lag im Hafen hinter Sichtblenden verborgen. Wieder übernahm die Firma Krupp die Initiative, als sie mit Genehmigung des Reichsmarineamtes 1912 noch ein Schnittmodell von U1 bauen ließ. Miller ließ sich dabei nicht von einer ihm zuvor von der Marine auferlegten Geheimhaltungspflicht beeindrucken und drängte, »einzelne Einrichtungen, welche zur Zeit vielleicht noch geheim gehalten werden, im Modell dennoch anzuordnen und durch Vorsetzen einer Wand bis auf weiteres unsichtbar zu machen«.

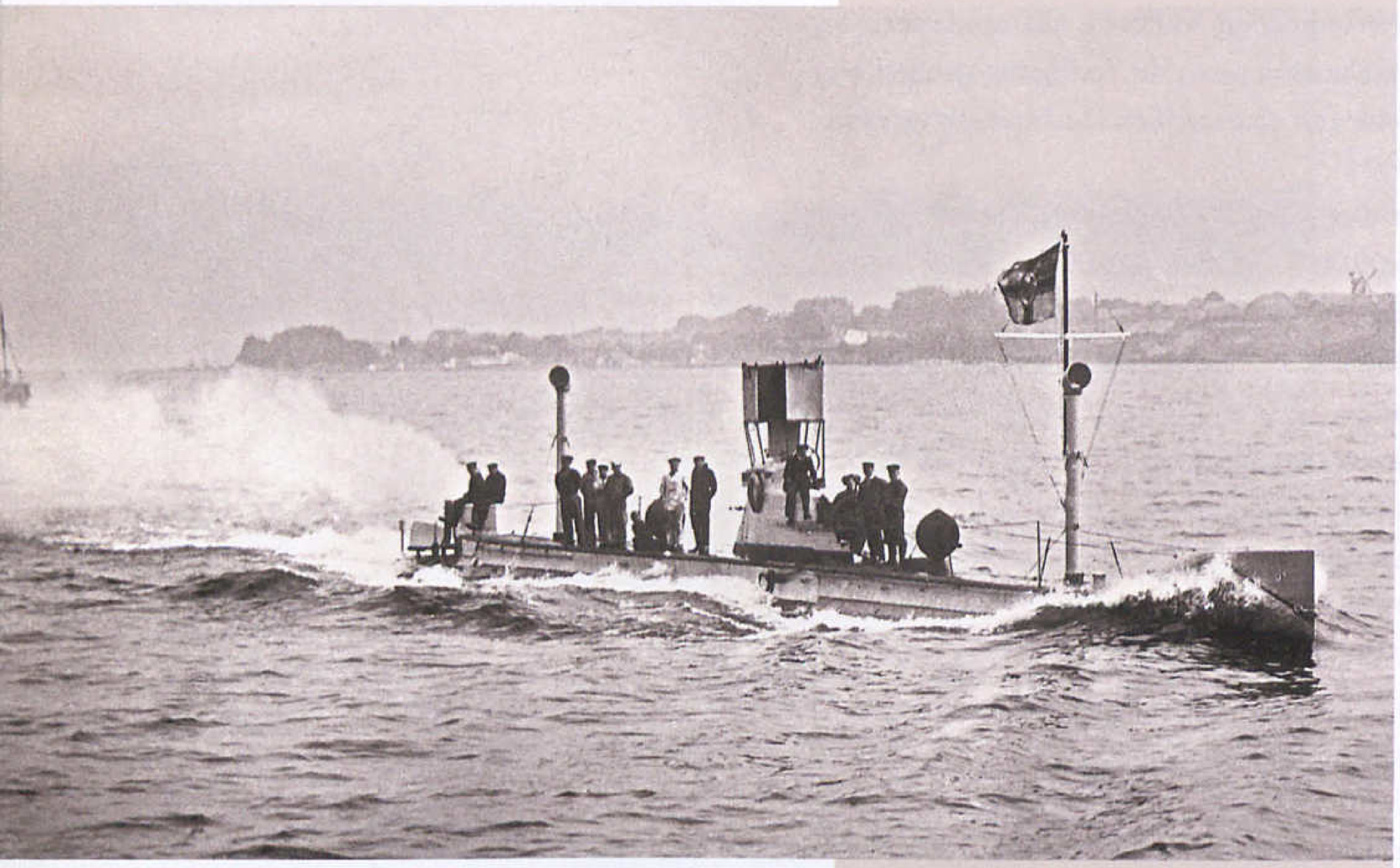
Der Ausbruch des Weltkriegs und die spektakulären Aktionen der U-Boote, etwa als U9 im September 1914 drei britische Panzerkreuzer versenkte, erregten Aufsehen auch in München, wo Wilhelm Bauer als Erfinder des Tauchbootes verehrt wurde. Die Stadt hatte ihn bereits mit einer Büste an seinem Grab gewürdigt, die Miller in der Gießerei seines Vaters kopieren ließ.

Die Euphorie bei Kriegsbeginn, in der die Schaufenster Münchens mit Kriegsmaterial und Beutewaffen gefüllt waren, prägte das Konzept Millers, der im großen Interesse der Bevölkerung eine Bestätigung seines Museums erkannte. Um dessen Aktualität weiter unter Beweis zu stellen, bat er Busley bereits im November 1914: »nachdem die großen Erfolge der deutschen Unterseeboote das allgemeine Interesse für diese Waffe ganz besonders geweckt haben, wäre es sehr wichtig, dass die Mitwirkung deutscher Erfinder bei den ersten kühnen Versuchen dieser Boote in der ganzen Welt bekannt würde.« Miller erwog nun sogar, den Brandtaucher Bauers aus dem Museum in Berlin zu holen.

Maschinentelegraf des U1 mit der Wahl zwischen »Elektr.« und »Petrol«-Fahrt, mit dem Firmensignum der Zulieferfirma Neufeldt & Kuhnke, Kiel.



Abbildungen: Deutsches Museum



»U1 in voller Fahrt«, (etwa 11 Knoten, 20 km/h). Nach der Propaganda für eine Hochseeflotte fand das U-Boot in Deutschland erst Anerkennung, als es als Überwasserschiff seine Seefähigkeit bewiesen hatte. Ein solcher Nachweis gelang U1 bei einer Fahrt bei Sturm um Jütland 1907. U-Boote wurden daraufhin auch mit höheren Türmen versehen. U1 erhielt außerdem zur Verbesserung der See-Eigenschaften einen hochgezogenen Vorsteven. Bei einer Länge von 42,4 m betrug die Wasserverdrängung etwa 238 t über, 283 t unter Wasser.

Busley beschwor ihn jedoch, in der Hauptstadt keine Missstimmung zu erregen.

HOFFNUNGEN IN DIE TECHNIK. Siegesgewissheit und große Hoffnungen in die Technik lassen sich in einem Bericht des Museums anlässlich der Kriegsmaßnahmen erkennen: »Wenn nach glücklich beendigtem Kriege das Deutsche Museum fortfahren kann, seiner Friedensarbeit zu obliegen, dann werden unsere Sammlungen nicht nur eine Geschichte der Wissenschaft und Technik aufrollen, sondern werden auch erkennen lassen, wie neben dem Todesmut unserer Soldaten und neben dem patriotischen Opfersinn des Volkes auch deutsche Wissenschaft und deutsche Technik eine Waffe boten, die das Vaterland in der Abwehr der Feinde unterstützte.«

Bei Kriegsanfang galten die ersten deutschen U-Boote als technisch überholt und nur noch zur Schulung geeignet. U1 wurde zu Übungen im Kieler Hafen benutzt. Die aktuelleren Boote und spätere U-Kreuzer sollten im Verlauf des Krieges bald Größen von 2.000 t und Fahrstrecken von 12.000 Seemeilen erreichen.

Neben der Propaganda hoher Versenkungszahlen häuften sich die Kriegsdarstellungen im Land. Vermehrt wurden an das Museum Wünsche herangetragen, Modelle von U-Booten zur Verfügung zu stellen, die ja nur wenige aus nächster Nähe kannten. Miller ging es ähnlich, doch war er privilegiert und erhielt dank seiner Beziehungen zu Krupp die Erlaubnis, die Germaniawerft besichtigen zu dürfen. Millers Interesse am Kriegsgeschehen beherrschte die weitere Planung, in der er, inzwischen als »Jäger und Sammler« berüchtigt, schon ein komplettes U-Boot, »wenn möglich U1«, ins Auge gefasst hatte. Vor seinem Besuch alarmierte die Germaniawerft ihre Zentrale in Essen: »Wir fürchten [...] dass Herr v. Miller allerhand Modellwünsche haben wird. Wir werden aber unseren Modellbesitz vor ihm zu schützen suchen.« Miller bedankte sich nach der Werftbesichtigung für eine »überaus interessante Unterseefahrt« – er sollte statt eines Modells bald ein Original erhalten.

Der uneingeschränkte U-Bootkrieg, der eine zuvor allgemein respektierte Seekriegsordnung beendete, entsprach in der Aufrechnung von versenkter und neu erbauter Schiffstonnage der Alliierten den erbitterten blutigen Materialschlachten des Grabenkriegs. Miller blieb unerschüttert und hoffte auf einen fairen Frieden:

»Am Ende des dritten Kriegsjahres geziemt es sich, dankbar und mit Bewunderung der wertvollen Dienste zu gedenken, welche die deutsche Industrie in Verbindung mit der Wissenschaft dem Vaterland für die siegreiche Durchführung des Kampfes zu leisten vermochte, aber auch Klarheit darüber zu gewinnen, wie gerade sie den baldigen Friedensschluss zu erleichtern vermag. Was die Industrie für den Krieg geleistet, ist noch in voller Erinnerung [...] Als auf dem Meere der [...] Kampf mit der englischen Flotte begann, waren es die genauen Maß- und Zielapparate deutscher Fabriken, die das Feuer unserer Schiffe wirkungsvoller machten als das der Gegner. In noch höherem Maße als die Kampfkraft der Schlachtflotte überraschte den Feind die Leistung unserer Unterseeboote.«

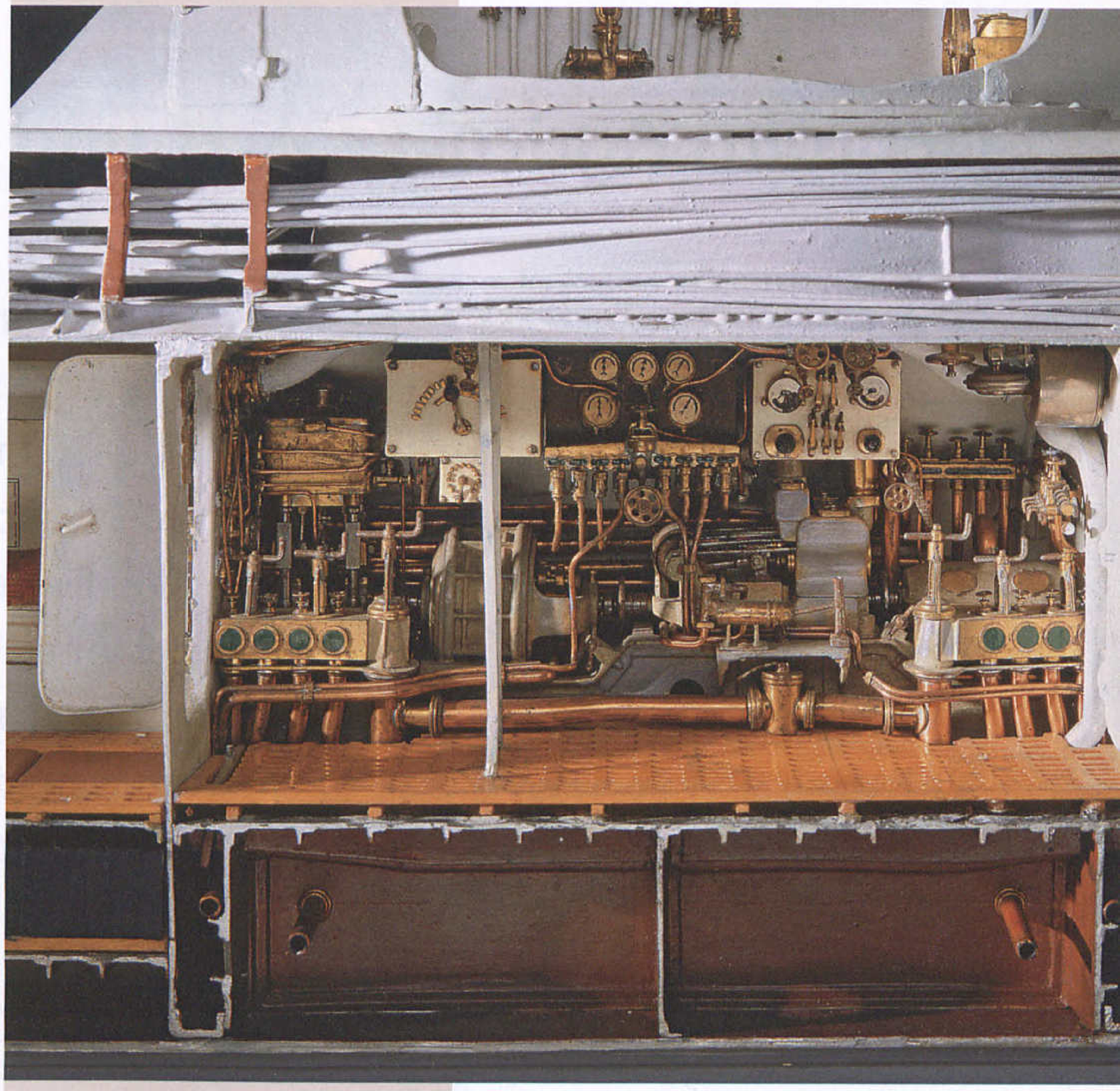
Noch vor Kriegsende stellte Miller die Forderung nach U1, die er dem Reichsmarineamt vortrug: »Das Deutsche Museum beabsichtigt, [...] ein möglichst getreues Bild von den Einrichtungen der Unterseeboote und der Art ihrer Betätigung zu geben. Es ist zu diesem Zweck beabsichtigt, das erste deutsche Unterseeboot U1 [...] aufzustellen. Wenn möglich, soll den Besuchern auch Gelegenheit gegeben

werden, in einem besonders zu diesem Zweck anzulegenden Bassin ein betriebsfähiges Original-U-Boot zu studieren«, wofür »umfangreiche bauliche Anlagen im Bett der Isar« eingeplant wurden.

Intern jedoch wurde, etwa vom deutschen Konstrukteur Berling, die Wahl von U1 als »deutsches« U-Boot kritisiert, der lieber U2 oder U9 gesehen hätte. Auch die Werft befand, dass U1 schon teilweise abgewrackt sei und sich für das Museum nicht mehr eignete.

Dennoch musste U1 wie eine Reliquie verteidigt werden gegenüber den Alliierten und dem Reichsmarineamt, das eine Aufstellung in Berlin erwog. Als England die Abgabe sämtlicher U-Boote forderte, befahl Miller seinem Konservator: »Menck – U1 retten.« In einer verworrenen Lage, in der ausgiebig um »wesentliche« und »innere Teile« des Bootes gestritten wurde, war es die unbeirrbare Haltung Millers, die Krupp von einem positiven Ergebnis überzeugte. Gegen alle Widerstände verfügte die Firma 1921 schließlich durch einen Kauf über U1 und übernahm auch die Kosten des Transportes und der Aufstellung in München.

Mit U1 zeigte Miller sein untrügliches Gespür für die Symbolik und die Anziehungskraft technischer Objekte und ein erfolgreiches Besucher-Museum. Schon 1919 erkannte man dort U-Bootsteile als geeignet »zum wirtschaftlichen Aufbau des Fremdenverkehrs«. U1 wurde beispielhaft für eine ganze Serie von Museums-U-Booten, unter ihnen U505 in Chicago, das heute als eine Mischung aus »U-Boot-Kunst« und Kriegerdenkmal gilt. Spätere Versuche des Deutschen Museums, eines der größeren Boote, etwa des Typs VII oder gar des Typs XXI des Zweiten Weltkrieges nach München zu holen, scheiterten vor allem an der Finanzierung des Transports, während, an geografisch günstigeren Orten, sich in Deutschland inzwischen sieben weitere Museums-U-Boote befinden.
Das U-Boot blieb eine Herausforderung für Neue Technologien, besonders im Kalten Krieg mit seinem riskanten Kräftespiel atomarer Waffen. Strenge Geheimhaltung – zuletzt bei der Tragödie der Kursk – hat das öffentliche Interesse wachgehalten. Zeitgleich mit der Einführung einer neuen Entwicklungsstufe, der Brennstoffzelle, ist das alte Feindbild abgetaucht. Nun wird als neue Einsatzmöglichkeit der Kampf gegen einen neuen Feind genannt – Terroristen. ■



Ausschnitt des 1912 von der Firma Krupp gestifteten Schnittmodells von U1. Dieses gab im Museum erneut mehr Details bekannt als alle aktuellen Veröffentlichungen in der Presse und galt in seiner Detaillierung selbst als ein »Meisterwerk der Kleintechnik«.

Abbildungen: Deutsches Museum

DR. JOBST BROELMANN war von 1982 bis 2005 Leiter der Abteilung Schifffahrt. Zurzeit bearbeitet er eine Publikation über »Das Unterseeboot« in den Beständen des Deutschen Museums.

Anzeige

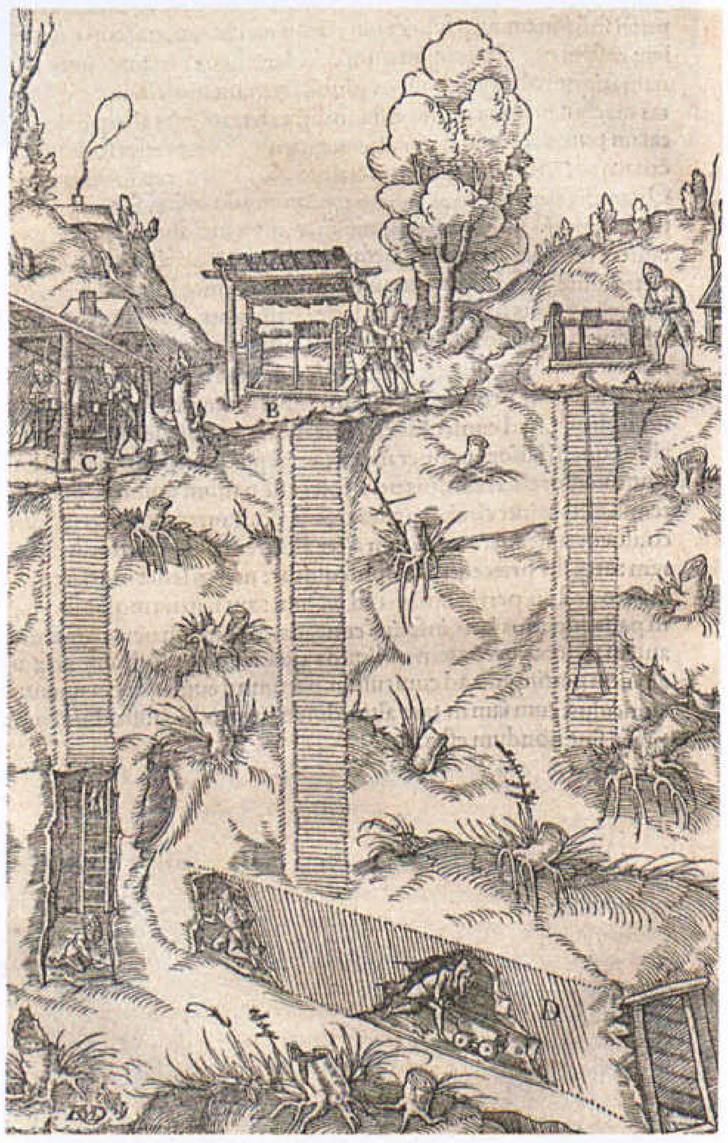
Georgius Agricola – Arzt und Montanist

450 Jahre »De re metallica«

Das sicherlich berühmteste technische Buch der Frühneuzeit, Georgius Agricolas »De re metallica«, ist 1556 in Basel erschienen, die Bibliothek des Deutschen Museums besitzt sowohl die lateinische wie die deutsche Erstausgabe. Zahlreichen, in den letzten Jahrzehnten veröffentlichten bibliophilen Ausgaben ist es zu verdanken, dass das Werk technikhistorisch Interessierten noch heute allgemein bekannt ist.

