Kultur und Technik – Das Magazin aus dem Deutschen Museum **2/2004** I 6 Euro I B 9797

ZB 7361/1

Arterien als Brücken Mit körpereigenen Gefäßen überbrücken Herzchirurgen verstopfte Arterien. Ein Protokoll

Nanotechnologie in der Medizin Dürfen wir alles, was wir können? Versuch einer ethischen Bewertung

Geschichte einer alten Liebe Der Hofbeamte Tsai Lun beschreibt 105 n. Chr. die Technik des Papiermachens

KULTUR & TECHNIK

DEUTSCHES MUSEUM MÜNCHEN

Schöner neuer Mensch

Wenn Körperteile versagen oder ausfallen, hilft medizinische Technik weiter. Wie leben Menschen mit Ersatzteilen, was kann ersetzt werden und wohin geht die Entwicklung?

Editorial

Leben mit Ersatzteilen

LIEBE LESERINNEN, LIEBE LESER

„Leben mit Ersatzteilen" heißt die neue Sonderausstellung des Deutsches Museums, die am 9. Mai eröffnet wird.

Sie schildert in acht Themenbereichen, welche Hilfen Medizin und Technik heute und in naher Zukunft anbieten, wenn wichtige Funktionen des Körpers versagen. Die Ausstellung geht sowohl auf die Entwicklung technischer Hilfen ein, von Brillen und Hörgeräten bis hin zu künstlichen Hüften und Herzen, als auch auf die neueren Methoden der Zell- und Gewebezüchtung, mit denen man versucht, erkranktes Gewebe auf biologischem Wege zu ersetzen. Demonstrationen erläutern die Funktionsweise unserer Sinne und Organe, und Interviews mit Patienten lassen den Besucher teilhaben an den Problemen und Hoffnungen der Menschen, die mit „Ersatzteilen" leben (müssen).

Den Begriff „Ersatzteil" haben die Medien in Variationen wie „Ersatzteil-Mensch" oder „Ersatzteillager Mensch" geprägt und damit auch die Identität des Menschen angesprochen – wie viele Ersatzteile verträgt der Mensch? Das Museum stellt sich mit dieser Ausstellung die Aufgabe, solche aktuellen Themen und Begriffe aufzugreifen und mit sachlicher Information und verständlicher Aufklärung zu begleiten.

Der Titel „Leben mit ..." ist bewusst gewählt, um deutlich zu machen, dass es hier um mehr geht, als um den technischen Ersatz von Organfunktionen. Perfekten Ersatz, vergleichbar einem neuen Radlager beim Auto, kann es beim Menschen kaum geben, sondern immer nur „funktionellen" Ersatz, der in mehr oder weniger befriedigendem Maße einen Mangel ausgleichen kann. Die Betroffenen werden mit der Technik am und im Körper konfrontiert und müssen lernen damit zu leben.

Die in den letzten Jahrzehnten erzielten Fortschritte sind allerdings höchst erfreulich. Man denke nur an Herzschrittmacher, Herzklappen, künstliche Hüft- und Kniegelenke, „technische Hilfen", die alle erst in den 1960er Jahren für Patienten verfügbar wurden.

Viele dieser Fortschritte sind auf Technologietransfer aus anderen Bereichen der Technik zurückzuführen, so aus der Kernenergieforschung, der Luft- und Raumfahrt, in die Milliarden an staatlichen Entwicklungsgeldern geflossen sind und noch fließen. Der Artikel von Gerd Hirzinger über Robotik und Mechatronik in der Chirurgie schildert ein Beispiel dafür.

Manche bedeutende Innovation ist aus einer engen Zusammenarbeit zwischen Ingenieur und Arzt entstanden. In der Medizintechnik, insbesondere wie hier in der Prothetik, ist interdisziplinäre Arbeitsweise Voraussetzung für Erfolg. In Englisch lässt sich am treffendsten formulieren, worum es geht: *Biology meets Technology* und *Mind meets Machine*. Zum Beispiel geht es um die Wechselwirkung von toter Materie (Hüftgelenk aus Metall) mit lebendem Gewebe (Knochengewebe, Blut), oder um die Wechselwirkung einer Maschine (Herzschrittmacher, Kunstherz) mit einem Organismus. Dabei sind nicht nur physikalisch-biologische, sondern auch psychisch-mentale Aspekte zu berücksichtigen. Alle denkbaren Fachdisziplinen müssen zusammenwirken, um anfänglich immer vorherrschende Unverträglichkeiten zwischen Biologie und Technik in „Biokompatibilität" umzuwandeln und um die Maschine an den Organismus anzupassen.

Mediziner und Techniker haben inzwischen gelernt, Partnerschaft auf gleicher Augenhöhe zu pflegen, zum Nutzen für den Patienten.

Die Ausstellung ist als Wanderausstellung konzipiert; nach einem Jahr im Deutschen Museum wird sie vermutlich an das Berliner Medizinhistorische Museum an der Charité gehen.

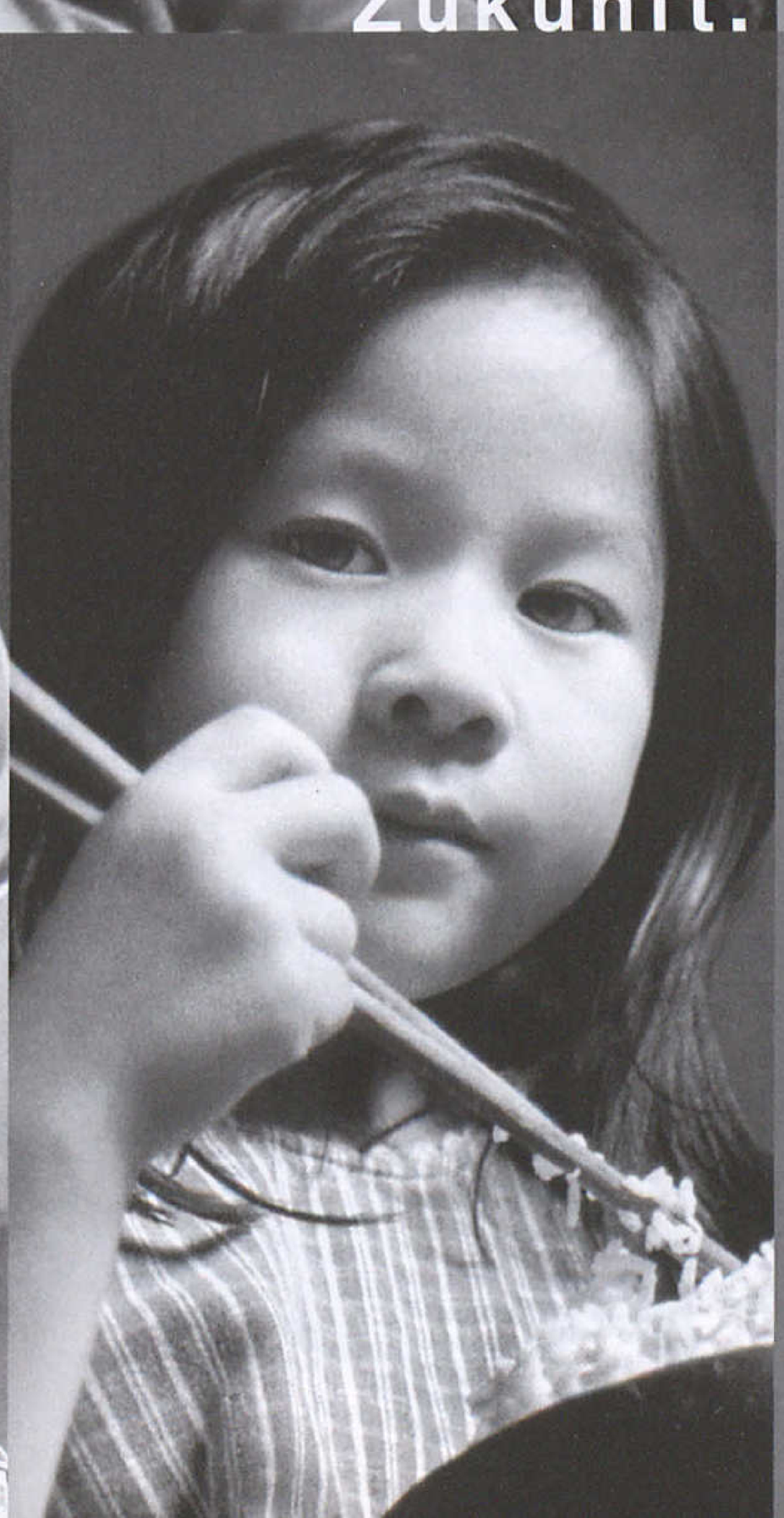
Ihr Dr. Walter Rathjen
Projektleiter

Viele Fortschritte in der Medizin sind durch Technologietransfers entstanden.

Abbildungen: brand X pictures/Steve Allen; privat

Wagen Sie einen Blick in die Zukunft. Was sehen Sie? Vielleicht eine Welt ohne Hungersnot. Oder eine Welt, in der das Leben sicherer wird. Vielleicht sogar eine Welt, in der Krebs und Aids mit Medikamenten behandelt werden, die exakt auf die jeweilige genetische Veranlagung des einzelnen Patienten abgestimmt sind.
Schon heute forschen wir bei Bayer an vielen innovativen Lösungen. Um dabei noch erfolgreicher zu sein, stellen wir unser Unternehmen neu auf und konzentrieren uns auf die Bereiche, in denen wir über exzellente Technologien und starke Marktpositionen verfügen: Gesundheit, Ernährung und hochwertige Materialien. Dieses Know-how wollen wir dafür einsetzen, die Lebensqualität der Menschen nachhaltig zu verbessern. Damit in Zukunft aus dem „vielleicht“ Tatsachen werden können.

Zukunft. Gestalten.



HealthCare

CropScience

MaterialScience

BAYER

www.bayer.de

Inhalt

Leben mit Ersatzteilen

Thema

12 Arterien als Brücken
Protokoll einer Herzoperation
von Andrea Bistrich

18 Nanotechnologie in der Medizin
Versuch einer Bewertung aus medizinethischer Perspektive
von Christian Lenk

24 Fest im Griff
Interview mit der plastischen Chirurgin Hildegunde Piza
von Andrea Bistrich

28 Leben mit Ersatzteilen
Am 9. Mai eröffnet das Deutsche Museum eine Sonderausstellung

30 Mit viel Gefühl
Von der Raumfahrt zur Medizintechnik: Robotik und Mechatronik
von Gerd Hirzinger

37 Im Netz der Gene
Ein kritischer Essay zu den Weissagungen der Medizintechnik
von Oliver Tolmein

43 Das Frühwerk der Biophysik
Borellis „De motu animalium"
von Helmut Hilz

Magazin

44 Geschichte einer alten Liebe
Der Mensch und das Papier
von Katharina Kramer

50 Gottes Werk oder Teufels Beitrag?
Morphin – Die Geschichte eines talentierten Moleküls
von Fritz Eiden

Rubriken

2 Editorial

6 Kaleidoskop
Nachrichten aus Wissenschaft und Technik, Kunst und Kultur

23 Innovationen aus der Medizintechnik

36 Innovationen aus der Medizintechnik

40 Termine

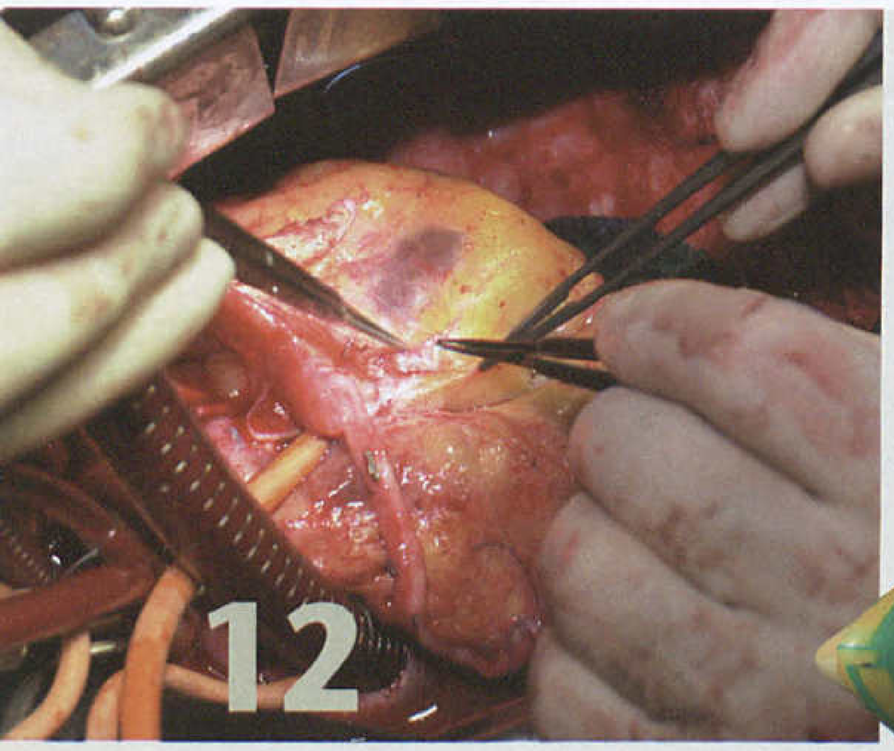
41 Historische Galerie
Gedenktage technischer Kultur
April bis Juni 2004

58 Technik trifft Kunst
Ein Gespräch zwischen Rupprecht Geiger, Helmut Friedel, Christoph Wiedemann und Wolf Peter Fehlhammer

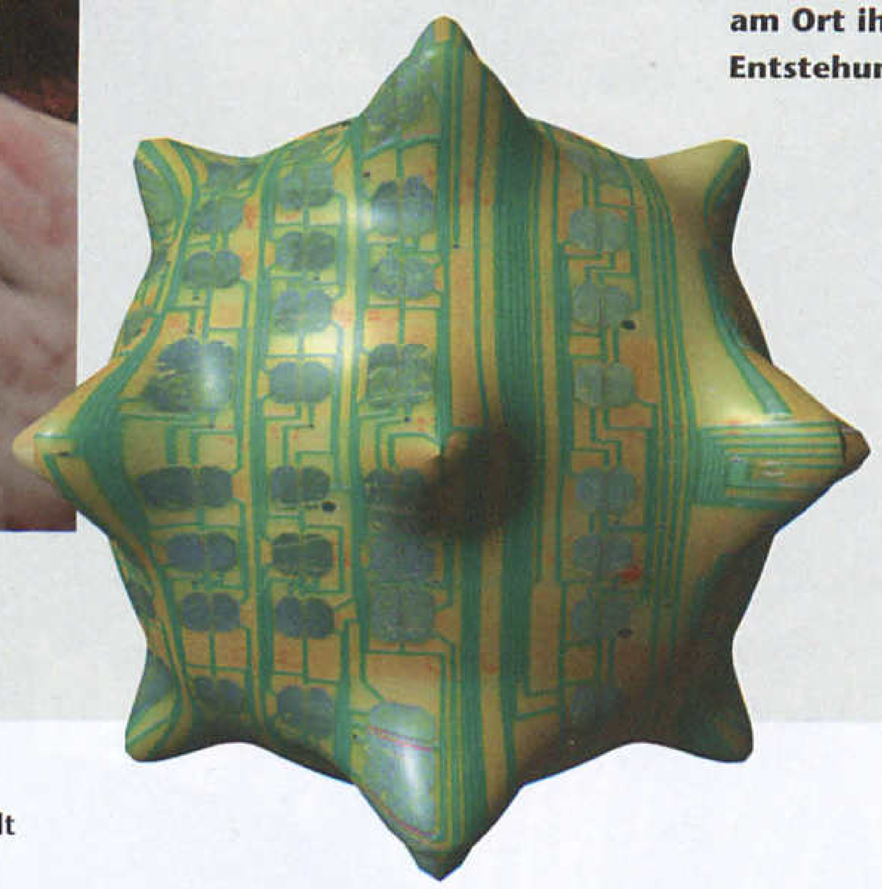
62 Deutsches Museum intern
Nachrichten, Tipps, Termine
Bibliophile Kostbarkeiten

64 Schlusspunkt
Problemzone: Zwischenmenschliche Gratwanderungen
von Daniel Schnorbusch

66 Vorschau, Impressum

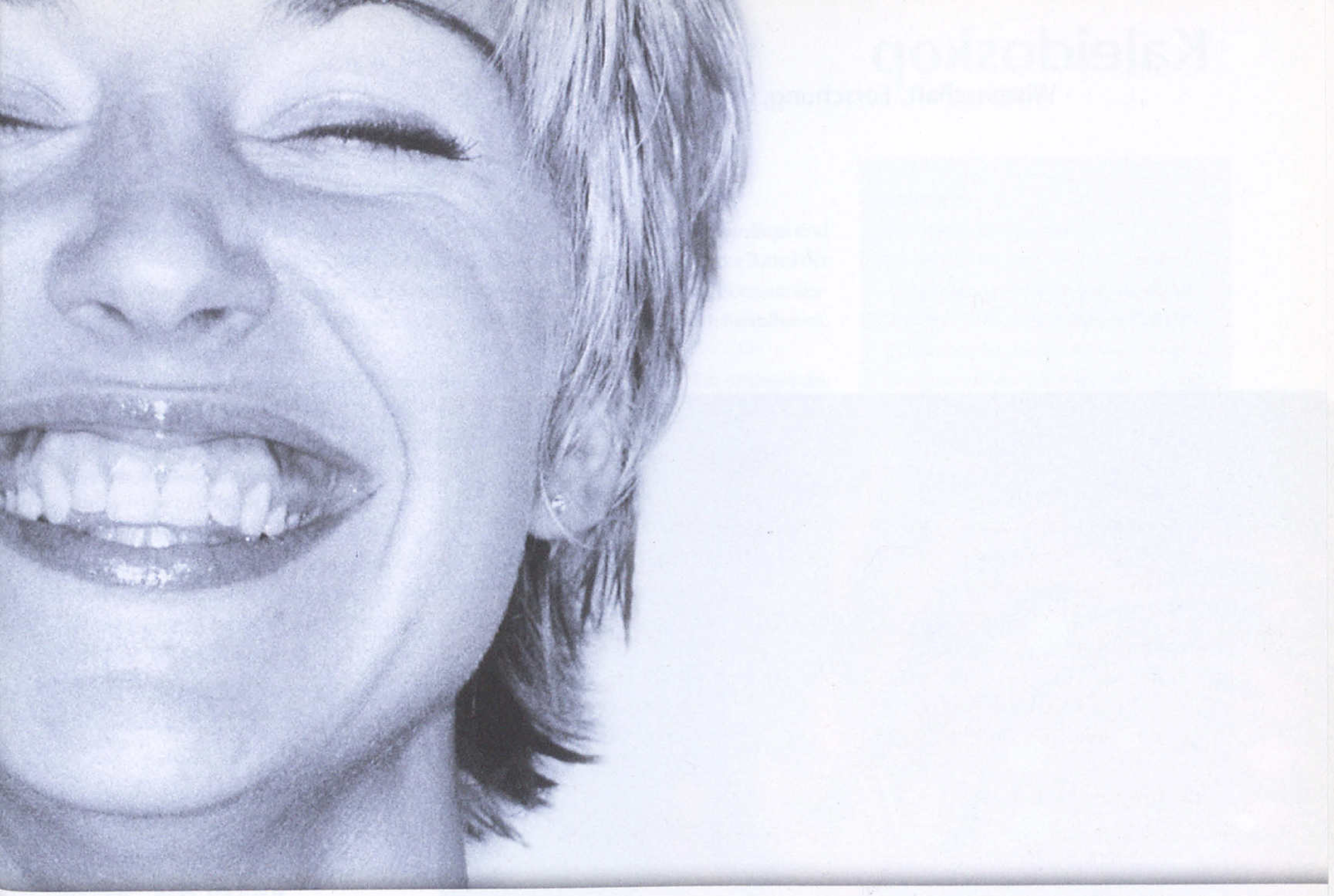


Höchste Konzentration, Fingerspitzengefühl und Teamfähigkeit erfordert die Arbeit der Chirurgen.



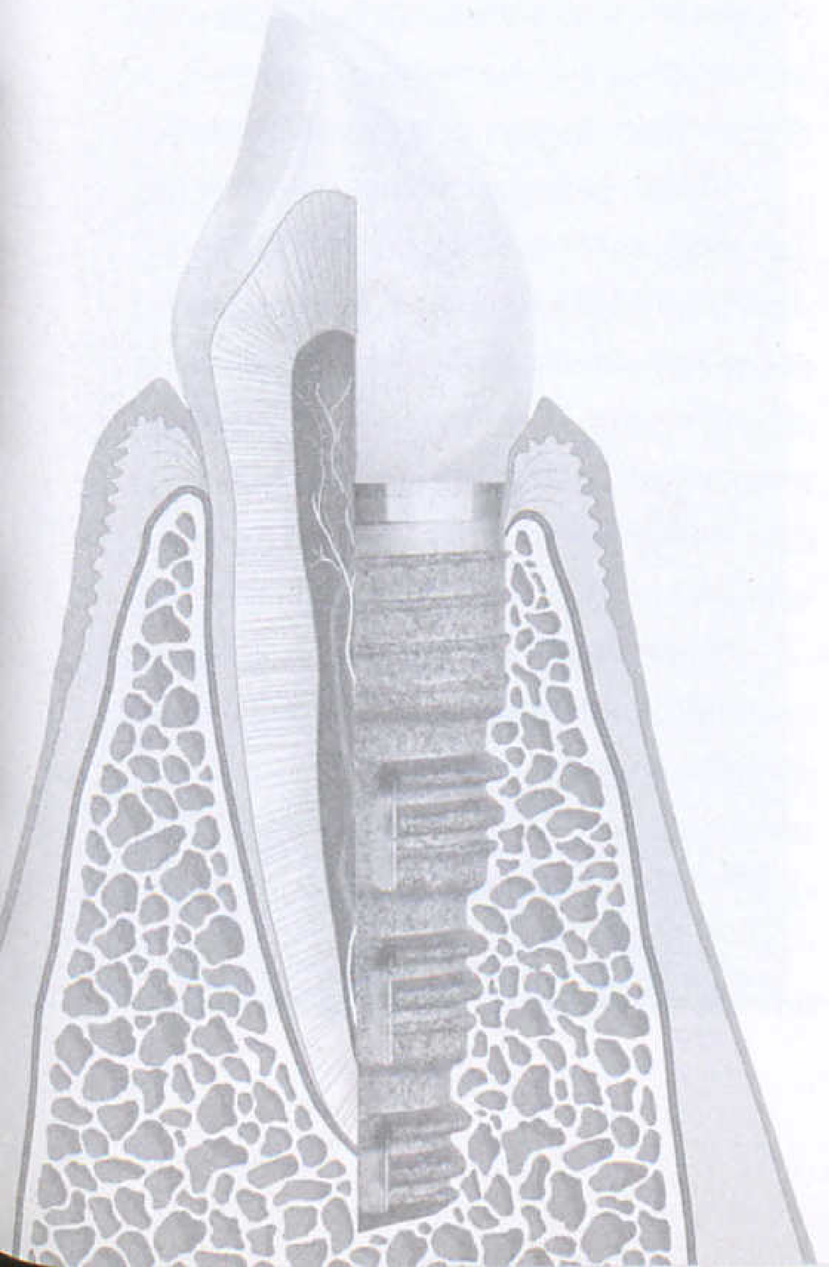
18 **Nanoteilchen: Winzige Roboter sollen in Zukunft Krankheiten am Ort ihrer Entstehung heilen.**

50 **Eine Amputation im 16. Jahrhundert fand oft ohne jede Betäubung statt.**



Zahnimplantate

so natürlich wie das Original



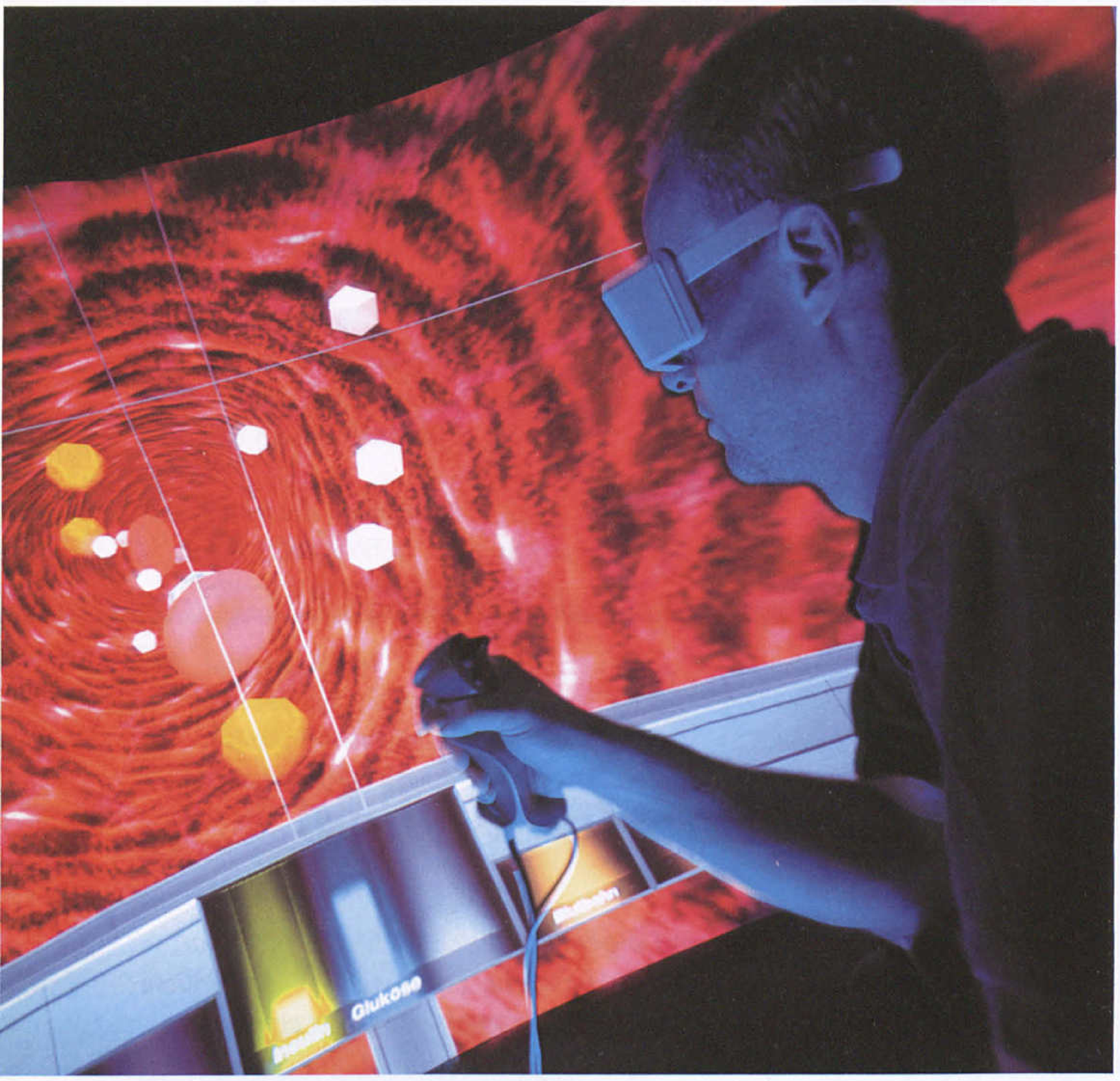
Jeder Zahn ist ein Original und eigentlich durch nichts zu ersetzen. Einzig das Implantat – eine kleine künstliche Zahnwurzel – ermöglicht einen Zahnersatz, der dem verlorenen Zahn in Funktion und Ästhetik gleichkommt. Auf herkömmlichen, womöglich herausnehmbaren Zahnersatz können Sie verzichten.
Fragen Sie Ihren Zahnarzt nach Implantaten – dem natürlichen, zeitgemäßen Zahnersatz.

DENTSPLY Friadent ist als größter deutscher Hersteller mit mehr als 25 Jahren Erfahrung international eines der bedeutendsten Unternehmen im Bereich der Implantologie.

DENTSPLY Friadent, Mannheim
Telefon: 01805 / 167788

Das Zahnimplantat aus medizinischem Reintitan verankert den neuen Zahn fest im Kieferknochen – genau wie die natürliche Zahnwurzel.

DENTSPLY
FRIADENT



Eine virtuelle Reise durch die Blutbahn setzte der Fotograf Bernd Müller in Szene. Für die außergewöhnlichen Aufnahmen erhielt er nun einen Fotopreis von „wissenschaft visuell".

FOTOPREIS: „WISSENSCHAFT VISUELL 2003"

Eine virtuelle Reise durch die Blutbahn setzte der Fotograf Bernd Müller in Szene. Faszinierende Bilder, für die er nun einen Fotopreis von „wissenschaft visuell" erhielt.

Zum siebten Mal haben die Zeitschrift *bild der wissenschaft*, die Fraunhofer Gesellschaft, die Professur für Fachjournalistik der Universität Gießen sowie der Verband der Lokalpresse den Fotopreis „wissenschaft visuell" ausgeschrieben.

Mit dem zweiten Preis wurde der Zoologie-Doktorand Thomas Endlein ausgezeichnet. Mit seiner Digitalkamera hat er die ungeheure Leistung von Weberameisen eingefangen: Sie halten das bis zu Hundertfache ihres eigenen Gewichts kopfüber an einer glatten Oberfläche. Den ersten Preis im Bereich „Reportage" erhielt Dieter Klein für seine Serie „Die bunte Welt der Roboter".

„wissenschaft visuell" wurde 1997 von dem Gießener Professor für Fachjournalistik, Siegfried Quandt, und der Zeitschrift *bild der wissenschaft* ins Leben gerufen. Der jährliche Fotowettbewerb will Fotografen dazu animieren, sich verstärkt Motiven aus der deutschen Lehr- und Forschungslandschaft zuzuwenden.

KINDER-NETZ-UNI

Die Heidelberger Kinder-Uni, ein Gemeinschaftsprojekt der Universität Heidelberg und der Rhein-Neckar-Zeitung, ist jetzt ans Netz gegangen. Neben den Vorlesungen, die internettauglich aufbereitet und illustriert werden, gibt es dort Porträts von Forschern, Links zu Lexika sowie von Kindern selbst geschriebene Artikel und Reportagen über spannende Wissenschaftsthemen wie beispielsweise Fossilien, was eine Blutbank ist oder wie man Urzeitkrebse zuhause züchten kann. Ältere Kinder (zwischen acht und zwölf Jahren) können sich im Forum anmelden und dort kräftig mitdiskutieren, Kritik üben und nützliche Anregungen liefern.

www.kindernetzuni.de

FRAUEN GEBEN TECHNIK NEUE IMPULSE

BILDUNGSINITIATIVE NETWORKING

In vielen Bereichen arbeiten Frauen heute engagiert, kompetent und erfolgreich. Allerdings sind sie in technischen Berufen nach wie vor unterrepräsentiert. Studien belegen, dass der Anteil der weiblichen Beschäftigten in technischen Disziplinen wie den Informations- und Kommunikationstechnologien, die unsere zukünftigen Arbeits- und Lebenswelten maßgeblich beeinflussen, unter sechs Prozent liegt.

Das neu gestartete Projekt „Gender Networking" will dem entgegenwirken. Ein umfassendes Ausbildungsangebot soll die Beteiligung von Frauen an technischen Berufen steigern. Speziell für die Netzwerktechnik sollen Frauen gewonnen werden. Im Fokus des Projekts stehen Qualifizierungsprogramme, die die jungen Frauen in Aufbau, Wartung und Verwaltung von Computernetzwerken ausbilden.

Die Bildungsinitiative Networking wird gefördert vom Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen. Projektpartner sind der Verein „Frauen geben Technik neue Impulse e.V.", die Cisco Systems GmbH, die Fachhochschule Bielefeld und die *Computer Zeitung*. Schirmherrin ist Prof. Dr. Claudia Eckert, Leiterin des Fraunhofer Instituts für Sichere Telekooperation (SIT).

www.gender-networking.de

„CAP POLONIO" UND „ALTE WESER" AUS PAPIER

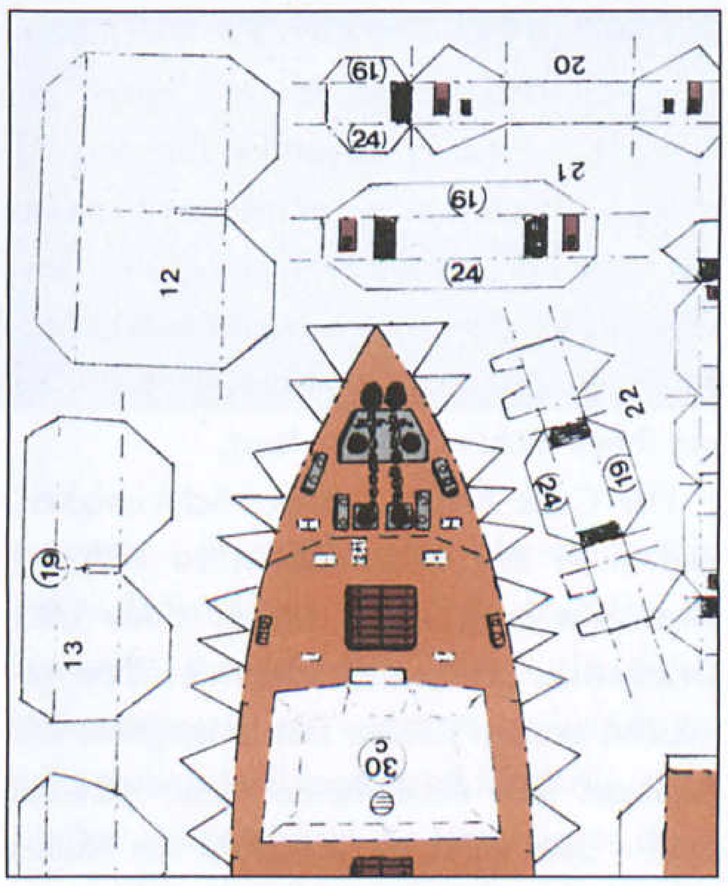
Das Deutsche Schifffahrtsmuseum (DSM) in Bremerhaven hat sich bei Sammlern und Modellbaufans längst einen Namen gemacht. Über 50 Baupläne und Miniaturmodelle unterschiedlicher Schwierigkeitsgrade aus Schifffahrt, Schiffbau, Hafen- und Meerestechnik können am DSM erworben werden. Jetzt sind zwei weitere Papier-Modellbaubogen erschienen (Achtung: nur für Könner!): der Leuchtturm „Alte Weser" nebst Inneneinrichtung (Maßstab 1:100) sowie der Dampfer „Cap Polonio" von 1916 (Maßstab 1:500).

1914 lief der Dampfer der Hamburg-Südamerikanischen Dampfschifffahrts-Gesellschaft erstmals vom Stapel; zwei Jahre später wurde er als Passagierschiff fertig gestellt. Nach dem Ersten Weltkrieg fuhr der Dampfer in Liniendiensten und auf Kreuzfahrten nach Südamerika. Heute ist im DSM eine Luxuskabine der „Cap Polonio" zu sehen.

Der Leuchtturm „Alte Weser" – exakte Position 53° 51,80'N 08° 07,65'E – ist das Nachfolgemodell des berühmten Turms „Roter Sand". Nach 1976 zierte sein Bild die 20-Pfennig-Briefmarke der Deutschen Post.

Beide Modellbaubogen gehören zu der von Dr. Siegfried Stölting konzipierten Reihe und sind mit ausführlicher Bauanleitung und ergänzenden Hintergrundinformationen beim DSM erhältlich.

www.dsm.de



Für erfahrene Bastler: Die detailreichen Modellbaubögen des Deutschen Schifffahrtsmuseums.

Abbildungen: Deutsches Schifffahrtmuseum, Bremerhaven

WEBTIPPS

Die Natur in Bewegung

Ein Krokus entrollt vorsichtig seine Blütenblätter, ein Keimling schwankt unsicher dem Licht entgegen: „Plants in Motion" ist das Schlagwort dieser Website, auf der man in Zeitraffer die verschiedenen Wachstumsstadien im Leben einer Pflanze beobachten kann. Zusätzlich werden hier Tipps für eigene Naturaufnahmen sowie ausführliche Informationen zu den einzelnen Blumen und biologischen Abläufen gegeben.

http://sunflower.bio.indiana.edu/~rhangart/plantmotion/PlantsIMotion.html (englisch)

„Why Files"

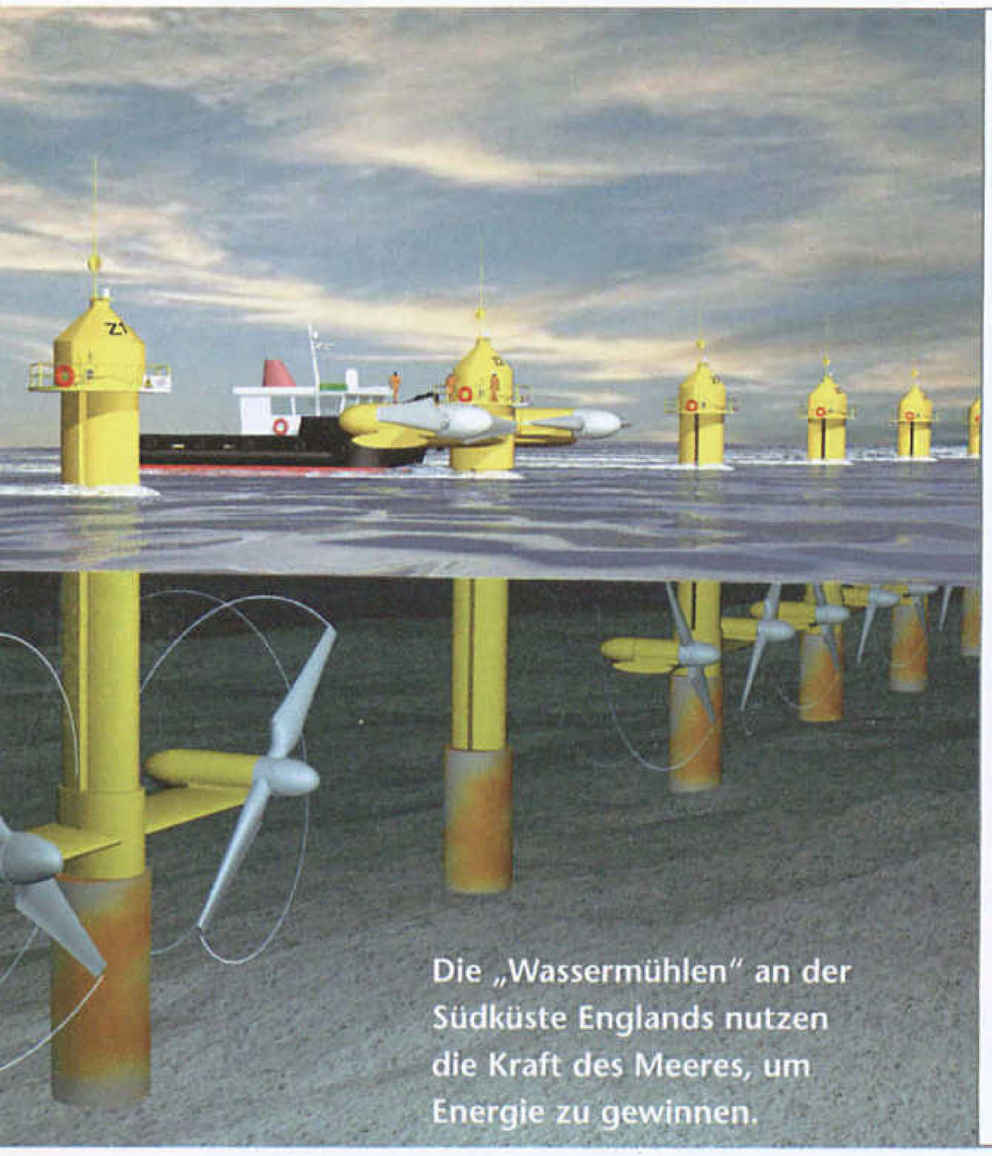
Umfangreiche, aber leger und witzig präsentierte Informationen aus den verschiedensten Wissensbereichen mit einer Bildergalerie bietet die Seite des Magazins der University of Wisconsin. Ein gelungenes Beispiel dafür, dass Wissenschaft nicht langweilig und kompliziert sein muss. Die „Why Files" bereiten aktuelle Tagesthemen in klarer, unterhaltsamer Art und Weise auf und haben damit schon mehr als 50 Preise in den verschiedensten Print- und elektronischen Medien gewonnen.

http://whyfiles.org (englisch)

Erkenntnisse aus der Gummibärchen-Forschung

Diese Website richtet sich an alle, die schon immer gerne mehr über das geheimnisvolle Leben ihrer Goldbären erfahren wollten. Gleichgültig, ob es um das Kommunikationsverhalten der bunten Bärchen oder ihre Populationsentwicklung in der Tüte geht.

www.gummibaeren-forschung.de



Die „Wassermühlen" an der Südküste Englands nutzen die Kraft des Meeres, um Energie zu gewinnen.

WELTWEITES ERSTES UNTERWASSER-MEERESSTRÖMUNGSKRAFTWERK IN BETRIEB

DIE ENERGIE DER GEZEITEN

„Seaflow", das weltweit erste Meeresströmungskraftwerk, wurde im vergangenen Jahr vor der Südwestküste Englands nahe der Mündung des Flusses Severn in Betrieb genommen. Wie ein Windrad unter Wasser dreht sich in 30 Meter Tiefe ein zweiflügliger Rotor und wandelt die Energie der Gezeitenströmung in elektrische Leistung bis zu 300 Kilowatt um. Ein Jahr lang wird die von Großbritannien, Deutschland und der EU finanzierte Pilotanlage von Wissenschaftlern des Instituts für Solare Energieversorgungstechnik (ISET, Kassel), die maßgeblich an der Konzeption der Anlage beteiligt waren, überwacht: Wie verhält sich die Leistung in Abhängigkeit von der Meeresströmung? Welche Belastungen treten auf und wie wirken sich Wind und Seegang auf die Anlage aus? Bewährt sich der Prototyp, dann wollen die beteiligten Firmen die Anlage in den nächsten Jahren weiterentwickeln und in größerer Stückzahl bauen. Im Gegensatz zu Wind- oder Sonnenenergie, die stark vom Wetter abhängig sind, ist die Meeresströmung berechen- und verfügbar. „Solange sich die Erde dreht und der Mond sie umkreist, ist diese Energie sicher", erklärt der Kasseler ISET-Physiker Jochen Bard.

www.energie-perspektiven.de

BONNER MATHEMATIKER KNACKEN WELTREKORDZAHL

Mathematikern der Universität Bonn ist es gelungen, eine Zahl mit 174 Stellen in ihre Primfaktoren zu zerlegen. Für diese Weltrekord-Leistung erhielten sie ein Preisgeld in Höhe von 10.000 US-Dollar.

