

Gesch 400  
ZB 7361

**Attraktive Massenware** Neuartige Kunststoffe revolutionieren das Design

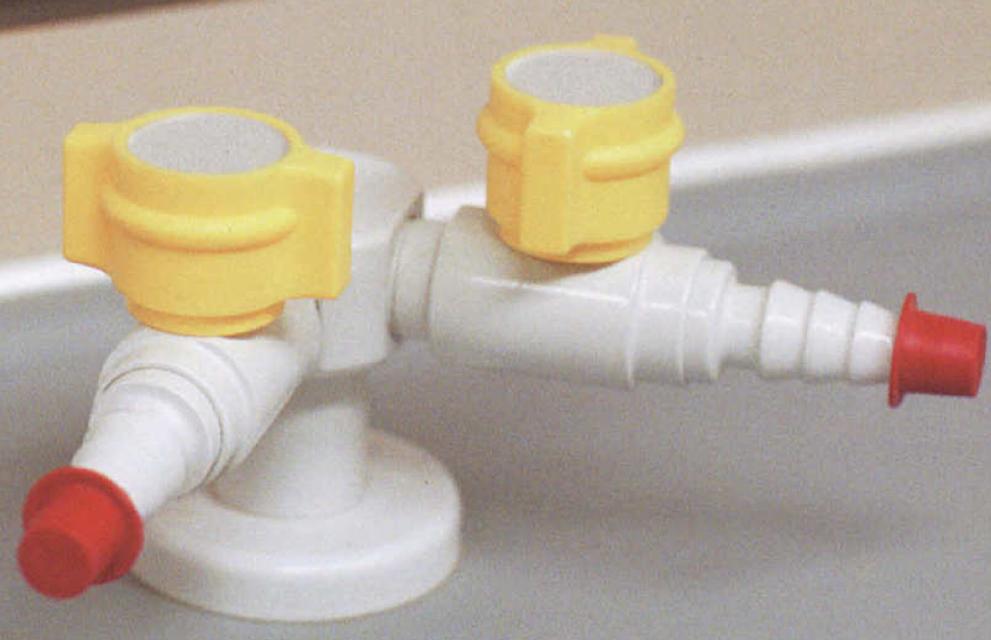
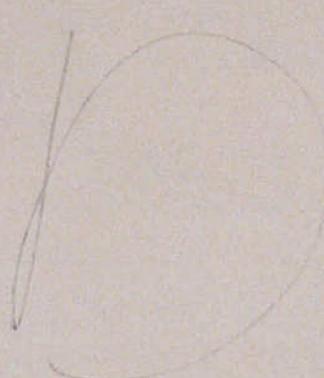
**Vom Wundermittel zum Teufelszeug** Der bedenkenlose Einsatz von DDT führte fast zum Öko-GAU

**Fortschritt im Bild** Vedutenmaler Karl Herrle portraitiert die Bayerische Staatseisenbahn

# KULTUR & TECHNIK

## Alles ist Chemie

Berichte aus der Welt einer Wissenschaft, deren Erkenntnisse und Produkte aus unserem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken sind.



# Geniales kennt keine Zeit.

Deutsches Museum *collection*



**Lodenrucksack von AKAH.** Die Herstellung von Loden ist die Antwort alpenländischer Bauern auf die extremen Witterungsbedingungen in den Bergen. Interessanterweise findet man einen ähnlichen Stoff ansonsten nur in den Hochländern Südamerikas. Seit über 100 Jahren wird Tiroler Loden auf die gleiche Art hergestellt, heute allerdings mit modernen Maschinen.

Erst die perfekte Verarbeitung aber, zusammen mit vegetabil gegerbtem Leder, macht jeden einzelnen dieser Rucksäcke zu einem handwerklichen Meisterstück. Dies geschieht bei AKAH in Hunstig bereits seit 150 Jahren in 4 Generationen. Ursprünglich im Bereich Jagd angesiedelt, stattet der Traditionsbetrieb nicht nur Berufsjäger aus, sondern beliefert auch öffentliche Behörden mit hochwertigen Produkten aus Leder.

Dieser Rucksack ist in 2 Grössen lieferbar.

Lasergravur »Geniales kennt keine Zeit« in der Leder-Riemenplatte.

LODEN RUCKSACK GROSS 40cm x 52cm

Bestell-Nr. 006 119,00 Euro

LODEN RUCKSACK KLEIN 34cm x 52cm

Bestell-Nr. 007 89,00 Euro



**Mechanischer Wetterfrosch.**

**RAUM-KLIMAMESSER LUFFT**  
Mißt die Temperatur und die Relative Feuchte mechanisch mit höchster Präzision. Hochrangige Museen und Sammlungen verwenden Geräte der Firma LUFFT, um das Raumklima zu messen.  
Bestell-Nr. 008 85,00 EURO



**Funktion und Ästhetik.**

**SET ESSIG & ÖL SCHOTT GLAS**  
Perfekt in Verarbeitung und Gebrauch. Für Gourmets!  
Die Verschlüsse mit Glasschliff eignen sich hervorragend für den Einsatz in der Küche. Keine Tropfen, keine Dichtungen. Glas pur.  
Bestell-Nr. 002 37,00 Euro



**Hoch und Tief.**

**GOETHE-BAROMETER**  
Semi-industriell gefertigt nach dem Original von 1832 aus Goethes Haus in Weimar. Die Erfindung dieses Wetterglases beruht auf der Beobachtung fundamentaler physikalischer Gesetzmäßigkeiten.  
Bestell-Nr. 003 36,00 Euro



**Mit dem Feuer spielen.**

**FEUERZANGENBOWLE-SET**  
Aus hitzebeständigem Borosilikatglas von JENAER GLAS®. Mittelpunkt geselliger Abende mit guten Freunden.  
Mit Spezialrezept und ausgesuchten Punschgewürzen!  
Bestell-Nr. 001 59,00 Euro



**aScharf.**

**KERAMIK-KÜCHENREIBE KYOCERA**  
Technische Keramik für den Hausgebrauch. Kompromisslose Qualität, Schärfe und Ästhetik. Optimal für Sushi-Fans.  
Bestell-Nr. 004 33,00 Euro



**Apollo 13.**

**ORIGINAL FISHER SPACE-PEN »BULLET«**  
Raumfahrerprobter High-Tech-Kugelschreiber. In exklusiver Ausführung Schwarz / Chrom.  
Bestell-Nr. 005 37,00 Euro



**Wetterfest.**

**TOUREN-SCHIRM**  
Raffinierte Federmechanik und optimierte Aerodynamik. Fiberglasgestänge.  
Bestell-Nr. 009 38,00 Euro

Seit 100 Jahren ist das Deutsche Museum Spiegelbild des Fortschritts und der Errungenschaften des 20. Jahrhunderts. Wie kaum ein anderes naturwissenschaftlich-technisches Museum dieser Welt zeigt es Meisterwerke der Wissenschaft und Technik.

Diesem Anspruch entspringt die Idee der Deutsches Museum collection – eine kleine Palette ausgesuchter Produkte voller Erfindungsgeist, Ingenieurskunst, geschichtlicher Tragweite und hoher Qualität. Im Spektrum genauso universell, lebendig und so facettenreich wie das Deutsche Museum selbst.

Bestellen im Internet [www.deutsches-museum-collection.de](http://www.deutsches-museum-collection.de)

Bestell-Hotline 01805 / 233 234 Bestell-Fax 01805 / 233 235

# Editorial

Chemie – Die janusköpfige Schönheit



Dr. Elisabeth Vaupel

Seit jeher haben die chemischen Wissenschaften ihre Bestrebungen, der Natur die Geheimnisse ihres Wirkens zu entlocken, mit dem Ruf bezahlen müssen, eine „Hexenküche“ zu sein. In diese Bewertung fließen viele, auch widersprüchliche Eindrücke ein: Besorgnis und Bewunderung, Gefahr und Geheimnis.

## LIEBE LESERINNEN, LIEBER LESER

Chemie wird, wie vor ihr die Alchemie, von vielen als ambivalente, janusköpfige Wissenschaft wahrgenommen. Bezeichnend hierfür ist, dass nicht wenige Science-Fiction-Filme von der düsteren Gestalt des „mad scientist“ beherrscht werden. Eine deutliche Mehrzahl davon sind Chemiker oder Biochemiker, finstere Burschen, die ihr Wissen skrupellos für ihre Machtgelüste missbrauchen und dadurch schreckliches Unheil anrichten. Auch in der Literatur wird das Bild des faustischen Wissenschaftlers und Chemikers immer wieder und nicht erst seit Goethe thematisiert.

Tatsächlich wird – Film und Belletristik sind da gute Indikatoren –, die „düstere“ Seite der Chemie in der Öffentlichkeit sehr viel deutlicher wahrgenommen als die „lichte“, die es natürlich ebenso gibt. Es ist nicht zu leugnen, dass viele Nachrichten, die Presse, Funk und Fernsehen verbreiten, wenig geeignet sind, um Ängste, die breite Bevölkerungsschichten der Chemie entgegenbringen, abzubauen oder wenigstens zu mindern: Meldungen über Unfälle in Chemikalien- und Sprengstofffabriken, über Giftgaseinsätze oder Verunreinigungen in Lebensmitteln tra-

gen verständlicherweise nicht dazu bei, das Vertrauen des Normalbürgers in die Errungenschaften der Chemie zu festigen oder gar zu vertiefen.

Dennoch gibt es, wie bei allen Dingen, auch eine Kehrseite der Medaille. Als Wissenschaft von der Materie lehrt uns die Chemie, dass alles, was uns umgibt – auch wir selbst – letztlich aus chemischen Molekülen bestehen, die nach bestimmten Gesetzmäßigkeiten gebildet werden beziehungsweise miteinander reagieren. Chemie ist unbestritten die Grundlage der Natur. Sie beschreibt die Zusammensetzung aller Gesteine, die Funktionsweise und den Stoffwechsel des Tier- und Pflanzenreiches. Ohne chemische Forschung gäbe es eine Vielzahl äußerst nützlicher Materialien nicht, ohne sie gäbe es keine Pharmazie und letztlich auch keine moderne Medizin. Wer würde heute auf Schmerz- und Narkosemittel, auf Antibiotika und die Antibabypille verzichten wollen? Eine Welt ganz ohne chemische Forschung und Produkte wäre, trotz aller Probleme, die diese oftmals mit sich bringen, also sicher auch nicht wünschenswert.

Jeder Mensch muss im Laufe seines Lebens lernen, dass Licht und Schatten, Versuch

und Irrtum, Erfolg und Fehler zusammengehören wie rechte und linke Hand. Zu dieser Erkenntnis könnte, was die Chemie angeht, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung für das Jahr 2003 ausgerufenen Jahr der Chemie beitragen. Vielleicht vermitteln die geplanten Veranstaltungen tatsächlich Eindrücke darüber, was Chemie ist und was sie – im Guten wie im Schlechten – in der Vergangenheit leistete und in Zukunft leisten kann. Wenn das Jahr der Chemie einer Einsicht zur Durchsetzung verhülfe, wäre schon viel gewonnen: Dass der menschliche Geist noch sehr viel Energie einsetzen muss, um den außerordentlich komplexen Zusammenhängen von Ursachen und Wirkungen einschließlich ihrer Nebenwirkungen auf die Spur zu kommen. Nur wenn sich diese Einsicht durchsetzt, wird auch die Bewunderung wachsen, wenn Chemiker auf dem Wege der mühsamen Erkenntnis ein kleines Stück vorgekommen sind.

Ihre  
Elisabeth Vaupel  
Leiterin der Abteilung Chemie  
des Deutschen Museums

# Inhalt

Alles ist Chemie

## Thema

- 10 Attraktive Massenware**  
Die Entwicklung vollsynthetischer Kunststoffe inspirierte Designer zu ganz neuen Kreationen.
- 16 Der Schnee von heute**  
Nach der Eroberung Perus durch die Spanier gelangten die ersten Cocablätter nach Europa.
- 20 Aus Horror wird Hoffnung**  
Contergan erlebt ein Comeback: Unter neuem Namen als Medikament gegen Lepra, Aids und Krebs.
- 24 Rätselhaftes Strychnin**  
Es beschäftigte berühmte Chemiker mehr als 100 Jahre.
- 32 Vom Wundermittel zum Teufelszeug**  
DDT wurde zum Synonym für die Vergiftung der Umwelt.

## 37 Steigende Ernten von ewiger Dauer

Die Entwicklung chemischer Düngemittel.

## 40 Sonnenaufgang

Farben in Tuben beeinflussten die Malerei der Impressionisten.

## 45 Die Alleskönner

Farben zum Drucken müssen viele Anforderungen erfüllen.

## Magazin

## 54 Fortschritt im Bild

Die biedermeierlichen Veduten des Karl Herrle

## Rubriken

- 6 Kaleidoskop**
- 15 Meldungen Chemie**
- 58 Veranstaltungen**
- 52 Dr. Profs Chemodrom**
- 59 Historische Galerie**  
Entdecker, Erfinder, Visionäre
- 62 Das Museum**  
Nachrichten, Tipps, Termine
- 64 Am Ende**  
Bilder die sich selber malen
- 66 Vorschau, Impressum**



# 10

**Kunststoffe inspirieren Designer** zu Kreationen, die mit keinem anderen Material denkbar wären.



# 32

**Die fatalen Folgen** der DDT-Euphorie machen die Komplexität des Ökosystems deutlich.

# 45

**Sie müssen gut haften, schnell trocknen**, dürfen nicht verlaufen oder schmieren – die Anforderungen an Druckfarben sind immens.



*Jahr der*  
**Chemie**  
*2003*

LMU

**HighTechCampus**  
**Chemie und Pharmazie**  
München Großhadern

Fotos und Design HUW

Liebigs Fünfkugelapparat wurde im Deutschen Museum fotografiert

**Schüler-Info-Tag Fr. 21. Feb. 03**

**Infos: [www.cup.uni-muenchen.de](http://www.cup.uni-muenchen.de)**



„Professor Ingo Rechenberg mit Storchenflügeln im Windkanal“ – das Bild von Werner Mahler erhielt 2002 den Hauptpreis für das beste Einzelbild.

## FOTOPREIS „WISSENSCHAFT VISUELL 2003“

Auch in diesem Jahr verleihen die Zeitschrift *bild der wissenschaft*, die Fraunhofer Gesellschaft und die Professur für Fachjournalistik der Universität Gießen den Fotopreis „wissenschaft visuell“. Die eingereichten Bilder sollen in eindrucksvoller Weise die Arbeit von Forschern in Deutschland, Österreich und der Schweiz dokumentieren. In Zusammenarbeit mit der Leica Camera AG, der Aventis Pharma Deutschland GmbH und der Agfa-Gevaert AG werden fünf Auszeichnungen im Gesamtwert von 10.000 Euro vergeben: je ein Hauptpreis für das beste Einzelphoto und für die beste Reportage, ein zweiter und dritter Preis für ein Einzelphoto sowie ein Anerkennungspreis.

Einsendeschluss ist der 31. Juli 2003.

## BUCHTIPP

### MIT „GNOM“ AUF DEN BERG

Niklaus Riggenbach –  
der Bergbahnpionier und seine Zahnrad-Dampflok „Gnom“,  
Kilian T. Elsasser (Hrsg.), Verkehrs-  
haus der Schweiz, AS Verlag  
24,80 EUR

Zwei Jahre lang wurde die älteste erhalten gebliebene Zahnradlokomotive Europas und zweitälteste Dampflokomotive der Schweiz renoviert. Die vom Bergbahnpionier Niklaus Riggenbach konstruierte „Gnom“ konnte selbst extreme Steigungen überwinden und löste die erste Welle des Massentourismus in den Alpen aus. Dem Verkehrshaus der Schweiz in Luzern gelang es, die alte Dame wieder betriebsfähig zu machen. Das reich bebilderte Buch dokumentiert die historischen Stationen der Lok.

Weitere Informationen unter der Rubrik: „wissenschaft visuell“ auf: [www.wissenschaft.de](http://www.wissenschaft.de)

## WISSENSCHAFT- UND TECHNIKLITERATUR IM NETZ

GetInfo ist ein neuer Internetdienst des Fachinformationszentrums (FIZ) Karlsruhe und der Technischen Informationsbibliothek (TIB) Hannover, über den sich elektronische und gedruckte Publikationen aus allen Bereichen der Technik und Naturwissenschaften beziehen lassen. Insgesamt kann auf über 50.000 Fachzeitschriften zugegriffen werden. Neben renommierten internationalen Verlagen und Informationsdienstleistern kooperiert der neue Online-Service auch mit Universitäten und Forschungseinrichtungen im In- und Ausland. Das Angebot umfasst auch die so genannte „Graue Literatur“, wie Forschungs- und Tagungsberichte oder Dissertationen, die normalerweise schwer zu beschaffen ist.

[www.getinfo-doc.de](http://www.getinfo-doc.de)

## ALLES ÜBER BILDUNG

Aktuelle Informationen rund um das Thema Bildung bieten das Internetportal Deutscher Bildungsserver und das Fachinformationssystem Bildung Literaturdatenbank (FIS). Während sich der Deutsche Bildungsserver an ein breites Publikum richtet, sind die in der FIS Literaturdatenbank gesammelten Daten insbesondere für Pädagogen, Studierende und Wissenschaftler interessant.

[www.bildungsserver.de](http://www.bildungsserver.de)

[www.fis-bildung.de](http://www.fis-bildung.de)

## HISTORISCHE FOTOGRAFIEN: PIONIERE DER BERLINER U-BAHN

Mit der Eröffnung der „Stammlinie“ vor 100 Jahren begann die Erfolgsgeschichte des beliebtesten öffentlichen Berliner Verkehrsmittels – der U-Bahn. Sie führte vom Bahnhof Warschauer Brücke zu den Bahnhöfen Potsdamer Platz und Knie (heute Ernst-Reuter-Platz). Die Bauarbeiten der Linie wurden damals mit hochwertigen Glasplattenfotografien dokumentiert, die lange Zeit als verschollen galten. Mit ihrem Band „Großstadt-Durchbruch – Pioniere der Berliner U-Bahn. Photographien um 1900“ (Jaron Verlag Berlin) zeigen Susanne Hattig und Reiner Schiporeit erstmals eine umfassende Auswahl aus diesem Bestand. Mehr als 120 Bilder, überwiegend aus dem Siemens-Archiv München, dokumentieren Bauarbeiten, Bahnhöfe und Streckenabschnitte in der Spreemetropole um 1900. Eine gleichnamige Sonderausstellung im Deutschen Technikmuseum Berlin läuft noch bis Februar 2003.

Mehr unter: [www.dtmb.de](http://www.dtmb.de)

## BUCHTIPP

### DIE GESCHICHTE DER DAMPFMASCHINE

mit CD-ROM,  
von Otfried Wagenbreth,  
Helmut Düntzsch, Albert Gieseler,  
VDE-Verlag, 34,80 EUR

Die Dampfmaschine als Symbol der Industrialisierung: Über Konstruktion, Einsatz und Wirkung der Dampfmaschine in Deutschland, mit Fotos und zeitgenössischen Konstruktionszeichnungen.

### DAS FLIEGENDE SCHIFF

Und andere Erfindungen,  
die fast funktionierten  
von Adam Hart-Davis,  
dtv Taschenbücher Bd. 20479,  
8,50 EUR

Viele Erfinder im 19. Jahrhundert sind mit ihren spektakulären Projekten gescheitert. Das erste U-Boot beispielsweise tauchte zwar unter, aber nie wieder auf. In kurzen, oft amüsanten Anekdoten zeigt der Autor, dass alle vermeintlichen Misserfolge letztendlich wertvolle Erfahrungen auf dem Weg zum Erfolg waren.

## TROCKENER ANKERPLATZ FÜR SEENOTKREUZER „HANS LÜKEN“

Nach 33 Jahren im Dienst zur Rettung Schiffbrüchiger hat sich der Seenotkreuzer „Hans Lüken“ einen ruhigen Ankerplatz verdient. Seine letzte Fahrt ist der stattliche 19-Meter-Kreuzer der Deutschen



Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger im Oktober nach Bremerhaven angetreten, wo er im Deutschen Schifffahrtsmuseum feierlich empfangen wurde. Die 19-Meter-Klasse war die erste Generation von Seenotkreuzern, die ausschließlich aus seewasserbeständigem Leichtmetall gebaut wurde und eine herausragende Seetüchtigkeit und Manövrierfähigkeit sowohl im Küstenbereich als auch auf hoher See bewies. Mit diesem außergewöhnlichen Originalexponat – samt seinem Tochterboot „Abelius“, einer vollständigen Inneneinrichtung und Kombüsenausstattung – gilt die Abteilung „Rettungswesen“ des Deutschen Schifffahrtsmuseums als die wohl umfangreichste ihrer Art.

Mehr unter: [www.dsm.de](http://www.dsm.de)

## SOLARCHEMIE: ABWÄSSERREINIGUNG MIT SONNENLICHT

Biologisch nicht abbaubare Abwässer, wie sie zum Beispiel in der Textilindustrie, Zellulose- und Papierindustrie anfallen, umweltschonend reinigen? Kein Problem, sagen die Forscher am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Köln. Sie haben ein genial einfaches Verfahren gefunden, das sich in naher Zukunft auch im großen Industriemaßstab nutzen lässt. Unter Beimischung von so genannten Fotokatalysatoren, wie beispielsweise Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ) oder Zinkoxid ( $\text{ZnO}$ ), werden kontaminierte Abwässer aus Fetten, Ölen und Lösungsmitteln dem Sonnenlicht ausgesetzt. Die UV-Strahlung regt photochemische Reaktionen an, die nahezu alle organischen Verunreinigungen zersetzen und das Wasser detoxifizieren. „Die Ergebnisse der Abbauversuche dieser toxischen Substanzen lassen erwarten, dass in Zukunft mit der photokatalytischen Behandlung von verunreinigtem Wasser (...) eine neue, vielversprechende Technologie zur Verfügung stehen wird“, prognostiziert der Solarchemiker Christian Sattler vom DLR-Institut für Technische Thermodynamik. Erste Großversuche mit Industriebeteiligung wurden bereits auf den Weg gebracht. Die im Rahmen des Projekts SOLARTEX entwickelte und in der Nähe von Madrid gebaute Pilotanlage hat sich so gut bewährt, dass die Augsburger Carl Albani Gardinenfabrik bereits eine ähnliche Anlage mit 500 Litern Fassungsvermögen zur photochemischen Abwasserreinigung in Betrieb genommen hat. Weitere Projekte in Kooperation mit Forschungseinrichtungen in Brasilien, Portugal und Spanien laufen.

Kontakt: Dr. Christian Sattler, Institut für Technische Thermodynamik, DLR Köln,

Tel: 02203-601-2868, Fax: 02203-66900, eMail: [christian.sattler@dlr.de](mailto:christian.sattler@dlr.de),

Internet: [www.dlr.de/et](http://www.dlr.de/et)



Sonnenlicht und Fotokatalysatoren reichen aus, um verschmutztes Wasser zu säubern. Diese Pilotanlage in Madrid hat sich bereits bestens bewährt. Weitere Anlagen im In- und Ausland sind geplant.

## MEERESRAUSCHEN HAT EINFLUSS AUF WELTKLIMA

Abermillionen von Luftbläschen brechen sich in den Wellen der Weltmeere und lassen damit das typische Meeresrauschen entstehen. Aber nicht nur für das akustische Phänomen sind sie verantwortlich, die Luftblasen spielen auch eine wichtige Rolle beim Gasaustausch zwischen den Ozeanen und der Atmosphäre. Die Wissenschaftler Grant Deane und Dale Stokes vom Scripps-Institut für Ozeanographie im kalifornischen San Diego haben kürzlich die bislang genaueste Studie über die Funktion und Dynamik der Luftblasen im Meerwasser vorgelegt. Mithilfe einer eigens von ihnen entwickelten Spezialkamera, der so genannten BubbleCam, filmten sie die Prozesse der Bläschenbildung, um sie daraufhin zu vermessen und auszuwerten. Dabei fanden die Forscher heraus, dass es im Wesentlichen zwei verschiedene Mechanismen der Bläschenbildung gibt: Blasen mit einem Durchmesser von mehr als einem Millimeter, die sich beim Zusammenrollen der Wellen bilden – die von Surfern favorisierte Wellenröhre –, und kleine Bläschen von weniger als einem Millimeter, wenn der Wellenkamm beim Brechen auf die Wasseroberfläche trifft. Diese Luftbläschen beeinflussen mehrere Prozesse im Ozean. Eine ihrer wesentlichen Funktionen besteht darin, Kohlendioxid aus der Erdatmosphäre an die Ozeane abzuführen. Insbesondere bei Stürmen gelangen auf diese Weise große Mengen an Gasen ins Meer. Wenn die Luftblasen beim Wellenbrechen platzen, werden darüber hinaus

Wassertropfen freigesetzt, die zu erhöhter Luftfeuchtigkeit und Wolkenbildung führen. Wissenschaftler werten die Studie von Grant Deane und Dale Stokes als einen wichtigen Beitrag zur Erstellung globaler Klimamodelle.

## WAS VÖGEL VOR DEM ABSTURZ BEWAHRT

Bei Versuchen mit Tauben haben Biologen der Ruhr-Universität

Bochum herausgefunden, dass Vögel ein zweites Gleichgewichtsorgan besitzen, das ihnen hilft, die Balance zu halten. Das Spezialorgan ist für die Kontrolle des Gleichgewichts beim Laufen und Stehen verantwortlich und wurde von den Forschern in der Auslappung des Rückenmarks (lumbosacraler Bereich) geortet. Da

Vögel selbst bei horizontaler Körperausrichtung auf ihren Hinterbeinen stehen, hatten Biologen schon lange vermutet, dass sie neben dem bekannten Gleichgewichtssinn im Innenohr, der ihre Bewegungen beim Fliegen regelt, ein zweites Organ besitzen. Verhaltensexperimente stützen die These: Unter anderem konnte gezeigt werden, dass Vögel, bei denen das zweite Gleichgewichtsorgan verletzt war, zwar noch fliegen konnten, aber nicht mehr mit geschlossenen Augen sitzen oder stehen.



Zwei Organe halten diese Taube im Gleichgewicht und sorgen dafür, dass sie nicht von der Dachkante fällt.

## PREISE FÜR DIE WISSENSCHAFT

Wissenschaftspreise stehen in Deutschland hoch im Kurs – nicht nur bei den Forschern, die sie erhalten, sondern auch bei den Mäzenaten, die sie stiften. Immer mehr Privatpersonen, Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen geben Geld, um Wissenschaftler für ihre Erfindungen, Forschungsleistungen oder ihr Lebenswerk auszuzeichnen. Seit Mitte der 1990er Jahre haben sich die Wissenschaftspreise in Deutschland mehr als verdoppelt. Derzeit werden rund 2400 Auszeichnungen von über 600 Sponsoren vergeben. (*Handbuch der Wissenschaftspreise und Forschungsstipendien*, Alpha Informations-GmbH, Lampertheim)



## WEISSENHOF DIGITAL

Einst als „Araberdorf“ von den Kritikern verschrien, gehört die Weißenhofsiedlung auf dem Stuttgarter Killesberg heute zu den weltweit wichtigsten Denkmälern der frühen, modernen Architektur. Mit dem Ziel, ein Modell für das künftige Wohnen des Großstadtmenschen zu schaffen, entstanden 1927 im Rahmen der Werkbundausststellung „Die Wohnung“ einundzwanzig Häuser, errichtet von namhaften Architekten wie Le Corbusier, Mies van der Rohe oder Walter Gropius.



Architektur-Interessierte können die Stuttgarter Weißenhofsiedlung im Internet besichtigen. 21 Gebäude namhafter Architekten wurden originalgetreu nachgebildet.

Anlässlich des 75-jährigen Jubiläums wurde das Projekt erstmals digital nachgebildet. Mit der von IBM entwickelten Konstruktionssoftware CATIA konnte die Weißenhofsiedlung im Originalzustand von 1927 vollständig rekonstruiert werden. Der virtuelle Rundgang durch die 21 Gebäude umfasst auch jene zehn, die seit dem Zweiten Weltkrieg zerstört sind. In den kommenden Jahren soll das Doppelhaus von Le Corbusier renoviert und zu einem Informations- und Dokumentationszentrum ausgebaut werden. Architektur-Interessierte können das Weißenhof-Museum schon jetzt im Netz besuchen.

Mehr unter: [www.weissenhof.de](http://www.weissenhof.de)

## GROßE ENTDECKUNGEN DURCH KLEINE ZUFÄLLE

„Wie groß ist die Rolle des Zufalls in der Forschung tatsächlich – und wie groß ist der Anteil des Entdeckers, dem der Zufall zustößt?“ Martin Schneider, Wissenschaftsredakteur beim SWR, hat eine kleine Enzyklopädie epochaler Entdeckungen zusammengestellt, bei denen Zufall und Versehen Pate standen. Zum Beispiel Charles Goodyear. Regelrecht besessen davon, Gummi anwendungs-tauglich zu machen, brauchte es nach Jahren des Experimentierens dennoch eine glückliche Fügung, die ihn die Vulkanisation entdecken ließ. Andere Forscher wie DuPont-Mitarbeiter Roy Plunkett entdeckten etwas, nach dem sie gar nicht gesucht hatten. Eigentlich wollte Plunkett ein neues Kältemittel für Kühlschränke entwickeln, als er dabei das Teflon entdeckte. Später wurde es sogar von der Nasa für ihre Weltraumprojekte verwendet. Fazit: So mancher Flop führte letztlich zu Produkten, die aus unserem Leben heute nicht mehr wegzudenken sind. Der Tesafilm ist ein missglücktes Wundpflaster, die bunten Post-it-Haftnotizzettel hätten eigentlich ein Superkleber werden sollen, das Porzellan wurde erfunden während des Versuchs, Gold herzustellen. Ein spannendes Buch, das zeigt, dass zum erfolgreichen Forschen immer auch ein Quäntchen Glück gehört.



Teflon, Post-it und Viagra, von Martin Schneider, Wiley-Vch-Verlag, 24,90 EUR

## KUNSTSTOFFE MIT ERINNERUNGSVERMÖGEN

Aufsehen erregte der Chemiker Andreas Lendlein im vergangenen Jahr mit der Entwicklung eines neuartigen Kunststoffs, der sich bei leichter Erwärmung selbst repariert. Gemeinsam mit dem amerikanischen Kollegen Robert Langer vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) präsentierte Lendlein nach vier Jahren Forschung ein Polymermaterial, das sich an seine alte Form „erinnern“ kann, selbst wenn es bis zur Unkenntlichkeit verbogen ist. Bei



Erwärmung werden auskristallisierte Segmente aufgeschmolzen, wodurch der Kunststoff wieder in seinen Urzustand zurückkehrt. Inzwischen hat sich der 33-jährige Wissenschaftler von der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (RWTH) voll und ganz auf diese neue Formgedächtnistechnologie spezialisiert und die Firma mnemoScience gegründet. Seine neueste Entwicklung ist ein chirurgischer Faden aus Kunststoff, der sich selbst verknötet. Wird das intelligente Fadenmaterial im kühlen Zustand gestreckt, zu einem lockeren Knoten geknüpft und danach erwärmt, verkürzt es sich binnen 20 Sekunden auf die Anfangslänge und zieht den Knoten zu. Chirurgen könnten also künftig eine Wunde leicht zusammennähen und dann durch eine kurze Erwärmung optimal verschließen. Ein weiterer Vorteil des neuen Materials: Es löst sich während der Heilung restlos auf.

Weitere Informationen unter:  
[www.mnemoScience.de](http://www.mnemoScience.de)



Zeittypischer  
Geschenkartikel  
aus Kunststoff:  
Lehns Wäsche-  
klammer „Sharky“.

Designer entdecken den Kunststoff neu

## Attraktive Massenware

Chemische Experimentierkunst und Verfahrenstechnik eröffneten im 20. Jahrhundert den Zugang zu vollsynthetischen Kunststoffen. Damit wurde eine Massenproduktion von Alltagsgegenständen, aber auch High-Tech-Anwendungen in bisher ungeahntem Ausmaß möglich. Kunststoffe inspirieren Designer zu Kreationen, die mit keinem anderen Material denkbar wären.

TEXT: Gerhard Karger

Jute statt Plastik“ gehörte zu den populärsten und erfolgreichsten Slogans der späten siebziger und frühen achtziger Jahre. Zu dieser Zeit war politisch korrekt, wer seine Einkäufe in Jutetaschen nach Hause schleppte. Die Plastiktüte war zum Symbol für die Wegwerfgesellschaft geworden. Als ungeliebtes Aschenputtel schien Kunststoff nur noch zu niedrigen Diensten zu taugen und allein in Form von Mülltonnen und Putzeimern eine gewisse Existenzberechtigung zu haben. Doch zuweilen ist es wirklich märchenhaft: Wie Aschenputtel haben die Kunststoffe ihr äußeres Erscheinungsbild geändert und in der heutigen Konsumwelt, in der Hochwertigkeit, gestalterische Qualität und Exklusivität zählen, wieder an Stellenwert gewonnen.

„Der größte Feind des Kunststoffs ist der Joghurtbecher“, sagt Rainer Lehn und ruft damit zum Kampf gegen billigen Plastik-Look auf. Lehn gehört zu der jüngeren Generation von Designern, die für Firmen wie Authentics, Alessi oder Koziol arbeiten. Bei ihren Produkten dominieren ruhig schimmernde Oberflächen mit beachtlicher taktiler Qualität: Transparente und transluzente Materia-



An die weichen Objekte der Pop Art erinnert dieser aufblasbare Eierbecher aus PVC.

Stühle mit Sitzschale aus glasfaserverstärktem Polyester. Im Vordergrund der von 1950 bis 1989 hergestellte Armlehnstuhl DAX (Dining Armchair with X-Base).



lien und bewusst in Szene gesetzte Kombinationen von Kunststoffen mit Holz oder Metall. Und so, wie eine Nivea-Dose niemals grün sein kann, haben auch diese Materialien ihre eigene, unverwechselbare Farbigkeit: kühles Blau, warmes Orange, technisch anmutendes Weiß.

### LEHNS WÄSCHEKLAMMER „SHARKY“

beispielsweise ist ein zeittypischer Geschenkartikel. Der Kunststoff ersetzt hier nicht einfach nur einen Werkstoff wie Holz. Die Tierform und das zupackende Haimaul ironisieren auch die klassische Designer-Vorgabe „form follows function“. Sharky sammelt Sympathiepunkte, weil er bei einer ungeliebten Tätigkeit wie dem Aufhängen von Wäsche hilft, nett anzuschauen und angenehm zu greifen ist. Zum rein rationalen Aspekt kommt also ein „emotionaler Mehrwert“: Auf einem heiß umkämpften Markt, auf dem sämtliche Gebrauchsgegenstände zur Befriedigung sämtlicher funktioneller Bedürfnisse verfügbar sind, kann dieser zum entscheidenden Kaufanreiz werden. Der hilfreiche Hai und seine vielen Verwandten in Haushalt, Büro und Bad haben eines gemeinsam: Es sind präzise gefertigte Formteile aus den im Millionen-Tonnen-Maßstab hergestellten thermoplastischen Kunststoffen Polyethylen oder Polypropylen.

### WARUM LASSEN SICH

Polyethylen und Polypropylen in solchen Mengen herstellen und zu Massenartikeln verarbeiten? Um das Potenzial dieser Stoffe wirklich ausloten zu können, ist es erforderlich, sie bis in den mikroskopischen Aufbau hinein zu verstehen. Chemie-Nobelpreisträger (1953) Hermann Staudinger in Freiburg hat Anfang der zwanziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts dafür die theoretischen Konzepte geliefert und auch experimentell überprüft. Er vermutete richtig, dass es chemische Substanzen – die Polymere – gibt, die sich aus einzelnen kettenförmigen Riesenmolekülen aufbauen, die wiederum aus aneinander gereihten Molekülbausteinen, den Monomeren, zusammengesetzt sind. Diese Mikroarchitektur macht viele Polymere in der Kälte fest und in der Hitze verformbar, ohne dass dies mit einer chemi-



Anti-funktionalistisches Design der italienischen „Gruppo Strum“, Ende der 1960er Jahre: das Sitz-Liege-Objekt „Pratone“ (Rasen) aus Polyurethan-Weichschaumstoff.

schen Veränderung einhergeht. Werden solche „Thermoplaste“ also erwärmt und in geschmolzenem Zustand im „Spritzgussverfahren“ zur Erstarrung in eine gekühlte Form gepresst, so sind damit alle möglichen Formteile realisierbar. Sind die Monomere billig und in großen Mengen verfügbar, und lassen sie sich kontinuierlich zu thermoplastischen Kunststoffen polymerisieren, so steht der Massenproduktion von Formteilen nichts mehr im Wege.

Bereits 1930 konnten so die Chemiker Herrmann F. Mark und Carl Wulff der damaligen IG-Farben Polystyrol-Formteile herstellen. Weitere Kunststoffe, von denen später noch die Rede sein wird, folgten. Der endgültige Durchbruch in das Zeitalter der Massen-

ten Kunststoffe Polyethylen beziehungsweise Polypropylen („schnittfestes Erdöl“) umwandeln.