Von Helmut Hilz

Der Autor, der 1494 im sächsischen Glauchau geborene Georg Pawer, hat nach der Mode des Humanismus seinen Namen latinisiert. Allgemein bekannt ist der Arzt und Humanist deshalb als Georgius Agricola. Seine Studienjahre verbrachte er in Leipzig und an verschiedenen italienischen Universitäten. Danach ließ er sich 1527 im heute tschechischen St. Joachimsthal am Südrand des Erzgebirges als Stadtarzt nieder. Die nur zehn Jahre zuvor gegründete, für ihren Silberbergbau bekannte Stadt bot ihm die Möglichkeit, seinen Beruf und sein Interesse für Mineralogie eng miteinander zu verbinden. Die Begeisterung des Arztes Agricola für Mineralien aber war keineswegs zufällig: diese waren zusammen mit Pflanzen die Ausgangsbasis für die Herstellung von Medikamenten. Im Zuge der Renaissance entdeckte man das aus der Antike überlieferte medizinische und pharmazeutische Wissen neu. Die genaue Kenntnis der damals als Heilmittel verwendeten Mineralien war jedoch verloren gegangen, so dass Eigenschaften und Wirkungen dieser Stoffe neu erarbeitet werden mussten. Aus diesem Grund sammelte Agricola Mineralien



Handhaspeln erleichterten den Bergleuten das Fördern. Links unten ist das Handzeichen des Holzschneiders Hans Rudolf Manuel Deutsch zu erkennen.

Bild oben links: Aufsuchen der Gänge mit der Wünschelrute und durch Schürfgräben.

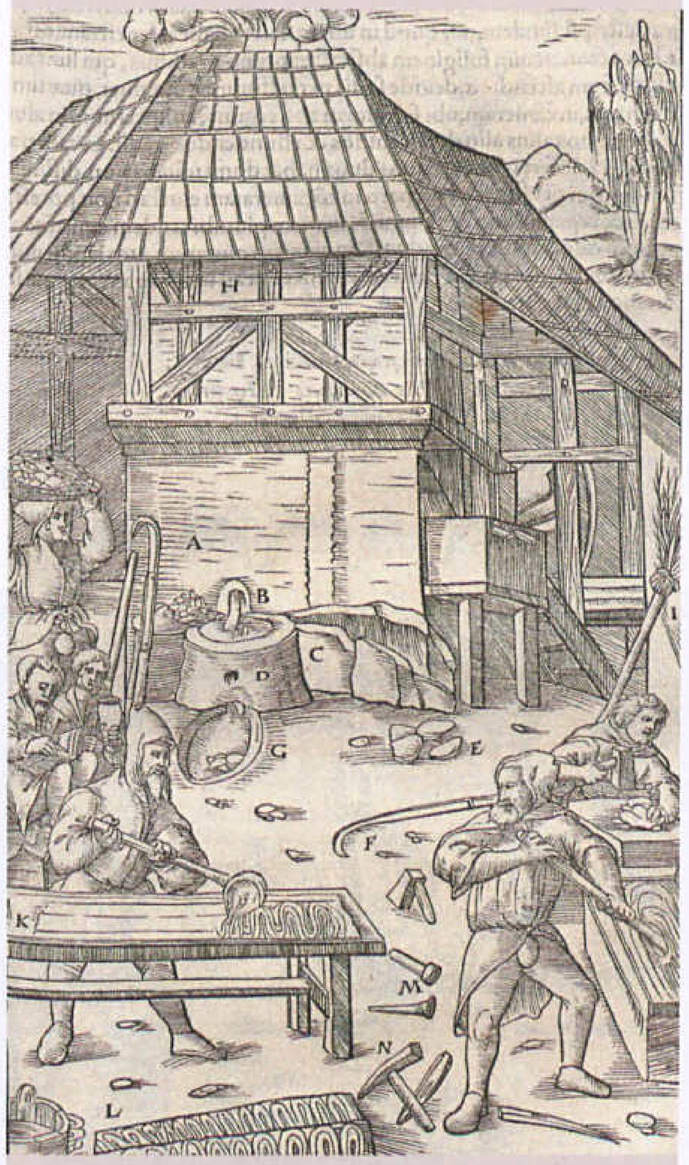
und fuhr auch selbst in das Bergwerk ein; ausgehend von Medizin und Mineralogie entwickelte sich sein Interesse für Bergbau und Hüttenwesen. Erste Ergebnisse seiner Forschungen veröffentlichte er 1530 in *Bermannus sive de re metallica*. Die geowissenschaftlichen und montanistischen Verhältnisse St. Joachimsthals werden hier in einem Dialog zwischen zwei Ärzten und einem Bergmann dargestellt.

Agricola ging 1531 nach Chemnitz, wo er bis zu seinem Tod 1555 als Stadtarzt und zeitweise auch als Bürgermeister wirkte. Trotzdem fand er Zeit zu einer breiten wissenschaftlichen Tätigkeit und schrieb zahlreiche Bücher zu Bergbau und Hüttenwesen, Geowissenschaften, Metrologie und Mineralogie, das berühmteste davon war *De re metallica*. Agricola zeichnete darin seine im Erzgebirge gewonnenen Kenntnisse über den Bergbau auf. Er stützte sich dabei aber nicht nur auf eigene Erfahrungen, sondern verwertete auch das in den zeitgenössischen Berg- und Probierbüchlein und vor allem in Vanoccio Biringuccios *De la Pirotechnia* (siehe Kultur & Technik 28 (2004), Heft 1, S. 59) enthaltene

Abbildungen: Deutsches Museum

Wissen. Nach rund zwanzigjähriger Arbeit konnte Agricola 1550 das Manuskript endlich abschließen. Dass das Buch erst sechs Jahre später erschien, lag an der zeitaufwändigen Herstellung der 292 Holzschnitte. Diese zählen zu den herausragendsten technischen Illustrationen der frühen Druckgeschichte. Dargestellt sind Grubenbaue, Hüttenbetriebe und Maschinen, doch erhält der Betrachter auch einen genauen Eindruck vom Arbeitsalltag in der Mitte des 16. Jahrhunderts. Die Darstellungen waren anders als bei Publikationen der Inkunabel- und Frühdruckzeit nun nicht mehr schmückende, zierende Beigabe, sondern stellten als Sachzeichnungen das dar, was sich in Worten nur sehr umständlich und ungenau ausdrücken ließ. Seitdem sind Bilder in naturwissenschaftlichen und technischen Werken unverzichtbar. Die Zeichnungen entwarf der Joachimsthaler Basilius Wefring. Die bekannten oberrheinischen Holzschnittkünstler Hans Rudolf Manuel Deutsch (1525–1571) und Zacharias Specklin (1530–1576) haben sie gerissen. Doch beschränkt sich die künstlerische Gestaltung des Werks keineswegs auf die Holzschnitte, auch hinsichtlich Initialen, Papier, Schrifttypus und Seitengestaltung gehört das Buch zu den herausragenden Publikationen der Zeit.

LEBEWESEN UNTER DER ERDE. Die lateinische Erstausgabe erschien 1556 – der Autor war bereits im Jahr zuvor verstorben – in der berühmten Basler Druckerwerkstatt Froben. Deren Begründer Johann Froben (1470–1527) hatte die Werke des Humanisten Erasmus von Rotterdam gedruckt, sein Sohn Hieronymus Froben (1501–1563) aber bevorzugte medizinische und naturwissenschaftliche Werke. *De re metallica* hat, zusammen mit der beigefügten Schrift *De amantibus subterraneis*, einen Umfang von 585 Seiten in Folio. Das beigefügte Werk behandelt die unter der Erde lebenden Lebewesen und ist damit zoologischen Inhalts. Das Exemplar des Deutschen Museums war von 1598 bis zur Säkularisation im Bestand des oberschwäbischen Klosters Weingarten. Von dort kam es nach Stuttgart in die Königliche Hofbibliothek, die heutige Württembergische Landesbibliothek. Da diese mehrere Exemplare besaß, veräußerte sie das heute im Museumsbesitz befindliche Stück im Verlauf des 19. Jahrhunderts. Vermutlich über den Wissenschaftshistoriker Ernst Darmstaedter (1877–1938) gelangte es schließlich 1908 in den Bestand des Deutschen Museums.



Darstellung eines Zinnhüttenbetriebs. Der in der Bildmitte links sitzende ältere Mann stellt vermutlich Georg Agricola dar.

URGESTEIN DER BIBLIOTHEK. Ebenfalls bei Froben erschien 1557 die deutsche Übersetzung unter dem Titel *Vom Bergkwerck*. Der Übersetzer war der Basler Universitätsprofessor Philipp Bech (ca. 1521–1560). Wandte sich die lateinische Ausgabe an akademisch Gebildete, die vorrangig aus wirtschaftlichen Gründen Interesse am Bergbau hatten, so zielte die deutsche Übersetzung auf das technische Fachpublikum. Hinsichtlich der Illustrationen unterscheidet sich die deutsche Ausgabe nicht von der lateinischen Erstausgabe, doch fehlen die Holbein dem Jüngeren nachempfundenen Initialen und auch die Papierqualität ist deutlich schlechter. Die deutsche Ausgabe unserer Bibliothek ist noch im originalen Einband des 16. Jahrhunderts: der mit Schweinsleder überzogene Holzdeckel hat die zeittypischen Buckel und Schließen. Vermutlich hat der Erstbesitzer, ein gewisser Fridrich Rottenberger, der das Buch 1564 für 30 Gulden erwarb, es auch binden lassen. Diese Ausgabe gehört übrigens zum Urgestein der Bibliothek, bereits 1904 konnte sie vom Münchner Antiquariat Maurer erworben werden.

De re metallica brachte es bis 1675 auf neun Ausgaben, davon vier in Latein, drei in Deutsch und je eine in Italienisch und Chinesisch. Während im 18. und 19. Jahrhundert keine weiteren Ausgaben erschienen, kam es im 20. Jahrhundert zu einem wahren Boom von Agricola-Ausgaben: nicht weniger als 28 Ausgaben erschienen in zehn verschiedenen Sprachen. Die Übersetzung ins Englische aus dem Jahr 1912 stammt übrigens von dem Bergingenieur und späteren amerikanischen Präsidenten Herbert Hoover. Von keinem anderen frühen Werk der Technikwissenschaften sind im Verlauf von 450 Jahren vergleichbar viele Ausgaben und Übersetzungen erschienen. ■

Literaturhinweise

Georg Agricola, Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen, München 1977

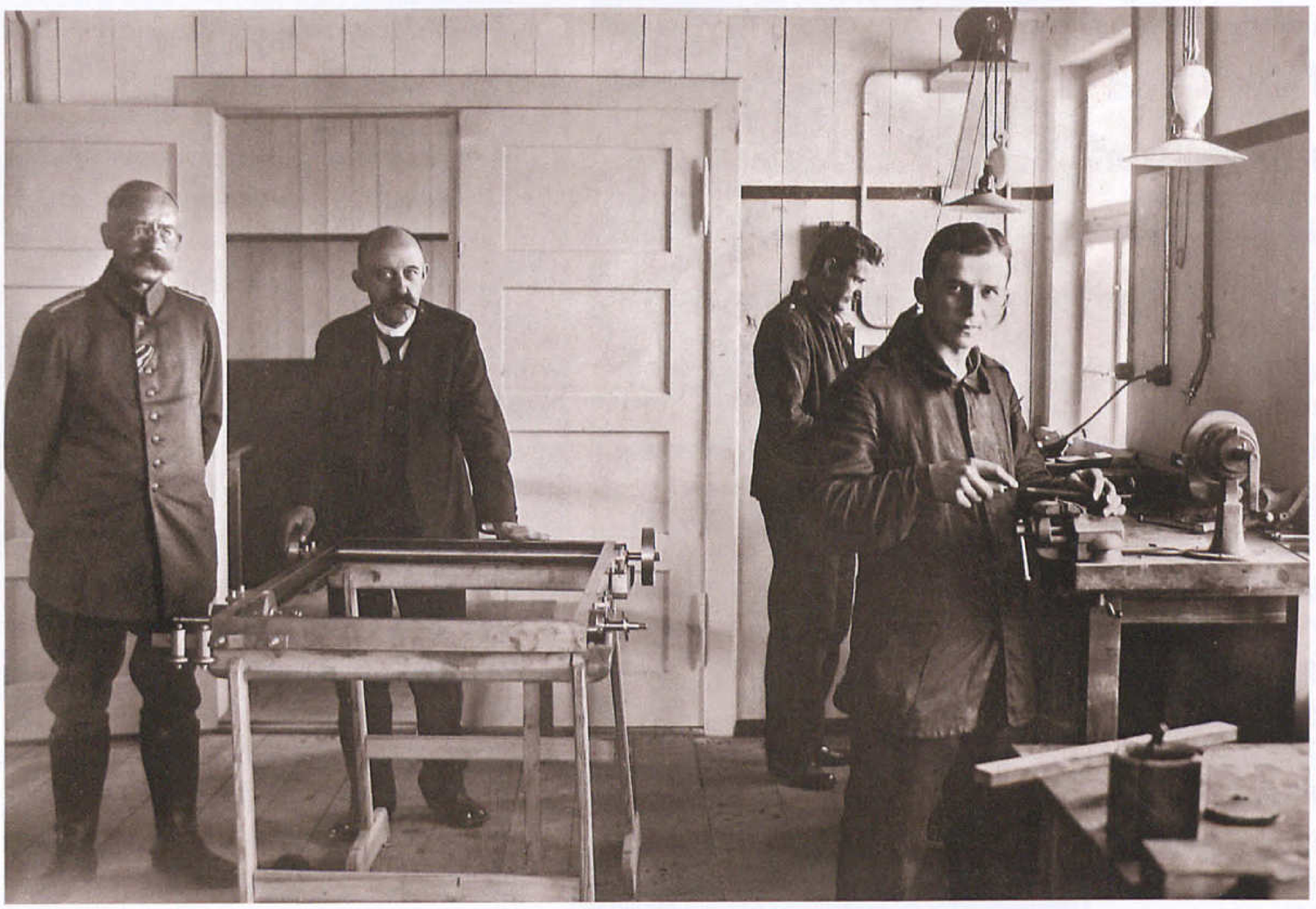
Hans Prescher und Otfried Wagenbreth, Georgius Agricola – seine Zeit und ihre Spuren, Leipzig 1994

Elisabeth Kessler-Slotta, Die Illustrationen in »De re metallica«, in: Der Anschnitt 46 (1994), S. 55–67

DR. HELMUT HILZ leitet die Bibliothek des Deutschen Museums.

Wie entstehen Wirbel?

Strömungsforscher im Streit um Theorie und Wirklichkeit



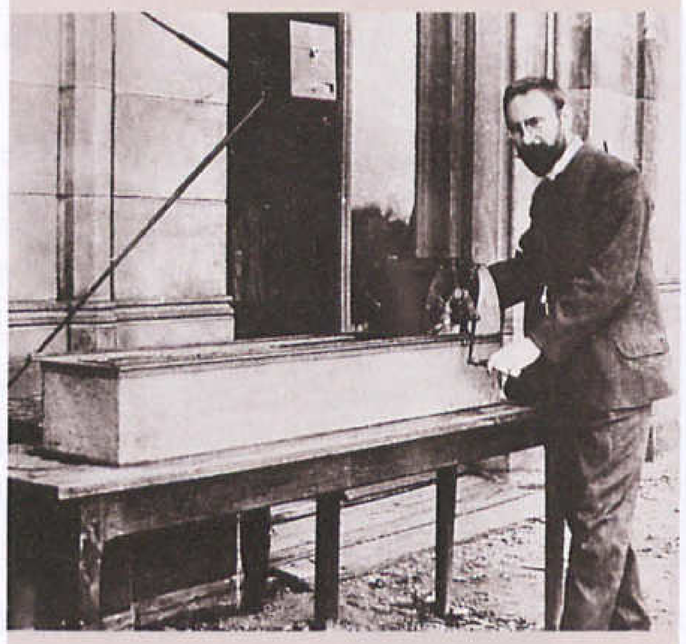
Hauptmann Ahlborn (ganz links) in einer Werkstatt der Flugzeugmeisterei bei der Herstellung des über den Wasser-Versuchskanal auf Schienen geführten Wagens für Schleppversuche.

Wirbelbildung ist ein alltäglicher Vorgang. Wirbel begegnen uns beim Blick auf die Wetterkarte, in Katastrophenbildern von Tornados oder auch nur beim Umrühren in der Kaffeetasse. Wirbel sind dafür verantwortlich, dass Vögel fliegen und Fische schwimmen können. Auch der aerodynamische Auftrieb, den ein Flugzeug durch seine Tragflächen erfährt, hat mit Wirbeln zu tun. Vor hundert Jahren war das eine revolutionäre Erkenntnis. Noch heute ist dies Gegenstand kontroverser Auseinandersetzungen, etwa wenn es darum geht, wie man im Schulunterricht das Fliegen erklären soll. **Von Michael Eckert**

Abbildungen: Œuvre Notre Dame, Straßburg (links); Deutsches Museum (rechts)

In den 1920er Jahren lieferten sich zwei Pioniere der Strömungsforschung, Ludwig Prandtl und Friedrich Ahlborn, eine erbitterte Auseinandersetzung über Fragen der Wirbelentstehung und ihrer Rolle für den aerodynamischen Auftrieb. Prandtl gilt als Vater der modernen Strömungsforschung. Als Professor an der Universität Göttingen und Direktor bedeutender Forschungsinstitute wurde Prandtl zum Begründer einer »Schule«, die weit über Göttingen hinaus wirkte. Ahlborn galt als Meister der Visualisierung von Strömungserscheinungen. Er vervollkommnete die bei Schiffbauern seit langem gebräuchliche Schleppkanaltechnik und kombinierte sie mit der Fotografie, um die Umströmung von Gegenständen im Bild festzuhalten. Allerdings war er schon vor einem halben Jahrhundert ein »vergessener Pionier der Strömungsforschung«. Als Gymnasialprofessor für das Fach Biologie verkörperte er einen Zugang zur Strömungslehre, der sich gegenüber dem ingenieurmäßigen Weg nicht behaupten konnte. Dennoch – oder gerade deswegen – verdient Ahlborns Art, Strömungsphänomene zu erforschen, besonderes Interesse.