Professor Dr. Jens Franke und Dr. Thorsten Kleinjung vom Mathematischen Institut nutzten für ihre Berechnungen keineswegs Supercomputer, sondern einen Verbund von handelsüblichen Rechnern, die nach einer ausgeklügelten Methode Hand in Hand arbeiteten. Jeder Einzelcomputer suchte dabei parallel nach der Lösung eines Teilaspektes. Konstruiert wurde der Highspeed-Rechner mit dem Namen „Parnass2" am neu gegründeten Uni-Institut für Numerische Simulation unter Leitung von Professor Dr. Michael Griebel. Parnass2 gehörte 1999 weltweit zu den 500 schnellsten Computern.

Die US-Forscher Ron Rivest, Adi Shamir und Leonard Adleman hatten bereits 1977 das so genannte RSA-Verfahren zur Verschlüsselung von Daten entwickelt und später die Firma RSA Security gegründet. Ihre Technik steckt inzwischen in jedem Internet-Browser: Ein kleines Programm verschlüsselt dort sensible Daten wie beispielsweise Kreditkarten-Nummern so, dass ein böswilliger Lauscher mit ihnen nichts anfangen kann.

Der Code beruht auf der Schwierigkeit, Zahlen in ihre Primfaktoren zu zerlegen. Denn was bei „21 = 7 mal 3" noch jeder Drittklässler problemlos schafft, wird bei genügend großen Zahlen fast unmöglich. Die Schlüssel sind dabei heute meist 1024 Bit groß – „das heißt, als Binärzahl aus Nullen und Einsen geschrieben hätten sie eine Länge von 1024 Ziffern", erklärt Dr. Marc Alexander Schweitzer vom Institut für Numerische Simulation.

Um zu testen, wie groß die Schlüssel sein müssen, damit sie etwaigen Lauschern im Datennetz genug Widerstand entgegensetzen, fordert RSA Security ehrgeizige Code-Knacker weltweit zum Wettstreit auf. Dazu veröffentlicht die Firma regelmäßig eine Liste mit Zahlen – wer eine von ihnen knackt, bekommt eine Belohnung. Die in Bonn zerlegte Zahl befand sich schon seit einigen Jahren auf der RSA-Liste. Sie trägt die nüchterne Bezeichnung RSA-576, das heißt, sie hat 576 Bit – und ist die größte beziehungsweise längste Zahl, die bislang in ihre Primfaktoren zerlegt werden konnte.

Bei ihrem Rekord kooperierten die Wissenschaftler mit dem Centrum voor Wiskunde en Informatica in den Niederlanden sowie dem Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI).

www.uni-bonn.de

Abbildung: MCT

ANMELDUNGEN BIS 30. APRIL 2004 MÖGLICH

„IMAGINEERING": DESIGNWETTBEWERB VON DUPONT

Unter dem Thema „Technische Kunststoffe in Haus und Heim – innovative Anwendungen zur Verbesserung von Komfort und Funktionalität" ruft das Unternehmen DuPont Design- und Ingenieurstudenten zur Teilnahme am internationalen Designwettbewerb „Imagineering 2003-2004" auf. Gefragt sind Lösungen für Haus und Heim, bei denen technische Kunststoffe zum Einsatz kommen. Anmeldung bis 30. April 2004 beim Wettbewerbsbüro Seippel & Weihe in Offenbach, Tel. 0 69 / 60 32 79-0, E-Mail: Imagineering@seippel-weihe.com registrieren. Abgabeschluss ist der 23. Juli 2004.

www.dupont-imagineering.com

LAMPEN ZUM WOHLFÜHLEN

BLAU-WEISS MACHT GUTE LAUNE

Psychologen haben erforscht, dass die richtige Beleuchtung Einfluss auf unser Wohlbefinden hat. Besonders vorteilhaft ist nach neuesten Erkenntnissen die so genannte adaptive Beleuchtung – eine Verschmelzung von künstlichem und natürlichem Licht. Ein bläulich-weißes Licht am Morgen und Vormittag hebt die Stimmung, während am Abend eher rote Töne bevorzugt werden.

In dem vom Bundesforschungsministerium geförderten Projekt „Adaptive Beleuchtung" arbeitet die Siemens-Tochter Osram an der Vernetzung von Lichtquellen. Bis Herbst 2006 soll gezeigt werden, dass eine Leuchtstofflampe mit Leuchtdioden in einem Gehäuse kombiniert werden kann.

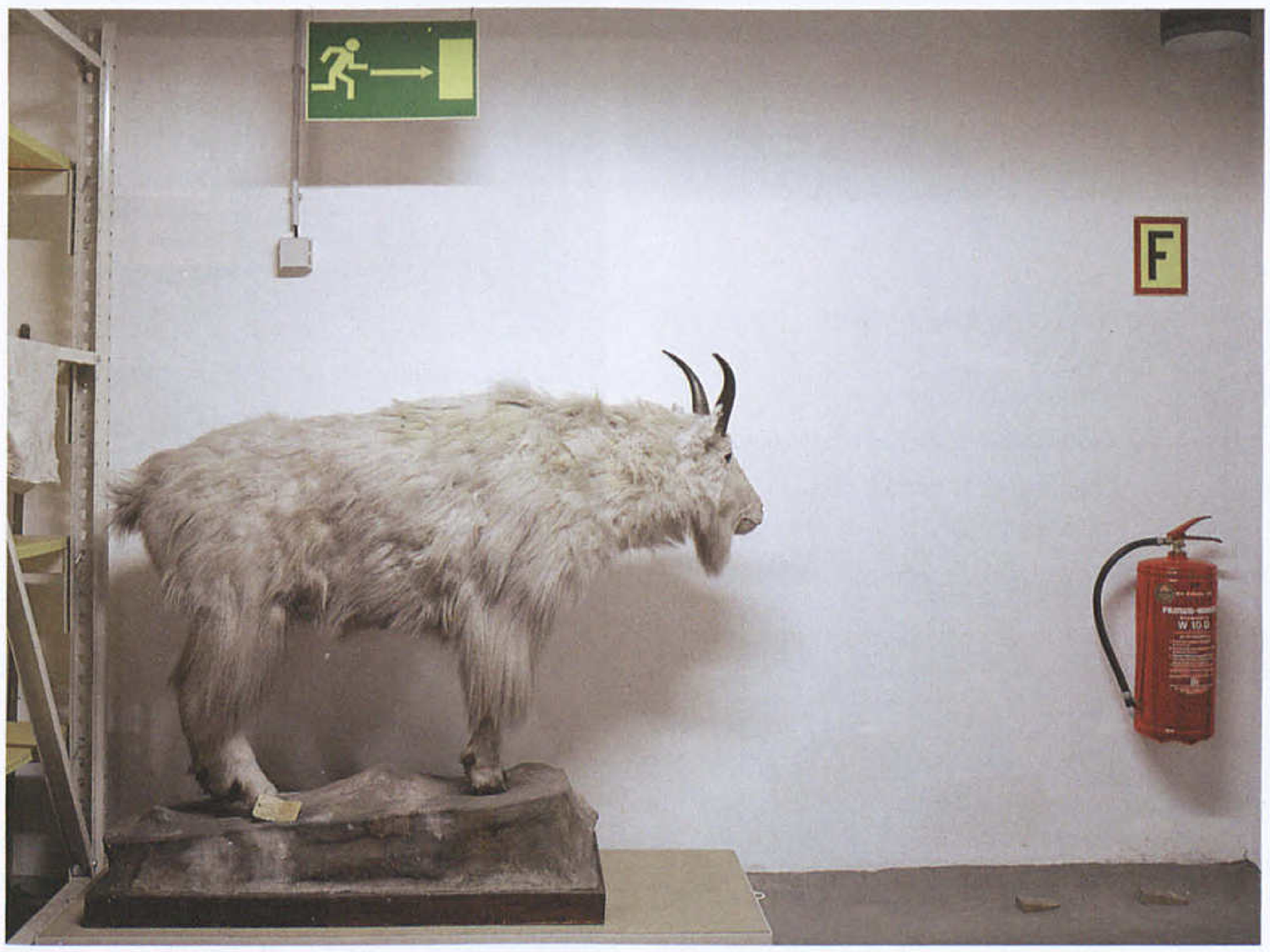


Abbildung: Oliver Wachenfeld

MUSEUM VON UNTEN

Ganz unten in den staubigen Magazinen und Depots deutscher Museen, wohin sich gewöhnlich kein normaler Besucher verirrt, war der Wuppertaler Fotograf Oliver Wachenfeld. Auf den Bildern, die im Rahmen seiner Diplomarbeit entstanden sind, erweckt er so manches lieblos abgestellte und vergessene Exponat wieder zum Leben. Unter dem Titel „Museale Unterwelt" hat Wachenfeld ein skurriles Naturalienkabinett zusammengetragen – vom röhrenden Hirsch über in Marmeladengläsern eingelegte Insekten bis hin zum menschlichen Skelett. In dieser Weise uninszeniert und lose aneinandergereiht wirken die Exponate oft fabelartig, skurril. Wer einen Blick in die Unterwelten deutscher Museen riskieren möchte, kann dies tun unter:

www.museale-unterwelt.de

WEBTIPPS

geoscience online

In Kooperation mit der GeoUnion, dem Zusammenschluss der geowissenschaftlichen Organisationen in Deutschland, beantwortet das Internetmagazin geoscience online (fast) alle Fragen rund um den Blauen Planeten: Wie kommt es zu einem Erdbeben? Warum streiten Wissenschaftler über das Klima? Welche Auswirkungen haben die Fortschritte der Gentechnik? Neben einer Multimedia-Galerie, in der eine umfangreiche Auswahl an Videosequenzen, Bildern und Sounds angeboten wird, können Lehrer Arbeitsblätter und interaktive Lernsequenzen herunterladen.

geoscience online: www.g-o.de
GeoUnion: www.geounion.g-o.de

Wandel im Watt

Das Foto-Projekt „Wandel im Watt" im Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer zeigt eindrucksvolle Bilder. Stündlich gemachte Fotos, die auch als kurze Clip-Filme verfügbar sind, veranschaulichen den Wechsel der Gezeiten.

www.wandel-im-watt.de

Hokuspokus auf Englisch

Engineering Magic ist das Richtige für alle Hobbymagier, die gerne mal einen Geldschein zum Fliegen oder Milch zum Verschwinden bringen. Diese Website verrät die wissenschaftlichen Hintergründe für viele bekannte Zaubertricks. Filme und anschauliche Grafiken ergänzen die Erklärungen; für Physiklehrer gibt es außerdem zu jedem Modul einen speziellen „Teacher's Guide".

http://www.asme.org/education/precollege/magic (englisch)

Festival des Neuen Musiktheaters

MÜNCHENER BIENNALE

Zum neunten Mal findet vom 12.–28. Mai in München die Biennale statt. Highlights sind u.a. die Uraufführungen zweier Opern von Johannes Maria Staud und Qu Xiao-song. Stauds Oper „Berenice" basiert auf der gleichnamigen Erzählung Edgar Allen Poes (Libretto: Durs Grünbein). Den subtilen Horror des Vorbildes, den Niedergang zweier junger Menschen in Krankheit und Wahnsinn, verstärkt Stauds Komposition durch die „Stärken der Musik: zu suggerieren, anzudeuten, zu illustrieren, irrezuleiten, zu verführen, zu manipulieren"(Staud). Qu Xiao-songs Oper „Versuchung" beruht auf einem klassischen chinesischen Schauspiel über einen verunsicherten Ehemann, der seine Frau auf die Probe stellt. Qu wagt den Brückenschlag zwischen westlicher und chinesischer Oper im Sujet, vor allem aber in Komposition und musikalischer Umsetzung: Alte chinesische Instrumente, ein westliches Orchester sowie Stimmen aus der Tradition der europäischen und der klassischen chinesischen Oper werden kombiniert.

Das gesamte Programm der Münchener Biennale: http://www.muenchenerbiennale.de/

SIEBEN TAGE EDUTAINMENT

WISSENSCHAFT UND TECHNIK IM FERNSEHEN

Montag bis Freitag (tägliche Sendungen)			
3sat	18.30 Uhr	nano - die welt von morgen	www.3sat.de/nano
Pro7	19:25 Uhr	Galileo	www.prosieben.de/wissen/galileo/
BR-Alpha	16:15 Uhr	Planet Wissen	www.planet-wissen.de
ZDF	14:15 Uhr	Wunderbare Welt	www.zdf.de
N24	21:30 Uhr	N24 Wissen	www.n24.de/service/tv/sendungen/
Sonntag			
ARD	10:30 Uhr	Kopfball	www.kopfball.de
Pro7	19.00 Uhr	Welt der Wunder	www.prosieben.de/
Sat.1	22.45 Uhr	Planetopia	www.planetopia.de
Montag			
Vox	22:05 Uhr	BBC Exklusiv	www.bbcexklusiv.de
Dienstag			
WDR	21:00 Uhr	Q21 - Wissen für morgen Wechsel mit Quarks & Co	www.wdr.de/tv/q21 im www.quarks.de
Mittwoch			
ARD	21:45 Uhr	W wie Wissen	www.daserste.de/wwiewissen/
ZDF	22.15 Uhr	Abenteuer Wissen	www.zdf.de
Donnerstag			
BR	19:30 Uhr	Faszination Wissen (14-tägig)	www.br-online.de/wissenbildung/ sendungen/faszinationwissen/

WEBTIPPS

KULTURPORTALE:

Euromuse

Informationen über 100 Museen aus vierzehn europäischen Ländern sind hier in einer Plattform zusammengefasst. Die Datenbank stellt die aktuellen Ausstellungen vor und ermöglicht auch einen Überblick sortiert nach Stadt, Thema oder Zeitraum.

So lassen sich die Museumsbesuche während der nächsten Urlaubsreise bequem im Voraus planen.

http://www.euromuse.net/

Theaterportal

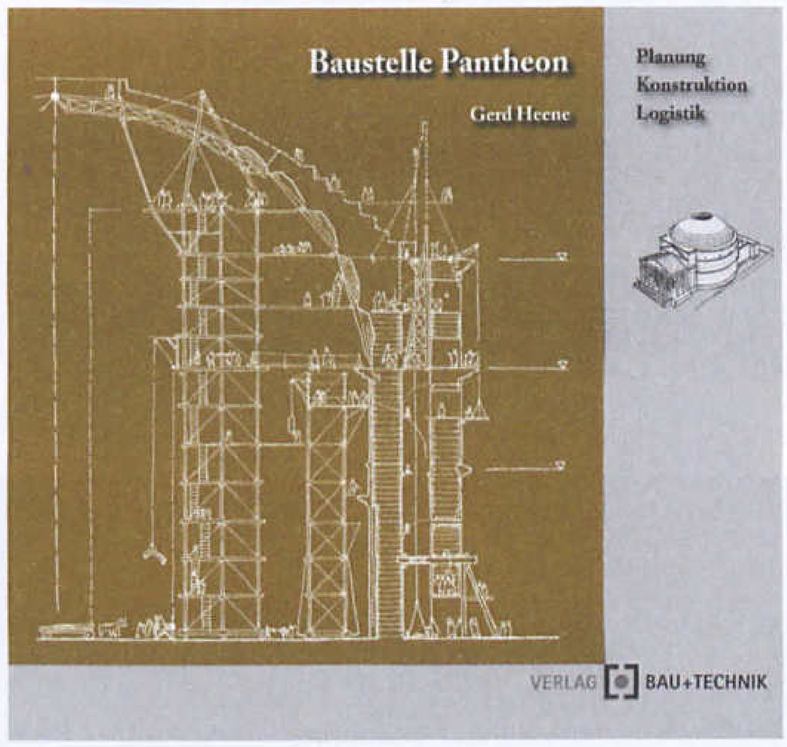
Was ist nächste Woche auf Bochumer Bühnen los? Wo steht gerade „La Traviata" auf dem Programm? Auch wenn sich das Theaterportal noch im Aufbau befindet, bietet es schon jetzt einen ausführlichen Einblick in die deutsche Theaterszene. Deutschlandweite Spielplanübersichten für den Bereich Schauspiel, Musiktheater, Musical und Tanz werden ergänzt durch Informationen zu Theatern und Stücken.

http://www.theaterportal.de/

Abbildungen: euromuse.net

ANTIKE ARCHITEKTUR

Es ist eines der berühmtesten und besterhaltenen Bauwerke der antiken Architektur: das Pantheon in Rom. Im Auftrag von Kaiser Hadrian als ein allen Göttern geweihtes Heiligtum im zweiten Jahrhundert n. Chr. erbaut, war es mit 43,2 Meter Durchmesser tausend Jahre der größte Kuppelbau. Durch die Kassettenstruktur im Innenraum und die kreisrunde Lichtöffnung im Scheitel der Kuppel erzielten die antiken Baumeister eine faszinierende Raumwirkung.
Wie aber gingen die Erbauer vor? Wurde z.B. die Kuppel auf einer Schalung betoniert? Wie kamen die Baumaterialien an Ort und Stelle? Wurden die halbrunden Vertikalschächte, die bisher für Entlüftungsschächte gehalten wurden, für den Materialtransport von der untersten Ebene in die Kuppel gebraucht? Diesen und anderen Fragen geht der Architekt Prof. Gerd Heene in seinem Buch über das Pantheon nach. Er verbindet dabei eine genaue Studie der Architektur mit Fragen nach Arbeitsabläufen und Hilfskonstruktionen und erschließt so die enorme Herausforderung, die ein solcher Bau darstellt. Mit ca. 400 maßstabsgerechten Skizzen illustriert Heene neue Ansätze zur Konstruktion der Kuppel. Planung, Konstruktion und Logistik auf der „Baustelle Pantheon" werden so spannend aufbereitet.



Heene, Gerd: Baustelle Pantheon
Verlag Bau + Technik, € 34, 80
ISBN 3-7640-0448-7

DIE STASI LIEST MIT

Unter dem Titel „Ein offenes Geheimnis" macht im Museum für Kommunikation in Nürnberg eine Ausstellung Station, die die Überwachungsmechanismen in der DDR zum Thema hat. Sie entstand als Ergebnis der Zusammenarbeit zwischen der Bundesbeauftragten für die Unterlagen des Staatssicherheitsdienstes der ehemaligen DDR und dem Museum in der „Runden Ecke", das vom Bürgerkomitee Leipzig betrieben wird.

Für das Ministerium für Staatssicherheit in der DDR (MfS) war die Verletzung des Post- und Fernmeldegeheimnisses Programm. Fotos, Dokumente und Originalgeräte dokumentieren nun diese alltäglichen Vorgänge und deren Effekt auf das Verhalten der DDR-Bürger.

Bis 14. 11. 04: „Ein offenes Geheimnis"
Post- und Telefonkontrolle in der DDR.
Museum für Kommunikation Nürnberg
www.museumsstiftung.de

Anzeige

Forum
MedizinTechnik
und Pharma

Forum MedTech Pharma

Innovation
durch Kooperation
Innovationen
für die Medizin

Leistungsangebot

- Management interdisziplinärer **Fachgruppen** z.Zt. **Telemedizin, Biomaterialien, Generationen, Pharma-Diagnostics, Minimal invasive Technologien, Schmerz**
- Konzeption von **Seminaren, Workshops** und **Kongressen** mit begleitender Fachausstellung
- Initiierung technologie- und branchenübergreifender **Kooperationen**
- **Kooperations-** und **Informationsvermittlung** national & international - direkt oder online
- **Kostenreduzierte bzw. -freie Teilnahme** für Mitglieder an Veranstaltungen des Forums

Das Forum wurde 1998 auf Initiative von Wirtschaftsminister Dr. Otto Wiesheu gegründet, die Geschäftsführung von der Bayern Innovativ GmbH akquiriert. Vorstandsvorsitzender ist Prof. Dr. J. Rüdiger Siewert, ärztlicher Direktor des Klinikum r.d. Isar, TU München.
Im Vordergrund steht der Fortschritt in Medizintechnik und Pharma. Aufgaben sind Identifizierung und Verbreitung wesentlicher Neuerungen, die Konzeption von Projekten und der Anstoß fachübergreifender Kooperationen.
Das Forum hat derzeit **450 Mitglieder** aus Wirtschaft, Wissenschaft und dem Gesundheitswesen - aus dem gesamten Bundesgebiet und dem internationalen Umfeld.

Forum MedizinTechnik & Pharma
in Bayern e.V.
Gewerbemuseumsplatz 2 · D-90403 Nürnberg
Tel: 0911-206 71-330 · Fax: 0911-206 71-788
info@forum-medtech-pharma.de

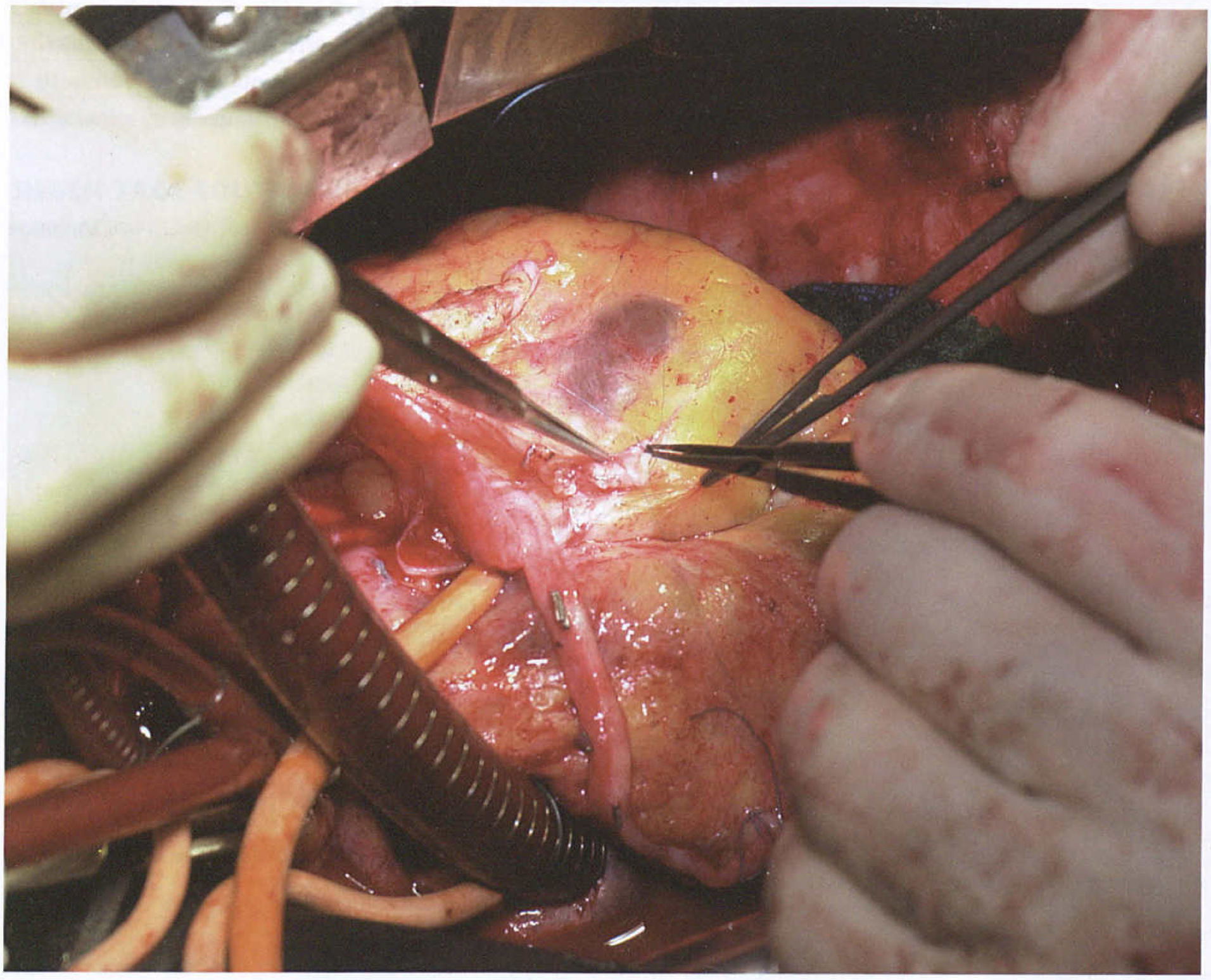
www.forum-medtech-pharma.de

Abbildung: Verlag Bau + Technik

Wenn das Herz nicht mehr genügend Sauerstoff bekommt, weil sich zu viel Kalk in den Gefäßen angesammelt hat, ist die letzte Möglichkeit oft eine Herz-OP. Dabei werden die verstopften Arterien mit körpereigenen Gefäßen überbrückt. Für die Herzchirurgen am Deutschen Herzzentrum in München gehören solche Bypass-Operationen zum täglichen Handwerk. Von Andrea Bistrich

Arterien als Brücken

Das Protokoll einer Herzoperation



Bypass-Legung: Das verstopfte Herzkranzgefäß wird mit einem körpereigenen Gefäß überbrückt.

Abbildungen: P. Libera

Ernst H. ist 63 Jahre alt. Schon seit Jahren leidet der pensionierte Mechaniker unter Herzbeschwerden. Verengung der Herzkranzgefäße, diagnostizierten die Ärzte – eine typische koronare Herzerkrankung, unter der in Deutschland heute etwa 5 bis 10 Prozent der Bevölkerung leiden. Weder Medikamente noch eine Kathetertherapie können da auf Dauer richtig helfen. Wenn Ernst H. wieder ein normales Leben führen wolle, komme er an einer Bypass-Operation nicht vorbei, sagen die Ärzte. Seit dem Wochenende liegt er im Deutschen Herzzentrum München. Vier Bypässe sollen ihm heute, am frühen Montagmorgen, gelegt werden, ein Routinefall für den erfahrenen Herzchirurgen Professor Dr. Rüdiger Lange und sein Team.

7.05 UHR, Morgenbesprechung im Konferenzraum. Bis auf den letzten Platz ist das kleine Ärztezimmer mit „weißen Kitteln" belegt; die Stuhlreihen dicht gedrängt. Nacheinander stellen die Ärzte, Oberärzte und Assistenten ihre Patienten vor, die heute auf der OP-Liste stehen. Jeder Fall wird einzeln anhand der bereits vorliegenden Herzkatheter-Filme beraten. Vier Bypass- und zwei Klappenoperationen stehen auf dem Programm – außerdem die Entfernung eines infizierten Schrittmachers. Dem jüngsten Patienten, dem fünf Monate alten Fabian, soll an diesem Morgen ein angeborener Herzfehler korrigiert werden. Uneins ist man sich zunächst bei der 78-jährigen Maria B. Zwei Schlaganfälle hat die Patientin bereits hinter sich – kann sie trotzdem an die Herz-Lungen-Maschine? Professor Lange lässt keinen Zweifel: „Da wäre das Thrombose-Risiko einfach zu hoch". Während sich einige Oberärzte und Assistenten zur Visite aufmachen, eilen andere in die OP-Säle.

8 Uhr, der stellvertretende Chef-Anästhesist Dr. Andreas Barankay legt zusammen mit der Anästhesie-Schwester die Katheter, die später während der Operation die wichtigsten Körperfunktionen von Ernst H. überwachen sollen. Jeder Griff sitzt. Zwei Sonden werden unter der Haut platziert: Sie messen Puls, Blutdruck und Temperatur. Der Kardiotechniker überprüft noch einmal die Herz-Lungen-Maschine und Monitore. Der Oberarzt und Leiter der Aufnahmestation Dr. Joachim Weipert hatte Ernst H. heute früh persönlich von der Station abgeholt und an der Schleuse zu den OP-Sälen dem dortigen Oberarzt übergeben. Ernst H. weiß davon nichts; die starken Beruhigungsmittel, die er am Morgen bekommen hatte, verhindern eine bewusste Wahrnehmung. „Häufig wundern sich die Patienten, dass sie schon operiert wurden, wenn sie aus der Narkose erwachen," erklärt Weipert. Nachdem die Patienten die so genannte Prämedikation erhalten haben, klafft bei den meisten eine Erinnerungslücke von ein, zwei Tagen. Und das ist gut so, denn wer wollte sich schon an all das erinnern, was unmittelbar vor und während der Herzoperation mit einem geschieht?

Kurz vor Operationsbeginn wäscht sich Chirurg Dr. Gregory Eising die Hände minutenlang steril.

Eine halbe bis dreiviertel Stunde dauert die Einleitungsphase. Barankay legt jetzt auch den Tubus, über den später die Beatmung durch die Herz-Lungen-Maschine erfolgen wird. Ein Assistent bepinselt den ganzen Körper mit gelbem Desinfektionsmittel, so dass kaum ein weißer Fleck übrig bleibt. Ernst H. steht bereits unter Narkose.

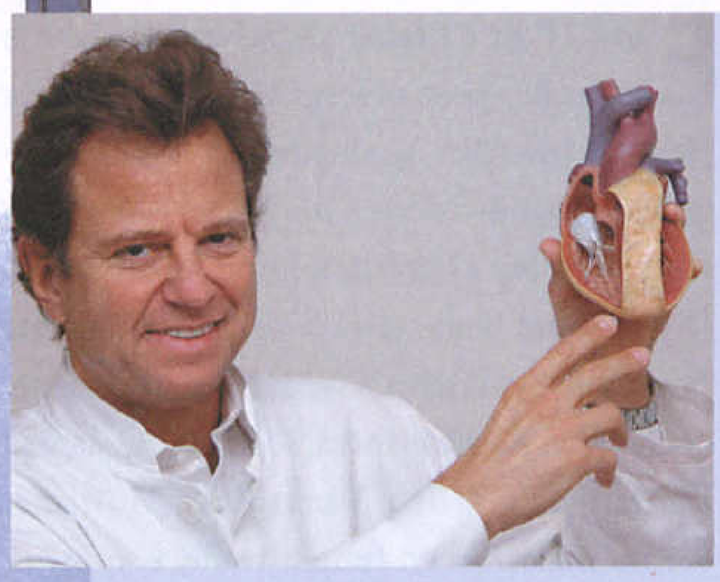
8.30 UHR, inzwischen macht sich der Chirurg Dr. Gregory Eising im angrenzenden Waschraum steril. Kräftig reibt Eising das Desinfektionsmittel über Unterarme, Hände und unter die Fingernägel – genau fünf Minuten lang bearbeitet er sich damit. Das ist die OP-Vorschrift. Die Uhr über dem Waschbecken läuft zur Kontrolle mit.

Im OP 3 herrscht bereits geschäftiges Treiben. Assistenzarzt Bo Zhao beugt sich über den linken Arm von Ernst H., dessen Körper regungslos auf dem OP-Tisch in der Mitte des Raumes liegt. Soeben hat er den Schnitt am Unterarm gesetzt, der die *Arteria radialis* freilegen soll. Bei Patienten unter 65 Jahren wird gerne diese Radialarterie aus dem Arm genommen, weil Arterien im Gegensatz zu Venen gewöhnlich länger offen bleiben und nicht so schnell thrombosieren. Die Arterie soll dann die problematischen Engstellen in

Abbildungen: P. Libera

Die Zukunft der Herzchirurgie

Über neue Technologien in der Herzchirurgie sprach Professor Dr. med. Rüdiger Lange, Direktor der Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie am Deutschen Herzzentrum München, mit *Kultur & Technik*-Redakteurin Andrea Bistrich.



Professor Dr. med. Rüdiger Lange, Direktor der Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie am DHM.

Dem Amerikaner Robert Tools wurde am 2. Juli 2001 als erstem Patienten das neuartige Kunstherz „AbioCor" eingepflanzt. Tools starb nach 151 Tagen an inneren Blutungen. Sind Sie vom Kunstherzen überzeugt oder sehen Sie Alternativen?

Ich bin von der Entwicklung des Kunstherzens absolut überzeugt. Dennoch ist diese Entwicklung nicht so schnell gegangen, wie wir uns das erhofft hatten. Das sieht man beispielsweise an dem Fehlschlag mit „AbioCor", das fast 30 Jahre nach dem ersten voll implantierbaren Kunstherzen „Jarvik 7" auf den Markt kam.

Erstaunlicherweise ist die Technologie in Bezug auf den so genannten Linksherz-„Assist" schon wesentlich weiter. Da gibt es verschiedene Pumpensysteme, die man bis zu zwei Jahren implantieren kann und die auch gut funktionieren.

Lässt sich ein so hochwertiges und komplexes biologisches Organ wie das Herz überhaupt mit Plastik und Titan mechanisch kopieren oder müssen wir hier von „Größenwahn" sprechen, vor dem einige Experten nachdrücklich warnen?

Wenn man überhaupt ein Organ gut ersetzen kann, dann ist es das Herz. Aber dass es sich als so schwierig erweist, erstaunt natürlich. Wobei die auftretenden Schwierigkeiten nichts mit der Pumpleistung zu tun haben, denn die eigentliche Funktion des Herzens, Blut zu pumpen, lässt sich mit diesem künstlichen System hervorragend ersetzen. Große Probleme bereiten vielmehr das Blut und die Gerinnungsfaktoren, wie auch die Tatsache, dass man die Oberflächen des Kunstherzens nicht so homogen gestalten kann, dass es nicht in irgendwelchen Toträumen, Winkeln und Ecken zu Gerinnselbildungen kommt.

Würden Sie ein brauchbares Kunstherz einsetzen wollen?

Unbedingt.

Sie haben hier am Deutschen Herzzentrum im Jahr 2000 die weltweit erste Herzklappenrekonstruktion mithilfe eines von Chirurgenhand geführten Roboters durchgeführt. Spezialisten in Tokio und im Klinikum rechts der Isar konnten eine Roboter-OP, gesendet aus Ihrer Operationsabteilung, sogar per Internet schon live mitverfolgen. Hat die Arbeit mit Hightech-Robotern in der Herzchirurgie Zukunft – oder geht damit ein Mythos der Herzchirurgie, die etwas mit Kunst und Handwerk zu tun hat, verloren?

Der so genannte Roboter ist eigentlich ein Telemanipulator, mit dem man über einen Bildschirm computergesteuert Arbeitsarme bewegen kann. Im Grunde ist das nichts anderes als endoskopische Chirurgie. Über Öffnungen in der Bauch- oder Brustwand werden lange dünne Instrumente in den Körper des Patienten eingeführt, die zusätzlich mit einer Kamera versehen sind. Mit diesen Instrumenten und mithilfe der Kamera kann im Körperinneren operiert werden. Aufgrund der hohen Präzision, die man in der Herzchirurgie benötigt, war das endoskopische Operieren lange Zeit sehr schwierig. Erst mit dem Telemanipulator wurden endoskopische Eingriffe in der Herzchirurgie möglich. Das heißt aber nicht, dass diese Art zu operieren weniger künstlerisch oder fantasievoll ist. Im Gegenteil, sie ist sogar ausgesprochen anspruchsvoll.

Wird man in der Herzchirurgie zukünftig mehr von solchen „Robotern" einsetzen?

Dahin wird die Entwicklung sicherlich gehen – die Systeme werden sich erheblich verbessern, man wird Roboter in Verbindung mit kleinen, minimalinvasiven Inzisionen einsetzen, und irgendwann wird man bei bestimmten Operationen nur noch Roboter einsetzen. Eine andere Entwicklung ist die so genannte endovaskuläre Methode, bei der man gar nicht mehr operiert, sondern die verengten Gefäße interventionell mit einem ins Gefäß vorgeschobenen Katheter versorgt. Solche Stentimplantationen führen wir hier im Herzzentrum heute schon an der großen Hauptschlagader durch.

Die grundlegend revolutionäre und zukunftsträchtige Technologie aber werden die endovaskuläre Klappenrekonstruktion und der Klappenersatz sein. Man wird eine ganze Herzklappe zusammengefaltet über die Leistenarterie zum Herzen bringen und dort verankern.

Stichwort: Zukunftstechnologie. Sie arbeiten in Ihrem experimentellen Labor im Deutschen Herzzentrum an der Züchtung von Gewebezellen. Wie sieht Ihre Forschung diesbezüglich konkret aus?

Wir sind so weit, dass wir verschiedene Epithelzellen auf Nährmedien anzüchten können. Allerdings ist es uns derzeit noch nicht möglich, eigene Herzklappen heranzuzüchten – aber auf der ganzen Welt wird fieberhaft daran geforscht.

Die minimalinvasive Herzoperation gilt als schonende Methode, deren Effektivität und

Sicherheit aber noch nicht alle Herzchirurgen vollständig überzeugt hat. Der überwiegende Teil der Herzoperationen wird weiterhin konservativ durchgeführt, stellte die Deutsche Herzstiftung noch in diesem Jahr fest. In welchen Fällen würden Sie zu dem minimalinvasiven Eingriff raten?

Minimalinvasiv bedeutet immer: etwas schwieriger, etwas aufwändiger – manchmal bedeutet es auch etwas weniger sicher. Deshalb sollte man solche Eingriffe nur machen, wenn die Komplikationen, die eventuell auftreten können, tatsächlich beherrschbar sind – und der Patient keine zusätzlichen Risikofaktoren mitbringt.
Die Operationen an der Mitral- und Aortenklappe werden bereits größtenteils minimalinvasiv durchgeführt.

In den USA werden inzwischen 30 Prozent aller Bypass-Operationen ohne Herz-Lungen-Maschine (HLM) durchgeführt. In manchen US-Krankenhäusern sollen Chirurgen sogar vollständig darauf verzichten und *off pump* operieren. Wie beurteilen Sie die Notwendigkeit des Einsatzes der Herz-Lungen-Maschine in der deutschen Herzmedizin?

In den USA, wie auch in einigen anderen europäischen Ländern, besteht ein sehr großer Kostendruck. Aufgrund der jeweils nationalen Konstellation der Abrechnungssituation konnten sich Eingriffe ohne HLM schnell entwickeln.
Wir führen ebenfalls Bypassoperationen ohne Herz-Lungen-Maschine durch. Allerdings gibt es bisher keine Studien, die einen Vorteil dieser Methode belegen. Erst kürzlich wurde im renommierten *New England Journal of Medicine* sogar über schlechtere Langzeitergebnisse berichtet.
Von der Qualität her ist eine Operation an den Herzkranzgefäßen mit HLM immer noch das Optimum.

**Zur Früherkennung von Herzkrankheiten informiert die Deutsche Herzstiftung bundesweit mit Zeitschriften, Broschüren und Veranstaltungen.
www.herzstiftung.de**

den Herzkranzgefäßen überbrücken (engl. *bypass*, „umleiten"), d… durch das Herz von Ernst H. fließen kann. Immer wieder muss … Sekrete mit dem Tuch an der offenen Wunde abwischen, bevor er noch … schneiden und das bandwurmartige Gefäß in mühseliger Kleinarbeit schlie… kann.

Mehrere Messsonden liefern den Ärzten wichtige Daten über den Zustand vo… während der Operation. Diese Werte werden auf drei großen Monitoren überprüft. Da… „Arbeitsreich" des Anästhesisten Barankay. Auf dem ersten Monitor kann er das gesa… hämodynamische Bild verfolgen: zwei Ableitungen von einem normalen EKG, den arteriellen Blutdruck, den zentralen Venendruck und den Pulmonararteriendruck. Ein Fühler misst die Sauerstoffsättigung im Blut; mit der so genannten Kälteverdünnungsmethode kann jederzeit das Herzminutenvolumen bestimmt werden. Ein anderer Bildschirm ist mit dem Hausnetz verbunden; über ihn werden Laborwerte und Patientendaten abgerufen. Auf dem dritten Monitor finden sich die Herzkatheterfilme und Röntgenbefunde, die vor der Operation gemacht wurden.

Ein kleinerer Monitor, unmittelbar rechts neben dem Kopfende des Patienten, zeigt die Narkosestärke an – von A, Wachzustand, bis E und F, tiefe und sehr tiefe Narkose. Mit prüfendem Blick verfolgt Barankay die Wellenlinien. Die Kurve seines Patienten liegt jetzt im E-Bereich. „Das ist optimal für die OP", sagt er sichtlich zufrieden.

„Mit den Narkosemitteln, die uns heute zur Verfügung stehen, ist eine so schwere Operation aus anästhesistischer Sicht kein Problem mehr", erklärt Barankay. Nur drei Minuten dauere es, um den Patienten vollständig zu narkotisieren. Etwa genauso schnell gehe das Aufwachen – in 7 bis 10 Minuten.

Während die Kollegen nebenan im OP 2 ihren Patienten schon wieder zunähen, macht Gregory Eising den Schnitt, der den Brustkorb von Ernst H. öffnen soll. Ohne anzuhalten zieht er das Skalpell vom Schlüsselbein bis hinunter zum unteren Ende des Brustbeins. Mit seinen Fingern greift er in die Öffnung und schiebt die dicken Hautwände rechts und links auseinander. Immer wieder streicht Eising mit dem Kauter über die blutenden Gefäße, um sie zu veröden. Es riecht nach verbranntem Fleisch. Die assistierende OP-Schwester reicht Eising die elektrische Handsäge, mit der er das Brustbein spaltet. Geschickt fügt er Metallklammern ein und drängt die Rippen auseinander.

Zwei Monate wird es dauern, bis das Brustbein von Ernst H. wieder vollständig geheilt ist; tägliche Krankengymnastik wird nötig sein, damit er nach einigen Wochen wieder allein Treppen steigen kann.

Über 70.000 Bypass-Operationen werden jährlich in Deutschland in dieser Weise durchgeführt. Die „mediane Sternotomie", bei der man den Brustkorb mittig durchtrennt und – unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine – am offenen Herzen operiert, ist nach wie vor der klassische Operationszugang. Nur ein Prozent wird derzeit minimal-invasiv, das heißt durch einen kleinen Schnitt operiert. Dies gilt zwar als schonenderes Verfahren, da es lediglich mit knopflochgroßen Schnitten von 3 bis 4 Zentimetern auskommt – das Brustbein muss nicht mehr in seiner vollen Länge gespalten werden –, aber nicht für jeden Patienten ist diese Methode immer auch die beste. Wissenschaftlich kontrollierte Studien, die Vor- und Nachteile der so genannten MIDCAB-Operation (*minimally invasive direct coronary artery bypass*) mit dem konventionellen Bypass-Eingriff vergleichen, gibt es (noch) nicht.

Das Herz von Ernst H. glänzt wie zu blass geratenes Eidotter. „Das ist alles Fettschicht",

erklärt Eising, während er die Gefäße am Herzen weiter freilegt. „Die hat jeder, aber bei Patienten, die jahrelang ungesund gelebt haben, ist sie wesentlich ausgebildeter". Rauchen, viel Zucker, hohe Cholesterinwerte, Bewegungsmangel, Stress und zu fettes und zu reichliches Essen. „Das sind die bekannten Faktoren für eine Herz-Kreislauf-Erkrankung. Das Herz verfettet oder verkalkt mit der Zeit."

Rund 100.000 Mal schlägt ein normales Herz am Tag. Mit jedem Schlag werden etwa 70 Milliliter Blut bewegt. In den 63 Lebensjahren von Ernst H. hat sich der Herzmuskel fast 2,3 Milliarden Mal zusammengezogen und dabei mit insgesamt 162 Millionen Litern nahezu einen ganzen See ausgepumpt.

9.15 UHR, Professor Rüdiger Lange kommt in den OP. Jetzt beginnt die eigentliche Bypass-Legung und jetzt beginnt auch der Einsatz der Herz-Lungen-Maschine. Anästhesist Barankay spritzt Heparin in die Blutzirkulation. Das macht das Blut dünner und verhindert, dass es gerinnt. In den Kunststoffschläuchen der Herz-Lungen-Maschine würden sich andernfalls sofort Thromben bilden und den Durchlauf verstopfen.