Doch Sharky wäre nicht Sharky, wenn es nicht Giulio Natta in Mailand gelungen wäre, auf der Basis der Zieglerschen Arbeiten gezielt Polypropylen-Arten herzustellen, die sich in ihrem räumlichen Bau und damit in ihren Eigenschaften unterscheiden. Das gab den Kunststofftechnikern und Verfahreningenieuren die entscheidenden Anregungen für die Verarbeitung dieses Kunststoffs.

Das heute für den Spritzguss als Granulat eingesetzte „isotaktische“ Polypropylen bringt alle gewünschten Eigenschaften bereits mit. Es ist leicht durchscheinend, kann beliebig eingefärbt werden, und über die Geschwindigkeit

beim Einspritzen und beim Erstarren in der wassergekühlten Form können erfahrene Kunststoffverarbeiter sogar die Transparenz des Materials steuern. Für die matte Oberfläche von Sharky ist es nicht einmal erforderlich, den Kunststoff chemisch nachzubehandeln. Es genügt, die innere Oberfläche der metallenen Spritzform fein aufzurauen, da die Schmelze diese Form exakt nachbildet. In einem Arbeitsgang lassen sich damit auch Werkstücke wie beispielsweise Schüsseln herstellen, bei denen die Innenseite glatt und damit leicht zu reinigen, und die Außenseite rau und damit besser zu greifen ist. Der Wechsel von einer Form zur anderen, oder ein Neuentwurf, lassen sich heute durch computergestütztes Design (CAD)

und Rapid Prototyping weitaus schneller umsetzen als noch vor wenigen Jahren.

Design ist damit an einem Punkt angelangt, an dem die technischen Hilfsmittel den Gestaltungsprozess zu dominieren scheinen. Materialien und Fertigungstechnik sind ausgereift: Kunststoffe werden in Form gegossen oder gepresst. Was heute selbstverständlich erscheint, ist Ergebnis jahrzehntelangen Expe-



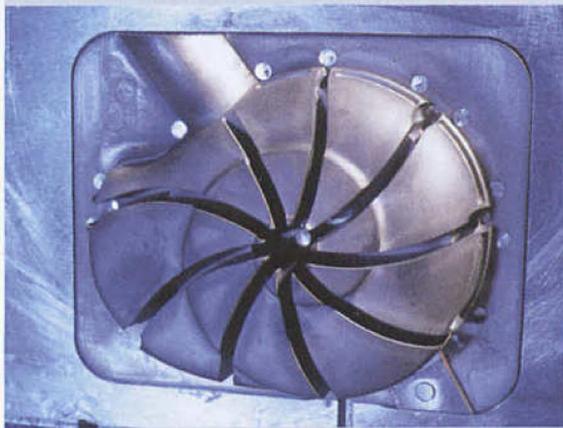
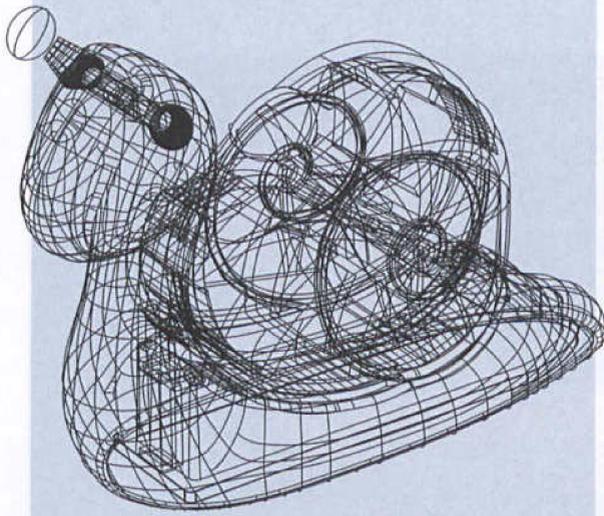
Im adäquaten Kontext entfaltet der „Panton-Stuhl“ – hier mit Marianne Panton als Benutzerin – seine volle Wirkung. Den gesamten Raum prägen die für Verner Panton typischen kräftigen Farben und die von der Op Art inspirierten Muster. Die Aufnahme entstand Anfang der 1970er Jahre.

kunststoffe gelang Karl Ziegler im Max-Planck-Institut für Kohlenforschung in Mülheim an der Ruhr im Jahre 1953. Mit seinen „Mischkatalysatoren“ lassen sich die bei der Raffination von Erdöl in ungeheuren Mengen anfallenden gasförmigen „Abfallprodukte“ Ethylen und Propylen als äußerst preisgünstige Monomere ohne Anwendung hoher Drücke und Temperaturen in die bereits erwähn-

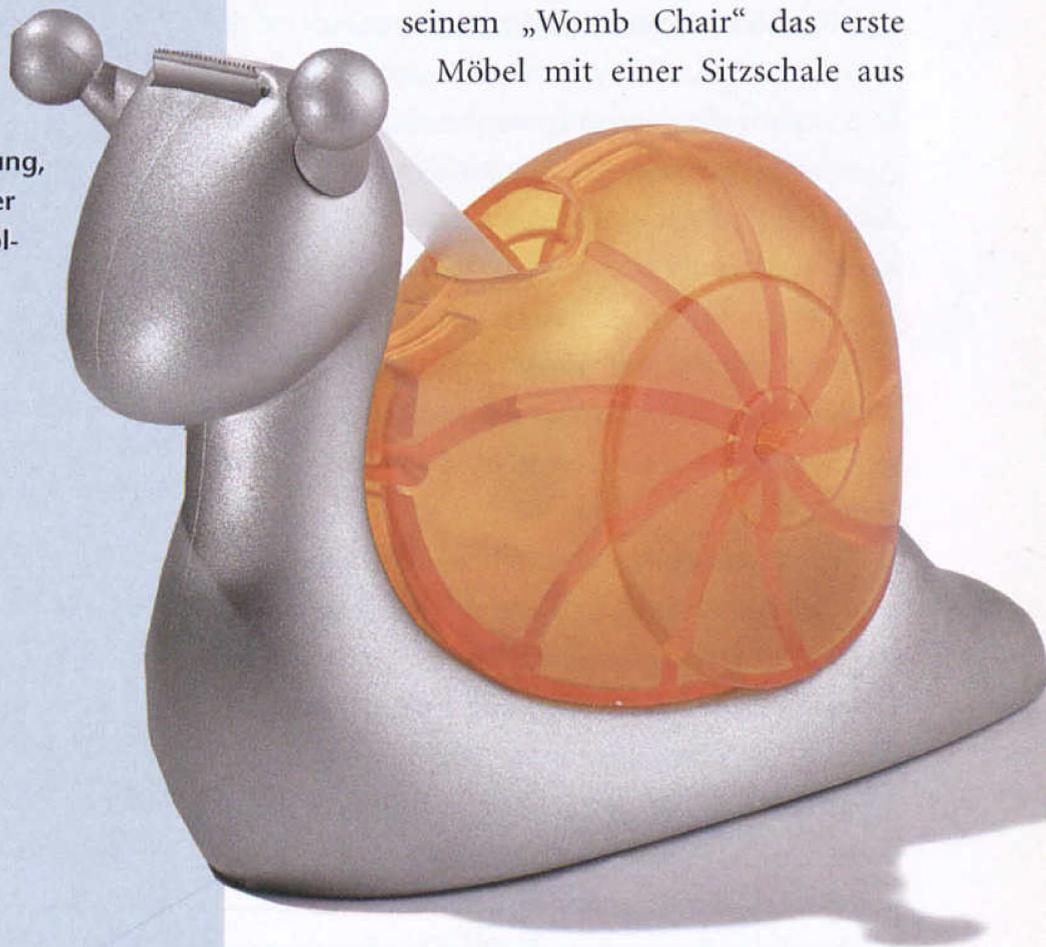
rimentierens mit neuen Materialien. Das große Verdienst der damaligen Design-Avantgarde besteht darin, für die Verwirklichung ihrer Ideen die Einschränkungen klassischer Werkstoffe wie Holz und Metall überwunden und dafür Materialien und Fertigungstechniken aus ganz anderen Bereichen verwendet zu haben. Ein Material der „ersten Stunde“ war glasfaserverstärktes Polyesterharz, später dann auch Polyurethan und schließlich Polypropylen.

**DER DESIGNER VON HEUTE** sucht nicht mehr das Potenzial seiner Materialien zu ergründen. Die Entwürfe sind oft nur noch form-, nicht mehr materialbestimmt. Konrad Grcic ist sich über dieses Dilemma im Klaren, wenn er sagt: „Ich gehe schon ganz bewusst vor bei meiner Wahl von Projekten, die ich in Kunststoff entwerfe. Zum Beispiel habe ich gerade eine Kehrschaufel gemacht; eine Kehrschaufel aus Kunststoff muss man nicht erfinden, es ist tatsächlich ein Material, das sich dafür eignet ... nur die Dinge aus Kunststoff machen, zu denen der Kunststoff als Material gehört ... so wie das Bugholz zum Thonet-Stuhl.“ In der Tat ist der Stuhl ein Testfall für Material und Designer, bei dem eine ganze Reihe von Einzelproblemen zu lösen ist, bis ein funktionierendes Ganzes entsteht. „Es ist einfacher, einen Wolkenkratzer zu bauen als einen guten Stuhl“, sagte einst Bauhaus-Architekt Ludwig Mies van der Rohe, der wie viele andere als Architekten ausgebildete Designer auch Sitzmöbel entwarf.

Am Anfang stand ein Wettbewerb des New Yorker Museum of Modern Art zum Thema „Organic Design in Home Furnishings“. Als Sieger gingen Charles Eames, seine damalige Freundin und spätere Frau Ray Kaiser und Eero Saarinen mit Möbeln aus gepresstem Sperrholz hervor, die ihre Form in der Hitze durch Anwendung eines schnellbindenden Harnstoff-Formaldehydharzes erhielten. Die Sperrholzformtechniken wurden in den Folgejahren zwar verfeinert, aber die Eames kamen damit an ihre Grenzen, als sie für einen weiteren Wettbewerb des Museum of Modern Art acht Jahre später eine ergonomische Sitzschale aus einem Stück formen wollten. Ziel der „International Competition for



Von oben nach unten: Entwurfzeichnung, Spritzgussform und der fertige Klebebandabroller „Speedy“.



Low Cost Furniture“ war es, ein Verfahren zu finden, mit dem sich preisgünstige, qualitativ hochwertige Möbel in großer Stückzahl herstellen ließen. Die Eames stießen aufgrund ihrer guten Kontakte zur US-Marine (sie fertigten Sperrholz-Beinschienen für verwundete Soldaten an) und zur Flugzeugindustrie auf glasfaserverstärktes Polyesterharz, das im Krieg als verformbares Material für Flugzeugradarkanzeln und Parabolantennen eingesetzt wurde. Mit der Firma Zenith Plastics wurde ein neues Konzept für den Gebrauch des Materials erarbeitet: der Kunststoff und eine Glasfaserverstärkung wurden in einer Negativform mit einer hydraulischen Presse geformt. Das Resultat war einer der ersten Plastikschalensitze. Die Eames setzten die Oberfläche mit der feinen Faserstruktur der Glasmatte bewusst als ästhetische Qualität ein. Eero Saarinen dagegen, der kurz zuvor mit seinem „Womb Chair“ das erste Möbel mit einer Sitzschale aus

verformtem Kunststoff in größerer Stückzahl produzieren ließ, verbarg die Kunststoffschale noch unter Schaumgummipolstern oder einem Stoffbezug – das Material erschien ihm zu unansehnlich.

1950 begann Zenith mit der Serienherstellung einer Sesselversion für Herrmann Miller, die noch im selben Jahr als DAX-Chair (Dining Armchair with X-Base) auf den Markt kam. Abnehmer der Plastikschalensitze, die mit einer Vielzahl von Untergestellen



angeboten wurden, waren neben Privatpersonen bald auch öffentliche Institutionen, so dass die als besonders robust geltenden Stühle praktisch allgegenwärtig wurden. Eero Saarinen, wie Charles Eames von Beruf eigentlich Architekt – der TWA-Terminal im John-F.-Kennedy-Airport und die CBS-Zentrale in New York wurden nach seinen Entwürfen gebaut –, wollte mit Kunststofftechnik die Zweiteilung zwischen Sitzschale und Untergerüst aufheben und das „Elend der Stuhlbeine“ beenden.

Der nach seinen Vorstellungen gebaute „Tulpen-Stuhl“ fasziniert mit seiner glatten, skulpturalen Form und wirkt zwar wie aus einem Guss, doch musste das einzige verbliebene Stuhlbein, ein runder Stützfuß direkt in der Mitte unter der Sitzfläche, aus Metall bestehen. Die Gesetze der Statik ließen nichts anderes zu. Saarinen schrieb später: „Ich freue mich auf den Tag, an dem die Plastikindustrie soweit ist, daß sie den Tulpenstuhl aus einem einzigen Material gießen kann.“

Die Verwirklichung von Saarinen's Idee, der Stuhl aus einem einzigen Kunststoffteil, ohne die geringste funktionelle Trennung von Lehne, Sitzfläche oder Stuhlbein, blieb dem Dänen Verner Panton vorbehalten. Sein „Panton-Stuhl“ steht in der Tradition des Funktionalismus und wird dennoch heute wie kaum ein anderes Möbelstück wegen seiner gerundeten, organischen, fließenden Form mit den

**Thermoplaste aus Polypropylen sind recyclingfähig. Im Spritzgussverfahren werden aus entsorgten Kunststoffverpackungen Möbel. Jedes Stück ein Unikat.**

#### Weiterführende Literatur

S. Fenichell „**plastic - Unser synthetisches Jahrhundert**“, Ruetten & Loening, Berlin, 1997.

„**Plastics + Design**“ (Hrsg. F. Hufnagl), Arnoldsche Art Publishers, Stuttgart, 1997.

„**Verner Panton. Das Gesamtwerk**“, Vitra Design Museum, Weil am Rhein, 2000 (Ausstellungskatalog)

„**Die Welt von Charles und Ray Eames**“, Ernst und Sohn, Berlin, 1997.

„**Designing the 21st Century**“ (Hrsg. C. und P. Fiell), Taschen, Köln, 2001.

S. Neufeldt, „**Chronologie Chemie 1800-1980**“, VCH, Weinheim, 1987.

**GERHARD KARGER** leitet das Ressort Wissenschaft der Nachrichten aus der Chemie, Zeitschrift der Gesellschaft Deutscher Chemiker.

Swingin' Sixties assoziiert. Die konstruktions-technisch anspruchsvolle Form wurde in mehreren Kunststoffarten realisiert. Die Urversion in kaltgepresstem glasfaserverstärktem Polyesterharz war mühsam herzustellen und konnte aufgrund der groben Form auch ästhetisch nicht befriedigen. Das schwere Polyesterharz entsprach nicht Pantons Vorstellungen vom Material, aus dem ein leichter, stapelbarer Stuhl gefertigt sein sollte. In den 1980er Jahren war der Stuhl vorübergehend vom Markt verschwunden, da es bei den in den 1970er Jahren mit Polystyrol produzierten Serien Probleme mit der Stabilität gab.

Heute ist er neben einer preisgünstigen Variante in Spritzguss-Polypropylen (Sharky lässt grüßen) wieder in der handwerklich aufwändigeren „klassischen“ Polyurethan-Hartschaum-Version erhältlich, bei der ein aufgeschäumter Stuhlrohling geschliffen, gespachtelt und lackiert wird.

**FORMTEILE AUS POLYURETHAN** – eine Erfindung, die auf den deutschen Chemiker Otto Bayer zurückgeht – bestehen aus einem geschäumten Kern (in einer verschlossenen Gussform wird das flüssige Reaktionsgemisch aus den beiden Monomeren Isocyanat und Alkohol unter Gasentwicklung fest) und einer massiven Randzone; dieser Sandwichtaufbau verleiht dem Werkstoff eine hohe Steifigkeit bei geringem Gewicht. Die Kräfte, die beim Platznehmen auf den „Panton-Stuhl“ einwirken, lassen sich durch Verstärkungen aus ein und demselben Material effektiv verteilen. Polyurethan-Weichschaum ist übrigens das Standard-Polstermaterial der Möbelindustrie, und viele der für die 1950er Jahre typischen Sofas und Sessel wären ohne diesen Werkstoff nicht denkbar gewesen.

Aus den Laboratorien der Werkstoffwissenschaftler kommen heute Stoffe, deren gestalterisches Potenzial noch nicht einmal ansatzweise ausgelotet wurde: Lichtemittierende Kunststoffe, Polymere mit „Formgedächtnis“, geschäumte Metalle und flexible, aber auch extrem harte Keramiken. Der Phantasie der Designer scheinen auf absehbare Zeit kaum Grenzen gesetzt. ■■■

(Katarina Bode, Koziol, Matthias Remmele, vitra, Rainer Ruffer, Bayer AG, sowie Stefan Albus sei für ihre Unterstützung gedankt.)

# Kaleidoskop

Neues aus der Chemie

## BIOMOLEKÜLE UNTER DER LUPE

Chemie-Nobelpreis 2002 für Kurt Wütherich, John Fenn und Koichi Tanaka

Proteine sind die Grundbausteine des Lebens. Wegen ihrer Größe und Komplexität lassen sich die für Chemikermaßstäbe riesigen Biomoleküle aber nur schlecht untersuchen. Jahrelang war die Röntgenstrukturanalyse die einzige Möglichkeit, sich ein Bild von ihrem dreidimensionalen Bau zu machen. Letzterer interessiert die Wissenschaftler, denn die räumliche Struktur, die sogenannte Proteinfaltung, ist von eminenter Bedeutung für die Funktion von Proteinen. So gibt es eine Reihe von Krankheiten, die auf strukturveränderten Prionenproteinen beruhen, etwa die Rinderseuche BSE oder die Creutzfeld-Jakob-Krankheit. Dreidimensionale Proteinaggregationen spielen auch bei Diabetes, Alzheimer, Parkinson und anderen Alterskrankheiten eine Rolle.

Die dreidimensionale Struktur von Proteinen klärte man üblicherweise mithilfe der Röntgenstrukturanalyse auf. Dazu mussten die Proteine jedoch kristallin vorliegen. In ihrer natürlichen Umgebung, den Zellen, kommen Proteine allerdings nicht kristallin, sondern nur in Lösung vor. Anfang der achtziger Jahre zeigte Kurt Wütherich, Professor für Biophysik an der ETH Zürich, dass man auch mit der sogenannten Kernresonanzspektroskopie (NMR), einem an sich schon lange bekannten Verfahren, Einblicke in die Struktur von Proteinen gewinnen kann. Der große Vorteil von Wütherichs Methode bestand darin, dass Proteine erstmals in Lösung, und nicht bloß als fester Kristall, untersucht werden konnten.

Auch die Methode der Massenspektrometrie (MS) eignet sich, wie die beiden anderen Preisträger, der US-Amerikaner John B. Fenn und der Japaner Koichi Tanaka zeigten, zur Untersuchung von Proteinen. Mit dieser Methode, die vom Prinzip her ebenso wenig neu ist wie die Kernresonanzspektroskopie, lässt sich zwar nichts über die dreidimensionale Struktur von Proteinen aussagen, aber doch die Frage beantworten, mit welchem Protein man es überhaupt zu tun hat. **E. Vaupel**

Die Fotografie (um 1900) zeigt den Vorlesungssaal im Pharmakologischen Institut der Universität München.



Anzeige

### CHEMISCH TECHNISCHER ASSISTENT: DER EXPERIMENTATOR IM LABORATORIUM

Wirft man einen Blick in ein chemisches Laboratorium, sieht man viele Menschen in weißen Arbeitsmänteln, mit Kolben und Röhren hantieren. Dabei handelt es sich jedoch meist nicht um Chemiker. Der Hochschulchemiker steht nur noch selten im Laboratorium. Er ist mit der theoretischen Erarbeitung neuer Verfahren und Methoden sowie mit administrativen Aufgaben ausgelastet. Die praktische Arbeit im Labor leisten chemisch-technische Assistenten. Diesen Beruf kann man in nur zwei Jahren z.B. an der Münchner Chemieschule Dr. Erwin Elhardt, Bayerns einziger Fach- und Berufsfachschule für Chemie und Umwelt, erlernen. Er bietet für naturwissenschaftlich interessierte Jugendliche, die ein langes und schwieriges Hochschulstudium scheuen, und denen die praktische Arbeit im Laboratorium mehr Freude bereitet, beste Berufsaussichten.

Chemisch-technische Assistenten werden in allen Bereichen der Chemie dringend gesucht. Beispielsweise für die Eingangskontrolle von Rohstoffen, die Fertigungsüberwachung, die Untersuchung von Lebensmitteln, aber auch von Forschungsinstituten, wie den Hochschulen und Max-Planck-Instituten. Die Ausbildung besteht je zur Hälfte aus theoretischem Unterricht und praktischer Tätigkeit in schuleigenen Laboratorien, in denen die Analyseverfahren der späteren Tätigkeit eingeübt werden. Insbesondere dieser praktische Unterricht macht den Schülern viel Freude. Die Ausbildung endet an der Schule mit einer Prüfung unter staatlicher Aufsicht, die bei erfolgreichem Abschluß zur Führung der Berufsbezeichnung „Staatlich geprüfter Chemisch-Technischer Assistent CTA“ berechtigt. Durch diese staatliche Aufsicht ist eine gleichbleibend hohe Qualität der Berufsausbildung gewährleistet. Im Unterschied zu einer betrieblichen Ausbildung zum Chemielaboranten, die zudem länger dauert, kann eine schulische Ausbildung vielseitiger sein, da sie nicht an einen bestimmten Produktionsprozeß gebunden ist. Deshalb ist der Chemisch-Technische Assistent freier in der Wahl seiner Arbeitsstelle als der Chemielaborant.

info@chemieschule-bayern.de  
www.chemieschule-bayern.de

UTA  
CTA

CEM

Informationen  
Schnuppertage Schulführungen

Schwerpunkte: Biochemie, Umwelt, Lebensmittel

AUSBILDUNG ZUM

Umwelt - Technischen Assistenten

Chemisch - Technischen Assistenten

WEITERBILDUNG ZUM Chemietechniker

Berufsbildungszentrum für Umwelt und Chemie

Chemieschule Dr. Erwin Elhardt

Staatlich anerkannte Fachschule und Berufsfachschule

Ludmillastraße 30, 81543 München

FAX: (089) 651 40 33 · Tel.: (089) 651 40 31

# Der Schnee von heute

Cocain – Arznei- und Suchtmittel

TEXT: Rolf Giebelmann



„O, Nacht! Ich nahm schon Kokain,  
Und Blutverteilung ist im Gange.  
Das Haar wird grau, die Jahre fliehn.

Ich muss, ich muss im Überschwange  
Noch einmal vorm Vergängnis blühen.“

Gottfried Benn, 1886–1956

**M**anko Kapak, der göttliche Sohn der Sonne, war vor uralten Zeiten herabgestiegen von den Felsenmauern des Titikaka-Sees, und hatte das Licht seiner Mutter ausgegossen über die armen Bewohner des Landes. Er hatte ihnen die Kenntnis gebracht von den Göttern und den Ackerbau verbreitet. Zugleich hatte er sie mit der Coca beschenkt, mit dem göttlichen Kraute, welches den Hungrigen sättigt, dem Müden und Erschöpften neue Kräfte verleiht, und dem Unglücklichen seinen Kummer vergessen macht.“ Diese südamerikanische Sage über den Ursprung der Coca gibt der Chemiker und Toxikologe Ernst von Bibra (1806–1878), der 1849 eine Studienreise nach Südamerika unternommen hatte, 1855 in seiner Monographie „*Die Narkotischen Genussmittel und der Mensch*“ wieder.

Der Cocastrauch, *Erythroxylon coca*, aus der Familie der Erythroxylaceae ist eine typisch südamerikanische Pflanze. Die Spanier fanden bei der Eroberung Perus weinbergartige Kulturen dieses Gewächses vor, deren Sinn sie zunächst nicht begriffen. Wegen des Gebrauches bei religiösen Riten wurde der Anbau der Coca von den Spaniern durch ein königliches Manifest von 1569 als heidnisch untersagt. Die Nützlichkeit der Cocablätter bei der Ausbeutung der indianischen Feldarbeiter führte jedoch zu einem Sinneswandel der spanischen Großgrundbesitzer.

**ZEHN MILLIONEN COCAKONSUMENTEN** schätzte Bibra zu seiner Zeit. Der südamerikanische „Coquero“ dreht Cocablätter mit gebranntem Kalk oder Pflanzenasche (Pottasche) zu einer Kugel, die er kaut. Dabei wird aus heutiger Sicht das Cocain weitgehend zu Ecgonin hydrolysiert. Eine missbräuchliche Verwendung führt zum Cocaismus. Nach Berichten von Augenzeugen hat er üblen Atemgeruch, blasse Lippen und Grünfärbung der Zähne zur Folge. Unter dem Einfluss dieser Droge kann der Abhängige mit geringer Nahrung selbst unter klimatisch ungünstigen Bedingungen schwere Feld- oder Bergwerksarbeit ausüben. Die Lebenserwartung der Cocasüchtigen ist jedoch äußerst niedrig. Mit dem durchschnittlichen Tagesverbrauch von 30 bis 60 Gramm an Cocablättern nimmt der Coquero etwa 200 bis 600 Milligramm Cocain auf. 1 bis 2 Gramm können bei oralem Gebrauch zum Tod führen. Wegen der

In Südamerika beheimatet ist „*Erythroxylon coca*“, der Cocastrauch. Aus seinen Blättern wird das Kokain gewonnen.

schnellen Metabolisation des Cocains klingt seine Wirkung bereits nach ein bis zwei Stunden ab und weicht einer depressiven Stimmung mit Kopfschmerzen und Erbrechen.

Coca Extrakte fanden ihren Absatz auch in der Getränkeindustrie. Der französische „Coca-Wein“ beispielsweise war in Europa sehr beliebt. Daraus entwickelte der Nordamerikaner John Styth Pemberton 1886 das grüne Heilwasser „Coca-Cola“ das Asa G. Chandler ab 1888 vermarktete. Gegen Ende des Jahrhunderts gabe es um die hundert Getränke mit Coca-Extrakten.

**DAS HAUPTALKALOID COCAIN** wurde von Albert Niemann (1834–1861) 1860 aus Coca-blättern isoliert. Sein Lehrer Friedrich Wöhler (1800–882) schrieb im selben Jahr über das Cocain: „Es schmeckt bitterlich, übt auf die Zungennerven eine eigenartige Wirkung aus, so dass die Berührungsstelle vorübergehend wie betäubt, fast gefühllos wird.“ Die chemische Struktur des Cocains hatten Richard Willstätter (1872–1942), Nobelpreisträger für Chemie 1915, und Mitarbeiter 1898 bis 1901 aufgeklärt und 1921 bis 1923 durch die Synthese bewiesen.

Erst 1884 setzte Carl Koller (1857–1944) auf Anregung durch Sigmund Freud (1856–1939) Cocain für eine Lokalanästhesie in Der Augenheilkunde ein. Als Professor für Chirurgie in Greifswald entwickelte August Bier (1861–1949) 1899 die Lumbalanästhesie. Seine Selbstversuche mit Cocain erregten weltweites Interesse. Bentley hatte schon 1878 Cocain für eine Entziehungstherapie Morphinsüchtiger empfohlen, was viele Ärzte aufgriffen mit dem Ergebnis, dass Betroffene vom Cocain doppelt abhängig wurden. Der erste Cocainmissbrauch kam 1885 an die Öffentlichkeit. Man spricht von Cocainismus, wenn der Süchtige isoliertes Cocain bzw. sein Hydrochlorid schnupft oder injiziert. Cocain schmilzt bei 96–98 Grad, ab 170 Grad sublimiert es. In Wasser löst es sich kaum, besser in Ethanol.

Die Blätter des Cocastrauches dienten den Eingeborenen Südamerikas ursprünglich als Rauschmittel für religiöse Riten, später zur Aufputschung bei schwerer Arbeit. In Europa wurde das Hauptalkaloid Cocain zunächst als Lokalanästhetikum, bald darauf aber als Genussmittel missbraucht. Vorher war es bei der Entziehungstherapie Morphinsüchtiger gescheitert. Der Drogenmissbrauch hatte verheerende gesundheitliche und soziale Schäden zur Folge. Selbst unter Ärzten gingen die Meinungen auseinander. Heute ist der Nachweis eines Cocain-Abusus beispielsweise im Straßenverkehr und Hochleistungssport von großer Wichtigkeit.

„Jetzt, wo die Freunde, die Bäume gestorben,  
Jetzt, wo die Lieben, die Blumen verdorben,  
Stehen die Menschen kalt auf dem Schnee,  
Und was sie treiben, macht mir nur Weh.“



Justinus Kerner, 1786–1862

**ÄRZTE UND KÜNSTLER „KOKSTEN“ IN GESELLIGER RUNDE.** Ab 1912 ging vom Pariser Nachtleben eine weitere Cocainismuswelle aus, die auch in Deutschland bis zum Ende der Weltwirtschaftskrise anhielt. Im Zusammenhang mit Dreharbeiten zum Film „Nju“ 1924 verfasste die Schauspielerin Elisabeth Berner (1897–1986) eine Studie des damaligen Berliner Künstlerlebens, die zu ihren „Unordentlichen Erinnerungen“ gehört: „Ich blieb gewöhnlich allein in meiner Garderobe, wie ich das vom Theater her gewöhnt war. Aber einmal kamen Emil und Conny in der Mittagspause zu mir, brachten sich Kaffee mit und schlossen meine Garderobe ab. Ich fragte belustigt, was das wohl zu bedeuten hätte. Conny begann: „Du dummes Tier, wir wollen dich aufklären.“ „Weiß ich doch längst, woher die Kinder kommen und alles das.“ „Mach keine Witze und schau zu!“ - Und jetzt holten Sie ganz kleine Papiersäckchen hervor und staubten den Inhalt in die äußere Daumenvertiefung. Dann sagten sie: „Jetzt schau zu, wie wir das aufschnupfen, und mach es nach!“ Ich wusste natürlich, dass es sich um Kokain handelte, denn „Koksen“ war jetzt die große Mode in Künstlerkreisen. Und es interessiert mich überhaupt nicht. So wenig wie trinken und alles das. Aber bis man das verlässlich über sich selbst lernt, das dauert. Aber hier diese beiden großen Kinder waren irrsinnig komisch, weil sie es sich zum Sport gemacht hatten, mich zu verführen.“



„In München war's, im Café Stefanie,  
Als ich dir, Emmi, die Gedichte sagte,  
Die ich allein nur dir zu sagen wagte,  
Und häufig kam das Wort vor: »Irgendwie«.  
Am Tisch daneben spielte Mühsam Schach.  
Und Frank saß einem Geldmann auf der Lauer.  
(Vielleicht saß der indes im Café Bauer?)  
Ein Denker hielt mit Kokain sich wach.  
Franz Jung erschien mit einer Tänzerin,  
Und Bing, der Zeichner, ließ das Billard fahren,  
Denn Däubler nahte sich mit Bauch und Bart ...  
Ihr Freunde, die ihr gute Freunde wart,  
Ich schrieb euch dies zum Angedenken hin  
An jene Zeit, als wir noch Kinder waren.“

Johannes R. Becher (1891–1958) erinnert sich an das „Café Stefanie 1912“



Genussmittel Cocain: Auch die Getränkeindustrie nutzte die anregende Wirkung der Coca-Blätter.

Der Berliner Toxikologe Louis Lewin (1850–1929), ein Gegner Freuds im Umgang mit Cocain, sah die Situation 1927 folgendermaßen: „Das Kokain allein begann ziemlich bald als Genussmittel gebraucht zu werden. Mit kleinen Mengen fing man an und stieg und steigt bis zu ganz ungeheuerlichen, bis 1 und 4 Gramm und angeblich sogar 8 Gramm täglich. Es ist ein Irrtum, dass der Krieg dies bewirkt habe, er hat nur Kreisen an diese Leidenschaft sich anzuschließen geholfen, die früher an die Betätigung einer solchen nicht gedacht haben. Schon 1901 gab es in England kokainistische Männer und Frauen, Ärzte, Politiker und Schriftsteller. Jetzt freilich sehen diese Verhältnisse betrüblicher aus, ohne dass etwa deswegen der Morphinismus entthront ist. In Deutschland – hauptsächlich natürlich in den großen Städten – gibt es genussüchtige Kokainverwender in vielen Berufsarten bis zu den Straßendirnen und Zuhältern herunter. In gewissen Likörstuben, Restaurants, auf der Straße usw. wird Kokain diskret zum Verkauf angeboten - ... Es gibt Kokainhöhlen in Berlin, ... von denen erst im Beginn dieses Jahres eine mit gegen hundert Gästen von der Polizei aufgehoben wurde, in denen Männer und Frauen aus allen Gesellschaftskreisen ... Stunden erfüllter Begierde als wesenlose Lebewesen dahindämmern, oft ohne tagelang irgendwelche Nahrung zu sich zu nehmen, weil das Kokain durch Lähmung der Magennerven ein Hungergefühl nicht aufkommen lässt. Sie geben, was sie besitzen ... hin, um das ersehnte narkotische Glück zu gewinnen. Die phantasievollste Schilderung der Nachtseiten des menschlichen Lebens, eine Hogarthsche Zeichnung der ‚Punschgesellschaft‘, und andere, die das Herabgesunkensein des Individuums auf ein Niveau, das noch unter dem des Tieres liegt, stellen, erreichen an Abstoßendem nicht die Höhe des Eindrucks, den eine solche Vereinigung von Verkommenheit in den aktiven Stadien des Kokainismus darbietet.“

Wegen der unterschiedlichen Auffassung der Psychologen, Psychiater und Pharmakologen vom Begriff „Sucht“ führte die Weltgesundheitsorganisation (WHO) 1964 den Terminus einer Drogenabhängigkeit vom betreffenden Mittel ein. Sie stellt die psychische, gegebenenfalls auch

physische Abhängigkeit von der vorübergehend oder andauernd eingenommenen zentralnervös wirkenden Substanz dar. Cocain unterliegt dem Betäubungsmittelgesetz. Ein Handel mit Cocain ist streng verboten. Die Juristen reden von einer nicht geringen Menge, die den Eigenbedarf übersteigt und deren Besitz dann strafbar ist.

Marlene Dietrich (1901–1992), eine bewusste Drogengegnerin, bekam in ihrer zweiten Karriere dennoch Schwierigkeiten mit dem Lied von dem zu diesem Zeitpunkt bereits verstorbenen Cole Porter (1891–1964) „I get a kick out of you“. Darin lautete ein Refrain: „I get no kick from cocaine“. Cocain musste ersetzt werden. Man einigte sich auf: „They say that smoking’s insane.“

**COCAIN WIRD VON DEN SCHLEIMHÄUTEN RESORBIERT**, in der Leber rasch abgebaut zu Benzoylcegonin und Methylecgonin. Höchstens 9 Prozent scheidet die Niere unverändert aus. Schwere Vergiftungen führen über Delirien zum Cocainschock mit Todesfolge. Diese tritt intralumbal nach 20 Milligramm ein. Den schnupfenden Cocainisten erkennt man an der „Koksnase“, die sich durch Entzündungen der Nasenscheidewand bis zum Durchbruch bildet, mit Geschwüren an den Nasenlöchern. Bis 1971 wurde in Deutschland kaum illegales Cocain sichergestellt, 1982 waren es bereits 29 Kilogramm, 2001 allein in Norddeutschland 550 Kilogramm. 1998 gab es in der Bundesrepublik mehr als 1600 Tote im Zusammenhang mit Betäubungsmitteln.

„Und spüren Sie bei Arnold Schönberg  
Nicht auch eine Spur Kokain,  
Sehn Sie, ich hab’s ja immer gesagt,  
Man muss sich in das Problem hinunterknien“

Hanns Dieter Hüsich spottet über  
„so genannte Intellektuelle“ und ihre Konversation



**EIN COCAINKONSUM LÄSST SICH IM URIN** unter Berücksichtigung der Ausscheidungszeit über das Abbauprodukt Benzoylcegonin, beispielsweise mittels immunologischer Methoden, zwei bis vier Tage danach noch nachweisen, neuerdings auch im Speichel. Seit 1996 gibt es Empfehlungen für einen Drogentest am Arbeitsplatz in der Europäischen Union. Dabei ist für Cocainmetabolite an einen Schwellenwert im Harn von 300 mg/l gedacht. 1997 wurde eine Änderung des Straßenverkehrsgesetzes durch den Deutschen Bundestag entworfen, der inzwischen in Kraft getreten ist, „die das Führen von Kraftfahrzeugen unter dem Einfluss von bestimmten Mitteln als Ordnungswidrigkeit mit Geldbuße und Fahrverbot bewehrt.“ Hierzu rechnet selbstverständlich Cocain. Kontrollen erfolgen durch „Road Site Drug Testing“. Die Gerichte verlangen von den einschlägigen Laboratorien eine Bestimmung der Cocainkonzentration im Blut. Diese kann gas- oder hochdruckflüssig-chromatographisch erfolgen und muss massenspektrometrisch abgesichert sein. Es besteht auch die Möglichkeit, Cocain und Benzoylcegonin, das für eine Überführung in die Dampfphase derivatisiert werden muss, in den Haaren zu bestimmen. Ausgehend von der Haarwurzel wird in einzelnen Haarabschnitten bis zur Spitze analysiert. Die Konzentrationen liegen im Bereich ng/mg. Unter Einrechnung der Haarwachstumszeit lässt sich gegebenenfalls der Cocainkonsum rekonstruieren. Die medizinisch-psychologischen Untersuchungen von Cocainkonsumenten nach Verlust des Führerschein machen hiervon Gebrauch, aber auch Gutachter zu Dopingvergehen und ähnlichen Delikten. ■■

#### Weiterführende Literatur

Rheiner, Walter: Kokain, Dresden 1917; in Rietzschel, Thomas (Hrsg.): Sekunde durch Hirn, Leipzig 1982

**ROLF GIEBELMANN**, Diplom-Chemiker, Dr.rer.nat.habil., Privatdozent, Fachchemiker für toxikologische Chemie in der Medizin, Fachtoxikologische der Gesellschaft für Toxikologische und Forensische Chemie, ist Freier Mitarbeiter, ehemals Leiter der Abteilung für toxikologische Chemie des Instituts für Rechtsmedizin im Klinikum der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald.