EXPERIMENTE IN DER SCHULE. Ahlborn machte es sich zur Lebensaufgabe, den Gesetzen der Flugphysik und des Strömungswiderstandes auf den Grund zu gehen. Zuerst experimentierte er im »Zoologischen Kabinett« seiner Schule, umgeben von Aquarien, ausgestopften Tieren und aufgespießten Schmetterlingen. Die Idee, Wasserbewegungen durch Schwebeteilchen sichtbar machen, scheint ihm bei der Betrachtung von Fischen im Aquarium gekommen zu sein, wenn durch die Flossenbewegung eines Fisches im Wasser schwebende Teilchen aufgewirbelt wurden. 1904 erregte Ahlborn mit Strömungsaufnahmen, die er an einem 2 m langen Wasser-Versuchskanal gewonnen hatte, bei der Berliner Schiffbautechnischen Gesellschaft großes Aufsehen. Seine Fotografien fanden auch Eingang in zahlreiche aero- und hydrodynamische Fachpublikationen. Als Prandtl in Göttingen erste theoretische Erfolge als Strömungsforscher verbuchte, zählte auch Ahlborn dank seiner unübertroffenen Visualisierungstechnik zu den Pionieren auf diesem Gebiet.



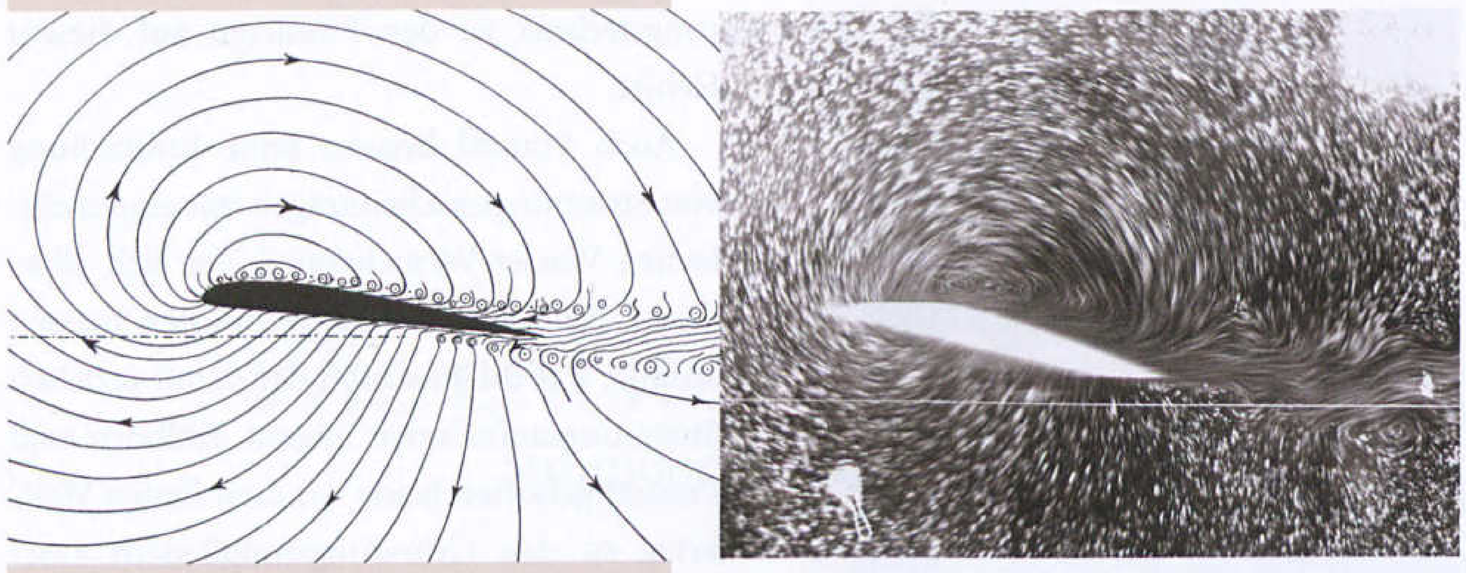
Ludwig Prandtl an seinem Wasser-Versuchskanal, mit dem er 1904 die Wirbelbildung untersuchte.

Ludwig **Prandtl** (1875–1953) illustrierte 1904 mit Bildern aus einem selbstgebauten Wasser-Versuchskanal seine »Grenzschichttheorie«, mit der er den Vorgang der Flüssigkeitsreibung und Wirbelbildung einer mathematischen Behandlung zugänglich machte. Auf sein Konto geht auch die »Tragflügeltheorie«, deren erste Anfänge auf die Zeit um 1909 datiert werden können, die jedoch erst nach dem Ersten Weltkrieg publiziert wurde. Mit diesen Theorien, die durch Windkanalversuche an der Aerodynamischen Versuchsanstalt bestätigt wurden und in der aufstrebenden Luftfahrttechnik große Beachtung fanden, bescherte Prandtl sich und seinen Göttinger Forschungseinrichtungen weltweites Ansehen.

Auch Prandtl begann seine Erforschung von Strömungserscheinungen mit einem einfachen Wasser-Versuchskanal, der sich allerdings nicht mit dem Ahlborn'schen messen konnte, was die Präzision der damit erzielten Strömungsaufnahmen angeht. Ahlborn und Prandtl gehörten beide vor dem Ersten Weltkrieg zu den Gründungsmitgliedern einer Vereinigung, die sich eine breitere Förderung wissenschaftlicher Forschungen auf dem neuen Gebiet des Flugwesens zum Ziel setzte, der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt (WGL).

GELD IN HÜLLE UND FÜLLE. Ahlborn trat mit einem ähnlichen Anspruch wie Prandtl auf, auch ihm schwebte damals die Gründung einer großen Forschungseinrichtung vor, wo er seine privat gewonnenen Ergebnisse in größerem Umfang fortsetzen konnte. Im Unterschied zu Göttingen, wo Prandtl von einer einflussreichen akademisch-industriellen Vereinigung gefördert wurde, fand Ahlborn jedoch nur eine eher bescheidene Unterstützung. Er wurde zeitweise vom Unterricht freigestellt und erhielt vom Hamburger Senat und einer Schifffahrtsgesellschaft Fördermittel, aber sein Wunsch nach einem staatlich geförderten Strömungsforschungsinstitut ging nicht in Erfüllung. »Da brachte der Krieg eine unvorhergesehene Schicksalswende,« schrieb Ahlborns Sohn in einer biographischen Skizze. »Mit einem Male standen die Geldmittel zur Verfügung und Personal in Hülle und Fülle, so dass Vater uneingeengt ein mustergültiges Institut aufbauen konnte.« Der Strömungswiderstand, der die Bewegung von Torpedos, Luftschiffen und Kriegsflugzeugen beeinflusst, wurde nun zu einer militärisch wichtigen Angelegenheit. Die »Abteilung Ahlborn« in Berlin-Adlershof war darauf spezialisiert, in einem 20 m langen Wasserkanal fotografische Aufnahmen von den Stromlinien und Verwirbelungen herzustellen, um auf diesem Weg Einsicht in die Ursachen des Strömungswiderstands zu gewinnen.

Auch für Prandtl war der Erste Weltkrieg eine einschneidende Zäsur. Im Herbst 1915



Ahlborn schrieb den Wirbeln an der Profiloberkante und in dem Wirbelband hinter der Tragfläche (links seine skizzierte Idealisierung, rechts eine Aufnahme aus dem Wasser-Versuchskanal; das Profil wird unter einer ruhenden Kamera nach links durch das Wasser bewegt) die entscheidende Rolle für die Auftriebserzeugung zu. Er dachte sich die Zirkulation als eine, sich andauernd aus diesen Wirbeln gespeiste Umlaufbewegung, während Prandtl die Zirkulation seines »gebundenen Wirbels« mit dem beim Start entstehenden »Anfahrwirbel« erklärte, der dazu gegenläufig verlief. (Siehe auch Kasten zur Zirkulationstheorie auf Seite 54.) Das in den Skizzen und Strömungsaufnahmen von Ahlborn viel zu dick dargestellte Wirbelband habe mit dem primären Mechanismus der Auftriebserzeugung nichts zu tun. Prandtl wies Ahlborn umsonst darauf hin, dass bei den viel größeren Geschwindigkeiten von Flugzeugen im freien Flug dieses Wirbelband extrem schmal sei und nur für die Reibung, nicht aber für den Auftrieb eine Rolle spiele.

Friedrich Ahlborns Dienstausweis während seiner Tätigkeit als Leiter einer hydrodynamischen Versuchsabteilung bei der Flugzeugmeisterei in Berlin-Adlershof im Ersten Weltkrieg.

wurde der Grundstein für den Bau einer großen Forschungsanstalt gelegt, wo »für die Bedürfnisse der Heeresverwaltung und der Flugzeugfabriken«, wie Prandtl kurz nach dem Krieg auf einer Tagung der WGL berichtete, in großem Umfang aerodynamische Messungen durchgeführt wurden. Auch in Göttingen handelte es sich vorrangig um experimentelle Forschungen, aber im Unterschied zur »Abteilung Ahlborn« war das zentrale Versuchsgerät hier kein Wasserkanal, sondern ein großer Windkanal, der in einem zwei Stockwerke hohen Bau untergebracht war und noch für mehrere Jahre nach dem Ersten Weltkrieg das Nonplusultra aerodynamischer Messtechnik repräsentierte.

Nach dem verlorenen Krieg wurde die »Abteilung Ahlborn« in Berlin-Adlershof aufgelöst; die Versuchseinrichtungen wurden abgebaut. Auch in Göttingen kam mit dem Kriegsende das Ende der gerade begonnenen Expansion. Doch im Unterschied zu Ahlborn war Prandtl mit seinem Göttinger Institut in ein Netzwerk industrieller und staatlicher Forschungsförderung eingebunden, dem es gelang, die im Krieg aufgebauten Einrichtungen in die Friedenszeit hinüberzuretten.

WIRBEL UND AUFTRIEB. Solange sich Ahlborn darauf konzentriert hatte, Strömungserscheinungen mit trickreichen Visualisierungstechniken sichtbar zu machen, erregten seine Forschungen großes Interesse und Bewunderung. Nach dem Ersten Weltkrieg konnte Ahlborn seine Versuche aber nur noch als Privatforscher fortführen. Er publizierte auch weiterhin vielbewunderte Aufnahmen, doch ihm fehlten die Mittel und ein universitäres Umfeld, wie es Prandtl in Göttingen zur Verfügung hatte, um zu einer weitergehenden experimentellen und theoretischen Erforschung zu gelangen. Als er sich dennoch auch in der theoretischen Ausdeutung der von ihm sichtbar gemachten Strömungserscheinungen versuchte, verstieg er sich in Spekulationen und geriet in Konflikt zu den Auffassungen Prandtls.

Am Beginn der Auseinandersetzung stand ein Problem, bei dem sich Ahlborn als Biologe Prandtl gegenüber schon von der Fragestellung her überlegen wähnte: der anscheinend mühelose Segelflug großer Vögel. Ahlborn glaubte, dass dies durch Windschwankungen ermöglicht wird, die dank elastischer Flügel vom Vogel aufgenommen würden und wie ein unsichtbarer Flügelschlag für Auftrieb sorgten. Über Prandtls Auffassung, dass aufsteigende Luftbewegungen dafür verantwortlich seien, machte er sich in polemischem Ton lustig: »Wenn sich der Segelflug, wie Prandtl anzunehmen scheint, nur in dem engen Bereich eines über einen Hang aufsteigenden dynamischen Stromes ausführen ließe, so würde ich vorschlagen, alle weiteren Bemühungen als zwecklos einzustellen oder dafür einfach Drachen steigen zu lassen.« Mit der Segelfliegerei, die in den 1920er Jahren als eine den Beschränkungen des Ver-

Friedrich Ahlborn (1858–1937) näherte sich der Strömungsforschung als Biologe. Seine ersten Untersuchungen galten fliegenden Fischen (1895) und dem Vogelflug (1896). Seine Technik, mit Schleppversuchen in Wasserkanälen die Umströmung von Gegenständen zu fotografieren, machte Ahlborn zum Pionier für die Visualisierung von Strömungsphänomenen. Eine Untersuchung über den Flugsamen »Zanonia«, der sich durch besonders gute Segeleigenschaften auszeichnete, motivierte Luftfahrtpioniere, nach diesem Vorbild aus der Natur Flugzeuge zu konstruieren. Im Ersten Weltkrieg wurde Ahlborn Leiter einer hydrodynamischen Versuchsabteilung der »Flugzeugmeisterei« in Berlin-Adlershof.

Abbildungen: Deutsches Museum

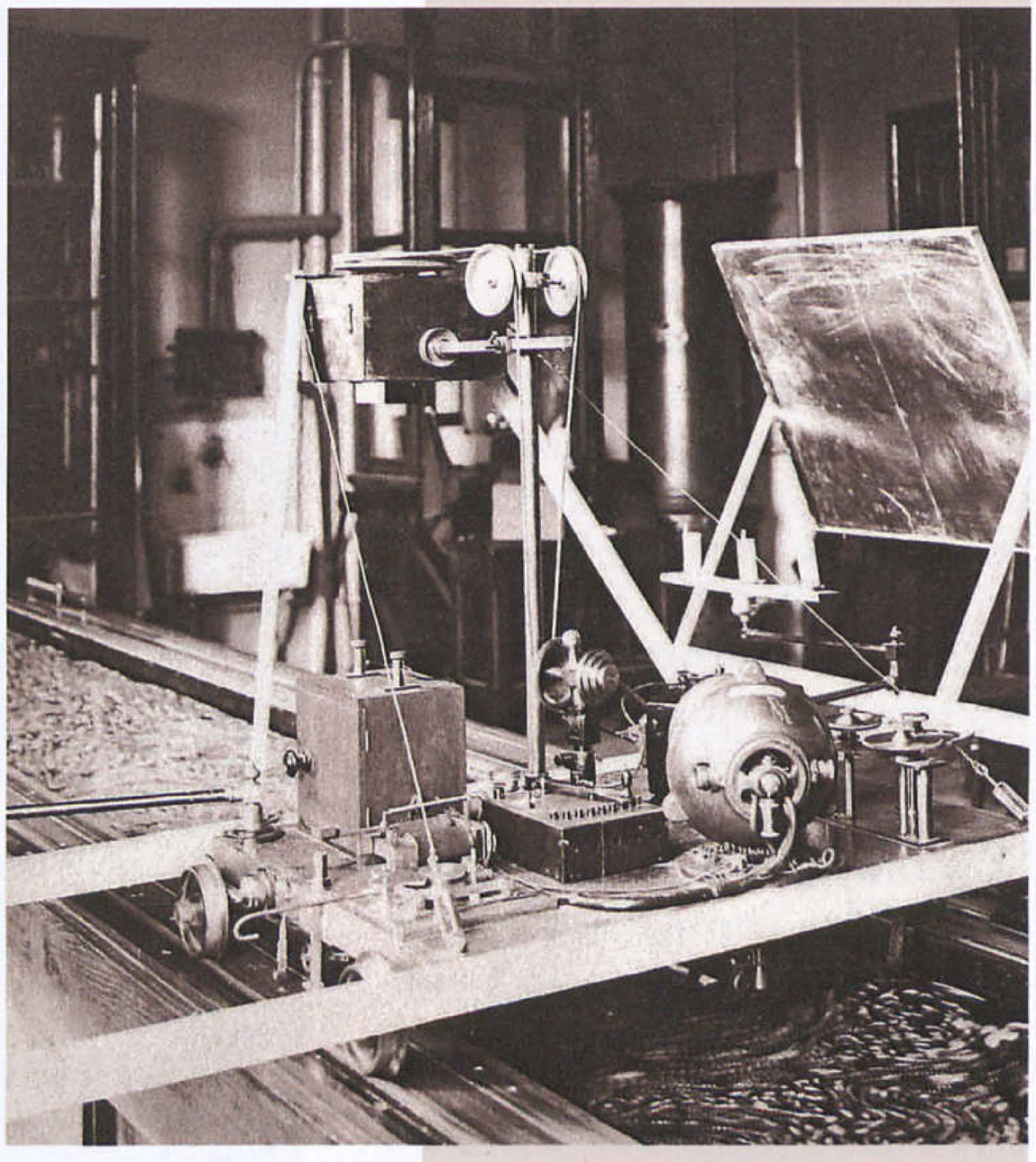
sailler Vertrages nicht unterworfene Flugtechnik aufblühte, fanden solche Debatten lebhafte Resonanz.

Davon ausgehend war es nur ein kurzer Weg zu der Frage, wie der Auftrieb eines Flügels prinzipiell zu erklären sei. Die von Prandtl und seinen Mitarbeitern entwickelte Tragflügeltheorie erklärte den Auftrieb durch die von Wirbeln hervorgerufene Abluft hinter einem Flügel. Ahlborn machte ebenfalls Wirbel für den Auftrieb verantwortlich, identifizierte diese jedoch nicht mit dem von Prandtl postulierten Wirbelsystem, das sich aus einem »tragenden Wirbel« um den Flügel, zwei von den Flügelenden ausgehenden »Randwirbeln« und einem beim Start entstehenden »Anfahrwirbel« zusammensetzte. Ahlborns auftrieberzeugende Wirbel bildeten sich in Gestalt einer von der Flügeloberseite ausgehenden Wirbelschleppe. Diese Wirbelschleppe hatte er in vielen Bildern fotografisch festgehalten. In der Tragflügeltheorie Prandtls war diese Wirbelschleppe ein vernachlässigbares Detail, dem keine Rolle für die Auftriebserzeugung zukam und von dem man bei idealisierter Betrachtung völlig absehen könne. Auch wenn sich im Idealfall die Strömung hinter dem Flügel ohne dazwischenliegende Wirbelschicht lückenlos zusammenschließen würde, so argumentierte Prandtl, käme es zu einem Auftrieb.

1924 wollte Ahlborn seine Kritik an der Prandtl'schen Tragflügeltheorie in der *Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt* (ZFM), dem Organ der WGL, veröffentlichen. Als Gründungsmitglied der WGL rechnete er nicht damit, dass ihm dieser Wunsch abgeschlagen würde. Aber Prandtl, der im Auftrag der WGL als Gutachter bei aerodynamischen Publikationen hinzugezogen wurde, sprach sich gegen eine Veröffentlichung aus. Prandtl teilte Ahlborn seine Gründe auch in einem persönlichen Brief mit. Die von Ahlborn als Beleg präsentierten Strömungsbilder seien »durchweg bei Kennwerten aufgenommen, die unterhalb des kritischen Kennwertes liegen, so daß die quantitative Übertragung auf die Verhältnisse beim Flugzeug kaum noch zulässig ist«. Bei den im freien Flug maßgeblichen Strömungsgeschwindigkeiten sei die Wirbelschicht viel schmaler als in Ahlborns Bildern, argumentierte Prandtl. Auch wundere er sich, dass Ahlborn vom »Anfahrwirbel« behauptete, er sei »nur eine erdachte Größe«. Zwar habe er ihn »zuerst durch Nachdenken gefunden«, doch er sei »auch leicht beobachtbar«, wovon man sich mit einem einfachen »Kaffeetassenexperiment« überzeugen könne.