9.35 UHR, der Kardiotechniker wirft die Herz-Lungen-Maschine an, die nun die Funktion von Herz und Lunge übernimmt. Durch zwei dicke Schläuche wird das Blut über die aufsteigende Körperschlagader, die *Aorta Ascendens*, hineingepumpt und über den rechten Vorhof wieder entnommen. Alles läuft ordnungsgemäß. „Stilllegen", sagt Lange, der sich mit einer großen Gefäßklemme in der Hand jetzt noch tiefer über das Herz von Ernst H. gebeugt hat. Die faustgroße gelbe Masse, die sich bisher rhythmisch zuckend bewegt hat, steht plötzlich still. Die kardioplegische Lösung, die das Herz anhält, verschafft Lange die Bedingungen, die er für die Feinarbeiten an den Herzkranzgefäßen braucht. Mit viel Fingerspitzengefühl und ruhiger Hand legt und knotet der Chirurg die Fäden, mit denen er nach und nach die neuen Arterien auf die Herzkranzarterien anbringt. „Das Herz ist ein Organ, bei dem man das Gefühl hat, dass es im Menschen selbst noch einmal lebt. Aber das ist natürlich Blödsinn, weil wir ja nur deshalb leben, weil das Herz den Kreislauf unterstützt", sinnt Lange über den faustgroßen Hohlkörper aus Muskelmasse.

Die Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie am Deutschen Herzzentrum München ist eines der großen Spezialzentren deutschlandweit mit jährlich rund 2100 Herzoperationen.

www.dhm.mhn.de

Teamarbeit ist oberstes Gebot im OP-Saal. Jeder Handgriff muss sitzen.

Nur mit einer Lupenbrille mit drei- bis vierfacher Vergrößerung kann er die äußerst feinen Nähte an den Herzkranzgefäßen ausführen. Die Kunststofffäden sind dünner als Menschenhaare, und mit bloßem Auge kaum zu erkennen.

Mit höchster Genauigkeit überwacht der Kardiotechniker die Messdaten der Herz-Lungen-Maschine. Jetzt wird das mit einer Rollenpumpe getriebene Blut auf etwa 30 Grad gekühlt – niedrige Temperaturen schonen den Herzmuskel. Weil die normale Blutdruckmessung mit der Manschette, wie man sie vom Hausarzt kennt, viel zu ungenau und nicht praktikabel wäre, wird bei jeder Operation mit Herz-Lungen-Maschine der Blutdruck mit einem Messkatheter direkt in der Arterie gemessen.

10.25 UHR, das Blut des Patienten wird wieder erwärmt – bis auf 37 Grad – und durch das Herz geleitet. Der Kardiotechniker stellt die Herz-Lungen-Maschine ab. Die Lungen werden aufgebläht und wieder an die Beatmungsmaschine angeschlossen. Das Herz beginnt zu pumpen. Professor Lange hat seine Arbeit getan, nun macht sich Dr. Eising daran, den Thorax zu schließen.

Eine knappe Stunde später vernäht Eising die letzten Fäden. Die Operation ist beendet. Zwei Anästhesisten fahren den immer noch in tiefer Narkose liegenden Ernst H. zur Schleuse. Aus seinem Körper ragen Schläuche, am Bett sind Blut- und Wundsekretauffangbehälter angebracht. An der Schleuse wartet bereits Dr. Botzenhardt von der Intensivstation, um seinen neuen Patienten in Empfang zu nehmen.

Ernst H. hat seine Herz-OP überstanden. Mit seinen neuen Gefäßen kann er sogar richtig alt werden, hatte Dr. Eising bereits vor der OP versprochen. ▮▮

Abbildungen: P. Libera

straumann

INFO

Lachen macht glücklich –
schöne Zähne auch?

Straumann hat die Antwort.

Kurze Behandlungszeiten, dauerhafte Zuverlässigkeit und individuelle Ästhetik: Straumanns Dental-Implantatsystem seit mehr als 20 Jahren klinisch bewährt und wissenschaftlich dokumentiert, verhilft Ihnen wieder zu neuer Lebensqualität. Fragen Sie Ihren Zahnmediziner oder besuchen Sie unsere Homepage www.straumann.com.

ITI®

DENTAL IMPLANT SYSTEM

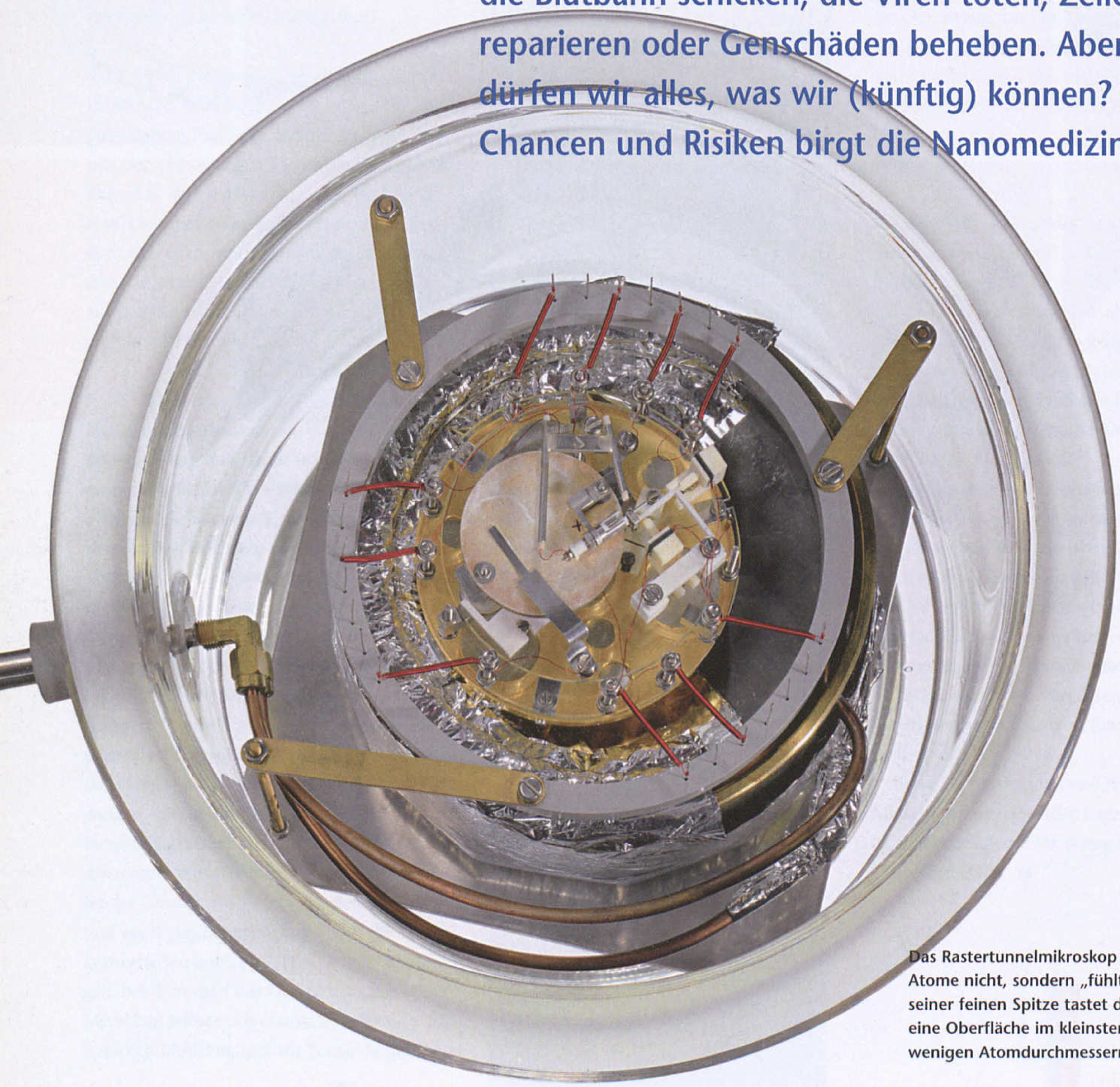
www.straumann.com

Versuch einer Bewertung aus medizinethischer Perspektive

Nanotechnologie in der Medizin

Von Christian Lenk

Beim Wort „Nano" werden selbst zurückhaltende Mediziner fortschrittsgläubig. In einigen Jahren wird man winzige intelligente Mechanismen durch die Blutbahn schicken, die Viren töten, Zellen reparieren oder Genschäden beheben. Aber dürfen wir alles, was wir (künftig) können? Welche Chancen und Risiken birgt die Nanomedizin?



Das Rastertunnelmikroskop „sieht" Atome nicht, sondern „fühlt" sie. Mit seiner feinen Spitze tastet das Mikroskop eine Oberfläche im kleinsten Abstand von wenigen Atomdurchmessern ab.

Abbildung: Deutsches Museum München

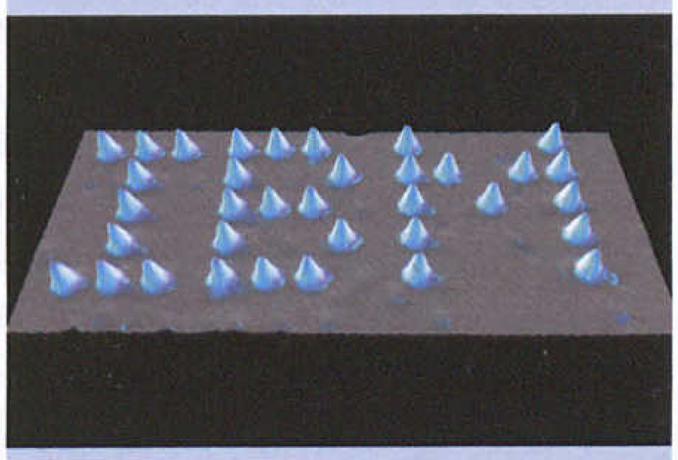
Die Visionen funktionaler Mikroteilchen beschreibt der polnische Schriftsteller Stanislaw Lem in seinem 1986 erschienenen Science-Fiction-Roman *Der Flop*: „Außerdem waren beide durch Mikropen gesichert. Dieses Kurzwort für mikroskopische Zyklopen bezeichnet eine Art Fernsehkamera, die aus einem ganzen Schwarm von mückengroßen, mit mikroskopisch kleinen Objektiven ausgestatteten Wächtern besteht." Lem denkt bestehende technische Trends in die Zukunft weiter, wie an dieser zitierten Stelle die Funktionalisierung und Miniaturisierung visueller Übertragungstechniken. Der polnische Schriftsteller interessiert und inspiriert sein Publikum, weil seine technischen Utopien immer wieder zwischen der Faszination an perfekter Technik und der Beschreibung banalen Scheiterns avancierter technischer Problemlösungsversuche hin- und herwechseln – eine geistige Beweglichkeit, die man den nicht-fiktionalen Technikkritikern und Technikbegeisterten ebenfalls dringend wünscht.

PRÄZISIONSTECHNIK IN ZWERGENGRÖSSE. Gibt es eine Verbindung zwischen utopischem Denken und realen technischen Entwicklungen? Anscheinend gibt es sie, wenn auch nur in dem zeitlichen „Nahbereich" von 15 bis 20 Jahren. Im Herbst 1999 erschien das viel beachtete Positionspapier einer Beratergruppe des U.S.-amerikanischen Präsidenten mit dem programmatischen Titel *Shaping the World Atom by Atom* („Die Welt Atom für Atom formen"). In diesem Papier werden nicht nur die bisherigen Erfolge der Nanotechnologie zusammengefasst, sondern auch Nah- und Fernziele der weiteren technologischen Entwicklung benannt. So wird der Physik-Nobelpreisträger von 1998, Horst Stormer, mit den Worten zitiert, dass „Nanotechnologie uns die Werkzeuge gegeben hat ... mit der ultimativen Spielzeugkiste der Natur zu spielen – Atomen und Molekülen. Alles ist daraus gemacht ... Die Möglichkeiten, neue Dinge herzustellen, erscheinen grenzenlos."

Aber zunächst einmal: was ist unter dem Schlagwort „Nanotechnologie" zu verstehen? Das erste Wort, *nanos*, kommt aus dem Griechischen und heißt so viel wie „Zwerg". Es wurde von den Physikern als Wort für den kleinsten verfügbaren Längenmaßstab ausgewählt. Der Begriff „Nanotechnologie" scheint auf einen Professor der Universität Tokio, Norio Taniguchi, zurückzugehen, der ihn 1974 erstmals verwandt haben soll. Er verstand Nanotechnologie als eine Technologie zur Präzisionsherstellung in ultrakleinen Dimensionen, nämlich mit einer in Nanometern zu messenden Fertigungstoleranz. Um einen solchen Anspruch überhaupt verwirklichen zu können, bedurfte es aber eines ganz neuen Instrumentariums, das erst mit der Erfindung des Rastertunnelmikroskops (1981) und des Rasterkraftmikroskops (1986) geschaffen wurde. Mit jenem Rastertunnelmikroskop gelang es 1989 auch, den Schriftzug IBM mit 35 Xenon-Atomen auf eine Oberfläche aufzubringen. Seither stellt dieses Bild eine Art Ikone der Verheißungen der Nanotechnologie dar – ein öffentlicher Beweis, dass die technische Manipulation in Nanodimensionen möglich ist.

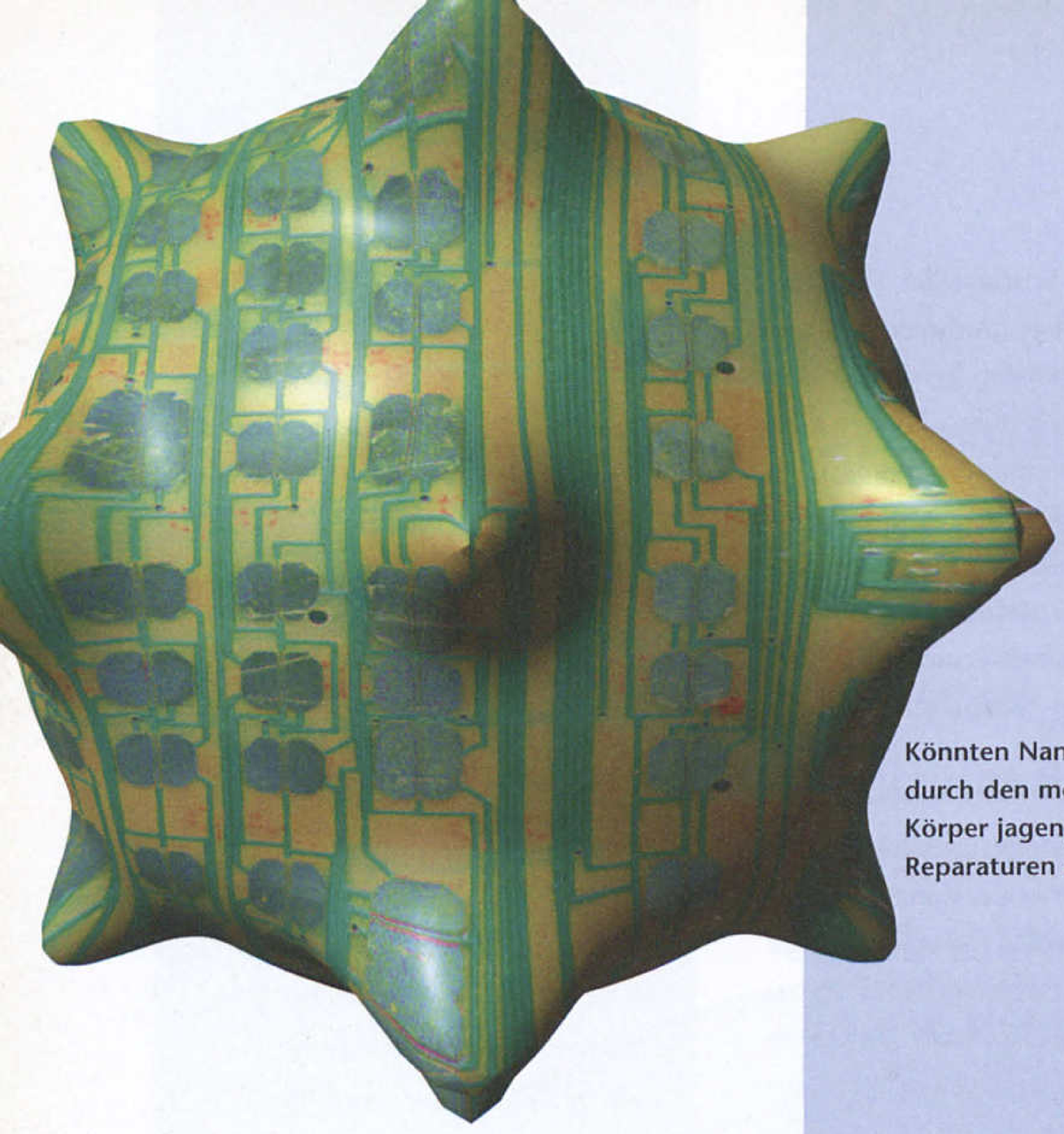
U-BOOTE ERKUNDEN DEN MENSCHLICHEN KÖRPER. In vielen Anwendungsbereichen der Nanotechnologie ist Oberflächengestaltung ein wichtiges Thema. Doch für die avancierteren Anwendungen bedarf es kleiner und kleinster funktionaler Strukturen, die eigenständig Aufgaben übernehmen und ausführen können. Vorbild sind dafür oft molekulare Strukturen, wie sie in der Natur vorkommen und die nun, zumindest theoretisch, kopiert und weiterentwickelt werden sollen. Als ein Paradebeispiel für solche Strukturen können die molekularen Antriebe und Motoren gelten, an denen zurzeit weltweit geforscht wird. Im Jahr 2000 stellte ein Forscherteam der U.S.-amerikanischen Universität Cornell in der renommierten Forschungszeitschrift *Science* einen Motor mit bimolekularem Antrieb vor, der einen Nanopropeller antreibt. Zwar dürfte es von diesem Erfolg der Grundlagenforschung noch ein weiter Weg zu miniaturisierten U-Booten sein, die im Körper des Menschen eigenständig Plaques und Ablagerungen der Gefäßwände abtragen, allerdings ist der Bereich der reinen Wunschvorstellung damit wohl endgültig verlassen – ein revolutionär neuer Ansatz der Medizintechnik eröffnet sich, mit dem beispielsweise körperliche Degenerationsprozesse in der gleichen Größendimension bekämpft werden können, in der sie entstehen.

Mit dem **Rastertunnelmikroskop (RTM)** können räumliche Oberflächenstrukturen in atomaren Dimensionen mit großer Präzision untersucht werden. Zudem ist es mithilfe des RTMs möglich, Objekte gezielt zu verändern, indem einzelne Atome wie mit der Pinzette aus einer Oberfläche herausgelöst und an anderer Stelle wieder abgesetzt werden (siehe auch Bild auf Seite 18).



Mithilfe des Rastertunnelmikroskops gelang es, den Schriftzug „IBM" aus einzelnen Xenon-Atomen zu „schreiben".

Abbildung: IBM



Könnten Nanoteilchen bald durch den menschlichen Körper jagen, um kleinere Reparaturen auszuführen?

STICHWORT: HUMANMEDIZIN. Hier könnte die Nanotechnologie in den unterschiedlichsten Bereichen zur Anwendung kommen: in der Diagnostik als eine Verfeinerung und Fortsetzung der bisherigen Endoskopie; in der Therapie im Bereich des gezielten Transports von Wirkstoffen zu Krankheitsherden („drug targeting") oder bei der Entwicklung neuer Ansätze wie in der Krebsbekämpfung; in der Entwicklung neuer, körperähnlicher Materialien für Implantate sowie als Nanoprothetik und Nanorobotik, also der Schaffung kleinster funktionaler Prothesen oder sogar kleiner Maschinen, die Therapien durchführen oder unterstützen sollen.

Über die Chancen und Risiken der Nanotechnologie streiten sich sowohl überzeugte Enthusiasten wie auch dezidierte Kritiker. Während die Partei der Enthusiasten paradiesähnliche Zustände erhofft, in denen auf die industrielle Revolution eine Nano-Revolution folgt, in der kleine Maschinchen, so genannte Assembler, alle Produkte des menschlichen Bedarfs herstellen, bezweifeln ihre Gegner den möglichen Erfolg eines solchen, rein technikbasierten Ansatzes. In einem Kommuniqué der kanadischen Aktionsgruppe Erosion, Technologie und Konzentration (ETC-Group) wird eine Parallele zur „grünen" (das heißt agrarischen) Gentechnologie gezogen, bei der den Landwirten zunächst schädlingsresistente Pflanzen versprochen wurden. Inzwischen gibt es genmanipulierte Pflanzen, allerdings sind diese nicht etwa resistent gegen Schädlinge, sondern allein gegen die von denselben Firmen vertriebenen Chemikalien zur Schädlingsbekämpfung. Das ist ein klassisches Beispiel für eine „end-of-pipe"-Technologie, bei der Probleme nicht wirklich behoben, sondern unter Schaffung weiterer Probleme lediglich kompensiert werden.

Während eine solche Kritik auf einer sehr fundamentalen Ebene ansetzt, versucht die medizinethische Diskussion zur Anwendung der Nanotechnologie in der Medizin auch mögliche Chancen neuer Forschungsansätze zu berücksichtigen. Um für potenzielle Patienten die größten Vorteile bei den kleinsten Risiken zu realisieren, ist eine dezidierte Risikoabschätzung neuer Anwendungsmöglichkeiten notwendig. Geforscht wird etwa an der Anwendung von Nanopartikeln bei Tumortherapien. Dieser Ansatz wird heute von vielen Experten für aussichtsreich gehalten. Dabei werden mit Zellgift gefüllte Partikel in bösartige Tumore eingeschleust. Bei anschließender Erhitzung geben die Partikel ihre Inhaltsstoffe wirksam in ihr direktes Umfeld ab. Der Vorteil gegenüber einer herkömmlichen Chemotherapie besteht darin, dass nicht der ganze Körper mit Zellgiften belastet wird, sondern nur die tatsächlich erkrankten Organe und Partien.

Auf der anderen Seite hat gerade die klinische Erprobung der Gentherapie gezeigt, dass die Infusion kleiner, künstlicher Teile in den menschlichen Körper zu massiven Problemen, wie radikalen Abwehrreaktionen des Immunsystems, führen kann. Sorgfältige Prüfungen der Giftigkeit von Nanopartikeln sind daher zwingend notwendig, um zu verhindern, wie ein polemisches Schlagwort aus der Diskussion besagt, dass Nanopartikel „das neue Asbest werden". Neben der eigentlichen Risiko-Problematik wäre es unter ethischen Gesichtspunkten wünschenswert, dass auch Patienten oder Patientengruppen mit ihren speziellen Problemen und Präferenzen in den Forschungsprozess einbezogen werden. Nicht immer verläuft medizinische Grundlagenforschung so, dass die betroffenen Patienten hinterher in der Therapie davon profitieren können.

Nanopartikel sind Teilchen in der Größenordnung zwischen 10 und 100 Nanometern (etwa 1000 Mal kleiner als rote Blutkörperchen). Sie bestehen aus einigen hundert Atomen und sind aufgrund ihrer zahlreichen Oberflächenatome sehr reaktionsfreudig.

Abbildung: Glenn Slingsby

MASSGESCHNEIDERTE MEDIZIN. *Nature does it, why can't we do it? – Die Natur tut es, aber warum können wir es nicht tun?* So lautet das viel zitierte Motto der Nanowissenschaften. In der Tat handelt es sich hier um eine Frage, die jedem Wissenschaftler unter den Nägeln brennen sollte. Sie rückt auch die Tatsache ins rechte Licht, dass, gemessen an vielen eleganten und hocheffizienten Leistungen der Natur, viele menschliche Technologien sehr grobschlächtig und minderwertig wirken. Mit der Nanotechnologie scheint endlich eine Stufe technischen Handelns erreicht, auf der natürliche Materialien und Wirkstoffe auf atomarer und molekularer Ebene, zwar mit einigem Aufwand, aber dennoch weitgehend nach menschlichen Erfordernissen – „maßgeschneidert" – umgestaltet werden können. Damit einher gehen auch Erwartungen an eine neue, „sanfte" Medizin, die molekulare Mechanismen zur Heilung und Prävention von Krankheiten nutzt. Vielleicht könnte dieser Denkansatz auch gerade die Behandlung solch chronischer und degenerativer Erkrankungen revolutionieren, mit denen sich die moderne Medizin nach wie vor schwer tut.

WO BLEIBT DAS MENSCHLICHE? Auf der anderen Seite lässt die Biotechnologie, die sich den Funktionsmechanismen des menschlichen Körpers bis ins Detail annähert, das eigentlich „Humane" des menschlichen Körpers fraglich werden. Ähnlich der Xenotransplantation, bei der artfremde Organe, etwa von speziell gezüchteten Schweinen, auf den Menschen übertragen werden sollen, stellt damit der Einsatz der Nanotechnologie in der Medizin die Frage nach dem weiteren Bestand der menschlichen Identität und der Abgrenzung von Körper und Maschine.

Empfänger von menschlichen Organen berichten häufig von psychosozialen Problemen mit ihrem „neuen" Organ. Wie werden die Empfänger nanotechnologischer Prothetik auf die Wirkungen neuer, funktionaler Moleküle reagieren? Bisherige Implantate wie Herzschrittmacher oder Insulinpumpen erschienen deutlich als Fremdkörper im menschlichen Organismus, aber sie veränderten nicht unser Selbstverständnis als humane Wesen.

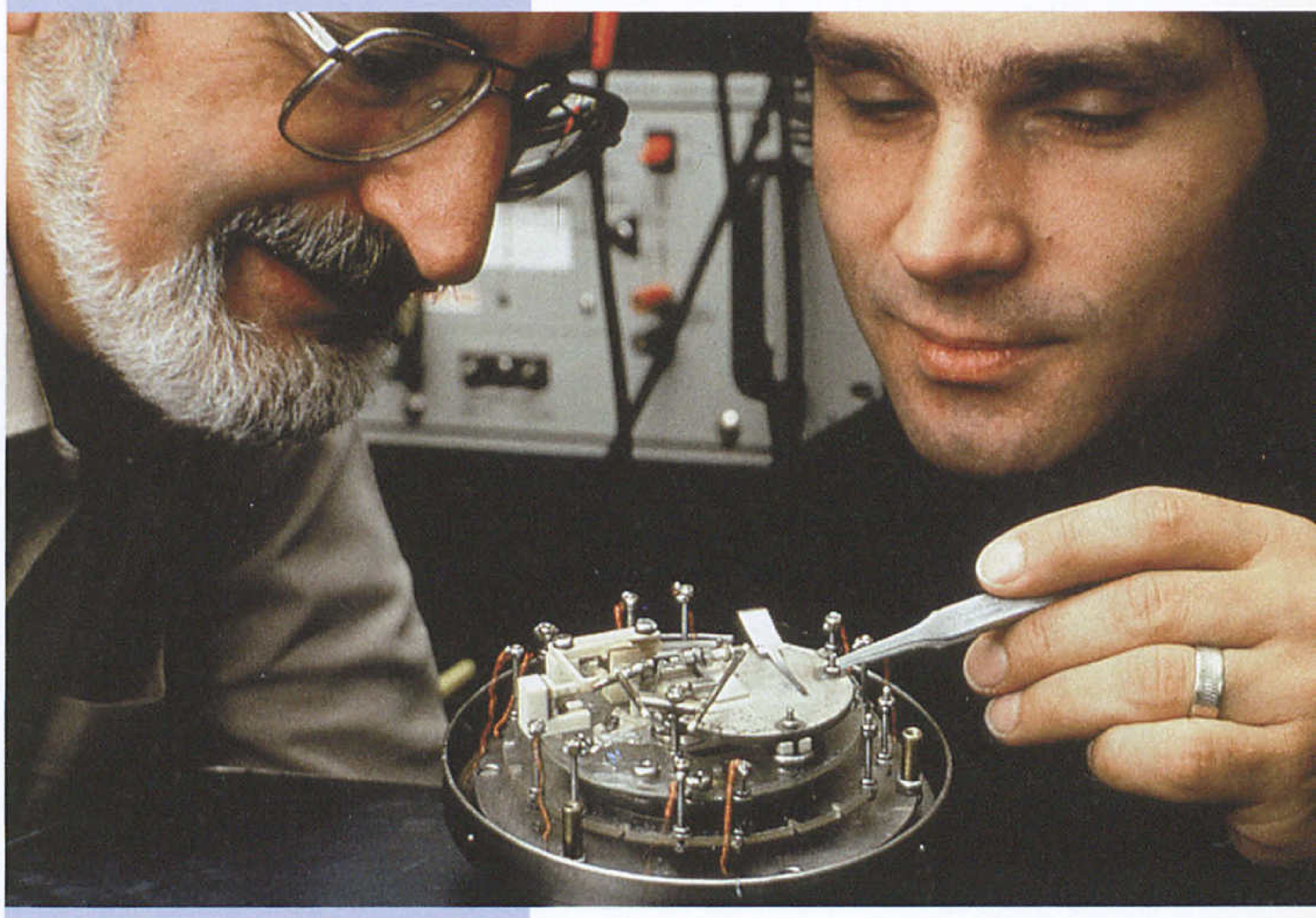


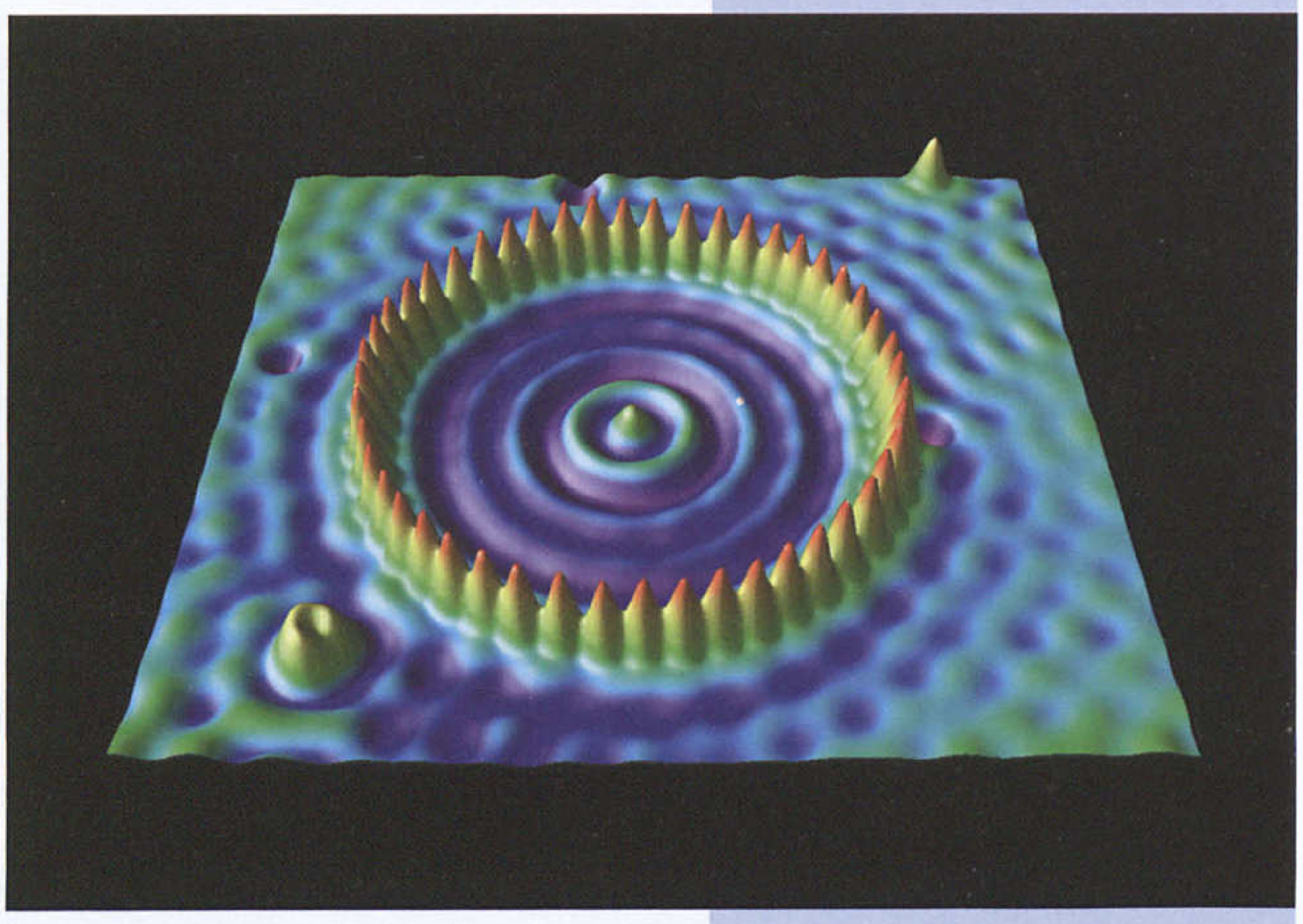
Abbildung: IBM

Die Entwickler des Rastertunnelmikroskops: Heinrich Rohrer (links) und Gerd Binning vom IBM Forschungslaboratorium Zürich erhielten für ihre Arbeiten 1986 den Nobelpreis für Physik.

Kleine Maschinen auf molekularer Ebene, die wichtige Körperfunktionen übernehmen, wären für das Auge zwar nicht erkennbar und ließen sich nur anhand ihrer gesundheitlichen Auswirkungen wahrnehmen, könnten aber grundlegende Veränderungen im Selbstverständnis des Menschen nach sich ziehen.

Sollten derartige therapeutische Ansätze erfolgreich sein, würde sich unser Verständnis von der Normalität menschlichen Lebens möglicherweise radikal verändern. Würde es gelingen, mit nanotechnologischen Mitteln gezielt und nachhaltig arterielle Ablagerungen zu beseitigen, könnte eine der häufigsten Todesursachen vermieden werden – mit radikalen Konsequenzen für das menschliche Selbstverständnis und die Altersstruktur unserer Gesellschaft.

Neben der realen Ebene der Identitätsproblematik – der Körper und seine Funktionen verändern sich durch die Implantation oder Infusion ultrakleiner Partikel –, ist aus ethischer Hinsicht auch die symbolische Ebene des Identitätsproblems zu berücksichtigen. Unser Konzept der Person beruht auf der Annahme der raum-zeitlichen Kontinuität des Menschen, die zwar eine ständige Entwicklung und Veränderung, nicht aber eine sprunghafte Veränderung der menschlichen Identität zulässt. Nanotechnologie könnte von Patienten als Bedrohung ihrer Identität



Quantenmechanische Wellen eingefangen in einen Kreis aus einzelnen Atomen.

verstanden werden, zumal wenn Nanopartikel mit typischen Eigenschaften biologischer Organismen wie der Fähigkeit sich zu vermehren und eigenständigen Steuerungsmechanismen ausgestattet werden.

Im medizinethischen Bereich diskutiert man auch über das Problem möglicher „Verbesserungen" des menschlichen Körpers im Gegensatz zu einer Therapie von Krankheiten. Solche „verbessernden" Eingriffe gerieten im Zusammenhang mit der Humangentechnologie seit den 1980er Jahren des vergangenen Jahrhunderts als ethisches Problem ins Blickfeld. Nicht-therapeutische medizinische Eingriffe werden auch heute schon praktiziert, zum Beispiel in der plastischen Chirurgie, beim Doping im Sport oder bei diversen Psychopharmaka, die als so genannte „Lifestyle-Medikamente" gehandelt werden.

CHIPS FÜR EWIGE JUGEND? Im Bereich der medizinischen Anwendung der Nanotechnologie werden eine ganze Reihe – oft futuristischer – „Verbesserungen" genannt, wie „ewige" Jugend, veränderte Wahrnehmungsmöglichkeiten durch die Implantation von Nanochips in die Netzhaut des Auges oder ein nanotechnologisch verändertes Immunsystem. Solche Techniken, die sich nicht eindeutig auf therapeutische Anwendungen beschränken, tragen das Potenzial in sich, die bisherige Ausrichtung der Medizin auf die Heilung von Krankheiten grundlegend zu verändern. Wird der Arzt zu einem Ingenieur, der den Körper mit zusätzlichen technischen Features ausstattet?

Auf gesellschaftlicher Ebene ist im Rahmen der Entwicklung und Anwendung neuer biomedizinischer Verfahren in erster Linie an die Personen zu denken, die sich der wissenschaftlichen Forschung zur Verfügung stellen. Bei einer angenommenen Entwicklungszeit von 10 bis 15 Jahren von solchen innovativen Heilmethoden könnten Probanden, die bereits schwer erkrankt sind, möglicherweise nicht mehr in den Genuss der Anwendung kommen. Ein weiteres Problem liegt in der kommerziellen Forschung, wenn sich private Unternehmen im Bereich der Biomedizin engagieren. Während die aus der öffentlichen Forschung resultierenden Erkenntnisse durch allgemein zugängliche Publikationen der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden, haben Privatunternehmen oft kein Interesse daran, Forschungserfolge – vor der Marktreife des zu entwickelnden Produkts – bekannt zu machen. Hier können Interessenkonflikte zwischen Probanden oder bestimmten Patientengruppen und gemeinnützigen oder privaten Forschungsaktivitäten entstehen.

AKZEPTANZ VON INNOVATIONEN. Warum werden viele innovative medizinische Anwendungen spontan gesellschaftlich akzeptiert, während andere Technologien, wie die Gentechnologie, zum Gegenstand teilweise erbitterter, jahrzehntelanger Auseinandersetzung werden? Ist der entscheidende Punkt der Kontext der praktischen Anwendung, die weltanschaulich-symbolische Deutungsmöglichkeit – „Hybris" oder postulierte „Allmacht" des Menschen – oder sind es punktuelle Erfolge beziehungsweise Misserfolge, die die Akzeptanz einer neuen Technologie in der Öffentlichkeit ausmachen? Jedenfalls dürfte feststehen, dass die Frage gesellschaftlicher Akzeptanz eine der Schlüsselfragen für die erfolgreiche Implementierung neuer Technologien in das medizinische Behandlungsrepertoire darstellt. ■

DR. CHRISTIAN LENK studierte Philosophie in Hamburg und Münster und hat sich auf angewandte Ethik und Technikfolgenabschätzung im Bereich der Biomedizin spezialisiert. Er arbeitet als wissenschaftlicher Assistent an der Abteilung für Ethik und Geschichte der Medizin der Georg-August-Universität Göttingen.

Abbildung: IBM

Kaleidoskop

Innovationen aus der Medizintechnik

KNOCHENNAGEL, DER SICH SELBST VERANKERT

Man nehme eine innovative Idee und realisiere diese in interdisziplinärer Zusammenarbeit. Auch in der Medizintechnik sind das die Zutaten, die (fast immer) zu einem außergewöhnlich guten Ergebnis führen.

Durch die Kooperation der Materialwissenschaftler am Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung (AMU) der Universität Augsburg und eines Medizinerteams der Universität Erlangen entstand jetzt ein neuartiger Knochennagel zur medizinischen Versorgung von Oberarmbrüchen. Das Besondere daran: Der aus Nitinol hergestellte Knochennagel kann sich eigenständig im Knochen verankern. Dadurch vereinfacht sich der operative Eingriff bei Frakturen erheblich: Der Knochennagel weitet sich im Knochenhohlraum gezielt auf und setzt sich am Knochen fest. Nitinol ist als Material der medizinischen Implantattechnik bereits seit vielen Jahren bekannt, aber wird nun erstmals zur Versorgung von Brüchen auch größerer Knochen eingesetzt.

www.amu-augsburg.de

OP-PLANUNGSSOFTWARE FÜR DIE LEBERCHIRURGIE

Leberoperationen sind kompliziert und verlangen vom Operateur eine präzise Kenntnis des Organzustandes des Patienten. Ein Arbeitsteam am Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) hat jetzt „OrgaNicer" entwickelt, eine Software zur computergestützten Operationsplanung für die Leberchirurgie. Damit kann der Chirurg bereits vor dem Eingriff die für den Patienten bestmögliche Schnittführung individuell planen und sich auf mögliche Komplikationen vorbereiten. Vor einer Tumoroperation beispielsweise muss der Operateur wissen, ob der Tumor in der Nähe wichtiger Blutgefäße liegt und welchen Sicherheitsabstand er zu diesen Gefäßen beim Schneiden einhalten muss. Anhand von computertomografischen Patientendaten wird zu diesem Zweck ein 3D-Modell der Leber erzeugt, an dem sich der Arzt auch während der OP räumlich orientieren kann.

OrgaNicer wurde mit dem „doIT"-Software-Preis 2003 der Medienentwicklung Baden-Württemberg ausgezeichnet.

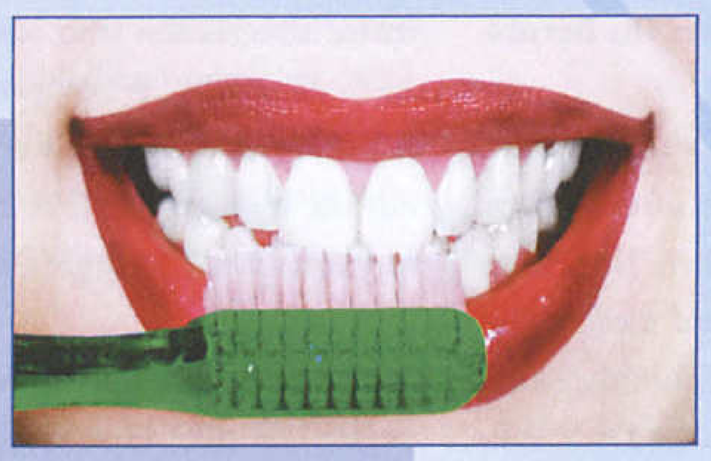
www.dkfz.de

WELTWEIT ERSTER VOLLDIGITALER HERZSCHRITTMACHER

Erstmals wurde ein volldigitaler Herzschrittmacher entwickelt und Anfang des Jahres in der Grazer Universitätsklinik implantiert. Das Gerät, das zwei aufeinander gelegten Streichholzschachteln gleicht, wiegt 28,3 Gramm und hat ein Volumen von 12,7 Kubikzentimeter. Schon beim Abrufen der Daten teilt der Schrittmacher dem Behandler mit, ob die gewählte Programmierung den Bedürfnissen des Patienten entspricht. Mit einer Messfrequenz von 800 Hz werdem diagnostische Daten sowie ein hochauflösendes intrakardiales EKG, das in Echtzeit am Monitor des Arztes zu sehen ist, erfasst und vom Gerät abgespeichert.

Die hohe Impulsdichte wirkt sich auch auf eine exaktere Diagnostik aus. „Wir können nun noch besser erkennen, wann und wie es zu Extrasystolen oder anderen Rhythmusstörungen gekommen ist oder wie oft der Patient im Beobachtungszeitraum die Unterstützung des Schrittmachers benötigt hat", erklärt Herzchirurg Michael Anelli-Monti von der klinischen Abteilung für Herzchirurgie an der Universitätsklinik in Graz. Darüber hinaus sind mit dem neuen System die gespeicherten Daten schnell verfügbar, was sowohl dem behandelnden Arzt wie auch dem Patienten Zeit erspart. Während das Abrufen der Daten bei gewöhnlichen Schrittmachern bis zu acht Minuten dauern kann, benötigt das neue System gerade einmal acht Sekunden.