Janusköpfiges Thalidomid

# Aus Horror wird Hoffnung

In den 1960er Jahren traf die Welt eine Arzneimittelkatastrophe: Mütter, die während der Schwangerschaft Contergan eingenommen hatten, gebaren Kinder mit missgebildeten Gliedmaßen. Heute erlebt der Wirkstoff ein Comeback: Als Medikament wird er erfolgreich gegen Krebs, Aids und Lepra eingesetzt. **TEXT: Kurt Eger**



Über 40 Jahre nach der größten Arzneimittelkatastrophe in der Geschichte der Medizin ist das Interesse an dem Wirkstoff **Thalidomid** in Fach- und Laienpresse unverändert hoch. Einerseits weil das Grauen einen Namen hat, andererseits weil die Substanz Hoffnung bei lebensbedrohlichen Erkrankungen weckt.

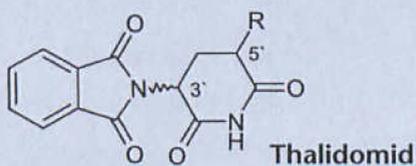
Weitgehend vergessen, und oft ohne ausreichende finanzielle Unterstützung, leben die etwa 2.500 Frauen und Männer in Deutschland, die damals mit Missbildungen zur Welt gekommen sind. Mit zunehmendem Alter verschlechtert sich der Gesundheitszustand der heute etwa 40-jährigen Opfer. Fatalerweise stehen zugleich immer weniger Spezialisten unter den Ärzten zur Behandlung ihrer Leiden zur Verfügung. Noch weniger spricht man von den neuen Fällen von „Contergan-Kindern“ in Afrika und Südamerika.

**DIE CONTERGAN-KATASTROPHE** bedeutete eine Zäsur in der sich bis 1960 stürmisch entwickelnden Pharmazeutischen Industrie. Nationale Gesundheitsbehörden wurden etabliert. Allerdings dauerte es in der Bundesrepublik noch bis 1976, bis es zur Gründung des Bundesgesundheitsamtes (BGA), heute Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) kam. Vor 1960 musste in der Bundesrepublik Deutschland das In-Verkehr-Bringen von Arzneimitteln lediglich bei den entsprechenden Landesbehörden angezeigt werden. Als Contergan am 1. August 1961 in Nordrhein-Westfalen unter Rezeptpflicht gestellt wurde, schlossen sich nur Hessen und Baden-Württemberg diesem Schritt an.

- ▶ Weltweit unterliegt die Zulassung neuer Arzneimittel seit der Contergan-Katastrophe einem strengen Prüfverfahren, um die Arzneimittelsicherheit zu erhöhen. Die Neueinführung von Medikamenten wird deshalb immer teurer: Von der Patentierung des Thalidomids 1954 bis zu seiner Markteinführung beispielsweise vergingen zwei bis drei Jahre. Heute sind es zehn bis 12 Jahre bei einer Patentlaufzeit von 18 Jahren.
- ▶ Man wurde auf die Problematik der optisch aktiven Arzneistoffe aufmerksam (s. unten).
- ▶ Thalidomid entfachte in den letzten Jah-



Unter **Thalidomid** wird der Arzneistoff verstanden. Arzneistoff und Hilfsstoffe ergeben zusammen das Arzneimittel, hier Contergan® bzw. Thalomid®. Contergan® erschien in der Ära der Barbitursäurederivate als ideales Schlafmittel. Seine Vorzüge sind bis heute unerreicht: Natürliches Schlafprofil, keine Benommenheit am nächsten Morgen, keine Suizidgefahr.



**Teratogenität** ist die Fähigkeit von chemischen Substanzen (z.B. Thalidomid, Retinoide, Alkohol), physikalischen Faktoren (z.B. ionisierende Strahlung) oder biologischen Krankheitserregern, Fehlbildungen während der Embryonalentwicklung zu verursachen.

**Racemat** ist ein optisch inaktives Gemisch einer chemischen Verbindung, das aus gleichen Teilen ihrer beiden enantiomeren (= optisch aktiven) rechtsdrehenden und linksdrehenden Konfigurationen zusammengesetzt ist. Die Racemisierungshalbwertzeit ist die Zeitspanne, in der sich die Hälfte der beiden spiegelbildlichen Formen des Thalidomids ineinander umgewandelt haben.

ren eine heftige ethische Diskussion: Können Arzneimittel mit fruchtschädigender Wirkung, aber lebensrettender Indikation, Frauen im gebärfähigen Alter vor-enthalten werden? Die Zulassung von Thalidomid in den USA ist unter den strengsten bisher bekannten Auflagen erfolgt, in die Ärzte, Apotheker, Patienten und deren Lebenspartner einbezogen sind. Alle müssen sich zur Einhaltung des STEPS-Programms verpflichten (System for Thalimide Education and Prescription).

**WARUM HAT DAS THALIDOMID** trotz seiner furchtbaren Nebenwirkungen nichts von seiner Faszination eingebüßt? Betrachtet man als Laie die Strukturformel, so fällt der einfache Molekülbau auf. Man ist geneigt zu glauben, so schwer könne es nicht sein, hinter das die Missbildung verursachende (teratogene) Prinzip bzw. den/die Molekülteil/e zu kommen, die es verursachen. Auffallend ist, dass es Thalidomid in zwei spiegelbildlichen Formen gibt, Thalidomid ist als Gemisch zu gleichen Teilen aus der rechtsdrehenden R-Form und der linksdrehenden S-Form – als so genanntes **Racemat** – in den Handel gekommen. Es lag nahe, beide Formen aus dem Gemisch zu gewinnen, um sie einzeln im Tierversuch auf mögliche Teratogenität zu untersuchen.

Es folgte die seither nicht mehr aus der Literatur zu tilgende Geschichte vom Eutomer, dem Guten, dem Wirksamen, beruhigend wirkenden R-Enantiomer, und dem Distomer, dem Bösen, dem Inaktiven, dem Missbildungen hervorrufenden S-Enantiomer. Die Publikation hatte nur zwei Haken: In Humanplasma beträgt die Racemisierungshalbwertzeit etwa 10 Minuten, d. h., die Enantiomeren wandeln sich ineinander um. Die verwendeten trächtigen Mäuse (auch Ratten) sind eine ungeeignete Tierspezies zur Untersuchung der typischen Teratogenität des Thalidomids. Die Gründe dafür sind unbekannt. Dagegen lässt sich sehr sicher die für Thalidomid spezifische Teratogenität mit *Callithrix jacchus*, einer Affenart der Neuen Welt, nachweisen.

Betrachtet man das Molekül weiter, so würde man dem Molekül mit seiner Molmasse von 258 nicht einen Schmelzpunkt von

etwa 270 Grad zutrauen. Die Erklärung liegt im Kristallgitter. R- und S-Enantiomer bilden ein sehr stabiles Gitter, welches auch für die extrem schlechte Wasserlöslichkeit verantwortlich ist. Lediglich 1,2 mg lösen sich in 100 ml Wasser. Diese schlechte Wasserlöslichkeit führt dazu, dass der Arzneistoff während seiner Verweildauer im Körper nicht vollständig aufgenommen wird: Das ist sicher auch der Grund dafür, dass selbst mit 140 Contergantabletten seinerzeit ein Suizidversuch misslungen ist.

Verweilt der Arzneistoff – durch spezielle Zubereitung – länger im Dünndarm, dann löst er sich zwar besser auf. In wässriger Umgebung zerfällt das Molekül durch so genannte Hydrolyse in Zerfallsprodukte mit eigenen Eigenschaften: so genannte **Metabolite**. Etwa 12 Hydrolysemetabolite sind heute bekannt. Sie können allesamt nicht mehr resorbiert werden. Resorbierbar ist nur das intakte Molekül. Letzteres unterliegt natürlich auch im Blut und im Zellinneren der Hydrolyse. Man kann deshalb nicht sicher sagen, ob Thalidomid oder einer/mehrere der Metabolite für die embryotoxische Wirkung verantwortlich ist.

Sowenig das teratogene Wirkprinzip geklärt ist, sowenig ist auf molekularbiologischer Ebene zweifelsfrei die Auslösung der Teratogenität geklärt. Es gibt etliche Hypothesen dazu: Die Biochemiker P. G. Wells und L. M. Winn beispielsweise gehen davon aus, dass Thalidomid in Radikale umgewandelt wird. Sie meinen beweisen zu können, dass die Prostaglandin-H-Synthase (ein körpereigenes Enzym) eine Reaktionskaskade einleitet – bei der fruchtschädigende Zerfallsprodukte entstehen. Sie schlagen daher vor, die Wirksamkeit des Enzyms beispielsweise durch Acetylsalicylsäure (Aspirin®) zu hemmen und dadurch die Teratogenität des Thalidomids zu verhindern.

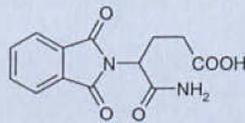
Dagegen meint eine Kölner Arbeitsgruppe um Maria Wartenberg beweisen zu können, dass Thalidomid die Bildung von Sauerstoffradikalen einleitet und folgerichtig Sauerstoffradikalfänger und Antioxidantien deren Bildung verhindern könnten.

In den Mittelpunkt des Forscherinteresses sind heute die durch Oxidation entstehenden



**Lepra und Aids sind vor allem in den Ländern der Dritten Welt weit verbreitete Infektionskrankheiten. Thalidomid kann bei beiden Krankheiten helfen.**

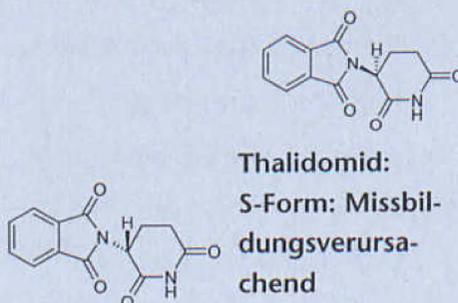
**Metabolite** sind Umwandlungsprodukte von Wirk- und Arzneistoffen.



**Hauptmetabolit des Thalidomid beim Menschen**

Als **Angiogenese** bezeichnet man die Ausbildung neuer Blutgefäße. Sie findet hauptsächlich im Embryonalstadium statt, bei Erwachsenen während der Wundheilung. Die Angiogenese spielt auch beim Tumorstadium eine Rolle.

Enantiomerie: Auftreten zweier stabiler, zueinander spiegelbildlicher Molekülformen. R = rechtsdrehend, S = linksdrehend.



**Thalidomid: R-Form: Schlaf- und Beruhigungsmittel**

Zerfallsprodukte des Thalidomids gerückt. Das hängt mit einer Publikation 1994 von Folkmann et al. zusammen, in der sie Thalidomid als Hemmstoff der **Angiogenese** beschreiben. Die Angiogenesehemmung war jedoch nur (in vivo) an lebenden Kaninchen feststellbar. Daraus folgerten die Autoren, dass ein bisher unbekannter Metabolit die eigentliche Wirksubstanz darstellen würde.

Die beobachtete Eigenschaft des Thalidomids, die Bildung neuer Blutgefäße zu verhindern, könnte sowohl die Fehlbildung von Gliedmaßen im Embryonalstadium, als auch die Hemmung des Wachstums verschiedener Tumore, beispielsweise von Myelomen, erklären. So einleuchtend sich dies auch anhört, es bleiben noch viele Fragen offen, auf die hier aus Platzgründen leider nicht eingegangen werden kann. Halten wir jedoch fest: die Angiogenesehemmung des Thalidomids ist eine der aufregendsten Entdeckungen der letzten Zeit. Gilt doch dieser Mechanismus als einer der hoffnungsvollsten Ansätze in der Tumorforschung.

**FÜR DIE TUMORTHERAPIE** liegt noch keine Zulassung als Arzneimittel in den USA vor, wohl aber für die Behandlung von Krankheiten, welche auf einer überschießenden Produktion des Tumor-Nekrose-Faktor-alpha (TNF- $\alpha$ ) beruhen.

Wenig bekannt ist, dass Thalidomid 1961 zwar vom Markt genommen wurde, aber bereits 1964 wieder seinen festen Platz in der Therapie hatte. In diesem Jahr berichtete Sheskin von einer Beobachtung an einem Patienten seiner Leprastation. Lepra ist eine Infektionskrankheit, die durch Mycobakterien verursacht wird. Im Verlauf dieser Krankheit kommt es zur Lepra-Typ II-Reaktion, die auf einer Immunreaktion des Körpers gegenüber Abbauprodukten des Bakteriums beruht.

Die Krankheit ist auch unter dem Namen Erythema nodosum leprosum (ENL) bekannt. Sie führt u. a. zur Erblindung, zu Gewebsentartungen und zum Abfall der Extremitäten. Der Krankheitsverlauf ist sehr schmerzhaft.

Um einem Patienten zu helfen, der wegen Schmerzen nicht schlafen konnte, verabreichte ihm Sheskin einige Contergantabletten. Beinahe über Nacht war der Patient zwar

nicht von seiner Infektion geheilt, jedoch von der ENL befreit. Damit war ein Arzneimittel gefunden, das in über 90 Prozent der Fälle wirksam ist. Seitdem wird Thalidomid unter Kontrolle der Weltgesundheitsorganisation (WHO) kostenlos an Patienten abgegeben. Sie bleiben dadurch von den bekannten Verunstaltungen ihres Körpers bewahrt und erhalten Lebensqualität zurück. Tragischerweise ist dies jedoch auch eine der Ursachen für die eingangs erwähnten "Contergan-Kinder" in Afrika und Südamerika. Nachdem dem Thalidomid auch der Ruf einer "Wunderdroge" anhaftet, wird es illegal auf dem Schwarzmarkt gehandelt, teilweise nur mit Beipackzetteln in englischer Sprache.

**AUSLÖSER FÜR DIE LEPRA** ist eine überschießende TNF- $\alpha$ -Produktion. Sie wird vom Thalidomid auf Normalmaß herunterreguliert, das heißt, nicht vollständig unterdrückt. Andere Proteine des Immunsystems, z. B. die Interleukine, werden nur teilweise beeinflusst. Im Gegensatz zum Dexametason, einem klassischen Arzneistoff, welcher das gesamte Immunsystem außer Kraft setzt, unterdrückt Thalidomid das Immunsystem nicht komplett, was therapeutisch von großem Vorteil ist.

Für die Indikation Lepra-Typ II-Reaktion ist Thalidomid als Thalomid® in den USA seit kurzem zugelassen. Weitere Erkrankungen, die auf einer überschießenden TNF- $\alpha$ -Produktion beruhen, werden schon seit langem mit der Substanz behandelt. Die Therapie erfolgt im Rahmen klinischer Studien. Zu nennen sind beispielsweise die im Gefolge einer Knochenmarkstransplantation auftretende, oft tödlich verlaufende „Graft versus host-Erkrankung“ (Gast [Transplantat] akzeptiert Wirt [Körper des Erkrankten] nicht); oder auch Aphthen in der Mund- und Speiseröhre, die im Verlauf einer Aids-Erkrankung auftreten, Cachexie (Auszehrung) im Endstadium von Aids oder Krebs; eine Vielzahl entzündlicher Hauterkrankungen, beispielsweise Lupus, oder Rheumatoide Arthritis. Vor allem die spektakulären Erfolge, die bei Aids-Kranken erzielt werden, haben Thalidomid in den USA äußerst populär gemacht. Dazu kommen noch hoffnungsvolle Berichte über erfolgreiche Behandlungen von Gliomen (Gliom: Sammelbezeichnung für alle Geschwulste des Gehirns), welche bisher einer Chemotherapie kaum zugänglich waren.

**ES GIBT KAUM EINEN ARZNEISTOFF**, der in der Literatur besser dokumentiert ist, über dessen Wirkungen und Nebenwirkungen man besser Bescheid weiß, als Thalidomid. Es gibt aber auch keinen Arzneistoff, über den man so wenig weiß – auf molekularer Ebene. Man weiß zwar, dass nur das intakte Molekül resorbiert wird und in die Zelle eindringt. Ist es aber auch das Wirkmolekül oder sind es Metabolite? Ein weiterhin ungelöstes Problem ist die bei längerer Therapie auftretende Polyneuropathie, eine Erkrankung des peripheren Nervensystems, die mit Lähmungen einhergehen kann. Hier gibt es noch keine Vorstellungen über den auslösenden Mechanismus und ein geeignetes Testmodell. ■■

#### BUCHTIPP

Zwei kürzlich erschienene Monographien sind gegen das Vergessen geschrieben. Als Mahnung und Hoffnung zugleich. **Dr. B. Kirk** beschreibt akribisch und sehr sachlich unter Zuhilfenahme der nach 30 Jahren freigegebenen Gerichtsakten und der Befragung von Zeitzeugen, wie es unter den damaligen Umständen zwangsläufig zur Katastrophe kommen musste, wie aber auch durch das Versagen vieler Institutionen die Katastrophe so verheerende Ausmaße annehmen konnte (ca. 10.000 Kinder waren weltweit betroffen).

Von einem ganz anderen Standpunkt geht die Monographie von **Stephens und Brynner** aus. Stephens arbeitet als Professor für Anatomie und Embryologie seit über 25 Jahren an Thalidomid. Brynner ist Historiker und Schriftsteller. Er litt an einer lebensbedrohlichen, seltenen Hauterkrankung. Dem Thalidomid verdankt er sein Leben. Von ihm stammt auch der Satz: „Thalidomid bringt Menschen in den Rollstuhl, Thalidomid hilft Menschen aus dem Rollstuhl.“ Besticht das Buch von Kirk durch Fakten, erzählen Stephens und Brynner die Geschichten hinter den Fakten und die gehen unter die Haut. Noch nach 40 Jahren machen beim Lesen das Leid der Eltern und der Kinder betroffen, das Versagen von Pharmafirmen, Ärzten, Apothekern und Behörden wütend.

#### Weiterführende Literatur:

**B. Kirk**, Der Contergan-Fall: eine unvermeidbare Katastrophe? Zur Geschichte des Arzneistoffs Thalidomid, Wiss. Verlagsges. Stuttgart, 1999

**T. Stephens u. R. Brynner**, Dark Remedy – The Impact of Thalidomide and its Revival as a Vital Medicine, Perseus Publishing, Cambridge, Mass, 2001

**B. Kirk, C. Friedrich**, Vor 40 Jahren Rückruf von Contergan®, Dtsch. Apoth. Ztg, 141, 5809 – 13 (2001)

**I. Ortwein**, Das Arzneimittel, 3. Aufl. Editio Cantor Verlag, Aulendorf, 2001

**J. Caldwell**, Through the looking glass in chiral drug development, Mod. Drug Discovery 51, 53 – 60 (1999)

**G. Blaschke, H. P. Kraft, K. Fickentscher, F. Köhler**, Chromatographische Racemattrennung von Thalidomid und teratogene Wirkung der Enantiomere, Arzneim. Forsch. 29, 1640 – 42 (1979)

**D. Neubert, R. Neubert**, The Various Facets of Thalidomide, DGPT-Forum, 21, 37 – 45 (1997)

**P. G. Wells, L. M. Winn**, Biochemical Toxicology of Chemical Teratogenesis, Crit. Rev. Biochem. Mol. Biol. 31, 1 – 40 (1996)

**KURT EGER**, Dr. rer. nat. und Professor für Pharmazeutische Chemie an der Universität Leipzig, beschäftigt sich mit der Synthese von Thalidomidprodrugs, -metaboliten und -derivaten, von Adenosinrezeptormodulatoren, von Proteinkinasen und Phosphatasen sowie mit der Isolierung neuartiger Verunreinigungen in Arzneistoffen für Generika und Naturstoffisolierungen.

„Krähenaugen“: Die Samen  
von *Strychnos nux vomica*.

# Strychnin

Ein ganz besonderes Gift

Die Samen tropischer Pflanzen, die früher „Brechnüsse“ und „Ignatiusbohnen“ genannt wurden, enthalten Strychnin. Das ist ein Alkaloid mit ungewöhnlichen Eigenschaften und einer bemerkenswerten Geschichte: Jahrhundertlang in Form von Tinkturen und Extrakten als Arzneimittel empfohlen, war es als Gift gefürchtet, das bei höherer Dosierung tödliche Starrkrämpfe auslöste. Obschon im frühen 19. Jahrhundert isoliert, konnte die Strukturformel dieser bitter schmeckenden Substanz trotz intensiver Bemühungen vieler hervorragender Chemiker erst in der Mitte des 20. Jahrhunderts aufgeklärt werden. Zu gleicher Zeit gelang die Synthese des komplizierten Moleküls, die auch heute noch als außergewöhnliche wissenschaftliche Leistung gerühmt wird.

TEXT: Fritz Eiden



Zweig des Krähenaugenbaums, mit Blüten, Frucht und Samen.

**G**ift – was ist das? Der Fachmann erklärt's so: „Gift ist eine Substanz, die auf den Organismus eines Lebewesens schädigend oder tödend einwirken kann“, und zitiert dann Paracelsus (Theophrastus Bombastus von Hohenheim, 16.Jh.): „Alle Dinge sind Gift, und nichts ist ohne Gift. Allein die Dosis macht, daß ein Ding kein Gift ist“. Was heißen soll: Ob überhaupt und in welchem Maße eine Substanz giftig ist, hängt vor allem von der im Organismus wirkenden Menge ab. Wonach bei geeigneter Dosierung alle Stoffe giftig wirken können – sogar Wasser.

Der interessierte Laie denkt bei „Gift“ eher an eine Substanz, die in kleiner Menge heimlich und mit kriminellem Vorsatz verabreicht wird, aus Habgier, Rache, Eifersucht, Angst oder Überdruß. Er denkt an Medea, Agrippina, die Marquise von Brinvilliers oder Madame Bovary. Seit dem Altertum werden Gifte zur Beseitigung verhasster, gefährlicher, wohlhabender oder auch nur lästiger Mitmenschen benutzt. Und häufig waren es Frauen, die zu dieser Waffe griffen, oft zu Arsenverbindungen oder auch zu gefährlichen Giftpflanzen wie Schierling, Tollkirsche oder Eisenhut.

### DIE ENTDECKUNG DER ALKALOIDE:

Anfang des 19. Jahrhunderts isolierte der deutsche Apotheker Friedrich Wilhelm Serüßner bei der Untersuchung des aus Schlafmohn gewonnenen Opiums die Wirksubstanz, das Morphium. Er entdeckte, dass es sich dabei um eine alkalisch reagierende, stickstoffhaltige Substanz handelt – was ganz und gar neuartig war. Im Laufe der Jahre fand man dann in vielen Arznei- und Giftpflanzen solche „alkaliähnlichen“ Substanzen und nannte sie **Alkaloide**. Um bei den oben genannten Beispielen zu bleiben: Aus dem Schierling isolierte man das Alkaloid Coniin, aus der Tollkirsche das Hyoscyamin und aus dem Eisenhut das Aconitin.

**DAS STRYCHNIN** nimmt eine Sonderstellung unter den Alkaloiden ein: wegen seiner gefürchteten Wirkung aber auch wegen seiner komplizierten, schwer zugänglichen Molekülstruktur. Viele hervorragende Wissenschaftler haben sich mit dieser Substanz beschäftigt.

**Samen**, heißen unbedeckte oder in eine Frucht eingeschlossene Verbreitungsorgane. Die strychninhaltenen „Brechnüsse“ sind keine Nüsse sondern Samen.



In den Früchten des asiatischen Kletterstrauchs „*Strychnos ignatii*, Loganiaceen“ stecken die strychninhaltenen Ignatiusbohnen.

**Alkaloide** nennt man in der Natur vorkommende stickstoffhaltige Substanzen mit alkaliähnlichen Eigenschaften. Strychnin ist ein solches Alkaloid.

**Illustration eines Starrkrampfanfalls.** Als Folge einer Strychninvergiftung und ausgelöst durch optische, akustische oder Berührungsreize kontrahieren alle Skelettmuskeln gleichzeitig. Der Tod kann bei Bewusstsein durch Ersticken eintreten.



Strychnin wird in asiatischen, afrikanischen und amerikanischen Strychnos-Arten (Bäumen und Sträuchern) gebildet und gab sich in Europa zuerst durch die Wirkung importierter „Brechnüsse“ und „Ignatiusbohnen“ zu erkennen.

Brechnüsse, auch Krähenaugen genannt, wirken nicht Brechreiz erregend und sind keine Nüsse. Es handelt sich um etwa groschengroße Samen, die, Vogelaugen ähnlich, in den orangengroßen Früchten des in Asien wachsenden Krähenaugenbaums (*Strychnos nux vomica*, Loganiaceen) stecken. Krähenaugen waren in Europa schon um 1500 bekannt, wurden als „Kraen Eugeln oder Krähn-Aeuglein“ in Apothekeninventarien und -taxen genannt. Ihre Verarbeitung und Verwendung als Bestandteil von Stärkungsmitteln oder Arzneimitteln gegen Magenbeschwerden wurde in Arzneisammlungen des 16. Jahrhunderts wie z.B. dem Dispensatorium des Valerius Cordus beschrieben.

Auch die Ignatiusbohnen sind Samen. Sie kommen in Früchten eines asiatischen Kletterstrauchs (*Strychnos ignatii*, Loganiaceen) vor. Der Name ist auf Ignatius von Loyola zurückzuführen, den Gründer des Jesuitenordens. Der wahrscheinlich erste in Europa bekannt gewordene Bericht über *Strychnos ignatii* stammt von dem böhmischen Jesuitenpater Georg Joseph Kamel, der um 1690 in Manila eine Ordensapothek leitete und als Botaniker international bekannt war. (Carl von Linné hat nach ihm die Gattung der Teestrauchgewächse Kamelien genannt.)

**STRYCHNINVERGIFTUNGEN** sind qualvoll. Seit dem 18. Jahrhundert haben europäische Ärzte, Apotheker und Botaniker Vergiftungen mit strychninhaltenen Brechnüssen und Ignatiusbohnen beschrieben. Nach der Isolierung des Strychnins im frühen 19. Jahr-

hundert lernte man Vergiftungen mit dem Alkaloid und seinen besser löslichen und dosierbaren Salzen genauer kennen: Zunächst ist eine Steigerung des Seh-, Hör- und Fühlvermögens zu beobachten. Es folgen Unruhe, Angst, Zittern, Sprechstörungen und Atemnot sowie eine schmerzhaft starre von Kiefern-, Nacken- und Rückenmuskeln. Plötzlich setzt dann, ausgelöst durch optische, akustische oder Berührungsreize, ein gefährlicher Starrkrampf ein, der den Körper bogenförmig krümmt und die Muskeln bis zum Äußersten spannt. Der Krampf der Atemmuskeln kann zum Atemstillstand und so zum Tode führen. Solche Anfälle dauern manchmal minutenlang und sind äußerst qualvoll, weil das Bewusstsein erhalten bleibt.

Heute weiß man, dass es einen Zusammenhang zwischen den Wirkungen des Strychnins und der Funktion der im Organismus vorkommenden Aminosäure Glycin im Rückenmark gibt. Glycin hemmt die Erregbarkeit von Nervenzellen, Strychnin verhindert diese hemmende und koordinierende Glycinwirkung. Wenn schließlich durch Licht, Lärm oder Berührung ausgelöste Impulse ungebremst auf Nervenzellen im Rückenmark einwirken, kontrahieren gleichzeitig Beuge- und Streckmuskeln und es kommt zum Starrkrampfanfall.

In Afrika, Asien und Amerika wurden (und werden) Zubereitungen aus Giftpflanzen als Pfeilgifte verwandt. Meistens sind das Pflanzenextrakte, die herzwirksame Glycoside (Strophanthin) oder muskelerschlaffende Curare-Alkaloide enthalten.

In Südostasien und Afrika wurden (und werden?) aber auch strychninhaltige Zubereitungen aus Strychnosarten als Jagdgifte gebraucht. Weltweit sind mit gepulverten Brechnüssen, Strychnin oder Strychninsalzen versetzte Köder (Grütze, Getreidekörner oder Fette) zum Vergiften schädlicher oder gefährlicher Tiere und zum Erbeuten von Pelztieren verwendet worden.

In Europa hat man gepulverte Brechnüsse als Geschossfüllung empfohlen, in Amerika Strychnin als Brunnengift zur Beseitigung renitenter Indianer. Es verblüfft doch immer wieder, wohin menschliche Fantasie führen kann!



Dajaks in Borneo vergiften Blasrohrpfeile mit „Upas Radju“, einem strychninhaltigen Extrakt aus der Wurzelrinde von „Strychnos tieute“.



Die französischen Professoren Pierre Joseph Pelletier (rechts) und Joseph Bienaimé Caventou isolierten 1818 Strychnin aus Samen von „Strychnos ignatii“ und „Strychnos nux vomica“.

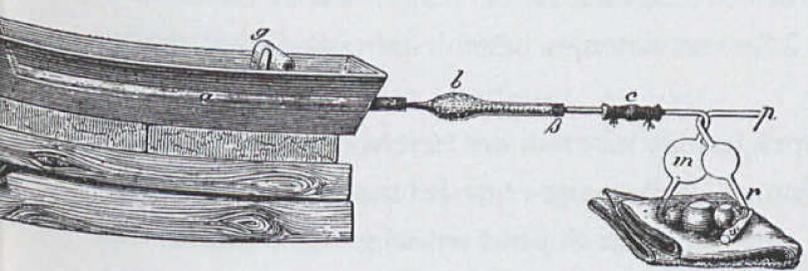
Bei der **Elementaranalyse** werden die Art und Menge der in chemischen Substanzen vorkommenden Atome bestimmt. Zur Analyse von Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff in Alkaloiden oxidiert man eine gewogene Substanzmenge zu Kohlendioxid, Wasser und Stickstoff, deren Menge bestimmt wird. (Siehe Seite 27)

Auch Schriftsteller und Regisseure haben in Büchern und Filmen mit Strychnin morden lassen. So wurden von Alexandre Dumas (d. Ä.) im *Graf von Monte Christo* und Karl May im *Schloss Rodriganda* nicht ohne Sachkunde heimtückisch verübte Strychninvergiftungen beschrieben. Die arznei- und gifterfahrene Agatha Christie setzte neben anderen Giften mehrfach Strychnin ein. Auch George Simenons *Kommissar Maigret* musste einen Strychninmord aufklären und Alfred Andersch ließ in seinem (später durch Helmut Käutner verfilmten) Roman *Die Rote* einen ehemaligen Gestapo-Schergen mit Strychnin (in Bier) in die Unterwelt befördern.

Natürlich hat man sich auch im Fernsehen der horriblen Wirkung des Strychnins bedient: Im Film „Tödliche Träume“ z.B. wird einer jungen Frau eine mit Strychnin versetzte Ecstasy-Pille zum Verhängnis, im Tatortkrimi „Trittbrettfahrer“ ein Erpresser durch das Alkaloid im Kölsch zum Schweigen gebracht. Hier sei der Hinweis erlaubt, dass sich das in Wasser nur schwer lösliche Strychnin als heimliches Mordgift nicht sonderlich eignet: es fällt einerseits durch seinen extrem bitteren Geschmack auf – selbst Ratten sollen mit Strychnin vergiftete Köder verschmäht haben – und kann außerdem durch den typischen und auffälligen Starrkrampf erkannt werden. Zudem lässt sich Strychnin in Leichen noch Jahre nach der Beerdigung nachweisen.

Zur Behandlung von Strychninvergiftungen werden Sedativa (Beruhigungsmittel) wie Valium und Muskelrelaxantien (muskeler-schlaffende Arzneimittel), z.B. das in Pfeilgiften vorkommende Tubocurarin, eingesetzt.

**STRYCHNIN ALS HEILMITTEL:** Mehr als 300 Jahre lang wurden Krähenaugentinkturen und -extrakte und (später) Strychninsalze und -derivate in niedriger Dosierung auch als Heilmittel genutzt: als Kräftigungs- und Anregungsmittel, zur Verbesserung von Sinneswahrnehmungen (Hören und Sehen), bei ungenügendem Funktionieren des Kreislaufs, der Verdauungsorgane und des Urogenitaltrakts. Außerdem wurde Strychnin als Weckmittel bei Schlafmittelvergiftungen gebraucht, als Dopingmittel im Leistungssport (wie bei der Olympiade von 1908 in London) oder bei



In einem Ofen steckt ein Verbrennungsrohr (links), angeschlossen sind ein Wasserabsorptionsrohr und ein Kugelapparat, in dem Kohlendioxid aufgefangen wird.

Pferderennen, aber auch als Aphrodisiakum und als Bittermittel in Getränken.

Seit dem 16. Jahrhundert sind Brechnüsse, Brechnusszubereitungen und später Strychninsalze in zahlreichen Arzneibüchern der Deutschen Länder und des Deutschen Reiches aufgeführt worden. Noch 1967 wurden im *Deutschen Arzneibuch* neben Strychnin-Nitrat Strychnostinktur und -extrakt beschrieben, bis 1977 nur noch Strychnin-Nitrat. Seit 1978 ist in deutschen und europäischen amtlichen Arzneimittelsammlungen von Strychnin oder seinen Salzen nicht mehr die Rede.

**DIE ISOLIERUNG VON STRYCHNIN-ALKALOIDEN:** 1818 teilten die französischen Apotheker und Professoren Pierre Joseph Pelletier und Joseph Bienaime Caventou aus Paris den Lesern der *Annales De Chimie Et De Physique* mit, dass es ihnen gelungen sei, weiße, bitterschmeckende Kristalle aus Ignatiushohnen und Brechnüssen zu isolieren. Sie wiesen darauf hin, dass die Giftwirkung dieser Drogen dem isolierten Alkaloid zuzuschreiben sei, und nannten die Substanz „Vauqueline“, um einen Landsmann und Kollegen (Nicolas Louis Vauquelin, 1769-1829) zu ehren. Nach Einwänden verschiedener Gutachter wurde die Substanz schließlich doch nach ihrer Herkunft „Strychnin“ getauft. 1824 fanden die beiden befreundeten Franzosen Strychnin auch in einem aus Borneo stammenden Pfeilgift („Upas Radju“), das aus der Wurzelrinde einer Strychnosart (*Strychnos tieute*) hergestellt worden war.

1819 konnten Pelletier & Caventou ein weiteres, extrem bitter schmeckendes Alkaloid aus der Rinde einer Pflanze gewinnen, die sie für eine Brucea-Art hielten. Sie nannten die Substanz deshalb „Brucin“. Später merkten sie ihren Irrtum: Sie hatten eine Strychnosrinde in Händen gehabt und somit ein zweites



Justus v. Liebig (oben) und Henri Victor Regnault (unten) haben 1838/1839 die Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Stickstoffmengen in Strychnin und Brucin analysiert und aus den Ergebnissen die Summenformeln dieser Alkaloide errechnet.



Die **Molekularformel** (Summenformel) gibt Auskunft über Art und Menge der in einem Molekül vorkommenden Atome.

Strychnosalkaloid entdeckt. Der Name Brucin aber blieb und erinnert nun an den schottischen Afrikaforscher James Bruce (nach dem die Brucea-Arten genannt worden waren). Strychnin und Brucin kommen im Samen und in Blättern verschiedener Strychnos-Arten in etwa gleich großen Mengen vor. Bei gleicher chemischer Grundstruktur ist Brucin weniger giftig, aber bitterer als Strychnin.

**ANDERE STRYCHNOS-ALKALOIDE:** Hundert Jahre später wurden aus Brechnüssen vier weitere Strychnosalkaloide entdeckt, und zwar in Abfallprodukten der fabrikmäßigen Herstellung von Strychnin: 1929 „Vomicin“ und 1931  $\alpha$ - beziehungsweise  $\beta$ -Colubrin sowie „Pseudostrychnin“. Nach dem Zweiten Weltkrieg konnte noch einmal aus verschiedenen Strychnosarten eine größere Zahl weiterer Strychnosalkaloide isoliert werden.

**DIE STRYCHNINFORMEL:** Mit dem 19. Jahrhundert begann für die Chemie eine Zeit stürmischen Fortschritts. Aus der mittelalterlichen Alchemie entwickelte sich eine Wissenschaft, bei der gemessen und gewogen wurde; die „vegetabilische“ und „animalische“ Chemie wurde zur „Organischen Chemie“. Diese wiederum führte zur Chemie der Farbstoffe, Arzneimittel, Kunststoffe und Lebensmittel und dann – im folgenden Jahrhundert – zur Biochemie und Molekularbiologie.