Ahlborn wollte sich die Zurückweisung seines Artikels nicht so ohne weiteres gefallen lassen. Für ihn war Prandtl ein Theoretiker, der den experimentellen Tatsachen nicht genügend Beachtung schenkt. Dagegen verwahrte sich Prandtl mit aller Entschiedenheit. Die Aussagen der Theorie seien durch zahlreiche experimentelle Befunde bestätigt, schrieb er in einem Brief an Ahlborn, auch in England habe man die Theorie einer kritischen Prüfung unterzogen und als richtig anerkannt. »Wenn Sie das Fundament einer von den Versuchen bestätigten Theorie umwerfen, so haben Sie auch die Pflicht, diese Versuchsergebnisse selbst besser zu erklären! Im übrigen möchte ich mich dagegen verwahren, ein reiner Theoretiker zu sein. Wir sind immer Hand in Hand mit Versuchen vorgegangen, und alle Einwendungen, die Sie uns jetzt machen, haben wir uns vor 10 Jahren selbst schon gemacht.« Damals hätten er und seine Göttinger Mitarbeiter sich auch anhand von Bildern aus einem Wasser-Versuchskanal Klarheit über die Strömungsverhältnisse verschafft. Diese Bilder zeigten »denselben Mangel wie die Ihrigen,« gestand Prandtl, »daß sie bei zu kleiner Reynoldscher Zahl aufgenommen sind. Wir wissen es aber und es folgt besonders aus den Kraftmessungen, daß bei größeren Reynoldschen Zahlen und kleineren Anstellwinkeln die Strömung sich viel enger an den Flügel anschließt als auf den Bildern zu sehen.«

Es kam aber zu keiner Einigung. Prandtl versuchte Ahlborn auch mit Fotografien zu überzeugen, die den Anfahrwirbel in aller Deutlichkeit zeigten, was Ahlborn jedoch nicht als Beweis aner-



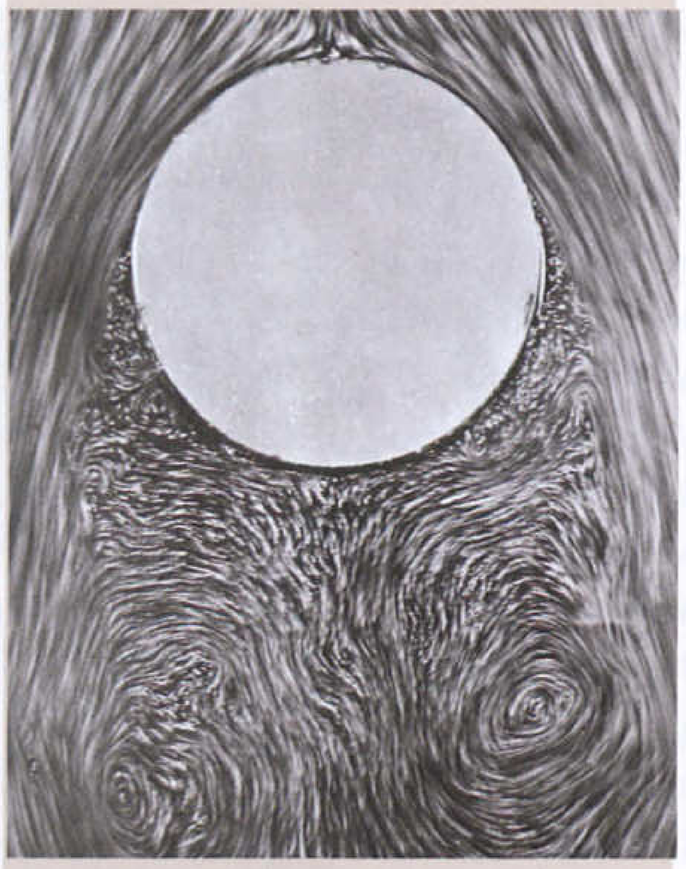
Ahlborns Versuchsanordnung: Strömungskanal und Kamera. An diesem, gegenüber dem Prandtl'schen Versuchskanal wesentlich präziseren Versuchskanal fotografierte Friedrich Ahlborn 1904 Wasserwirbel.

Der **»Kennwert«** war als Produkt aus Strömungsgeschwindigkeit und Flügelgröße definiert (was der Reynolds'schen Zahl bei gleicher Zähigkeit entspricht); nur wenn diese Größe im Modellversuch mit der im freien Flug übereinstimmte, waren die Verhältnisse übertragbar. Wenn man den Kennwert durch eine für die Zähigkeit des Fluids charakteristische Größe dividiert, erhält man die »Reynolds'sche Zahl«. Die Übertragbarkeit von Modellversuchen auf die Verhältnisse im freien Flug setzt voraus, dass die Reynolds'sche Zahl in beiden Fällen gleich ist: Zum Beispiel kann man anstelle eines kleinen Insektenflügels, der sich in der Luft bewegt, ein größeres Modell des Flügels in einem entsprechend zäheren Medium wie Öl untersuchen.

kannte; er glaube schon, schrieb er zurück, »daß Sie einen solchen Wirbel gesehen haben,« doch das ändere »nichts an der Tatsache, daß zugleich mit diesem Wirbel noch andere vom vorderen Tragflügelrande aus entstehen, welche die obere Wirbelschicht bilden und die Ursache der Umlaufbewegung sind.« Am Ende überließ Prandtl die Entscheidung, ob Ahlborns Kritik an der Tragflügeltheorie publiziert werden solle, der WGL. Diese entschied sich gegen eine Veröffentlichung.

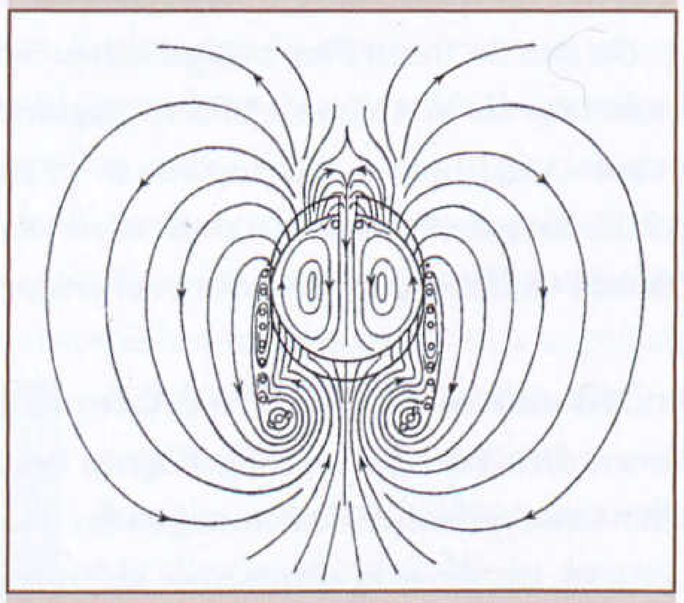
DER STREIT WIRD ÖFFENTLICH. Im Jahr 1927 wurde die bis dahin nur in Briefen ausgetragene Kontroverse zwischen Ahlborn und Prandtl unter Einbeziehung weiterer Experten fortgesetzt und im Jahrbuch der WGL einer einschlägig interessierten Öffentlichkeit mitgeteilt. Diesmal war es nicht die Prandt'sche Tragflügeltheorie, gegen die sich Ahlborns Einwände richteten, sondern die Grenzschichttheorie. Im Wesentlichen ging es jedoch auch dabei wieder um die strittige Frage der Wirbel. Die Kontroverse erstreckte sich über 17 Druckseiten. Zunächst führte Ahlborn aus, worin sich seine Auffassung von der Prandtl'schen Theorie unterschied. Er bezeichnete die Grenzschichttheorie entgegen dem sonst üblichen Sprachgebrauch als »Ablösungstheorie«, da eine ihrer Konsequenzen auch die Wirbelablösung betraf, und stellte klar, dass er von deren Unhaltbarkeit »von Anfang an« überzeugt gewesen sei, »da die theoretischen Annahmen und Deutungen nicht mit den Ergebnissen meiner eigenen Untersuchungen in Einklang zu bringen waren.«

Nach Prandtl bildet sich an der Oberfläche eines umströmten Körpers eine wandnahe Schicht aus, die Grenzschicht, die direkt am Körper haftet und mit zunehmendem Abstand von der darüberliegenden Strömung mitgerissen wird. Wenn, so formulierte es Prandtl in seiner Entgegnung an Ahlborn, »die Schleppwirkung der äußeren Flüssigkeit nicht mehr ausreicht, sie gegen den Druckanstieg vorwärts zu schleppen«, dann komme es zu einer Rückströmung. Die zeitliche Abfolge müsse man sich dabei so vorstellen, dass »vor Beginn der Ablösung der Strömung die wandnahe Schicht erst stehen bleibt und dann



In solchen Strömungsaufnahmen sah Ahlborn die Wirklichkeit der Wirbelbildung, von der die Theorie Prandtls ein falsches Bild vermittle.

Allerdings interpretierte Ahlborn seine Aufnahme auf sehr eigenwillige Art. In dieser von ihm angefertigten Skizze (unten) deutete er mit Kraftlinien die Wirbelentstehung hinter einem Kreiszylinder an. Er verfügte jedoch nicht über eine Theorie, die den Schritt von der Fotografie zur interpretierenden Skizze rechtfertigte.



rückwärts marschiert, worauf die Wirbelbildung einsetzt.« Dies war nach Ahlborn aber »wesentlich verschieden von den wirklichen Vorgängen, die ich durch photographische Strömungsanalyse an Querplatten ermittelt habe.« Danach entstünden »am Rande der Platte in schneller Folge und auf ganz andere Weise zahlreiche Wirbel, die sich in planetarischen Bewegungen um einander drehen und so einen vielfach zusammengesetzten, schnell wachsenden Wirbel bilden.« Dadurch, nicht durch den Druckanstieg in der Grenzschicht, werde eine Strömungsumkehr hervorgerufen. Die rückläufige Strömung sei »nicht die Ursache, sondern die Folge einer bestehenden Wirbelung«.

BEGRIFFSVERWIRRUNG. In den ebenfalls publizierten Entgegnungen zeigte sich, dass Ahlborn auf verlorenem Posten kämpfte: »Herr Professor Ahlborn liebt es, den Begriffen andere Namen zu geben, als dies sonst üblich ist und erschwert, zumal er meist keine Definition für seine Neubenennungen und Umbenennungen gibt, den Lesern das Verständnis seiner Darlegungen ungemein.« Damit mokierte sich Prandtl über Ahlborns eigenwillige Verwendung des Druckbegriffs. »Was das Potential des dynamischen Druckes ist, bleibt auch dunkel, wahrscheinlich ist es das Geschwindigkeitspotential.« Auch andere hakten an diesem Punkt ein. Ludwig Hopf, ein theoretischer Physiker und Professor für Mechanik an der Technischen Hochschule Aachen, schloss sich Prandtl an und gab zu Protokoll, es sei auch ihm »nicht gelungen, den Begriff des ›dynamischen Druckes‹ zu verstehen.« Er habe »nicht den Eindruck, dass die Ausführungen Herrn Ahlborns die Stellung der Grenzschichttheorie und der daraus folgenden Auffassung des Ablösungsvorganges erschüttern können.«

Es würde zu weit führen, auch nur ansatzweise die strittigen Definitionen und Argumente aufzuführen. Ahlborn beharrte auf seinem Standpunkt, und Prandtl beendete seine Entgegnung mit dem Satz: »Was Herrn Ahlborn betrifft, so habe ich nicht gerade viel Hoffnung, da ich die Beharrlichkeit, mit der er seine Ansichten festhält, schon von früher her kenne. Natürlich wäre meine Freude um so

Abbildungen: Deutsches Museum

größer, wenn Herr Ahlborn mich in diesem Punkt Lügen strafen würde.«

THEORIE CONTRA WIRKLICHKEIT. 1929 publizierte die ZFM einen Artikel Ahlborns unter der Überschrift »Der Magnuseffekt in Theorie und Wirklichkeit«. Prandtl überließ die unvermeidliche Auseinandersetzung darüber dem Leiter der Luftfahrt-Versuchsanstalt in Berlin-Adlershof, Wilhelm Hoff, der mit ihm zusammen als Gutachter dieser Zeitschrift fungierte. Hoff erklärte in einer als Anhang beigefügten Stellungnahme, dass sich die wissenschaftliche Schriftleitung zur Veröffentlichung von Ahlborns Aufsatz entschlossen habe, »obwohl sie mit den darin entwickelten Gedanken nicht einverstanden ist«. Offensichtlich wollte man den zum Dissidenten gewordenen Pionier der experimentellen Strömungsforschung nicht völlig ins Abseits stellen; oder falls dies die Konsequenz des Streits sein würde, wollte man den Lesern der ZFM gegenüber zumindest dokumentieren, dass dies Ahlborn selbst zu verantworten habe. Denn zehn Jahre nach dem Ende des Ersten Weltkriegs war für eine neue Generation von angewandten Mathematikern, Aerodynamikern, Schiffbauingenieuren und anderen, die mit Strömungsforschung in Theorie und Praxis zu tun hatten, sehr klar, dass Prandtl der Wirklichkeit näher war als Ahlborn. Der Kreis derer, die in dem Streit zu Ahlborn hielten, schmolz zusammen auf einige frühe Bekannte wie Otto Krell, der als ehemaliger technischer Direktor der Siemens-Schuckert-Werke und Luftschiff-Pionier durchaus Ansehen besaß – und seinerseits gegen die Prandtl'sche Grenzschichttheorie im Speziellen und die Göttinger Dominanz der Strömungsforschung im Allgemeinen polemisierte. Krell gegenüber gestand Ahlborn, wie sehr ihn der Streit mit Prandtl verletzte. Als ihm der Herausgeber einer Zeitschrift bei einer geplanten Veröffentlichung im Jahr 1934 »zumutete, die Arbeit so abzuändern, dass sie nur die Methoden reiner Versuche enthielte«, sei dies »aus Furcht vor Prandtl« geschehen, wie er Krell schrieb: »Wenn die Macht Prandtls so weit reicht, dass man sich für alle die unendliche Mühe, die man sich zeitlebens um eine wissenschaftliche Frage gegeben hat,

EHRENURKUNDE

für

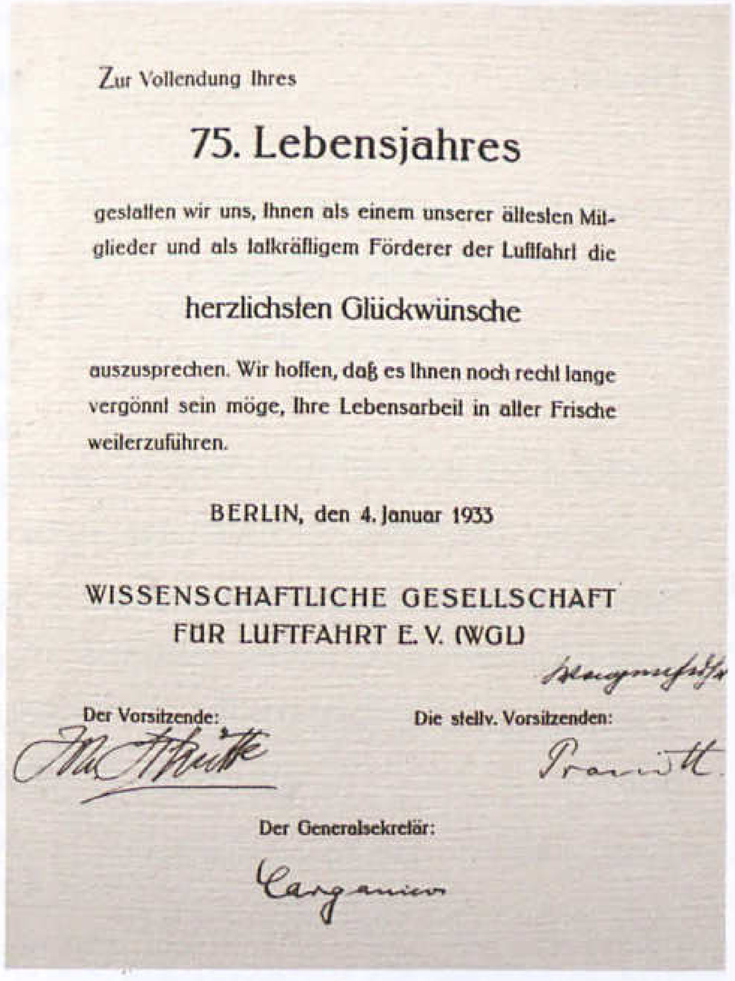
Herrn Professor

Dr. F. AHLBORN

überreicht durch die

WISSENSCHAFTLICHE GESELLSCHAFT
FÜR LUFTFAHRT

Zu seinem 75. Geburtstag überreichte die WGL Friedrich Ahlborn diese Ehrenurkunde »als einem unserer ältesten Mitglieder und als tatkräftigem Förderer der Luftfahrt«.



Zur Vollendung Ihres

75. Lebensjahres

gestatten wir uns, Ihnen als einem unserer ältesten Mitglieder und als tatkräftigem Förderer der Luftfahrt die

herzlichsten Glückwünsche

auszusprechen. Wir hoffen, daß es Ihnen noch recht lange vergönnt sein möge, Ihre Lebensarbeit in aller Frische weiterzuführen.

BERLIN, den 4. Januar 1933

WISSENSCHAFTLICHE GESELLSCHAFT
FÜR LUFTFAHRT E. V. (WGL)

Der Vorsitzende: Die stellv. Vorsitzenden:

Der Generalsekretär:

einer so unwürdigen Behandlung aussetzen muss, so bleibt eben nichts anderes übrig, als die Bude dicht zu machen und zu verzichten.« Es sah sich »als Aussenseiter, der eigene Wege geht« und »den zünftigen Herrn der Theorie unbequem« sei, weil er »experimentell nachgewiesen« habe, »dass die der Theorie zugrunde gelegten Annahmen über die Vorgänge nicht mit der Natur übereinstimmen.«

AUFGEHEIZTE ATMOSPHÄRE. Vielleicht war sich Prandtl bewusst, dass in der polemisch aufgeheizten Atmosphäre der Auseinandersetzungen manches an Ahlborns Kritik ungerechtfertigt abgewiesen wurde, da sich Ahlborn bei der theoretischen Ausdeutung dessen, was er in seinen Strömungsaufnahmen zu sehen glaubte, in Spekulationen verrannte. Prandtls Grenzschichttheorie bot nämlich durchaus Anlass zu Kritik, wie etwa der Mathematiker Richard von Mises 1927 deutlich machte. Aber diese Kritik betraf andere Aspekte der Theorie als das Wesen der Wirbelentstehung, auf das die Grenzschichttheorie im Übrigen gar keine so klare Antwort gibt, als dies im Streit zwischen Ahlborn und Prandtl den Anschein hatte. Denn es war eine auch von »den Herrn der zünftigen Theorie« immer wieder lebhaft diskutierte Frage, wie man sich den Vorgang der Wirbelbildung vorzustellen habe.