Hersteller des neuen Herzschrittmachers Vitatron C60DR ist der niederländische Medizintechnik-Konzern Vitatron. Nach Abschluss der internationalen Studie soll der volldigitale Herzschrittmacher in ganz Europa verfügbar sein. ***www.vitatron.com***



BIOLOGISCHES ZAHNIMPLANTAT

Schöne Zähne – trotz Brücke und Implantat? Nobel Biocare, weltweit führendes Unternehmen auf dem Gebiet innovativer, ästhetischer Dentallösungen, hat ein neues biologisches 1-Stück-Implantat vorgestellt. NobelDirect™ ist ein elegantes Beispiel von Implantat, das den natürlichen Zahn nachahmt und Patienten einen geringeren Knochenverlust sowie eine kürzere Behandlungszeit verspricht. Das Implantat ist aus einem homogenen Titanblock gefräst, sodass Implantatkörper und Aufbau aus einem Stück bestehen. Die Implantatoberfläche – TiUnite™ – ist einzigartig am Markt. Die Operationsmethode ist patientenfreundlich: Das Einsetzen geschieht meistens minimal-invasiv, also ohne Lappenbildung (Aufschneiden der Schleimhaut). Dabei ist das biologische 1-Stück-Implantat für den behandelnden Zahnarzt relativ einfach und sicher zu handhaben. Nach der Heilung kann der Aufbauanteil in gewöhnlicher Weise präpariert und wie ein natürlicher Zahn versorgt werden. ***www.nobelbiocare.com***

Abbildungen: Brand X pictures/Steve Allan; Diane Diederich

Fest im Griff

In einer weltweit beachteten Operation nähte ein Ärzteteam unter der Federführung der Plastischen Chirurgin Professor Dr. Hildegunde Piza von der Universitätsklinik Innsbruck dem Polizisten Theodor Kelz die Hände eines hirntoten Spenders an. Mit *Kultur & Technik* sprach sie über die Zukunft der rekonstruktiven Chirurgie.

Kultur & Technik: Frau Professor Dr. Piza, spätestens seitdem Sie dem Klagenfurter Polizisten Theodor Kelz zwei neue Hände verpflanzt haben, gelten Sie als internationale Berühmtheit in der Plastischen Chirurgie. Wie sind Sie zur Plastischen Chirurgie gekommen? War das schon immer Ihr Berufswunsch?

Professor Dr. H. Piza: Als ich studiert habe, hat es die plastische Chirurgie in der Form, wie sie es heute gibt, nicht gegeben. Nur einige wenige Chirurgen arbeiteten auf diesem Gebiet, etwa Frau Professor Dr. Schmidt-Tintemann in München, Herr Professor Dr. P. Wilfingseder hier in Innsbruck, in Italien gab es einen relativ jungen ambitionierten rekonstruktiven Chirurgen, und Professor Dr. H. Milesi in Wien. Sie alle waren zu der Zeit Allgemeinchirurgen, das heißt, sie mussten die Ausbildung für die große Chirurgie machen und waren einer chirurgischen Abteilung oder einer chirurgischen Klinik unterstellt. Über die ästhetische Chirurgie insbesondere gab es wenig bis keine Literatur.

Wie sind Sie speziell auf die Plastische Chirurgie gekommen?

Mehr zufällig habe ich in einer Ausstellung in Salzburg ein Buch über Plastische Chirurgie von einem ungarischen Kollegen entdeckt. Dieses Buch hat einen tiefen Eindruck auf mich hinterlassen und ich habe angefangen, nach diesem Buch zu operieren – was natürlich äußerst schwierig war. Es hat mich aber auf die Idee gebracht, eine Zusatzausbildung in Plastischer Chirurgie zu absolvieren.

Was reizt Sie an Ihrer Arbeit hier in der Universitätsklinik? Eine vergleichbare Position in einer Schönheitsklinik wäre doch wahrscheinlich wesentlich lukrativer.

Nicht dass ich nichts übrig hätte für die „Schönheitschirurgie". Wenn aber der gesellschaftliche Druck auf Frauen oder Männer, sich verändern zu lassen, derart wächst, wie in letzter Zeit, halte ich nichts davon, diesen Druck nur mit dem Skalpell zu nehmen.

Aber was heißt lukrativ? Es geht mir gut. Ich habe nie fürs Geld arbeiten müssen und konnte mich immer mit Dingen, Problemen und Fragen beschäftigen, die mir wirklich Freude bereiteten. Dies scheint mir wesentlich wichtiger, als ein weiteres Haus oder ein teures Auto zu erstehen.

Neben Ihrer anspruchsvollen Arbeit als Chirurgin sind Sie auch dreifache Mutter. Wie haben Sie Kinder und Karriere unter einen Hut bekommen?

Als die Kinder noch klein waren, war die Belastung tatsächlich sehr groß. Es hat letztlich nur funktioniert, weil die Familie zusammengehalten hat.

Gibt es Momente, in denen Sie Ihre Berufswahl bereuen?

Nein, nie.

Stichwort: Theodor Kelz. Hatten Sie ethisch-moralische Bedenken, als Sie Herrn Kelz die Hände eines Toten transplantierten?

Ich habe kein Problem damit, Organe eines Hirntoten jemandem zu transplantieren, der

Abbildung: Universitätsklinik Innsbruck

sie dringend benötigt – vorausgesetzt, es hilft dem betreffenden Menschen.

Seit der Transplantation 1998 im französischen Lyon, als dem Neuseeländer Clint Hallam erstmals die Hand eines Hirntoten verpflanzt worden war, wusste man, dass es möglich ist.

Bereits in den 1970er Jahren wurde erstmals replantiert, das heißt, man hat abgetrennte Körperteile wieder angenäht. Spätestens dann war klar, dass es in dieser Richtung weitergehen wird – ähnlich etwa der Entwicklung in der Organtransplantation. Als Christian Barnard 1967 in Kapstadt die erste Herztransplantation am Menschen vornahm, war das ein revolutionärer Schritt. Dann kam die Verpflanzung von Leber, Pankreas usw., und jetzt gibt es immer mehr Lebendspender – alles in allem eine extrem rasche und positive Entwicklung, die allerdings auf zwei Säulen stehen muss: Zum einen muss die Transplantation technisch und durch Unterstützung mit Medikamenten machbar sein, zum anderen bedarf es einer klugen gesetzlichen Regelung. Mit der so genannten Widerspruchslösung haben wir in Österreich eine sehr gute Lösung gefunden.

Im Fall von Theodor Kelz war es nach der schrecklichen Verstümmelung mit beidseitiger Amputation der Hände sein ausdrücklicher Wunsch, einmal neue Hände zu bekommen. Schon viele Jahre vorher hatte er sich umfassend informiert und sich immer wieder nach Möglichkeiten, dieses Ziel zu erreichen, erkundigt.

Im Gegensatz zu dem Neuseeländer Hallam wurden Theodor Kelz beide Hände transplantiert. Ist das nicht viel schwieriger für den Patienten, damit zurechtzukommen?
Unsere Erfahrungen haben gezeigt, dass sich ein beidhändig Amputierter ganz wesentlich mit all den Mühen der Rehabilitation auseinander setzt. Im Gegensatz dazu kann ich mir vorstellen, dass ein einhändig Amputierter seine gesunde Hand im täglichen Leben einsetzt und somit die transplantierte Hand im Wiedererlernen der Funktion und Sensibilität unterdrückt. Beim derzeitigen Stand der Notwendigkeit einer unterstützenden medikamentösen Therapie, die ohne Zweifel Nebenwirkungen hat, sollte man in der Indikation zur Handtransplantation besonders vorsichtig sein und wirklich nur Patienten auswählen, die sehr große Chancen auf eine gute Funktionsrückkehr haben.

Optimale Vorbereitung und äußerste Konzentration während der OP gehören für Prof. Dr. H. Piza (links) zu den wesentlichen Voraussetzungen, damit der Eingriff erfolgreich verläuft.

Mit welcher Genauigkeit können die zahlreichen Nerven und Muskeln überhaupt miteinander verbunden werden? Ist das nicht unglaublich schwierig?
Nein, das ist tägliches Brot in der Wiederherstellungschirurgie. Schwierig ist, mit aller Konsequenz dabeizubleiben und sicherzustellen, dass die Operation in Ruhe verläuft. Man kann also nicht aufhören, bevor technisch das optimale Ergebnis erreicht wurde.

Kann der Patient seine Hände nach der OP fühlen? Wann ist er in der Lage, erstmals etwas zu ertasten?
Der Patient spürt anfangs gar nichts. Wieder tasten zu können, dauert Monate und Jahre und erfordert sehr viel praktisches Üben und Durchhaltevermögen.

Die Verbindung zu den fremden Muskeln und Nerven zu schaffen und Hände und Finger wieder zu bewegen, ist eine Meisterleistung des Gehirns. Wie macht es das?

Abbildung: Universitätsklinik Innsbruck

Gott sei Dank wissen wir das alles noch nicht so ganz genau, sonst bliebe uns nichts mehr zu forschen!

Diese Frage fand ich immer schon sehr spannend. Ich glaube, dass der Impuls des Hirns sowohl nach außen als auch von außen ins Hirn getragen werden muss. Wenn man einmal gewusst hat, wie man Hände bewegt und mit ihnen fühlt, dann ist der Vorgang im Hirn gespeichert und kann wieder abgerufen werden. Wie diese Information dann trotzdem wieder richtig eingeordnet und in die richtigen Bahnen gebracht werden kann, ist ein Phänomen, das es weiterhin zu untersuchen gilt. Mit den fremden Handflächen und Fingern trotzdem spüren zu können, ob die Oberfläche rau oder glatt ist, ob sie sich warm oder eher kalt anfühlt, beruht meines Erachtens einerseits auf der Erfahrung von früher und andererseits auf einem Neueinsprossen von Nervenfasern in das Sinnesorgan Hand. Von den wenigen Untersuchungen, die man bei Handtransplantierten gemacht hat, weiß man heute, dass die Reorganisation im Hirn stattfindet.

Der Fall Clint Hallam war spektakulär: Hallam hatte sich die Fremdhand wieder abnehmen lassen. Warum?

Er ließ sich die angenähte Hand reamputieren, weil er nicht damit zurechtgekommen ist.

Hallam hatte sich freiwillig zur Verfügung gestellt für dieses Experiment – es war aber nicht die allererste Handtransplantation, denn in Ecuador hat man Mitte der 1960er Jahre schon einmal einem Jungen die Hand transplantiert. In Lyon wurde ein internationales Team eingeflogen, um Herrn Hallam eine Hand zu transplantieren. Es gab viel Presserummel, und Hallam wurde über Nacht berühmt – angeblich der erste Mensch, der mit einer fremden Hand lebt. Als es dann aber darum ging, mit viel Disziplin zu üben und die starken Medikamente regelmäßig einzunehmen, war er plötzlich allein. Hallam hatte eine Abstoßungsreaktion nach der anderen und seine transplantierte Hand wurde wieder abgenommen.

Was wird in den nächsten Jahren in der Plastischen Chirurgie technisch noch alles möglich werden?

Mit Prothesen wollte Theodor Kelz nicht leben. Am 9. März 2000 erhielt er in einer 17-stündigen Operation unter der Leitung von Frau Prof. Dr. H. Piza zwei Spenderhände.

Tatsächlich gibt es nichts, das nicht transplantierbar wäre. Allerdings liegt die Herausforderung darin, Transplantationen ohne die starken Medikamente, die Abstoßungsreaktionen verhindern, möglich zu machen. Das scheint mir noch sehr schwierig zu sein.

Toleranzerzeugung und Chimärismus sind Ansätze, um Abstoßungsreaktionen von Empfänger auf Spenderorgan oder umgekehrt zu verhindern. Um hier eine Lösung zu finden, wird weltweit in vielen Labors gearbeitet. Weiters wird an Medikamenten gearbeitet, die weniger Nebenwirkungen nach sich ziehen. Wenn dieser Durchbruch gelingt, dann ist das „Ersatzteillager Mensch" wahrscheinlich in allen Bereichen möglich. Erst im vorigen Jahr haben wir die erste erfolgreiche Zungentransplantation erlebt. Außerdem wurde über fünf Patienten berichtet, bei denen nach Transplantation von inneren Organen auch die Bauchdecke des Spenders zur Defektdeckung zum Empfänger übertragen wurde. Bisher wurden Kniegelenke, Oberschenkelknochen und Sehnen mit Gefäßen sowie Nerven, aber auch Muskeln transplantiert.

Aber ist das ethisch problemlos? Darüber muss doch öffentlich diskutiert werden.

Das ist in diesem Bereich ethisch sicher kein Problem. Bei der Gesichtstransplantation wird meiner Meinung nach die Identität des Patienten verändert. Hier erhebt sich die Frage, inwieweit dies ethisch vertretbar ist. Interessant scheint mir diesbezüglich, ob bei der Transplantation der Gesichtshaut und des Unterhautfettgewebes die Identität durch die darunter gelegene intakte Muskulatur erhalten bleibt, etwa nach schweren Verbrennungen. Im Gegensatz dazu wäre zu klären, ob sich bei Muskel- und Hauttransplantation die Identität des Empfängers nicht völlig verändert.

Worin liegt die Zukunft: In der Transplantation oder in der Gewebezüchtung?

In der Gewebezüchtung sind wir noch längst nicht so weit, wie man in den Medien liest. Ein Organ herzustellen, ist sehr kompliziert. Haben wir einmal Muskelzellen gezüchtet, dann brauchen wir den richtigen Stoff, auf den man die Zellen transplantieren kann. Welches ist also der richtige Stoff? Wenn wir dann endlich den richtigen Stoff gefunden haben, geben wir die Muskelzelle und den Stoff in ein Tier – und wie geht es weiter? Der Muskel braucht den Nerv. Und wenn wir den Nerv dazu haben: wie weiß der Nerv, dass er dieses und nicht jenes Endorgan ausbilden muss? Vor dieser Frage stehen wir heute.

Das Interview führte Andrea Bistrich.

HILDEGUNDE PIZA

wurde 1941 in Gröbming, in der Steiermark geboren. Nach einem Studium der Medizin an der Universität Graz absolvierte sie die Facharztausbildung für Chirurgie in Salzburg und Wien. 1992 übernahm Piza die Abteilung für plastische Chirurgie und Wiederherstellungschirurgie am Krankenhaus in Wien Lainz; seit dem 1.März 1999 ist sie Klinikvorstand in Innsbruck. Im Jahr 2000 wurde Piza mit dem Titel „Wissenschaftlerin des Jahres" ausgezeichnet. Zu ihren Arbeitsschwerpunkten gehören: Gewebezüchtung, Handchirurgie – insbesondere Handfehlbildungen –, Mikrochirurgie der peripheren Nerven und Gefäße.

Abbildungen: Universitätsklinik Innsbruck; Theo Kelz

DIE WEIHNACHTSGESCHICHTE ... *

SPRECHEN SIE DEUTSCH?

* ...wurde bei der ersten Rundfunksendung am 24.12.1909 über einen 130m hohen Rundfunkmast in Neufundland übertragen.

Die Deutsche Sprache und Kultur wird seit 1951 an 16 Goethe-Instituten in Deutschland und an 125 Instituten weltweit vermittelt.

Wir bieten Ihnen Intensivkurse mit engagierten Lehrkräften in multikulturellen Gruppen. Unsere maßgeschneiderten Kurse sind Ihren individuellen Lerngewohnheiten und Sprachbedürfnissen angepasst. Lernen Sie im Klassenverband, in der Kleingruppe oder im Individualunterricht.

Selbständiges Lernen ermöglicht Ihnen unsere Mediothek mit vielfältigen Materialien, Internetzugängen und Lerncomputern.

Unser umfangreiches Kultur- und Freizeitprogramm hilft Ihnen beim Eintauchen in den deutschen Alltag und zeigt Ihnen die kulturelle Vielfalt von Stadt und Region.

Lernen Sie uns kennen. Wir erwarten Sie an 16 Instituten in Deutschland.

MEHR INFORMATIONEN:

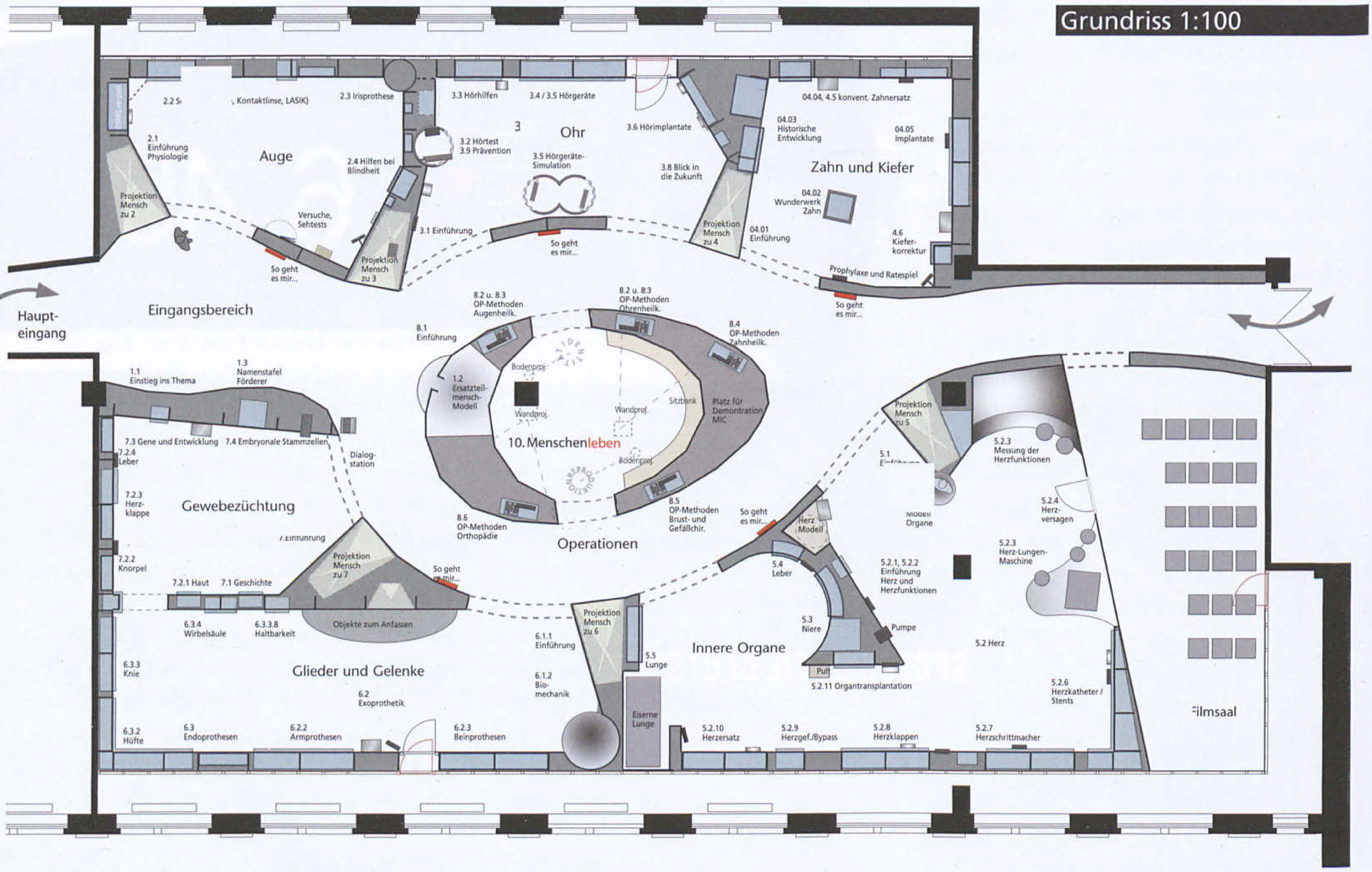
Goethe-Institut Zentrale
E-Mail: esb@goethe.de
Tel: 089 15 92 12 00

Goethe-Institut München
E-Mail: muenchen@goethe.de
Tel: 089 55 19 03 0
www.goethe.de

GOETHE-INSTITUT

Rundgang durch die Ausstellung

Leben mit Ersatzteilen



Vom 9. Mai 2004 bis zum 30. Juni 2005 wird die Sonderschau zur Prothetik im 2. Obergeschoss des Museums zu sehen sein. Sie schildert in neun Themenbereichen (orientiert an den Funktionsbereichen des Körpers), welche Hilfen die Medizintechnik dem Menschen bietet, wenn wichtige Funktionen des Körpers versagen und wie die Betroffenen und die Gesellschaft mit diesen Hilfen leben.

Konzipiert hat diese Ausstellung das Deutsche Museum, das Gestaltungsbüro Würth & Winderroll sorgte für die Umsetzung der komplexen Thematik.

Anhand von Hands-on-Experimenten wird in den verschiedenen Bereichen die Funktionsweise unserer Sinne und Organe erläutert. Rund 400 historische und moderne Exponate erzählen die Entwicklungsgeschichte der medizinischen Hilfsmittel, und Interviews mit Patienten lassen die Besucher teilhaben an den Problemen und Hoffnungen der Menschen, die mit Prothesen leben.

Erstaunliche Antworten auf die Frage, welche und wie viele Körperteile heute durch Prothesen ersetzt werden können, gibt eine Spiegelprojektion im **Eingangsbereich** der Ausstellung. Ein „Ersatzteilmensch", eine lebensgroße Filmanimation auf sechs Leinwänden, begleitet die Besucher durch die Ausstellung: Von Leinwand zu Leinwand, von Raum zu Raum erhält er mehr und mehr Ersatzteile: Brille, Hörgerät, künstliche Zähne, ein Kunstherz, eine Beinprothese, eine künstliche Hüfte, usw.

Am Schluss jedoch, im Bereich „Gewebezüchtung", sieht man kein Ersatzteil mehr –

werden wir in Zukunft einmal wirklich Organe biologisch züchten und ersetzen können?

SEHEN UND GESEHEN WERDEN. Wie nimmt man die Welt bei verschiedenen Sehstörungen und Augenkrankheiten wahr? Besser eine Brille, lieber Kontaktlinsen oder eine Laserbehandlung? Können Erblindete in Zukunft mit Hilfe von Netzhaut-Implantaten oder Elektroden, die das Sehzentrum des Gehirns direkt stimulieren, wieder sehen? Diese und ähnliche Fragen werden im **Ausstellungsbereich „Auge"** diskutiert.

HÖREN, SPRECHEN, KOMMUNIZIEREN. Was passiert beim Verlust oder einer starken Einschränkung des Gehörs? Dies ist die zentrale Frage, um die es sich im **Ausstellungsbereich „Ohr"** dreht. Hier erfährt der Besucher, warum und in welchen Fällen ein Hörgerät oder ein Implantat sinnvoll ist und was moderne digitale Hörgeräte heute leisten. Ein wichtiges, kontrovers diskutiertes Thema ist das Cochlea-Implantat, das gehörlosen Kleinkindern und Ertaubten dazu verhelfen kann zu hören.

KEINE ANGST VOR ZAHNVERLUST? Im **Ausstellungsbereich „Zahn und Kiefer"** geht es um Kronen, Brücken, Teil- und Vollprothesen aus Metall, Kunststoff und Keramik, um Prothesen ohne oder mit künstlichen Zahnwurzeln und darum, ob sie einen befriedigenden ästhetischen und funktionellen Ersatz bieten. Zum Thema Kieferchirurgie wird an einem Beispiel gezeigt, wie durch interdisziplinäre Zusammenarbeit (bildgebende Verfahren, Computertechnik, OP-Technik) auch schwierige Fälle angeborener Kieferfehlstellungen korrigiert werden können.

DAS ZUSAMMENSPIEL DER ORGANE. Der Schwerpunkt des **Ausstellungsbereichs „Innere Organe"** liegt bei den Erkrankungen des Herzens. Im Einzelnen geht es um die Aufweitung von verengten Herzkranzgefäßen mit Gefäßprothesen (Stents), um die Regelung des Blutstromes mit mechanischen und biologischen Herzklappen, um Schrittmacher für Herzen, die aus dem Takt oder gar ins Rasen geraten und schließlich um Kunstherzen, als eine letzte Chance, bis vielleicht ein Spenderherz zur Verfügung steht.

Daneben werden aber auch die Organe Niere, Leber und Lunge besprochen: Für alle gibt es bisher keinen implantierbaren technischen Ersatz. Externe Unterstützungssysteme, wie die Nieren- und Leberdialyse oder der Einsatz von Beatmungsgeräten, ermöglichen dem Patienten aber zumindest die Überbrückung des Zeitraums, bis sich das Organ wieder stabilisiert hat oder bis zur Transplantation eines Spenderorgans. Die einzige langfristige Unterstützungstherapie bietet die Nierendialyse. Aufklärung zum Thema „geschenktes Leben" bietet eine eigene Ausstellungseinheit über **Organtransplantation**. Dort wird sowohl der technische Ablauf einer Transplantation gezeigt, als auch versucht, auf die Lebensumstände von Organempfängern vor und nach der Organspende einzugehen.

BEWEGUNG MIT PROTHESEN. Der **Ausstellungsbereich „Glieder und Gelenke"** zeigt Einschränkungen der Bewegungsfähigkeit entweder durch den Verlust eines Gliedmaßes oder durch starke Schmerzen und den möglichen Ersatz durch Prothesen. Anhand von Objekten, wie der ersten elfenbeinernen Knieprothese oder dem computer-gesteuerten „C-Leg", wird die Technikgeschichte aufgezeigt, die Entwicklung neuer, biokompatibler Materialien etwa oder die Steuerung des Kniegelenks einer Beinprothese. Interviews mit Patienten lassen den Zuhörer teilhaben an den Problemen, die dem Einsatz von Ersatzteilen verbunden sind aber auch an der Freude über die wiedergewonnene Lebensqualität.

ENDLICH BIOLOGISCHE PROTHESEN? Thema dieses Ausstellungsbereichs ist die **„Gewebezüchtung"**. Große Hoffnungen sind mit dieser sehr jungen Forschung verknüpft. Aus patienteneigenen Zellen können bereits verschiedene Gewebe gezüchtet werden. Die Ausstellung zeigt, wie dies bei Haut, Knorpel und sogar Herzklappen gemacht wird. Ganze Organe wie etwa die Leber zu züchten, ist schwieriger, unterschiedliche Forschungsansätze werden hier vorgestellt. Ein Teilbereich beschäftigt sich mit dem Thema Zellspezialisierung, mit Genen und mit Wachstumssignalen. Wie menschliche „Embryonale Stammzellen" aussehen, wie man sie gewinnt und wozu, zeigt der letzte Teilbereich. An einem Terminal können die Besucher über die embryonale Stammzellforschung zu diskutieren.

Die Vaduzer Hand, 1949 von dem Schweizer E. Wilms entwickelt, ist die erste elektromotorisch bewegte Handprothese. Die Steuerung erfolgt durch die Muskulatur im Stumpf.

NEUE OPERATIONSMETHODEN. Die Implantation vieler Prothesen (z.B. Herzklappen, Kniegelenke) erfordert eine Operation, deshalb ist diesem Thema ein eigener **Ausstellungsbereich „Operationen"** gewidmet. Das Ziel der modernen Chirurgie ist es, exakter und schonender zu arbeiten, um so die Risiken des Eingriffs und die Belastung für den Patienten zu vermindern. Mikrochirurgie, Einsatz des Lasers, minimal-invasive Chirurgie, Telemanipulation und Navigationsverfahren sind Stichworte, die diese Entwicklung kennzeichnen.

AUSSTELLUNGSBEREICH „REFLEXIONEN" Der zentrale Innenraum schließlich bietet die Gelegenheit, sich zurückzuziehen und über die in der Ausstellung behandelten Themen nachzudenken.

Abbildungen: Deutsches Museum München

Mit viel Gefühl

Von der Raumfahrt zur Medizintechnik: Robotik und Mechatronik

Abbildung: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Die neue mechatronische Roboter- und Hand-Generation des DLR (siehe dazu auch Kasten Seite 33).

In der Raumfahrt entwickelte Telerobotik-Konzepte sind nicht nur Schlüsseltechniken für die künftige Beherrschung des Weltraums – sie sollen auch die Chirurgie der Zukunft revolutionieren. Mit seinen neuesten Roboter- und Handgenerationen bringt das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt diese Entwicklung mit auf den Weg.

Von Gerd Hirzinger

I think you ought to know I'm very very depressed. Marvin, der etwas paranoide Roboter aus dem legendären Roman von Douglas Adams, *Per Anhalter durch die Galaxis,* leidet zutiefst unter der Genialität seines überdimensionierten Elektrogehirns, denn niemand in seiner Umgebung ist auch nur annähernd so intelligent wie er. Und weil ihm die bereits veralteten Dioden in der linken Körperseite noch dazu ständige Schmerzen bereiten, nörgelt er an allem herum.

Mit menschlicher Persönlichkeitsstruktur und doch dem Menschen in seiner Denkleistung weit überlegen - so stellt man sich den Roboter gerne vor. Die Wirklichkeit sieht jedoch anders aus. Zwar setzt sich vor allem auch in der Raumfahrt weltweit die Erkenntnis durch, dass Automation, Robotik und Mechatronik die Schlüsseltechnologien unserer künftigen Industriegesellschaft sind, aber die in der Öffentlichkeit gern geführten Diskussionen, ob und wann Roboter die menschliche Kreativität und Intelligenz errei-

Das in Kanada entwickelte Mehr-Roboter-System (Canadaarm II) auf der Internationalen Raumstation ISS.

Telepräsenz ist eine Technologie, die einen Sensor der realen Welt mit den Sinnesorgangen eines menschlichen Operators verbindet. Die Sensoren können an einem entfernt arbeitenden Roboter angebracht sein, den der Operator dann fernsteuern kann (Telerobotik). Solche Tele-Systeme werden heute beispielsweise in der Raumfahrt, in der Chemie- und Atomindustrie wie auch in der medizinisch-invasiven Chirurgie angewandt.

PROF. GERD HIRZINGER leitet das Institut für Robotik und Mechatronik am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Oberpfaffenhofen, ist Honorarprofessor an der TU München und am Harbin Institute of Technology (China). Sein Institut gilt weltweit als eines der renommiertesten in der angewandten Roboterforschung, und er hat neben dem Leibniz-Preis zahlreiche weitere Auszeichnungen erhalten.
www.robotic.de

chen könnten, sind hier, wo man insbesondere das Konzept des „verlängerten Arms im Weltraum" zugrunde legt, eher müßig.

Heutige Raumfahrtroboter sind im weitesten Sinne Serviceroboter, die im Innern oder an der Außenstruktur von Raumstationen klettern oder auf Schienen sich entlangbewegen und monotone Experimentabläufe und Lastentransporte durchführen. Längerfristig gesehen sollen sie – frei fliegend – Inspektions-, Wartungs- und Reparaturarbeiten an Raumflugsystemen, zum Beispiel an gleichartigen Satellitenverbänden oder an den für Menschen bisher unerreichbaren geostationären Nachrichtensatelliten, durchführen und dabei natürlich auch fremde Planeten „erobern". Die in dieser Hinsicht spektakulärste Vision sind die Pathfinder-Missionen der NASA zum Mars.

In Standardsituationen und bei größeren Signallaufzeiten (> 1/4 Sek.) kann man die geplanten Aktivitäten im Weltraum in der „virtuellen" Umgebung am Boden über geeignete „Telerobotik"-Konzepte so flexibel programmieren, dass der Roboter kleinere Anpassungen „vor Ort" über seine Sensorik im Sinne „lokaler Autonomie" selbst macht. In unvorhersehbaren Problemfällen wird man versuchen, die menschliche Intelligenz des Operators am Boden voll zu nutzen. Man muss dabei vor allem für schnelle, nahezu verzögerungsfreie Datenverbindungen zur Online-Übertragung (stereo-) visueller und taktiler Information im Sinne der so genannten Telepräsenz sorgen, aber auch für die dem Menschen eigene manipulative Geschicklichkeit über künstliche Arme und feingliedrige künstliche Hände.

DIE RAUMFAHRT SETZT AUF DEN ROBOTERARM. Sieht man von dem gelegentlich mit den Space-Shuttles schon seit vielen Jahren mitfliegenden Shuttle-Arm ab, der mehr Ähnlichkeit mit einem Kran als einem Roboter hat, dann ist die Geschichte der Raumfahrtrobotik relativ jung. Ende April 1993 führte unter der Leitung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) erstmalig in der Geschichte der Raumfahrt bei der Spacelab-D2-Mission ein kleiner, mit lokaler, „multisensorieller" Intelligenz ausgestatteter Roboter an Bord eines Raumfahrzeugs – dem inzwischen tragisch verunglückten Shuttle „Columbia" – flexibel Aufgaben durch. Der Roboter wurde von Astronauten über die so genannte DLR-Steuerkugel, die heute weltweit verbreitete Space-Mouse, und einen TV-Stereo-Monitor ferngesteuert, wie auch vom Boden aus fernprogrammiert und direkt ferngesteuert (bei 5-7 Sek. Signallaufzeit). Er löste Steckverbindungen in Form eines Bajonettverschlusses beziehungsweise stellte sie wieder her, baute mechanische Gitterstrukturen zusammen und auseinander und fing ein frei fliegendes Objekt ein.

Inzwischen kooperiert das DLR-Robotik-Institut mit der kanadischen Raumfahrtbehörde CSA, um die Boden-Fernsteuerung des großen, zweiarmigen Robot-Arm auf der Internationalen Raumstation ISS vorzubereiten, und schon 2004 sollen dann die ersten beiden Gelenke eines neuen Leichtbauroboter-Systems aus dem Institut am russischen Teil der Raumstation für den Einsatz im freien Weltraum erprobt werden (Projekt ROKVISS). Dabei werden erstmals auch multimodale Telepräsenzkonzepte zum Einsatz kommen, das heißt die Rückmeldung nicht nur von stereo-visueller Information, sondern auch von haptischer Information über einen kraftreflektierenden Joystick am Boden.

Wie der nächste nationale Schritt auf dem Weg zur Etablierung der europäischen Raumfahrtrobotik aussieht, ob beispielsweise ein „kletterfähiger" dreiarmiger Raumstationroboter entwickelt wird oder schon ein frei fliegender Serviceroboter, der defekte Systeme im Weltraum inspizieren, reparieren oder gezielt zum Absturz bringen kann, soll in naher Zukunft entschieden werden. US-Firmen haben inzwischen die Lizenzierung für ein am DLR-Institut entwickeltes „Capture-Tool" (Einfangwerkzeug) erworben, mit dem ein Servicesatellit einen geostationären Satelliten, dem allmählich der Treibstoff ausgeht, anfliegen und einfangen könnte. Mit seinem eigenen Ionen-Triebwerk könnte er dann die Lebensdauer des „alternden" Satelliten um Jahre verlängern. Für diese und ähnliche Visionen entwickelt das DLR-Institut die erforderlichen Basistechnologien, insbesondere eine neuartige Robotergeneration, die sich durch anthropomorphe, das heißt an die menschliche Kinematik angelehnte Extremleichtbauarme sowie mehrfingrige, vielgliedrige künstliche Hände auszeichnet und sowohl bei Bedarf weitgehend autonom arbeiten als auch

jederzeit einfach ferngesteuert und fernprogrammiert werden kann. Diese Konzepte der Raumfahrtrobotik sind aber nicht nur Schlüsseltechniken für die künftige Beherrschung des Weltraums, sondern werden gleichermaßen die Chirurgie der Zukunft revolutionieren. Grundsätzlich ist das ferngesteuerte Manipulieren, Hantieren und Reparieren an einem dem Menschen nur mit großem Aufwand zugänglichen Ort ein Problem der Telepräsenz. Die Übertragung von Stereobildern, haptischen Signalen, also von Kräften und taktilen Informationen, gegebenenfalls auch von Temperatur, Geräuschen etc., sind wesentliche Komponenten der Telepräsenz und sollen dem Operator das Gefühl vermitteln, er sei „vor Ort" und könne dort ungehindert arbeiten. In terrestrischen Anwendungen wie der Medizintechnik geht es dabei weniger um die Überwindung von großer Distanz, wie in der Raumfahrt, als vielmehr um die Überwindung von Barrieren wie der Körperhülle.

WELTRAUM-ERRUNGENSCHAFTEN IN DER CHIRURGIE. Führende Chirurgen gehen davon aus, dass das letzte Jahrhundert nicht nur den Beginn der Chirurgie überhaupt markiert, sondern vielmehr durch die große, traumatische Körperöffnung charakterisiert ist, während das neue Jahrhundert der minimal-invasiven Chirurgie (MIC) den breiten Durchbruch verschaffen wird. Allerdings hat sich die „klassische" Form der minimal-invasiven Chirurgie, auch Schlüssellochchirurgie genannt, bisher nicht so durchsetzen können, wie es vor etwa zehn Jahren vorausgesagt wurde. Als Grund dafür wird angeführt, dass beim Operieren durch kleine Körperöffnungen viele Chirurgen den so genannten „Chopstick-Effekt" (abgeleitet von den chinesischen Essstäbchen) als unangenehm empfinden – also die Situation, dass sie lange Instrumente nur um den Trokarpunkt (Einstichpunkt in der Körperoberfläche) bewegen können, was zu unnatürlichen und vergleichsweise großräumigen Armbewegungen der Chirurgen führt, die sich am Videobild des Endoskops orientieren. Dieses wird neben zwei Instrumenteneinstichpunkten durch einen dritten Einstichpunkt, zum Beispiel im Bauchnabel, in den Körper eingeführt. Im klassischen Fall wird das Endoskop von einem zweiten Arzt den Instrumentenspitzen des operierenden Chirurgen nachgeführt, so dass dieser sein aktuelles Operationsgebiet immer gut im Blickfeld hat.

Entscheidender Schlüssel für die künftige Form der MIC sind Robotiksysteme, die dem Chirurgen über die erwähnten Telepräsenz-Techniken das realistische Gefühl vermitteln, am offenen Körper zu operieren, wobei er jedoch vergleichsweise entspannt einige Meter vom Patienten entfernt am Operationspult sitzt. Er sieht dabei ein gestochen scharfes, laparoskopisch erzeugtes Stereobild vom Operationsgebiet vor sich – in zehn- oder zwanzigfacher Vergrößerung – , während er in seinen Händen die ihm von der offenen Chirurgie vertrauten Instrumentengriffe hält. Die jetzt wieder natürlichen und „intuitiven" Handbewegungen werden präzise erfasst und auf die Operationsroboter am Patienten beziehungsweise die von ihnen geführten minimal-invasiven Instrumente und Zangen im Körperinneren übertragen. Das unvermeidliche Zittern jeder menschlichen Hand lässt sich genauso wegfiltern wie sich andererseits eine Skalierung

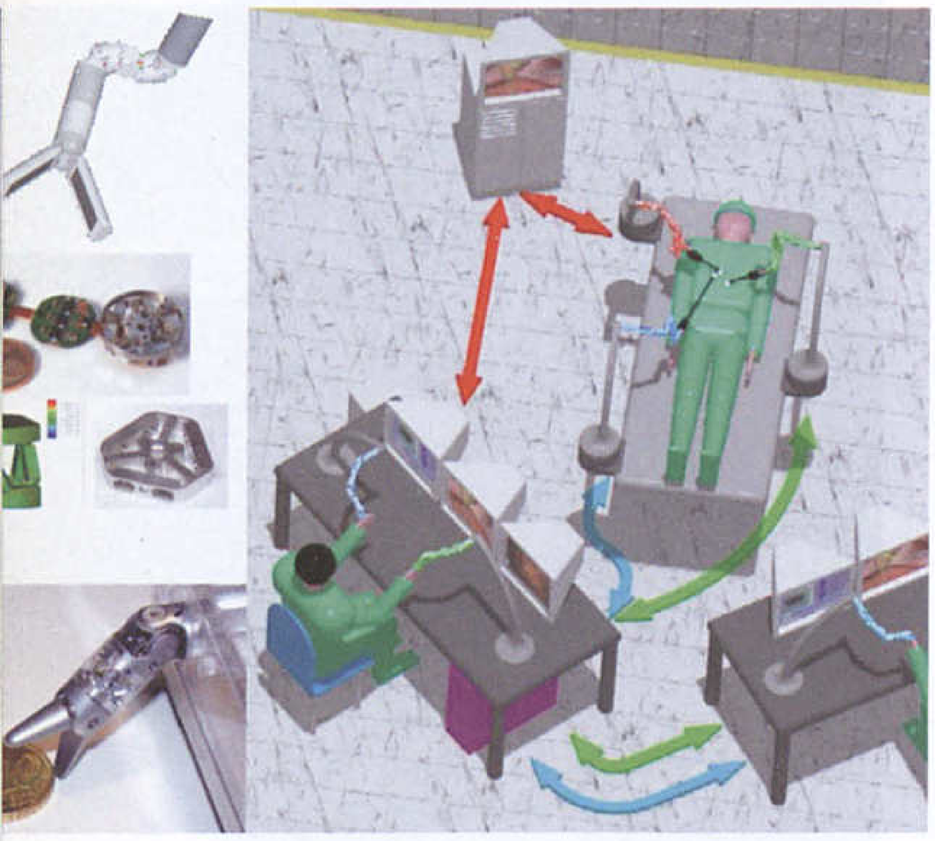
Vollautomatische Laparoskop-Nachführung durch Roboter in der minimal-invasiven Chirurgie.

ROBOTERARM MIT „GEFÜHL"

Drei Generationen von Leichtbauroboter-Systemen wurden in den letzten Jahren im DLR entwickelt. Im Gegensatz zu herkömmlichen Robotern sind sie drehmomentgeregelt und kinematisch redundant, das heißt, sie haben sieben Freiheitsgrade wie der menschliche Arm im Gegensatz zum typischen Industrieroboter mit seinen sechs Gelenken. Mit dem jetzt erreichten Gewicht von etwa 13 Kilogramm, einer Traglast in ähnlicher Größenordnung bei Armlängen über einen Meter und einer typischen Leistungsaufnahme unter 150 Watt, nähern sie sich den Grenzen des heute technisch Machbaren. Ein entscheidender Innovationssprung wurde mit der Entwicklung eines speziell für die Leichtbaurobotik konzipierten Motors über Methoden der ganzheitlichen „Concurrent Engineering"-Modellbildung und -Simulation getan. Dieser Multipol-Innenläufer-Motor zeichnet sich unter anderem durch eine Gewichtsreduktion um etwa 50 Prozent und eine um ebenfalls 50 Prozent reduzierte Verlustleistung aus.

Durch die konsequente Verfolgung des mechatronischen Ansatzes, also der Schaffung „intelligenter Mechanismen" durch höchstmögliche Integration von Maschinenbau (mit Optik), Elektronik und Informationstechnik in Verbindung mit der ganzheitlichen rechnergestützten Entwurfsoptimierung und (3D-) Simulation, ist es gelungen, die komplette Steuer-, Leistungs- und Signalelektronik in die Arme zu integrieren. Die Drehmomentregelung in allen Gelenken erlaubt erstmalig die Realisierung „gefühlvoller" Arme, die, beliebig programmierbar, nachgiebig reagieren – „vertrauenserweckende" Eigenschaften, die für das Arbeiten eines „Robot-Assistenten" im menschlichen Umfeld unerlässlich sind. Der inzwischen mehrfach – auch wegen seines Designs – ausgezeichnete Arm gilt weltweit als der technologisch fortschrittlichste Robot-Arm.