**DIE MOLEKULARFORMEL:** Als man im frühen 19. Jahrhundert schließlich anfang, das Strychnin genauer zu untersuchen, steckten die Methoden zur Bestimmung von Art und Menge der Elemente in Pflanzenstoffen noch in den Kinderschuhen. Einer der Pioniere der **Elementaranalyse** war Justus Liebig, Professor in Gießen, gerühmt wegen seiner Verbesserungen der Analyseapparaturen, der Konstruktion des „Fünfkugelapparats“ und der Genauigkeit der damit erzielten Ergebnisse.

1838/1839 wetteiferten Liebig und der französische Bergwerksingenieur und Chemiker Henri Victor Regnault um die besten Strychninanalysenwerte. Sie kamen bei der Berechnung der Atomverhältnisse zu verschiedenen Ergebnissen. Regnaults Angaben sollten sich als richtig herausstellen. Nach der

Die **Konstitutionsformel** gibt Auskunft über Art, Menge, Stellung und Bindung der Atome in einem Molekül.

Die **Strukturformel** gibt Auskunft über die Konstitution und die räumliche Lage der Atome in einem Molekül.

Bei **ringförmigen Molekülen** können Anzahl und Art der Ringglieder verschieden sein. In der Strychnin-Konstitutionsformel sind 5-, 6 und 7-gliedrige Ringe zu erkennen. Bestehen die Ringe nur aus Kohlenstoffatomen, spricht man von Carbocyclen. Enthalten sie auch andere Atome, nennt man sie Heterocyclen. (siehe Seite 30)

Bestimmung des Molekulargewichts war man sich einig, dass das Strychninmolekül aus 21 Kohlenstoff-, 22 Wasserstoff-, 2 Stickstoff- und 2 Sauerstoffatomen besteht, ihm also die Molekularformel  $C_{21}H_{22}N_2O_2$  zukommt.

Im von Romantik und Empirismus geprägten Biedermeier, der Zeit von Eichendorff und Marx, war es nicht ungewöhnlich, dass in Europa wissbegierige junge Leute außerhalb ihres Heimatlandes studierten. Liebig beispielsweise ging mit einem Stipendium seines Landesfürsten bei den berühmten Chemikern Gay-Lussac und Thenardt in Paris in die Lehre und schrieb begeistert nach Hause. In dieser Zeit entwickelten die Chemiker ihre schließlich weltweit verwendbare Formelschreibweise, mit der sich auch komplizierte Moleküle vergleichsweise einfach auf einem Blatt Papier darstellen lassen. Nun konnten chemische Experimente ohne Schwierigkeiten in französischen, deutschen und englischen Zeitschriften erläutert und auf internationalen Kongressen diskutiert werden.

Soweit hört sich's erfreulich an. Offensichtlich aber wurden auch damals nicht nur Einfältige durch nationalistische Vorurteile beeinflusst – wie die folgende Episode zeigt: Für die Zusammensetzung des Strychnins interessierte sich auch der aus Straßburg stammende Chemiker Charles Gerhardt, der Liebig's Schüler in Gießen gewesen war. Er zersetzte das neue Alkaloid durch Erhitzen, destillierte Spaltprodukte ab und analysierte sie. Da die Ergebnisse dieser Analysen nicht zu Liebig's Strychninformel passten, veränderte er diese.

Der reizbare, zu starken Affekten neigende Liebig hatte sich schon öfter über Gerhardt und dessen unbekümmerten Umgang mit Untersuchungsergebnissen seiner Kollegen geärgert. Schließlich platzte ihm der Kragen. Er feuerte in den *Annalen Der Chemie Und Pharmacie* von 1846 auf den „Chemiker von halbfranzösischem Blute, der es auf sich nimmt, die Deutschen in die Pfanne zu hauen“ eine volle Breitseite ab. Und verschanzte sich dann nicht ohne Tücke hinter einem Freund, „der mir geradezu sagte, daß er für seinen Theil Hrn. Gerhardt für einen unverschämten Lügner halte“. Schade, dass Gerhardt schon 1856 starb – Liebig hatte somit keine Gelegenheit mehr, die Umwandlung des Chemikers aus dem Elsass zum vollblütigen Deutschen nach dem Krieg von 1870/71 auf seine Art zu kommentieren.

1818 war das Strychnin isoliert worden. Etwa dreißig Jahre später waren die Untersuchungen zur Molekularformel abgeschlossen. Nun bemühten sich zahlreiche Chemiker in Europa, Amerika und Japan, Genaueres über die **Konstitution** dieses Alkaloids, das heißt die Stellung und Bindung der einzelnen Atome im Molekül zu erfahren. Die Aufklärung der Strychnin-Konstitution gelang erst 1946, nachdem Hunderte von Experimenten durchgeführt, veröffentlicht und diskutiert worden waren.

**DER KAMPF UM DIE AUFKLÄRUNG DER STRYCHNINFORMEL** gleicht der mühseligen und verlustreichen Eroberung einer Festung, die, aufs Raffinierteste angelegt, generationenlang allen Angriffen trotzte. Erstaunlich ist nicht nur die Unzugänglichkeit des Bollwerks, sondern auch der unermüdliche Einsatz der vielen Wissenschaftler, die trotz aller Misserfolge immer wieder (manchmal allerdings nach längeren Verschnaufpausen) zum Sturm antraten.

Zum besseren Verständnis wird nun der Leser ermuntert, einen Blick auf den Festungsgrundriss, die Strychnin-Konstitutionsformel zu werfen: Auch der Nichtchemiker wird dabei sieben 5-, 6- und 7-eckige Ringe erkennen (siehe Abb. Seite 30), die miteinander verknüpft sind. Dazu sei noch angemerkt, dass die Idee von der Existenz **ringförmiger Moleküle** erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, also während des Sturms auf das Strychninmolekül, konzipiert und akzeptiert wurde.

Von dieser langen Belagerung und schließlich Eroberung können hier nur ein paar wesentliche Etappen und besonders verdienstvolle Pioniere erwähnt werden: 1898 gelang es Julius Tafel, Professor an der Würzburger Universität, die erste Bresche in die Mauer eines Forts zu sprengen und den neuen Zugang zu beschreiben. 1910 stellten die Engländer William Henry Perkin jun., Professor an der Universität in Manchester und Sohn des berühmten Farbenchemikers W. H. Perkin sen., und sein Schüler Robert Robinson die erste Strychnin-Konstitutionsformel (6 Ringe)

vor, die sie 19 Jahre später zu einer Siebenringformel verbesserten. 1932 präsentierte Robinson, inzwischen Professor an der Oxford-Universität, einen Grundriss, der dem tatsächlichen Bau der Festung schon erheblich näher kam. Im gleichen Jahr meldete sich Hermann Leuchs, Chemie-Professor an der Humboldt-Universität in Berlin, zu Wort. Er hatte seit 1908 die Festung Strychnin durch zahlreiche Schächte und Gänge unterminiert, ohne jedoch deren Standort und Richtung einem Gesamtplan zuordnen zu können. Jetzt, 1932, schlug er eine Änderung der Robinsonschen Formel vor – und die führte dann jahrelang in die Irre! Selbst der eigensinnige Robinson folgte den Argumenten des Berliners und verwarf die eigene Formel. Er versuchte es mit einer Reihe weiterer Vorschläge, kehrte aber 1939 reumütig zu seiner Formulierung von 1932 zurück.

1945, als in Europa endlich Friede eingekehrt war, stellte der an der Hochschule in Zürich tätige, aus Sarajevo stammende Vladimir Prelog eine Formelverbesserung zur Diskussion, die dann den Altmeister Robinson 1946 zur endgültig richtigen Beschreibung der Strychninkonstitution führte (Robinsons „Letzte“). Wie unsicher und spekulativ diese Untersuchungen damals waren, lässt sich daran erkennen, dass Robinson 1947 noch einmal einen neuen Anlauf nahm. Er hatte offensichtlich kalte Füße bekommen und stellte eine weitere, ganz andere Formel zur Diskussion (Robinsons „Allerletzte“), die jedoch nirgendwo Anklang fand. Robinsons Formel von 1946 war (und blieb) die richtige.

**DIE DRITTE DIMENSION:** Moleküle besitzen eine räumliche Struktur. Diese ist für die Wirkung der Arzneistoffe und Gifte von besonderer Bedeutung. Voraussetzung für die biologische Aktivität eines Wirkstoffs ist nämlich seine Fähigkeit zur Anlagerung an eine bestimmte räumliche Molekülstruktur (eines Rezeptors) im Organismus – der räumliche Bau von Wirkstoff und Rezeptor müssen zueinander passen, damit die Wirkstoffbotschaft weitergegeben werden kann. Die dreidimensionale Strychninstruktur wurde in den fünfziger Jahren des 20. Jahrhunderts mit Hilfe der Röntgenstrukturanalyse aufgeklärt.

**1898**

*J. Tafel*

Erste Einblicke in die Strychnin-Konstitution.

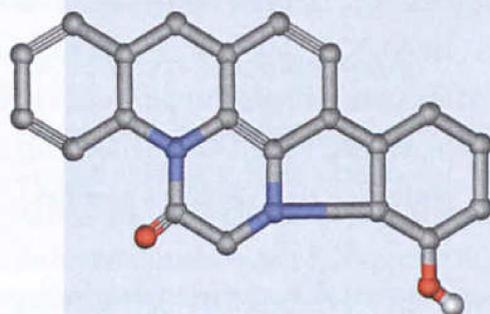


Bei der Aufklärung der Strychnin-Konstitution führten hunderte von Experimenten zu immer neuen Formelvorschlägen. Die hier gezeigten, von 1898 bis 1946 zur Diskussion gestellten Formulierungen zeigen die schrittweise Annäherung an die endgültig richtige Formel von 1946.

**1910**

*W.H. Perkin jun*  
(& R. Robinson)

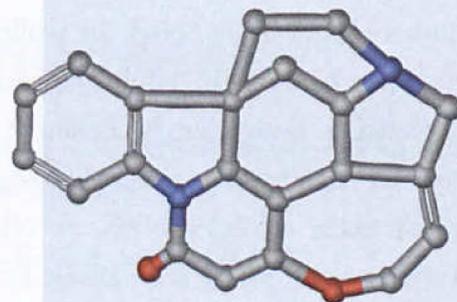
Erste Strychnin-Konstitutionsformel.



**1932/ 1939**

*R. Robinson*

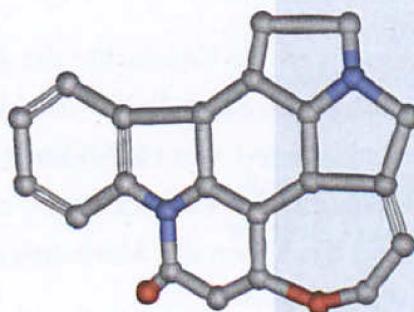
Formel von 1932 wird wieder aufgegeben und 1939 erneut vorgeschlagen.



**1932**

*H. Leuchs*

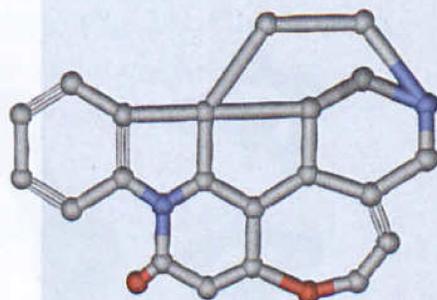
Änderungen der Robinsonformel von 1932 führt in die Irre.



**1945**

*Vladimir Prelog*

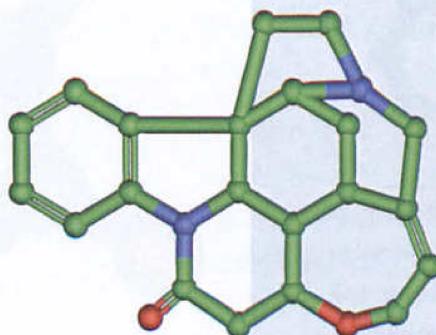
weist mit seiner Formel den richtigen Weg.



**1946**

*R. Robinson*

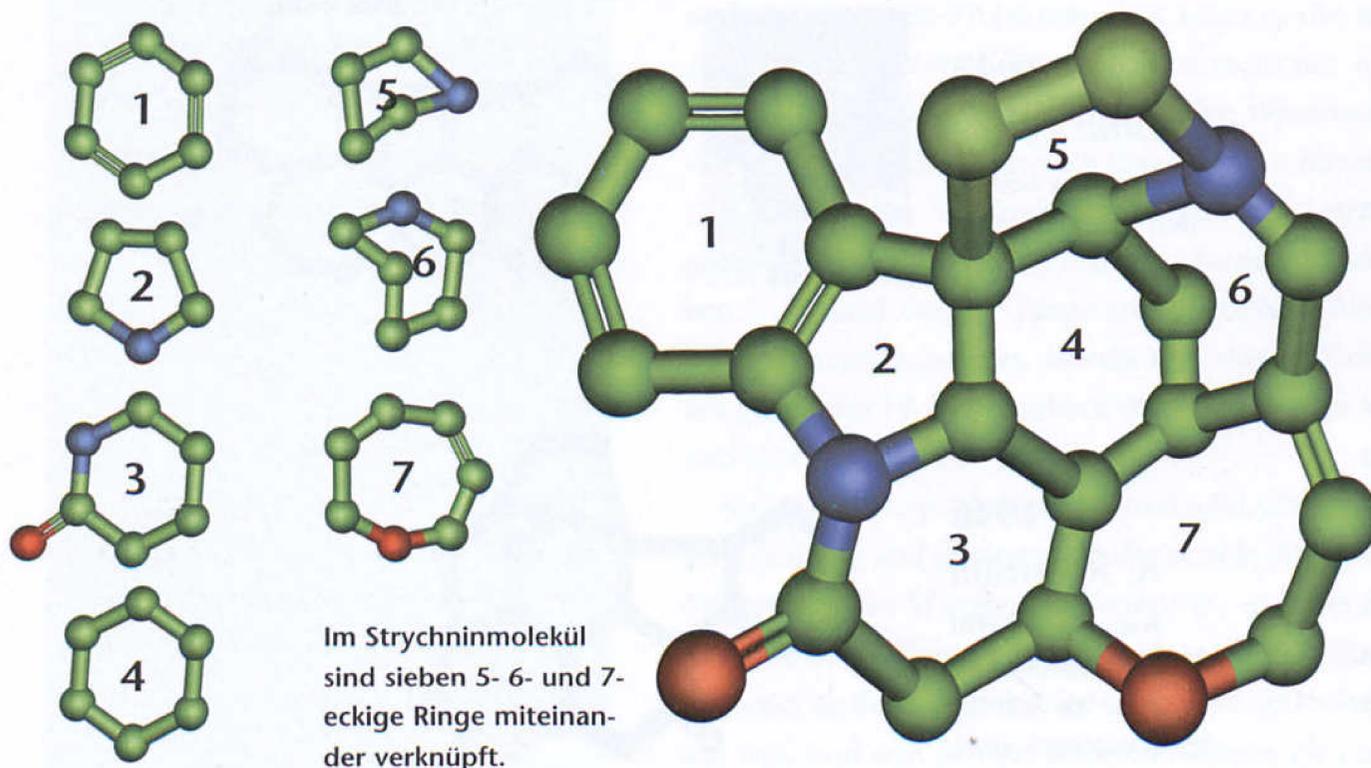
hat es geschafft!  
Er publizierte als Erster die richtige Konstitutionsformel.



**SYNTHESE:** Zur gleichen Zeit befasste sich auch der amerikanische Chemiker Robert Burns Woodward mit dem Strychnin. Nachdem er schlüssige Argumente für Robinsons Formel von 1946 (die „Letzte“) gefunden hatte, gelang ihm und seinen Mitarbeitern die Totalsynthese des Strychnins. Bei dieser Synthese wurde, von einem einfachen Molekül ausgehend, das Strychnin in rund 30 Reaktions- und Trennungsstufen in winziger Ausbeute gewonnen. Diese Synthese wird heute noch als ganz außergewöhnliche wissenschaftliche Leistung bewundert, auch wenn in der letzten Dekade des vergangenen Jahrhunderts kürzere, erheblich effektivere Strychninsynthesen entwickelt wurden. Letzten Endes haben sich neben vielen anderen tüchtigen Wissenschaftlern vier Nobelpreisträger um das Strychninmolekül bemüht: R. Robinson (Nobelpreis 1947), R. B. Woodward (1965), V. Prelog (1975) und, nicht zu vergessen, Heinrich Wieland (1927). Dieser hat mit seiner Münchner Arbeitsgruppe von 1930 bis Kriegsende Strychnin und Vomycin untersucht, und mit diesen Arbeiten nicht unerheblich zur Aufklärung der Strychninstruktur beigetragen und den Weg zu Synthesen des Alkaloids geebnet.

**WARUM** nur haben sich so viele talentierte und kenntnisreiche Chemiker ein Bein ausgerissen, um den Bauplan eines Moleküls aufzuklären, dessen therapeutische oder sonstige wirtschaftliche Bedeutung nur gering ist? Die Antwort: Auch Wissenschaftler sind wie Leistungssportler, Künstler oder Politiker ehrgeizig und eitel. Sie wollen die Ersten sein, Gewinner. Auch sie finden Wohlstand angenehmer als Armut. Hinzu kommen Neugierde, Erkenntnisdrang, Entdeckerleidenschaft und Spieltrieb. Einige haben vielleicht sogar als Ziel im Auge, die „Mühseligkeit menschlicher Existenz zu erleichtern“ (Brecht). Warum aber gerade Strychnin? Je länger die Suche nach der Strychninstruktur erfolglos blieb, je öfter und je mehr Wissenschaftler scheiterten, umso erstrebenswerter wurde es, dieses Ziel als Erster zu erreichen. Dem Sieger eines solchen Wettkampfs war die Bewunderung seiner Kollegen sicher, ihm winkte höchstes Ansehen innerhalb der „wissenschaftlichen Gemeinschaft“.

**FAZIT:** Die Geschichte des Strychnins ist die Geschichte der Begegnung vieler ungewöhnlicher Menschen mit einem besonderen Molekül. Es ist die Geschichte großartiger Erfolge und bitterer Enttäuschungen, herausragender Fähigkeiten, von Fleiß, Hartnäckigkeit und auch Verbohrtheit – und nicht zuletzt die Geschichte erstaunlicher Entwicklungen einer Wissenschaft, die in den letzten zwei Jahrhunderten zunehmend das Leben der Menschen auf unserer Erde beeinflusst hat – oft, aber nicht immer, zu ihrem Vorteil. ■■



**1954**

*R.B. Woodward*

Woodward und seinen Mitarbeitern gelang die Totalsynthese des Strychnins.

Kohlenstoff (C): grün  
Stickstoff (N): blau  
Sauerstoff (O): rot

**PROF. DR. FRITZ EIDEN**, Arbeitsgebiete: Synthese und Analyse von Arzneimitteln. Zentrum für Pharmaforschung an der Universität München.

# Veranstaltungen & Ausstellungen

## BAMBERG

*Panzerfisch, Flugsaurier & Co. Ein Streifzug durch die Evolution der Wirbeltiere*

► Bis 31. Oktober 2003

Naturkundemuseum Bamberg

Die Evolution der Wirbeltiere: Wie sich aus den Fischen die Lurche, aus den Lurchen die Reptilien, aus den Reptilien die Vögel und Säugetiere einschließlich uns Menschen entwickelt haben.

[www.uni-bamberg.de/NatMus](http://www.uni-bamberg.de/NatMus)

## BERLIN

*Die „Brücke“ – Meisterwerke des Expressionismus aus dem Brücke-Museum, Berlin*

► Bis 23. Februar 2003

Kunstmuseum Bonn

Gezeigt werden 178 Ölgemälde, Aquarelle, Pastelle, Handzeichnungen, Holzschnitte und Lithographien aus der Sammlung des Brücke-Museums Berlin aus den Jahren 1905 bis 1913.

[www.bonn.de/kunstmuseum](http://www.bonn.de/kunstmuseum)

*Menschen – Zeiten – Räume  
Archäologie in Deutschland*

► Bis 31. März 2003

Martin-Gropius-Bau  
Museum für Vor- und Frühgeschichte  
Berlin

Knapp 5000 Funde illustrieren die Erd- und Menschheitsgeschichte von der Urzeit bis zum 20. Jahrhundert, darunter die berühmten Fossilien der Grube Messel, die keltischen Fürstengräber von Hochdorf und vom Glauberg.

[www.smpk.de/mvf](http://www.smpk.de/mvf)

## FRIEDRICHSHAFEN

*Johann Heiß (1640–1704) Schwäbischer Meister barocker Pracht*

► Bis 9. Februar 2003

Zeppelin Museum Friedrichshafen

Ausgehend von den allegorisch-mythologi-

schon Werken von Johann Heiß spannt die Ausstellung einen Bogen bis in unsere heutige Zeit: Welche Bedeutung haben Bilder in unserem alltäglichen Leben und welchen Realitätsgehalt messen wir ihnen bei?

[www.zeppelin-museum.de](http://www.zeppelin-museum.de)

## HAMBURG

*„Lucien Hervé – Architektur des Bildes“*

► Bis 12. Januar 2003

Deichtorhallen Hamburg

Markenzeichen Hervés wurde ein von geometrischen Formen geprägter Formalismus. Er dokumentierte das Werk von Le Corbusier, Alvar Aalto, Marcel Breuer, Oscar Niemeyer und Jean Prouvé. Mit dieser Ausstellung werden die Arbeiten Hervés erstmalig auch in Deutschland vorgestellt.

[www.deichtorhallen.de](http://www.deichtorhallen.de)

## MANNHEIM

*„Jean Tinguely – Stillstand gibt es nicht“*

► Bis 19. Januar 2003

Städtische Kunsthalle Mannheim

Von den ersten „meta-mechanischen Reliefs“ über die skurrilen Schrottplastiken bis hin zu den späten Werken wird den Besuchern beispielhaft die phantastische Welt Tinguelys, der als der bedeutendste Vertreter der kinetischen Kunst gilt, vor Augen und Ohren geführt.

[www.kunsthalle-mannheim.de](http://www.kunsthalle-mannheim.de)

## MÜNCHEN

*Wasser - Bad - Design: Badekultur aus drei Jahrhunderten*

► Bis 31. Mai 2003

Deutsches Museum München

Die Kulturgeschichte des modernen Bades, von der Kupferwanne im Schafzimmer um 1890 bis hin zum modern gestylten Bad des Designers Philippe Starck.

[www.deutsches-museum.de](http://www.deutsches-museum.de)

*„Mit großen Freuden, Triumph und Köstlichkeit“ – Textile Schätze aus Renaissance und Barock*

► Bis 16. Februar 2003

Bayerisches Nationalmuseum

Luxus und Raffinesse textiler Schätze: Kleidungsstücke aus Stoff und Leder, modische Accessoires, Tapisserien und orientalische Teppiche vermitteln einen Eindruck von der Originalität und Vielfalt der kostbaren Bestände.

[www.bayerisches-nationalmuseum.de](http://www.bayerisches-nationalmuseum.de)

## NÜRNBERG

*Roco – Modellbahnerlebnisse aus Salzburg*

► Bis März 2003

DB-Museum Nürnberg

Modellbahnfans kommen hier auf ihre Kosten: Neben den Klassikern sind auch viele noch unbekannt Modelle aus den Gründungsjahren der Firma ROCO zu sehen.

[www.dbmuseum.de](http://www.dbmuseum.de)

*„BMW – das Motorrad aus Bayern“*

► Bis 2. März 2003

Museum Industriekultur Nürnberg

Zwischen 1923 und 1969 kamen die BMW-Motorräder aus Bayern, heute werden sie in Berlin hergestellt. Rund 40 der wichtigsten BMW-Klassiker dieser Zeit können in der Ausstellung bestaunt werden.

[www.museen.nuernberg.de](http://www.museen.nuernberg.de)

## OBERHAUSEN

*„Die Gutehoffnungshütte stellt aus – Düsseldorf 1902 – Hannover 1952“*

► Bis Sommer 2003

Rheinisches Industriemuseum, St.-Antony-Hütte, Antoniestraße 32-34

50 historische Fotografien aus dem Nachlass der Gutehoffnungshütte vermitteln ein einmaliges Bild industrieller Selbstdarstellung zwischen 1902 bis 1953.

Vom Wundermittel zum Teufelszeug

# DDT

Die anfängliche Erfolgsgeschichte dieses zunächst als Wundermittel gepriesenen Pestizides lässt sich nur vor dem Hintergrund der Situation während und nach dem Zweiten Weltkrieg verstehen. Zwanzig Jahre später schlug die Beurteilung der Substanz ins krasse Gegenteil um: DDT wurde zum Synonym für Umweltvergiftung und stellvertretenden Buhmann für die fatalen Folgen einer verfehlten Chemiapolitik.

TEXT: Elisabeth Vaupel



Entlausung: Auf die Körper amerikanischer Soldaten wird DDT gesprüht, Dezember 1943.

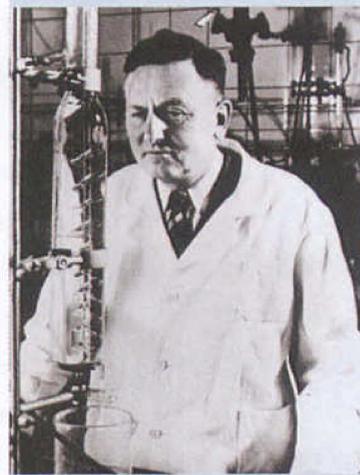
**M**anche Dinge geschehen einfach zur rechten Zeit und genau das macht einen Teil ihres Erfolges aus. Im Falle des DDT, dessen insektizide Eigenschaften im Herbst 1939, kurz nach Beginn des Zweiten Weltkrieges, entdeckt wurden, war diese Koinzidenz ganz sicher gegeben. DDT ist die Abkürzung für einen Wirkstoff, der in der Sprache der Chemiker Dichlor-diphenyl-trichlorethan heißt. Obwohl die Verbindung selbst schon 1872 entdeckt worden war, begann sich die Forschung erst in den späten dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts für sie zu interessieren.

Bei den Geigy-Werken in Basel, einem seinerzeit bedeutenden Textilfarbstoffhersteller, suchte man gezielt nach Textilausrüstungsmitteln, die Wolle vor Mottenbefall schützen sollten. Die Vorgehensweise der mit dieser Aufgabe betrauten Wissenschaftler war simpel: Die Struktur insektizid wirkender Substanzen wurde variiert und auf ihre biologische Wirksamkeit getestet. Der Geigy-Chemiker Paul Müller (1899–1965), der im Rahmen dieses Forschungsprogramms auch DDT prüfte, stellte zu seiner Überraschung fest, dass es schon in kleinen Konzentrationen wesentlich besser wirkte als die zuvor ausprobierten Substanzen. Mit Ausnahme von Milben vernichtete DDT so gut wie alle Schadinsekten. Für Mensch und Haustiere war es dagegen nicht akut toxisch.

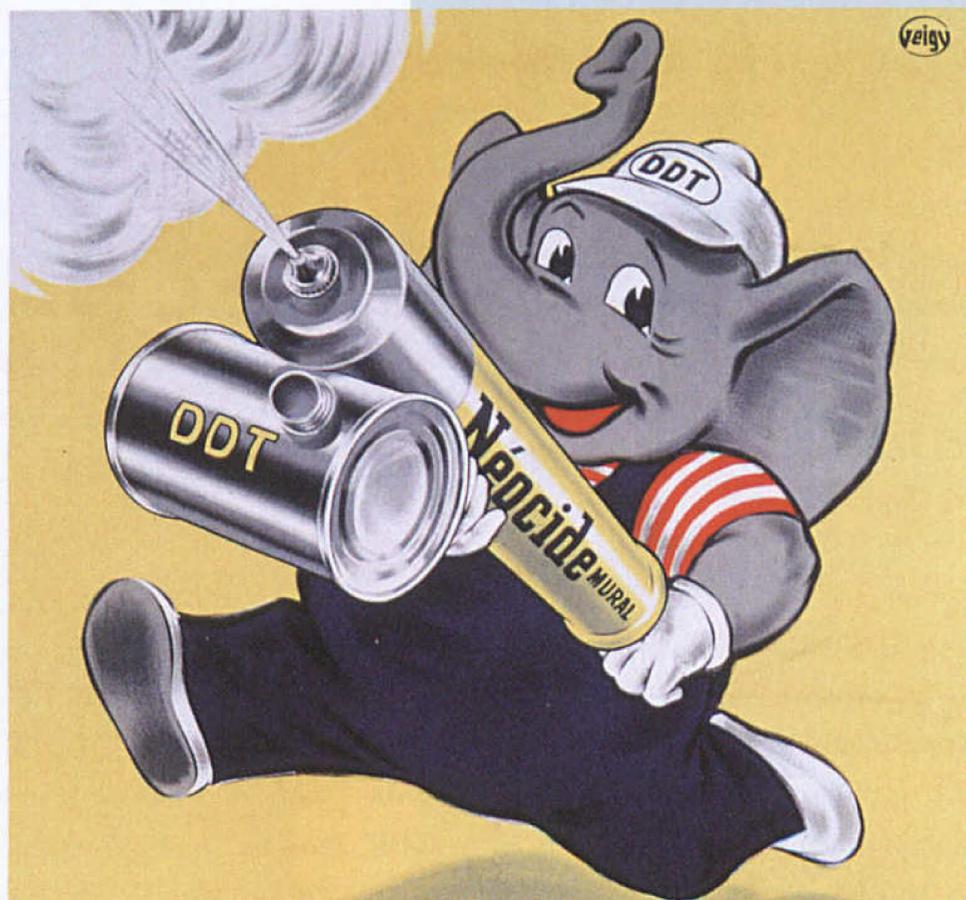
Beeindruckend war auch die Langlebigkeit (Persistenz) der Substanz: man brauchte sie tage-, ja wochenlang nicht neu zu applizieren. Auch ihr Wirkungsmechanismus schien viel versprechend: Als Kontaktinsektizid wirkte DDT schon bei bloßer Berührung, allerdings nicht sofort, denn die als Nervengift fungierende, fettlösliche Verbindung brauchte ein wenig Zeit, um in den Insektenkörper zu gelangen.

**EIN STOFFPATENT FÜR DAS SEIT 1872 BEKANNTE DDT** war ausgeschlossen. Die Geigy AG konnte 1940 daher nur ein Anwendungspatent auf die Entdeckung seiner insektiziden Eigenschaften anmelden. Schon 1942 wurde DDT in der Schweiz unter dem Namen „Gesarol“ als Pflanzenschutzmittel und unter dem Namen „Neocid“ zur Anwendung in der Human- und Veterinärhygiene auf den Markt gebracht. Zeitgleich bot die Geigy AG, die als Firma mit Sitz in der neutralen Schweiz mit Freund und Feind gleichermaßen Geschäfte machen konnte, DDT allen größeren kriegsführenden Staaten zur Verwendung an. Da klar war, dass die Basler den angesichts der Kriegssituation riesigen Bedarf (z.B. zur Seuchenprävention in Gefangenen- und Flüchtlingslagern oder bei den Truppenverbänden) allein nicht decken konnten, wurden Lizenzen vergeben. So kamen 1942 nicht nur die USA, Großbritannien und Japan in den Besitz von DDT, sondern auch der Kriegsverursacher Deutschland.

**WÄHREND DER KRIEGSJAHRE** spielte DDT in Deutschland eine vergleichsweise geringe Rolle. 1943 hatte die Geigy AG für die Dauer des Krieges einen Lizenzvertrag mit der Schering AG in Berlin abgeschlossen, demzufolge Schering das DDT ausschließlich zu Pflanzenschutz Zwecken auf den Markt bringen durfte. Während des Krieges wurde das Insektizid in der deutschen Landwirtschaft aber nur im militärisch wichtigen, weil Schmieröle liefernden Rapsanbau eingesetzt. Im zweiten wichtigen Anwendungsbereich, dem Hygienesektor, wurde mit DDT lediglich experimentiert. So prüfte man, ob sich die Unterwäsche der Wehrmachtssoldaten mit DDT imprägnieren ließe, verfolgte das Projekt aus Kostengründen aber nicht weiter. Weit größere Bedeutung hatte es indessen für die Amerikaner, die das Insektizid seit 1943 in den USA produzierten. Auf den tropischen Kriegsschauplätzen in Asien wurde es als „Wunderwaffe“ im Kampf gegen die allgegenwärtige Malaria eingesetzt. DDT übernahm im Pazifik die Rolle einer militärischen Vorhut: Bevor amerikanische Truppen in Malariagebiete einmarschierten, wurde von Flugzeugen aus großflächig DDT ver-



Paul Müller, Chemiker bei Geigy, entdeckte die insektizide Wirkung des DDT.



# Neocide<sup>DDT</sup>

## la terreur des moustiques

Die frühe DDT-Werbung suggerierte, DDT sei ungiftig und ungefährlich.

sprüht, um das Terrain von Anopheles-Mücken zu säubern. Diese Strategie hatte beträchtlichen Erfolg. Dank eines großen DDT-Einsatzes konnten die Amerikaner 1943/44 auch den Ausbruch einer Typhus-Epidemie in Neapel verhindern. Zwecks Entlausung stäubten sie 1,3 Millionen Neapolitaner mit DDT ein. Die überstanden das unfreiwillige Massenexperiment unbeschadet, was wiederum dazu beitrug, dass DDT bereits während des Krieges in den Ruf eines Wundermittels kam.

In der frühen Nachkriegszeit führten die Amerikaner aus Angst vor dem Ausbruch von Typhusepidemien in Europa große Entlausungsaktionen mit DDT durch, sei es in Kriegsgefangenenlagern, bei der Befreiung der KZs oder bei der Zivilbevölkerung. In den Jahren 1946–1949 wurden sämtliche Malariagebiete Italiens systematisch mit DDT besprüht und so malariafrei gemacht. In Sardinien und Griechenland gab es allerdings Probleme. Zwar verschwand nach langer Bekämpfung der dortigen Anopheles-Arten die Malaria, doch waren die Mücken gegen DDT resistent geworden.

**DIE ÜBERWÄLTIGENDEN ERFOLGE** des DDT bei der Malariabekämpfung führten dazu, dass DDT und Penicillin um 1950 als die großen „Helfer der Menschheit“ im Kampf gegen Krankheiten galten. Nicht zufällig wurden die Entdecker beider Substanzen fast zeitgleich mit dem Nobelpreis für Physiologie und Medizin ausgezeichnet: Sir Alexander Fleming 1945 für Penicillin und der Geigy-Chemiker Paul Müller 1948 für DDT.

Aufgrund der großen Erfolge bei der Ausrottung der Malaria in Europa wurde DDT in den fünfziger Jahren zur Schlüsselchemikalie im weltweiten Malaria-Ausrottungsprogramm der 1948 gegrün-



Die Amerikaner setzten DDT nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges in großem Maßstab ein, um europäische Flüchtlinge zu entlausen.

**Resistenz** ist die angeborene Widerstandsfähigkeit eines Organismus gegenüber einem bestimmten Gift. Organismen können aber auch resistent gegenüber bestimmten Bekämpfungsmitteln werden. Dieser Vorgang ist keine Gewöhnung, sondern beruht auf Mutations- und Selektionsvorgängen.

deten Weltgesundheitsorganisation WHO. DDT schien ideal, um in den Entwicklungsländern Afrikas, Asiens und Südamerikas eine Infektionskrankheit zu eliminieren, an der jährlich etwa 300 Millionen Menschen erkrankten und ein bis zwei Millionen starben: DDT war billig herzustellen, leicht anzuwenden und lange wirksam. Das am grünen Tisch in Genf beschlossene Programm basierte auf Überlegungen, die einige Wissenschaftler bereits damals als zu simpel kritisierten. Im Wesentlichen ging man davon aus, dass das Innere eines Hauses oder einer Hütte alle drei bis sechs Monate mit DDT besprüht werden müsse. Wenn das fünf Jahre lang geschehe, werde eine Übertragung der Malaria-Erreger rein mathematisch so unwahrscheinlich, dass die Malaria schließlich ausgerottet sei.

**MITTE DER 1960ER JAHRE** war jedoch klar geworden, dass das WHO-Programm in der Praxis nicht mit der Konsequenz durchzuführen war, die das mathematische Modell verlangte. Fast überall waren die Anopheles-Mücken resistent gegen DDT geworden: 1956 waren es vier Arten, 1968 schon 38! Die Ausbreitung der Resistenzproblematik wurde zusätzlich dadurch befördert, dass DDT zeitgleich in großem Umfang und sehr sorglos in der Landwirtschaft eingesetzt wurde. Ein komplexes Bündel von Faktoren sorgte dafür,



In den fünfziger Jahren gab es in vielen Haushalten so genannte Flit-Spritzen, mit denen zur Ungezieferbekämpfung DDT-haltige Produkte versprüht wurden.

dass das WHO-Programm scheiterte. Alle Gelder sowie die Mittel, die die 1963 in das Ausrottungsprogramm einbezogenen Entwicklungsländer selbst beisteuern mussten, waren trotz der beträchtlichen Anfangserfolge letztlich fehlinvestiert. Da man einseitig auf DDT gesetzt hatte, war die medizinische Malariaforschung vernachlässigt worden. Als sich das WHO-Programm als Sackgasse erwies, fehlten daher alternative Strategien und Geldmittel für die rasche Entwicklung neuer Medikamente. Vom Malaria-Ausrottungsprogramm der WHO hatten nicht die betroffenen Länder, sondern die westlichen DDT-Hersteller und ihre ausländischen Tochterfirmen profitiert. Erst 1972 erkannte die WHO ihr Scheitern offiziell an. Seitdem heißt ihre Strategie nur noch Kontrolle der Malaria: Die Zahl der Neuerkrankungen soll mit Moskitonetzen konstant gehalten werden.