Möglicherweise hätte der Streit zwischen Ahlborn und Prandtl durchaus zu einer konstruktiven Debatte über die Primärprozesse

DR. MICHAEL ECKERT ist Physiker, Wissenschafts- und Technikhistoriker. Sein Themenschwerpunkt liegt bei der neueren Physikgeschichte. Gegenwärtig arbeitet er im Rahmen eines Projekts der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) am Deutschen Museum über die Geschichte der Strömungsforschung.

bei der Wirbelbildung führen können, wenn die strittigen Fragen von einer gemeinsamen Ausgangsbasis aus diskutiert worden wären. Aber am Ende der 1920er Jahre hatte die Strömungsforschung das Pionierstadium längst verlassen, in dem die gemeinsame Begeisterung für ein unerschlossenes Neuland so unterschiedliche Zugänge wie die von Ahlborn und Prandtl möglich machte. So offenbart sich in der Kontroverse nicht nur ein Aufeinanderprallen streitbarer Persönlichkeiten, sondern auch ein Konflikt unterschiedlicher Wissenschaftstraditionen: Ahlborns Arbeitsweise, die am Phänomen orientierte Forschungsmethode der beobachtenden Biologie, war in den 20er Jahren unter Strömungsforschern die Ausnahme; Prandtl dagegen konnte als gelernter Ingenieur und Technikprofessor den einmal gewählten Kurs beibehalten.

Im 19. Jahrhundert waren noch ganz unterschiedliche Herangehensweisen miteinander vereinbar, wie das Beispiel vieler heute als Pioniere gefeierter Strömungsforscher zeigt. Je mehr sich dieses Fach als Technikdisziplin etablierte, desto schwerer wurde es für Vertreter anderer Forschungskulturen, sich darin zu behaupten. Vielleicht waren sich die etablierten Aerodynamiker dieser Weichenstellung bewusst? Vielleicht empfanden sie es am Ende als peinlich, dass einst so renommierte Strömungsforscher wie Ahlborn dadurch im Abseits landeten? Jedenfalls zollte die WGL dem 75-jährigen Ahlborn doch noch Anerkennung und Respekt in Gestalt einer von Prandtl unterzeichneten Ehrenurkunde.

Nach Ahlborns Tod im Jahr 1937 versicherte Prandtl dem Sohn, er habe »die großen Verdienste Ihres Herrn Vaters um die experimentelle Erforschung der Strömungsgesetze immer anerkannt und werde das auch weiterhin tun.« Unbeschadet der früher ausgetragenen »ziemlich scharfen Kontroversen« achte er Ahlborn als Forscher, »der nicht nur eigene sehr wichtige Beobachtungsmethoden neu entdeckt hat, sondern auch durch seine Resultate viel zur heutigen Entwicklung unserer Anschauung von den Flüssigkeitsströmungen beigetragen hat.« ■

Literatur

Eckert, Michael, The Dawn of Fluid Dynamics. A Discipline Between Science and Technology. Berlin: Wiley-VCH, 2006.

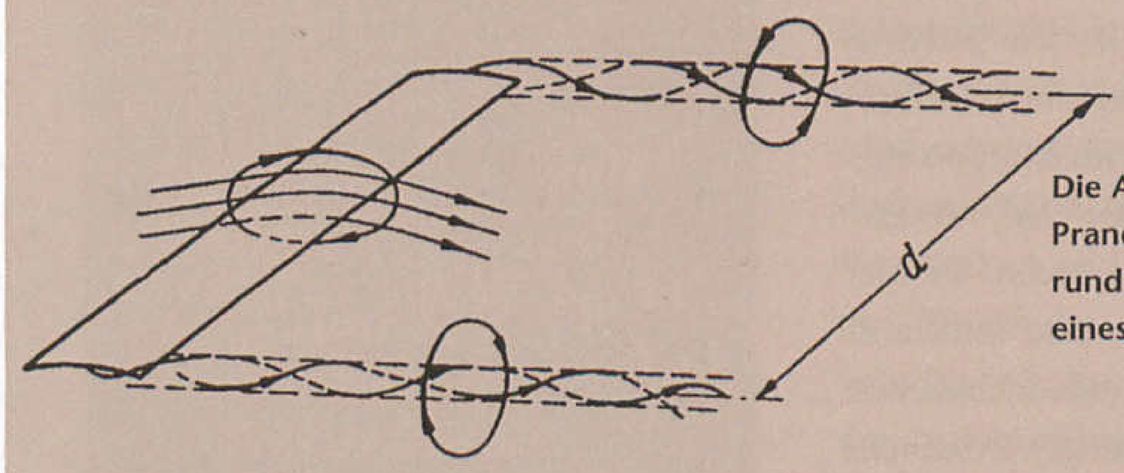
Georgi, J., Professor Dr. Fritz Ahlborn, ein vergessener Pionier der Strömungsforschung. Abhandlungen und Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg, N. F. II, 1957, 5–18.

Rotta, Julius C., Die Aerodynamische Versuchsanstalt in Göttingen, ein Werk Ludwig Prandtls. Ihre Geschichte von den Anfängen bis 1925. Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht, 1990

Schulz, Werner, Friedrich Ahlborns Untersuchungen zur Flugtechnik sowie zur Hydro- und Aerodynamik. DGLR-Mitteilungen 84–137, 1984, 1–35.

Der Nachlass Ludwig Prandtls befindet sich im Archiv zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin. Ahlborns Hinterlassenschaft ist weitgehend unerschlossen; ein Teil davon wird im Archiv des Deutschen Museums aufbewahrt, ein anderer bei Prof. Dr. Boye Ahlborn in Vancouver, einem Enkel Friedrich Ahlborns. Ich danke Boye Ahlborn für die großzügige Einsicht in dieses Material und für viele interessante Diskussionen über die Forschung seines Großvaters. Die oben zitierten Briefstellen entstammen diesem Nachlassteil und dem Prandtl-Nachlass in Berlin.

DIE ZIRKULATIONSTHEORIE



Die Abbildung zeigt, wie sich Prandtl die Luftzirkulation rund um den Tragflügel eines Flugzeuges vorstellte.

Die von Martin Wilhelm Kutta und Nikolai Joukowski begründete »Zirkulationstheorie« setzt die Strömung als eine Überlagerung einer geraden Strömung mit einer kreisförmig um den Flügel gedachten Strömung zusammen. Prandtl baute auf dieser zweidimensionalen Theorie auf und machte daraus eine dreidimensionale Theorie des »tragenden Wirbels«. Danach ist die Tragfläche Sitz eines »gebundenen Wirbels«, den man durch die von den Flügelspitzen ausgehenden »Randwirbel« und einen beim Start entstehenden »Anfahrwirbel« zu einem Wirbelring vervollständigen muss. Der Auftrieb des Flügels entspricht nach dem Newton'schen Prinzip »actio gleich reactio« der nach unten gerichteten Kraft des Abwinds hinter dem Flügel, der von diesem Wirbelring erzeugt wird (siehe auch Seite 50).

Abbildung: Michael Eckert

Historische Galerie

Gedenktage technischer Kultur: April bis Juni 2006

Sigfrid und Manfred von Weiher

Jungfernflug: Die Raumfähre Columbia bei ihrem Start im April 1981.

12.4.1981

Von Cape Canaveral, Florida, startet die US-**Raumfähre »Columbia«** als erstes wiederverwendbares Raumfahrzeug. Das »Space Shuttle« landet nach zweitägigem Flug und 36 Erdumkreisungen planmäßig auf einem ausgetrockneten Salzsee bei Los Angeles.

15.4.1931

Der deutsche Ingenieur Reinhold **Tiling** beginnt auf der Atterheide bei Osnabrück spektakuläre Versuche mit pulvergetriebenen **»Postwurf-Raketen«**. Eine seiner Feststoffraketen führt 180 Postkarten mit sich, erreicht eine Höhe von 2.000 m und landet, mit automatisch ausgeklappten Tragflächen, unbeschädigt.

18.4.1906

Ein **schweres Erdbeben** der Stärke 8,3 auf der Richterskala zerstört große Teile der Stadt **San Francisco.** Die dabei berstenden Gasleitungen und elektrische Kurzschlüsse lösen eine Feuersbrunst aus, die die blühende Metropole am Golden Gate in dreieinhalb Tagen völlig verwüstet: es fehlt an Löschwasser, da auch das Wasserleitungsnetz dem Beben zum Opfer fiel. 498 Menschen kommen um.

19.4.1906

Im Straßenverkehr verunglückt der französische Physiker Pierre **Curie** tödlich. Gemeinsam mit seiner Frau Marie entdeckt er 1898 die ersten radioaktiven Elemente.

20.4.1856

Als größter Gussstahl- und Geschütz-Fabrikant Deutschlands richtet das Essener **Krupp-Werk** für seine Belegschaft eine **Betriebskrankenkasse** ein, für die 970 Mitarbeiter besteht Beitragspflicht. Auf dem Hintergrund der damals allgemein üblichen rücksichtslosen Ausbeutung der körperlichen Arbeitskraft der arbeitenden Bevölkerung löst diese mutige sozialpolitische Maßnahme eine wegweisende Signalwirkung auch bei anderen Industrieunternehmen aus.

20.4.1856

In Hoboken, USA, stirbt Robert Livingstone **Stevens.** Als Ingenieur setzt er sich erfolgreich für die Einführung der **Dampf-Eisenbahn** in den Vereinigten Staaten ein.

25.4.1881

In Bonn stirbt Hermann **Bleibtreu**. Die Gründung der ersten **Portland-Zement**fabrik Deutschlands 1853 bei Stettin macht ihn zum Pionier dieses Baustoffes. Durch seine bahnbrechenden Impulse nimmt nahe Bonn die bis heute bedeutsame rheinische Braunkohle- und Brikett-Industrie 1873 ihren Anfang.

29.4.1881

In Frankfurt a. M. stirbt der Chemiker Rudolph Christian **Böttger**. Unabhängig von Schönbein entdeckt er 1846 die Schießbaumwolle und führt in Deutschland 1848 die sog. **»Schwedischen Streichhölzer«** ein, die sich nur an einer chemisch besonders präparierten Fläche entzünden lassen und damit sicherer als die damals gebräuchlichen »Überall-Zündhölzer« aus giftigem Phosphor sind.

1.5.1931

In New York eröffnet der US-amerikanische Präsident Herbert Hoover das **Empire State Building**. In 72 Aufzügen gelangen hier fortan täglich 16.000 Angestellte zu ihren Büros, mit 381 m Höhe bleibt es lange Zeit das **höchste Gebäude der Welt.**

6.5.1931

In München stirbt Hermann **Anschütz-Kempfe**. Nach jahrelanger Entwicklungsarbeit lässt er 1904 seinen ersten, vom Erdmagnetfeld unbeeinflussten **Kreiselkompass** patentieren, der seitdem ein unverzichtbares Hilfsmittel für die sichere Navigation moderner See-, Luft- und Raumfahrzeuge ist.

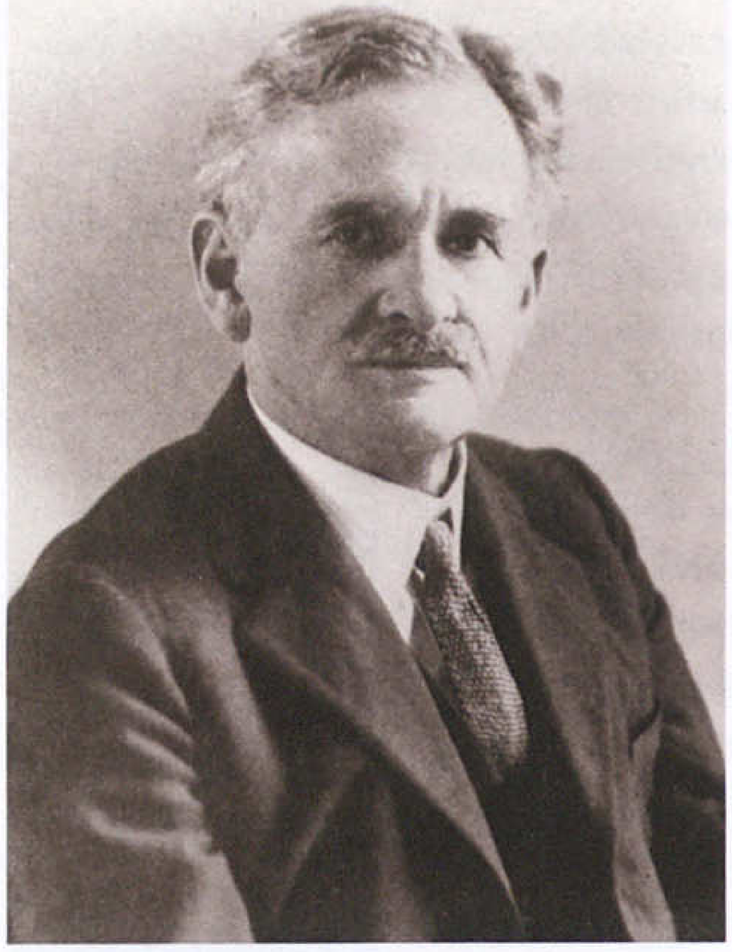
9.5.1931

In Pasadena, USA, stirbt der Chemiker Albert Abraham **Michelson**. Zwischen 1879 und 1882 gelingt ihm mit eigens konstruierten Messinstrumenten die Berechnung der Lichtgeschwindigkeit. In seinem berühmt gewordenen Experiment zur Ermittlung der Erdgeschwindigkeit beweist er 1881 die **Nichtexistenz des Äthers,** wodurch ein hypothetisches Konstrukt der klassischen Physik seine Gültigkeit verliert und, mehr als zwei Jahrzehnte später, zentrale Aspekte der Einstein'schen Relativitätstheorie bestätigt

Abbildungen: NASA; Hank Schiffman

Historische Galerie

Gedenktage technischer Kultur: April bis Juni 2006



Nobelpreisträger Albert Abraham Michelson.

werden können. Für seine bahnbrechenden Untersuchungsmethoden wird ihm 1907 der Nobelpreis für Physik zuerkannt.

10.5.1856

Der Brite Richard Archibald **Brooman** nimmt ein englisches Patent auf sein **Walzwerk zur Herstellung von Rohren** durch absatzweises Auswalzen im sog. Pilgerschritt-Verfahren. Erst drei Jahrzehnte später gewinnt seine Technologie durch die Weiterentwicklung der Brüder Mannesmann praktische Bedeutung bei der industriellen Röhren-Produktion großen Stils.

13.5.1856

In Remscheid wird Reinhard **Mannesmann** geboren. Um 1885 entwickelt er mit seinem Bruder Max das gemeinsam erfundene Verfahren des **nahtlosen Rohrwalzverfahrens** weiter und startet 1890 im eigenen Mannesmann-Röhren-Werk die bald weltweit erfolgreiche Massenfabrikation nahtloser Röhren. Nach der Krise der Montanindustrie in den 1960er Jahren wird das Kerngeschäft des Düsseldorfer Unternehmens durch immer neue, zukunftsweisende Tätigkeitsfelder ergänzt, die bis in die Mobilfunk-Sparte reichen. Im Geschäftsjahr 2000, vor der Übernahme des Unternehmens durch Vodafone, erwirtschaftet die Mannesmann AG einen Jahresüberschuss von 11,2 Milliarden Euro.

16.5.1831

In London wird David Edward **Hughes** geboren. Als Physiker befasst er sich zunächst mit den Erscheinungen der Elektrizität und ihrer Anwendungen für die technische Praxis. 1854/55 erfindet er den ersten brauchbaren Typendruck-Telegrafen, der sich jahrzehntelang in der Nachrichtentechnik behauptet. 1878 stellt er sein **Kohlekörner-Mikrofon** vor, das in den meisten Telefonhörern als robuste »Sprechkapsel« bis weit in die 1970er Jahre hinein zum Einsatz kommt. 1891 gelingt Hughes der Nachweis der sog. Hertz'schen Wellen, ohne die weder Hörfunk, TV noch Mobilfunk denkbar wären.

21.5.1506

In Valladolid, Spanien, stirbt Christoph **Kolumbus**, der Seefahrer und **Wiederentdecker des amerikanischen Kontinents.**

26.5.1856

Der deutsche Ingenieur Wilhelm **Bauer** unternimmt mit seinem im Auftrag der russischen Regierung gebauten Brandtaucher-Unterwasserboot in der St. Petersburger Bucht seine erste erfolgreiche **Unterwasserfahrt**. Im folgenden halben Jahr gelingen ihm damit 133 weitere Tauchfahrten. Bei der Hebung eines gesunkenen Linienschiffes setzt Bauer seine Taucherkammer und Hebeballons ein, 1863 gelingt ihm im Bodensee mit Hilfe seiner Submarine-Technik die Bergung des 1861 untergegangenen Dampfers »Ludwig«.

27.5.1931

Der Schweizer Physiker August **Piccard** und sein Assistent Kipfer erreichen mit ihrem **Stratosphären-Ballon** in einer hermetisch abgeschlossenen Aluminium-Kugelgondel die bis dahin von Menschen unerreichte Höhe von 15.781 m.

28.5.1906

In Ludwigshafen stirbt der Chemiker Theophil Josef **Knietsch**. Nach seiner Konstruktion der ersten Chlorpumpe mit Flüssigkeitskolben (1882) stellt er ein Verfahren zur **Massenherstellung konzentrierter Schwefelsäure** vor und weist der chemischen Industrie einen Weg zur erheblichen Kosteneinsparung bei der Produktion künstlichen Indigos.

29.5.1856

In einem Brief an seinen Bruder Wilhelm dokumentiert Werner **Siemens** seine Erfindung des Doppel-T-Ankers, der das Faraday'sche Induktionsgesetz praktisch umsetzbar macht und 1866 zum zentrale Bauelement der ersten Dynamomaschine wird. Waren vordem aus elektrostatischen Entladungen und sog. »Leidener Flaschen« (Batterien) nur sehr geringe elektrische Ströme verfügbar, so konnte nun mit Hilfe des **Doppel-T-Ankers** erstmals Starkstrom erzeugt werden.

1.6.1856

Mit den beiden **Dampfschiffen** »Borussia« und »Hammonia« nimmt die bislang nur mit Segelschiffen betriebene »Hamburg-Amerikanische Packetfahrt-Actien-Gesellschaft«, kurz: **Hapag**, ihren regelmäßigen Transfer nach New York auf. Die bisher oft vier- bis sechswöchige Atlantiküberquerung halbiert sich per Dampfschiff auf ca. 14 bis 17 Tage, was die Auswanderungsbereitschaft vieler Europäer in die »Neue Welt« noch verstärkt.