Abbildungen: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)



Robotergestützte minimal-invasive Chirurgie der Zukunft: Der Chirurg operiert am Operationspult, ohne den Patienten überhaupt zu berühren.

(Ein Zentimeter Handbewegung erzeugt einen Millimeter Instrumentenbewegung) realisieren lässt. Ideal ist dabei, wenn durch geeignete kinematische Strukturen von Roboter und Instrument im Körperinneren die volle Zangenbeweglichkeit in allen sechs Raumfreiheitsgraden entsteht. Dazu sollten die Instrumentenspitzen in wenigstens zwei Freiheitsgraden abwinkelbar und von außen ansteuerbar sein.

DAS OPTIMALE MENSCH-MASCHINE-INTERFACE. Erste Systeme dieser Art, die mit riesigem Venture-Capital in den USA entwickelt wurden, finden sich bereits in einer Reihe deutscher Herzkliniken, insbesondere die des Marktführers Intuitive Surgical. Bei ihnen wird das Laparoskop von einem dritten Roboter über Sprachsteuerung nachgeführt, während das DLR-Konzept eine vollautomatische Nachführung vorsieht, wie sie 1995 weltweit erstmalig am Münchner Klinikum rechts der Isar erprobt wurde. Die Instrumente sollen winzige Kraft-Momente-Sensoren enthalten, welche die Schneid- und Berührungskräfte nach außen übertragen. Allerdings lässt sich heute noch nicht endgültig sagen, wie das optimale Mensch-Maschine-Interface aussehen wird. Wird die nur mit erheblichem Aufwand realisierbare Kraftübertragung in die menschlichen Finger von den Chirurgen wirklich gefordert werden oder wird möglicherweise eine Visualisierung der in den Instrumenten erfassten Kräfte/Momente im Sinne der „erweiterten Realität", einer Überlagerung von Video und Grafik,

Laparoskop: Starres Instrument, das in den Körper eingeführt wird und an das Lichtträger mit Optik beziehungsweise eine Videokamera angeschlossen werden kann. Laparoskopische Operationen, so genannte minimal-invasive Eingriffe, wie die Bauchspiegelung oder die Entfernung von Zysten an den Eierstöcken werden heutzutage häufig durchgeführt, da sie für den Patienten eine relativ schonende Untersuchungs- beziehungsweise Operationsmethode darstellen.

ausreichen? Dass die Roboterinstrumente sich synchron zu einer möglichen Organbewegung bewegen, so dass der Chirurg am scheinbar stillstehenden Organ, beispielsweise dem Herzen, operieren kann, daran wird am DLR gearbeitet. Die Herz-Lungen-Maschine und ein Stilllegen des Herzens während der Herzoperation würden dann überflüssig. Forschungen zur robusten Schätzung der Herzbewegung aus laparoskopischen Bildern, EKG- und Atemfrequenzsignalen sind inzwischen weit fortgeschritten.

Viel Beachtung – unter anderem mit dem europäischen Innovationspreis ausgezeichnet – findet auch das neue „künstliche Herz" aus dem DLR-Institut, ein Unterstützungssystem vornehmlich für die linke Herzkammer. Es setzt nach einem patentierten Prinzip die gleichförmige Rotation eines Elektromotors in die pulsative Bewegung einer Blut ansaugenden und einer Blut ausstoßenden „Herzkammer" um. Das Unterstützungssystem, das mit drahtloser Energieübertragung arbeitet, ist so klein, dass es notfalls auch Kindern implantiert werden kann. Auf diese Weise wird Mechatronik zur Schlüsseltechnologie auch für künstliche Organe und Gliedmaßen. ■

AUSGEKLÜGELTE DLR-ROBOTIK

Bereits die erste DLR-Hand von 1998 gilt mit ihren nahezu 1000 mechanischen und 1500 elektrischen Komponenten als die komplexeste aller bisher gebauten Roboterhände. Zum ersten Mal war es gelungen, alle 12 Antriebe (Aktuatoren) in die Hand zu integrieren. Die dabei eingesetzten Seilzüge in Verbindung mit dem auf der patentierten DLR-Spindel beruhenden „künstlichen Muskel" wiesen allerdings noch Mängel in Bezug auf Wartung und Dauerbelastung auf. Die neueste Generation der DLR-Hand, mit einem wesentlich höheren Grad der Elektronikintegration, beseitigt solche Nachteile durch alternative Antriebskonzepte auf Basis von differentiellen Kegelradgetrieben. Ein 13. Aktuator (Motor mit Getriebe) erzeugt sogar eine adaptive Handfläche und statt 400 sind nur mehr 12 Leitungen zur „Außenwelt" erforderlich.

Per Anhalter durch die Galaxis *(„The Hitch Hiker's Guide to the Galaxy") von Douglas Adams wurde 1977 als Hörspielserie für die BBC aufgenommen und im Jahr darauf ausgestrahlt. Ab 1979 entstand daraus eine Romantrilogie, die schließlich auf fünf Bände ausgeweitet wurde und die bis heute eine begeisterte Fangemeinde hat.*

Abbildung: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Touch The Future!

OR-1® – das innovative OP-Konzept von KARL STORZ

OR

DOK 21/D/6/02/A

STORZ

KARL STORZ — ENDOSKOPE

THE DIAMOND STANDARD

KARL STORZ GmbH & Co. KG, Mittelstraße 8, D-78532 Tuttlingen/Deutschland, Telefon: +49 / 7461 / 70 80, Fax: + 49 / 7461 / 70 81 05, E-Mail: info@karlstorz.de
KARL STORZ Endoskop Austria GmbH, Landstraßer-Hauptstraße 146/11/18, A-1030 Wien/Österreich, Tel.: +43/1/ 71 56 04 70, Fax: +43/1/ 71 56 04 79, E-Mail: storz-austria@karlstorz.at
www.karlstorz.de

Kaleidoskop

Innovationen aus der Medizintechnik

IMPLANTIERBARER SCHLIESSMUSKELERSATZ

Mindestens 800.000 Menschen in Deutschland leiden unter Stuhlinkontinenz. Rund 20 Prozent der Betroffenen kann mit herkömmlichen Methoden nicht geholfen werden. Nun plant ein-Team um Dr. Hans-Jürgen Schrag an der Universität Freiburg, Klinik und Polyklinik für Allgemein- und Viszeralchirurgie, einen voll implantierbaren Schließmuskelersatz.

Bei dem künstlichen Schließmuskel wird eine elastische Trägerhülse den nicht mehr funktionsfähigen Schließmuskel des Enddarms zirkulär umfassen. An der Innenseite der Trägerhülse befindet sich eine Kompressionseinheit – ein so genannter Kompressionscuff –, der sich durch Befüllen mit einer Flüssigkeit aufbläht und so den Darm von außen zusammendrückt. Das Füllen und Entleeren des Cuffs geschieht mittels einer Mikropumpe, die die Flüssigkeit zwischen dem Kompressionscuff und einem Reservoir hin- und hertransportiert. An einer entsprechenden Mikro-Peristaltikpumpe mit geringem Energieverbrauch und hoher Förderleistung, die den Schließmuskelersatz betreiben soll, wird derzeit gearbeitet. Alle Cuffs, die Mikropumpe sowie Teile der Steuerelektronik und der Energieversorgung sind in die Trägerhülse integriert. Die Entleerung des Darms und das Verschließen wird vom Patienten über eine unter die Haut implantierte Steuereinheit sowie eine Fernbedienung gezielt herbeigeführt.

Laut der Freiburger Arbeitsgruppe soll der vollimplantierbare Schließmuskelersatz in zwei Jahren vorliegen. Das Projekt gehört zu den diesjährigen Gewinnern des Innovationswettbewerbs und wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung mit rund 199.000 Euro gefördert.

www.uni-freiburg.de

INTELLIGENTE FIXATEURE

DAMIT DER BEINBRUCH PERFEKT HEILT

Von außen angebrachte Schrauben, Klemmbacken und Verstrebungen zur Knochenfixierung werden seit gut 150 Jahren in der Fraktur- und Korrekturbehandlung eingesetzt. Damit es nicht zu Fehlheilungen kommt, erfordert die Behandlung mit einem so genannten externen Fixateur große Erfahrung vom Arzt. Nun haben Mediziner und Ingenieure des Berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhauses Hamburg und der Technischen Universität Hamburg-Harburg einen völlig neuartigen externen Fixateur entwickelt, der obendrein noch „mitdenkt". Eingesetzt wird das neue intelligente System beispielsweise bei komplizierten Knochenbrüchen, Feststellungskorrekturen oder Knochenverlängerungen. Der mit moderner Mikroelektronik ausgestattete Fixateur überwacht den Heilungsprozess und leitet automatisch die für die jeweilige Fraktur notwendigen mechanischen Prozesse ein. Das System ist darüber hinaus mit telemedizinischen Verfahren kombinierbar, sodass statt langer Klinikaufenthalte der Heilungsprozess ambulant per Internet überwacht werden kann.

Die Hamburger Mediziner gehen davon aus, dass die Entwicklung des intelligenten externen Fixateurs in etwa zwei Jahren ausgereift sein wird. Das Projekt gehört zu den Preisträgern des Innovationswettbewerbs zur Förderung der Medizintechnik 2003.

www.buk-hamburg.de

HIGHTECH FÜR HIRNGEFÄSSE

Hirngefäßerkrankungen können die Neuroradiologen der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) dank modernster Technik nun noch besser diagnostizieren. Seit vergangenem Jahr verfügt die MHH über eine 2-Ebenen-Digitale-Subtraktions-Angiographie (DSA), mit der sich Hirngefäße ohne störende Knochen dreidimensional abbilden lassen.

Das DSA-Gerät besteht aus zwei so genannten C-Bögen, die jeweils mit einer Röntgenröhre und einem Bildverstärker ausgestattet sind. Diese können unabhängig voneinander um den Patienten bewegt werden und so Aufnahmen aus verschiedenen Richtungen ermöglichen. Zur Darstellung der Hirngefäße wird ein Katheter unter Durchleuchtung in die Halsschlagadern vorgeschoben und ein Röntgen-Kontrastmittel injiziert. Die Hirngefäße werden damit sichtbar, überlagert von den Knochenstrukturen. Zeitgleich erfolgt per Computer die digitale Subtraktion: Im Bild werden die Knochen "abgezogen", übrig bleibt das feine Geäst der Blutgefäße.

www.mh-hannover.de

UNSICHTBARE ZAHNSPANGE

Sie ist unauffällig und soll die Zähne möglichst schonend korrigieren: Die von invisalign hergestellte Zahnspange besteht aus einem Set aus transparenten Kunststoffschienen, so genannten „Alignern", die Zahnfehlstellungen ohne Metall oder Drähte richten können.

Mit modernster 3D-Imaging-Computertechnologie wird ein vorab bestimmtes Behandlungsziel dreidimensional dargestellt und in einzelne Behandlungsphasen unterteilt. Für jede dieser Phasen wird eine individuelle Aligner-Schiene hergestellt, die der Patient jeweils etwa zwei Wochen tragen sollte. Der sanfte Druck der Aligner bewegt die Zähne kontinuierlich in die zuvor berechnete Richtung. ***www.invisalign.com***

Abbildung: brand X pictures/Steve Allan

Humangenetiker und Biomediziner sind die Hohepriester unserer Zeit. Bruchstückhafte Annahmen dienen ihnen als Basis für weitreichende Weissagungen über individuelle Lebensläufe. Ein kritischer Essay.

Von Oliver Tolmein

Im Netz der Gene

Wissen ist Macht, lautet eine Erkenntnis aus den Zeiten, als Wissen noch eng verknüpft war mit Handlungs- und Entscheidungsmöglichkeiten: Wer selber wusste, war nicht mehr auf die Tradition festgelegt, sondern konnte eigene Ideen entwickeln. Wissen war auch damals nicht nur bloß die Kenntnis nützlicher Details. Es blieb – selbst wenn es um die Konstellation und Bewegung der Gestirne ging – den sozialen Konflikten eng verhaftet. In einer Zeit, in der Erkenntnisse verhindert, unterdrückt und unter Verschluss gehalten wurden, eröffnete Wissen den Weg in die Freiheit. Bertolt Brecht lässt Galileo Galilei sagen: „Wissenschaft handelt mit Wissen, gewonnen durch Zweifel. Wissen verschaffend über alles für alle, trachtet sie Zweifler zu machen aus allen."

Heute gibt es neben dem Wissen, das Ausgangspunkt für Freiheit ist, ein anderes Wissen, das Wissen der Humangenetik und der Biomedizin. Es verheißt den Menschen, denen es zuteil wird, nicht mehr Macht und Freiheit. Schon der Begriff „Wissen" führt in die Irre, suggeriert er doch umfassende Kenntnis. Gerade das ist aber dem neuen genetischen Wissen nicht eigentümlich: Es ist bruchstückhaft, weist mehr Lücken auf als Zusammenhänge. Im Vordergrund steht statt des Wissens die begründete Annahme und statt der Erkenntnis dient diese Annahme der Identifikation und Zuordnung: Proteinsequenzen werden ausfindig und für Krankheiten verantwortlich gemacht, Genetiker treffen Aussagen darüber, wie wahrscheinlich es ist, dass diese Besonderheiten übertragen werden oder zum Ausbruch bestimmter Krankheiten führen.

Das genetische Wissen dieser Art führt nicht zu selbstbestimmten Entscheidungen, sondern regelmäßig zum Ausschluss der betroffenen Merkmalsträger aus dem jeweils relevanten sozialen Zusammenhang: Feten, die als Träger entsprechender biologischer Merkmale identifiziert werden, werden nicht zur Welt gebracht; Menschen, die sich versichern wollen, wird der Vertrag verweigert oder sie müssen höhere Beiträge zahlen. Für die Menschen, denen eine „riskante" Konstellation zugeschrieben wird, und für die, denen die Ärzte dieses Wissen vermittelten, ergibt sich aus der Kenntnis ihrer als biologisches Risiko qualifizierten genetischen Besonderheit keine erweiterte Handlungsperspektive. Die Humangenetiker wirken wie einstmals die Hohepriester des Orakels: Sie weissagen ein Schicksal, enthüllen aber nicht, wie man sich darauf einstellen oder ob man ihm entgehen kann.

Wissenschaft handelt mit Wissen, gewonnen durch Zweifel.

Bertolt Brecht

Abbildung: Photodisc

Die Katastrophen, die in Delphi vorausgesagt wurden, waren vor allem das Ergebnis

wie auch immer gescheiterter sozialer Beziehungen. Die humangenetischen Orakel von heute verlegen den Grund für die angekündigten Gefahren in den Menschen selbst und versagen ihm damit die Möglichkeit, Zuflucht zu nehmen. Der Mensch, so wie ihn die prädiktive Medizin behandelt, wird sich in letzter Konsequenz selbst zum Feind: Gerettet werden kann er allenfalls, indem er gegen sich selber vorgeht. Das prägnanteste Beispiel dafür ist die Empfehlung mancher Mediziner, dass sich Frauen mit einer bestimmten genetischen Disposition für Brustkrebs „vorsorglich" die Brust amputieren lassen sollten. Im

Der Mensch, so wie ihn die prädiktive Medizin behandelt, wird sich in letzter Konsequenz selbst zum Feind.

Fall anderer Erkrankungen, denen eine genetische Komponente zugeschrieben wird, müssen die Präventionsmaßnahmen noch drastischer ausfallen: Wer die Möglichkeiten eines Gentests für eine spätere Alzheimererkrankung im Zusammenhang mit der bioethischen Debatte über Vorausverfügungen zur Sterbehilfe betrachtet, bekommt einen Eindruck davon, wohin die weitere Etablierung der prädiktiven Medizin führen wird. Es könnte soweit kommen, dass, wer heute einen Gentest auf Alzheimer macht und erfährt, dass er eventuell einmal erkranken wird, dann die Verfügung für einen späteren Abbruch aller lebenserhaltenden medizinischen Therapien vorsorglich mit unterschreibt.

Bislang sind Therapien, die auf den humangenetischen Erkenntnissen basieren, auch langfristig nicht in Sicht. Und es ist durchaus zweifelhaft, ob das Modell, dem die genetisch orientierte Medizin anhängt, komplex genug ist, so dass sich auf seiner Basis überhaupt Therapien entwickeln lassen. Ungeachtet aller Misserfolge im kurativen Bereich weitet die prädiktive Medizin ihr Anwendungsgebiet aber in rasantem Tempo aus – und verändert damit den sozialen Kontext, in dem Medizin ausgeübt wird.

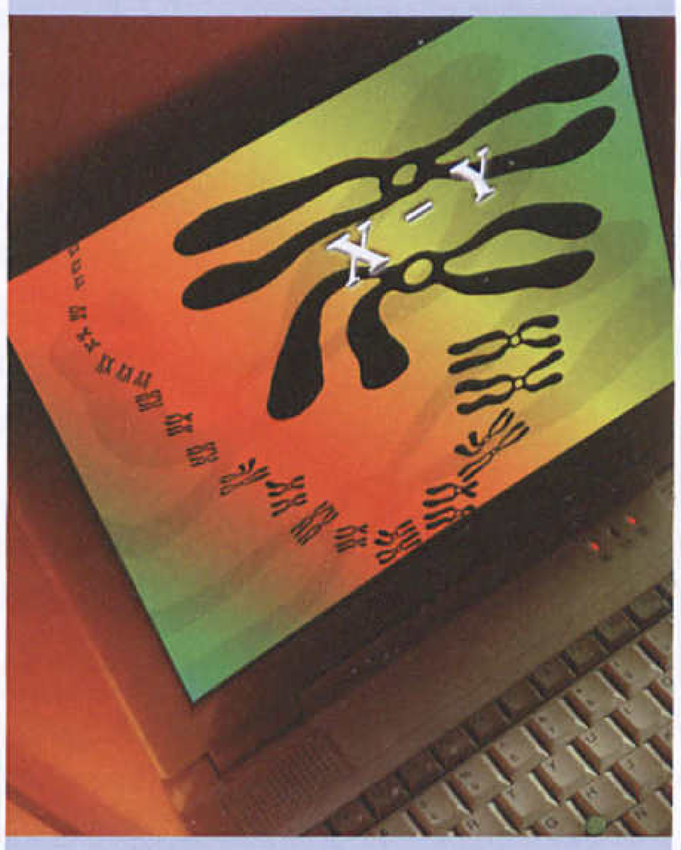
Eine Medizin, die nicht heilen, sondern die nur identifizieren und prognostizieren kann, verändert, ob sie es will oder nicht, ihren Fokus: Sie sieht den Einzelnen immer weniger um seiner selbst willen, sondern im Vergleich zu anderen – und sie wirkt sich nicht nur auf das Individuum aus, sondern auch auf den sozialen Zusammenhang, in dem der Mensch sich bewegt. Die gegenwärtige Debatte um die Präimplantationsdiagnose illustriert diese Entwicklung: Die Identifikation von Eltern als Träger „gefährlicher Merkmale" drängt diese zur überwachten Fortpflanzung, in deren Verlauf geeignete Embryonen selektiert und eingepflanzt werden. Was „gefährlich" ist, welche genetische Disposition einen Embryo zur Einsetzung qualifiziert, unterliegt dabei jeweils wechselnden Normsetzungen. Beispielsweise lassen sich auch Embryonen selektieren, die als Spender von Blut, Gewebe oder Organen geeignet sind. Jede Erweiterung der Möglichkeiten verändert das Umfeld, in dem sich zukünftige Patienten bewegen. Ärzte werden aufgrund einer restriktiven Haftungsrechtsprechung gezwungen sein, Patienten über die neuen Identifikations- und Selektionsmöglichkeiten zu informieren. Die Patienten ihrerseits werden dann über die neuen Möglichkeiten entscheiden müssen. Beispielsweise werden sich Eltern eines an Leukämie erkrankten Kindes, für das sich kein Knochenmarkspender findet, nach dem erfolgreichen Beispiel der Familie Nash in den USA künftig überlegen müssen, ob nicht auch sie sich für eine künstliche Reproduktion und Präimplantationsdiagnose entscheiden und damit für ihr krankes Kind einen geeigneten Spender zeugen, identifizieren und einsetzen lassen.

In diesem Zusammenhang gewinnt der *informed consent*, der so lange als großer Fortschritt für die Emanzipation der Patienten gefeiert wurde, neue Bedeutung: Der Begriff

charakterisiert das Kommunikations- und Entscheidungsmodell, das die prädiktive Medizin in besonderem Maße prägt. Die Initiative geht vom Arzt aus, er steuert die Informationen. Sache des Patienten ist die Einwilligung. Mit Selbstbestimmung hat dieses Kommunikationsmodell allerdings nichts zu tun – es sei denn, man reduziert Selbstbestimmung darauf, dass jemand „ja" oder „nein" sagen kann. Selbstbestimmung in einem weniger formalen Sinn erfordert dagegen, dass jemand über soziale Handlungsmacht verfügt. Die wird den Menschen durch die prädiktive Medizin, die sie und ihre Angehörigen auf ihre biologische Konstitution zurückwirft und festlegt, aber genommen. Da die gesellschaftliche Diskriminierung von Menschen mit Behinderungen wieder zunimmt und ihre soziale Absicherung schlechter statt besser wird, ist es nahe liegend, dass das Ergebnis einer pränatalen Diagnose, die eine Behinderung des Kindes voraussagt, die Abtreibung ist. Dass die Rahmenbedingungen dieser Entscheidung nicht thematisiert und schon gar nicht hinterfragt werden, die Verantwortung für den Schwangerschaftsabbruch aber der einzelnen Frau zugewiesen wird, die ja selbst bestimmt habe, ist ein weiteres Merkmal dieser Entwicklung. Statt ein Mehr an Selbstbestimmung zu bringen, zwingt sie zu immer mehr und immer weitreichenderen Entscheidungen. Die Individuen werden mit den Ergebnissen des Wissens, das ihnen mehr aufgenötigt als angeboten wird, allein gelassen.

Die Politik will dieser Entwicklung nun, auf Druck von Patientenorganisationen, Selbsthilfegruppen und Technologiekritikerinnen, mit einem Gesetz begegnen. Ein neues Normprogramm soll die sozialen Verwerfungen dieser neuen Art des Bio-Wissens kanalisieren. Als Innovation will die Gesetzgeberin im Rahmen des Gendiagnostikgesetzes das „Recht auf Nichtwissen" regeln. Dieses Recht der besonderen Art, Ausdruck des Rechts auf informationelle Selbstbestimmung, soll die Handlungsfreiheit des Einzelnen vor Beschränkungen durch Dritte schützen. Denn nur, wer nicht weiß, so die Idee, die dem Gesetzentwurf zugrunde liegt, dass er eine bestimmte Krankheitsdisposition hat, kann davor geschützt werden, dieses Wissen auch Arbeitgebern, Versicherungen oder anderen Institutionen preiszugeben. Die Überlegung überzeugt. Die Wirklichkeit wird jedoch anders aussehen. Denn es geht um viel mehr. Wissen, das keine Handlungsmöglichkeiten erzeugt, sondern ein vermeintlich unausweichliches Schicksal beschreibt, kann den, den es betrifft, nicht nur in Abhängigkeit von Dritten bringen, sondern zur Selbst-Aufgabe motivieren. Dagegen kann ein vom jeweiligen Individuum wahrzunehmendes Recht auf Nicht-Wissen aber nicht erfolgreich in Stellung gebracht werden. Schon die Entscheidung für ein Nicht-Wissen-Wollen erfordert eine Auseinandersetzung, die den Einzelnen schnell überfordert. Am Beispiel der Möglichkeit, sich auf die Gefahr von Alzheimer testen zu lassen, wird das Dilemma deutlich: Selbst wenn sich jemand gegen die Untersuchung entscheidet und so ein Recht auf Nicht-Wissen realisiert, bleibt die Angst vor der Krankheit und das Wissen darum, dass ein Test möglicherweise Entlastung bringen könnte. Zudem könnte das Wissen auch für andere (Angehörige, Arbeitgeber) von Bedeutung sein, die sich dann informell für einen Test einsetzen. Das Wissen-Können allein, vor allem wenn seine Konsequenzen Selektion, Stigmatisierung und Angst sind, nimmt dem Einzelnen also Freiheit. Das Recht auf Nicht-Wissen würde sein Potenzial erst entfalten, wenn es zu einem gesellschaftlichen Recht würde, das damit auch dem individuellen Recht zu Wissen vorgehen müsste – eine Konsequenz, die die Gesetzgeberin nicht zu ziehen bereit sein wird. So wird es kommen, wie schon Brechts Galilei feststellen musste: „Ihr mögt mit der Zeit alles entdecken, was es zu entdecken gibt, und euer Fortschritt wird doch nur ein Fortschritt von der Menschheit weg sein." ■

Das „Recht auf Nichtwissen" soll die Handlungsfreiheit des Einzelnen vor Beschränkungen durch Dritte schützen.



Abbildungen: brand X pictures/Steve Allan

OLIVER TOLMEIN ist Jurist und Journalist. Er hat mehrere Bücher über bioethische Themen verfasst. Zuletzt zusammen mit Walter Schweidler: *Was den Menschen zum Menschen macht*, Münster – Hamburg – London, 2003.

Veranstaltungen & Ausstellungen APRIL BIS JUNI 2004

KOLLOQUIUMSVORTRÄGE

Eintritt frei – Gäste willkommen, Beginn: 16.30 Uhr Filmsaal, Bibiotheksbau – Kaffee ab 16 Uhr im Foyer der Generaldirektion

19. April **Werner Busch** (Kunsthistorisches Institut, FU Berlin)
„Unmittelbares Naturstudium und mathematische Abstraktion bei Caspar David Friedrich"

3. Mai **Leo Slater** (Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin)
„Malaria & War: The US Antimalarial Program in World War II"

17. Mai **Simon Schaffer** (History and Philosophy of Science Department, University of Cambridge), „Instruments as Cargo: Astronomical Devices in the 18th Century China-Pacific Trade"

7. Juni **Gerard Alberts** (Center for Mathematics and Computer Science, Amsterdam) „Independence from the machine? Aad van Wijngaarden and the ALGOL conspiracy"

21. Juni **Peregrine Horden** (All Souls College, Oxford and Medieval History Department, Royal Holloway, University of London), „Around the Corrupting Sea: Technology and Society in Mediterranean History"

5. Juli **Michael Hagner** (ETH Zürich), „Wissenschaftliches Objekt und Reliquie. Was haben Menschenkörper im Museum verloren?"

19. Juli **Richard Staley** (History of Science, Medicine & Technology, University of Madison-Wisconsin), „Making the Modern World View in Physics and Culture circa 1900"

VERANSTALTUNGEN IM VERKEHRSZENTRUM

Im Internet unter: http://verkehrszentrum.deutsches-museum.de

BIBLIOTHEKSFÜHRUNGEN

Beginn 14.00 Uhr, Treffpunkt im Foyer der Bibliothek, Eintritt frei

17. April **Dr. Helmut Hilz:** Technik im alten Buch; Schätze aus der Sammlung „Libri Rari"
8. Mai **Führung** durch die Bibliothek
12. Juni **Führung** durch die Bibliothek

ABENDÖFFNUNGEN:

Jeden ersten und dritten Mittwoch (außer gesetzliche Feiertage) bleibt eine ausgewählte Abteilung bis 20.00 Uhr geöffnet. Jeweils um 18.00 Uhr gibt es ein Sonderprogramm wie beispielsweise Abendführung oder Konzert (Unkostenbeitrag 3 EUR).

7. April **Chemie** (Vorführung)
21. April **Musik** (Konzert)
5. Mai **Optik** (Vorführung Elektronenmikroskop)
19. Mai **Landverkehr** (Führung)
2. Juni **Schiff-Fahrt** (Führung)
16. Juni **Starkstrom** (Vorführung Hochspannungsanlage)

KONZERTE IM DEUTSCHEN MUSEUM

3. April 14.30 Uhr – Orgelkonzert
Prof. Karl Maureen (München – Augsburg)
Orgelmusik zur Passionszeit von Johann Sebastian Bach

4. April 18 Uhr – Gesprächskonzert
„Der erste Hammerflügel diesseits der Alpen"
Denzil Wraight erläutert seine Rekonstruktion eines der ersten Hammerflügel, von Bartolomeo Cristofori, Ella Sevskaya spielt Werke von Scarlatti, Platti, Giustini, Galuppi.
Karte zu 13 (ermäßigt 9) Euro bei Le Nuove Musiche (Tel. 36 79 28, Mail musiche@t-online.de) und bei München ticket.

21. April 18 Uhr – der dritte mittwoch
„divertimento musicale"; Kammermusik aus zwei Jahrhunderten

2. Mai 11.15 Uhr – Matinee
Antonín Dvorák zum 100. Todestag
Klaviertrios B-Dur op. 20 und „Dumky" op. 90
Vuillaume-Trio München

15. Mai 14.30 Uhr – Orgelkonzert

19.Mai 18 Uhr – der dritte mittwoch
Musik des 17. und 18. Jahrhunderts

5.Juni 14.30 Uhr – Orgelkonzert

3.Juli 14.30 Uhr – Orgelkonzert
Werke von J. P. Sweelinck, N. Bruhns, G. Muffat und J. S. Bach

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

SONDERVORFÜHRUNGEN DER GLASBLÄSER

17.April 14.00 Uhr – Schreibfedern aus Glas werden in funkelnden Farben je nach Wunsch der Besucher mit klassischem oder auch ganz modernem Dekor hergestellt. (Dauer ca. 45 Min.)
11. Mai 14.00 Uhr – s.o.
12. Mai 11.30 Uhr – Glasaugen: In Handarbeit entstehen Augenprothesen mit farbiger Iris und tiefschwarzer Pupille ‚kaum vom menschlichen Auge zu unterscheiden. (Dauer ca. 45 Min.)
23. Juni 14.00 Uhr – Liebig-Kühler: Der Glasbläser erläutert am Beispiel des Liebig-Kühlers die Grundlagen des Glasapparatebaus. (Dauer ca. 45 Min.)

SONDERAUSSTELLUNG „LEBEN MIT ERSATZTEILEN"

vom 9. Mai 2004 bis 30. Juni 2005

Die Sonderausstellung schildert in acht Themenbereichen (Räumen), welche Hilfen Medizin & Technik dem Menschen heute und in naher Zukunft bieten, wenn wichtige Funktionen des Körpers versagen. Es geht sowohl um die aktuelle Entwicklung dieser technischen Hilfen, von Brillen und Hörgeräten bis hin zu künstlichen Hüften und Herzklappen, als auch um neuere Methoden der Zell- und Gewebezüchtung, mit denen man versucht, erkranktes Gewebe auf biologischem Wege zu ersetzen. Demonstrationen erläutern die Funktionsweise unserer Sinne und Organe, Interviews mit Patienten lassen die Besucher teilhaben an den Problemen und Hoffnungen der Menschen, die mit „Ersatzteilen" leben.

Das Museum ist geschlossen:
am 9. April (Karfreitag) und am 1. Mai.

Historische Galerie

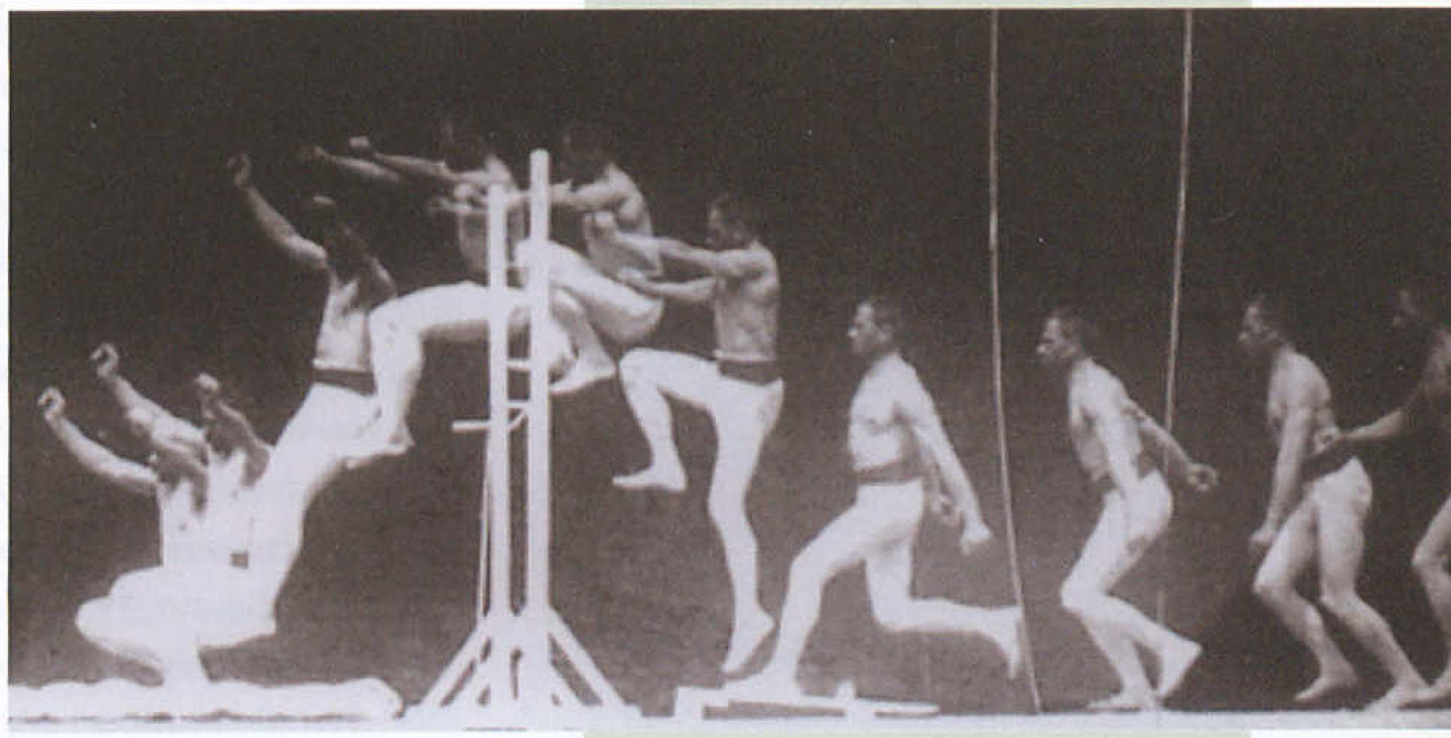
Gedenktage technischer Kultur: April–Juni 2004

Sigfrid und Manfred von Weiher

1.4.1879 Das erste deutsche Patent auf einen Pressluft-Hammer wird in Solingen August Sturm erteilt.

4.4.1879 In Berlin stirbt der Meteorologe Heinrich Wilhelm Dove. In seinem 1857 erschienenen Hauptwerk „Gesetz der Stürme" formuliert er seine bis heute anerkannte Theorie der Wind-Drehung und erklärt polare und äquatoriale Luftströmungen zu bestimmenden Faktoren des europäischen Wetters.

4.4.1929 In Ladenburg stirbt der Automobil-Pionier Carl Benz. Zeitgleich mit Gottfried Daimler, jedoch völlig unabhängig von ihm, befasst er sich mit der Konstruktion und Entwicklung eines betriebsfähigen Kraftwagens. Sein „Patent Motor-Wagen" von 1886 ist ein für den Straßenverkehr konzipiertes, stählernes Dreirad, das mit einzylindrigem Viertakt-Verbrennungsmotor etwa 15 km/h erreicht und den Beginn des „Automobil-Zeitalters" markiert.



14.4.1629 Im Haag, Niederlande, wird der große Physiker Christian Huygens geboren. 1657 formuliert er die Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung und veröffentlicht 1690 seine Wellentheorie des Lichts, mit der er Newtons Korpuskulartheorie fundamental widerspricht und einen jahrzehntelangen Disput auslöst. Seine Gesetze des elastischen Stoßes erklären, dass nicht die „Bewegungsgröße", sondern die „lebendige Kraft" über Bewegungsabläufe entscheide. Er definiert das Gesetz der Energieerhaltung für mechanische Vorgänge, legt eine Theorie der Fliehkraft und der Erdabplattung vor.

16.4.1879 Geburtstag von Henry Aberconway, einem der bedeutendsten Industriellen Englands. Er war Präsident des britischen Stahlgiganten Firth&Brown und führte den Vorsitz der Reederei J. Brown, die die erfolgreichen Ozean-Riesen „Queen Mary"(I) und „Queen Elisabeth" in Dienst stellte.

20.4.1879 In Kensington, London, stirbt Ludwig August Riedinger. Ursprünglich Direktor einer Augsburger Baumwollspinnerei, folgte Riedinger der Anregung Max von Pettenkofers, die Konstruktion von Gasgeräten und Gasleuchten voranzutreiben, die seit dem ersten Drittel des 19. Jhds. die Lebensbedingungen vieler Menschen in bürgerlichen Haushalten spürbar verbesserten.

26.4.1904 In Berlin erscheint der „Tag" als erste Zeitung im Kupfertiefdruck nach dem System von Eduard Mertens, bei dem Bild und Text von einer einzigen Kupferwalze gedruckt werden.

30.4.1904 Der Bremer Student Christian Hülsmeyer erhält ein deutsches Reichspatent auf sein „Telemobiloskop" genanntes Verfahren, „entfernte metallische Gegenstände mittels elektrischer Wellen einem Beobachter zu melden". Dieser Vorläufer der modernen RADAR-Technologie wird bis zum Beginn des 2. Weltkrieges so weiterentwickelt, dass den angloamerikanischen Mächten eine kriegsentscheidende Waffe daraus erwächst.

10.5.1829 In London stirbt der englische Arzt und Naturphilosoph Thomas Young. Unter seinen vielen wissenschaftlichen Arbeiten kommt dem von ihm aufgestellten Gesetz der Interferenz des Lichtes besondere Bedeutung zu.

11.5.1854 In Hachtel bei Bad Mergentheim wird Ottmar Friedrich Mergenthaler geboren. Er erlernt das Uhrmacher-Handwerk und übersiedelt schon früh in die USA, von wo aus er mit seiner Erfindung der Linotype-Setzmaschine (1884) den Buchdruck revolutioniert und die preiswerte Produktion aktueller Printmedien erst ermöglicht.

13.4.1904 In Paris stirbt der Physiologe Etienne Marey, der sich als „Ingenieur des Lebens" sieht. Durch Anwendung seiner selbst entwickelten „Phasen-Photographie" gelingt ihm schon vor der Einführung des Kinematographen und der Zeitlupe die fotografische Zerlegung des Augenblicks durch Momentaufnahmen menschlicher Bewegungsabläufe. Mareys Versuche, mit Hilfe bildgebender Verfahren den physiologischen und mechanischen Rätseln der Bewegung auf die Spur zu kommen, werden bereits 1883 sehr einseitig von Arbeitsökonomen und „Tayloristen" zum systematischen Steigern des menschlichen Arbeitstempos in der Fabrikation vereinnahmt.

17.5.1879 In Köslin, Pommern, wird der Flugpionier Hans Grade geboren. 1908 gelingt ihm mit einem selbst gebauten Dreidecker der damals viel beachtete Versuch, eine Acht zu fliegen und sich dabei fast 3 Minuten in der Luft zu halten.

18.5.1804 Friedrich Albert Winzer, der sich als Unternehmer in England für die Einführung der Gasbeleuchtung einsetzt, erhält das erste britische Patent auf die Erzeugung von Steinkohlengas zur Straßenbeleuchtung. Wenig später gelingt ihm auf der Londoner Pall Mall die Installation der ersten größeren Straßen-Gasbeleuchtung Europas.

20.5.1979 Anlässlich eines Referendums plädiert eine Mehrheit der Schweizer für eine Erschwerung der Baugenehmigung neuer Kernkraftwerke.

24.5.1904 In Dresden stirbt Friedrich Siemens. 1856 erfindet Siemens den Regenerativofen, mit dem er als Inhaber großer Glashütten in und um Dresden die großtechnische Glasproduktion rationalisiert und die Leichenverbrennung in Krematorien deutlich verkürzt. Gemeinsam mit seinem Bruder Wilhelm gelingt ihm nach jahrelangen, kostspieligen Versuchen 1864 mit der Einführung des „Siemens-Martin-Verfahrens" ein bedeutender Fortschritt bei der wirtschaftlichen Herstellung qualitativ hochwertiger Stahlsorten.

3.6.1929 Der um 1920 in Deutschland von Vogt, Engl und Masolle erfundene Tonfilm kommt in Gestalt des ersten großen Spielfilms nach dem Lichtton-Verfahren von Amerika nach Berlin: auf Geräten der Western Electric Co. wird im Gloria-Palast der US-Musikfilm „Singing Fool" uraufgeführt und leitet auch in Deutschland das schnelle Ende der Stummfilm-Kintopps ein.

6.6.1904 In Berlin demonstriert der Chirurg Ferdinand Sauerbruch das von ihm erfundene Druckdifferenz-Verfahren bei Lungenoperationen: durch exakt definiertes Erhöhen des Luftdruckes im Kopfbereich des Patienten sind nun erstmals operative Eingriffe an den Brustorganen ohne Pneumothorax-Risiko möglich.

8.6.1854 Nach einer Bauzeit von nur hundert Tagen wird in München der Glaspalast vollendet. Er dient der Allgemeinen deutschen Industrieausstellung als lichte Ausstellungshalle, die durch ihr in Deutschland noch ungewohntes Konstruktionsprinzip (Stahlträger und Glas als Baukörper) viel Aufmerksamkeit erringt. 1931 fällt der Glaspalast einem Brand zum Opfer.

12.6.1979 Der US-Radrennsportler Bryan Allan überquert mit einem Tretkurbel-Flugzeug den Ärmelkanal.

15.6.1754 Bei einem schweren Gewitter kann sich der mährische Pfarrer Prokopius Divisch, der seit 1750 bei elektrostatischen Versuchen unabhängig von Benjamin Franklin auf die Idee des Blitzableiters gekommen war, von der Wirksamkeit einer Blitzstange überzeugen, die er eigenhändig neben seiner Kirche installiert hat. Aus kirchlicher Sicht galt damals jedoch die Blitzableitung durch Menschenhand als Eingriff in das göttliche Wirken, weshalb bis ins 19. Jahrhundert metallene Ableitungsstäbe auf Hausdächern als „Ketzerstangen" verteufelt waren.

21.6.1854 In Preußisch-Eylau wird Julius Wilhelm von Pittler geboren. Der vor allem im Raum Leipzig erfolgreiche Maschinenbauer erfindet zahlreiche Geräte, u.a. zur automatischen Tütenherstellung, einen durch Pulvermotor getriebenen Kraftwagen und die noch heute verbreitete „Pittler-Drehbank".