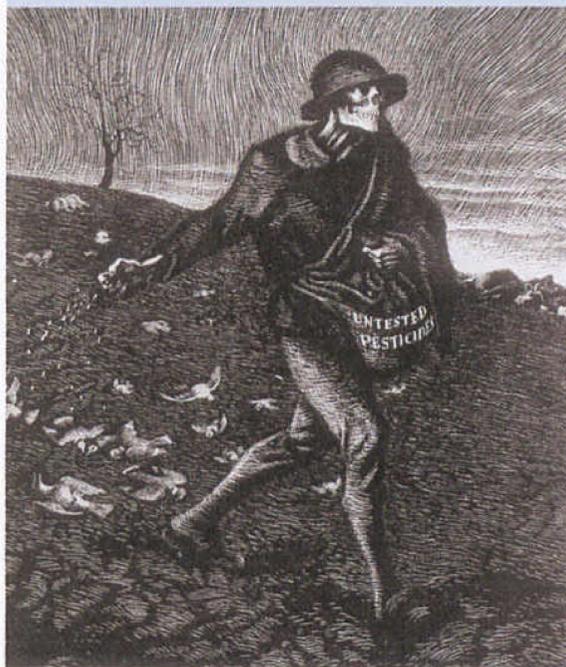
**DAS ENDE DES TRAUMS** kam in den fünfziger Jahren. Überall in der westlichen Welt wurde DDT als Agrochemikalie in der zunehmend technisierten Land- und Forstwirtschaft eingesetzt (s. Beitrag E. Schramm). Besonders in den USA, deren Agrarstruktur von großflächigen Monokulturen beherrscht war und ist, wurde das Insektizid in unglaublichen Mengen und oft mit dem Flugzeug ausgebracht. Eine Folge dieser Praxis war das unvermeidliche Abdriften der schlecht abbaubaren Verbindung, die immer häufiger an Stellen nachgewiesen wurde, etwa in der Antarktis, wo sie nie appliziert worden war. Seit 1953 fiel auf, dass das gut fettlösliche DDT in menschlichem Fettgewebe akkumulierte und in Muttermilch und vielen anderen fetthaltigen Nahrungsmitteln nachzuweisen war. 1958 wurde berichtet, dass die Eischalen der Wanderfalken immer dünner wurden und beim Brüten zerbrachen. Auch andere Vogelbestände drohten dezimiert zu werden, weil sie sich von Organismen ernährten, in denen sich DDT angereichert hatte.

**SCHRECKENSMELDUNGEN WIE DIESE NÄHRTEN DIE ERKENNTNIS**, dass man sich mit dem DDT ein vielschichtiges Problem eingehandelt hatte, das nicht lokal begrenzt und marginal war, sondern letztlich unüberschaubare Dimensionen angenommen hatte. DDT hatte sich so gut wie überall auf der Welt verteilt. Deswegen und auch wegen seiner großen chemischen Stabilität und Fettlöslichkeit reicherte es sich in der Nahrungskette an. Als Breitbandinsektizid vernichtete es überdies auch viele nützliche Insekten und war zum nachhaltigen Störfaktor im Ökosystem geworden. Davon wurde auch der Mensch betroffen, der, wie die Vögel, am Ende einer Nahrungskette stand. Genau die Eigenschaften, die das DDT anfangs so beliebt gemacht hatten, erwiesen sich in den fünfziger und sechziger Jahren also als hochproblematisch. Die Kriterien, die seinerzeit zu einer positiven Bewertung der Substanz geführt hatten, entpuppten sich nun als unzureichend und inadäquat. Erst der Erkenntnisstand der 1960er Jahre machte deutlich, dass neue chemische Stoffe nicht nur auf ihr toxikologisches, sondern auch ihr ökologisches Gefahrenpotenzial überprüft werden müssten. Es stellte sich die Frage, ob DDT für Säugetiere und damit den Menschen tatsächlich so unschädlich sei, wie man unmittelbar nach seiner Entdeckung geglaubt hatte.

Als in diesen Jahren auch noch die Vermutung laut wurde, dass DDT möglicherweise krebserregend wirken könne, geriet das einstige „Wundermittel“ zunehmend in die Kritik. Zwar konnte



Flächendeckend versprühten Flugzeuge in den sechziger Jahren DDT in der Land- und Forstwirtschaft – ohne Rücksicht auf Menschen und Tiere.



Mit ihrem Buch „Der stumme Frühling“ (1962) rüttelte die Biologin Rachel Carson (unten) die Menschen wach: Die flächendeckende Verbreitung von DDT drohte eine ökologische Katastrophe auszulösen.



**ELISABETH VAUPEL**, Dipl.-Chem., Dr. rer. nat., ist seit 1989 Leiterin der Abteilung Chemie im Deutschen Museum. Ihr Hauptarbeitsgebiet ist die Chemiegeschichte des 19. und 20. Jahrhunderts.

die Kanzerogenität bis heute nicht bestätigt werden, gesundheitlich völlig unbedenklich ist DDT aber nicht. Seit den 1990er Jahren gilt als gesichert, dass das o,p'-DDE, eines der Abbauprodukte des DDT, in hohen Dosen hormonelle, östrogenähnliche Wirkung hat. Solche Xeno-Östrogene, zu denen auch das Tributylzinn (TBT) gehört (s. Beitrag Broelmann), stehen im Verdacht, in der Tierwelt und beim Menschen Fortpflanzungsstörungen, Missbildungen und Krebs auszulösen.

**NATIONALE UND INTERNATIONALE VERBOTE** folgten: Die breite Öffentlichkeit wurde 1962 auf die Konsequenzen des bedenkenlosen Ausbringens synthetischer Pestizide aufmerksam, und zwar durch ein Buch, das heute zu Recht zu den einflussreichsten Büchern des 20. Jahrhunderts zählt: *Der stumme Frühling*. Der Buchtitel spielte auf einen Frühling ohne Vogelgesang an, der nach Ansicht der Autorin Rachel Carson (1907–1964) zu befürchten sei, wenn natürliche Gleichgewichte durch rigorosen Chemikalieneinsatz weiterhin gestört würden. In ihrem epochemachenden Werk prangerte die Biologin und Wissenschaftsjournalistin in einer auch Laien verständlichen Form besonders den Missbrauch des DDT an. Die Kennedy-Regierung nahm Carsons Darstellung sehr ernst und setzte eine Umweltkommission ein, die die Konsequenzen der damaligen Pestizidpolitik prüfen sollte. Deren Ergebnisse führten 1972 zum Verbot des DDT in den USA. Ähnliche Verbote wurden im selben Jahr auch in Deutschland und vielen anderen europäischen Staaten ausgesprochen.

Das DDT-Debakel hatte gesellschaftlich und politisch in der westlichen Welt wichtige Konsequenzen: Es wurde neben dem Protest gegen Bau und Betrieb von Atomkraftwerken zu einem maßgebenden Katalysator für das Großwerden der Umweltschutzbewegung in den 1960er und 1970er Jahren. Das DDT-Problem trug erheblich zur Erkenntnis bei, dass Ökosysteme als Ganzes betrachtet werden müssen und dass bei allen menschlichen Eingriffen in die Natur immer zu berücksichtigen sein wird, dass sich die Chemie letztlich dem Primat der Biologie unterordnen muss.

Heute wird DDT nur noch in einigen Dritte-Welt-Ländern wie zum Beispiel Indien angewandt. Das Umweltverhalten des DDT und ähnlicher Chlorkohlenwasserstoffe hat jedoch gelehrt, dass die Verwendung langlebiger, sich weltweit verteilender Chemikalien letztlich auf internationaler Ebene geregelt werden muss. Deshalb begannen 1998 unter den Auspizien des United Nations Environment Programme (UNEP) Verhandlungen, die 2001 zur Unterzeichnung der Stockholmer Konvention führten. Danach sollen Herstellung und Gebrauch zwölf einstmals viel verwendeter, persistenter organischer Verbindungen, darunter DDT, bis spätestens 2025 weltweit eingestellt werden. ■■

#### BUCHTIPPS

- Augustin, Frank:** Zur Geschichte des Insektizids Dichlordiphenyltrichloräthan (DDT) unter besonderer Berücksichtigung der Leistung des Chemikers Paul Müller (1899-1965). Diss. „A“, Medizinische Fakultät Universität Leipzig 1992
- Dunlap, Thomas R.:** DDT. Scientists, Citizens, and Public Policy, Princeton 1981
- Eckley, Noelle:** Traveling Toxics. The Science, Policy, and Management of Persistent Organic Pollutants. In: Environment 43 (2001), Nr. 7, S. 24-36
- Mellanby, Kenneth:** The DDT Story, Farnham 1992
- Perkins, John H.:** Insects, Experts, and the Insecticide Crisis: The Quest for New Pest Management Strategies, New York 1982
- Russell, Edmund P.:** The Strange Career of DDT. Experts, Federal Capacity and Environmentalism in World War II. In: Technology & Culture 40 (1999), Nr.4, S. 770-796
- Simon, Christian:** DDT. Kulturgeschichte einer chemischen Verbindung, Basel 1999
- Stapleton, Darwin H.:** The Short-Lived Miracle of DDT. In: American Heritage of Invention & Technology 15 (2000), Nr. 3, S. 34-41

Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft

# Steigende Ernten von ewiger Dauer

Chemische Düngemittel sollten die Ernährung der Bevölkerung langfristig sichern. Doch mit der flächendeckenden Kunstdüngung entstanden neue Probleme.

TEXT: Engelbert Schramm



Abbildung: Bernd Klumpp

Klatschmohn:  
Unkraut oder  
liebenswürdiger Gast  
im Kornfeld?

Vor Einführung der Agrochemikalien zu Beginn des 19. Jahrhunderts galt die mitteleuropäische Landwirtschaft als vernachlässigter Zweig des Wirtschaftens. Zu wenig war die Produktion auf den Markt ausgerichtet, zu wenig Augenmerk wurde den Möglichkeiten zur Rationalisierung geschenkt. Immer wieder kam es zu empfindlichen Ertragsausfällen – im Extremfall auch zu regelrechten Missernten.

Chemiker wie Carl Sprengel (1787–1859), Humphrey Davy (1778–1829) und Jean-Baptiste Boussingault (1802–1887) versuchten zu erklären, wie sich die Pflanzen ernähren. Sie analysierten Böden und die Asche der auf diesen Böden lebenden Pflanzen, um herauszufinden, welche und wie viele Nährstoffe dem Boden (wieder) zugeführt werden mussten. Allerdings waren ihre Erkenntnisse über die Notwendigkeit einer ausreichenden Pflanzenernährung noch nicht so weit geordnet und zugespitzt, dass sie auf breiterer Ebene bekannt oder gar angewendet wurden.

**LIEBIG ORDNETE DIE ERGEBNISSE** seiner Fachkollegen und machte sie damit einer praktischen Nutzung zugänglich. Nach seiner Auffassung benötigten die Pflanzen zehn chemische Elemente, um ausreichend ernährt zu werden. Die wichtigsten davon seien Stickstoff, Phosphor und Kalisalze. Nur durch eine ausreichende Ernährung der Pflanzen, so Liebig, könne ein „stets bleibender Zustand“, das heißt eine nachhaltige Agrarproduktion gesichert werden: Voraussetzung für die ausreichende Ernährung der Bevölkerung. Liebig erkannte auch, dass es nicht ausreichen konnte, die Agrarproduktion auf dem damaligen Niveau zu halten, da ein immer größerer Teil der Bevölkerung in den industrialisierten Städten arbeitete. Eine Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion war aus Liebigs Sicht dringend notwendig. 1862 forderte er „steigende Ernten von ewiger Dauer“. Eine Faustformel für nachhaltige Agrarwirtschaft, die sich bis in unsere Tage durchsetzen konnte.

Liebigs Darlegungen führten dazu, dass chemisch orientierte landwirtschaftliche Untersuchungsstationen gegründet und seit 1847 Chemiker auch an die Ausbildungseinrich-

Alexander von Humboldt (1769–1859) brachte 1804 von seiner südamerikanischen Forschungsreise eine Substanz mit nach Europa, die sich für die weitere Entwicklung der Landwirtschaft als maßgebend erweisen sollte – **Guano**. Der Begriff „Guano“ oder „Huanu“ entstammt der Inka-sprache Quechua und bedeutet „Mist, mit dem man düngt“. Schon die Inkas düngten ihre riesigen Felder mit Vogelguano. Seit 1841 entwickelte sich ein lebhafter Überseehandel nach England und bald darauf nach Deutschland und in andere Länder Europas. Der aus Peru importierte Guano wurde zum ersten erfolgreichen Handelsdünger. Seine globale Nutzung stieß allerdings bald an Grenzen: Bevor die Nachfahren der Inkas Guano von den Vogelinseln vor der peruanischen Küste holten, brachten sie erst den Göttern ein Opfer. Sie achteten darauf, die Kormorane nicht während der Brutzeiten zu stören. Die europäischen Invasoren aber „ernteten“ den Vogeldung in großem Maßstab das ganze Jahr über. Die Zahl der Vögel nahm ab. Zugleich wurde immer mehr Guano exportiert. Schon 1870 waren die Vorkommen auf den peruanischen Chincha-Inseln fast erschöpft.

tungen für Land- und Forstleute berufen wurden. Einer von ihnen, Julius Adolph Stöckhardt (1809–1886) an der sächsischen Forstakademie Tharandt, gab die regelmäßig erscheinende Zeitung „Der chemische Ackermann“ heraus, die sich an Landwirte auf den großen Gütern richtete und ihnen die wirtschaftlichen Vorteile der chemischen Düngung, insbesondere die Bedeutung des Stickstoffs vorstellte. Im Visier war zunächst der Vogelguano als ausgezeichnete Stickstoff- und Phosphordünger. Erst 1920 kam ein synthetischer Stickstoffdünger auf den Markt: Angestoßen durch die Wünsche des deutschen Militärs war seit 1914 das Haber-Bosch-Verfahren entwickelt worden. Bei ihm wurde der elementare Stickstoff der Luft mit Hilfe von Katalysatoren in lösliche Stickstoffverbindungen überführt, die entweder als Explosivstoff oder als Agrochemikalie eingesetzt werden konnten.

**DIE SCHLECHTE LÖSLICHKEIT** phosphathaltiger Materialien ist der Grund dafür, dass auf mineralische Phosphordüngung nicht leicht zurückgegriffen werden konnte. 1842 kam der Gründer der englischen Versuchsanstalt Rothamstead, John Bennett-Lawes (1814–1900), nach langen Düngeexperimenten auf Anregung Liebigs auf eine Idee: Er schloss phosphathaltiges Material mit Schwefelsäure auf. Das Phosphat wurde in eine wasserlösliche und damit leicht pflanzenverfügbare Form überführt. Lawes gründete die erste Düngemittelfabrik und meldete zwei Jahre später sein Verfahren zur Herstellung von „Superphosphat“ als Patent an. Organische Abfälle, wie sie u.a. in den Abdeckereien und

Filzfabriken anfielen, wurden nun mit Schwefelsäure zum Mineraldünger aufbereitet. Eine zweite preisgünstige Phosphorressource wurde erschlossen, als mit der Einführung des Thomas-Verfahrens zur Stahlherstellung 1879 phosphathaltige Eisenerze verarbeitet werden



Der Kot von Kormoranen ist Grundlage des nährstoffreichen „Guano“-Düngers.

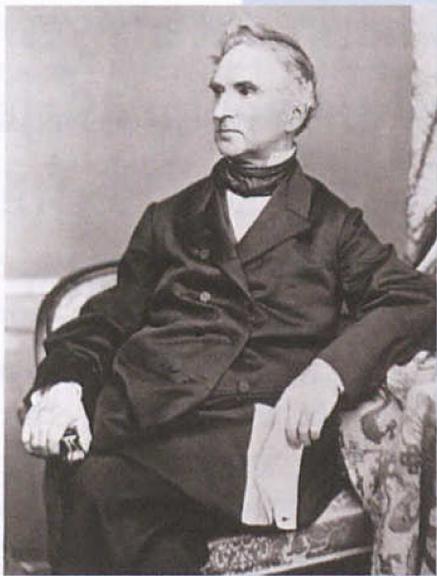
konnten. Dabei blieben große Mengen an phosphathaltigen Schlacken übrig, die die Düngemittelindustrie zu so genanntem Thomasmehl verarbeitete.

**IM BERGWERK** von Strassfurt fielen seit 1856 Karnallitsalze als nutzloser Abraum beim Abbau von Kochsalz an. 1861 gründete Adolf Frank eine erste Fabrik zur Aufarbeitung

dieses Abraums. Nach ersten Misserfolgen wurde dieser Kalidünger schließlich zum großen Geschäft. Spezielle Kalibergwerke entstanden. Dieser Markterfolg bedeutete aber noch nicht, dass flächendeckend Mineraldünger eingesetzt wurden. Die neuen Agrochemikalien wurden zunächst nur auf großen Gütern genutzt. Die Ertragszunahmen in der Landwirtschaft Deutschlands um 1860 sind nicht vorrangig auf verbesserte Düngung zurückzuführen, sondern wesentlich auf die Kultivierung neuer Ackerflächen (beispielsweise von Mooren) und die Einführung sinnvoller Fruchtfolgen. Bis zur Jahrhundertwende war die Verwendung von Mineraldüngern noch die Ausnahme.

Erst im zwanzigsten Jahrhundert verkauften auch kleinere Höfe große Teile der Ernte auf dem Markt, so dass Geld zum Ankauf von Dünger aus der Fabrik vorhanden war. Bis Mitte des 20. Jahrhunderts wurden diese mineralischen Düngemittel jedoch bestenfalls als Zusatz zu Festmist, Jauche und Fäkalien eingesetzt. Eine große Zahl von Bauern stand dem „Kunstdünger“, wie es polemisch hieß, weiterhin ablehnend gegenüber.

**IN DEN ZWANZIGER JAHREN** des letzten Jahrhunderts blieben die Ernteerträge trotz vermehrter Düngeaufwendungen deutlich hinter den Rekordernten der Vorkriegsjahre zurück. „So sehr die mineralischen Düngemittel geeignet sind, Ernteerträge für den Augenblick zu erhöhen, so wenig werden sie dieselben auf die Dauer sicherstellen können“, fasste der Agrarbiologe Ruschmann die damalige Debatte zusammen. Die Grenzen der Ertragssteigerungen durch die Anwendung von Mineraldüngern schienen erreicht.



#### **Justus von Liebig**

(1803–1873) verwendete die neuen Erkenntnisse über die Pflanzenernährung, um die Nützlichkeit der damals aufgrund der Entdeckungen von Friedrich Wöhler (1800–1882) und ihm angestoßenen und ent-

wickelten Organischen Chemie zu belegen. In seinem Werk *Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie* begründete er 1840 seine Mineralstofftheorie. Deutliche Worte fand Liebig für die traditionelle Landwirtschaft, die er als eine „Raubwirtschaft“ kritisierte, da sie nicht systematisch für einen Ersatz der mit den Ernten entnommenen Pflanzennährstoffe sorgte. Liebig forderte einen nachhaltigen Umgang mit den Pflanzennährstoffen: „Wir können die Fruchtbarkeit unserer Felder in einem stets bleibenden Zustand halten, wenn wir ihren Verlust jährlich wieder ersetzen.“

**ENGELBERT SCHRAMM**, Dr., ist Sprecher des Bereichs Wissenschaft im Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH in Frankfurt.

Fehler der Bodenbearbeitung und der Anbautechnik ließen sich offenbar nicht allein "mit dem Düngesack" korrigieren. Die chemisch-technische Intensivierung der Landwirtschaft störte den Naturhaushalt: Die Böden versauerten durch einseitige Gaben sauren Düngers. Die Bodenstruktur verfiel durch zu tiefes Pflügen. Es kam zur Bodenmüdigkeit in Dauerkulturen sowie zu Ertragseinbußen durch Pflanzenkrankheiten und zum Befall mit landwirtschaftlichen Schadorganismen. Durch zu einseitige Stickstoffdüngung war die Widerstandskraft der Pflanzen geschwächt.

**DIESE RÜCKSCHLÄGE** und der Zwang, die Produktionskosten der Höfe zu senken, führten in der Landbaupraxis und in Teilen der Agrarwissenschaften zu einer Wiederentdeckung der organischen Düngemittel. Als Ausweg aus der Abhängigkeit von den Agrochemikalien diskutierten Landwirte und Agrarwissenschaften den vermehrten Einsatz von Kompost; andere suchten ihr Heil in einer radikalen Abwendung vom „Kunstdünger“, was schließlich in den verschiedenen Richtungen des kontrolliert biologischen Landbaus mündete. Welche dieser Richtungen auch im Einzelfall eingeschlagen wird, die Agrarproduktion muss sich heute der politischen Forderung nach nachhaltigem Wirtschaften stellen. Dazu gehört auch die Frage, ob nicht ein qualitatives „Null-Wachstum“ nachhaltiger sein könnte als ein beliebig werdendes Wirtschaftswachstum. Vor diesem Hintergrund wäre auch Liebig's Formel der nachhaltigen Landwirtschaft neu zu fassen im Sinne von: „ewige Ernten in ausreichender und flächenverträglicher Höhe“. ■■

---

#### **Justus von Liebig im Internet**

---

Liebig-Museum in Gießen  
[www.liebig-museum.de](http://www.liebig-museum.de)

---

#### **Liebig-Jahr 2003**

---

Veranstaltungen und Festlichkeiten zum  
200. Geburtstag Liebig's  
[www.liebig2003.de](http://www.liebig2003.de)

Grelles Chromgelb, tiefblaues Ultramarin, intensives Chromoxidgrün – Die moderne Chemie bescherte der Malerei im 19. Jahrhundert einen nie gekannten Farbenreichtum. Mit der Herstellung synthetisierter Farbpigmente und der Erfindung der Tube entwickelten die Impressionisten neue Maltechniken. **TEXT: Otto Krätz**

# Sonnenaufgang

Impressionistische Malerei



„Impression. Aufgehende Sonne“, betitelte Monet dieses Bild, das dem „Impressionismus“ seinen Namen gab. Die Kritiker seiner Zeit ließen kein gutes Haar an dem Gemälde.

Nicht jedem bereitet es Vergnügen, wenn ein guter Freund die eigene, etwas sorglose Wohnkultur schonungslos in die Öffentlichkeit zerrt. Emile Zola schilderte 1886 in seinem Roman *Das Werk* das Atelier eines jungen Malers namens *Claude* – einer synthetischen Figur, die er aus dreien seiner Malerfreunde, Claude Monet, Edouard Manet und Paul Cézanne, zusammengesetzt hatte: „Ein großer Fichtenholztisch ..., der über und über bedeckt war mit Haarpinseln, Farben, schmutzigen Tellern und einem Spirituskocher, auf dem eine mit Fadennudeln beschmierte Kasserolle stehen geblieben war. Stühle mit zerrissenem Strohgeflecht standen in einem heillosen Durcheinander inmitten

der wackeligen Staffeleien.“ Dieser Anblick bot sich in Zolas Roman einer jungen Dame, die nach der ersten gemeinsamen Nacht in Claudes Atelier erwacht. Doch: „Was sie vor allem entsetzte, das waren die an den Wänden hängenden Entwürfe ..., eine dichte Woge von Entwürfen, die bis zum Fußboden herabreichte, wo sie sich zu einer Lawine durcheinander hingeworfener bemalter Leinwand anhäufte. Niemals hatte sie eine so furchtbare Malerei gesehen, roh, krass, mit grellen Tönen, die verletzen wie ein Rollkutscherschlag ... Sie schlug die Augen nieder.“

Heute, über hundert Jahre später, scheint uns das Befremden, das die „grelle Töne“ der Impressionisten bei den Zeitgenossen hervor-

riefen, eher unverständlich, doch es bedurfte harter Kämpfe, um die neue Richtung durchzusetzen. Im April 1874 wagte eine Gruppe junger Maler – mit Degas, Monet, Manet, Renoir, Pissarro, Sisley, Berthe Morrirot, insgesamt rund dreißig –, die Gründung einer Société anonyme coopérative d'artistes-peintres, sculpteurs, graveurs etc., die in den Atelierräumen des Fotografen Nadar eine Ausstellung eröffnete. Diese wurde von der Presse „zerfetzt“. Eine kleine Landschaft Monets, die er „Impression. Aufgehende Sonne“ genannt hatte, missfiel dem Kritiker Louis Leroy dermaßen, dass er die ganze neue Richtung nach diesem einen Bild „Impressionismus“ nannte.

Die Ausstellung endete in einem finanziellen Desaster. Die Kosten für Miete, Dekoration, Plakat, Katalog und Versicherungen überstiegen die kärglichen Einnahmen aus dem bescheidenen Erlös der Eintrittskarten und der wenigen Verkäufe bei weitem. Die Coopérative löste sich umgehend auf. Die Gründungsmitglieder flohen aus Paris. Cézanne zog sich wieder in die Provence zurück, Sisley reiste nach England. Besonders schlecht erging es Camille Pissarro, der von Gläubigern gehetzt, seine kinderreiche Familie auch in Pontoise nicht zu ernähren vermochte.

**DIE NIEDERLAGE WAR VOLLKOMMEN** – so sahen es jedenfalls die Maler selbst. Doch Jean Renoir, der später berühmte Filmregisseur, überlieferte Erinnerungen seines Vaters Pierre-Auguste – wobei dieser die Folge der Ereignisse dramatisierend ein wenig zusammenzog: „Zum Glück gab es Monet ... Er weigerte sich, diese und andere Niederlagen ... zur Kenntnis zu nehmen“. Die Kritiker waren der Meinung, man könne auf dem Gemälde „Impression“ niemanden erkennen und warfen die interessante Frage auf: „Warum dann nicht gleich einen Negerkampf im Tunnel?“ Monet nahm die Herausforderung an. Er währte, man müsse die Kritiker eben mit noch mehr Nebel necken. Eines Tages rief er Auguste Renoir gegenüber aus: „Ich hab's – den Bahnhof Saint-Lazare! Bei der Abfahrt sind die Rauchwolken der Lokomotive so dicht, dass man kaum etwas erkennen kann. Zauberhaft ist das.“ Keinesfalls wollte er Dampf und Rauch aus der Erinnerung malen: „Man muss den Zug nach Rouen aufhalten. Eine halbe Stunde nach seiner fahrplanmäßigen Abfahrt ist das Licht besser.“ Renoir war fassungslos. Die vom Erfolg nicht gerade verwöhnte Schar junger „impressionistischer“ Maler nagte buchstäblich am Hungertuch. Renoir berichtete, dass er sich keine warme Mahlzeit mehr leisten konnte. Nur Monet wagte es noch anzugeben: Renoir: „Er zog seine schönsten Kleider an, zupfte die Spitzen seiner Manschetten zurecht und überreichte, nachlässig das Stöckchen mit dem Goldknopf schwingend, dem Direktor der Eisenbahnlinie West ... seine Visitenkarte.“ Monet erreichte, was er wollte: „Man hielt Züge an, sperrte Bahnsteige und stopfte die Lokomotiven mit Kohlen voll, damit sie so viel Dampf ausspieen, wie es Monet beliebte. Tyrannisch richtete er sich im Bahnhof ein, malte tagelang unter allgemeiner Andacht und zog schließlich mit einem halben Dutzend Bilder wieder von dannen.“ Ein Sammler kaufte einige „Gares Saint-Lazare“ und gewährte auch den anderen Impressionisten Vorschüsse. Renoir hielt dies später für den Durchbruch: „Dieser Beweis von Lebensfähigkeit, den die neue Schule damit erbrachte, kam allen zugute.“

**WIEDER REAGIERTE DIE KRITIK ABLEHNEND.** Le Figaro: „Monet hat ausschließlich nichts anderes versucht, als uns den unangenehmen Eindruck zu vermitteln, der entsteht, wenn mehrere Lokomotiven gleichzeitig pfeifen.“ Im Moniteur universel hieß es: „Der Künstler wollte denselben Eindruck vermitteln, den auch Reisende haben, wenn sie den Lärm der Lokomotiven bei der Ankunft und der Abfahrt hören.“ Beide Aussagen waren böse gemeint, beschrieben aber exakt die Ziele des Impressionismus.

Fasst man die Kritiken Zolas und der beiden Journalisten zusammen, so sind es im Wesentlichen zwei Dinge, die den Impressionismus kennzeichnen: Einmal die Schnelligkeit und Spontaneität im Festhalten einer „Impression“, und dann eine neue, die Zeitgenossen Monets irritierende, hellere, und bei dem damaligen Geschmack und Farbempfinden grellere Palette. Beide waren Folgen neuer wissenschaftlich-technischer Entwicklungen des 19. Jahrhunderts. Zu dessen Beginn rieb noch fast jeder Maler oder seine Gehilfen die Farbpigmente selbst in Öl an. Hundert Jahre später, Anfang des 20. Jahrhunderts, kam dies Pierre-Auguste Renoir schon reichlich anachronis-



Auguste Renoir 1915 beim Malen auf seinem Anwesen Villa de la Poste in Cagnes-sur-Mer.

**Impressionismus** ist eine zwischen 1860 und 1870 in der französischen Malerei entstandene Stilrichtung, die den zufälligen Ausschnitt aus der Wirklichkeit darstellt und bei der Farbe und Komposition vom subjektiven Reiz des optischen Eindrucks des Lichts bestimmt ist.

tisch vor: „Wenn ich meine Zeit damit vertäte, Farben zu reiben, so wäre das genau so töricht, als wollte ich mich beim Malen als Andrea del Sarto verkleiden ... Also begnüge ich mich mit Tubenfarben.“ Dieses „begnügen“ mündete in einen einzigartigen Lobgesang: „Eben diese Tubenfarben, die man so leicht befördern kann, erlauben uns, wirklich nach der Natur zu malen. Ohne die Tubenfarben gäbe es keinen Cézanne, keinen Monet, keinen Sisley oder Pissarro und auch nicht das, was die Zeitungsschreiber den Impressionismus nennen.“

**NICHT NUR DIE TUBEN WAREN NEU,** auch die Farben selbst hatten sich nahezu völlig gewandelt: „Dank der modernen Chemie sind diese Farben von einem Glanz und einem Reichtum, die den Alten unbekannt waren“, befand Renoir. Nur die Tatsache, dass die Händler Tubenfarben in unendlich vielen Nuancen liefern konnten, fand seine Kritik: „Renoir malte mit höchstens einem Dutzend Farben ... aus dieser Kargheit der Mittel entstanden schimmernde Seiden und leuchtendes Fleisch.“

Die Behauptung Renoirs, er und seine impressionistischen Zeitgenossen hätten mit zuvor unbekanntem, leuchtenden Öl-Farben gemalt – „Ich malte hell, weil man hell malen musste. Das war nicht das Ergebnis einer Theorie, sondern eine Notwendigkeit, die in der Luft lag“ – lässt sich eindrucksvoll beweisen. Im Winter 1990/91 veranstaltete die National Gallery in London die Ausstellung „Art in the Making. Impressionism“, auf der unter anderem der in ihrem Besitz befindliche „Gare Saint-Lazare“ von Monet (1877) zusammen mit dem zwei Jahre später entstandenen Gemälde „Die Seine bei Asnières“ von Renoir ausgestellt wurde. Alle Bilder dieser Ausstellung unterzog man zuvor einer eingehenden chemischen und physikalisch-chemischen Untersuchung, so dass wir bei so gut wie jedem Pinselstrich der beiden Meister vollständig über die eingesetzten Farben unterrichtet sind.

Betrachten wir zunächst das leuchtende Chromgelb und das tief grüne „Viridian“. Die Fundamente für die von Renoir so gerühmte „neue Chemie“ hatte der französische Chemi-



**Gare Saint-Lazare, 1877**  
Beim Malen des „Gare Saint-Lazare“ hatte Monet lediglich zehn Farben auf der Palette. Drei davon waren schon in früheren Zeiten verwendet worden: Bleiweiß ( $PbCO_3$ ), intensiv rotes „Vermillion“, d.h. Mennige ( $HgS$ ) und dann das von Monet nur in ganz wenigen zarten Pinselstrichen eingesetzte Elfenbeinschwarz – eine durch Brennen von Elfenbein gewonnene feine Tierkohle (C). Die sieben anderen Farben waren neu und synthetisch.

Ölfarben in Tuben ermöglichten es den Malern erstmals, auch längere Zeit im Freien zu malen – ohne dass die Farbe austrocknete.

ker A. L. de Lavoisier gelegt, eine schillernde Persönlichkeit, deren Leben dank einer einzigartigen Komposition von wirtschaftlichen, politischen und wissenschaftlichen Interessen ein schwer durchschaubares, aber faszinierendes, finanziell optimiertes Gesamtkunstwerk war. Seine Tätigkeiten als Steuerpächter – er hatte die berühmte Zollmauer um Paris aufführen lassen –, Bankier und Initiator undurchsichtiger Immobiliengeschäfte, irritierten seine Zeitgenossen. Bevor in der Revolution sein Kopf rollte, glückten ihm noch heute gültige Definitionen wichtiger chemischer Grundbegriffe. Seit Lavoisier ist ein „chemisches Element“ ein „nicht weiter zerlegbarer chemischer Körper“ im Gegensatz zu einer „chemischen Verbindung“. Damit begründete er einen neuen, bis heute anhaltenden Stil der chemischen Forschung, im Wesentlichen gekennzeichnet durch die ewige Jagd nach zuvor unbekanntem Elementen und neuen Verbindungen.

Doch wie ließen sich neue chemische Elemente überhaupt finden? Naturwissenschaftlich-theologische Diskussionen über die Schöpfung der Welt und die Realität der Sintflut ließen im 18. Jahrhundert die Geologie aufblühen. Auch begannen die Regierungen großer Reiche sich für ihre fernen Besitzungen zu interessieren. Unter anderem entsandte Katharina die Große mehrere



Expeditionen nach Sibirien. Viele Forscher aber kehrten aufgrund der schwierigen Bedingungen solcher Unternehmungen nicht zurück. So scheint es unbekannt zu sein, wann, wo und von wem das „Plomb rouge de Sibérie“ tatsächlich gefunden worden war, das der Deutsche J. G. Lehrmann 1862 erstmals beschrieb.

Eine Probe dieses „Roten Bleispats“ – wie die damalige deutsche Bezeichnung hieß – gelangte nach Paris. Der erst 34-jährige Chemiker L. N. Vauquelin entdeckte darin – es handelte sich um Bleichromat ( $\text{PbCrO}_4$ ) – ein neues Element, das er nach dessen zahlreichen farbigen Verbindungen **Chrom** nannte. Vauquelin, den Balzac in seinem Roman „César Birotteau“ als liebenswerten Sonderling verspottete, erlebte noch als Folge seiner berühmten Publikation von 1809 den Siegeszug der Chromverbindungen als Farbpigmente. Doch da er sich für Kunst nicht interessierte, hat er dies – typisch Chemiker! – nie reflektiert. Bald fand man in Frankreich eine Chrom-Lagerstätte und die Chromfarben blühten schnell auf. Den Anfang machte die Steingutindustrie von Limoges, die mit intensiv grünem Chromoxid ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) pflanzliche Dekorationen malen ließ. Schnell gelang es dem Chromoxidgrün, den vorher als grünes Pigment in der Malerei üblichen giftigen Grünspan und das 1814 gefundene Kupferacetarsenid ( $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$ ), das so genannte „Schweinfurter-“ oder „Emerald-Grün“, zu verdrängen. Zwar ist das Schweinfurter Grün das grünste Pigment schlechthin – sozusagen das grünste aller Grüns – das Geheimnis der Herstellung dieser extrem giftigen Verbindung lüftete 1822 Justus von Liebig; doch war es als Künstlerpigment wegen seiner Gefährlichkeit zur Zeit Monets nicht mehr recht gebräuchlich, wurde aber von diesem im „Gare Saint-Lazare“ der Royal Academy verwendet. 1838 glückte in Paris dem Farbenhersteller Pannetier die Darstellung des im Vergleich zum Chromoxidgrün „grüneren“ Chromoxidhydratgrüns ( $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), des so genannten „Chromoxidgrün feurig“, das auch „Viridian“ oder „Vert émeraude“ genannt wurde. Es entwickelte sich zum meist verwendeten Grün der Impressionisten und findet sich auf den

**Chrom** (Symbol: Cr) von griechisch „chroma“ = Farbe. Das Element wurde 1797 von Vauquelin aus Krokoit isoliert. Über ein Jahrhundert verwendete man das Metall nur zur Herstellung von Chromfarben und anderen Chemikalien, seit 1908 stellt man auch Ferrochrom, Chromlegierungen und Chromstahl her.



Renoir kam in seinem Gemälde „Bootsfahrer auf der Seine“ mit sieben Pigmenten aus. Im Gegensatz zu Monet verwendete er lediglich eine einzige blaue Farbe, das Kobaltblau. In seinem Bestreben besonders hell zu malen, setzte er neben Chromgelb zusätzlich noch das eigentliche „Zitronengelb“ ein, das Chromat des Cadmiums ( $\text{CdCrO}_3$ ). Auch das Element Cadmium war erst im 19. Jahrhundert, und zwar 1817 von dem Arzt und Chemiker F. Strohmeyer in Göttingen, gefunden worden.

Gemälden von Manet, Monet, Sisley und Cézanne.