3.6.1956

In Dortmund wird auf der Möbelmesse die erste deutsche **Geschirrspülmaschine für Haushalte** vorgestellt.

Originalgetreu wieder aufgebaut: Der Zwinger in Dresden.

3.6.1956

In Dresden wird der 1711 bis 1728 errichtete und Ende des 2. Weltkrieges völlig zerstörte **»Zwinger«** nach detailgenauer Rekonstruktion **wiedereröffnet.**

4.6.1881

In Wien setzt der österreichische Leutnant Franz Freiherr **von Uchatius** seinem Leben ein Ende. Neben konstruktiven Verbesserungen bei der Herstellung von Tiegelstahl (»Uchatiusstahl«) und beim Kanonenguss gilt seine Konstruktion eines sog. **»Projektions-Lebensrades«** (1845 bis 1853) als interessante Vorstufe des Kinematographen, des modernen Film-Projektors.

6.6.1806

In London nimmt William **Deverell** ein britisches Patent auf den von ihm erfundenen direkt wirkenden **Dampfhammer**, bei dem Dampfdruck den zentnerschweren Hammerbär anhebt und so Hammerschmiede-Betriebe erstmals von der Wasser- bzw. Muskelkraft unabhängig macht.

9.6.1781

In Wylan bei Newcastle, England, wird **George Stephenson** geboren. Als Autodidakt bringt er die Konstruktionen der ersten Dampflokomotiven von Trevithick Blenkinsop und Hedley zur technischen Reife. Die Rekordfahrt seiner 1829 erbauten Röhrenkessel-Lokomotive »Rocket« wirkt richtungsweisend auf die verkehrstechnische Erschließung Europas. Mit seiner sehr früh auch praktisch überzeugend realisierten Anregung, auf den zunächst nur etwa 30 km/h schnellen Dampfbahnen neben Wirtschaftsgütern auch Personen zu befördern, wird Stephenson zum **»Vater des Eisenbahnwesens«.**

7.6.1906

In Clydebank, Schottland, läuft der britische Luxus-Passagierdampfer **»Lusitania«** vom Stapel, für Jahre das **größte Schiff der Welt**. Im Mai 1915 wird es von einem deutschen U-Boot torpediert, sinkt in 20 Minuten und zieht 1.198 Menschen in den Tod.

10.6.1706

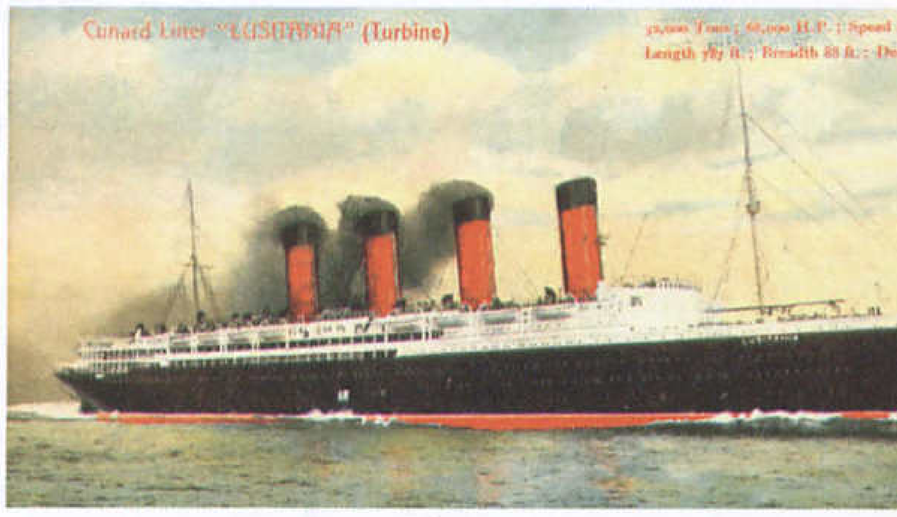
In Spitalfields bei London wird John **Dollond** geboren. Neben seinem erlernten Beruf als Seidenweber befasst er sich mit Mathematik und Optik und gründet 1752 mit seinem Sohn Peter eine optische Manufaktur. Durch seine Erfindung der **achromatischen Linse** 1758 gelingt ihm die Konstruktion leistungsfähiger Objektive und Fernrohre, die erstmals Bilder ohne störende Farbränder liefern.

12.6.1806

In Mühlhausen, Thüringen, wird Johann August **Röbling** geboren, der nach technischem Studium in Berlin 1831 nach Nordamerika auswandert, sich dort zum Brückenbauer spezialisiert und die Konstruktion von Drahtseil-**Hängebrücken** größter Spannweite in die Bautechnik einführt. Seine erste Pionierleistung ist die Niagara-Doppelbrücke für Eisenbahn- und Straßenverkehr, die 1852/55 mit einer Spannweite von 250 m entsteht. Die Manhattan und Brooklyn verbindende East-River-Bridge entwirft Röbling 1869, kurz vor seinem Tod, mit einer Spannweite von nahezu 500 m. 1883 wird diese New Yorker Brücke von seinem Sohn vollendet.

12.6.1856

In Seeburg, Ostpreußen, wird Johann Hermann **Ganswindt** geboren. In fünf Jahrzehnten des harten Ringens um Anerkennung profiliert er sich durch zahlreiche technische Erfindungen und visionäre Ideen. 1883 nimmt er ein Deutsches Reichspatent auf ein **lenkbares Luftschiff**, das er jedoch mangels finanzieller Mittel nicht verwirklichen kann. 1891 propagiert Ganswindt ein Raumfahrzeug, das durch Rückstoß von Dynamitpatronen den Weg zu fernen Welten finden soll und um 1900 experimentiert er mit einer Vorform des späteren Helikopters.



Superdampfer: Die Lusitania als Postkartenmotiv.

21.6.1931

Der von dem Ingenieur Franz **Kruckenberg** konstruierte **Propeller-Triebwagen »Schienenzeppelin«** erreicht bei einer Probefahrt auf der Reichsbahnstrecke Berlin-Hamburg 230 km/h Höchstgeschwindigkeit, damals weltweit ein Rekord für Schienenfahrzeuge. Obschon sich der Propeller-Antrieb für Schnellzüge nicht durchsetzt, beeinflussen Kruckenbergs stromlinienförmig gestaltete Triebwagen-Konzepte die erst nach dem 2. Weltkrieg verwirklichten Schnellbahnsysteme.

23.6.1856

Unter dem Vorsitz von Ferdinand **de Lesseps** beginnt in Paris die erste Sitzung der Internationalen **Suez-Kanal**-Kommission. Die von dem österreichischen Ingenieur Mois Ritter von Negreih vorgeschlagene Streckenführung und die konstruktive Gestaltung des schleusenlosen Kanalbauwerks zwischen Mittelmeer und Rotem Meer werden als Grundlage der Bauausführung angenommen. Die Bauarbeiten beginnen 1859, schließlich wird der fertig gestellte Kanal 1869 feierlich eröffnet.

29.6.1831

Auf seinem Schloss Kappenberg bei Lünen, Westfalen, stirbt Karl Reichsfreiherr **vom und zum Stein.** Von 1784 bis 1804 fördert er den westfälischen Bergbau in leitender Position, indem er zahlreiche technische Reformen durchsetzt, die zur Grundlage der Einführung von Dampfmaschinen, des Übergangs zum Tiefbau und des Aufbaus eines engmaschigen Verkehrssystems von Straßen und Kanälen werden. Als preußischer Minister erwirbt er sich hohe Verdienste um das Fabrikwesen und fördert so im nördlichen deutschsprachigen Raum nachhaltig die **Industrialisierung.**

Abbildungen: Deutsches Museum; Tomasz Resiak

Tag der Archive 2006

im Deutschen Museum

Forscherpersönlichkeiten – Erfolge und Irrwege

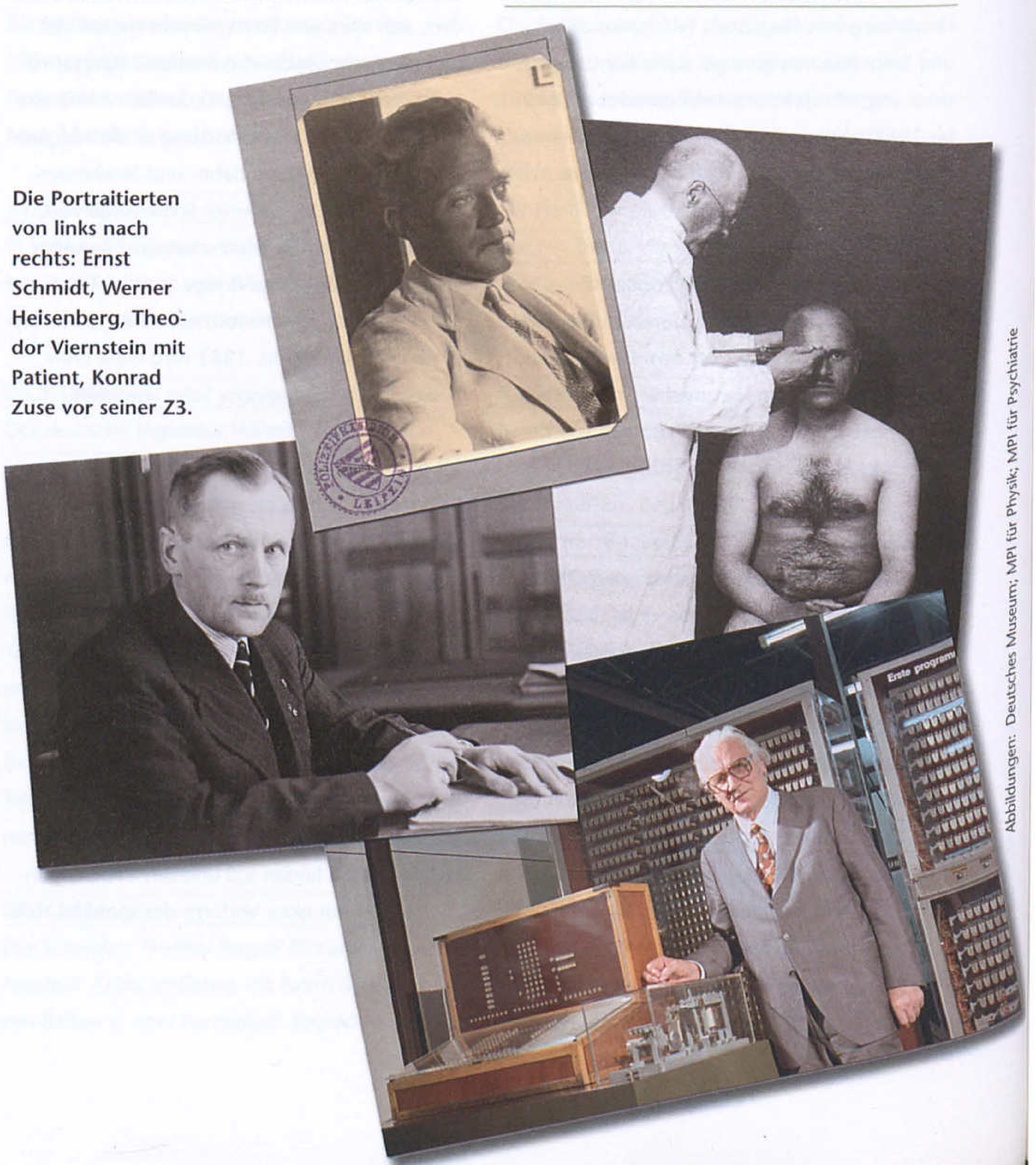
Erfolge und Irrwege, bahnbrechende Entdeckungen und missglückte Experimente, Anerkennung und Vergessenwerden liegen in Wissenschaft und Technik oft wie Licht und Schatten nah nebeneinander. Diesen Spannungsbogen illustriert eine Ausstellung mit Originaldokumenten aus vier Münchner Spezialarchiven zur Wissenschafts-, Technik- und Universitätsgeschichte. Sie ist anlässlich des »Tages des Archive« am 6. Mai 2006 im Archiv des Deutschen Museums zu sehen. Präsentationen und Führungen ergänzen die Ausstellung und bieten einen einmaligen Blick hinter die Kulissen.

Am Beispiel einzelner Forscherpersönlichkeiten werden Höhen und Tiefen in Leben und Werk von Nobelpreisträgern, Wissenschaftlern, Erfindergenies nachgezeichnet. So zeigt das Archiv des Deutschen Museums neben wertvollen Urkunden, Laborbüchern und Skizzen verschiedener Forscher erstmals Originaldokumente aus dem Nachlass Konrad Zuses. Zuse hatte 1936 einen der ersten Rechner entwickelt und gilt als Pionier der digitalen Revolution. Das Archiv der Technischen Universität präsentiert unvermutete Forschungsunterlagen aus der Arbeit der Professoren Robert Sauer (Mathematik), Ernst Schmidt (Thermodynamik) und Winfried O. Schumann (Elektrophysik). Das Archiv des Max-Planck-Instituts für Physik gibt einen Einblick in den Nachlass des Nobelpreisträgers Werner Heisenberg, aus dem nicht nur seine Leistungen auf dem Gebiet der Quantenmechanik und als Wissenschaftsorganisator, sondern auch persönliche Fehlschläge deutlich werden. Anhand ausgewählter Beispiele aus den Nachlässen der Psychiater Robert Gaupp und Theodor Viernstein thematisiert das Historische Archiv des Max-Planck-Instituts für Psychiatrie die Allianz zwischen Psychiatrie und Jurisprudenz.

Bereits zum dritten Mal findet der Tag der Archive auf Initiative des Verbands deutscher Archivarinnen und Archivare statt. Bundesweit öffnen staatliche, kommunale, kirchliche Archive, Adels-, Wirtschafts-, Medien-, Wissenschafts- und Universitätsarchive ihre Türen, um die Bedeutung der Archive für die Erforschung der Vergangenheit und für das bessere Verständnis der Gegenwart verstärkt in das Bewusstsein der Öffentlichkeit zu rücken. Die Münchner Archive präsentieren sich dabei mit einem aufeinander abgestimmten Programm. Unter dem Motto »Vielfalt des Erinnerns« stellen sich insgesamt 24 Münchner Archive an 17 Standorten vor. Geboten wird ein attraktives Programm mit Ausstellungen, Filmvorführungen, Leseübungen, Führungen durch Magazine und Restaurierungswerkstätten.

Eva A. Mayring

Programm und teilnehmende Archive unter: www.archive-muenchen.de



Die Portraitierten von links nach rechts: Ernst Schmidt, Werner Heisenberg, Theodor Viernstein mit Patient, Konrad Zuse vor seiner Z3.

Abbildungen: Deutsches Museum; MPI für Physik; MPI für Psychiatrie

Veranstaltungen & Ausstellungen APRIL BIS JUNI 2006

Folgende Abteilungen sind derzeit geschlossen:
Aussichtsplattform des Turms, Foto/Film, Autos/Eisenbahn (dauerhaft)

Das Museum ist am 14. April (Karfreitag) und am 1. Mai geschlossen

SONDERAUSSTELLUNG

bis 9. September 2006

Nano-Dialog

EG/Luftfahrt

Die Ausstellung stellt Prinzipien, Techniken und Produkte der Nanotechnologie vor, richtet den Blick aber auch auf die sozialen und ethischen Auswirkungen.
Vorführungen (Dauer ca. 30 Min.): Mo bis Fr, 9.30–12 Uhr

TAG DER ARCHIVE

Sa. 06. 05. Bibliotheksgebäude, 2. und 3. OG, 10–17 Uhr:
Forscherpersönlichkeiten – Erfolge und Irrwege Erfolge und Irrwege, bahnbrechende Entwicklung und missglückter Versuch liegen oft nah beieinander. Eine Ausstellung mit Originaldokumenten aus vier einschlägigen Münchner Archiven.
Führungen: Um 10, 12, 14 und 16 Uhr

BIBLIOTHEKSFÜHRUNGEN

Samstag, Beginn 14 Uhr, Treffpunkt Foyer der Bibliothek, Eintritt frei

29. 04. Vortrag »**Technik im alten Buch**« Schätze aus der Sammlung »Libri Rari«. Dr. Helmut Hilz, Leiter der Bibliothek
Rara-Leseraum der Bibliothek.
13. 05. **Führung durch die Bibliothek**
10. 06. **Führung durch die Bibliothek**

SONDERVORFÜHRUNGEN GLASBLASEN

2. OG, Glasbläserstand neben der Altamira-Höhle

Di. 25. 04. 14 Uhr: **Liebig-Kühler** Der Glasbläser erläutert die Grundlagen des Glasapparatebaus am Beispiel des Liebigkühlers (Dauer ca. 30 Min.)
Di. 16. 05. 14 Uhr und
Mi. 17. 05. 11.30 Uhr: **Glasaugen** In Handarbeit entstehen Augenprothesen mit farbiger Iris und tiefschwarzer Pupille, kaum vom menschlichen Auge zu unterscheiden (Dauer ca. 45 Min.)
Sa. 17. 06. 14 Uhr: **Schreibfedern aus Glas** Faszinierende Schreibgeräte, die nach Wunsch der Besucher in verschiedenen Farben gefertigt werden (Dauer ca. 30 Min.)

FRAUEN FÜHREN FRAUEN

Mittwoch 10 Uhr, Treffpunkt Eingangshalle, normaler Eintritt

05. 04. **Vom Gewichts- bis zum Jacquardwebstuhl** Die Entwicklung der Textiltechnik. Sylvia Wiechmann
19. 04. **Wie die Klosterfrau zum Melissengeist kam** Zur Geschichte der Pharmazie. Adrianne Hahner, M.A.
03. 05. **Vom Fliegerhorst zum Luftfahrtmuseum** Übersichtsführung in der Flugwerft Schleißheim (Treffpunkt: Eingangshalle Flugwerft Schleißheim). Gudrun Lühring
17. 05. **Kochen mit Sonnenenergie** Technik, Erfolge und Hindernisse. Christine Lippold
31. 05. **Vom Kristall zum Chip** Die Entwicklung der Computertechnik. Norma Schwärzer
28. 06. **Die Architektur des Deutschen Museums.** Simone Bauer

FÜHRUNGEN FÜR SENIOREN

Jeweils Donnerstag um 10 und 14 Uhr. Treffpunkt: Eingangshalle

13. 04. **Brücken, Flüsse, Dämme** Technik und Geschichte des Wasser- und Brückenbaus. Referent: Helmut Piening

11. 05. **Zu schön, um wahr zu sein?** Die Höhlenmalereien von Altamira. Eine Reise weit in die Vergangenheit. Referentin: Dr. Margareta Benz-Zauner

08. 06. **Gebrannte Erde und weißes Gold** Zur Geschichte von Keramik und Porzellantechnik. Referentin: Dorothea Hierstetter

Anmeldung: Seniorenbeirat der Landeshauptstadt München,
Burgstr. 4, 80331 München, Tel. 089 / 2332-1166

KONZERTE IN DER MUSIKINSTRUMENTEN-AUSSTELLUNG

So. 30. 04 **11.45 Uhr – Matinee** »Unserer Träume kann uns niemand berauben« Leben und Werk der »Theresienstädter« Komponisten Pavel Haas, Gideon Klein und Viktor Ullmann; Alexandra Ulrich, Sopran, Anne Schätz, Klavier
Sa. 13. 05. **14.30 Uhr – Orgelkonzert** Studierende von Katarina Lelovics an der Musikhochschule München, Regina Frisch, Wolfram Heinzmann, Simon Lindner, Andreas Obermayer, Werke von Muffat, Bruhns, Vivaldi, C. Ph. E. Bach u. a.
Mi. 17. 05. **18 Uhr – der dritte Mittwoch – »Barocke Soiree«** Kammermusik des 17. und 18. Jahrhunderts, Studierende des Studios für Historische Aufführungspraxis der Hochschule für Musik und Theater und des Fachbereichs Alte Musik des Richard-Strauss-Konservatoriums Konzeption Prof. Christine Schornsheim und Michael Eberth
Sa. 10. 06. **14.30 Uhr – Orgelkonzert** Studierende von Prof. Klemens Schnorr an der Musikhochschule Freiburg spielen Werke von Johann Pachelbel, J. S. Bach, Georg Muffat und Max Reger

Weitere Informationen unter http://www.deutsches-museum.de sowie
Tel. 089 / 2179–445 und E-Mail s.berdux@deutsches-museum.de.