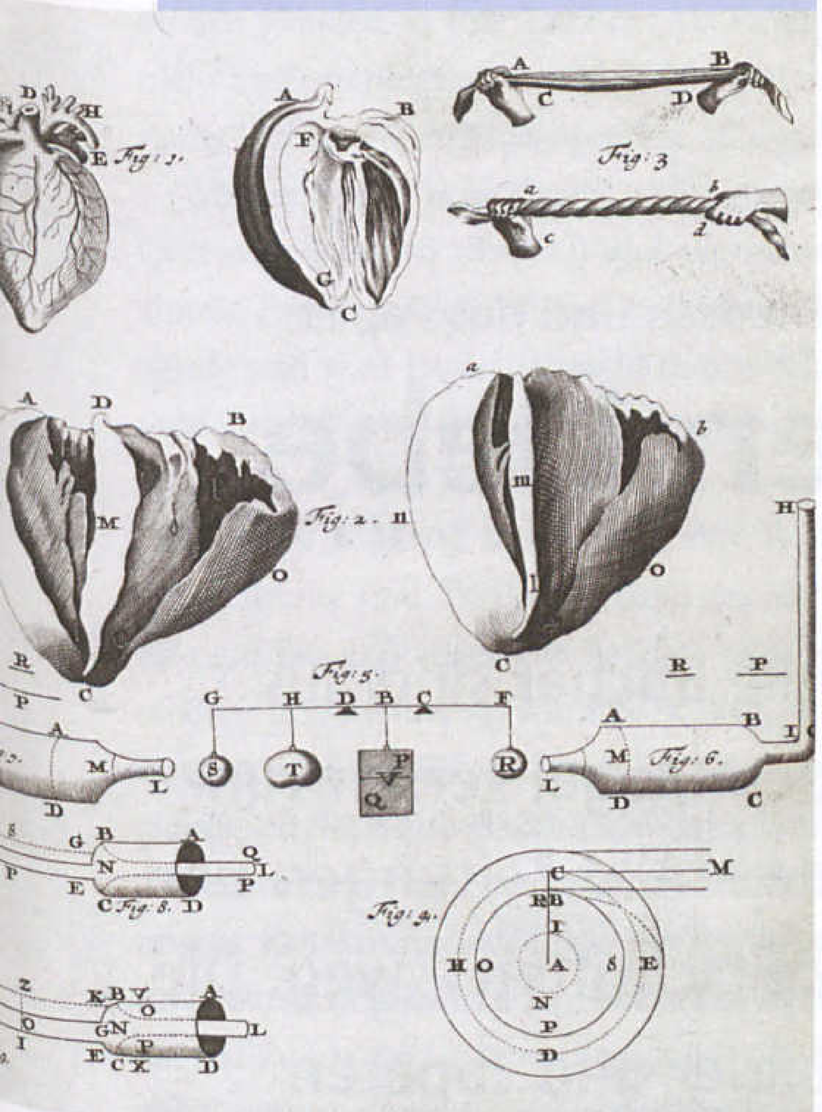
23.6.1804 Als Sohn eines Handwerkers wird in Breslau August Borsig geboren. Seine 1837 in Berlin gegründete „Mechanische Werkstätte" erweist sich sehr bald als Wegbereiter der deutschen Eisenbahn- und Lokomotiven-Fabrikation. Wenige Wochen vor seinem Tod am 7. 7. 1854 feiert Borsig die Auslieferung seiner 500. Dampflokomotive.

24.6.1504 In Rochlitz, Sachsen, wird Johannes Mathesius geboren. Als Geistlicher im Zeitalter der Reformation steht er im freundschaftlichen Kontakt mit Luther, Melanchton und Georg Agricola. Im Untertagebau der Bergbaustadt Joachimsthal versteht er es, in volkstümlichen Worten die schroffe Wirklichkeit des Bergbaus mit der christlichen Lehre in Beziehung zu setzen. 1562 erscheint in Nürnberg ein Teil seiner ‚Technischen Predigten' als „Sarepta oder Bergpostill".

29.6.1929 Während der Jungfernfahrt des Schnelldampfers „Bremen" gelingt versuchsweise der erste Katapult-Flugstart an Bord eines Schiffes. Fortan findet das erfolgreiche System auf deutschen Atlantikdampfern zur Nach- oder Voraussendung eiliger Postfracht Anwendung.

31.5.1879 Zur Eröffnung der Gewerbeausstellung wird in Berlin die von Werner Siemens entwickelte erste elektrische Eisenbahn auf einem 300m langen Gleisrund in Betrieb genommen. Die kleine E-Lok wird über eine stromführende Mittelschiene von einer stationären Dynamomaschine gespeist und zieht bei einer Fahrgeschwindigkeit von 7 km/h drei offene Personenwagen mit insgesamt 18 Fahrgästen über das Ausstellungsgelände. Damit beginnt vor 125 Jahren die Elektrifizierung des Bahnbetriebes, die „Fauchenden Dampfrösser" bekommen Konkurrenz.

Abbildungen: Privatsammlung von Weiher



Als Erster erkannte Borelli, dass es sich beim Herzschlag um eine Muskelkontraktion handelt. Den von William Harvey 1628 entdeckten Blutkreislauf fasste er als hydraulisches System auf.

Abbildungen: Deutsches Museum München

Das Frühwerk der Biophysik

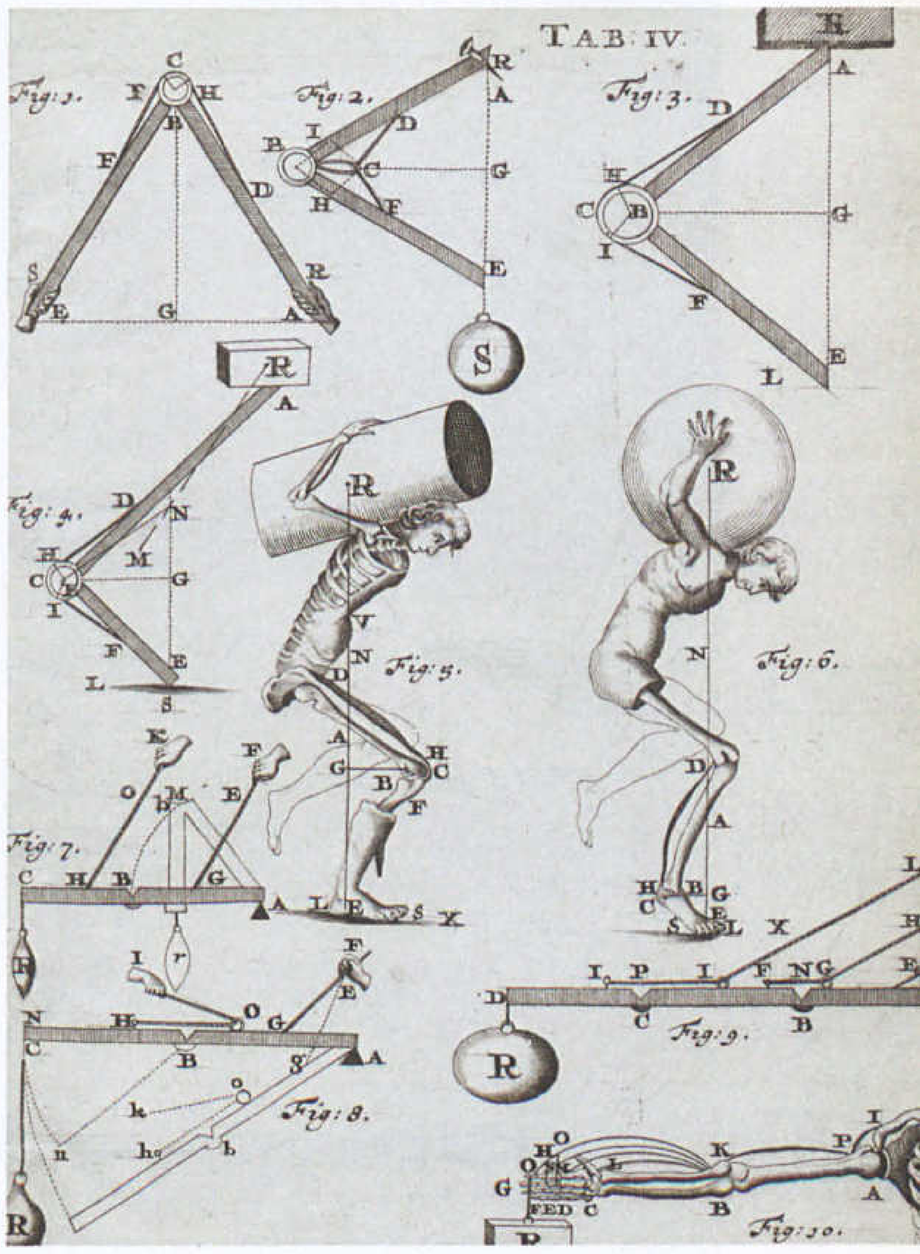
Borellis „De motu animalium"

Von Helmut Hilz

Giovanni Alfonso Borelli (1608–1679) gilt als einer der vielseitigsten Naturforscher der Frühneuzeit. Er unterrichtete Philosophie und Mathematik an den Universitäten in Messina und Pisa und machte sich dort wie auch in wissenschaftlichen Gesellschaften schon bald einen Namen als bedeutender Experimentator und Forscher. Seine Publikationen liefern wichtige Beiträge zur Astronomie und Mechanik ebenso wie zur Biologie und Medizin.

Für die Entwicklung der letzteren wurde das 1680/81 erschienene zweibändige Werk *De motu animalium* (Bibliothek des Deutschen Museums 1929 A 2885) von großer Bedeutung. Das Buch ist das Ergebnis der von Borelli seit 1656 in seinem medizinischen Labor in Pisa durchgeführten Untersuchungen. In dem für die weitere Entwicklung der Anatomie grundlegenden Werk wies Borelli nach, dass in lebenden Körpern die von Galilei entwickelten mechanischen Naturgesetze ebenso gelten wie in der unbelebten Natur. Der Mensch – aus der Sicht Borellis – war eine Arbeit leistende Skelett-Muskel-Maschine, deren Bewegungen durch die Verkürzungen der Muskeln möglich wurde. Der erste Band von *De motu animalium* befasst sich mit den durch die Muskeln ausgelösten Bewegungen, der zweite Band mit deren Funktionsweise. Damit beschäftigen sich Borellis Forschungen mit den Grenzgebieten zwischen Biologie, Medizin und Physik. *De motu animalium* machte Borelli zu einem der frühen Vordenker der modernen Biophysik.

Neun Monate nach Borellis Tod erschien die Erstauflage bei Angeli Bernabo in Rom. Die zweite, in der Bibliothek des Deutschen Museums vorhandene Auflage kam 1685 bei Cornelis Boutesteyn in Leiden heraus. Boutesteyn, ein bedeutender Wissenschaftsverleger des späten 17. und frühen 18. Jahrhunderts, veröffentlichte 1686 mit Antoni van Leeuwenhoeks *Ontledingen en ontdekkingen van de onsigtbare verborgentheden* ein weiteres für die Biologie und Medizin bahnbrechendes Werk. Spätere Ausgaben von *De motu animalium* folgten 1710, 1734 und 1743. In deutscher Übersetzung erschien es 1706 unter dem Titel: *Von der wundersamen Macht der Muskeln.*

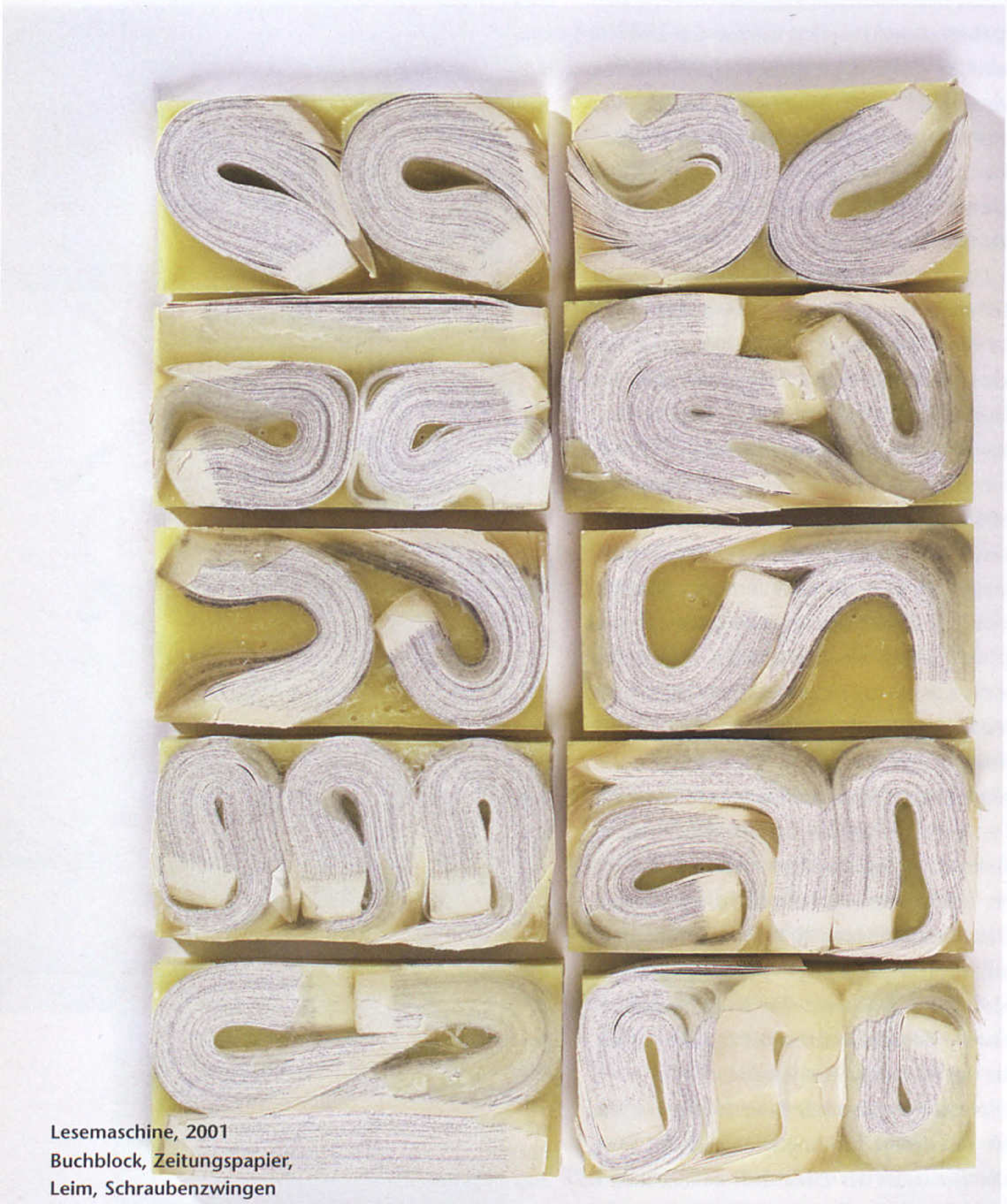


Borelli sieht den Bewegungsapparat als arbeitende und Lasten tragende Maschine. Zahlreiche Kupferstiche veranschaulichen die physikalischen Gesetze, die den Muskelbewegungen zugrunde liegen.

Dr. Helmut Hilz leitet die Bibliothek des Deutschen Museums.

Der Mensch und das Papier

Geschichte einer alten Liebe



Lesemaschine, 2001
Buchblock, Zeitungspapier,
Leim, Schraubenzwingen
11 x 34 x 24 cm.

Alle Bücher sind aus dem Regal verschwunden. Alle Zeitungen und Zeitschriften – weg. Die Bilder und Tapeten fehlen – leer sind die Rahmen und der Putz bröselt von kahlen Wänden. Brigitte und Philippe, ein verliebtes, junges Paar, sehen einander verdutzt an. Im Badezimmer fehlt Toilettenpapier, auf der Weinflasche das Etikett. Was ist passiert?

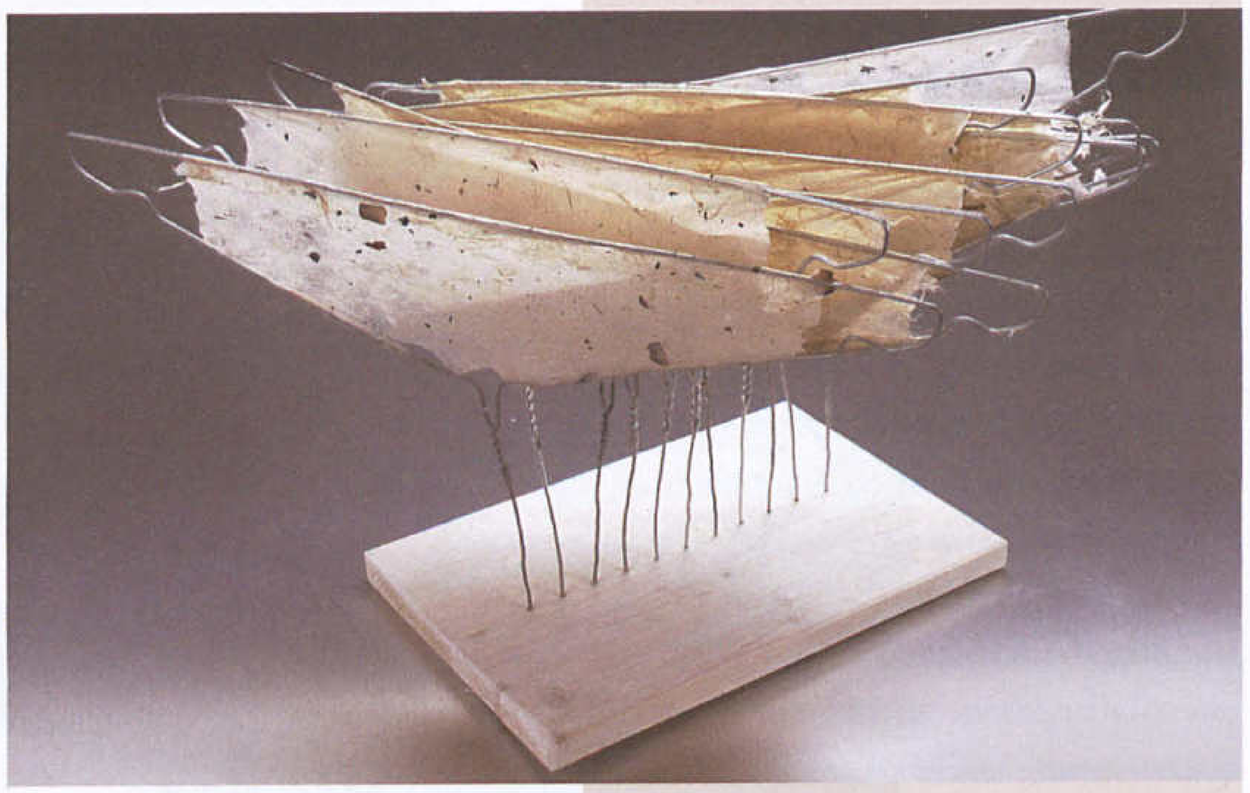
Von Katharina Kramer

Abbildungen: Dorothea Reese-Heim

Draußen auf den Straßen von Paris herrscht Chaos: In den Läden liegen Zucker, Kaffeebohnen, Eier und Mehl ohne Verpackung auf den Regalen, die Kunden schaufeln die Ware mit bloßen Händen in ihre Taschen. Als Philippe bezahlen will, entdeckt er, dass er keine Scheine mehr im Portemonnaie hat. Vielleicht gibt das Fernsehen Aufschluss: „Das Innenministerium bestätigt", so der Nachrichtensprecher, „das völlige und globale Verschwinden allen Papiers."

Was der französische Kurzfilm *Eine papierlose Welt* cineastisch auskostet, ist das Spiel mit einem Gegenstand, der so alltäglich und allgegenwärtig ist, dass er uns kaum noch bewusst wird. Wie konnte Papier im Verlauf der Geschichte diesen zentralen Platz in unserem Alltag erobern? Wie wurde und wird Papier gemacht und welche Folgen hat seine Herstellung für die Umwelt? Wie sieht die Zukunft des Papiers in der digitalisierten Welt aus?

LEICHT WIE SEIDE UND FEST WIE BAMBUS. An einem Abend des Jahres 219 vor unserer Zeitrechnung sind die Bediensteten des chinesischen Herrschers Qin Shi Huangdi erschöpft: 60 Kilo auf Bambus abgefasste Berichte und Dokumente haben sie hin und her getragen. Wie viel schöner und leichter als Bambus ist doch Seide, auf der man schon seit langem schreibt. Aber sie ist teuer und rar. Gäbe es doch irgendetwas, was die Leichtheit der Seide mit der Stabilität und Häufigkeit des Bambus verbände. Gegen Ende des Jahrhunderts schließlich gelingt die ideale Synthese: Das erste Papier erscheint auf dem Globus. Der Hofbeamte Tsai Lun beschreibt im Jahr 105 unserer Zeitrechnung als Erster die Technik des Papiermachens. In ihren Grundzügen hat sie sich bis heute nicht geändert: Ein zellulosehaltiger, pflanzlicher Faserstoff – im damaligen China waren das Bastfasern des Maulbeerbaums oder des Chinagrases sowie alte Gewebe – wird mit reichlich Wasser verdünnt. Der Faserbrei wird dann in ein Sieb geschöpft, gepresst und getrocknet.



Gewand von der Stange, 2001
Kozo, Abaca, Asche
30 x 20 x 44 cm.

Von China gelangt das Papier zunächst über die Seidenstraße in die arabische Welt. Selber herstellen können die Araber es nicht und benutzen parallel noch Papyrus und Pergament. Im Jahr 751 aber werden bei der Schlacht am Thales chinesische Papierhersteller gefangen genommen. Sie geben das gut gehütete Geheimnis der Papierfertigung preis. Darauf verbreiten sich Papiermühlen auf arabischem Gebiet. Das kommt Harun al-Raschid, als Kalif aus 1001 Nacht bekannt, gelegen, denn: Korrupte Beamte fälschen laufend seine schriftlich übermittelten Befehle. Mit etwas Fingerfertigkeit geht das auf Pergament sehr leicht: Man kratzt ein bisschen und verschwunden ist der ursprüngliche Text. Dann schreibt man das Gewünschte darüber, und niemand merkt die Fälschung. Auf Papier geht das nicht. Kratzt man darauf, entsteht ein Loch. Der Kalif führt Papier in der gesamten Verwaltung seines Riesenreiches ein. Auch religiöse und wissenschaftliche Texte werden bald auf Papier geschrieben: „Papier ist der Beschreibstoff der Blüte der arabischen Kultur, als sie von den Pyrenäen bis zum Indus den Ton angibt", meint der französische Wissenschaftler, Maler und Bildhauer Pierre-Marc de Biasi, Autor einer *Saga du Papier*.

ANFÄNGE DES PAPIERS IN EUROPA. In Europa schreibt man zu dieser Zeit noch auf Pergament, das aus Rinder-, Schaf- und Ziegenhaut hergestellt wird. Dieser Beschreibstoff hat sich vor allem deshalb gegen den in der Antike benutzten Papyrus durchgesetzt, weil er haltbarer und obendrein beidseitig beschreibbar ist.

Das erste Papier gelangt schließlich über die Mauren nach Europa: Im 12. Jahrhundert eröffnet in Spanien die erste Papiermühle. 1390 produziert Ulman Stromer vor den Toren Nürnbergs das erste Papier in deutschen Landen. Die Europäer beäugen den neuen Beschreibstoff zunächst misstrauisch. Schließlich kommt es von den ungläubigen Arabern. Außerdem braucht man nur eine Flamme daran zu halten, schon fängt er Feuer, und zerreißen lässt er sich obendrein in null Komma nichts – so etwas kann mit Pergament nicht passieren. An einigen Universitäten verbie-

tet man das „minderwertige“ Material und bleibt beim Pergament. Lange hält sich die Vorstellung, dass Pergament fürs Edle besser taugt: Noch die amerikanische Unabhängigkeitserklärung von 1776 und sogar der Versailler Vertrag von 1919 sind auf Pergament geschrieben.

Den Siegeszug des Papiers kann die beschreibbare Lederhaut dennoch nicht aufhalten: 1450 versucht Johannes Gutenberg Pergament in seine Druckerpresse zu zwängen. Mit Papier funktioniert das viel besser. Den zur Herstellung benutzten Rohstoff – Leinen – gibt es zu dieser Zeit in Hülle und Fülle: Denn seit dem 13. Jahrhundert hat die Leinenbekleidung die Wolle verdrängt. Hätten die Menschen weiter Wolle getragen, meint de Biasi, wäre es Ende des 15. Jahrhunderts nicht zu dem enormen Boom der europäischen Schriftkultur gekommen.

An den Flussläufen Europas werden immer mehr Papiermühlen gebaut. Darin hämmern von Wasserkraft betriebene Stampfwerke rund 50 Stunden auf die Hadern ein. Die Fasern werden dann in eine Wanne – die Bütte – gefüllt. Der Büttgeselle schöpft mit einem Sieb die aufgeschwemmten Fasern und schüttelt sie so, dass sie sich gleichmäßig auf dem Sieb verteilen und zu einem ebenen Blatt verfilzen. Daraufhin drückt der Gautscher das Sieb mit dem nassen Bogen auf einen Filz, auf dem das Blatt haften bleibt. Nach und nach häuft der Gautscher einen ganzen Stapel aus Filz und Bögen an – den Pauscht. Der wird schließlich ausgepresst und Bögen und Filze voneinander getrennt. Danach wird das spätere Schreibpapier mit Gelatine geleimt und geglättet. Ein Arbeitstag erbringt rund 2.500 Papierbogen.

Der neue Kulturträger kommt einem Mönch und Lehrer am Augustinerseminar in der mitteldeutschen Kleinstadt Wittenberg gerade recht: „Der erste ideologische Kampf, in dem bedrucktes Papier eingesetzt wurde, war Martin Luthers Reformbewegung“, unterstreicht de Biasi, „ohne Papier wäre sie nie so erfolgreich gewesen.“

Bald ist der Papierbedarf kaum noch zu decken. Lumpensammler durchkämmen jeden abgelegenen Landstrich des Kontinents. Die Lage verschärft sich, als mit der Kolonialisierung Baumwolle in Mode kommt, denn: aus Baumwolle lässt sich kein Druckpapier herstellen. Und das gerade in Zeiten der Aufklärung. Druckt man 7.000 Exemplare der 40-bändigen D'Alembert-*Enzyklopädie*, ist der französische Papiervorrat eines Jahres restlos erschöpft.

Ende des 18. Jahrhunderts erfasst der Geist der Revolution auch die Arbeiter in den Papiermühlen. Sie wissen, wie begehrt und rar ihr Produkt ist – und setzen oft auf Streik. Das bringt den Aufseher und Werkmeister der Papiermühle von Esonne bei Paris, Nicolas-Louis Robert, in Rage. Er fragt sich, ob es nicht möglich ist, den begehrten Stoff ohne die streikfreudigen Arbeiter herzustellen. 1798 wartet er mit der Lösung auf: der weltweit ersten Papiermaschine.

Die Maschine besteht aus zwei Holzwalzen um die ein Endlossieb läuft. Darunter steht eine ovale Bütte. Ein Arbeiter dreht die Walzen mit einer Handkurbel und bringt so ständig Stoff aus der Bütte auf das Sieb. Die feuchte Papierbahn wird auf einer Walze aufgewickelt und regelmäßig abgenommen. Mit dieser Maschine ist es nun erstmals möglich, eine beliebig lange Papierbahn zu erzeugen und damit Papier schneller und kostengünstiger zu produzieren. Robert erreicht eine Tagesmenge von zirka 100 Kilogramm und eine Arbeitsgeschwindigkeit von fünf Metern pro Minute.

Allerdings ist Robert in Geschäftsdingen weniger begabt als im Erfinden von Papiermaschinen und lässt sich sein Patent von seinem Arbeitgeber abschwatzen, der es sich wiederum von seinem englischen Schwager abjagen lässt. Robert verdient ganze 2400 Francs an seiner bahnbrechenden Arbeit und fristet sein Dasein nach dem Konkurs der Papierfabrik von Esonne als Volksschullehrer. Indes verbessern die Engländer seine Erfindung, und 1820 steht Europa voll von zur Massenproduktion bereiten Papiermaschinen. Doch die Menschen tragen weiter Baumwollkleidung, und so kann man die Hochleistungsapparaturen nicht füttern.

Man zerbricht sich den Kopf, was sich außer Lumpen noch zur Papierherstellung eignen könnte. Der Zoologe Antoine Réaumur macht schon 1719 eine Entdeckung: „Die amerikanischen Wespen bilden ein sehr feines Papier, ähnlich dem unsrigen“, stellt er in einem Bericht an die französische Akademie fest, „sie lehren uns, dass es möglich ist, Papier aus Pflanzenfasern herzustellen, ohne Lumpen zu gebrauchen; sie scheinen uns geradezu aufzufordern, ebenfalls ein feines und gutes Papier aus gewissen Hölzern herzustellen.”

Die Wespen leisten offenbar erstklassige Arbeit: Als Réaumur einem Papierfabrikanten ein Stück eines Wespennestes zeigt, glaubt der, das Erzeugnis eines konkurrierenden Papierherstellers aus Orléans vor sich zu haben.

Der Regensburger Theologe und Naturforscher Jacob Christian Schäffer versucht Papier aus Tannenzapfen, Brennnesseln, Mais und Stroh herzustellen. Einen anderen und sehr zukunftsweisenden Einfall zur Eindämmung der Papierknappheit hat 1774 der Göttinger Gelehrte Justus Claproth: Er legt eine „Erfindung, aus gedrucktem Papier wiederum neues Papier zu machen“ vor – das erste Recyclingverfahren.

DIE HOLZFASER WIRD ENTDECKT. In den vierziger Jahren des 19. Jahrhunderts macht sich der Geologe Isaiah Deck auf die Suche nach Kleopatras Smaragdminen in Ägypten. Die findet er nicht, dafür aber Mumien. Der gewitzte Wissenschaftler hat Geschäftssinn und stellt folgende Rechnung auf: Geht man von 2.000 Jahren Mumifizierung, einer durchschnittlichen Lebenserwartung von 33 Jahren und einer gleichbleibenden Bevölkerung von 8 Millionen im Nildelta aus, kommt man auf etwa 500 Millionen Mumien. Eine Durchschnittsmumie bringt um die 8 Pfund Leinen. Wenn das kein Ausweg aus der Papiernot ist! Obendrein mumifizierten die alten Ägypter auch ihre heiligen Bullen, Katzen, Ibisse und Krokodile. Bei diesen Rechenexempeln scheint es nicht geblieben zu sein; 1856 schreibt der *Syracuse Daily Standard*: „Unser Blatt ist jetzt aus Lumpen direkt aus dem Land der Pharaonen hergestellt.“

Allzu lange muss man sich dieser horrorfilmverdächtigen Rohstoffquelle nicht bedienen: etwa zur selben Zeit gelingt es dem Webermeister Friedrich Gottlob Keller, einen Holzfaserbrei herzustellen, indem er Holz unter Druck und Zugabe von Wasser an einen rotierenden Schleifstein presst. Dieser Holzfaserbrei ergibt ein grobes, dunkles, aber brauchbares Papier.

PAPIERPREISE SACKEN IN KELLER. Der Papierfabrikant Voelter perfektioniert das Holzschliffverfahren. Nach der Umstellung der Maschinen von Hadern auf Holz beginnt 1860 die Massenproduktion – denn Holz gibt es in Mengen. In England beispielsweise versiebenfacht sich zwischen 1861 und 1900 die Papierproduktion.

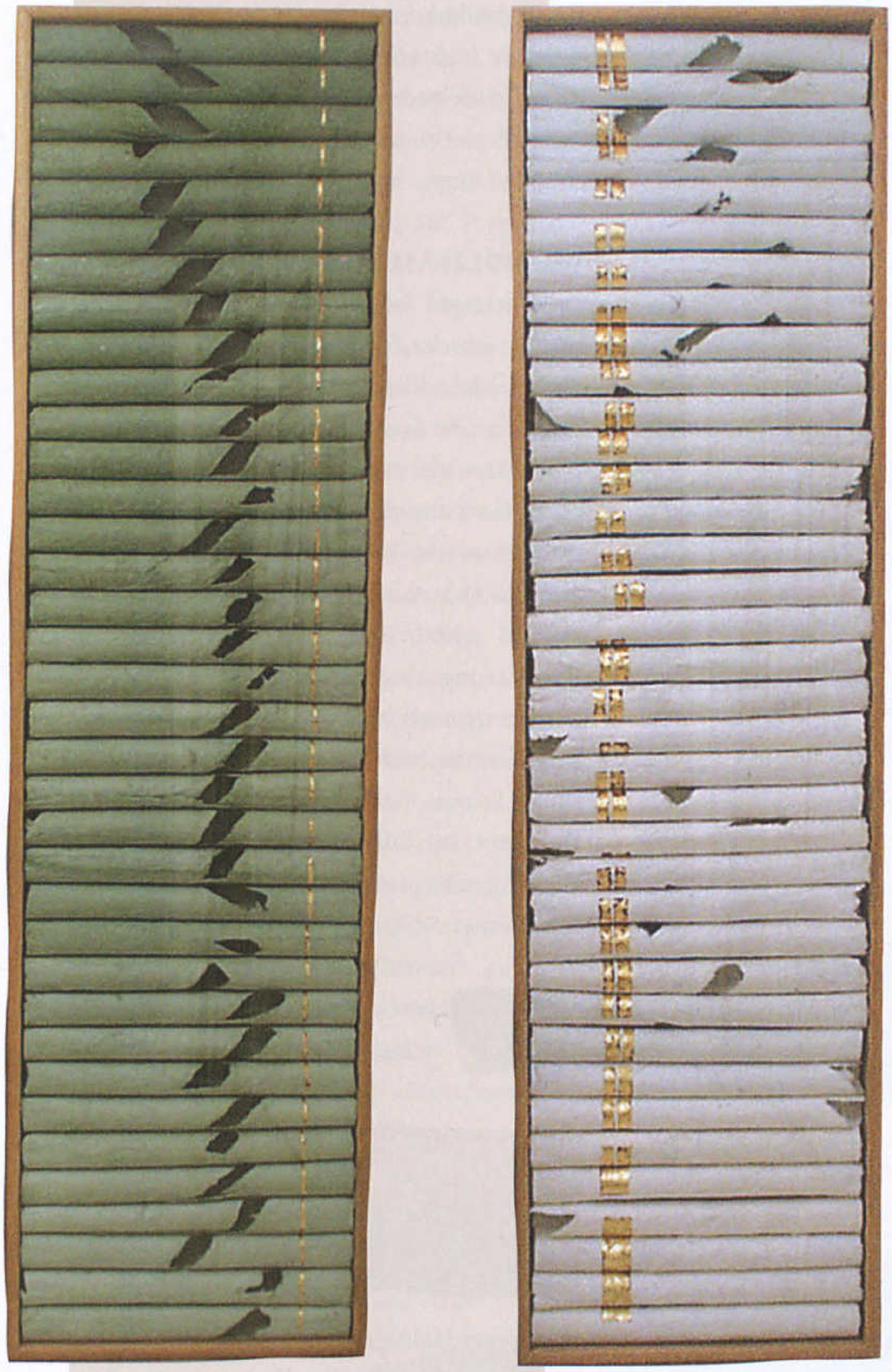
Die Papierpreise sacken in den Keller. „Es ist das erste Mal in der Geschichte der

Gesprengte Säulen, 1997
Papier (Kozo) geschlagen, gebunden, 75 x 225 x 37 cm.

Abbildungen: Dorothea Reese-Heim

Dorothea Reese-Heim lehrt an der Universität Paderborn im Fachbereich Kunst, Musik, Gestaltung. Die in Paderborn und München lebende Künstlerin wurde mit zahlreichen Preisen ausgezeichnet, u.a. erhielt sie den Lotte-Hofmann-Gedächtnispreis für Textilkunst 2002 sowie den Bayerischen Staatspreis 1995. Noch bis zum 6. Oktober 2004 präsentiert sie ihre Papierkunst in einer Sonderausstellung im Heinz-Nixdorf-MuseumsForum, Paderborn. „PapierKunst – 365 x im HNF“, www.hnf.de

Für die freundliche Genehmigung einige ihrer Ausstellungsobjekte in *Kultur & Technik* abzubilden, bedanken wir uns herzlich bei Frau Reese-Heim.



Weiße Bibliothek
Installation, 1994/96
Zellulose, Hadern,
Pigment, Transfergold
190 x 150 x 10 cm.

Menschheit, dass die Möglichkeit besteht, allen zu lesen zu geben." Die Zeitungsauflagen schießen in die Höhe, endlich kann sich jeder eine Zeitung leisten und sich informieren: „Das ist die Geburtsstunde der Demokratie", betont de Biasi.

Das Massenprodukt erobert rasch neue Märkte: Während zu Zeiten D'Alemberts 98 Prozent des Papiers in die Buchherstellung gingen, machen Bücher heute nur noch magere 0,3 Prozent des Papierverbrauchs aus. „Wir stellen 3.000 verschiedene Sorten Papier, Karton und Pappe her", berichtet Manfred Kühn vom Verband Deutscher Papierfabriken. Die heutigen Papiermaschinen sind 350 Meter lang, über 10 Meter breit und laufen Tag und Nacht mit einer Geschwindigkeit von 120 Kilometer pro Stunde. Sie können eine Tagesleistung von über 1.600 Tonnen erreichen. Jährlich werden auf unserem Globus 300 Millionen Tonnen Papier produziert. „Mit dem Papier, das weltweit an einem Tag hergestellt wird, kann man eine Straße von Norwegen nach Frankreich pflastern", so de Biasi.

PAPIERVERBRAUCH SPIEGELT WOHLSTAND. Deutschland ist nach den USA Vizeweltmeister im Papierverbrauch: Jährlich benutzt jeder Deutsche im Schnitt 230 Kilogramm gegenüber 32 Kilogramm in den 1950er Jahren. „Der Papierverbrauch spiegelt den Wohlstand einer Gesellschaft", betont Oliver Salge, Waldexperte bei Greenpeace Deutschland. So liegt der Papierverbrauch in Äthiopien beispielsweise bei nur rund 0,5 Kilogramm jährlich. „Noch benutzen die Chinesen nur 16 Kilo pro Kopf und Jahr", hebt Salge hervor, „aber diese Zahl wird bald radikal ansteigen."

Durch die Einführung von Computern ist der Papierverbrauch nicht etwa gefallen, sondern noch angestiegen. E-Mails, Internetseiten, Erstentwürfe von Schriftdokumenten – alles wird ausgedruckt. Aus der in den 1980er Jahren schon ausgerufenen „Ära des papierlosen Büros" ist nichts geworden. „Der Mensch hält einfach gern etwas in den Händen", stellt Kühn lakonisch fest.

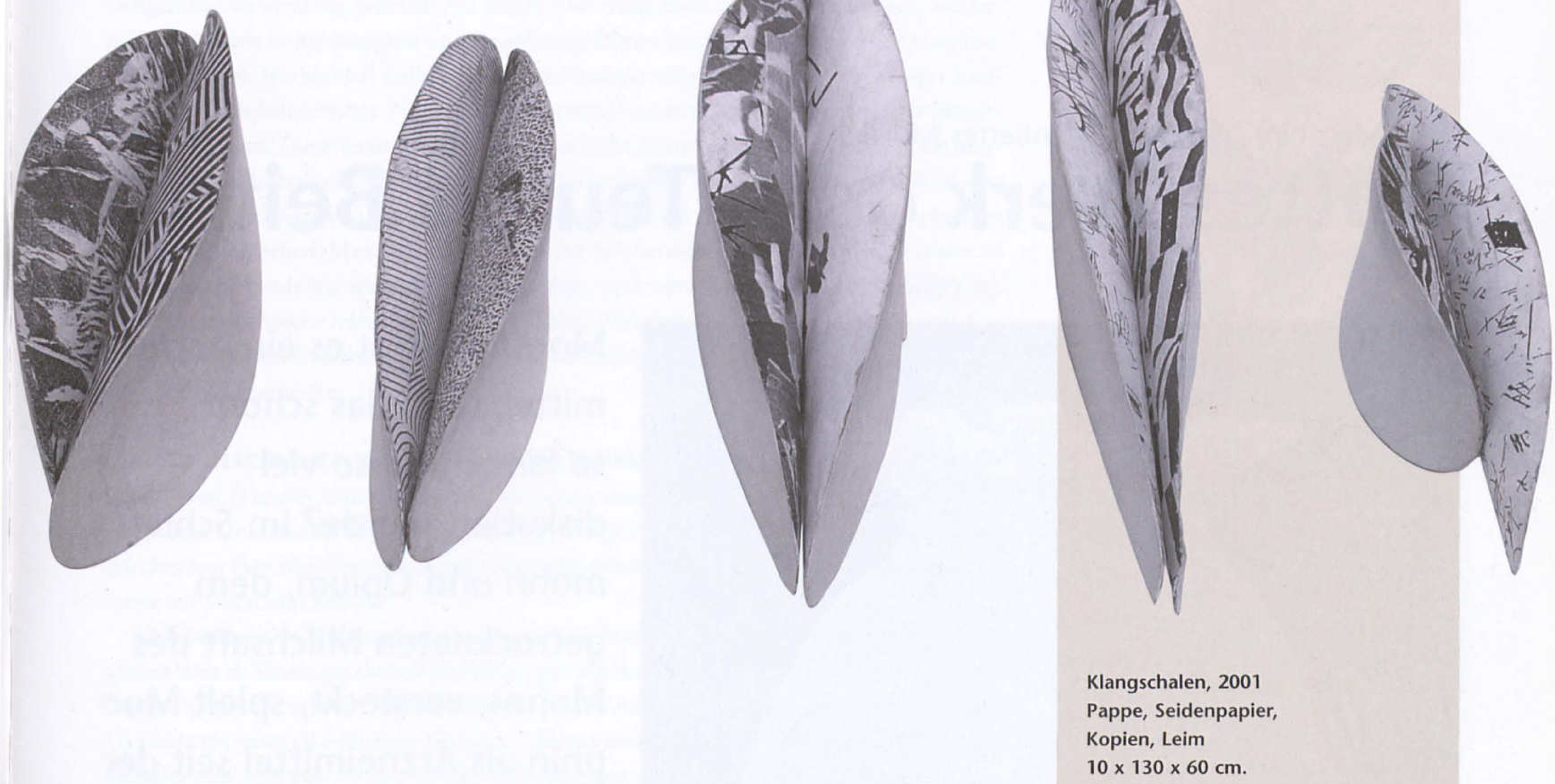
Der enorme Papierverbrauch birgt Gefahren für unseren Planeten: Die Papierindustrie schlägt die letzten Urwälder der Erde ein. 50 bis 70 Prozent der Urwaldbestände, die in Kanada, Russland und Skandinavien gefällt werden, fließen in die Papierproduktion, erläutert Salge. „Auch tausendjährige Bäume mit 5 Metern Durchmesser gehen schon mal in die Papierherstellung", bemerkt der Waldexperte. In Indonesien sei der Kahlschlag so groß, dass in zehn Jahren vermutlich der letzte Urwald dort vernichtet ist.

UMWELTFREUNDLICHE PAPIERHERSTELLUNG IST MÖGLICH. Die Rodung von Urwäldern erhöht den Kohlendioxidgehalt in der Luft und trägt erheblich zur Klimaerwärmung bei. Zudem bedeutet die Verringerung von Urwaldregionen einen Artenverlust: „Derzeit sterben weltweit täglich 150 Tier- und Pflanzenarten aus", berichtet Salge.