Chromgelb oder Bleichromat kam in den 20er Jahren des 19. Jahrhunderts in den Handel. Vauquelin beschrieb dieses Pigment als „Zitronengelb“, das er bei der Fällung von Bleichromat im Sauren erhielt, wohingegen bei Fällung im Alkalischen durch wechselnden Gehalt an basischem Bleichromat ( $\text{PbCrO}_4 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ ) orange bis rote Töne gewonnen wurden, die ab den 40er Jahren als „Chromorange“ und „Chromrot“ in den Handel kamen – übrigens nicht nur für Künstler, sondern auch in beachtlichen Tonnen für Anstreicher. Chromgelb wurde auch zum Markenzeichen junger Maler, denen die Akademie verschlossen blieb. Dem entsprechend hieß es in einem Ulkkied auf den erfolgreichen Rompreisträger, den Maler und Bildhauer Jean Léon Gérôme, einen Exponenten glatter, gedeckter – eben „akademischer“ Malweise: „Nimm deinen Pinsel, Gérôme, verpass nicht den Zug nach Rom, vergiss nicht das Gelb, das Chrom.“

Monet hatte auf seiner Palette noch drei im 19. Jahrhundert neu synthetisierte blaue Pigmente. Bei der Verschmelzung von Kobaltoxid mit Tonerde (Aluminiumoxid) erhielt 1802 der französische Chemiker L. J. Thénard das neue, etwas violettstichige Kobaltblau, das man nach ihm „Thénards-Blau“ nannte – chemisch gesehen handelt es sich um Kobaltaluminat ( $\text{CoO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ).

1870 war ein weiteres grünstichiges Blaupigment „Caeruleum“ in den Handel gekommen, das der „English colour maker“ Rowney entdeckt hatte. Es handelte sich dabei um Kobaltstannat ( $\text{CoO} \cdot n\text{SnO}_2$ ). Als drittes Blaupigment malte Monet mit „Französischem“, das heißt synthetischem Ultramarin. Ultramarin ist der blaue Anteil des natürlichen Minerals Lapislazuli. Es kam den Malern im 19. Jahrhundert mit fantastischen Preisen von nicht unter 3.000 Francs pro Kilo außerordentlich teuer zu stehen. 1824 versprach die Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale demjenigen 6.000 Francs, dem es gelänge, Ultramarin zu synthetisieren und zu weniger als 300 Francs pro Kilogramm herzustellen. 1828 gewann der französische Ingenieur J. B. Guimet diese Ausschreibung mit



Claude Monet beim Malen  
in seinem Garten in  
Argenteuil, 1873

**OTTO KRÄTZ**, Honorarprofessor, Dr. rer. nat. Dipl. chem., war über drei Jahrzehnte Mitarbeiter des Deutschen Museums. Er ist Verfasser mehrerer Bücher und zahlreicher Artikel im Bereich „Geschichte der Chemie“.

seiner Synthese künstlichen Ultramarins in einer Schmelze unter Luftabschluss aus Kaolin, Soda, Holzkohle, Silikaten und Schwefel. Ultramarin schwankt je nach Rezeptur in der Zusammensetzung:  $\text{Na}_{8-10}\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_{2-4}$  und im Farbton, der von einem hellen Violettrosa bis zu einem bläulichem Schwarz reichen kann. Vierfach negativ geladene Schwefelionen  $\text{S}^{4-}$  – verursachen – wie wir heute wissen – die tief blaue Farbe.

In Spuren malte Monet auch mit einem durchscheinend roten Farblack, der unter anderem eine neue synthetische organisch-chemische Farbe enthielt, wahrscheinlich das von William Perkin 1856 bei dem vergeblichen Versuch einer Chininsynthese zufällig gefundene Mauvein, eine damalige Modefarbe der Textilindustrie.

**RENOIR HATTE ALSO RECHT.** Die Tube, gefüllt mit neuen Farben, revolutionierte die Ölmalerei. Aber nicht nur dies. Es entwickelten sich auch neue, gewissermaßen tuben-spezifische Maltechniken. Th. Sello und R. Müller beschrieben eine typische Vorgehensweise Wilhelm Leibels 1897 bei seinem Gemälde „Malresl“: „Ohne zu warten, bis eine Malschicht getrocknet ist, wird mit einer anderen Farbe hineingemalt. Dieses Vorgehen war durch den industriellen Fortschritt leicht geworden. Denn die Farbe wurde als konzentrierte Ölpaste in Tuben in Massen produziert ... ein Druck auf die Tube mit der Fingerspitze genügte.“

Die reichlich zur Verfügung stehenden und vergleichsweise preiswerten Tubenfarben verführten schon früh zu einem dick pastosen Farbauftrag und gestatteten den Malern, den Pinsel durch die Spachtel zu ersetzen. Mittlerweile verzichteten einige Maler überhaupt auf Malgeräte und arbeiten direkt aus der Tube. So gestaltete Karl Appel 1961 sein Gemälde „Les Amoureux“ mit ungemischten Tubenfarben und nutzte dabei die Tubenöffnung als wichtigstes Malgerät. Die Ölfarben, in ausladenden Bewegungen aus der Tube gedrückt, wurden rein und unvermischt aufgetragen. Dabei schnitten die Kanten des Gewindes der Tubenöffnung Furchen in die Farbschicht. Wols (d.i. Wolfgang Schulze) nutzte 1947 in seinem Werk „Komposition“ den Tubenhals als „Farbenpflug“.

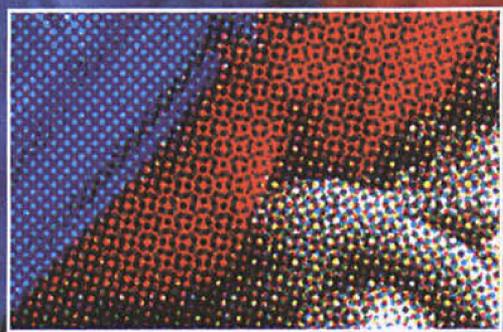
Als Chemiker muss man allerdings am Ende dieser Betrachtungen betrübt feststellen, dass bei aller Dankbarkeit die Chemie letztlich Renoir doch nicht voll zu missionieren vermochte. Gewisse Vorbehalte überwand er nie: „Man behauptet, ein Baum sei eine chemische Zusammensetzung. Ich möchte lieber glauben, dass Gott ihn erschuf und eine Nymphe darin wohnt.“ Besonders drollig zeigt sich dies in einer Betrachtung Renoirs, die sein Sohn Jean überlieferte: „Es machte ihn richtig traurig, dass er das grüne Wasser, das gegen die Felsen von Antibes schlägt, als eine Mischung von Sauerstoff, Wasserstoff und Natriumchlorid ansehen sollte. „Sie wollen Venus oder gar Neptun abschaffen. Umsonst. Bis in alle Ewigkeit ist sie da! Wie Botticelli sie gemalt hat.“ ■■

## DER GROßE DURCHBRUCH

gelang 1840 dem amerikanischen Erfinder und Porträtisten John Goffe Rand (1801-1873) aus Bedford, New Hampshire. Ausgebildet als Möbeltischler betätigte er sich auch als Anstreicher und Maler von Firmenschildern. Erfolgreiche Ausstellungen, so im Athenäum in Boston 1828 und 1829 festigten Rands Ruhm als Maler, gleichzeitig konstruierte er ein neues Sonnenmikroskop. Was ihn 1841 bewog, sein berühmtes britisches Patent No. 8863 „Improvements in Preserving Paints and other Fluids“ eintragen zu lassen, ist unbekannt. Im September 1842 erwarb Rand ein zweites Patent, in dem er sich eine Presse zum Füllen der Tuben mit Farbpasten schützen ließ. Schon damals stürzten sich Horden von hyänengleichen Konkurrenten auf eine wirklich innovative Erfindung, um mit Hilfe kreativer Juristen den Erfinder um sein geistiges Eigentum zu prellen und Patente zu unterlaufen. Rand tat sich jedoch mit seinen Konkurrenten zusammen. Die Tube brachte schließlich allen Wohlstand. Ihre großen Vorteile – vollständiges Frischhalten der Malpasten über einen sehr langen Zeitraum, Schutz vor Geruchsbelästigung, ihre Reinlichkeit, leichte Bedienbarkeit, das geringe Gewicht und die Möglichkeit der Herstellung in unterschiedlichen Größen sowie die leichte Transportierbarkeit in Malkästen – überzeugten schließlich fast alle.

# Die Alleskönner

Farben zum Drucken



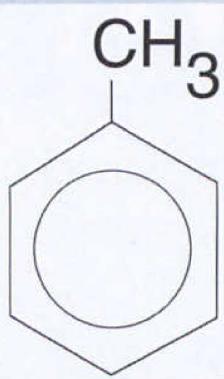
Nur vier Farben benötigt der Drucker, um das prachtvolle Federkleid dieses Ara abzubilden. Das Bild setzt sich aus tausenden winzigen Farbpunkten zusammen.

**Sie müssen gut haften, schnell trocknen, dürfen nicht verlaufen oder schmieren – die Anforderungen an Druckfarben sind immens.**

TEXT: **Peter Hergersberg**

**M**anchmal muss Farbe mehr können als bunt sein – auf Torfsäcken, wie sie vor jedem Baumarkt liegen, zum Beispiel. Damit die bei Regen nicht vom Stapel fallen, soll der Aufdruck die Säcke rutschfest machen. Ein bisschen Pulver in der Druckfarbe der Torftüten kann da schon helfen. Denn die feinen Körner rauhen die Oberfläche auf und verhindern so den Sturz vom Stapel. „Wie wir Druckfarben mischen, hängt ganz von der Anwendung ab“, sagt Quang Minh Thai. Er leitet das Labor für flüssige Druckfarben im Euro Lab von Sun Chemical in Karlstein am Main.

Nicht nur Zeitungen, Magazine und Werbebroschüren werden erst durch den Druck zu dem, was sie sind. Jede Packung Tempo-Taschentücher, jeder Joghurtbecher und jede Keksdose erhält ihr markentypisches Design erst durch farbige Logos und Schriftzüge von der Druckwalze. „Markenartikel müssen im Regal Präsenz zeigen“, sagt Kai Oppenländer, Sprecher des Druckfarbenherstellers Flint-



**Toluol** (Methylbenzol) ist eine angenehm riechende, klare, farblose Flüssigkeit. Das Einatmen der Dämpfe kann zu gesundheitlichen Schäden

führen. Toluol wird durch fraktionierte Destillation aus Steinkohle oder Erdöl gewonnen.



**Tierischer Partnerlook:** Das Muster des Hundefells wurde eingescannt und dann mit einem Tintenstrahldrucker auf den Stoff appliziert. Möglich machen das die neuesten Farbmischungen des Chemieriesen BASF.

**PETER HERGERSBERG** hat in Köln Chemie studiert und anschließend die Deutsche Journalistenschule in München besucht. Als Wissenschaftsautor schreibt er unter anderem für die *Süddeutsche Zeitung* und die *ZEIT*.

Schmidt aus Frankfurt. Daher wachse auch der Markt für Druckfarben. Im Jahr 2001 verbrauchte die deutsche Industrie 255.000 Tonnen, macht rund drei Kilo pro Einwohner, die Farbe für den heimischen Tintenstrahldrucker gar nicht mitgerechnet. Die Rezepte für Druckfarben sind eine diffizile Angelegenheit. Denn Druckfarbe muss gut haften, schnell trocknen und flüssig genug sein, um sich rasch auf den Druckwalzen zu verteilen. Trotzdem darf sie nicht schmieren, nicht verlaufen oder in den rotierenden Walzen der Maschinen zu einem Farbnebel zerstäuben. Zudem soll eine Farbe auf Papier oder Folie „ruhig liegen“, wie Druckfarbenforscher Thai es im Jargon der Drucker ausdrückt. Was damit gemeint ist, kann er allerdings nur vage beschreiben: Die Farbe müsse harmonisch liegen und dürfe keine Unruhe ausstrahlen.

**DIE LISTE DER ANFORDERUNGEN** ist damit noch nicht komplett. Denn jedes Druckverfahren stellt seine eigenen Bedingungen an die Farbe. Das beginnt bei der Frage, ob Stoff, Plastik, Blech oder Papier – und wenn Papier, dann welches – bedruckt werden soll. Einige Druckverfahren brauchen dünnflüssigere Farben als andere, manche können mit Wasser als Lösungsmittel arbeiten, andere nur mit Toluol. Und fast jedes Druckverfahren braucht ein eigenes Bindemittel.

Nur eines bleibt in allen Farben etwa gleich – das Pigment, das die Farbe macht. Als Pigment bezeichnen Chemiker Farbstoff-Partikel, die sich auf das Material legen, das sie färben sollen. Mit vier Farben kommt ein gewöhnlicher Druck dabei aus: Magenta, Cyan, Gelb und Schwarz färben Hochglanzmagazine, Verpackungen und Textilien. Aus ihnen mischen Drucker die ganze Farbpalette. In Magenta leuchtet das T der Telekom oder der Telefonhörer eines ihrer öffentlichen Fernsprecher. Mit Gelb versetzt, ergibt es ein kräftiges Rot, mit Cyan, einem zarten Blau, mischt es sich zu einem kräftigen Blau.

Unabhängig von der Farbe bestehen die Pigmente aus organischen Farben. Nur die schwarzen Farbteilchen machen da eine Ausnahme, weil ihnen meist Ruß die dunkle Erscheinung gibt. Gelb erhält seine Farbe dagegen durch Diarylgelb, eine aromatische Verbindung. Magenta erzeugen die Druckfarbenhersteller mit dem so genannten Litholrubin. Litholrubin zählt zu den Azofarbstoffen, die in vielen Farben leuchten und denen zwei Stickstoffatome in ihrem Zentrum Namen und Farbe geben. Cyan schließlich verdankt seine Farbe einem Stoff namens Phthalocyaninblau.

**MIT DENSELBen FARBEN**, aber ganz anderen Farbstoffen arbeiten dagegen Tintenstrahldrucker. Denn in ihrer Tinte schwimmen keine unlöslichen Pigmente, sondern in Wasser gelöste Moleküle. Die ziehen mit dem Wasser schlicht in das Papier ein und bleiben dort haften, wenn das Wasser sich aus der Tinte verflüchtigt. „Der Tintenstrahldruck wird in Zukunft vor allem im Textildruck immer wichtiger werden.“ Mike Freche von BASF entwickelt und produziert mit seinem Team die Tinten für Tintenstrahldrucker. Vor allem sei er nicht so arbeitsintensiv, so dass sich mit dem Einsatz von Tintenstrahldruckern auch Personal sparen ließe, so Freche.

**AUCH DIE MIXTUREN DER FARBEN** sind für die Tintenpatrone sehr viel einfacher als für die Druckplatte. Tinten bestehen hauptsächlich aus Wasser und Farbstoff. Damit dagegen aus den wasserunlöslichen Pigmenten Druckfarben werden, rühren die Hersteller sie mit Binde- und Lösemitteln an. Die Bindemittel kleben oder binden die Pigmente dort fest, wo der Druck sie platziert hat. Die Lösemittel sorgen dafür, dass die Farbe flüssig bleibt, solange sie diesen Platz nicht erreicht hat. Und mit diesen beiden Zutaten ist die Rezeptur oft noch nicht fertig. Für den Offsetdruck etwa, in dem auch dieses Magazin entstanden ist und der gut 40 Prozent am gesamten Druck ausmacht, müssen die Hersteller die Farbe mit Wasser mischen. „Für die Qualität des Drucks ist das richtige Verhältnis von Wasser und Farbe sehr wichtig“, erklärt Artur Rosenberg von der Forschungsgesellschaft Druck in München. Denn auf der Platte trennt sich die Mischung, die Fachleute Emulsion nennen: Auf den druckenden Stellen bleibt die Farbe haften, den Rest der Platte benetzt Wasser. Keiner weiß genau, wie sich die beiden Bestandteile so schnell trennen können. Fest steht nur, dass der Vorgang nach dem Prinzip funktioniert, wonach sich ähnliche Substanzen anziehen. Denn die druckenden Teile der Platte bestehen – wie die Farbe – aus unpolaren



Während des Druckvorgangs überprüft der Drucker anhand einer mitlaufenden Farbleiste die Farbqualität.



**Endbegutachtung:** Mit kritischem Blick wird das Druckbild kontrolliert.

Substanzen. Die nicht druckenden Teile, sind – wie Wasser – polar. „Enthält die Druckfarbe zu viel Wasser, pelzt sie“, sagt Rosenberg und meint damit, dass sie sich nicht ordentlich auf die Druckplatte übertragen lässt. Mit zu wenig Feuchtigkeit dagegen schmiert die Farbe, weil sie sich auch auf den Stellen breit macht, die nicht drucken sollen.

**MIT DER QUALITÄT DER DRUCKE** steigen die Anforderungen an die Farben: Feinere Raster kann die Druckmaschine nur mit weniger Farbe drucken. Damit die aber genauso bunt ist, muss sie mehr Pigmente enthalten. Und daran wiederum muss sich auch der Rest der Mischung orientieren. Denn: mehr Pigmente machen eine Farbe dickflüssig und lassen sie leichter trocknen. „Das versuchen wir durch Trocknungsverzögerer auszugleichen“, erklärt der Spezialist vom Euro Lab. Darum enthält das Lösemittel mehr Ethylacetat als Ethanol und andere Alkohole, die nicht so leicht verdampfen wie Ethanol.

Genau genommen versuchen Farbhersteller die „eierlegende Wollmilchsau“ zu entwickeln: So soll die Farbe zwar dünner und feiner auf den Bedruckstoff fließen – zugleich aber genauso brillant leuchten, weniger Flüssigkeit enthalten, rasch trocknen. Immer schneller lassen Druckmaschinenhersteller Papier, Kunststoff oder Stoff durch die Maschinen flitzen. Die Druckfarbenforscher können dann wieder auf ein bisschen Trocknungsverzögerer verzichten. Quang Minh Thai begegnet derlei Herausforderungen mit routinierter Gelassenheit: „Wir arbeiten daran, zwischen diesen Extremen die Balance zu finden.“ ■■■

## BOGENOFFSET

Im Bogenoffset hat die Farbe wenig Zeit zu trocknen, weil die Blätter in einem Stapel landen und das nächste Blatt, das sich von der Druckplatte auf den Stapel schiebt, die Farbe nicht verschmieren darf. Daher ist sie sehr dickflüssig. Ein Teil der Mineralöle, die sie enthält, zieht sofort nach dem Druck ins Papier ein. „Deshalb kann man mit dem Offset nur saugfähiges Papier bedrucken“, erklärt Erich Frank, der bei der BASF Drucksysteme die Forschung an neuen Druckfarben leitet. Sind diese Öle erst einmal weg, reicht das für den Schutz im Stapel. Dann kleben Baumharze die Farbe ans Papier – allerdings nur provisorisch. Erst in Verbindung mit Luftsauerstoff härtet die Farbe soweit, dass sie auch einem Strich mit dem Finger widersteht. Ein weiterer Bestandteil der Druckfarbe ist das Leinöl, das wie der Name nahe legt, aus Leinsamen stammt. Zwischen den einzelnen Molekülen dieses Öls löst der Sauerstoff eine chemische Reaktion aus und vernetzt sie. Die Pigmente liegen dann geschützt unter diesem Netz.

Beim Rollenoffset kann die Farbe noch auf der Papierbahn trocknen. Sie enthält daher vor allem Mineralöle als Lösemittel, die relativ leicht verdampfen. Um sie vollständig aus der Farbe zu vertreiben, muss Wärme nachhelfen. Viele Druckmaschinen erhitzen das bedruckte Papier auf rund 200 Grad. Für Tageszeitungen sparen sich die Druckereien aber den Aufwand. Das Öl, das nicht im Papier versickert, bleibt in der Farbe. Wer eifrig in einer Zeitung blättert, merkt es an seinen schwarzen Fingern.

## TIEFDRUCK

Toluol löst die Pigmente und das Bindemittel in der Farbe für den Tiefdruck, mit dem vor allem Journale mit hoher Auflage entstehen – *Spiegel*, *Stern* und *GEO* etwa. „Mit dem Tiefdruck erreichen Druckereien immer noch die höchste Qualität“, ist Quang Minh Thai überzeugt. Vor allem seine Auflösung ist unerreicht. Der Preis dafür sind die Kosten. Denn für jeden Tiefdruck muss die Druckerei eine Walze gravieren. Das Muster von Bildern und Buchstaben zeichnen dabei winzige Näpfchen nach, die die Farbe aufnehmen und auf das Papier übertragen. Um gut aus den Vertiefungen zu laufen, muss die Farbe dünnflüssig sein. Toluol ist aus technischer Sicht die erste Wahl für das Lösungsmittel, aus ökologischer nicht. Daher recyceln Druckmaschinen den krebserregenden aromatischen Stoff zu mehr als 95 Prozent. Und wo der Druck keine Hochglanz-Qualität zeigen muss, ersetzen Chemiker das Toluol durch Ethanol – den Alkohol, der bei der Gärung entsteht – und Ethylacetat, das sich aus Essigsäure gewinnen lässt. Zum Beispiel, wenn es darum geht, Verpackungen zu bedrucken.

## FLEXODRUCK

Der Tiefdruck kommt nur bei sehr großen Mengen zum Einsatz. Kleinere Mengen Karton oder Folie laufen über Flexodruckmaschinen: Der Flexodruck gehört zu den „Hochdruckverfahren“. Die dünnflüssige Druckfarbe wird über eine „Rasterwalze“ auf den Druckformzylinder aufgebracht. Die Druckfarbe für den Flexodruck enthält Ethanol und Ethylacetat als Lösungsmittel. Die Pigmente werden mit Hilfe von Nitro-Cellulose an die Oberfläche gebunden. Nach Einschätzung des Farbenforschers Thais wird der Flexodruck immer wichtiger. Nicht zuletzt, weil sich seine Qualität inzwischen der des Tiefdrucks annähert und er allemal billiger ist als dieser.

## TROCKENOFFSET

Ganz ohne Wasser kommt das Trockenoffset-Verfahren aus. Die Teile der Druckplatte, die nicht drucken sollen, weisen die Farbe ab. Damit das funktioniert, setzt sich die Farbe allerdings ganz anders zusammen als jene für den herkömmlichen Offset. Wie genau, darüber schweigen die Hersteller. Allerdings sind die Druckplatten für diese Methode nicht so haltbar wie die herkömmlichen. Deshalb eignet sich das Verfahren noch nicht so gut zum Druck hoher Auflagen.



# Salz auf der Haut

Über die Entwicklung von Schutzanstrichen für Schiffe

Kaum ein anderer Indikator ist besser geeignet, eine jahrhundertlange Konfrontation des Menschen und der Technik mit der Natur zu verfolgen als die Haut der Schiffe. Auf den ersten Blick nur ein oberflächliches Detail, bildete sie eine zunächst passiv, dann aggressiv gestaltete Abgrenzung zur natürlichen Umgebung.

TEXT: **Jobst Broelmann**

Das Meer hielt neben allen existenziellen Bedrohungen für Seefahrer auch einen reichen Mikrokosmos kleinerer Plagegeister bereit, die sich lebensfähiger als jeder Aberglaube behaupteten. Seepocken und pflanzliche Organismen hemmten als dichter Bewuchs die Fahrt und die Transportleistung der Schiffe. Penetrante Muscheln – die Stechmücken der See – zerfraßen die „hölzernen Mauern“ der Seemächte. Die im Wasser treibenden Larven des teredo navalis, der Schiffsbohrmuschel, bohren heute noch winzige Löcher in die Oberfläche der hölzernen Wasserbauwerke, die die ausgewachsenen Muscheln mit ihrer Schale als größeren Tunnel in die Bausubstanz hineintreiben. Wenn der Schaden schließlich entdeckt wird, können die beschädigten Strukturen nur noch aufgegeben werden.

Erste Reaktion in der Geschichte der Seefahrt war der respektvolle Rückzug, der für die Griechen darin bestand, ihre Galeeren in Ruhepausen an den Strand zu ziehen, um sie vor diesen Angriffen des Meeres zu schützen. Ein anderes, zu späteren Mitteln vergleichsweise sanftes, war, die Schiffe bei passenden Gelegenheiten flussauf bis in das Süßwasser zu führen, wo Bewuchs und Bohrmoscheln absterben. Diese Eigenschaft ist ein Grund dafür, dass sich Wracks wie das der Wasa im Ostseewasser wesentlich besser erhielten als in anderen Orten der Weltmeere. Auf längeren Reisen in tropische Gebiete war es aber unumgänglich, dass Schiffe in einer ruhigen Bucht gekielholt, das heißt zur Seite geneigt und am Boden gereinigt wurden.

Gegen Bohrmoscheln und Bewuchs wurden eine Reihe von Abwehrmitteln bekannt, die auf einer empirischen Basis entstanden. Passive Mittel waren ein Auftrag von Talg und Fetten, die vermutlich einen Abrieb und ein Ablösen des Bewuchses hervorrufen sollten. Ein Schutzmittel, das schon von den Römern angewandt wurde, war der Beschlag des Schiffsrumpfes mit Bleiplatten.

Eine chemische Beeinflussung ist durch den Anstrich mit Teer oder Teeröl, Kreosot, zu erkennen, ein Mittel, das aus der Verkokung von Holz entsteht und das heute als krebserregend gilt. Ein vermutlich ähnlicher Effekt wurde erzielt durch Verkohlen der äußeren



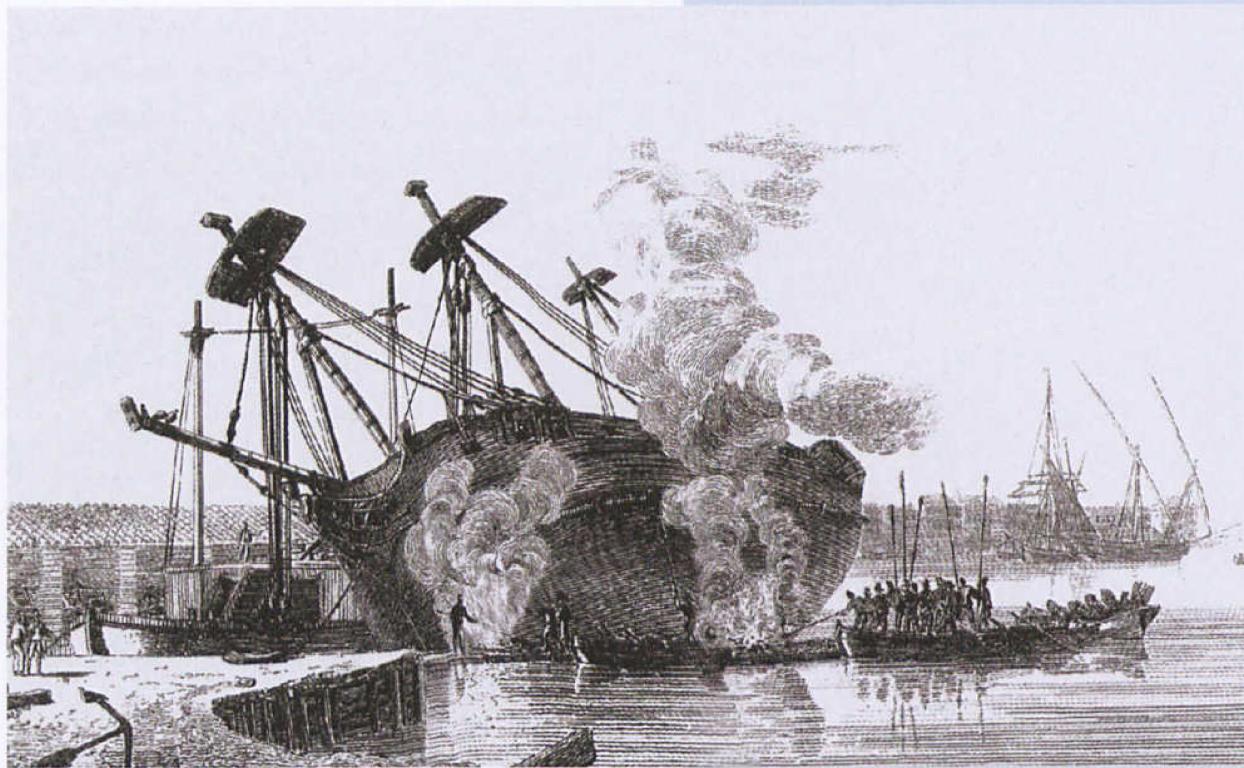
Querschnitt durch eine von der Schiffsbohrmuschel angegriffene Holzplanke. Bemerkenswert ist der scheinbar intakte Bereich direkt unter der Außenhaut. (im Bild auf der rechten Seite)

Schicht der Außenhaut, was auch während einer längeren Reise erfolgen konnte. Ein anderes Haus- und Bordmittel schließlich, das uns das fragwürdige Idyll einer „guten alten Zeit“ vor Augen führt, bestand aus Arsenik. Für eine „Wurmkur“ für sein Schiff benötigte ein Schiffer um 1850 bis zu 10 Kilogramm Arsenik, das er sich im Heimathafen in der örtlichen Apotheke besorgte.

## FRESSEN UND GEFRESSEN WERDEN

Auch die Seemacht Großbritannien musste feststellen, dass sich die kleine Bohrmoschel nicht der großen Hierarchie unterordnete – "His majesty's ships ... being remarkably eaten by the worm". Das Problem verlagerte sich allerdings auf ein anderes Niveau, als man versuchte, dagegen wieder mit Blei- oder seit etwa 1760 auch mit Kupferplatten vorzugehen, die an die Schiffsrümpfe genagelt wurden. Nun war festzustellen, dass zwar die Planken darunter unberührt blieben, dafür aber die eisernen Nägel und Beschläge zerfressen wurden. Ein Phänomen, für das zunächst keine schlüssige Erklärung gefunden wurde und in der zeitgenössischen Wissenschaft einige Wellen schlagen sollte. Wieder einmal, wie schon in der Navigation zuvor, war die britische Admiralty Auslöser für ein Forschungsprogramm, für das um 1820 Sir Humphrey Davy, der Chemiker der Royal Society, angesprochen wurde. Die Marine war daran interessiert, herauszufinden, warum und unter welchen Bedingungen sich das Eisen auflöste, und warum auch teilweise an Kupferplatten Korrosion feststellbar war.

Davy hatte bereits 1806 die Versuche Alessandro Voltas mit der Untersuchung der chemischen Wirkung von elektrischem Strom fortgesetzt und vermutet, dass chemische Substanzen und elektrische Ladungen in ihrer Wirkung äquivalent seien und daher chemische Reaktionen durch Elektrizität beeinflusst werden könnten. Er begann mit Versuchen an Kupfer, Eisen und Zink in verschiedenen Salzlösungen, wie es ja auch Seewasser eine war. Nach der Auflistung in seiner „Spannungsreihe“ der Metalle, die ihre Wertigkeit vom unedlen Zink bis zum edlen Gold abstufte, empfahl Davy den Schutz des Eisens wie auch Kupfers durch die absichtliche Auflösung, die



Opferung von Zink, das als Anode unter Wasser am Schiffsrumpf angebracht war. Eine der ersten Anwendungen der Elektrizität in einer Technologie, die bereits einen beträchtlichen Ausmaß erlangt hatte, denn ein großes Kriegsschiff benötigte etwa 4000 Kupferbleche mit einer Masse von 17 Tonnen.

Auch wenn die anschließenden Großversuche zur Erprobung der Thesen Davys zeitraubend und umstritten verliefen, zeigen sie doch das Bestreben, in den komplexen Bedingungen von Korrosion und Bewuchs, die von großer wirtschaftlicher und politischer Bedeutung waren, mit Hilfe der Anwendung wissenschaftlicher Grundregeln beherrschbare Effekte zu erzielen, und die Überzeugung in eine mögliche Natur- und Technikbeherrschung. Die „Spannungsreihe“ lieferte jedenfalls ein überschaubares Muster einer Hierarchie unter materiellen, anorganischen Stoffen.

Diesen Erfolg der Chemie hob jedoch bald Fortschritt an anderer Stelle wieder auf, als die ersten eisernen Schiffsrümpfe in Fahrt kamen. Diese trotzten zwar nun der Bohrmuschel, dafür trat das Problem des Bewuchses wieder in den Vordergrund. Da man schon aus den nun bekannten Gründen eiserne Rümpfe nicht mit Kupfer garnieren konnte, drohte bei Fernreisen in warmen Gewässern das große Eisenschiff, das nun nicht mehr einfach gekielholt werden konnte, in seinem eigenen Bewuchs stecken zu bleiben. So mochte es zunächst willkommen sein, dass sich ein Kompromiss anbot, nämlich nur das Spantengerippe der Schiffe aus Eisen zu

Das „Kielholen“ bedeutete eine aufwendige Prozedur des Reinigens und Ausbesserns der Außenhaut eines Segelschiffes, für die zuvor alle beweglichen Teile entfernt werden mußten.

bauen und die Beplankung wie bisher in Holz zu fertigen, das dann wieder in gewohnter Weise gekupfert werden konnte.

Über Jahrzehnte blieb dies allerdings ein unbefriedigender Zustand. Untersuchungen über den Erfolg der Kupferung ergaben schließlich, dass der Effekt, den Bewuchs zu vermindern, auf der allmählichen Ablösung der äußeren Oxidschicht beruhte. Daraus wurde dann eine Alternative zur Kupferbeplattung entwickelt, eine „Antibewuchsfarbe“ oder antifouling, mit darin suspendierten Kupferoxiden, die den ersten Ansatz einer bioaktiven Schleimschicht verhinderten, die den Boden für einen stärkeren Bewuchs vorbereiten konnten.

Diese Anstriche, die sich leicht abrieb und auf diese Weise „sauber“ blieben, wurden allmählich abgearbeitet. War der Anstrich und seine toxische Suspension auf diese Weise verbraucht, musste das Schiff in das Trockendock, um einen neuen derartigen Anstrich zu erhalten. Da Dockzeiten teure Ausfallzeiten sind, war das Bestreben verständlich, die Fahrtzeiten zu verlängern und zu nachhaltigeren Mitteln zu greifen.

**IN DEN FRÜHEN 1950ER JAHREN** wurden Zinnorganischen Verbindungen biologisch aktive und toxische Eigenschaften nachgewiesen, was sie als Bestandteil für Antibewuchsanstriche empfahl. Andere Beimischungen dieser Zeit waren Arsenverbindungen und DDT, das auch in der Landwirtschaft mit großzügigem Optimismus versprüht oder in Lacke gemischt wurde, die schon eine Stallwand in eine „Todesfalle für Fliegen“ verwandeln sollten. Die Zinnorganische Verbindung, Tributylzinn oder kurz TBT, wurde deswegen als wirksames Mittel erkannt, da sie hohe mikrobiologische Aktivitäten bei Mollusken entwickelten, aber eine vergleichsweise niedrige toxische Wirkung für andere Lebewesen wie Säuger besitzen sollten. Dieser Versuch einer Selektion in „Zielorganismen und Nichtzielorganismen“ schlug allerdings schon deswegen fehl, da zu ersteren Gruppe auch Austern gehörten, wie man in Frankreich bemerken musste. Schon geringe Spuren von TBT, das über Anstriche ins Meer gelangte, konnte ihre Aufzucht beeinträchtigen. Dem

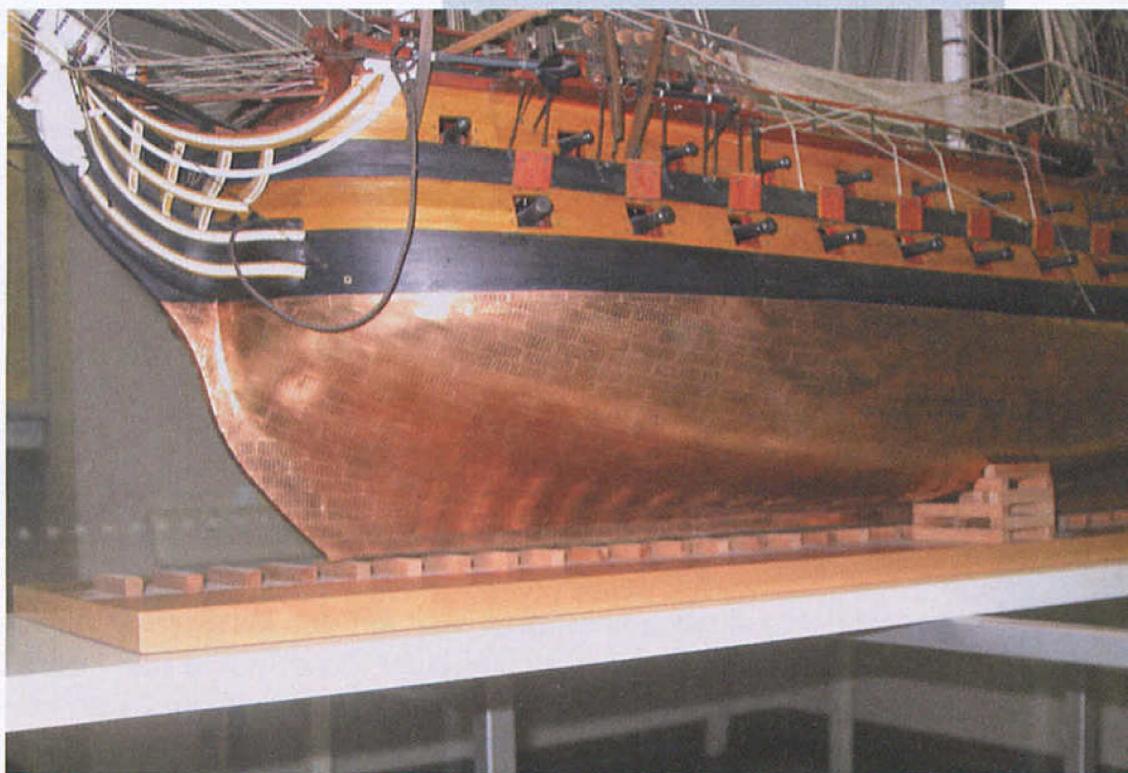
anhaltenden Bestreben nach längeren Fahrtzeiten folgend, wurden seit Mitte der 1970er Jahre selbstpolierende Anstriche eingesetzt, in denen das TBT Biozid eingelagert war und beim allmählichen Abtragen des Anstrichs nach und nach im Meerwasser verteilt wurde. Die Isolierung einer Problemstellung war also wesentlich schwieriger als zu Zeiten eines Davy, der jeglichen organischen Aspekt außer Acht gelassen hatte. Dass die Probleme komplexer geworden sind, wird auch an einem anderen Aspekt deutlich, der nicht unerwähnt bleiben soll. Eine andere Auswirkung der globalen Schiff-Fahrt ist, dass große Mengen von Ballastwasser mit allen Kleinlebewesen als blinde Passagiere in ein fremdes Habitat verschleppt werden, was Häfen wie Bremerhaven oder New York neuerdings den unliebsamen teredo navalis beschert hat.