BESUCHERLABOR FÜR GENTECHNIK

19. 04., 17. 05., 21. 06. jeweils 18.30 bis 21.30 Uhr:
Wie sieht DNA aus? Was ist Gentechnik? Wie funktionieren Gen-Analysen?

Jeden 3. Mittwoch im Monat von 18.30 bis 21.30 Uhr:
Kurs Genetischer Fingerabdruck
Gebühr: 16 Euro; ermäßigt 8,50 Euro; max. 15 Personen).
Anmeldung: Mittwochs 13–15 Uhr unter Tel. 089 / 2179–564

Veranstaltungen & Ausstellungen APRIL BIS JUNI 2006

PROGRAMM DES VERKEHRSZENTRUM

Führungen durch das Verkehrszentrum
Montag bis Freitag 14 Uhr, Samstag, Sonntag, Feiertag 13.30 Uhr

Vorführung »Puffing Billy« und Modelleisenbahn
Montag bis Freitag 15 Uhr, Samstag, Sonntag, Feiertag 11 und 15 Uhr

Bavaria-Tour 2006
16. 06. 40 Jahre BMW 02 – Großes Treffen auf der Theresienwiese
Veranstaltungen auch im Verkehrszentrum

Führungen für Senioren
Mittwoch, Beginn jeweils 14 Uhr

19. 04. Übersichtsführung durch das Verkehrszentrum mit Schwerpunkt **»Benz Patent-Motorwagen«**, 1886
17. 05. Übersichtsführung durch das Verkehrszentrum mit Schwerpunkt **»Erste elektrische Lokomotive«**, 1879
21. 06. Übersichtsführung durch das Verkehrszentrum mit Schwerpunkt **»Grenzen der Mobilität«**

Montagskolloquium im Auditorium des Verkehrszentrums
Beginn 16.30 Uhr, Eintritt frei

24. 04. **Pendler**. Alexander Gall, München
15. 05. **Antiker Verkehr**. Anne Kolb, Zürich
29. 05. **Automobilismus**. Gijs Mom, Eindhoven
19. 05. **Wann überschritt das Eisenbahnzeitalter in Deutschland seinen Zenit und neigte sich dem Ende zu?** Ralf Roth, Frankfurt/M.

Sonderausstellungen
Bis 28. Mai
Fahrräder mit elektrischem Rückenwind. Neben 3 historischen Elektrofahrrädern stehen 13 der aktuellsten und deren Testergebnisse im Mittelpunkt. Am 13. und 14. Mai wie auch am 20. und 21. Mai können Besucher auf Pedelecs im Außengelände Probe fahren.

01. Juni – 18. Juni
Fotoausstellung **»Wir sind Westend« – Portraits und Momentaufnahmen von der Schwanthalerhöh'**
Die Ausstellung ist eine Hommage an die Menschen, die im Westend leben und arbeiten und somit zum unverwechselbaren Charme dieses Viertels beitragen.

22. Juni – 8. Oktober
Fotoausstellung **Das Auto – Teil unseres Lebens**
Bei den Fotos des international bekannten Nürnberger Fotografen Horst Schäfer wird das Auto nicht als Ikone sondern als Bestandteil einer Szene oder Situation abgebildet.

Donnerstagsvorträge
Eintritt 2,50 Euro, ermäßigt 1,50 Euro, Mitglieder frei

20. 04. 18.30 Uhr: **Das Wasserstoffrekordfahrzeug Hysun 3000**
Dipl.-Phys. Frieder Herb, 3. Vorsitzender ExtraEnergy
27. 04. 18.30 Uhr: **Digitale Information und Warnung im Fahrzeug** - Die nächste Generation der Verkehrsinformationsdienste
04.05. 18.30 Uhr: **Der Einsatz von Elektronik im Sportrad der Zukunft**
11. 05. 18.30 Uhr: **Bayernweite Fahrgastinformation auf Basis von Echtzeitdaten** Ein Schlüsselprojekt der Telematikinitiative DEFAS
18. 05 18.30 Uhr: Podiumsdiskussion **Die zweite S-Bahn Stammtrecke durch München.** Gibt es eine Alternative zum zweiten Tunnel?
Veranstalter: Green City
01. 06. 18.30 Uhr **Eröffnung der Fotoausstellung »Wir sind Westend«**
Anschließend Konzert von Digital Orient
08.06. 18.30 Uhr **»Geschichten aus dem Westend«**
22.06. 18.30 Uhr: **Der Transrapid München** – Verkehrs- und industriepolitische Bedeutung sowie Technologie des Systems

PROGRAMME IN DER FLUGWERFT SCHLEISSHEIM
Effnerstraße 18 · 85764 Oberschleißheim · Tel. (089) 315714-0

Sonderausstellung
13. April bis 17. November
Der Hesselberg – Die Wiege des bayerischen Segelflugs

Frauen führen Frauen
Treffpunkt: Eingangshalle
Mi. 3. 05. 10 Uhr: **Vom Fliegerhorst zum Luftfahrtmuseum** Übersichtsführung in der Flugwerft Schleißheim. Gudrun Lühring

Probefahren können Besucherinnen und Besucher ausgewählte Pedelecs am 13., 14., 20. und 21. Mai 2006.

Deutsches Museum intern

Nachrichten, Tipps, Termine

+++ **SONDERAUSSTELLUNG** bis 9. September **NANO-DIALOG**

Vorführungen Montag bis Freitag zwischen 9.30 und 12 Uhr, Abteilung Luftfahrt, EG +++

FAHRRÄDER ...

... mit elektrischem Rückenwind

Sonderausstellung des Vereins Extra Energy e.V. im Verkehrszentrum des Deutschen Museums
2. Februar bis 28. Mai 2006

Dreizehn der modernsten Pedelecs und E-Bikes und drei historische Elektrofahrräder sind Herzstück einer Sonderausstellung im Verkehrszentrum des Deutschen Museums.

Pedelecs (pedal electric cycles) sind Fahrräder mit elektrischem Antrieb. Der eingebaute Motor unterstützt den Fahrer. Er ersetzt jedoch nicht das Treten, sondern übernimmt rund die Hälfte des Kraftaufwands. Praktische Anwendung finden Pedelecs bereits in der täglichen Arbeit von Postboten.

Bei E-Bikes kann der Motor auch dann eingeschaltet werden, wenn der Fahrer nicht tritt, er liefert dann die gesamte Antriebskraft.
Neben den Pedelecs und Elektrofahrrädern präsentiert die Ausstellung auch aktuelle Testergebnisse der Räder und beschäftigt sich mit der Frage der Energieversorgung. Verschiedene Beispiele illustrieren die Entwicklung vom Batteriebetrieb zur Brennstoffzelle.

Die Sonderausstellung ist ein Beitrag der Kommunikationsreihe des Deutschen Museums zur Velo-City-Konferenz 2007. Die Konferenz wird ausgerichtet von der Stadt München und ist ein internationales Forum zur Diskussion und Förderung neuer Konzepte des Fahrradverkehrs.

Sonderausstellung
»Fahrräder mit elektrischem Rückenwind«
im Deutschen Museum Verkehrszentrum
Theresienhöhe 14a
80339 München
Geöffnet täglich 9–17 Uhr
Donnerstag bis 20 Uhr
Eintritt: 2,50 Euro

FRAUEN FÜHREN FRAUEN

Fr/Sa/So 26.– 28. Mai 2006

Wasser bewegt die Welt

Ohne Wasser gibt es kein Leben: Woher bekommen wir Wasser? Wie nutzen wir es? Wie funktioniert Wasserversorgung? Wird Wasser knapp?

Die Beziehung des Menschen zum Wasser hat viele Facetten. An diesem Wochenende wollen wir einige davon erkunden:
Zu den ältesten technischen Errungenschaften der Menschheit zählen Bauten zur Nutzung von Wasser und zum Schutz vor dem Wasser. Diese Aufgaben sind bis heute geblieben.
Wasserwege über Weltmeere und Binnenland verbinden seit langer Zeit Kontinente und Kulturen. Die Schifffahrt hat uns die Erde erschlossen.
Wasserkraft trug zur industriellen Entwicklung bei, heute zählt sie zu den wichtigen erneuerbaren Energien.
Das Museum selbst ist auf einer Insel zwischen Isar und Isarkanal erbaut.
Mit dem Mikroskop können wir den Mikrokosmos im Isarwasser erkunden.

Anreisetag ist Freitag der 26. Mai 2006. Es erwarten Sie am Samstag und Sonntag insgesamt drei (Führungs-)Vorträge rund ums Wasser. Zwei Übernachtungen mit Frühstück inkl. Seminargebühren und Museumseintritt 120,00 Euro (EZ) und 110,00 Euro (DZ). Anmeldung (bis spätestens 15.April 2006) erforderlich! Sie übernachten im Kerschensteiner Kolleg direkt im Deutschen Museum. Die Zimmer (Etagenduschen und –WCs) sind modern eingerichtet und ruhig gelegen. Wir empfehlen die Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln.

Information und Anmeldung:
Christine Füssl-Gutmann oder Irina Fritz
Tel. +49- (0)89-2179-243, Tel. +49- (0)89-2179-443, Fax +49- (0)89-2179-273
e-mail: c.fuessl@deutsches-museum.de und i.fritz@deutsches-museum.de
Deutsches Museum, Museumsinsel 1, 80538 München

Deutsches Museum
Kerschensteiner Kolleg

Programm für Kinder und Jugendliche APRIL BIS JUNI 2006

Das ganze Jahr über bietet das Deutsche Museum vielfältige Aktivitäten für Kinder und Jugendliche. Während der Ferien gibt es darüber hinaus Workshops und tägliche Mitmach-Aktionen.

KINDER- UND JUGENDPROGRAMM AUF DER MUSEUMSINSEL

MimKi – Mittwoch im Kinderreich

Experimentier- und Kulturtreff für kleine Forscher von 4 bis 8 Jahren
Jeden Mittwoch 14 Uhr, Dauer: ca. 2 Stunden, Treffpunkt: Kinderreichlabor
Keine Anmeldung nötig. Nähere Informationen unter:
Tel. (089) 2179 – 411, E-Mail: kinderreich@deutsches-museum.de

05.04. **Wassertheater** Lasst euch verzaubern vom spannenden Schattentheaterstück zum Thema Wasser. Von Puppenspielerin Linde Scheringer (Einlass 14.30 Uhr, Beginn 15 Uhr)

26. 04. und 03.05. **Handwerk – Drucken** Vom Steinmeißeln über die Schreibstube in Klöstern bis zur Gutenbergwerkstatt gehen wir auf eine Exkursion durch die Abteilung Drucktechnik. Mit moderner Computertechnik wird dort eine Zeitung über unsere Entdeckungsreise gedruckt. Anschließend machen wir im Studienlabor des Kinderreichs unsere eigenen Bilder mit Hilfe einer Druckerpresse.

10. 05. und 17. 05. **Origami-Faltereien** Mit einem echten Origami-Meister falten wir verschiedene Objekte der wundersamen Flora und Fauna, dazu denken wir uns eine Geschichte aus. Später können wir diese im Schattentheater vielleicht noch nachspielen. Über die Papierabteilung geht es zur Drukkabteilung, in der ein Foto von unseren Meisterwerken gemacht wird. Mit moderner Computertechnik wird dort eine Zeitung über unsere Entdeckungsreise gedruckt.

24. 05. **Origami-Zauber** Zu den Klängen von wundersamer Musik zaubert unser Origami-Meister fantastischste Sachen herbei. Er faltet Musikinstrumente, mit denen man tatsächlich Musik machen kann. Zum Beispiel, eine Flöte aus Papier, mit der man richtige Töne erzeugen kann.

31. 05. **Papiertheater – Kugelmenschen** Kristina Feix und Johannes Volkmann erzählen Aristophanes' Geschichte vom Gastmahl der Philosophen im antiken Griechenland und von Platon, der dies später aufschrieb. Schnitte und Risse, Projektionen und Malereien lassen die Welt auf dem Papier entstehen.

21. 06. und 28. 06. **Handwerk – Textil** Wie entsteht eigentlich unsere Kleidung? Am Anfang gibt es einen Stoff und der ist meist gewebt. Wenn ihr wissen wollt wie das genau geht, dann könnt ihr bei uns euer eigenes Muster weben. Danach schauen wir uns in der Textilabteilung an, wie das die Profis so machen.

Es rappelt in der Kiste! InformatikWerkstatt im Deutschen Museum

Vom 10. bis 13. April (Osterferien) für Kinder von 9 bis 13 Jahren
Anmeldung montags und mittwochs unter Tel. (089) 2179–328

Ob im Handy, Auto, CD-Spieler, MP3-Player, Getränkeautomaten oder natürlich im Computer: Informatik ist nahezu überall. Aber was tut sich da eigentlich, wenn es in der Kiste leise rappelt? Die InformatikWerkstatt lädt dazu ein, diese Geheimnisse zu erforschen.

Programm

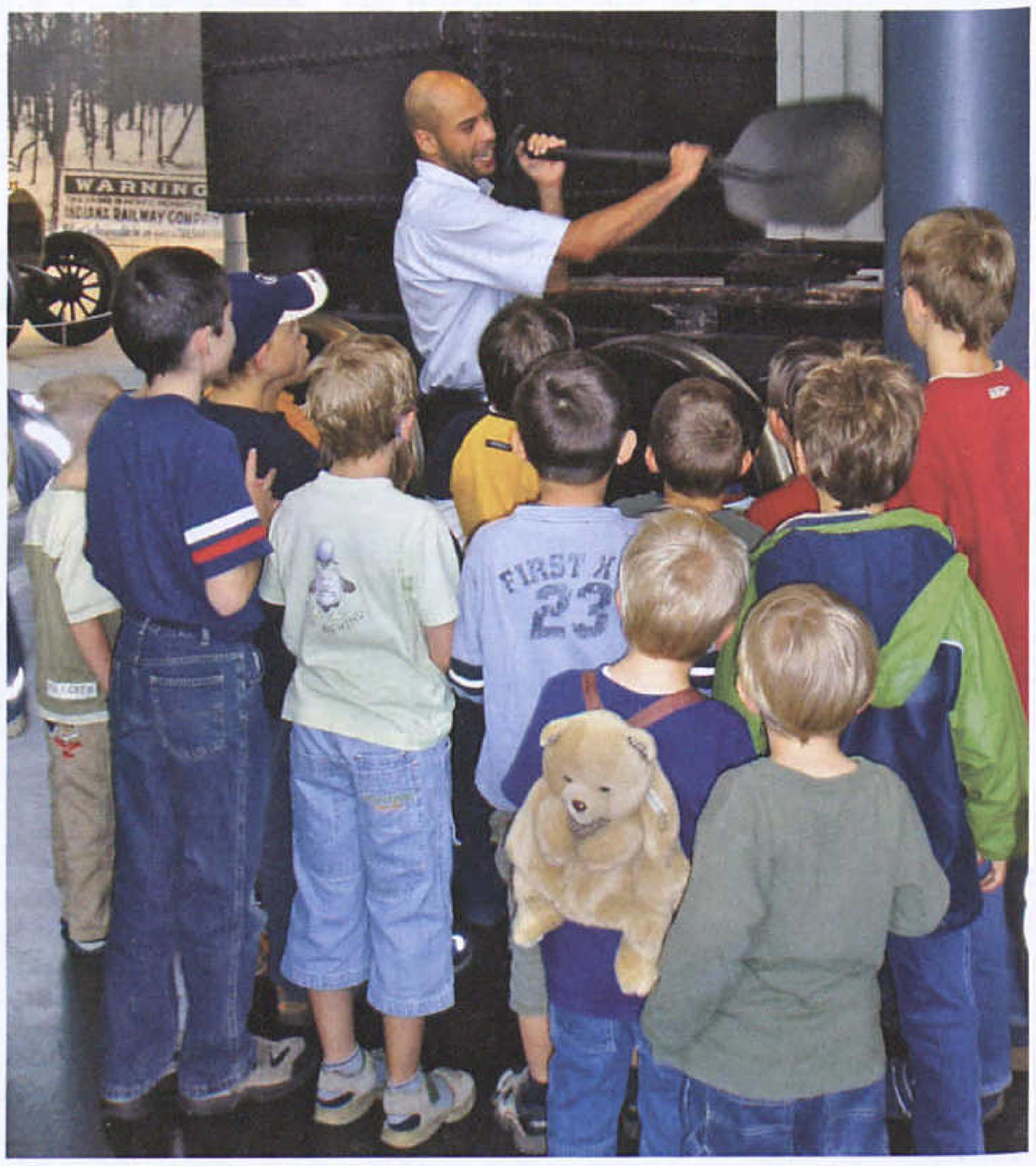
10. – 13. 04.
Täglich 10–16 Uhr
Wissensgalerie, Offenes Programm und einstündige Workshops u.a.
Trickreiche Rechenstäbchen; Abakus bauen; Schmuck aus Computerschrott; **Internet-Führerschein**
Dauer max. 1 h; Unkostenbeitrag 2 Euro
Anmeldung am jeweiligen Tag an der Wissensgalerie, Luftfahrt im EG

10. – 13. 04.
Täglich 10 und 13.30 Uhr
Robotics: Bau und Programmierung eines Mini-Roboters;
Hands-on Universe: Der Rechner hilft, Daten aus dem All in Bilder zu verwandeln;
Automatisierung: Die Bohrmaschine läuft wie von Geisterhand – wenn die Programmierung stimmt! (ab 12 Jahren)
Dauer 2,5 h, Unkostenbeitrag 5 Euro, Anmeldung nötig

Workshops

10. – 12. 04. 10–16 Uhr:
3-tägiger Workshop: **Ein Video entsteht: Planen, filmen, schneiden**
Unkostenbeitrag: 25 Euro, Anmeldung nötig

11. – 13. 04. 10–16 Uhr:
3-tägiger Workshop: **ComputerKunstLabor**: zusammen mit einem Künstler und eine/r Informatiker/in machen die Teilnehmer Unsichtbares aus dem Computer in einem handfesten Modell sichtbar.
Unkostenbeitrag 25 Euro, Anmeldung nötig



Wie funktioniert eigentlich eine Dampflokomotive? Antworten darauf gibt es bei den Führungen für Kinder im Verkehrszentrum.