Die Herstellung von Papier bedeutet aber keineswegs schicksalhaft die Zerstörung der Umwelt. Bereits in den 1980er Jahren verzeichneten Umweltverbände in Europa einen großen Erfolg. Bis dahin wurde der braune Holzzellstoff durch Chlorbleiche zu weißem Papier. Die Folge: Chlorverseuchte Flüsse und Fischsterben. Umweltschützer erwirkten, dass ab Anfang der 1990er Jahre mit Sauerstoff gebleicht wurde. Seither haben die Flüsse sich deutlich erholt.

Auch zur Urwaldrodung gibt es eine Alternative: Die Zertifizierung nach dem FSC (Forest Stewardship Council). Dieser Zusammenschluss wird weltweit von Umweltorganisationen, Gewerkschaften, Interessensvertretern indigener Völker sowie Unternehmen aus der Forst- und Holz-

Abbildungen: Dorothea Reese-Heim



Klangschalen, 2001
Pappe, Seidenpapier,
Kopien, Leim
10 x 130 x 60 cm.

wirtschaft unterstützt. Umweltfreundlich hergestellte Papiere erhalten ein auf der Verpackung sichtbares FSC-Siegel: Das wird nur erteilt, wenn beispielsweise auf Urwaldrodung und Pestizide verzichtet wird. „Derzeit kennen nur 1 Prozent der Deutschen das Siegel", konstatiert Salge, „wir müssen es unter den Verbrauchern bekannt machen, damit es als Druckmittel funktioniert."

Auf Umweltrodung kann jedoch auf lange Sicht nur verzichtet werden, wenn gerade reiche Länder ihren Papierverbrauch drosseln: „Wenn die Hälfte der Erdbevölkerung so viel Papier verbrauchen würde wie die Deutschen, würden alle Wälder der Welt nicht reichen, den Bedarf zu decken", betont Salge. Einiges wäre schon gewonnen, so der Umweltschützer, wenn Verpackungen reduziert und Papierbögen öfter doppelseitig bedruckt würden.

MANGELNDE NACHFRAGE BEI RECYCLINGPAPIEREN. Fleißig tragen die Deutschen ihren Papiermüll zum Container: Mit einer Rückgabequote von rund 70 Prozent sind sie weltweit führend. Allerdings ist es hierzulande aus der Mode gekommen, Recycling-Papier zu kaufen. Es hat einen schlechten Ruf. Zu Unrecht, betont Salge, „heute unterscheidet sich recyceltes Papier qualitativ kaum noch von Frischfaserpapier."

Aufgrund mangelnder Nachfrage nahm beispielsweise das Karstadt-Warenhaus Anfang der 1990er Jahre Recycling-Papier aus dem Sortiment. Jetzt legt der Konzern das verschmähte Papier nicht mehr auf die unteren, schwer erreichbaren Regale, sondern auf mittlere, damit die Kunden eher zugreifen. So hofft Karstadt, das umweltschonende Papier wieder vermehrt unter die Leute zu bringen.

Dass der Papierverbrauch in der digitalisierten Welt noch angestiegen ist, wundert de Biasi nicht: Er sieht zwischen Mensch und Papier eine geradezu körperliche Intimität: „Papier ist dem Menschen in vielem ähnlich. Es ist schwach und altert. Der kleinste Unfall, und es reißt. Papier fühlt sich angenehm an, riecht gut und entspricht unserem Lesetempo, unserem Rhythmus." Ob diese schon 2.000 Jahre währende Liebesaffäre zwischen Mensch und Papier sich in Zukunft mit einer lebenswerten Umwelt verträgt, liegt in unserer Hand. ■■

KATHARINA KRAMER ist freie Journalistin mit Schwerpunkt Wissensthemen. Zahlreiche Veröffentlichungen in regionalen wie überregionalen Printmedien.

Morphin – ein hoch talentiertes Molekül

Gottes Werk oder Teufels Beitrag?

Morphin! Gibt es ein Arzneimittel, über das schon so lange und so viel diskutiert wurde? Im Schlafmohn und Opium, dem getrockneten Milchsaft des Mohns, versteckt, spielt Morphin als Arzneimittel seit der Antike eine beachtliche Rolle. Aus Opium wurde Morphin im frühen 19. Jahrhundert isoliert und ging dann als erster basischer Pflanzeninhaltsstoff in die Geschichte ein. **Von Fritz Eiden**

Angeritzte Schlafmohnkapsel mit Milchsaft-„Tränen"

Auch heute noch wird Morphin mit großem Erfolg zur Unterdrückung starker Schmerzen verwendet und ist oft, trotz zahlreicher anderer Schmerzmittel, unersetzlich. Allerdings ist sachgemäße Verwendung geboten! Auf falsche Dosierung kann Atemlähmung folgen, wiederholter Gebrauch zu Abhängigkeit und Gewöhnung führen. Nach der Aufklärung der Morphinstruktur im 20. Jahrhundert stellte man durch Synthese ungezählte mehr oder weniger morphinähnliche Substanzen her. Ziel war die Gewinnung hochwertiger Schmerzmittel mit weniger Nebenwirkungen. Diese Versuche führten zu einer Fülle neuer Wirkstoffe: zu solchen, die Morphin in der schmerzlindernden Kraft erheblich übertreffen, zu anderen mit krampflösenden oder narkotischen Eigenschaften und sogar zu Substanzen, die die Wirkungen des Morphins im Organismus aufheben. Man lernte den Ablauf der Schmerzbildung und -hemmung besser zu verstehen und entdeckte spezielle Signalempfangs- und -vermittlungsstationen (Rezeptoren), die durch körpereigene oder von außen zugeführte Wirkstoffe beeinflusst werden können. Das ideale Schmerzmittel allerdings, hochwirksam und weitgehend nebenwirkungsfrei, wurde bisher noch nicht gefunden.

DIE VORGESCHICHTE DER MORPHINENTDECKUNG. Ausgrabungen zufolge hat der Schlafmohn (*Papaver somniferum*) die Menschen seit prähistorischer Zeit begleitet. Frühe schriftliche Hinweise auf therapeutische Anwendungen lassen sich assyrischen Tontafeln und griechischen Papyrusrollen entnehmen. Eindeutig erkennbar ist der Mohn bei antiken Skulpturen, auf Vasen und Reliefs.

Schlafmohn: Der Schlafmohn, ursprünglich im Mittelmeerraum angebaut, später auf der ganzen Welt zu Hause, produziert Morphin und viele andere alkaliähnliche Substanzen (Alkaloide). Diese sind in allen Pflanzenteilen zu finden mit Ausnahme der Samen, die statt der Alkaloide ein fettes Öl enthalten. Übrigens: Der auf unseren Äckern wachsende, rot blühende Klatschmohn (*Papaver rhoeas*) enthält statt Morphin andere Alkaloide, u.a. Rhoeadin, das nicht zu den Opiumalkaloiden gehört. Die Einnahme von Klatschmohnfrüchten ist nicht ungefährlich.

Opium: Der Name kommt aus dem Griechischen und bedeutet „Saft". Opium ist an der Luft getrockneter und braun gewordener Milchsaft des Schlafmohns, der beim Anschneiden unreifer Samenkapseln (Früchte) ausgeschieden wird. Er wird gesammelt und zu braunen, brotförmigen Stücken zusammengeknetet. Diese heute noch angewandte, mühevolle, aber effiziente Methode (Opium kann bis zu 20 Prozent Morphin enthalten) war schon im Altertum bekannt, wie uns Zeitzeugen, die zwischen 500 vor bis 200 nach Christus lebten, mitgeteilt haben: Der griechische Geschichtsschreiber Herodot oder der Aristotelesschüler Theophrastos, die römischen Schriftsteller Plinius secundus und Celsus sowie die berühmten, aus Griechenland stammenden Ärzte Dioskurides und Galenus.

Mithridat und Theriak. Von der Antike über das Mittelalter bis zum 19. Jahrhundert hatten viele Ärzte eine Vorliebe für opiumhaltige Universalarzneimittel. Diese wurden bei den verschiedensten Vergiftungen und Erkrankungen in Form von Latwergen (brei- oder teigartigen Zubereitungen) verordnet. Sie enthielten neben Opium zahlreiche gepulverte Arzneipflanzenteile und Gewürze. Viele Jahrhunderte lang war ein Zusatz von Schlangenfleisch vorgeschrieben. Diese skurrilen Mischungen sollen Mithridates (100 v.Chr.), König in Kleinasien, und Andromachus, Leibarzt von Nero (50 n.Chr.) erfunden haben, was die Namen Mithridat bzw. Theriak (griech., von Schlange oder Tier) erklärt. Kompetente persische, arabische oder jüdische Wissenschaftler und Ärzte wie Avicenna, Averroes und Maimonides (1000 bis 1200 n.Chr.) beschrieben die Herstellung dieser Latwergen und ihre Anwendung (zum Einnehmen). Im berühmten Dispensatorium des Valerius Cordus von 1546 sind mehrere solcher Mithridat- und Theriakvorschriften mit über 60 Bestandteilen – darunter „Opium thebaicum" oder „Opium papaveraceum" – angegeben. Nebenbei: Noch im späten 19. Jahrhundert wurden opiumhaltige Latwergen in deutschen und französischen Arzneibüchern vorgeschrieben (wobei allerdings die Komponentenzahl auf ein Dutzend geschrumpft war).

Schlafmohn (*Papaver somniferum*) mit Blüte und Samenkapsel.

Rezeptoren: Grundsätzlich sind Rezeptoren Zellstrukturen, die durch Anlagerung passender Wirkstoffe zur Aufnahme und Weiterleitung von Botschaften stimuliert werden können. Rezeptoren mit Schmerzmeldungsfunktion nennt man Nocizeptoren. Bei der Schmerzlinderung durch endogene und exogene Substanzen spielen die so genannten Opioid-Rezeptoren eine besondere Rolle.

Ein Theriakhändler präsentiert eine Schlange als Bestandteil seiner Arznei (17. Jh.).

Abbildungen: Privatsammlung Eiden

Öffentliche und amtlich kontrollierte Theriak-Zubereitung (16. Jh.).

Opium selbst, Opiumtinkturen und Extrakte (alkoholische Opiumauszüge) kamen in Mitteleuropa vergleichsweise spät zum therapeutischen Einsatz. Erst im 16. Jahrhundert sind sie in Arzneitaxen zu finden. Dabei lassen manchmal niedrige Preise vermuten, dass Meconium gemeint ist, ein weniger wirksamer, aus der ganzen Mohnpflanze hergestellter eingedickter Extrakt. Paracelsus soll selbst Opiumtinktur eingenommen und als Laudanum verordnet haben. Mitte des 17. Jahrhunderts kam durch den berühmten englischen Arzt Thomas Sydenham die *Tinktura Opii crocata*, eine mit Safran aromatisierte Opiumtinktur, in Mode. Schriftsteller wie Samuel T. Coleridge, Thomas de Quincey oder Charles Baudelaire machten im 18. und 19. Jahrhundert Gebrauch und Missbrauch von Opiumzubereitungen weithin bekannt.

DIE ENTDECKUNG DES MORPHINS. 1803, als Napoleon noch Konsul war, hat ein „Citoyen" Derosne aus Paris in den *Annales de Chimie* die Ergebnisse seiner Opiumanalyse veröffentlicht. Die Angaben Derosnes, die man im Orginal oder Trommsdorffs Übersetzung von 1804 nachlesen kann, wurden experimentell überprüft und bestätigt. Wir können danach heute sgen: Derosne erhielt aus einem wässrigen Opiumauszug Salze von Morphin und anderen Opiumalkaloiden und daraus, nach Alkalizusatz, das (wahrscheinlich reichlich verunreinigte) Morphin und dazu dessen Alkalisalz (denn Morphin ist auch eine Säure). Aus dem alkoholischen Extrakt des Opiumrückstandes isolierte er eine kristalline Substanz, die 1817 von Robiquet als Narcotin identifiziert wurde. Das im Handel erhältliche „Sel del Derosne" wurde wahrscheinlich nach dem dritten Verfahren gewonnen und bestand somit vor allem aus Narcotin und Narcotinsalzen. Übrigens: Wer war denn dieser Bürger Derosne, der uns seinen Vornamen verschweigt? In der deutschen Literatur ist meist von einem Charles die Rede. Nach französischen Quellen gab es aber (mindestens) zwei Brüder Derosne: Louis-Charles (1780–1846) und Francois (1774–1855). Beide waren Apotheker in Paris. Während Louis-Charles eine später weltbekannte Maschinenfabrik gründete, machte sich Francois mit der Erfindung phosphorhaltiger Zündhölzer und – wahrscheinlich – dem „Derosne'schen Salz" einen Namen.

1804 hält Séguin einen Vortrag: Armand Séguin (1765–1835), Schüler von Lavoisier und wohlhabender Armeelieferant, hielt 1804 am Institut de France einen Vortrag über die Analyse von Opium. Veröffentlicht hat Séguin seine Arbeiten allerdings erst 1814.

Als Entdecker des Morphins wird meistens Friedrich Wilhelm Sertürner (1783–1841) genannt und als Entdeckungszeit das Jahr 1804. Der in Neuhaus (Westfalen) geborene Friedrich Wilhelm Sertürner begann 1799 mit einer Apothekerlehre in Paderborn und bestand 1803 die Gehilfenprüfung. 1805 erschien seine erste Veröffentlichung. Im XIII. Band von Trommsdorffs Journal der Pharmacie berichtete er unter dem Titel „Säure im Opium" auf anderthalb Seiten, dass Opiumtinktur Lackmustinktur rötet, mit Eisensalzlösung einen braunen und mit Kalkwasser einen weißen Niederschlag gibt.

1805 sucht Sertürner eine Säure im Opium: Immer noch 1805 veröffentlichte Sertürner im gleichen Journal einen „Nachtrag zur Charakteristik der Säure im Opium". Er wollte überprüfen, ob die „Opiumsäure" eine noch unbekannte Säure ist, fand aber neben den beschriebenen Proben keine stichfesteren neuen Hinweise. In einem Kommentar zweifelte Trommsdorff an der Beweiskraft der Untersuchungen, weil „die Opiumauszüge mehrere Bestandteile enthalten, die hier influieren können". In diesen beiden Arbeiten Sertürners ist ausschließlich von einer Pflanzensäure die Rede.

1806 vermutet Sertürner im Opium eine Säure und eine Base. Er veröffentlicht im XIV. Band von Trommsdorfs *Journal* seine dritte Arbeit unter dem Titel: „Darstellung der reinen Mohnsäure (Opiumsäure) nebst einer chemischen Untersuchung des Opiums mit vorzüglicher Hinsicht auf einen darin neu entdeckten Stoff und die dahin gehörigen Bemerkungen". Nach einer Reihe von Farb- und Fällungsreaktionen beschreibt er über fünfzig „Nähere Untersuchungen", bei denen Versuche hervorzuheben sind, die der Isolierung und Reinigung einer kristallinen Säure (der Mohnsäure) sowie eines (durch Ammoniakzusatz gewonnenen) kristallinen „schlafmachenden" Stoffes dienen. Solche schlaferzeugenden und dazu brechenerregenden Wirkungen hat Sertürner an Hunden beobachtet. Zum Artikelende merkt Sertürner an, dass er von Derosnes Untersuchungen erfahren habe, und „dass die Entdeckung dieses Körpers Derosnen gebührt". Das Wichtigste folgt dann in einer Fußnote: „Auch bin ich nicht geneigt zu glauben, dass der schlafmachende Stoff seine den Kalien fast ähnliche Eigenschaft von den zur Scheidung angewandten Kalien erhält, vielmehr sehe ich dies als eine auszeichnende Eigenschaft seiner Mischung an". Wenn Sertürner unter „Mischung" Zusammensetzung versteht, war das bei der mäßigen Aussagekraft seiner Experimente eine mutige Hypothese.

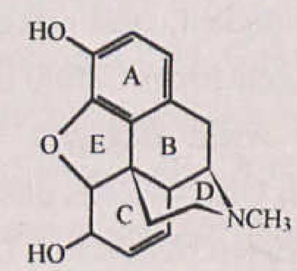
1817 berichtet Sertürner von einer Base im Opium. Diese Arbeit erschien in den von L. W. Gilbert herausgegebenen *Annalen der Physik* mit dem Titel „Ueber das Morphium, eine neue salzfähige Grundlage, und die Mekonsäure, als Hauptbestandteile des Opiums". Einleitend meint Sertürner, dass seine Untersuchungen (von 1805 und 1806) und die Derosne'sche Opiumanalyse (von 1803) „beinahe gleichzeitig unternommen" und so widersprechend seien, „dass dieser Gegenstand so gut wie im Dunkel blieb". Nun aber könne er beinahe alle seine Beobachtungen in ihrem ganzen Umfange bestätigen. Derosne habe nur eine Verbindung des Morphiums mit der Opiumsäure gefunden. Sertürner berichtet dann ausführlich über das „Morphium", seine Isolierung durch Ammoniakzugabe zum wässrigen Opiumextrakt, seine Eigenschaften (Farblosigkeit, Basencharakter, bitterer Geschmack), stellt eine Reihe von Morphinsalzen her und gibt an, dass das Morphium „wahrscheinlich aus Sauerstoff, Kohlenstoff und Wasserstoff bestehe, vielleicht auch Stickstoff".

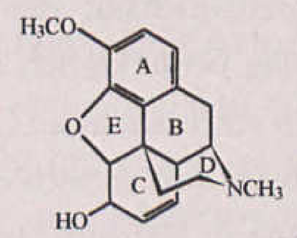
Um die physiologischen Wirkungen festzustellen, „habe ich mich selbst zu den Versuchen hergeben und ich bewog drei Personen, von denen keine über 17 Jahre alt war, zugleich mit mir Morphium einzunehmen". Alle nahmen nun ein halbes Gran (etwa 35 mg) ein , wonach sich das Gesicht rötete und die „Lebenstätigkeit im Allgemeinen gesteigert schien". Nach einer halben Stunde nahm jeder der vier Probanden wieder ein halbes Gran Morphium ein und nach einer weiteren Viertelstunde, trotz Erbrechen, Kopfschmerz und Betäubung, zum drittenmal ein halbes Gran. Das Ergebnis: Magenschmerzen, an Ohnmacht grenzende Betäubung und Zucken der Extremitäten. Nachdem Sertürner sich und den anderen starken Essig eingeflößt hatte, erfolgte allgemeines heftiges Erbrechen, das erst durch Magnesiumcarbonat-Einnahme beendet werden konnte. „Die Nacht ging unter starkem Schlaf vorüber. Mangel an Leibesöffnung (Verstopfung) und Esslust, Betäubung, Schmerzen in dem Kopfe und Leibe verloren sich erst nach einigen Tagen". Da tritt doch dem Leser der Schweiß auf die Stirn! Was trieb Sertürner dazu, sich und seinen drei jugendlichen Probanden kurz nach einer Vergiftung mit 70 Milligramm von der bis dato unbekannten Substanz noch einmal 35 mg einzuverleiben? Wie auch immer – das Morphium war entdeckt und als Base und Wirkstoff nachgewiesen!

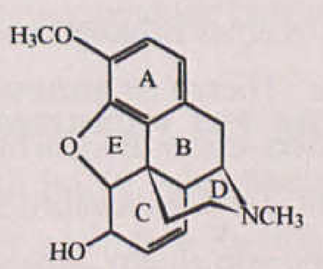
Im gleichen Artikel beschreibt Sertürner noch die Isolierung und Charakterisierung der Mekonsäure. Diese fällt er nach dem Abscheiden des Morphiums mit Ammoniak aus dem Filtrat mit Bariumchlorid und setzt sie dann mit Schwefelsäure frei. Sertürner findet, dass der Genuss der Mekonsäure keine Folgen hat, „obgleich ich 5 Gran (etwa 350 mg) davon zu mir genommen habe."

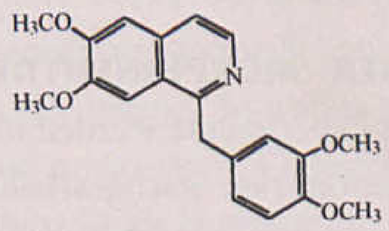
Der angesehene französische Chemiker Gay-Lussac hat der „Entdeckung einer alkalischen Basis, welche aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff besteht", höchste Wichtigkeit beigemessen. Er hat Versuche wiederholt und bestätigt und gab bekannt, dass sein Kollege Robiquet weitere Untersuchungen angefangen habe. Gay-Lussac betonte außerdem, „dass durch die Entdeckun des Morphiums ein neues Feld eröffnet wird und dass wir nun bald genaue Begriffe von den Giften des Pflanzenreichs und des Thierreichs erlangen werden". Angemerkt: Gay-Lussac hat 1817 Sertür-

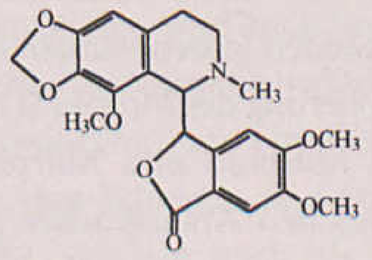
Der deutsche Apotheker Friedrich Wilhelm Sertürner (1783–1841) spürte 1806 im Opium eine Base auf. 1817 beschrieb er die Isolierung dieser alkaliähnlichen Substanz und einige ihrer physiologischen Wirkungen und nannte sie Morphium.











Die Formeln der wichtigsten Opiumalkaloide von oben nach unten: Morphin, Codein, Thebain sowie (weniger morphinähnlich) Papaverin und Narcotin (Noscapin).

Abbildungen: Privatsammlung Eiden

ners „Morphium“ in „la Morphine“ umgetauft und sich damit durchgesetzt. Der Name Alkaloid für basische (alkaliähnliche) Pflanzeninhaltsstoffe stammt aus dem Jahre 1819 und wurde von dem deutschen Apotheker Wilhelm Meichsner vorgeschlagen.

SERTÜRNER WARNT VOR DER „HOCHGIFTIGEN“ MEKONSÄURE. Immer noch 1817 (und wieder in *Gilberts Annalen*) veröffentlichte Sertürner eine weitere und nun reichlich kuriose Abhandlung, die zeigt, dass Sertürners Aussagen mit Vorsicht zu behandeln sind. Unter dem Titel: „Ueber eins der fürchterlichsten Gifte der Pflanzenwelt“ berichtet er: „Das Morphin steigert nämlich die Lebensthätigkeit, und erregt in geringen Dosen ein angenehmes Gefühl und Schlaf; die Mekonsäure wirkt dagegen fast in jeder Menge als ein Gift, welches unstreitig zu den größesten Feinden thierischen Lebens gehört. Zwar habe ich in meiner vorigen Abhandlung von der Unschädlichkeit der Mekonsäure geredet, zufällig bemerkte ich aber seitdem, daß sie zu den schrecklichsten Giften gehört“. Sertürner gab an, dass er nach der Einnahme von mekonsaurem Natrium „von einem Gefühl befallen wurde, welches wohl den letzten Augenblicken eines Erhängten wenig nachgeben möchte“. Hierzu ist anzumerken, dass es mit Sertürners erster Beobachtung der Unschädlichkeit der Mekonsäure seine Richtigkeit hatte und von einem „schrecklichen Gift“ nicht die Rede sein kann.

NACH DER MORPHINENTDECKUNG. Sertürners Experimente wurden in verschiedenen Laboratorien nachgearbeitet und – von der angeblichen Giftigkeit der Mekonsäure abgesehen – im Wesentlichen bestätigt. In den folgenden Jahren wurden die Methoden zur Isolierung des Morphins aus Opium verbessert, Morphin und Morphinsalze in die europäischen Arzneibücher aufgenommen.

1831 erhielt Sertürner den Montyon-Preis des Institut de France für die Entdeckung der basischen Eigenschaft des Morphins. Einige Jahre später stellte Emanuel Merck Morphin aus Opium in industriellem Maßstab her. Bis Mitte des 19. Jahrhunderts hatte man weitere

Eine Morphininjektion soll quälende Entzugserscheinungen beseitigen. Lithografie „Morphinomanie“ von E.-S. Grasset (1841–1917).

Opiumalkaloide entdeckt, darunter Codein (Analgeticum und Hustenmittel), Thebain (Krampfgift), Papaverin und Narcotin (= Noskapin, krampflösend; Formeln dazu siehe Seite 55).

Morphin als Analgetikum. Schon 1817 hatte Sertürner von der erfolgreichen Einnahme des Morphiums bei Zahnschmerzen berichtet. Im Laufe des 19. Jahrhunderts nutzte man zunehmend (und durch industielle Werbung gefördert) die analgetischen und hustenstillenden Eigenschaften von Morphin- und Codeinsalzen. Versuche, die orale Einnahme durch transdermale Methoden (Einschleusung des Morphins durch die verletzte Haut) zu verbessern, fanden damals wenig Anklang. Erst durch Injektionen wässriger Morphinsalzlösungen mit Hilfe von Kolbenspritzen (wie dem 1853 durch Pravaz eingeführten Gerät) wurde eine schnellere und zuverlässigere Schmerzlinderung erreicht. Allerdings merkte man bald, dass durch eine rasch wirkende Morphinsalz-Injektion auch

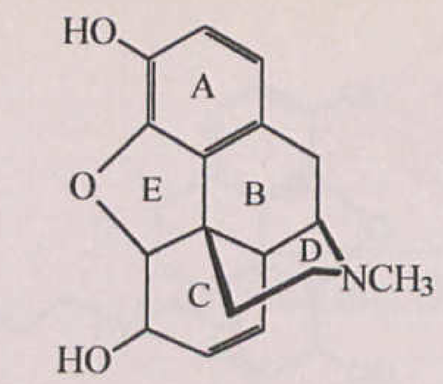
das Glücksgefühl so sehr gesteigert werden kann, dass der Wunsch nach wiederholter Morphinzufuhr wächst und damit die Gefahr psychischer und körperlicher Abhängigkeit.

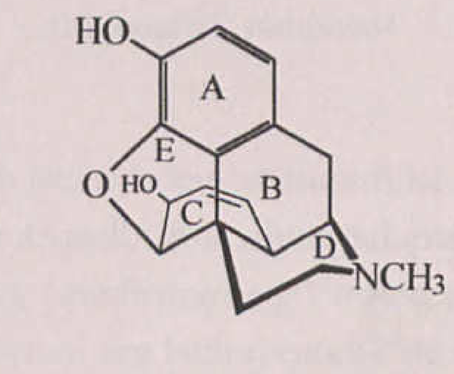
Inzwischen hat man gelernt, dass man mit einer regelmäßigen Morphinzufuhr zu festgelegten Tageszeiten am wirkungsvollsten starke Schmerzen unterdrücken kann und dass dabei die Suchtgefahr besonders gering ist, wenn das Morphin oral verabreicht wird oder transdermal mit Hilfe präparierter Pflaster.

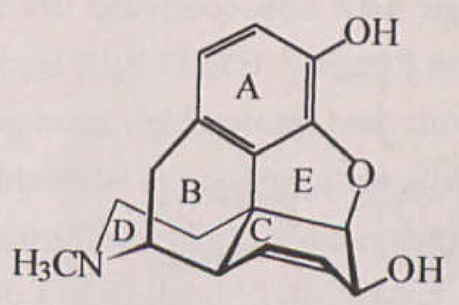
Schmerz – was ist das? Obwohl jeder Mensch in seinem Leben Schmerzen kennen lernt, wird er bei der Frage nach einer Definition von Schmerz in Bedrängnis geraten. Versuchen wir's trotzdem: Schmerzen sind unangenehme, oft quälende, manchmal unerträgliche Empfindungen, denen man, wenn möglich, aus dem Wege geht. Und nun genauer: Schmerzen sind Empfindungen, die meist durch Schädigungen (Verletzung, Verbrennung, Verätzung, Zerrung, Quetschung, Entzündung) von Körpergewebe verursacht werden. Dabei werden schmerzbildende Stoffe freigesetzt, die durch Reaktion mit Schmerzrezeptoren diese veranlassen, den Schaden über ein Leitungsnetz dem Zentralnervensystem (Rückenmark und Gehirn) zu melden. Worauf dort eine Empfindung entsteht, die wir Schmerz nennen.

Schmerzlinderung. Neben diesem Schmerzbildungssystem gibt es im Organismus von Säugetieren auch ein schmerzhemmendes System, das die Aufgabe hat, die Schmerzvermittlung zu erschweren. Das kann durch Stimulation bestimmter Rezeptoren mit Hilfe körpereigener Peptide (die aus Aminosäuren aufgebaut sind) oder körpereigenem Morphin oder von außen zugeführten Substanzen erfolgen. Bei den letzteren sind vor allem Morphin und morphinähnliche Analgetika zu nennen, Substanzen also, die definitionsgemäß durch Wirkung auf das Zentralnervensystem im Wachzustand Schmerzen lindern oder beseitigen können.

Nicht vergessen sollte man dabei, dass man Schmerzen nicht nur mit Morphin und Morphinderivaten lindern kann. Hier sei auf die weniger stark wirksamen nicht-opioiden Schmerzmittel verwiesen (z.B. Aspirin), auf die Narkotica, die einen schmerzfreien Tiefschlaf erzeugen und die Lokalanästhetika, die an örtlich begrenzten Körperstellen Schmerzunempfindlichkeit bewirken.







Die Morphinkonstitutionsformel (oben) zeigt, dass die Atome in fünf Ringen angeordnet sind, wobei die Ringe A, B, und C aus Kohlenstoff aufgebaut sind (jeder Knick ein C-Atom) und die Ringe D und E neben Kohlenstoffatomen noch ein anderes Atom enthalten, nämlich N = Stickstoff bzw. O = Sauerstoff. Durch das Stickstoffatom in Ring D erhält das Molekül alkaliähnliche Eigenschaften. Die HO-Gruppe in Ring A macht das Molekül zu einer Säure. Die räumliche Anordnung der Atome im Morphinmolekül ist in den beiden darunter stehenden Formeln (von vorn und hinten betrachtet) erkennbar. Die Ringe C und D kann man mit einem Bootskörper vergleichen, auf dem die Ringe A, B und E segelähnlich angebracht sind.

1925 publizierte der englische Chemiker Robert Robinson (1886–1975) die richtige Konstitutionsformel des Morphins.

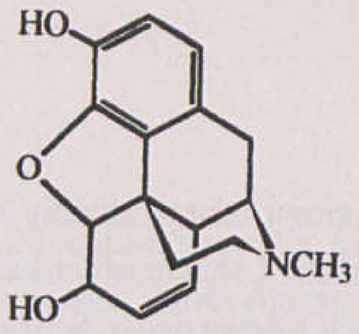
AUFKLÄRUNG DER MORPHINSTRUKTUR. Im 19. Jahrhundert arbeiteten mehrere Wissenschaftler an der Analyse der elementaren Zusammensetzung des Morphins. Die richtige Molekularformel $C_{17}H_{19}NO_3$ wurde 1857 von M.A. Laurent angegeben. Dann rückte man dem Morphinmolekül mit scharfen Reagentien und hohen Temperaturen zu Leibe, um auf Grund von Umsetzungs- und Spaltprodukten die Konstitutionsformel aufzuklären. 1907 kam man dem Ziel ziemlich nahe, jedoch dauerte es noch einmal 18 Jahre, bis R. Robinson und J. M. Gulland eine Formel veröffentlichten, die sich schließlich als die richtige herausstellte. 1952 wurde sie durch eine aufwendige Morphinsynthese von M. Gates und G. Tschudi bestätigt. Einige Jahre darauf konnte auch der räumliche Aufbau des Morphins aufgeklärt werden.

An der Morphinformel ist erkennbar, dass Morphin nicht nur eine Base, sondern auch eine Säure ist und deshalb sowohl mit Säuren als auch mit Basen wasserlösliche Salze bilden kann (siehe nebenstehende Formeln).

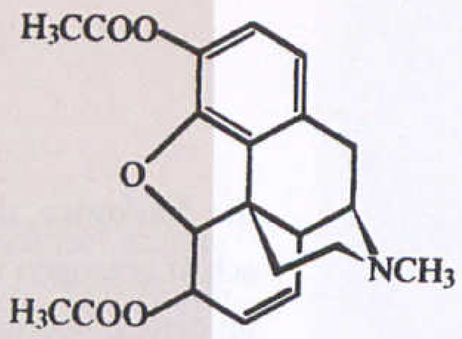
DIE VERÄNDERUNGEN DES MORPHINMOLEKÜLS. Noch im 19. Jahrhundert, systematisch aber erst nach dem Zweiten Weltkrieg, versuchte man durch Veränderung des Morphinmoleküls besser wirksame und möglichst nebenwirkungsarme Schmerzmittel zu gewinnen. Es gelang, Morphin zu Codein und Heroin umzusetzen. Codein (Monomethylmorphin) ist als Hustenmittel und Analgetikum mit geringerem Abhängigkeitspotenzial wertvoll und wird auch heute noch in großer Menge aus Morphin hergestellt. Heroin (Diacetylmorphin) war eine Zeitlang nicht nur als starkes Schmerz- und Hustenmittel sehr beliebt, sondern auch als Mittel zur Angstbeseitigung (Anxiolytikum). Herstellung und Verwendung wurden jedoch im 20. Jahrhundert wegen des großen Suchtpotentials weltweit verboten.

Fortschritte bei der Entwicklung neuer Analgetica gelangen Ende der dreißiger Jah-

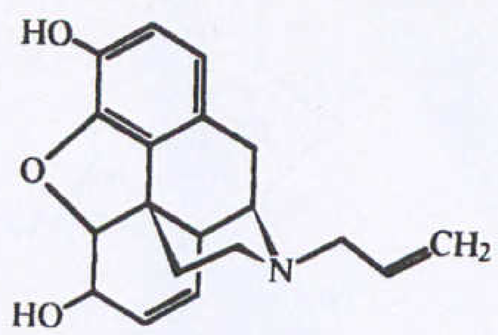
Abbildungen: Privatsammlung Eiden; Deutsches Museum München



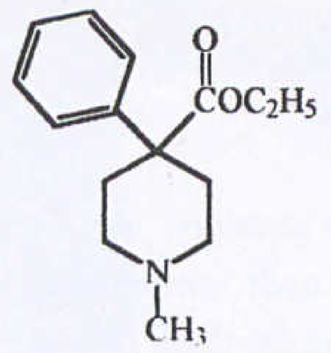
Morphin



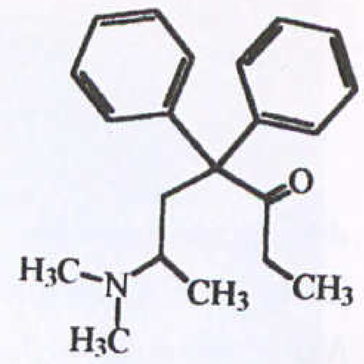
Heroin



Nalorphin (Antagonist)



Pethidin



Methadon

Mit dem Morphinmolekül als Modell wurden zahlreiche Varianten hergestellt und auf therapeutische Eigenschaften geprüft. Viele dieser Substanzen wirken auf das Zentralnervensystem, einige haben sich als Analgetica durchgesetzt.

Eine Amputation im 16. Jahrhundert. Keineswegs sicher war damals, dass der behandelnde Schneidarzt, Feldscher oder Bader fähig war, dem Patienten die Operation mit einem opiumhaltigen Schmerzmittel zu erleichtern.

ren des 20. Jahrhunderts, wobei zuerst der Zufall zu Hilfe kam. Mit dem Modell Atropin, einem in der Tollkirsche entdeckten Alkaloid, versuchte man, zu einem Medikament mit krampflösenden Eigenschaften (Spasmolytikum) zu kommen. Eines der Syntheseprodukte, das Pethidin, erwies sich als Schmerzmittel mit morphinähnlicher Wirkung. Vergleicht man die Pethidinformel (2 Ringe; siehe Abb. oben) mit der des Morphins (5 Ringe), erkennt man eine Übereinstimmung in den Ringen A und D. Kurz nach dem Zweiten Weltkrieg kam dann ein weiteres Syntheseprodukt mit dem Namen Methadon auf den Markt, das bei schwächeren Nebenwirkungen das Morphin trotz geringer Formel-Ähnlichkeit als Analgetikum übertrifft.

Die Veränderungen des Morphinmoleküls. In dieser Zeit begann man auch mit der Herstellung morphinähnlicher Moleküle mit den Ringkombinationen A/B/C/D und A/B/D sowie B/D und schließlich A/D und entwickelte sie zu wirksamen Schmerzmitteln. Neben solchen Morphin-Minimierungen waren auch Vergrößerungen erfolgreich, wobei die Ethenomorphine bemerkenswert sind, weil bei einigen dieser Substanzen das analgetische Potential (aber auch die Nebenwirkungen) das des Morphins um das Tausendfache übertrifft. Erfolgreich war man auch bei der Synthese von Morphinderivaten, deren Methylgruppe am Stickstoffatom durch andere Molekülgruppen ersetzt worden war. Dabei ist vor allem die Gewinnung sogenannter Morphin-Antagonisten bedeutsam, die Morphin (und andere Opioide) vom Opioid-Rezeptor verdrängen und damit Morphinwirkungen aufheben können (was bei Morphinabhängigen zu Entzugserscheinungen führt). Hingewiesen sei schließlich noch auf das Fentanyl, das analgetisch 200-mal stärker wirkt als Morphin und zur Narkose verwendet werden kann. Angemerkt: Fentanyl oder Fentanylabkömmlinge wurden wahrscheinlich im Herbst 2002 in Moskau bei der Geiselbefreiung (als Wirkstoffnebel) eingesetzt, wobei vermutlich die Dosis zu hoch war und die Reanimierung (mit Morphinantagonisten) zu spät kam.

FAZIT. Die Geschichte des Morphins ist die Geschichte eines höchst talentierten Moleküls. Als wirkungsvolles Arzneimittel kann es unerträgliche Schmerzen lindern, als gefährliches Gift die Atmung lähmen, durch Vermittlung von Glücksgefühlen zur Sucht verführen. Morphin wird von Pflanzen und Tieren produziert, ist zugleich Base und Säure, hat sich als Modell bei der Synthese zahlreicher neuer Rezeptor-Agonisten und Antagonisten verdient gemacht und mitgeholfen bei der Aufklärung schmerzbildender und hemmender Systeme im Organismus. Und dann hat Morphin als heiß begehrte, illegale (und daher extrem verteuerte) Ware zahlreiche Kriege verursacht und finanziert, manche Leute reich gemacht, viele ins Elend gestoßen. Letzten Endes aber sind es doch die Menschen, die zu entscheiden haben, ob sie dieses vielseitige Molekül als gute Himmelsgabe begreifen wollen oder als teuflische Verlockung.

Danksagung:
Frau Dr. Elisabeth Vaupel, Deutsches Museum München, danke ich herzlich für Diskussionen sowie Beschaffung und Übersetzung von Literatur.

PROF. DR. FRITZ EIDEN, Arbeitsgebiete: Synthese und Analyse von Arzneimitteln, Zentrum für Pharmaforschung der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Abbildungen: Privatsammlung Eiden

Nobel Biocare™

NobelDirect™

Eine patientenfreundliche Operationsmethode ohne Lappenbildung & mit Immediate Function™ in einem Stück.

NobelDirect™

DAS BIOLOGISCHE EINTEILIGE IMPLANTAT

Die minimal invasive Operationsmethode ohne Lappenbildung ermöglicht mehr Komfort für den Patienten, erhöhte Patientenzufriedenheit und ein rentableres Vorgehen:

- Wie der natürliche Zahn – Implantat und Abutment in einem Stück
- Vorhersagbare, erstklassige Ergebnisse ... wie bei Kronen und Brücken kann bei der Implantation direkt eine provisorische Versorgung eingesetzt werden
- **Soft Tissue Integration**™* für eine gesündere Restauration und einen ästhetischeren Gingivaverlauf
- Verfügbare Durchmesser: 3,5 (NP), 4,3 (RP), 5,0 (WP) mm sowie extra kleiner Durchmesser von 3,0 mm

* *Daten auf Anfrage*

NobelPerfect™

NobelDirect™

Brånemark System®

Replace®

NobelEsthetics™

Procera®

Zuerst von Nobel Biocare.
NobelPerfect™, NobelPerfect™ One-Piece (NP, RP, WP), NobelDirect™ (NP, RP, WP), Brånemark System® und Replace® Implantate.
Ein umfassendes Sortiment mit ***FDA-Zulassung zur Immediate Function*** *(Sofortbelastung) für alle Einzelzahnversorgungen sowie Versorgungen für vollständig zahnlose oder teilbezahnte Unter- und Oberkiefer.*

C&B&I™ Nobel Biocare

A new way to think... and act!

Nobel Biocare Deutschland GmbH, Stolberger Straße 200, D-50933 Köln, Telefon +49 (0)221 500 85 0, Fax +49 (0)221 500 85 333
Nobel Biocare AG, Balsberg, Balz Zimmermann Straße 7, CH-8152 Glattbrugg Telefon +41 (0)43 211 32 50, Fax +41 (0)43 211 32 60
Nobel Biocare (Österreich) GmbH, Peppertstraße 33/2, A-3100 St. Pölten Telefon +43 (0)2742 31 00 11, Fax +43 (0)2742 31 00 31
www.nobelbiocare.com

1684 A 0401 DE

Gespräch am Runden Tisch

Technik trifft Kunst

Gehört Kunst ins Technikmuseum? Und welchen Platz nimmt Technik andererseits in einer Galerie ein? Mit dieser Frage haben sich Generaldirektor Professor Dr. Wolf Peter Fehlhammer, Professor Rupprecht Geiger, Künstler, Professor Dr. Helmut Friedel, Direktor der Städtischen Galerie im Lenbachhaus München am runden Tisch im Zenneck-Raum im Deutschen Museum kritisch auseinander gesetzt. Die Moderation führte Christoph Wiedemann (*Süddeutsche Zeitung*). Für *Kultur & Technik* mit dabei war Andrea Bistrich.

Professor Rupprecht Geiger (links) und Generaldirektor Professor Wolf Peter Fehlhammer

Christoph Wiedemann: Welche Aufgabe könnte Kunst in einem Technikmuseum haben, Herr Professor Fehlhammer?

Professor Wolf Peter Fehlhammer: In einem Aufsatz habe ich einmal recht mutig einen Kriterienkatalog aufgestellt, wie die Begleitung der Wissenschaft und der Technik durch Kunst aussehen sollte. Erstes Kriterium war: Auf keinen Fall darf die Kunst bloße Dekoration sein. Kunst und Wissenschaft sollten grundsätzlich gleichbedeutend sein und im besten Falle sich gegenseitig verstärken. Je komplexer, je komplizierter die Wissenschaft ist, je weniger man sich ihr klassisch-kognitiv nähern kann, umso mehr ist meines Erachtens der Neuzugang über die Kunst zu suchen.

Wiedemann: Herr Professor Friedel, was halten Sie von der Idee, eine Galerie im Deutschen Museum zu eröffnen? Wäre das nicht die ideale Synergie?