Neu in der nun bereits jahrhundertlangen Anwendung von giftigen Antibewuchsmitteln war nun, dass Umweltorganisationen versuchten, die Öffentlichkeit auf die Gefährdungen des weiten und scheinbar unergründlichen Meeres und seiner Fauna aufmerksam zu machen, wie es seit 1962 für den Einsatz von Pestiziden an Land geschah. Die Reaktion beweist, dass diese Appelle nicht unbegründet waren und ungehört verhallten, und in der Folge wiederholte sich beim TBT die Geschichte des DDT.

**JAPAN, AM ENDE DER NAHRUNGSKETTE DES MEERES**, verbot TBT bereits 1990. Dass es in anderen Ländern für Schiffe unter 25 Meter Länge untersagt wurde, also für Boote und Yachten, die meist in Hafennähe oder in austauscharmen Gewässern liegen, beweist, dass man wenigstens den Bereich vor der eigenen Haustüre kehren möchte. Auch Kreuzfahrtlinien verzichteten aus Imagegründen auf TBT-Anstriche. Widerstand leisten vor allem die internationalen Reeder, so dass die Gefahr der Flucht von „dirty industries“ vor Auflagen und die Probleme der Entsorgung in Dritte-Welt-Länder bestehen bleiben. Für die Hochseeschiff-Fahrt und schnelle Containerschiffe im Globalverkehr sollte TBT weiter eingesetzt werden. Schließlich bremse der Rumpfbewuchs ohne TBT-Anstrich erheblich die Fahrgeschwindigkeit – nun die makabre Gegenrechnung –, was automatisch zu einem höheren Treibstoffverbrauch und zu höherem Ausstoß des „Klimakillers“ Kohlendioxid führe.

Da die vom Wasser benetzte Außenhautfläche eines Containerschiffs etwa drei Fußballfelder bedeckt, ist leicht vorstellbar, welcher Energieaufwand nötig ist, um eine solche Fläche mit einer Geschwindigkeit von etwa 50 km/h durch das Wasser zu bewegen. Ein Schiff, das weniger als sechs Monate ungeschützt ist, kann so viel Bewuchs ansetzen, dass sich der Treibstoffverbrauch um bis zu 50 Prozent erhöht. Problematisch ist die Verwendung von TBT auch im Hinblick auf den Arbeits- und Gesundheitsschutz auf Werften. Aufgrund der extremen Giftigkeit dieser Farben weigern sich reguläre Stammbesitzer seit längerem strikt, TBT-haltige Unterwasseranstriche zu verarbeiten.

**DIE INTERNATIONALE MEERESORGANISATION DER VEREINTEN NATIONEN (IMO)** beschloss nun ein weltweites Verbot einer TBT-Neuverwendung ab 2003. Ab 2008 sollen alle Schiffe mit alternativen Anti-Fouling versehen werden. Hier ist der Erfindungsgeist von Nano-, Biotechnologen und Chemikern gefragt. Sie sollen selbstpolierende Farben und silikonhaltige oder teflonartige Beschichtungen entwickeln. Auch selbst reinigende Flächen könnten eine vielversprechende Alternative sein. Das Problem liegt allerdings noch darin, die notwendigen Mikrostrukturen herzustellen und sie dann mit höchster Genauigkeit auf große Flächen zu übertragen. Lassen wir zuletzt einmal die Kinder, die in diese Welt hineinwachsen, zu Worte kommen. Was sanfte Rundungen in oftmals wässriger Umgebung schütze, so meinten Jungforscher, könne auch für Schiffsbäume nicht schlecht sein, und empfahlen daher die bewährte Penatencreme. ■■



Dieses Modell eines französischen Kriegsschiffes in der Sammlung des Deutschen Museums zeigt die Kupferung des Unterwasserbereiches.

**JOBST BROELMANN** studierte Schiffstechnik in Hamburg und Hannover. Seit 1981 am Deutschen Museum, bis 1984 Aufbau der Raumfahrt-, 1986 Neugestaltung der Schifffahrtsabteilung. Zahlreiche Publikationen zur Technik- und Kulturgeschichte der Seefahrt.

Wenn du dir zum Frühstück einen Tee aufbrühst oder einen Kakao anrührst, wenn du dir die Hände mit Seife wäschst, wenn du ein Brot kauft oder mit einem Filzstift schreibst: **immer ist Chemie im Spiel.**

## Chemie im Alltag



**Seit der Antike** suchten die „Alchemisten“ nach den Grundbausteinen der Dinge. Dabei beschäftigten sie sich besonders auch mit den Metallen. Den einzelnen Metallen ordneten sie bestimmte Planeten zu und jeder Planet hatte sein eigenes Zeichen, wie Du in der Abbildung oben sehen kannst. (Mehr findest Du im Internet: [www.alchemikus.de](http://www.alchemikus.de))

Was ist in der Tüte?

## Warum

färbt sich das Teewasser eigentlich rot, braun oder gelb (je nachdem, was für eine Sorte du gewählt hast)? Chemiker haben untersucht, was da passiert: Das Wasser löst aus den Teeblättern Farbstoffe und andere Teilchen heraus. Und sie haben auch noch mit vielen Versuchen herausgefunden, wie diese Farbstoffe aufgebaut sind.



**Auch wenn die Hersteller ihr genaues Rezept für Gummibärchen nicht verraten,**

Chemiker können nachprüfen, ob die Zutatenliste auf der Packung alles aufzählt, was drin ist. Bei den ersten Gummibärchen von 1922 war das Zucker, Glukosesirup, Traubenzucker, Zitronensäure, Farbstoffe und Gelatine: die macht die Kleinen so elastisch. Daran hat sich nicht viel geändert. Bei manchen Bärchen ersetzen aber Agar-Agar (aus Algen) oder Pektine (aus Früchten) die Gelatine, die aus Knochen und Hautresten von Schwein und Rind hergestellt wird.

Ob deine Gummibärchen Gelatine oder Pektine enthalten, kannst du leicht testen: lege ein Gummibärchen über Nacht in ein Gläschen mit Wasser. Wenn es am anderen Tag „gewachsen“ ist, dann enthält es Gelatine oder Agar-Agar. Wenn es zerfallen ist, dann war es aus Pektin.

**D**er Dekan für Chemie und Pharmazie Oliver Reiser von der Universität Regensburg hat ein Chemie-Forum im Internet eingerichtet. Nach seinem langen Arbeitstag an der Uni beantwortet er zahlreiche Fragen von Schülern, Studenten und

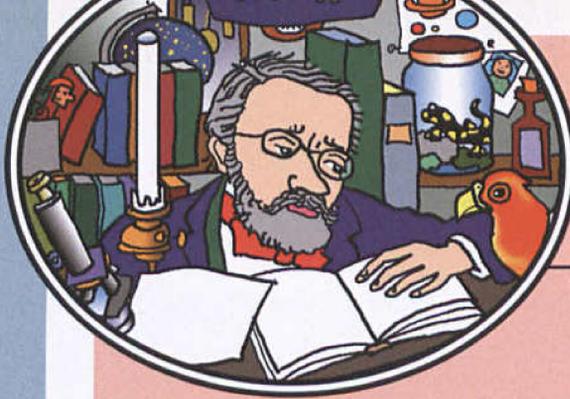


Surftipp:  
Professor  
Reisers Chemie-  
Forum

anderen Chemie-Interessierten. Aus Freude an seinem Fach gibt er Tipps und wertvolle Hintergrundinfos, mit denen wohl schon so mancher seine Klausur erfolgreich bestanden haben dürfte.

**Reinschauen!**

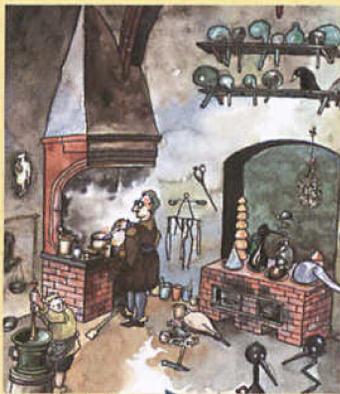
Prof. Reisers Chemie-Forum: [http://freenet.meome.de/app/fn/portal\\_welcome.jsp/107137.html](http://freenet.meome.de/app/fn/portal_welcome.jsp/107137.html)



## Aus Doktor Profs MUSEUMSBLÄTTERN

informativ • vielseitig • vierteljährlich

Der Doktor Prof wird anders, weil: das ganze Heft wird anders, alles muss ja immer schick modisch sein. Aber Doktor Prof bleibt, er zieht sich in sein Studierzimmer zurück und berichtet, obwohl:



## EXPERIMENT

### IST SCHWARZ NUR SCHWARZ?

Dein schwarzer Filzstift macht schwarze Striche, also enthält er einen schwarzen Farbstoff? Ob diese Überlegung richtig ist, kannst du ganz einfach testen: Du brauchst dazu Rundfilter und flache Schälchen. So geht's:

Mit einem Bleistift bohrst du ein großes Loch in die Mitte eines Rundfilters; mit dem schwarzen Filzstift malst du einen dicken Kreis darum. Eine zweite Filterscheibe schneidest Du in der Mitte durch. Eine dieser Hälften rollst du fest zusammen, so dass die Rolle durch das markierte Loch der Filterscheibe passt. In ein Schälchen füllst du etwa 1cm hoch Wasser und legst die Filterscheibe flach auf den Rand, so dass nur das zusammengerollte Filterteil wie ein Docht ins Wasser taucht. Beobachte genau, was nun geschieht.

Mit dieser Methode kannst Du auch andere Farben untersuchen.

Welche Farbteilchen werden besonders weit transportiert?

### WAS STECKT DAHINTER?

Das Wasser steigt durch den Docht auf und breitet sich im Rundfilter aus. Dabei nimmt es Farbteilchen aus dem Kreis mit. Manche Teilchen kommen nur langsam voran, manche schnell – sie werden besonders weit mitgenommen. Im Labor kann man auf diese Weise kleinste Mengen von Verunreinigungen aufspüren, beispielsweise in Lebensmitteln.

## Hier irrte Doktor Prof ...

... und zwar gewaltig!! Von wegen Eröffnung des Kinderreichs im November – nein, nein, nein! Nichts wird das in diesem Jahr. Nächstes Jahr wohl, und zwar recht früh, wenn's noch kalt ist und alle mit dicken Mützen und warmen Stiefeln durch die Kälte laufen.

Hat ja alles ganz anders werden sollen, vor allem schneller: flink die Autohalle ausräumen, die Wände schön anstreichen und dann viele Sachen reinstellen, mit denen Kinder spielen können und lernen, was die Welt zusammenhält. Aber so einfach geht's dann doch nicht, da muss auch mal gebohrt werden, und dann kommt gleich die halbe Decke mit runter, so ist das, wenn man baut – besonders in einem alten Gemäuer. Zu guter Letzt war jemand ratzeputz pleite: eine Baufirma hat kein Geld mehr, und plötzlich kann keiner mehr weitermachen, alle stehen rum und warten. Natürlich gibt's schnell eine andere Firma, aber: auch das dauert, und dann hat alles zu lang gedauert und futsch war sie, die Eröffnung im alten Jahr.

Wer jetzt in das Kinderreich will, muss natürlich nicht vor verschlossenen Museumstoren im kalten Hof warten oder kehrt machen nein: es gibt ja jetzt schon jede Menge aufregende Dinge für große und kleine Forscher. Aber richtig los geht's erst – puh, da wollen wir jetzt mal schauen, was die Bauarbeiter machen, und die Schreiner und die Elektriker; alle strengen sich mächtig an, dass das Kinderreich schnell fertig wird, und wenn es soweit ist, gebe ich euch Bescheid.

Euer

*Doktor Prof*



Neulich auf der Baustelle. Die ersten Besucher sind da und die Arbeiter auch noch. Nichts ist fertig. Das gibt mächtig Ärger, so was Dummes aber auch!

Die biedermeierlichen Veduten des Karl Herrle

# Fortschritt im Bild

Mitte des 19. Jahrhunderts. Im Königreich Bayern macht der Bau der ersten Staatsbahn von Hof nach Lindau am Bodensee Schlagzeilen. Die rund 565 Kilometer lange Eisenbahnstrecke wird als Meisterleistung moderner Bautechnik gefeiert. Im Auftrag der königlichen Eisenbahnkommission porträtiert der Münchner Maler Karl Herrle die neu entstandenen Brücken und Bahnhofsbauten.

TEXT: **Markus Hehl**



Die Eisenbahn ist das Verkehrsmittel der Zukunft. Karl Herrle läßt sie - in hellem Licht - durch die bayerische Berglandschaft fahren.

**D**er Volkswirtschaftler Friedrich List forderte schon Anfang des 19. Jahrhunderts den Bau von „eisernen Kunststraßen“, die ganz Deutschland überziehen sollten. Obwohl der Deutsche Bund zu jener Zeit noch in 39 Einzelstaaten zersplittert war, dachte List bereits an ein „Eisenbahnsystem“ über alle Grenzen hinweg. In seinen Visionen rollten schon Züge von den Hansestädten am Meer durch Thüringen und Bayern nach Süden. Begeistert schrieb List: „Für Bayern ist die Erfindung von Eisenbahnen ein wahrhaftes Göttergeschenk“. Absoluten Vorrang gab er einer Verbindung von Bamberg über Nürnberg, Donauwörth und Augsburg nach Lindau im Bodensee.

**DERLEI HOCHTRABENDE PLÄNE** fanden beim bayerischen König Ludwig I. wenig Gehör, liebäugelte der doch mit einem anderen Verkehrsmittel: Ein Kanal, der Main und Donau verbinden sollte. Nach langen Vorbereitungen wurde 1834 der Bau des so genannten Ludwig-Kanals beschlossen. Noch während am Kanal gebaut wurde und König Ludwig I. den Fortschritt der Arbeiten beobachtete, hatten sich die ersten Eisenbahnen bewährt. Deutschlands Pionierstrecke von Nürnberg nach Fürth fuhr zur Zufriedenheit ihrer Aktionäre beachtliche Gewinne ein. Auch der Erfolg der ebenfalls privaten Linie von München nach Augsburg unterstrich die Bedeutung der Eisenbahn für Bayern. Doch der König blieb skeptisch. Den Bau einer großen Nord-Süd-Magistrale lehnte er ab.

Erst als bekannt wurde, dass im benachbarten Württemberg eine Eisenbahn zur Verbindung von Neckar, Rhein und Donau gebaut werden sollte, erkannte der bayerische Monarch die Zeichen der Zeit. Er wollte die Verkehrsströme unter allen Umständen in Bayern halten. Nachdem ein privat finanziertes Vorhaben der Stadt Lindau zum Bau einer Eisenbahn gescheitert war, gab Ludwig I. 1840 bekannt: „Habe den Vorsatz, wenn im nächsten Frühling die Fortdauer des Friedens gewiss ist, Eisenbahn von Nürnberg bis Hof zu erbauen – auf Staatskosten“. Wenig später wurde die Verlängerung der Strecke nach Lindau beschlossen. Der Startschuss für ein Projekt von gigantischen Dimensionen war gefallen: 565



In einer ganzen Reihe von Aquarellen gibt Herrle die Bauwerke, Brücken und Bahnhöfe detailgetreu wieder. Auch die Neuerungen der Technik, die mit dem Bahnbau einhergingen, durften in den Darstellungen nicht fehlen. Die Iller-Brücke bei Kempten beispielsweise, bei der eine neuartige amerikanische Brückenbaumethode mit so genannten Howe-Fachwerkträgern aus Lärchenholz angewendet worden war, um eine Spannweite von über 50 Metern zu überwinden.

**Ludwig-Kanal:** 17,4 Millionen Gulden wurden ausgegeben, um zwischen den Orten Bamberg und Kelheim eine aufwändige Wasserstraße zu erstellen. Nicht weniger als 101 Schleusen entstanden. „Treidelpferde“ zogen die Lastkähne durch die Landschaft. Später stellte sich heraus, dass der Kanal bereits in der Planung veraltet war und wirtschaftlich nie die ihm zugedachte Rolle spielen konnte.

Kilometer umfasste der geplante Schienenstrang. In Hof sollte der Anschluss nach Sachsen hergestellt werden – ganz so, wie es Friedrich List gefordert hatte. Die angesehensten Ingenieure wurden aufgeboten, unter ihnen Friedrich August Pauli und Paul Camille von Denis. Beide hatten schon beim Bau der Nürnberg-Fürther Eisenbahn Erfahrungen gesammelt. Zu Ehren des Königs wurde die Strecke „Ludwig-Süd-Nord-Bahn“ getauft.

**BEREITS IM SOMMER 1853** hatte die Königliche Eisenbahnbau-Kommission den Ingenieur-Praktikanten Jakob Herrle damit beauftragt, die Brücken und Hochbauten auf der Strecke zwischen Augsburg und Lindau zu malen. Herrles Bruder Karl war es dann, der mit der Fortführung dieser Aufgabe betraut wurde. Die Aufnahme der wichtigsten Bauobjekte entlang der bayerischen Staatsbahnen ließ sich die Kommission in den Jahren 1854 und 1855 rund 2500 Gulden kosten.

Die bewegte Topographie Bayerns war die größte Herausforderung für die Eisenbahntechniker. Um die Höhen des Fichtelgebirges zu erreichen, entstand zwischen den Stationen Neuenmarkt-Wirsberg und Marktschorgast die berühmte „Schiefe Ebene“ – eine Steilstrecke mit einer Steigung von 25,3 Promille, die lange Zeit den Betrieb mit Schiebelokomotiven erforderte. Den Höhenzug des Hahnenkammes zwischen Donauwörth und



Die Eisenbahn selbst, die Gleise, die Wagen, die Rauch speienden Lokomotiven – die eigentlichen Exponenten der neuen Epoche – treten in Herrles Bildern dezent in den Hintergrund. Die Dampfzüge sind meist nur in der Entfernung zu erkennen oder dienen als schmückendes Beiwerk. Wenn es um die Darstellung großartiger Brücken oder Dämme ging, bediente sich Herrle eines probaten Mittels: Lokomotiven und Wagen wurden dann absichtlich verkleinert wiedergegeben, um die Monumentalität der Bauwerke zu erhöhen. Die Menschen blieben als Arbeiter, Spaziergänger, Schäfer oder Bauern nur Staffage.

Weißenburg mied die Eisenbahn durch einen großen Bogen über Nördlingen und Gunzenhausen. Auch die unruhige Landschaft des Allgäus wäre auf dem Weg nach Lindau zu umgehen gewesen: Eine Linienführung über Memmingen und das flache württembergische „Ausland“ bot sich an. Sogar das Kriegsministerium in München hatte keine Einwände gegen diese Strecke. Doch die bayerischen Patrioten tobten: „So weit wollen wir es mit dem Deutschtum und deutscher Einigkeit nicht treiben“ – Lindau, Kaufbeuren und Kempten, nicht aber die Württemberger, sollten in den Vorzug des Transitverkehrs aus der Schweiz und Italien nach dem Norden kommen.

**DAS EHRGEIZIGE PROJEKT DER SÜD-NORD-BAHN** beanspruchte die Finanzkraft Bayerns aufs Äußerste. Der ursprüngliche Kostenvoranschlag von 51,5 Millionen Gulden, die allein für das Kernstück von Augsburg nach Hof ausgegeben werden sollten, erschien der Regierung als völlig untragbar. König Ludwig beauftragte daraufhin Leo von Klenze, die Berechnungen zu überprüfen. Zunächst korrigierte Klenze die Pläne der Gebäude und erreichte Einsparungen „durch die Wahl eines einfachen Baustiles...“. Bei den geplanten Brücken empfahl er die „Beseitigung aller artistischen Ausschmückungen“. Schließlich schraubte Klenze den Bedarf an Lokomotiven und Wagen zurück.

Nachdem auch die Linienführung der Strecke vereinfacht worden war, ergab eine neue Kostenrechnung 51,5 Millionen Gulden für die Gesamtstrecke Hof–Lindau. Mit dem „Eisenbahndotationsgesetz“ vom 25. August 1843 genehmigte Ludwig I. die veranschlagten Mittel. Trotz aller Einsparungen musste das Königreich aber 15 Millionen Gulden Kredit aufnehmen.

Die Detailplanungen für den Abschnitt Augsburg–Lindau begannen 1844. Die Ingenieure boten ihr ganzes Können auf: Berge, Täler und wild sprudelnde Bäche stellten sich ihnen entgegen. Ein Gutachter hatte sogar festgestellt: „Wegen der starken Steigungen und Gefälle wird zum Gebrauche von Dampfswagen nur von Augsburg nach (Ober)Staufen zu rathen seyn, während

von dort nach Lindau Pferde vorteilhafter verwendet werden.“

Tatsächlich wurden aufwändige Kunstbauten erforderlich. In der Nähe von Röthenbach wurde der bis dahin größte Eisenbahndamm der Welt aufgeschüttet. Er war 525 Meter lang, 53 Meter hoch und am Fuß bis zu 280 Meter breit. Die Arbeiter bohrten durch den „Staufener Berg“ einen 198 Meter langen Tunnel und überbrückten bei Kempten das tief eingeschnittene Tal der Iller.

Besonderes Kopfzerbrechen bereitete der Endpunkt der Bahn in Lindau. Um die Schienen bis auf die Insel zu legen, wurde ein 550 Meter langer Damm zum Festland angelegt. Schiffe brachten aus Steinbrüchen in der Schweiz Geröll und Felsmaterial an die Baustelle. Doch immer wieder versanken die Steinpackungen im schlammigen Boden des Sees. Noch kurz vor der geplanten Eröffnung der Bahn gingen über 200 Meter Damm auf einmal in den Fluten unter.

**ES WAR DIE GRÖßTE BAUSTELLE DES KÖNIGREICHS**, und Tausende arbeiteten gleichzeitig auf ihr. Um der Not in den Dörfern zu entfliehen, verdingten sich die Menschen mit harter Arbeit bei der Bahn. 1852 waren allein auf dem Abschnitt zwischen Lindau und Kempten pro Tag durchschnittlich 6327 Frauen und Männer beschäftigt. Obwohl die Arbeiter und Arbeiterinnen alles andere als fürstlich bezahlt wurden, strömten die Menschen in Scharen zu den Baustellen. In den zurückliegenden Jahrzehnten war die Bevölkerung stark gewachsen – Arbeitsplätze hingegen blieben „Mangelware“. Vor diesem Hintergrund bewies der technische Vorstand der Eisenbahnbau-Kommission, Friedrich August Pauli, sein soziales Verantwortungsgefühl: Bereits 1843 hatte es Pauli abgelehnt, wie beim Bau des Ludwig-Kanals Bagger einzusetzen. Lohn und Brot für die „arbeitende Klasse“ erschienen ihm wichtiger als die Bilanzen seiner Behörde oder der schnelle Fortschritt der Arbeiten. Gleichzeitig baute auch das Königreich Württemberg eine Bahn von Stuttgart nach Süden – der Wettlauf zum Bodensee begann. Am 1. Oktober 1844 wurde das erste Teilstück der bayerischen Ludwig-Süd-Nord-Bahn eröffnet: Von Bamberg nach Nürnberg. Am 1. September 1847 erreichte der erste Zug bereits Kaufbeuren im Allgäu. Der rasante Fortschritt der Arbeiten entging den Württembergern nicht. Sie hatten von Stuttgart kommend erst Plochingen erreicht. Um als Erste am Bodensee zu sein, schafften sie Lokomotiven, Wagen und Schienen auf umständliche Weise über Straßen nach Friedrichshafen. Noch im November 1847 konnten sie einen „Inselbetrieb“ nach Ravensburg eröffnen.

In Bayern bremste indessen die schlechte Finanzlage des Staates die Arbeiten. Erst am 1. März 1853 konnten die Züge bis nach Lindau durchfahren. Die offizielle Eröffnung erfolgte am 13. Juli des gleichen Jahres durch König Maximilian II. Mit einer Kutsche reiste der Monarch von seinem Schloss Hohenschwangau bei Füssen nach Kempten, wo er einen Sonderzug bestieg. Die Lokomotive „Bodensee“ zog die geschmückten Wagen des blaublütigen Gastes nach Lindau. Dort wurde Maximilian mit Musik und Hochrufen feierlich empfangen – zu Ehren seiner Majestät und auf das Wohl der Eisenbahn. In einer Bauzeit von nur zwölf Jahren war die Ludwig-Süd-Nord-Bahn als erste Staats- und Fernbahn Bayerns entstanden. Damit konnte sich Bayern im Vergleich zu anderen eisenbahnbauenden Staaten in Deutschland durchaus sehen lassen. ■■



Herrles Technik folgt der traditionellen Vedutenmalerei: Umgeben von kräftigen Schatten im Vordergrund lenkt helles Licht den Blick des Betrachters auf das wichtige Bauwerk im Zentrum des Bildes.

**Karl Herrle** hat alle bayerischen Staatsbahnstrecken porträtiert, die bis 1854 gebaut wurden. Das DB-Museum in Nürnberg beherbergt heute etwa die Hälfte aller Bilder, die von Herrle angefertigt wurden. Der Rest ist samt Vorstudien und Skizzen verschollen.

**MARKUS HEHL** studierte Geschichte und Architektur in München; er arbeitet als Architekt und Journalist und ist Miteigentümer einer denkmalgeschützten, betriebsfähigen Dampflokomotive.

## Deutsches Museum

Museumsinsel 1, D-80538 München, Telefon (089) 2179-1

### NEUE DAUERAUSSTELLUNG

#### KINDERREICH

Anfang Febr. Ab Februar können Kinder dort die großen und kleinen Wunder der UG Technik entdecken und den Phänomenen der Natur auf den Grund gehen.

### SONDERAUSSTELLUNGEN

bis 1. Juni **Wasser – Bad – Design** (Abt. Wasserbau/Brückenbau, EG)

Eine Sonderausstellung zur Entwicklung der Badekultur.

bis 15. Juni **Klima. Das Experiment mit dem Planeten Erde.**

Sonderausstellung des Zentrum Neue Technologien (1. OG)

bis 28. Febr. **Zur Belustigung und Belehrung – Experimentierbücher**

aus 2 Jahrhunderten (Foyer der Bibliothek / Eintritt frei)

### FLUGWERFT SCHLEIßHEIM

Effnerstraße 18 · 85746 Oberschleißheim · Telefon (089) 315714-0

bis 19. Jan. **Die Königlich-Preußischen Luftstreitkräfte 1884-1918**

Ausstellung des Luftwaffenmuseums der Bundeswehr, Berlin-Gatow

8.+9. März **Modellbau-Flohmarkt**

Info und Anmeldung: Reinhard Krause, Tel. 089 / 609 32 34

29./30. März **Plastikmodellbau-Ausstellung**

Info und Anmeldung: Tel./Fax: 089 / 8 92 94 58

### WINTERVORTRÄGE · WISSENSCHAFT FÜR JEDERMANN

Ehrensaal · Eintritt 3,00 Euro, Mitglieder frei,

Abendkasse ab 16.00 Uhr, Einlass 18.15 Uhr, Beginn 19.00 Uhr

Reservierung am Veranstaltungstag: 9 Uhr bis 15 Uhr, Telefon (089) 2179-221

15. Januar PD Dr. Peter Höpfe, LMU, München

Institut und Poliklinik für Arbeits- und Umweltmedizin

#### Macht uns das Wetter krank?

#### Neueste Erkenntnisse aus der biometeorologischen Forschung

22. Januar Prof. Dr. E. Wintermantel, TU München

#### Moderne Medizintechnik: Innovationen aus der Wissenschaft für die Wirtschaft

29. Januar Prof. Dr. Hartmut Graßl, Meteorologisches Institut, Universität Hamburg  
Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg

#### Klimawandel und Wetterextreme

19. Februar Dr. Florian Siegert, LMU, München, Fakultät für Biologie

#### Thema: El Nino

26. Februar Prof. Dr. L. Schultze, Institut für Metallische Werkstoffe des IFW, Dresden

#### Vom Schweben auf Magnetfeldern: Hochtemperatur - Supraleitung

12. März Prof. Dr. Ulrich Schumann, Institut für Physik der Atmosphäre  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Oberpfaffenhofen

#### Thema: Wetterbeobachtung mit Satelliten

26. März Prof. Dr. Donald B. Dingwell, Ludwig-Maximilians-Universität München

#### Experimentelle Vulkanologie: Hi Tech gegen Hi Risk

### KOLLOQUIUMSVORTRÄGE

Montagskolloquien MZWT, Seminarraum (Raum 1402), Bibliotheksbau ·

Beginn: 16.30 Uhr, Eintritt frei · Gäste willkommen

13. Januar Erki Tammiksaar, Baer-Museum Tartu/Estland:

#### Wissenschaftler zwischen Deutschland und Russland: Karl Ernst von Baer und die baltische Polarforschung im 19. Jahrhundert

27. Januar Moritz Epple, Universität Stuttgart:

#### Von der Atomtheorie zum Flugzeugdesign: Zur Geschichte des Konzepts der Wirbelbewegung

10. Februar Peter Heering, Universität Oldenburg:

#### Revolutionäre Experimente – Experimentierende Revolutionäre: Experimentelle Praxis in Frankreich zur Zeit der Französischen Revolution

Montagsseminare MZWT, 16.30 Uhr, Seminarraum der Institute

20. Januar Gudula Metze: **Die Entwicklung der Porträtdarstellungen**

#### des Nicolaus Copernicus vom 16. bis zum 18. Jahrhundert

3. Februar Ulf Hashagen: **Mechanisierung und Rationalisierung**

#### in deutschen Banken in der Weimarer Republik

### KONZERTE in der Musikinstrumenten-Ausstellung

11. Januar **Orgelkonzert**

14.30 Uhr Prof. Reinhard Jaud (Innsbruck) auf der Ahrend-Orgel

15. Januar **der dritte mittwoch**

18 Uhr Von Anonymus bis Zanetti – Vielsaitiges aus der Abteilung für Alte Musik  
Leitung Hartwig Groth

19. Januar **Matinee**

11.15 Uhr Tangenten und Hämmer – Christoph Hammer spielt Musik von Haydn,  
Beecke und Mozart. Ein Konzert zum 200. Todestag Ignaz von Beeckes.

8. Februar **Orgelkonzert**

14.30 Uhr Roland Murr (Fürstfeldbruck)

19. Februar **der dritte mittwoch**

18 Uhr Georg Philipp Telemann: Musikalisches Vielerley  
Studierende der Traversflötenklasse Marion Treupel-Franck

1. März **Orgelkonzert – Orgel und Literatur**

14.30 Uhr Kurt Kreiler liest »Das Tanzlegendchen« von Gottfried Keller,  
Prof. Margareta Hürholz (Köln) spielt auf Orgeln der Sammlung.

9. März **Matinee – Generatoren und Bänder**

11.15 Uhr Stefan Schenk stellt das Siemens-Studio für elektronische Musik vor.

19. März **der dritte mittwoch**

18 Uhr »So gehet das liebe Sausen der Harmonie bis ins Leben hinein«  
Studierende der Hackbrettklasse von Birgit Stolzenburg spielen Musik von  
N. Jomelli, G. Arnaldi, E. F. Dall'Abaco und J. S. Bach

### VERANSTALTUNGEN IM KERSCHENSTEINER KOLLEG

17.-19. Jan. **Vom Musikautomaten zum Didgeridoo**

#### Musik machen und Instrumente bauen

Familienwochenende mit der Museumswerkstatt der VHS München  
für Kinder ab 9 Jahren und Eltern/Großeltern

26.-29. Jan. **Wissenschaft(lerInnen) in der Öffentlichkeit –**

#### Probleme und Möglichkeiten

Ein Workshop für junge NaturwissenschaftlerInnen

7.-9. Febr. **Prima Klima?**

Ein Wochenende im Programm »Frauen führen Frauen« zur Sonderausstellung »Klima«

Information: Tel: 089/2179-243 und 2179-523; Fax: 089/2179273

# Historische Galerie

Gedenktage technischer Kultur: Januar – März 2003

Sigfrid und Manfred v. Weiher

**1.1.1853** Die erste Nummer der „Gartenlaube“ erscheint in Leipzig. Mit ihren volkstümlich gehaltenen Wort- und Bildbeiträgen macht die Familienzeitschrift weite Kreise mit den Fortschritten technischer Kultur bekannt. Sie gilt als eine der ersten populärwissenschaftlichen Periodica Deutschlands.

**1.1.1903** Heinrich Büssing (1843–1929) eröffnet in Braunschweig eine eigene Automobilfabrik, die sich in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts vor allem durch den Bau schwerer LKWs und Omnibusse zur Qualitätsmarke für Nutzfahrzeuge entwickelt.

**2.1.1778** In Zweibrücken, Rheinland-Pfalz wird Johann Gottfried Dingler geboren, der gemeinsam mit seinem Sohn Emil Maximilian (1806–1874) zu den hervorragendsten Förderern deutscher Industriekultur gehört. 1819 gründet er die viel beachtete Zeitschrift **Dinglers Polytechnisches Journal**.

**10.1.1803** In Hünshoven, Rheinland wird Gottfried Ludolf Camp-hausen geboren, der als Politiker nachhaltigen Einfluss auf die Verbesserung der Verkehrsverhältnisse in Deutschland nimmt. 1877 rät er zur **Einführung des Telefons** in Deutschland.

**20.1.1978** Im Volkswagenwerk Emden läuft der letzte in der Bundesrepublik Deutschland gebaute VW-Käfer vom Band. Ab 1972 wurde der „Käfer“ mit über 15.000.000 Exemplaren zum meistgebaute Kraftwagen der Welt.

**21.1.1928** In New York stirbt George Washington **Goethals**, der um 1900 maßgeblich den Bau des **Panama-Kanals** förderte. Angesichts der erheblichen Opfer, die die Malaria und andere von Insekten übertragene Krankheiten unter den Bauarbeitern immer wieder forderte, empfahl er abflusslose Gewässer im Kanalbereich durch Petroleum-Übergüsse zu entseuchen, was kurzfristig die Malaria-Risiken senkte, ökologisch jedoch seinerzeit kaum reflektiert wurde.

**25.1.1878** Erstmals berichtet eine Zeitung, die in Texas, USA erscheinende "Denison News", von unerklärlichen Erscheinungen, die mit „**Fliegenden Untertassen**“ verglichen werden. Das als „**Ufo**“ bezeichnete Phänomen beflügelt bis heute die Fantasie zahlreicher Menschen.

**28.1.1878** In New Haven, Connecticut (USA) wird das **erste öffentliche Fernsprechamt** der Welt mit acht Leitungen zu 21 Teilnehmern eröffnet.