Im Deutschen Museum wird es nie langweilig. Überall gibt es etwas zu entecken oder auszuprobieren.

Die ersten Fahrräder mussten noch ohne Luftbereifung auskommen. Das holperte zwar beim Fahren, tat aber dem Spass an der neuen Fortbewegung keinen Abbruch.

KINDER- UND JUGENDPROGRAMM IM VERKEHRSZENTRUM

Workshops

Bei allen Workshops ist die Teilnehmerzahl auf 15 begrenzt

19. 04. 10–16 Uhr: **Flugzeuge, Flugantriebe, Fluginstrumente**
Für Kinder von 8 bis 12 Jahren. Kursleiter: Wolfgang Neumeister.
Kosten: 7,50 Euro
Anmeldung bei Volkshochschule Oberschleißheim, Tel. (089) 3153806

23. 04. 14–17 Uhr: **Vom Propeller zur Düse** Für Kinder von 8 bis 12 Jahren.
Kursleiter: Wolfgang Neumeister. Kosten: 19,50 Euro
Anmeldung bei Volkshochschule München-Nord, Kurs M1482,
Tel. (089) 5505170

30. 04 14–17 Uhr: **Vom Propeller zur Düse** Für Jugendliche von 13 bis 16 Jahren. Kursleiter: Wolfgang Neumeister. Kosten: 19,50 Euro
Anmeldung bei Volkshochschule München-Nord, Kurs M1483,
Tel. (089) 5505170

14. 06 10–15 Uhr: **Vom Propeller zur Düse** Für Jugendliche von 13 bis 16 Jahren. Kursleiter: Wolfgang Neumeister. Kosten: 7,50 Euro
Anmeldung unter (089) 31571410

Kinderführung

Mittwoch 14 Uhr, Dauer: ca. 2 Stunden, Treffpunkt: Kinderreichlabor
Keine Anmeldung nötig. Nähere Informationen unter:
Tel. (089) 2179–211, E-Mail: kinderreich@deutsches-museum.de
Jeweils Samstag, Sonntag, Feiertag 14.30 Uhr, Alter: 6 bis 12 Jahre

KINDERPROGRAMM IN DER FLUGWERFT SCHLEISSHEIM

12. 04. 10–16 Uhr (12–13 Uhr: Mittagspause) Ferienprogramm
Fahrrad fahren: früher und heute. Höhepunkte aus der Fahrradentwicklung Von Karl Drais' Laufmaschine zum Mountain bike – Fahrradgeschichte für Kinder: Mit Film, Fragebogen und Erkundungstour durch das Verkehrszentrum. Nach der Mittagspause wird gezeigt, wie man einen Reifen flickt.
Alter: 6 bis 12 Jahre, 3,50 Euro / Kind, 2 Euro / Ferienpassinhaber, Materialkosten 1 Euro Anmeldung: Tel. (089) 500806–140 und Fax (089) 500806–124

05. 04., 03.05.

12. 05, 07. 06 14–16 Uhr: **Reifen flicken**: Fahrrad-Workshop für Kinder
1,50 Euro / Kind, Materialkosten 1 Euro

11. 04. 16.30 Uhr: **Musik für Kinder** von Reiner Wenzel
Veranstaltung im Rahmen der Kulturtage Schwanthalerhöh'
Veranstalter: Kulturreferat der LH München

12. 04. 16.30 Uhr: **Zaubereien für Kinder** mit Zauberin Trixi
Veranstaltung im Rahmen der Kulturtage Schwanthalerhöh'
Veranstalter: Kulturreferat der LH München

Jugendprogramm

Alter: ab 13 Jahre

18. 04. 14–16 Uhr: Workshop **Technische Entwicklungen im Motorradbau** Unkostenbeitrag: 1,50 Euro/Jugendlicher
Voranmeldung erforderlich, Tel. (089) 500806–140

Mi/Do/Fr/Sa 26. – 29. April 2006

„Kinder wollen wissen"

Naturwissenschaftliches Experimentieren und Forschen im Kindergarten

Eine Weiterbildung für Erzieherinnen und Erzieher im Kerschensteiner Kolleg des Deutschen Museums

Gerade Erzieherinnen und Erziehern wird von kleinen „Wissenschaftlern" oft ein Loch in den Bauch gefragt. Warum ist der Regenbogen so bunt? Warum kann ein Fisch unter Wasser atmen? Wie funktioniert ein Magnet? Was ist eigentlich Luft? Und, und, und...

Kinder haben ein unbefangenes Interesse am Experimentieren und Beobachten. Wir möchten in unserem Kurs Erzieherinnen und Erziehern Basiswissen im Bereich „Naturwissenschaft und Technik" vermitteln und naturwissenschaftliche Neugier fördern.
Wir laden ein, mit Spaß und Spannung zu forschen und experimentieren und die Erfahrungen im Kindergartenalltag umzusetzen.

Drei Übernachtungen mit Frühstück inkl. Seminargebühren, Material und Museumseintritt 205,00 Euro (EZ) und 195,00 Euro (DZ). Anmeldung (bis spätestens 10. April 2006) erforderlich! Sie übernachten im Kerschensteiner Kolleg direkt im Deutschen Museum.
Die Zimmer (Etagenduschen und –WCs) sind modern eingerichtet und ruhig gelegen.
Wir empfehlen die Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln.

Information und Anmeldung:
Christine Füssl-Gutmann oder Irina Fritz
Tel. +49-(0)89-2179-243, Tel. +49-(0)89-2179-443, Fax 089-2179-273
e-mail: c.fuessl@deutsches-museum.de und i.fritz@deutsches-museum.de
Deutsches Museum, Museumsinsel 1, 80538 München

Deutsches Museum
Kerschensteiner Kolleg

Abbildungen: Deutsches Museum

Schlusspunkt

Anpfiff

Papst sind wir schon. Müssen wir nun wirklich auch noch Fußball-Weltmeister werden?

Text: Daniel Schnorbusch, Illustration: Jana Konschak

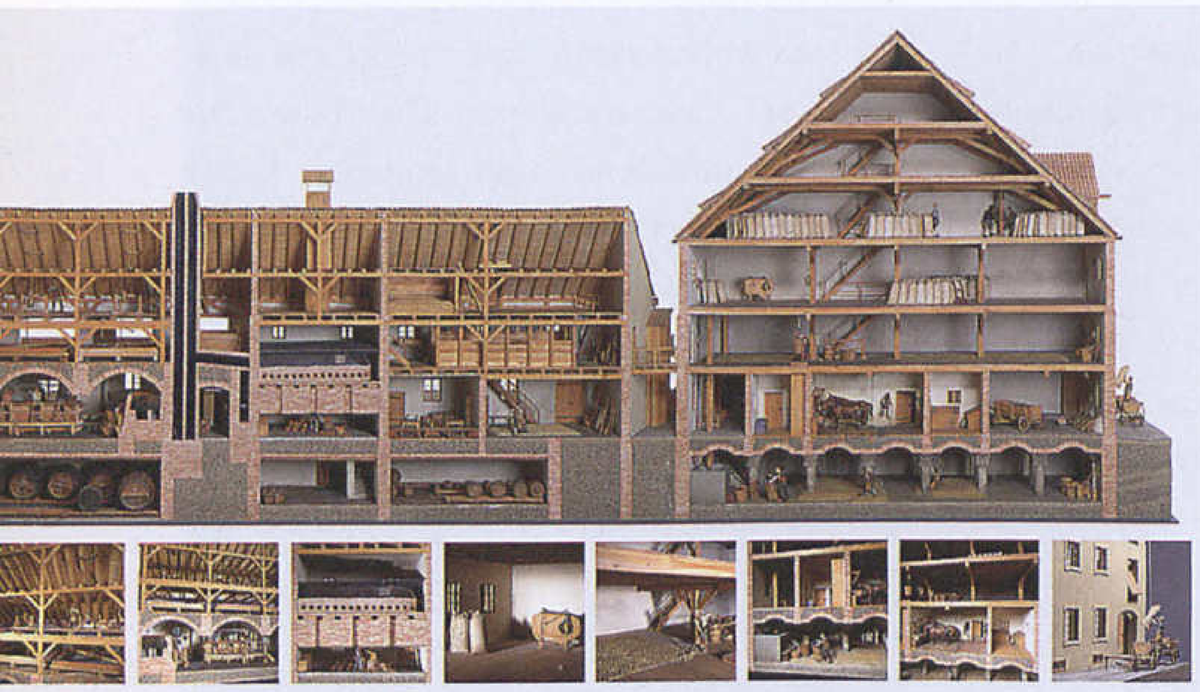
Wenn es nach Beckenbauer, Klinsmann und noch so ein paar anderen furchtbar wichtigen Leuten in diesem Lande geht, dann sollen wir, nachdem wir nun schon Papst geworden sind, jetzt auch noch Weltmeister werden. Ich will ja nicht mäkeln, aber mich erinnert das sehr an das Märchen von dem Fischer und seiner Frau. Vor lauter Gier landen sie am Ende wieder in ihrer Bruchbude. Außerdem: Weltmeister im eigenen Land zu werden, das hätte doch geradezu etwas Anrüchiges. Da muss der Rest der Welt ja glauben, dass es nicht mit rechten Dingen zugegangen ist. Ich finde daher, dass Togo Weltmeister werden sollte. Ich weiß überhaupt nicht, wie man in Togo so Fußball spielt – mit wenig Geld und umso mehr Spaß wahrscheinlich. Dieses kleine schmale Land am Golf von Guinea wäre der ideale Weltmeister. Warum? Weil wir es dann nicht wären und auch nicht eines dieser Länder, die wirklich Fußball spielen können, also Brasilien, Argentinien, Italien oder so. Togo würde uns alle Bescheidenheit lehren, Demut. Viele sagen: die Deutschen sind die größten Miesepeter. Sie reden sich selbst, ihr Land und die ganze Welt schlecht, anstatt frohgemut Geld auszugeben und Arbeitsplätze zu schaffen. Ich sage: den Deutschen fehlt die Demut. Wer demütig ist, der ist dankbar auch für die kleinen Erfolge und freut sich sogar, wenn die anderen gewinnen. Wenn wir das Eröffnungsspiel gegen Costa Rica nicht verlieren, das wäre doch schon was! Auf mehr können wir angesichts der Fakten doch ohnehin nicht hoffen. Weil ich will, dass wir alle bescheidener und damit glücklicher werden, habe ich vor nicht allzu langer Zeit den Togo-World-Cup-Support-Club, kurz und einprägsam: TWCSC, gegründet. Der TWCSC besteht aus mir und allen, die sich mit dem Vereinsziel identifizieren können. Es ist mehr ein virtueller Club. Ziel des TWCSC ist es, die Mannschaft der Republik Togo auf ihrem Weg zur Weltmeisterschaft auf alle erdenkliche Weise zu unterstützen. Ich weiß nicht, wie es Ihnen geht, aber mir scheint das ein sehr edles Ziel und jede Unterstützung wert zu sein. Als ich jedoch Fräulein Schröder unlängst bat, Mitglied im TWCSC zu werden und vielleicht bei dieser Gelegenheit das noch vakante Amt der Schriftführerin zu übernehmen, hat sie das brüsk abgelehnt. Es käme gar nicht in Frage, dass sie sich für ein ihr quasi unbekanntes Land im fernen Afrika engagiere, nur um in Wahrheit den eigenen Landsleuten eine Lektion in Sachen Demut verpassen zu sollen. Ich würde sowohl Togo als auch den Fußball für sachfremde Zwecke instrumentalisieren. Rums! Ich habe mir daraufhin zum Trost übers Internet eine 2 x 3 Meter große Flagge von Togo bestellt. 100 Prozent Polyester, die Kanten doppelt genäht, lichtecht, wetterfest, Ösen zum Hissen. »Was willst du mit einer Togo-Fahne?« fragte mich Fräulein Schröder verständnislos. »Wedeln«, antwortete ich. »Und wo willst du damit wedeln, wenn ich fragen darf?« »Weiß ich noch nicht genau. Dort wo es sich ergibt.« »Vor dem Fernseher vielleicht? Oder hast du etwa Karten für ein Spiel?« »Hab ich nicht.« »Du wirst also vor dem Fernseher sitzen und deine 6-Quadratmeter-Togo-Fahne schwenken, seh ich das richtig?« »Könnte passieren.« »Du spinnst!« Ich gebe zu, das war nicht ganz ernst gemeint. Natürlich würde ich mich vor dem Fernseher lediglich in die Fahne einhüllen, nicht jedoch Fräulein Schröders Blumenvasen, Sammeltassen und all das andere Gedöns, das bei uns den Staub auffängt, durch ausladende Schwenkbewegungen gefährden. Dennoch: man muss Zeichen zur Umkehr, Zeichen der Demut setzen. Denken wir nur an die Europameisterschaft 2004. Wer hat gewonnen? Nicht Deutschland, nicht Holland, nicht Italien. Oh nein! Gewonnen hat – rein fußballtechnisch gesehen – Europas Togo, nämlich Griechenland. Das hätte uns die Augen öffnen können, aber die Chance wurde vertan! Und warum? Weil der Trainer der griechischen Nationalmannschaft Otto Rehagel hieß. Im Grunde hatte plötzlich Otto Rehagel die EM allein gewonnen. Also wieder »wir«. Eine solche interpretatorische Hintertür ist uns diesmal zum Glück verschlossen. Der Trainer der Togolesen ist definitiv kein Deutscher. Somit hilft nur ein tiefgreifender Sinneswandel, der am besten soweit ginge, dass wir selbst ein Unentschieden gegen wen auch immer für eine gänzlich unverdiente und allzu wohlwollende Fügung hielten. Wir müssen kompromisslos verlieren wollen. Nur so werden wir glücklich!

Fräulein Schröder hat mir, als die Fahne endlich angekommen war und ich sie ihr zeigte, dann doch erlaubt, sie, wenn auch nicht im Wohnzimmer, so doch außen an unserem Balkongeländer zu befestigen. Sie stimmte mir sogar zu, wobei sie ganz eigenartig grinste, dass es eine ausnehmend schöne, freundliche Fahne sei und auch, dass der abgebildete dreistufige Häuptlingshut sehr interessant aussehe. Ich machte die besondere Erfahrung, dass mir, wohl weil ich mich so bewusst für die Unterstützung von Togo entschieden hatte, diese Fahne viel vertrauter vorkam, als ich es von einer Fahne eines kleinen, mir so gut wie unbekannten afrikanischen Landes erwartet hatte. Und ich machte auch die Erfahrung, dass ich von den Nachbarn aus dem gegenüberliegenden Haus, die mich, seit ich dort wohne, weitgehend ignoriert hatten, auf der Straße nun teils sehr freundlich gegrüßt, teils abschätzig, auf keinen Fall aber gleichgültig taxiert wurde. Mein Togo-Support schien Wirkung zu haben. Ein paar Wochen später bekam ich jedoch noch ein Päckchen des Flaggenherstellers: Man bitte das Versehen zu entschuldigen. Anbei die bestellte Flagge der Republik Togo. Die Flagge des Vatikanstaates, die man mir irrtümlich geschickt habe, möge ich bitte zurücksenden. Mit freundlichen Grüßen...
Ich habe die Flagge des Vatikanstaats behalten. Immerhin sind wir ja Papst. ■

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

Vorschau

Heft 3/2006: Erscheinungstermin 1. Juli 2006



Das Modell der Münchener Spatenbrauerei wird in der Sonderausstellung »Bayerns Weg in die Moderne« zu sehen sein. Es zeigt liebevoll alle Arbeitsschritte, die zur Herstellung des beliebten Gerstensafts notwendig sind.

Bis weit in das 20. Jahrhundert hinein bildete das Handwerk das gewerbliche Rückgrat der bayerischen Wirtschaft. Bis heute ist es Bayerns zweitwichtigster Wirtschaftssektor. Die Sonderausstellung »Bayerns Weg in die Moderne« zeigt die geschichtlichen Entwicklungslinien, aber auch die Perspektiven handwerklichen Schaffens auf. In unserem nächsten Heft beschäftigen auch wir uns mit einzelnen Aspekten des Handwerks, die sich insbesondere auf Objekte aus dem Museum beziehen. Unter anderem wird Ihnen Wilhelm Füßl den »Polytechnischen Verein« in seiner Funktion als Gutachter für das bayerische Gewerbe vorstellen. Als konkretes Beispiel handwerklicher Meisterschaft beschreibt Jobst Broelmann die Faltboote der Firma Klepper. Uhren aus der Werkstatt der Firma Liebherr sind Thema des Beitrags von Hartmut Petzold, und Christian Sichau beschäftigt sich mit mechanischen und optischen Präzisionsinstrumenten. Weitere Autoren sind Dirk Bühler (Das Bauhandwerk in Bayern um 1900) und Irene Pill (Die Eisenbibliothek im Klostergut Paradies bei Schaffhausen).

Die erste Nähmaschine von Georg Michael Pfaff (1862).

Bis dahin grüßt Sie ganz herzlich

Ihr Redaktionsteam

Abbildungen: Deutsches Museum

IMPRESSUM

KULTUR & TECHNIK
Das Magazin
aus dem Deutschen Museum

30. 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. Florian Breitsameter, Markus Speidel

Redaktion: folio gmbh, Kirchplatz 5c, 82049 Pullach Telefon (089) 121167-11, Fax: (089) 12116727, E-mail: landes@folio-muc.de; Sabrina Landes (Leitung), Bärbel Bruckmoser (Kaleidoskop, Kultur), Birgit Schwintek (Grafik), Dorothea Büchele (Anzeigen).

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: München 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 Broelmann, Dr. Klaus Freymann, Maike Furbach, Dr. Helmut Hilz, Dorothee Messerschmid, Dr. Eva A. Mayring, 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, Wilhelmstraße 9, 80801 München; Postfach 400340, 80703 München; Telefon: (089) 38189-598, Telefax: (089) 38189-599. Zurzeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 22, Anzeigenschluss: 6 Wochen vor Erscheinen.

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

Druck: aprinta Druck GmbH & Co. KG, Senefelderstraße 3-11, 86650 Wemding

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

Bezugspreis 2006: Jährlich € 24.-, Einzelheft € 7,–, jeweils zuzüglich Versandkosten

Für Mitglieder des Deutschen Museums ist der Preis für den Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten (Erwachsene € 43,50, Schüler und Studenten € 25,50). Erwerb der Mitgliedschaft: Schriftlich beim Deutschen Museum, D-80306 München. – **Für Mitglieder der Georg-Agricola-Gesellschaft** zur Förderung der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik e.V. ist der Preis für den Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten. Weitere Informationen: Georg Agricola-Gesellschaft, Institut für Wissenschafts- und Technikgeschichte, TU Bergakademie Freiberg, 09596 Freiberg, Telefon (03731) 392226.

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

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 Urheberrechtsgesetzes bedarf der Zustimmung des Verlags.

ISSN 0344-5690