Professor Helmut Friedel: Tatsächlich haben wir schon einmal vor 20 Jahren darüber nachgedacht. Im Ernst, ich hatte immer das Gefühl, das Deutsche Museum ist das größte Kunstmuseum in der Stadt. Besonders fasziniert haben mich damals die Elementaruntersuchungen. Lange Zeit gab es im Hof einen Dampfhammer, der ein Stück Eisen verformt hat. Er hat darin eine riesengroße Delle hinterlassen, als hätte man ein Stück Kaugummi oder Plastilin eingedrückt. Diese Verformungen hatten verblüffende Ähnlichkeit mit dem, was auch Künstler in ihren Arbeiten versucht haben. Das sind für mich Analogien, keine Parallelen. Damit meine ich Ähnliches, das vom Prinzip jedoch völlig unähnlich ist. Beide Disziplinen, Kunst und Wissenschaft – bei den Naturwissenschaften steht es bereits im Namen –, wollen die Natur besser begreifen. Allerdings mit unterschiedlichen Methoden. Ich glaube, dass der bildende Künstler wesentlich intuitiver vorgeht als der Naturwissenschaftler. Dabei darf „intuitiv" nicht als gefühlsmäßig missverstanden werden, sondern bezeichnet einen intellektuellen Prozess, in dessen Verlauf viele Erfahrungen kondensiert werden, um dann in einer Art Paradigmenwechsel zu einer Lösung zu kommen, deren Ursprung man eigentlich nicht genau erklären kann. Die Arbeitsweise des Naturwissenschaftlers ist wesentlich systematischer. Allerdings, wenn man an die großen Erfindungen denkt, dann sind auch diese eher zufällig zustande gekommen. Die Entdeckung der Röntgenstrahlen, um nur ein Beispiel zu nennen, geschah im Grunde aus Versehen.

Wiedemann: Herr Professor Geiger, wie schaut es von der praktischen Seite her aus? In welchem Verhältnis sehen Sie als bildender Künstler Naturwissenschaft, Technik und Kunst zueinander?

Professor Rupprecht Geiger: Für mich gilt: Kunst ist gleich Leben, Kunst ist gleich Wissenschaft, Kunst ist gleich Technik und Technik ist gleich Kunst.

Meine Entwicklung zur abstrakten Kunst war eine autodidaktische. Ich hatte keine Vorbilder und dadurch auch keine Hemmungen, etwas ganz Neues in der Kunst zu sehen – nämlich vor allem die abstrakte Malerei, die für die Kunst symbolisch ist. Das „Weiße Dreieck" und das „Schwarze Quadrat" von Kasimir Malewitsch sind Symbole für diese Einstellung, was Farbe ist und was sie bedeutet.

Es gibt eine Farbe, die mehr ist als Farbe. Das ist meine Aussage. Es ist die Farbe, die sich im Licht bewegt und vom Licht getragen wird. Diese Farbe im Licht ist für mich abseits von der Farbe als Materie, als Farbkörper. Es ist eine geistige Farbe, und das, was aus der Farbe heraus-

Abbildungen: Deutsches Museum München

„Abendrot", 2000
Acryl auf Leinwand
Anlässlich der 100-Jahr-Feier des Deutschen Museums in der Luftfahrthalle ausgestellt; Leihgabe des Münchner Künstlers und Architekten Rupprecht Geiger.

strömt, ist geistige Substanz. In meinem Buch *Farbe ist Element* habe ich das beschrieben. Ebenso wie Feuer, Wasser, Luft, Licht und Erde gehört auch die Farbe zu den Elementen; sie ist das vergessene und gleichzeitig das höchste eigenständige Element. Farbe ist Energie – mit allen ihren Wirksamkeiten.

Wiedemann: Sie haben dem Deutschen Museum ein eigenes Gemälde als Leihgabe überlassen – „Abendrot", das derzeit in der Luftfahrthalle ausgestellt ist. Wie kam es dazu?

Geiger: Kritik und Anregung meinerseits war, dass Farbe im Deutschen Museum noch nicht dargestellt ist, wie sie heute erscheinen sollte. Ich meine nicht als Farbmaterial oder zur Imitation der Naturwissenschaft, sondern wirklich und absolut als eine neue Tatsache.

Fehlhammer: Diese Diskussion haben wir auch intern geführt. Man könnte ja sagen, das sei Dekoration, denn mit den vielen Maschinen und den weißen Wänden ist die Luftfahrthalle sehr nüchtern gehalten – da ist dieser unglaublich intensive Farbausdruck ganz besonders schön und interessant anzusehen.

Ist es Dekoration, und steht es also in einem Widerspruch zu den eingangs erwähnten Kriterien? Keinesfalls, denn naturwissenschaftlich betrachtet, ist Farbe Chemie, also Stoff, den man anfassen kann, den man synthetisieren kann; ebenso ist sie Physik, weil sie Licht ist, Wellen, die man messen kann – zum Beispiel die verschiedenen Rotabstufungen des „Abendrots" –; und schließlich hat sie eine bestimmte Wirkung auf den Betrachter.

Bemerkenswert scheint mir in dem Zusammenhang auch, dass die Kunst insbesondere im Bereich „Fliegen" verstärkt Eingang findet. Warum ausgerechnet dort? Der Mensch kann nicht fliegen. Versucht er es doch, so ist dies eine Grenzüberschreitung, wie auch ein Angriff auf die Ordnung der Natur. Genau dieser Aspekt der Grenzüberschreitung beflügelt auch die Kunst.

Friedel: An dem Punkt muss ich allerdings einwenden, was mir angesichts des Gemäldes von Rupprecht Geiger in der Luftfahrthalle im Deutschen Museum aufgefallen ist: Da wird ein einzelner Mensch, der für eine einzelne Position verantwortlich ist, einer ganzen Reihe von Flugzeugen, hinter denen jeweils ein komplettes Entwicklungsteam steht, gegenübergestellt. Vielleicht ist es das, was mich immer so sehr für die Kunst einnimmt: dass es einen einzelnen Menschen gibt, der sich schutzlos hinstellt und behauptet, ich kann dem Ganzen hier noch etwas entgegensetzen.

Was Rupprecht Geiger über die Farbe als solche gesagt hat, finde ich äußerst wichtig. Wir haben im 20. Jahrhundert eine Revolution der Kunst erlebt. Die Kunst hat so lange mimetisch gearbeitet; sie hat die Farbe als Mittel verwendet, um die äußerliche Wirklichkeit täuschend ähnlich auf ein zweidimensionales Gebilde zu übertragen. Das aufzugeben und zu erkennen, dass ich aus dem Material selbst Phänomene aufscheinen lassen kann – nicht wirklich abbilden, aber dennoch aufscheinen –, die geistiger Natur sind, ist eine bemerkenswerte Leistung.

Kandinsky schreibt 1911 in seinem Buch *Das Geistige in der Kunst*, dass man in dem Moment, indem man auf die Farbe in dienender Funktion verzichtet, der Farbe ihr Eigenleben gibt.

Wiedemann: Kennen Sie ein Beispiel, wo Technik in einem Kunstmuseum ausgestellt wurde?

Friedel: In den 1940er Jahren, als Alfred Barr das Museum of Modern Art aufbaute, war das neue Konzept auch, die Technik mit hineinzubringen. Da hing im Treppenhaus immer ein Hubschrauber. Der Hubschrauber – ich weiß nur, dass er grün angestrichen war – war für uns von der Kunstseite ein ästhetisches Objekt, das in dem Kontext der Kunst nur ein kleines Versatzstück darstellte, etwa wie jetzt der Rupprecht Geiger gegenüber den vielen Flugzeugen.

Professor Korte vom Arithmeum in Bonn hat gesagt, dass ihn die bildende Kunst letztlich auf gewisse Ideensprünge und Verknüpfungen bringt, die plötzlich über die Diagonale schnellere Prozesse ermöglichen als über die Orthogonalität. Ich kann das alles nur ahnen – etwa, dass in einem mit bloßem Auge nicht erkennbaren Computerchip dennoch ein ganz klarer Plan vorhanden ist, der wiederum ins Große übertragen den abstrakten Bildern vieler Künstler ähnelt.

Aber wie sehen Sie, Herr Fehlhammer, zum Beispiel diesen Hubschrauber im Kunstmuseum?

Fehlhammer: In unserem neuen Buch *Geschichte des Deutschen Museums* beziehe ich mich auf genau diesen Hubschrauber, indem ich formuliere: „Umgekehrt holen sich Kunstmuseen Wissenschaft und Technik herein. Schöne Motorik oder der Bell-47-Helikopter kommen im New Yorker Museum of Modern Art zu ungewohnten Ehren. Und das Deutsche Museum leiht die frühe Ganzkörperröntgenaufnahme an die Lenbach Galerie aus."

Persönlich stelle ich fest, dass mehr und mehr Künstler auf uns zukommen, die beginnen, die Wissenschaft für sich zu „entdecken". Es ist auch keineswegs zu früh dafür – die Wissenschaft unserer westlichen Welt ist jetzt 500 Jahre alt.

Wiedemann: Da möchte ich widersprechen. Leonardo da Vinci ist im Grunde die Deckungsgleichheit von Wissenschaft und Kunst – vom Festungsbaumeister über Munitionsentwickler bis hin zum Maler in einer Person. An dieser Stelle geht die Trennung eigentlich erst los.

Fehlhammer: Und jetzt kommen die Disziplinen wieder zusammen, das ist meine Aussage. Die Trennung war, und sie war gut so. Darum ist die Wissenschaft so groß geworden. Aber jetzt ist es wieder an der Zeit, diese Trennungen zu hinterfragen. Heute können wir beobachten, wie sich die Postmoderne auflöst, die einzelnen Fachdisziplinen verlieren an Stärke, und auf den Schnittstellen passiert das Neue. Wir erleben, dass die Kunst zu uns ins Technikmuseum kommt, und die Wissenschaft zu Ihnen, Herr Friedel, ins Kunstmuseum. Das geschieht nicht, indem man die Zeit um 500 Jahre zurückdreht, sondern es geschieht auf eine ganz neue Art des 21. Jahrhunderts.

Wiedemann: Mir scheint da eine große gemeinsame Sehnsucht zu herrschen. Wäre es nicht spannend – was auch in der Pinakothek der Moderne versucht wurde, indem man Design, Technik und Kunst zusammenbrachte –, ein großes, assoziativ zusammenhängendes Museumsgebilde zu schaffen? Ist das eine ernst zu nehmende Zukunftsvision?

Friedel: Ob dies tatsächlich zwingend notwendig ist, erscheint mir fraglich. Kunst ist etwas Geistiges. Das Geistige und das Wesentliche an der Kunst – dabei ist völlig gleichgültig, ob von Raffael oder von zeitgenössischer Kunst die Rede ist – habe ich verinnerlicht, genauso wie ich wissenschaftliche Prozesse verinnerlicht habe. Wenn ich mir bestimmte Phänomene im Museum anschaue, gewinne ich daraus eine Erkenntnis – und diese kann ich über Distanzen verbinden. Sonst könnte es doch nicht funktionieren, dass ich, wenn ich vor dem Antonello da Messina in der Alten Pinakothek stehe, an das Schwesterbild „Maria Verkündigung" im Museo Nazionale in Palermo denke.

Gerade in München ist das Angebot, das Nebeneinander, so fantastisch. Wir müssen nicht die Alte Pinakothek ins Deutsche Museum holen. Das kann man durchaus mit einzelnen Objekten machen, um daran punktuell etwas aufzuzeigen, aber im Großen und Ganzen nützt es nichts. Für mich war der Bell-47-Helikopter im MoMA nur dekorativ, weil es versäumt wurde, dort mit der notwendigen wissenschaftlichen Genauigkeit anzugeben, was das eigentlich für ein Gerät ist. Wir wissen natürlich, dass ein Hubschrauber fliegen kann, aber was ist daran so wichtig, dass er ins Kunstmuseum geholt wurde? Letztlich hat man die Ernsthaftigkeit, die wir Bildern abverlangen, diesem Objekt in dem Zusammenhang nicht abverlangt.

Fehlhammer: Dieses ohne nähere Informationen mit den Objekten Alleingelassenwerden haben wir massiv bei der Expo 2000 erlebt. Das ist sicherlich kein gelungenes Vorgehen.

Zur beidseitigen Annäherung von Wissenschaft und Kunst bin ich der Meinung, dass derzeit vieles Sinnvolles zusammenfließt. In Rom beispielsweise gibt es in einem alten Kraftwerk das Museum „Centrale Montemartini". Dort hat man haushohe Stahlkolosse – riesige Öfen und Generatoren – einer wunderschönen griechisch-römischen Skulptur gegenübergestellt, und dieser Kontrast ist unglaublich beeindruckend.

Wiedemann: Wäre Ihnen als Direktor eines Kunstmuseums diese Form der Präsentation nicht zu verwaschen, Herr Professor Friedel?

Friedel: Nein, ganz und gar nicht. In diesen technischen Apparaturen ist eine große Handschrift des 19. Jahrhunderts enthalten, und diese wird konfrontiert mit einer Manière, die 2000 Jahre älter ist. Das ist vor allem ästhetisch ein starkes Bild: der weiße Marmor, der zu den anthrazitgrauen Geräten einen starken Kontrast bildet. Das lässt sich durchaus als kulturelle Leistung unterschiedlicher Epochen darstellen; in jedem Fall ist es eine großartige Erfahrung.

Eine ähnliche Erfahrung habe ich selbst im Deutschen Museum gemacht. Es gibt hier in der Sammlung ein Kampfflugzeug, eine Messerschmitt, die im Zweiten Weltkrieg die Legion Kondor benutzt hat. Wenn ich die Maschine betrachte, geht mir automatisch Picassos „Guernica" durch den Kopf. Die Messerschmitt ist eines der höchst entwickelten technischen Geräte ihrer Zeit, das paradoxerweise zu einer der großen Katastrophen geführt hat. Dieser Widerspruch hat mich immer fasziniert. Und aus dieser Katastrophe entsteht wieder ein Kunstwerk, das so grandios ist, dass es fast symbolisch für ein ganzes Jahrhundert steht.

Friedel: Da haben wir eine kleine Gemeinsamkeit – Paul Klee zum Beispiel. Klee ist im Ersten Weltkrieg von der Front zurückgeholt worden, als Künstler wie Macke und Marc und viele andere gefallen sind, und hat dann als Soldat in Schleißheim gedient. Das Deutsche Museum nahm dies 1997 zum Anlass der Ausstellung „Paul Klee – Schleißheim" –, in der die technischen Details der damaligen Zeit seinem Werk gegenübergestellt wurden. Klee hat das Deutsche Museum gekannt und wohl auch gemocht.

Wiedemann: Bleiben wir bei den Präsentationsformen: Wird die junge Generation – als die Besucherschaft von morgen –, die mit dem Internet und einer virtuell-digitalen Welt aufgewachsen ist, solche Assoziationsschläge wie Guernica und Messerschmitt oder Klee und Schleißheim noch anstellen können? Werden sie überhaupt in die Museen kommen wollen,

RUPPRECHT GEIGER

1908 als Sohn des Malers Willi Geiger in München geboren. In den 1920er Jahren studierte Rupprecht Geiger Architektur bei Eduard Pfeiffer an der Münchener Kunstgewerbeschule. Nach dem Krieg – Geiger war als Kriegsmaler in der Ukraine, danach in Griechenland – wandte er sich immer mehr der Malerei zu. Schon bald entdeckte Geiger die Farbe als eigenständiges Element: „Ich habe Farbe zum Element erklärt."

1949 gründete Rupprecht Geiger zusammen mit Willi Baumeister, Rolf Cavael, Gerhard Fietz und anderen die Gruppe ZEN 49. Viermal nahm er an der documenta in Kassel teil. 1965 wurde Geiger an die Düsseldorfer Kunstakademie berufen.

„Rot ist schön. Rot ist Leben. Energie, Potenz, Macht, Liebe, Wärme, Kraft" – mit dieser Erkenntnis, gewonnen aus einem intensiven lebenslangen Studium, hat Rupprecht Geiger der deutschen Nachkriegskunst und ihrem Publikum zu einem neuen Farbbewusstsein verholfen.

Im Jahr 2003 erschien Geigers umfassendes Werkverzeichnis aus sechzig Jahren Kunst und Architektur: „Rupprecht Geiger – Werkverzeichnis 1942–2002. Gemälde, Objekte, architekturbezogene Kunst", herausgegeben von der Rupprecht-Geiger-Gesellschaft und der Städtischen Galerie im Lenbachhaus, München.

wenn doch alles im World Wide Web verfügbar ist?

Fehlhammer: In einer Zeit, in der das virtuelle Bild eine immer größere Rolle spielt, gewinnen öffentliche Räume, wie es die Museen sind, umso mehr an Bedeutung. Sie sind Orte der Sozialisation, des Zusammenkommens – eine absolute Gegenposition zu der Vereinsamung am Bildschirm.

Weltweit erfreuen sich die Museen steigender Besucherzahlen. Sie sind heute eine der wenigen erfolgreichen Kultureinrichtungen. Wir selbst haben zum Beispiel sehr viel Jugend im Haus. Ich sehe daher nicht, dass unsere Museen in Gefahr sind.

Friedel: Die Sozialisation ist ein ganz wesentlicher Aspekt. Das Erlebnis, den Großteil der Welt nur noch am Bildschirm zu beobachten, führt zu einer Frustration, der wir als Museen begegnen, indem wir Sinnlich-Haptisches anbieten. Die differenzierte Museumslandschaft schafft ganz wesentliche soziale Orte der Selbsterfahrung. Angesichts der schwindenden Bedeutung der Religion sind Museen die einzigen Orte, an denen sogar Transzendentales in Ansätzen vermittelt wird. Und das suchen und brauchen die Menschen umso mehr, je weniger sie an anderen Orten diese Form von Spiritualität erfahren können.

Wiedemann: Wo würden Sie Ihre Kunst lieber ausstellen, Herr Geiger, in einem Kunst- oder Technikmuseum?

Geiger: Da besteht für mich kein Unterschied. Museen sind allgemein Stätten des Lernens; und das schließt ebenso das Erlernen ein, wie man mit der Farbe umgehen und was man von der Farbe erfahren kann.

In den Museen Räume zu schaffen, so genannte „Farbmeditationsräume", in denen die Farbe wirksam werden kann, liegt mir sehr am Herzen. Die Farbe braucht einen eigenen Raum, um sich in ihrer ganzen Wesenheit zu zeigen. Nach meiner Erfahrung kann dies nur ein Raum sein, der sich gegenüber einem größeren Raum abgrenzt. Schon lange Zeit war es meine Idee, so genannte öffentliche „Tankstellen" zu bauen, in die man hineingehen kann – vorzugsweise mit einer Kuppel, in der das Licht von oben einfällt – und die Farbe „tankt", das heißt, in sich aufnimmt, ihre ganze Kraft aufsaugt, um dann wieder hinaus ins Leben zu gehen.

Wiedemann: Herr Professor Fehlhammer, Sie haben eines der wenigen Museen, das noch richtig expandiert. Wäre es für Sie denkbar, eine ausreichende Experimentierfläche zu schaffen für das, was Herr Geiger soeben vorgeschlagen hat?

Fehlhammer: Ich habe in der Tat ein großes Faible für das, was Sie ansprechen. Sollten wir es tatsächlich einmal erreichen, kontextuelle Ausstellungen zu machen, dann sind wir bei dem „Museum ohne Grenzen". Das ist eine andere Wirklichkeit, das ist nicht die gleiche des täglichen Lebens, sonst bräuchte man nicht ins Museum zu gehen.

Deshalb sind Museen ideale Wegbegleiter der Postmoderne: weil sie die verschiedensten Wirklichkeiten schon immer gezeigt haben – mit Objekten unterschiedlichster Provenienz und Zeit.

Friedel: Diesen Aspekt einer anderen Wirklichkeit hat Miguel de Cervantes in seinem *Don Quichotte* so wunderbar beschrieben. Auf dem Sterbebett hat Don Quichotte noch um sich seinen treuen Diener Sancho Pansa, sein Pferd Rosinante, den Helm und die Lanze – also alles, was er auch zu Beginn seiner großen Abenteuerreise hatte. Und dann spricht er diesen unglaublichen Satz; er diktiert sein Testament und sagt: „Und sollte etwas übrig bleiben ..." – jeder weiß, es bleibt nichts übrig.

Aber genau das ist es, was im Bereich der Kultur und Kunst geleistet wird, einen Mehrwert zu schaffen. Was wir in den Museen versammeln, ist das, „was übrig bleibt". Das ganze Geld ist sowieso futsch, wenn man stirbt. Übrig bleibt einzig die kulturelle Leistung – sie ist das Entscheidende, was uns weiterbringt und was uns der Don Quichotte in seinen Abenteuern hinterlassen hat. Jeder Künstler, jeder Forscher ist in dieser Weise ein Don Quichotte.

Wiedemann: Das ist ein schönes Schlusswort. Vielen Dank.

Abbildung: Deutsches Museum München

Deutsches Museum intern

Nachrichten, Tipps, Termine

+++ 28. 4. 2004, **TAG GEGEN LÄRM:** 13–16 Uhr Psychoakustische Experimente zum Mitmachen, Musikinstrumentenabteilung +++

+++ Bis 14. November 2004, **100 JAHRE MOTORFLUG 1903 – 2003**, Luftfahrthalle +++

MODESCHMUCK DES ART DÉCO

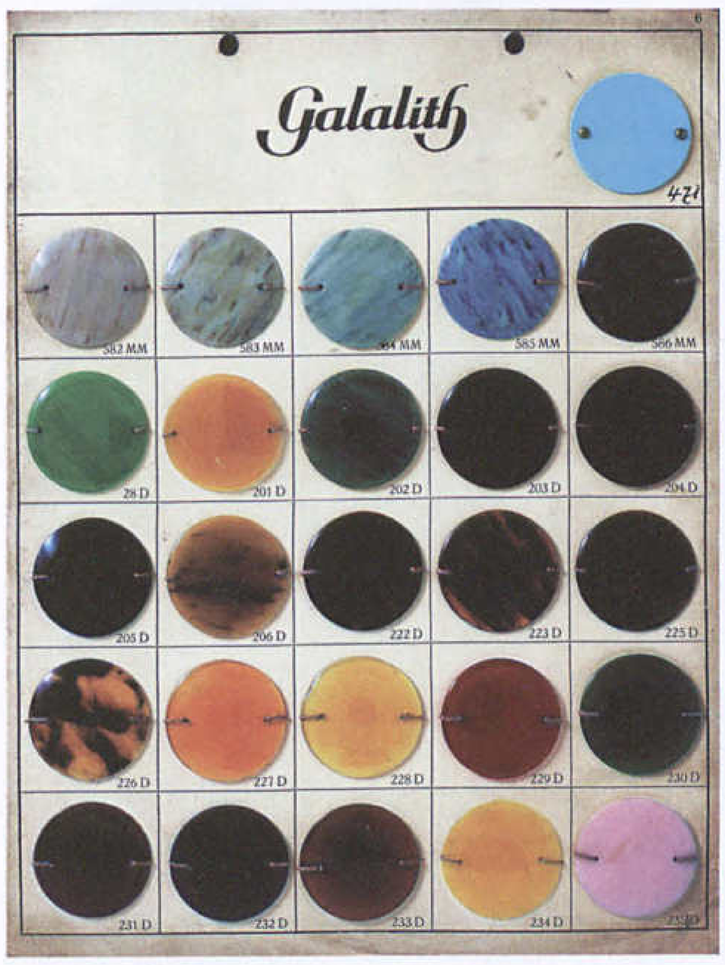
31. März bis 31. Oktober 2004

Kunststoff in seiner schönsten Form: Sonderausstellung im Deutschen Museum

Schmuck im Deutschen Museum? Im Mittelpunkt dieser Sonderausstellung im Deutschen Museum stehen ausgewählte Schmuckstücke des Art Déco aus Kunststoff und Chrom – Beispiel dafür, wie sehr chemische Erfindungen die Alltagskultur seit über 100 Jahren auch im künstlerischen und ästhetischen Sinne prägen. Von 31. März bis 31. Oktober 2004 sind 120 Schmuckstücke aus der Werkstatt des Idar-Obersteiner Metallwarenfabrikanten Jakob Bengel zu sehen, dessen Schaffen deutlich vom Bauhaus Dessau beeinflusst war. Ergänzt wird die Ausstellung durch alte Musterbücher, Preislisten und Musterkarten.

Schmuck zu kleinen Preisen und deshalb erschwinglich für viele – das war und ist das ökonomische Erfolgsgeheimnis des Modeschmucks. Während im 19. Jahrhundert „falsche" Juwelen als Kennzeichen armer Frauen galten und als „Dienstmädchenschmuck" naserümpfend kommentiert wurden, kam er in den 20er und 30er Jahren des 20. Jahrhunderts erstmals zur Hochblüte. Neue Materialien und Herstellungsverfahren beflügelten Kreativität und Gestaltungslust der Mode- und Schmuckdesigner, angeführt von der damals in vielfacher Hinsicht revolutionären Coco Chanel: 1926 kreierte sie das „kleine Schwarze", zu dem weder Colliers noch Diademe passten. Angesagt waren hübsche, auffällige, witzige, nicht zu teure und häufig wechselbare Schmuckstücke.

Der in der Ausstellung präsentierte Schmuck der Firma Bengel wurde hauptsächlich aus drei Materialien gefertigt: Chrom, Messing und Galalith. Der Galalith, ein von Bengel bevorzugt eingesetzter Kunststoff, wurde 1897 in Deutschland erfunden. Er wurde aus Casein, dem wichtigsten Eiweißbestandteil der Milch, und Formaldehyd hergestellt. Die Ingredienzien dieses frühen Kunststoffs spiegeln sich auch in seinem Namen: Ausgehend von den griechischen Worten für Milch und Stein wurde er „Galalith" genannt, was übersetzt „Milchstein" bedeutet. Aus 100 Litern Magermilch ließen sich bis zu 2,9 Kilogramm Galalith herstellen.



Collier, 1932
Messing verchromt, Federringverschluss, Galalithsteine

Zur Ausstellung liegt ein reich bebilderter Katalog vor. In der kommenden Ausgabe von *Kultur & Technik* finden Sie einen ausführlichen Beitrag über Galalith von Otto Krätz.

MILCH ZU SCHMUCK. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts flossen in Deutschland im wahrsten Sinne des Wortes beträchtliche Mengen Milch in die Galalith-Produktion: 1913 wurden im Deutschen Reich 30 Millionen Liter Milch in 1,5 Millionen Kilogramm Galalith verwandelt! Damit wurden 6 Prozent des damaligen Milchaufkommens zu Kunststoff statt zu Käse. Die großen Vorteile des Galaliths bestanden darin, dass seine Herstellung sehr einfach und kostengünstig war, dass er sich leicht verarbeiten ließ und – mit Pigmenten eingefärbt – frappierend echt aussehende Schmuckstein-Imitate ergab: mit Blaupigmenten versetzt, sieht er, wie man sich in der Ausstellung überzeugen kann, tatsächlich wie Lapislazuli aus, mit Rotpigmenten wie Koralle, mit Gelbpigmenten wie Bernstein usw. Vor allem diese Vielseitigkeit erklärt die einstige Beliebtheit des heute nur noch von wenigen Spezialfirmen hergestellten Galaliths in der Modeschmuckindustrie.

Die Exponate sind Stücke aus der Sammlung des Ehepaares Dr. Händel aus Bonn, die mit jahrelangem Engagement die Produktion der Idar-Obersteiner Schmuckwarenfabrik Jakob Bengel in dieser Vollständigkeit zusammengetragen haben.

Konzipiert wurde die Ausstellung von der Stadt Idar-Oberstein, Stadtentwicklungsamt/Kultur.

Abbildungen: Deutsches Museum München; Mathias Lemcke

+++ Bis 30. April 2004, **BLICKE IN EINE UNSICHTBARE WELT:** Many Szejstecki stellt seine Werke vor. +++

+++ Bis 31. Oktober 2004, **ART DÉCO – JAKOB BENGEL:** Kunststoff-Schmuck +++

+++ 9. Mai 2004 bis 30. Juni 2005, **LEBEN MIT ERSATZTEILEN**, Sonderausstellungsraum +++

DIE AUTOBAHN: VON DER IDEE ZUR WIRKLICHKEIT

Wie kam es in den 1920er Jahren, da gerade erst die Kfz-taugliche staubfreie Allwetterstraße als verspätete Antwort auf die Erfindung des Automobils entwickelt worden war, zu der – bei den damaligen geringen Verkehrsstärken als reiner Luxus anmutenden – Idee einer „Nurautostraße" mit kreuzungsfrei geführten Richtungsfahrbahnen, mit definierten Zu- und Abfahrten, frei von jeglicher Erschließungsfunktion, damit man gar nicht erst auf den Gedanken käme, sein Kraftfahrzeug am Fahrbahnrand abzustellen? Wo – weltweit – und wie erfolgten die ersten praktischen Umsetzungen der Autobahnidee?

Mythen- und Legendenbildung verstellen in Deutschland vielfach den emotionslosen Zugang zu diesem interessanten Thema der Straßenverkehrs- und Sicherheitstechnik. Die Technikgeschichte hat sich des Phänomens Autobahn kaum angenommen. Dabei gibt es eine ganze Reihe interessanter Fakten: etwa die frühen US-amerikanischen Parkways zum Spazierenfahren, die Wegbereiter der deutschen Autobahnplanung in der Weimarer Republik oder die verdrängte Tatsache, dass das Kleeblatt, die ökonomischste Form des Autobahnkreuzes, bereits ein Jahr nach seiner „Erfindung" 1927 durch den Baseler Willy Sarbach bei Rahway in New Jersey gebaut wurde und noch heute existiert. Darüber und über vieles andere – Nachdenkenswertes, Kurioses – wird berichtet werden.

Die Tagung wendet sich an alle, die sich für die Herkunft des Landverkehrswegesystems „Autobahn" interessieren: Fachleute des Bauwesens, der Architektur, des Kfz-Wesens, der Volkswirtschaft und Transportlogistik, technisch-historisch neugierige „Durchschnittsnutzer" der Autobahn.

DIE AUTOBAHN:
VON DER IDEE ZUR WIRKLICHKEIT
FGSV-Tagung, am 29./30. April 2004
im Deutschen Straßenmuseum,
Germersheim/Pfalz
Informationen unter:
www.fgsv.de/events.htm

Die frühen amerikanischen „Parkways" waren Vorbild für die Autobahn.

Ausstellung im
Deutschen Museum
ab 19. März 2004
Näheres unter:
www.visuba.de

www.deutsches-museum.de

Schlusspunkt

Leben mit Ersatzteilen

Problemzonen

Von Daniel Schnorbusch, Grafik: Jana Konschak

Zwischenmenschliche Gratwanderungen

Siehst Du, hier steht es", sagte ich triumphierend zu Fräulein Schröder, die vor ein paar Tagen von mir wissen wollte, was ich denn davon hielte, wenn sie sich von einer „Koryphäe" – und dieses Wort flüsterte sie, als sei sie mitten in einem Tempel, und zwar da, wo er am heiligsten ist –, wenn sie sich also von einer Koryphäe, die ihr von ihrer besten Freundin Sabine empfohlen worden sei, an der einen oder anderen „Problemzone" etwas Fettgewebe entnehmen und die Haut straffen ließe. Auch könne sie sich bei dieser Gelegenheit gleich dieses Muttermal auf ihrem linken Schulterblatt, das sie seit langem schon störe, entfernen lassen. Ich hatte einen gellenden Schrei ausgestoßen und gedroht, ich würde dann dreimal hintereinander „ich verstoße dich" rufen und sie anschließend hinaus in den Schnee jagen. Und dann habe ich noch im Eifer – und das hätte ich lieber nicht tun sollen – gesagt, dass das Muttermal ihre allerschönste Stelle sei und dass ich ohne dieses gar nicht wüsste, wohin ich sie küssen solle.

DIE FRÜCHTE DES BAUMES. Daraufhin hat Fräulein Schröder drei Tage nicht mehr mit mir gesprochen. Kein Wunder also, dass ich Rat und Trost in den Büchern Mose suchte. Und was stand da geschrieben: „Von den Früchten des Baumes, der mitten im Garten steht, hat Gott gesagt: ihr sollt davon nicht essen und nicht daran rühren, damit ihr nicht sterbet", das sagte Eva zu der Schlange. Diese aber war ja bekanntlich „listiger als alle Tiere des Feldes, die Gott gemacht hatte". Und so säuselte dieses hinterhältige Biest Eva direkt ins Ohr: „Ihr werdet nicht sterben". Das jedoch war, wie wir seither immer wieder schmerzvoll erfahren müssen, eine satte Lüge, denn wir verschrumpeln fortan langsam aber sicher wie ein Apfel, den jemand auf der Heizung hat liegen lassen, und segnen unwesentlich später alles Zeitliche. Ich las Fräulein Schröder diese Geschichte in feierlichem Ton vor. Sie aber ließ das absolut kalt. Wo denn, bitte sehr, geschrieben stehe, dass man mit schiefen Nasen, Fettpolstern auf den Hüften, braunen Flecken auf der Haut oder ausgefallenen Zähnen herumlaufen müsse. Da setzte ich eins drauf und las weiter: „Im Schweiße deines Angesichts sollst du dein Brot essen, bis du zum Erdboden zurückkehrst, von dem du genommen bist. Denn Staub bist du, und zum Staub musst du zurückkehren". Und was, bitte schön, das jetzt für ein Argument sei, wollte sie wissen, während sie sich die Gurkenscheiben für ihre Gesichtsmaske schnibbelte. Wenn wir schon lebten, dann doch bitte möglichst lange, möglichst gesund und möglichst schön. Was das bedeute? Das bedeute, erklärte ich generös, dass wir nichts, aber rein gar nichts tun könnten. Ich sagte: „Wir werden von den Maden gefressen und zerfallen am Ende zu Staub. All die Maßnahmen zur Verstetigung von Jugend und Gesundheit und Leben, überhaupt unsere ganze Beauty-, Fitness- und Medizinindustrie, alles im Grunde für die Katz." „Na dann erschieß dich doch gleich", zischte Fräulein Schröder ohne hochzublicken. Der Lack, mit dem sie ihre Fingernägel sorgfältig bestrich, war tiefschwarz. Ich legte das Buch der Bücher enttäuscht zur Seite, öffnete die Balkontür, trat hinaus und sah in den Sternenhimmel. Der große Wagen, Kassiopeia, Orion, sie leuchteten zu mir herunter, als wollten sie sagen, du hast ja Recht und sieh nur, wie klein und unbedeutend ihr alle gegen uns seid. Allein die Plejaden, die waren seltsamerweise verschwunden. Ich kniff die Augen zu und blinzelte in die Dunkelheit, ich riss die Augen wieder auf, kniff sie wieder zusammen, riss sie erneut auf, ich blinzelte, ich formte meine Hände zu einem Fernglas. Alles vergeblich. Ich fand sie nicht.

STAUB ZU STAUB. „Ich brauche eine Brille", sagte ich am nächsten Morgen zu meiner Hausgenossin, „ich kann die Plejaden nicht mehr sehen". Sie schien mich nicht zu hören. „Vielleicht ist es ja auch eine Netzhautablösung und ich werde demnächst blind". Sie las ungerührt die Zeitung weiter. „Ich werde zum Arzt müssen, vielleicht in die Klinik. Sie werden meinen Kopf in eine Apparatur spannen und mir mit einem Laser ins Auge schießen. Und wenn das nichts nützt, dann werden sie mir womöglich mit langen, dünnen Nadeln das Auge durchbohren." Sie gähnte. „Oder sie pflanzen mir die Augen eines Hirntoten ein, der mit seinem Wagen verunglückt ist, oder die eines armen Inders, der seine Augen für 200 Euro verkauft hat, um seine 10 Kinder ernähren zu können." Sie ließ die Zeitung sinken und blitzte mich an. „Hast du nicht gestern erst gesagt, dass das alles sinnlos sei, weil wir ja eh' alle zu Staub würden. Solltest du dich dann nicht einfach in dein Schicksal ergeben und jetzt in Würde erblinden." „Das kannst Du doch nicht ernsthaft wollen", platzte ich heraus, „du müsstest mich waschen und füttern, du wärest Tag und Nacht mein Blindenhund!" „So, wäre ich das? Und wenn schon", sagte sie süffisant. „Wie hieß es doch gleich: Im Schweiße deines Angesichts sollst du dein Brot essen". So viel Abgebrühtheit hatte ich wirklich nicht erwartet. „O.K., Kompromiss", gab ich nach, „du hast gewonnen. Ich gehe zum Arzt und du kannst dir dein Muttermal entfernen lassen." Fräulein Schröder strahlte mich an und fragte, ob ich noch etwas Kaffee möge. Ich aber würde die Plejaden wieder sehen. Und wo ihr Muttermal war und wohin ich sie küssen müsste, das wusste ich sowieso, ob es nun sichtbar war oder auch nicht.

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

Vorschau

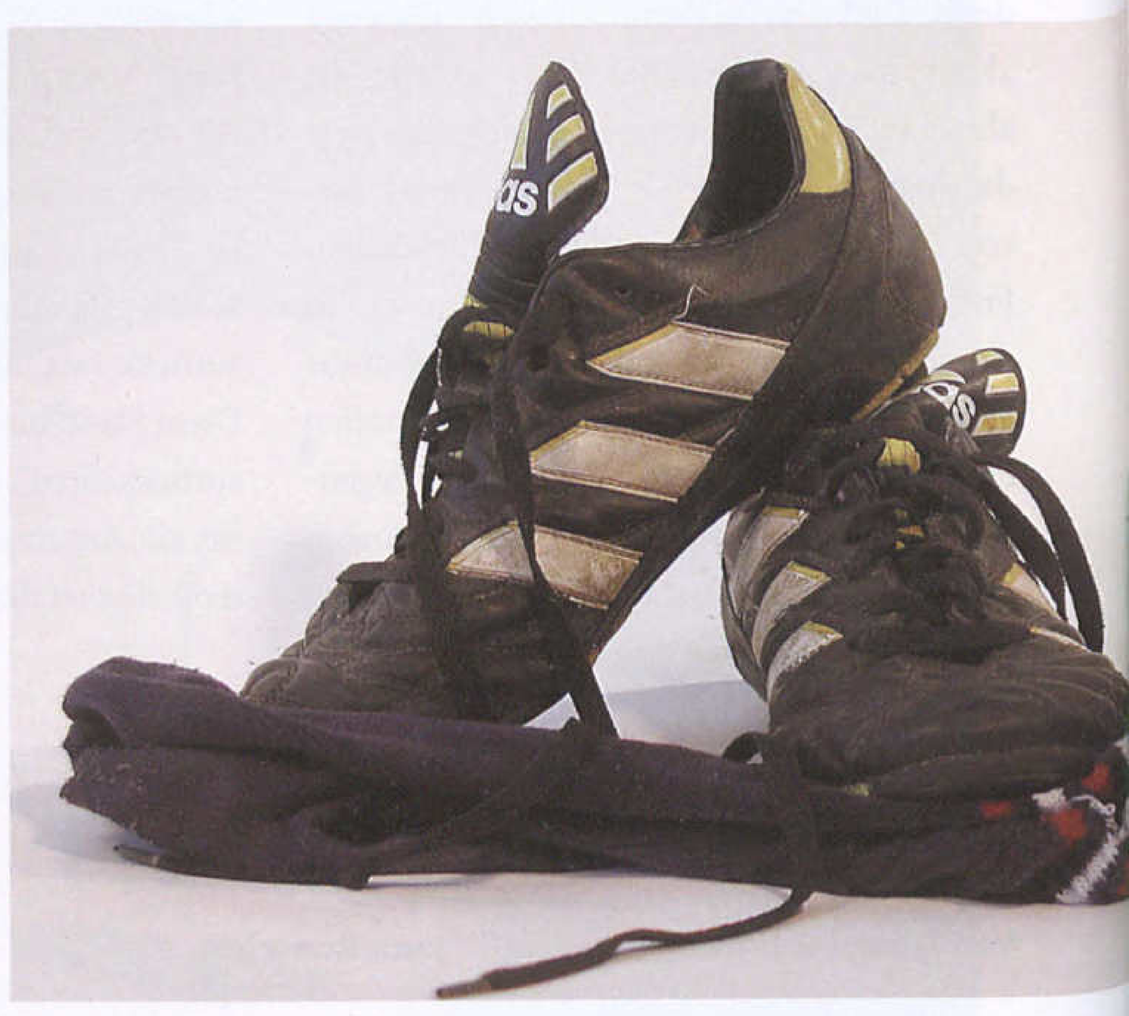
Heft 3/2004: Erscheinungstermin 1. Juli 2004

EIN LEBEN FÜR DEN SPORT

Olympia 2004 geht auch an *Kultur & Technik* nicht spurlos vorüber. Das kommende Ausgabe widmet sich dem Themenkomplex Sport. Schon die Athener machten sich einst Gedanken über die biomechanischen Vorgänge im Körper des Athleten. Heute soll das perfekte Zusammenspiel von Technik, Materialien, Training und Ernährung den Erfolg garantieren.

Sigrid Thaller lädt zu einer Reise ins antike Griechenland ein. Sie geht der Frage nach, inwieweit Zusatzgewichte – so genannte Halteres – die Weite des Sprunges positiv beeinflussen. Dieter Stopper erläutert die Entwicklung neuer Sicherheitstechniken im Bergsport, und Bernd Flessner nimmt fiktive Sportarten unter die Lupe, wie „Quidditch" oder „Pott-Racing." Im Magazinteil schreibt Otto Krätz über Herstellung und Aufstieg des „Galalith", ein Stein, aus dem die Künstler des Art Déco die schönsten Schmuckstücke schufen. Hans-Erhard Lessing beschäftigt sich mit den Erfindungen des Wissenschaftlers, Soldaten, Staatsmannes und Spions Graf Rumford.

Den „Goldenen Schnatz" jagen Harry Potter und seine Freunde beim „Quidditch".



Das richtige Material entscheidet im Spitzensport oft über Sieg oder Niederlage.

IMPRESSUM

KULTUR & TECHNIK

Das Magazin
aus dem Deutschen Museum

28. Jahrgang

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

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

Fachberatung, Deutsches Museum:
Dr. Walther Rathjen

Redaktion: folio gmbh, Horemansstraße 28, 80636 München, Telefon (089) 121167-0, Fax: (089) 12001153, ISDN (Leonardo): (089) 12001149
Email: kute@folio-muc.de
Sabrina Rachlé (Ltg.), Andrea Bistrich (Redaktion, Kaleidoskop), Bärbel Bruckmoser (Kultur, Koordination), Birgit Schwintek (Grafik).

Verlag: Verlag C. H. Beck oHG, Wilhelmstraße 9, D-80801 München; Postfach 400340, D-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 Wolfgang Beck, beide Verleger in München.

Redaktionsbeirat: Dr. Ernst H. Berninger, Dipl.-Ing. Jobst Broelmann, Christof Gießler, 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, D-80801 München; Postfach 400340, D-80703 München; Telefon: (089) 38189-598, Telefax: (089) 38189-599. Zurzeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 17, Anzeigenschluss: 6 Wochen vor Erscheinen.
Repro: Rehmbrand, Rehms & Brandl Medientechnik GmbH, Friedenstraße 18, D-81671 München

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

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

Bezugspreis 2004: Jährlich € 22.-, Einzelheft € 6,–, 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