**1.2.1753** Charles **Marshal** aus Renfrew, Schottland veröffentlicht die Idee eines **elektrischen Telegrafens**.

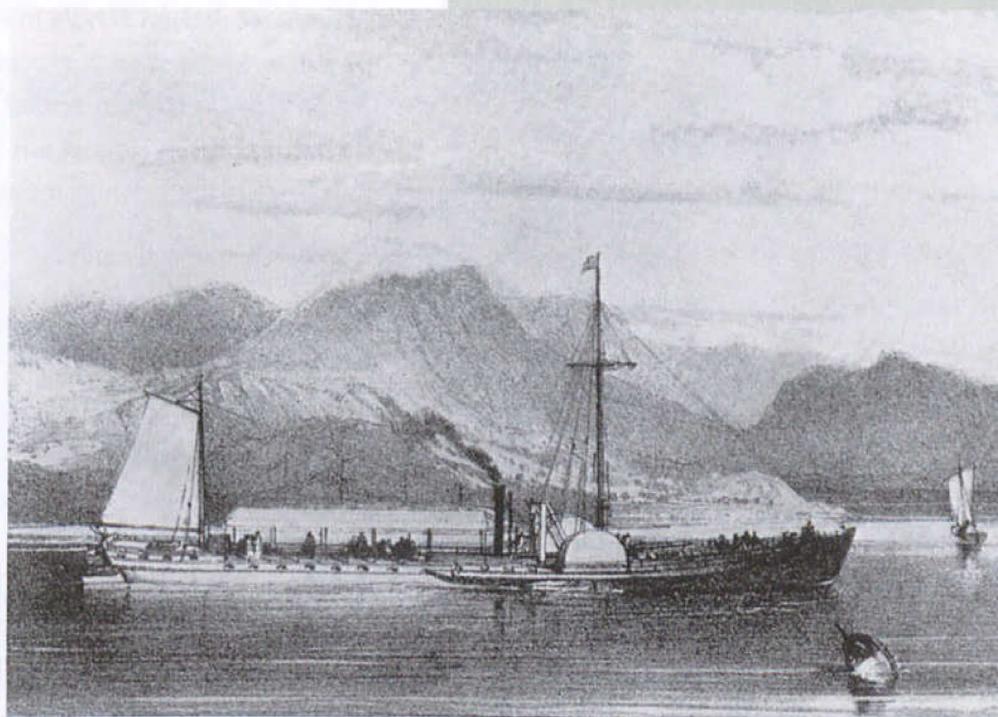
**5.2.1928** Tod des niederländischen Physikers Hendrik Anton **Lorentz**, der über die kinetische Theorie der Gase sowie die elektromagnetische Lichttheorie Maxwells arbeitete. Lorentz wurde zum **Begründer der Elektronentheorie** und erhielt 1902 gemeinsam mit Pieter Zeeman den Nobelpreis für Physik.

**7.2.1903** In The Shola, England stirbt der englische Meteorologe und Luftschiffer James **Glaisher**. Er gilt als **Pionier der Wetterkarte**, die mit Hilfe elektrotelegrafischer Nachrichtenübermittlung lokaler Wetterbeobachtungen zusammengestellt und erstmalig 1849 in der Londoner „Daily News“ veröffentlicht wurde. 1862 unternahm Glaisher mit Coxwell einen wissenschaftlichen Ballon-Aufstieg, der die Forscher in über 9000 Meter Höhe führte.

**8.2.1828** In Nantes, Frankreich wird **Jules Verne** geboren. In zahlreichen **Zukunftsromanen** beschreibt er fantasievoll spektakuläre Erfindungen und technische Fortschritte, die in verblüffender Folgerichtigkeit bereits wenige Jahrzehnte später Wirklichkeit werden sollten.

**8.2.1903** Bei einer Atlantik-Überquerung empfängt der Dampfer „Minneapolis“ 36 Stunden vor seiner Landung in New York drahtlos **auf dem Funkweg** neueste Nachrichten, die das Telegraphenbüro Reuter übermittelte.

**10.2.1928** Zwischen Deutschland und den USA wird der reguläre **Fernsprechdienst** aufgenommen.



**24.1.1803** Der Maler Robert **Fulton** reicht in Paris Baupläne für ein dampfgetriebenes Boot ein, das 1807 erfolgreich realisiert wurde und den **Beginn der Dampfschiffahrt** markiert.



**17.3.1853** In Frauenstadt, Schlesien wird Paul **Wittig** geboren. Als Ingenieur wird er zum Wegbereiter des **Hoch- und Untergrundbahnbaus** im städtischen Schnellverkehr und hat vor allem an der Entstehung des Berliner S- und U-Bahnnetzes 1896 bis 1902 maßgeblichen Anteil.

(Abbildung: Die von Wittig konzipierte Hochbahnstation Friedrichstraße in Berlin, 1884, Sammlung von Weiher)



**20.3.1878** In Heilbronn stirbt der deutsche Arzt und Naturforscher **Julius Robert Mayer**. Auf ihn geht die exakte Formulierung des lange geahnten, von ihm endgültig 1841 definierten **Gesetzes der Energieerhaltung** und die daraus abgeleitete Bestimmung des mechanischen Wärme-Äquivalents zurück.

**12.2.1903** In Berlin stirbt der Schiffbau-Ingenieur **Friedrich Middendorf**, der ab 1890 **gesetzliche Bestimmungen** für die Anzahl und technische Beschaffenheit der wasserdichten Schotten sowie die Tiefadellinie von Handelsschiffen formulierte und durchsetzte.

**23.2.1803** In Kandern, Südbaden wird **Johann August Sutter** geboren, der sich als **Kolonisator Kaliforniens** einen Namen machte. Straßen, Kanäle, Hafenanlagen, Mühlen, Städtegründungen und die erste in dieser Region tätige Dampfmaschine zählen zu den bedeutendsten Pionierleistungen Sutters, ebenso der Anbau jener deutschen Weine, die inzwischen zum bedeutenden Exportartikel Kaliforniens avancierten.

**26.2.1728** In Senlis, Frankreich wird **Antonie Baumé** geboren. Der Apotheker und Professor an der pharmazeutischen Schule in Paris betreibt bis 1780 eine eigene chemische Fabrik und entwickelt **verbesserte Methoden** zur Darstellung chemischer, technischer und pharmazeutischer Präparate.

**27.2.1828** In Hamburg wird **Wilhelm Meister** geboren, der 1863 mit Lucius und Brüning die **Anilinfarben-Fabrik** in Höchst am Main – zuletzt Farbwerke Höchst – gründete.

**3.3.1703** In London stirbt der englische Physiker und Naturforscher **Robert Hooke**. Das technische Wissen seiner Zeit wurde durch seine exakte Beobachtungsgabe und physikalischen Erkenntnisse nachhaltig bereichert. Erstmals deutete er das Licht als Wellenbewegung und definierte das nach ihm benannte **Hooke'sche Gesetz**, nach dem die Ausdehnung einer Spiralfeder ihrer Belastung proportional ist.

**7.3.1878** In Straßburg stirbt der französische Arzt und Pionier der **Mikro-Fotografie** **Alfred Donné**. Gemeinsam mit Léon Foucault veröffentlichte er 1844/46 ein mehrbändiges medizinisches Nachschlagewerk, das erstmals anatomische Darstellungen präsentiert, die durch ein Mikroskop fotografiert wurden.

**11.3.1878** In der Pariser Akademie kommt es bei der Präsentation eines der ersten **Edison-Phonographen** zu Schmährufen und Tumulten, nachdem ein Akademiemitglied die Vorführung der neuen „Sprechmaschine“ als **Schwindel und Bauchrednerei** bezeichnete: Niemals könne es einer Maschine gelingen, den edlen Klang der menschlichen Stimme wiederzugeben!

**13.3.1878** In Horowitz, Böhmen wird **Otto Hönigschmidt** geboren. Tätig am Wiener Radium-Institut machte er sich als Spezialist für **Atomgewichtsbestimmungen** einen Namen.

**16.3.1978** Vor der bretonischen Küste gerät der 230.000-Tonnen-Erdöltanker „**Amoco Cadiz**“ in **Seenot** und löst eine verheerende Umweltkatastrophe aus, die die ökologische Diskussion über die Grenzen des Wachstums neu entfacht.

**20.3.1703** In Dreissighufen (heute Estland) stirbt der deutsche Chemiker und Apotheker **Johann Kunckel von Löwenstern**. 1669 gelingt ihm der Nachweis von **Phosphor im Urin**; wenige Jahre später beginnt er mit der Herstellung großer Gefäße und Hohlkörper aus Rubinglas.

**24.3.1903** In Wesermünde wird **Adolf Butenandt** geboren, einer der bedeutendsten deutschen Biochemiker. Für seine bahnbrechenden Forschungen und Entdeckungen auf dem Gebiet der **Sexualhormone** erhält er 1939 den Nobelpreis für Chemie.

**26.3.1753** In Woburn, Massachusetts (USA) wird **Benjamin Thompson** geboren, der in England in den Grafenstand erhoben wird und als **Graf Rumford** nach Deutschland kommt. 1778 entdeckt er an Geschützen die Wärmebildung durch Reibung (**Wärme als Bewegungserscheinung**) und gibt für die Heizungstechnik wertvolle Anregungen. 1799 schlägt er die Schaffung eines „Erfinder-Instituts“ vor.

**27.3.1828** In Paris stirbt der badische Ingenieursoberst **Johann Gottfried Tulla**. Als technischer Berater seines Landesherren begann er die wasserbauliche **Regulierung des Oberrheins**: Altwasser und natürliche Überflutungszonen wurden durch Tieferlegung eines begradigten Hauptstrombettes nach und nach ausgetrocknet, was sowohl von den badischen als auch den elsässischen Anwohnern und der flussnahen Landwirtschaft zunächst als großer Fortschritt gesehen wurde, da mit der Trockenlegung der Auwälder die Mückenplage ab- und die Bewirtschaftungsflächen zunahmen. Die Flutkatastrophen der jüngsten Zeit machen jedoch deutlich, dass die von Tulla propagierte Begradigung der Flüsse ökologisch höchst problematisch ist.

**28.3.1728** In Berlin wird **Johann Georg Krünitz** geboren. Von Beruf Arzt, wird er von der Großen Französischen Enzyklopädie von Diderot und d'Alembert angeregt, ein vergleichbares Werk für die deutschsprachigen Länder zu erarbeiten. So entsteht 1773 bis 1858 ein **248-bändiges Nachschlagewerk**, das Krünitz bis zu seinem Tode 1796 selbst betreute.

**29.3.1853** In Manchester, England wird **Elihu Thomson** geboren, der sich der Elektrotechnik zuwendet und zum Mitbegründer der General Electric Corporation wird. Vermutlich als Erstem gelingt ihm 1886 die praktische Anwendung des elektrischen Lichtbogenschweißens. 1890 konstruiert er den ersten **Hochfrequenz-Generator**, eine grundlegende Voraussetzung für die wenig später beginnende Entwicklung der heute nicht mehr wegzudenkenden drahtlosen Nachrichten- und Telekommunikation.

# Mein Museum

Nachrichten, Tipps, Termine +++ **Verkehrszentrum Halle III**, Eröffnung 11. Mai 2003 +++

**Flugtage in der Flugwerft Schleißheim**, 17./18. Mai 2003 +++ **Neuerscheinungen:** Geschichte des Deutschen Museums (April 2003), Sammelband 1903 (April 2003) +++

## 100 Jahre Deutsches Museum

### JUBILÄUM IM DEUTSCHEN MUSEUM

Im Jahre 1903 gründete Oskar von Miller das Deutsche Museum. Anfang der 1930er Jahre folgten die Bibliothek und der Kongreßsaal. Heute präsentiert das Deutsche Museum seine vielfältigen Sammlungen auf einer Fläche von 50.000 m<sup>2</sup>. Hinzu kommen weitere 20.000 m<sup>2</sup> der Zweigmuseen.

Seit seiner Eröffnung im Jahre 1925 ist das Deutsche Museum ein Magnet für Besucher aus aller Welt. Eine ganze Generation Münchner Kinder ist mit ihm groß - und schlau - geworden. Für die Museumsmacher ist das allerdings kein Grund, sich auf den Lorbeeren auszuruhen. Man setzt sich mit innovativen Konzepten der Wissensvermittlung auseinander, realisiert moderne Museumskonzeptionen, sucht neue Zielgruppen. Auch die kleineren Kinder sollen sich - ab Januar in ihrem eigenen Kindermuseum - mit Technik und Wissenschaft auseinandersetzen können. Spielerisch. Dies und noch viel mehr plant das Deutsche Museum zu seinem Geburtsjahr - und darüber hinaus. Lassen Sie sich überraschen.

### BIBLIOPHILE KOSTBARKEITEN



**Pfeilergründung bei der Errichtung der seit 1751 in Bau befindlichen Loire-Brücke nahe Orléans (oben); Titelblatt von Perronets Description des Projets (rechts); Fortgang der Bauarbeiten bei Neuilly im Jahr 1768 (unten rechts)**

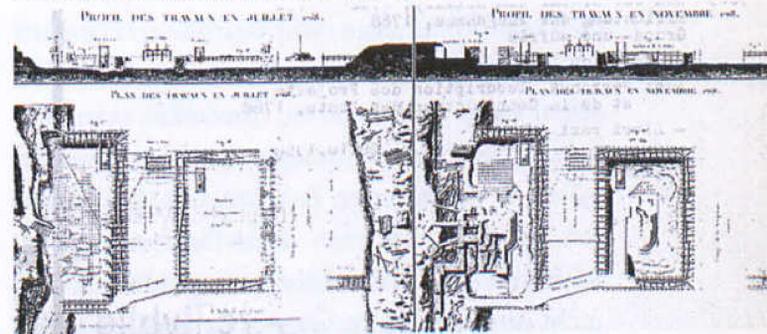
#### Aus der Bibliothek des Deutschen Museums vorgestellt von Helmut Hilz Jean-Rodolphe Perronets Brückenbuch

Das 17. und 18. Jahrhundert gelten als die Blütezeit des Kupferstichs in der Buchillustration. International führend in der Illustrationstechnik wie auch in der Typographie war Frankreich. Eine der bemerkenswertesten technischen Publikationen stellt Jean-Rodolphe Perronets *Description des Projets et de la Construction des Ponts de Neuilli, de Mantes...* dar.

Die in diesem Werk dargestellten Brücken Jean-Rodolphe Perronets (1708-1794), einem der wichtigsten Vorläufer des modernen Brückenbaus, zählen zu den ästhetisch wie auch technisch anspruchsvollsten Konstruktionen in der Geschichte des Steinbrückenbaus. Die Bibliothek des Deutschen Museums besitzt die 1788 in Paris veröffentlichte zweite Auflage dieses erstmals 1782 erschienenen Werks, das einen Textband von rund 700 Seiten und einen 73 Kupfer-

stichabbildungen enthaltenden Tafelband umfasst. Die Kupferstiche stammen von dem Architekten und Kupferstecher Eustache Saint-Far (1746/47-1822), einem Mitarbeiter Perronets. Gedruckt wurde dieses Werk von François-Ambroise Didot (1720-1804), einem der bedeutendsten französischen Drucker des 18. Jahrhunderts. Das Buch mit der Signatur 1929 C 126 wurde 1918 beim berühmten Münchner Antiquar Ludwig Rosenthal für die Bibliothek des Deutschen Museums erworben.

Technikhistorisch von großem Reiz sind vor allem die Darstellungen der Brückenbaustellen, die es erlauben etwa den Verlauf des Baus der Brücke bei Neuilly im Detail zu verfolgen. Diesem zwischen 1768 und 1774 errichteten Bauwerk sind allein 19 Kupferstiche gewidmet. Auf diese Weise wird der schrittweise Fortschritt der Bauarbeiten ebenso nachvollziehbar wie die bei den Bauarbeiten verwendeten Geräte. Die Detailtreue dieser Darstellungen ermöglichte im übrigen 1959 die Herstellung des bekannten Dioramas, das in der Brückenbauabteilung des Deutschen Museums zu sehen ist.



## AUSSTELLUNG KLIMA

**Das Experiment mit dem Planeten Erde**  
7. November 2002 bis 15. Juni 2003

- Wie, wo und warum wird das Klima gemessen?
- Wie funktioniert das Klimasystem?
- Wie war das Klima in der Vergangenheit?
- Wie greift der Mensch in das Klimasystem ein?
- Wie sieht das Klima der Zukunft aus? Kann man es berechnen?
- Wird es wirklich wärmer? Was hat das für Folgen?
- Emissionen vermeiden? CO<sub>2</sub> entfernen? Sich anpassen? Welche Strategien sind sinnvoll?

Diesen und ähnlichen Fragen geht das Deutsche Museum in seiner Sonderausstellung „Klima“ nach, die vom 7. November 2002 bis zum 15. Juni 2003 zu sehen sein wird.

Die Ausstellung findet im Rahmen des „Jahres der Geowissenschaften“ statt. Sie ist ein Projekt des Zentrums Neue Technologien, das sich mit Dauer-, Sonderausstellungen und Vorträgen aktuellen Themen im Spannungsfeld von Wissenschaft, Technik und Gesellschaft widmen wird.

Die von Stefan Haslbeck gestaltete Ausstellung, mit ihren kubischen und tunnelförmigen Containern und Kuppeln einer antarktischen Forschungsstation nachempfunden, lädt ein in das Abenteuer Klimaforschung: Historische Instrumente, Modelle von Forschungsflugzeugen und -schiffen, Satelliten und eine begehbare antarktische Forschungsstation zeigen, wie Daten für das globale Klimamessnetz gesammelt werden und wie das Klima zu Lande, zu Wasser und in der Luft erforscht wird.

Klimadokumente wie Korallen, Fossilien (sogar der Schädel eines Dinosauriers wird zu sehen sein), Eisbohrkerne, Chroniken oder prähistorische Felszeichnungen erzählen, wie das Klima in vergangenen Zeiten aussah; hier erfahren Sie auch, wie man diese Dokumente entschlüsselt. Das Klima der letzten 200 Jahre ist nicht nur über Dokumente zugänglich, sondern



Mit dieser Anzeige wirbt das Deutsche Museum für die Klima-Ausstellung

direkt, denn seit Anfang des 19. Jahrhunderts wurde und wird wissenschaftlich erforscht und systematisch gemessen. Gleichzeitig wird das Klima in immer stärkerem Maße durch den Menschen beeinflusst und verändert. Indizien für einen bereits erfolgten Klimawandel, Vorhersagen und Modelle zur näheren Zukunft, sowie deren Berechnung und Zuverlässigkeit sind Themen des zweiten Teils der Ausstellung.

Als Akteur in einem Computerspiel, das die Wirtschaft und das Klima der nächsten 100 Jahre simuliert, erfahren Sie, wie komplex das Klimasystem ist und wie schwierig es ist, "richtig" zu handeln. Die Ausstellung zeigt mögliche Handlungsoptionen, politische wie technische auf. Ein in die Ausstellung integriertes Forum, in dem Filme gezeigt werden und ein attraktives Veranstaltungsprogramm (siehe Kasten) stattfindet, bietet Möglichkeiten, sich weiter mit dem Thema auseinander zu setzen.

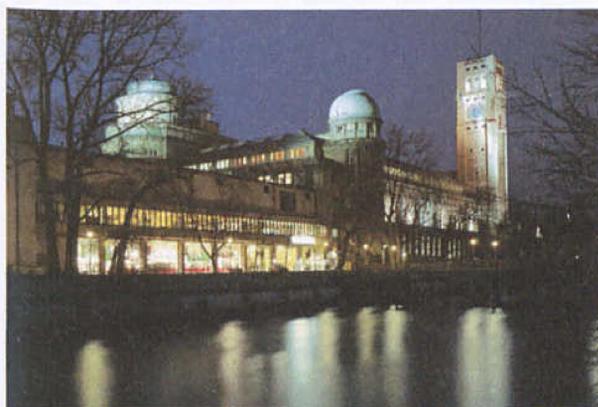
Aktuelle Informationen und Termine rund ums ZNT finden Sie auf unserer neuen Internetseite [www.znt.deutsches-museum.de](http://www.znt.deutsches-museum.de). Sie bietet Wissenswertes und Interessantes zum Thema- für Schüler, Lehrer, Neugierige und Wissbegierige. Zur Ausstellung erscheinen ein umfangreicher Katalogband und ein Begleitheft.

Davy Champion, Sabine Gerber,  
Walter Hauser, Jochen Hennig

## VORTRÄGE ZUM KLIMA IM DEUTSCHEN MUSEUM

- ▶ **27.11.02** Mojib Latif: Verändert der Mensch das Klima? (Wintervortrag)
- ▶ **08.01.03** Nach Johannesburg: was leisten Umweltgipfel (Dialogveranstaltung in der Reihe „Positionen“)
- ▶ **15.01.03** Peter Höppe: Macht uns das Wetter krank? (Wintervortrag)
- ▶ **29.01.03** Hartmut Graßl: Klimawandel und Wetterextreme (Wintervortrag)
- ▶ **12.02.03** Klimaschutz: Was tut die Wirtschaft („Positionen“)
- ▶ **19.02.03** Florian Siegert: El Niño (Wintervortrag)
- ▶ **12.03.03** Ulrich Schumann: Wetterbeobachtung mit Satelliten (Wintervortrag)
- ▶ **19.03.03** Land unter im Urlaubsparadies? („Positionen“)
- ▶ **09.04.03** Erdmanagement: Größenwahn oder Notwendigkeit („Positionen“)
- ▶ **14.04.03** Klimawandel: Normalität oder Katastrophe („Positionen“)

## ABENDÖFFNUNGEN IM DEUTSCHEN MUSEUM



Jeden Mittwoch sind einzelne Abteilungen des Deutschen Museums bis 20 Uhr geöffnet. Jeweils um 18 Uhr gibt es Sonderprogramme, wie z. B. Führungen, Vorführungen, Konzerte. Der Eintritt kostet 3 Euro.

- |             |   |
|-------------|---|
| 8. Januar   | Physik (Experimente), Optik, Hauptturm, Energietechnik (Frauenführung), Sonderausstellung Klima                                 |
| 15. Januar  | Raumfahrt (Führung), Luftfahrt Parterre, Starkstromtechnik, Sonderausstellung Klima   |
| 22. Januar  | Musikinstrumente (Konzert), Chemie, Hauptturm, Informatik (Frauenführung), Geodäsie, Telekommunikation, Sonderausstellung Klima |
| 29. Januar  | Starkstromtechnik (Vorführung), Luftfahrt Parterre, Sonderausstellung Klima   |
| 5. Februar  | Chemie (Führung), Hauptturm, Optik (Frauenführung), Sonderausstellung Klima, Atomphysik   |
| 12. Februar | Schifffahrt (Führung), Luftfahrt Parterre, Sonderausstellung Klima  |
| 19. Februar | Musikinstrumente (Konzert), Chemie, Hauptturm, Sonderausstellung Klima  |
| 26. Februar | Raumfahrt (Führung), Luftfahrt Parterre, Sonderausstellung Klima  |
| 5. März     | Optik (Führung), Physik (Frauenführung), Sonderausstellung Klima, Atomphysik  |
| 12. März    | Luftfahrt (Führung), Starkstromtechnik, Sonderausstellung Klima   |
| 19. März    | Musikinstrumente (Konzert), Chemie, Hauptturm, Brückenbau (Frauenführung), Sonderausstellung Klima                              |
| 26. März    | Optik (Führung), Chemie, Sonderausstellung Klima, Atomphysik  |

(Änderungen vorbehalten)

### NEUE EINTRITTSPREISE INS DEUTSCHE MUSEUM AB 1. 11. 2002

- Tageskarten 7,50 Euro
- Ermäßigte Tageskarten 5,00 Euro
- Schüler und Studenten 3,00 Euro
- Familienkarten 15,00 Euro
- Kombikarte (10 Karten gemeinsam mit dem Tierpark) 50,00 Euro (ab.1.1.2003)
- Abendöffnung / Abendvorträge 3,00 Euro
- Turmauffahrt 2,00 Euro
- Zeiss-Planetarium 2,00 Euro
- Flugwerft Schleißheim
- Tageskarten 3,50 Euro / Ermäßigte Tageskarten 2,50 Euro

## EIN PRACHTBAND ZUM JUBILÄUM

Die Highlights seiner Sammlungen zeigt das Deutsche Museum in einem hochwertigen Bildband. Präsentiert werden die vielfältigen Aktivitäten des Museums und der reiche Schatz an Ausstellungsgegenständen und seltenen Objekten. Herausgegeben und finanziert wird dieser Band vom Freundeskreis des Deutschen Museums e.V.



**Deutsches Museum. Geniale Erfindungen und Meisterwerke aus Naturwissenschaft und Technik**, hrsg. v. W. O. Fehlhammer, ISBN 3-7913-2816-6, Euro 29,95

## GLASBLASEN

### SONDERVORFÜHRUNGEN

Beginn 14.00 Uhr, 2. OG

neben der Altamira-Höhle

am Vorführ- und Verkaufstand der Glasbläser des Deutschen Museums

#### ► Sa. 4. Januar

*Farbe ohne Malen*

Wie kommt die Farbe ins Glas? Wie entstehen Muster aus verschiedenen Farben?

(Dauer ca. 30 Min.)

#### ► Di. 18. Februar

*Glasapparate*

Der Glasbläser Frank Liebmann erläutert am Beispiel des Liebig-Kühlers die Grundlagen des Glasapparatebaus.

(Dauer ca. 30 Min.)

#### ► Fr./Sa. 21./22. März

*Tierfiguren für Kinder*

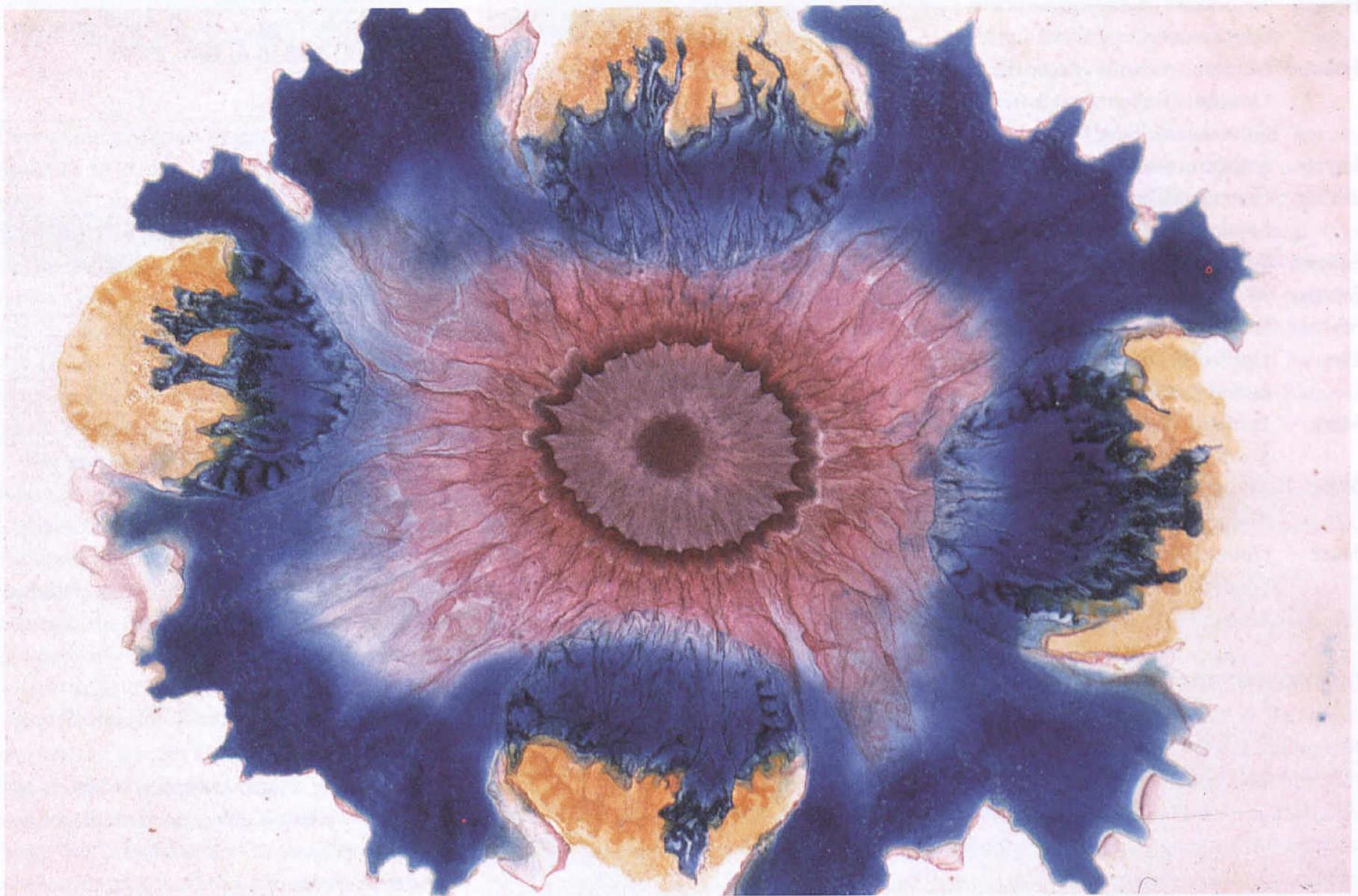
Der Lauschaer Glaskünstler John Zinner fertigt Tierfiguren

Im Jahr 1850 entdeckte Runge in der chemischen Fabrik im Schloss Oranienburg die Trenneigenschaften von Papier und legte damit die Grundlagen für die moderne Chromatographie.

Friedlieb Ferdinand Runge

## Bilder, die sich selbst malen

TEXT: Christine Eckert



Kombinationen verschiedener Salzlösungen rufen Fließbilder in verschiedensten Farbnuancen, Zwischentönen und Schattierungen hervor.

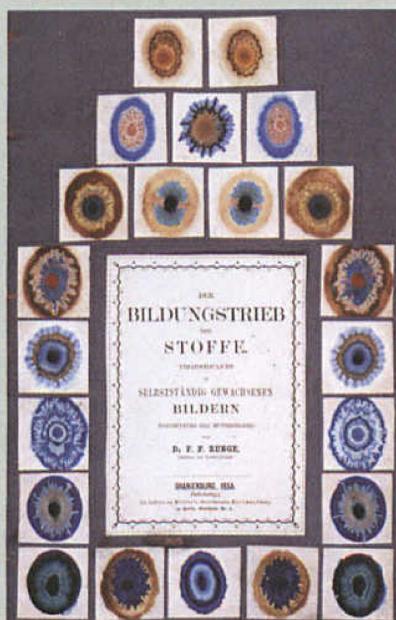
**P**litsch-platsch – große Tropfen fallen auf das Filterpapier. Wer wird das Rennen machen. Rosa, Blau oder Gelb? Der Chemiker Friedlieb Ferdinand Runge beobachtet fasziniert das bunte Treiben auf seinem Labor-tisch. Langsam dringen die Flüssigkeitstropfen in das Papier, verändern ihre Farbe und fangen an sich zu verteilen. Bilder, die sich selbst malen. Unterschiedlich schnell wandern die verschiedenen farbigen Flüssigkeiten in den haarfeinen Röhren der Papierfasern und formen kunstvolle Farbverläufe. Wie schnell und weit sie auf dem Papier verlaufen, hängt von ihren molekularen Eigenschaften und ihren Löslichkeiten ab. Runge schreibt dazu: „Vermöge seiner Haarröhrchenkraft zerlegt es (das Papier) nämlich einen aufgebracht Tropfen auf der Stelle in seine Bestandtheile ...“ Er nutzte als Erster die Trenneigenschaften von Papier, und das fünfzig Jahre vor der Entdeckung der Papier-Chromatographie. Heute zählt die Chromatographie zu den wichtigsten analytischen Methoden und Reinigungsverfahren in Forschung und Industrie. Mit ihr lassen sich kleinste Mengen an Inhaltsstoffen nachweisen oder hochreine Pharmawirkstoffe herstellen.

Wenige Minuten später auf Runges Labor-tisch: Das Rennen ist gelaufen. Diesmal siegte Gelb vor Blau. Dieses Mal, welche Farbe liegt wohl beim nächsten Versuch vorne? Weil jedes Experiment einzigartig ist, zierten Hunderte der „Professorenkleckse“ – wie der Forscher selbst seine Fließbilder humorvoll nannte – die Wände in Runges Labor. Dem renommierten Forscher waren Ästhetik und Farbenspiel wichtiger als eine fundierte Analyse des Phänomens. Dies zeigt auch der Titel seines ersten Werkes „Zur Farbenchemie. Musterbilder für Freunde des Schönen“.

Wissenschaft und Kunst schließen einander nicht aus, wie ein Beispiel aus den Achtzigerjahren des letzten Jahrhunderts belegt. Damals beobachteten die Merck-Chemiker Herbert Halpaap und Heinz Emil Hauck bei ihren Forschungen zur Farbanalytik ästhetische Effekte auf Dünnschicht-Chromatographie-Platten. Beim „Chrom art“-Verfahren trennt eine Schicht feinstverteiltes Siliziumdioxidpulver – ähnlich dem Filterpapier bei Runge – Farbmischungen in ihre Bestandteile. Die Methode

## FRIEDLIEB FERDINAND RUNGE

(1795–1867) war Chemiker am preußischen Hof und im Schloss Oranienburg in Berlin. Er zählte zu den Begründern der Naturstoffchemie. Der Naturwissenschaftler isolierte erstmals Chinin (ein fiebersenkendes Mittel) aus Chinarinde und Koffein aus der Kaffeebohne. Durch die Entdeckung der Karbolsäure und des Anilins im Steinkohlenteer legte er die Grundlage für die Herstellung synthetischer Farbstoffe. Runge verknüpfte Kunst und Wissenschaft auf anschauliche Weise. Diese Fähigkeit würdigen die Stiftung Preußische Seehandlung, die Berlinische Galerie und die Berlin Hyp alle zwei Jahre mit der Verleihung des Friedlieb-Ferdinand-Runge-Preises für unkonventionelle Kunstvermittlung.



In seinem Werk aus dem Jahr 1855 "Der Bildungstrieb der Stoffe veranschaulicht in selbstständig gewachsenen Bildern" stellt Dr. F. F. Runge seine Professorenkleckse vor.

**CHRISTINE ECKERT** arbeitet als freie Wissenschaftsjournalistin in Darmstadt. Nach Chemiestudium und Promotion an der Universität Erlangen-Nürnberg war sie vier Jahre für einen naturwissenschaftlichen Fachverlag tätig.



**Chrom art** – auf Dünnschicht-Chromatographie-Platten aufgetrennte Farbmischungen erzeugen überraschende Effekte, die mit herkömmlichen Maltechniken nicht erzielt werden können.

bietet nahezu grenzenlose Gestaltungsmöglichkeiten für kleine Kunstwerke mit unnachahmlichen Farbkompositionen und Formen. Jedes Bild ist ein Unikat. Die Kunst bei „Chrom art“ besteht darin, den einmal gestarteten Prozess im richtigen Augenblick einzufrieren – dabei liegt die Schönheit im Auge des Betrachters.

Auch zeitgenössische Performance-Künstler wie Volkard Stürzbecher haben die 150 Jahre alte Technik von Runge für sich entdeckt und zeitgemäß adaptiert. Mit transparenten Flüssigkeiten „malt“ Stürzbecher Fließbilder in einem Glasschälchen und projiziert diese auf eine bis zu drei Stockwerke hohe Leinwand. Die dynamischen Kunstwerke mit reizvollen Strukturen entstehen oftmals aus ganz alltäglichen Stoffen wie Waschmitteln, Ölen, Alkoholen oder Farbstoffen. Die lebendigen Leinwände erinnern an einen Lehrfilm der Mikrobiologie oder an das Wachstum von Pflanzen im Zeitraffer. ■■

**Ausflugstipps:** Das Kreismuseum Oranienburg zeigt einen Raum mit historischem Laborgerät, Originalschriften des Chemikers und seine wichtigsten Entdeckungen. Die Stiftung Preußische Schlösser und Gärten Berlin-Brandenburg präsentiert Experimentalvorträge in historischen Gebäuden. Es werden Versuche berühmter Chemiker gezeigt und ihre Arbeiten näher vorgestellt. [www.spsg.de](http://www.spsg.de)

# 100 Jahre Deutsches Museum

Logo des Deutschen  
Museums zum 100jährigen  
Jubiläum.

### VORSCHAU = RÜCKSCHAU

Im nächsten Heft hält Kultur & Technik Rückschau auf einhundert Jahre Deutsches Museum. Die Museumschefs am Beginn und am Ende dieses Jahrhunderts – Oskar von Miller und Wolf Peter Fehlhammer – erklären in einem „Doppelinterview“, was das Deutsche Museum für sie bedeutet. Zwei weitere Museumsmacher schildern, wie das Münchner Vorbild auf die Konzeption ihrer Häuser gewirkt hat. Der Architekt und „Vater des Wiederaufbaus“ nach 1945, Karl Bäßler, durchlebt in seiner Autobiographie Begegnungen mit von Miller und die letzten Kriegstage erneut, während der Nobelpreisträger Ernst Otto Fischer in persönlichen Museumserinnerungen schwelgt. Die Reihe der Doppelungen setzt sich fort mit Blicken in die frühesten Ausstellungen des Museums und in die moderne Abteilung „Pharmazie“. Hier zeigt sich, welche großen Veränderungen das Deutsche Museum in 100 Jahren Museumsgeschichte erfahren hat!

Tief drunten – hoch droben! Zwei Highlights des Deutschen Museums sind jedem Museumsbesucher unvergessen: das lang gezogene, enge Bergwerk und der freie Blick vom 68 Meter hohen Museumsturm über die Insel und über München. Dass er erst nach einem harten Münchner „Architektenstreit“ sein heutiges Gesicht erhalten hat, ist nahezu vergessen. Was ist ein „Original“, was eine „Fälschung“? Diese Frage gehen Sylvia Schoske am Beispiel ägyptischer Kunst und Stefan Siemer anhand gekonnter „Fälschungen“ aus den Werkstätten des Deutschen Museums nach.



Bild oben:  
Ad multos annos!



Bild links:  
Einbetoniert: Auf 1.500  
solcher Straußpfähle steht  
das Hauptgebäude des  
Deutschen Museums.

## IMPRESSUM

### KULTUR & TECHNIK Das Magazin aus dem Deutschen Museums

26. 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)

Fachberatung, Deutsches Museum:  
Dr. Elisabeth Vaupel

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  
und Rundschau)  
Birgit Schwintek (Grafik), Bärbel Bruckmoser (Bild)

Kinderseite: Christof Gießler, Traudl Weber

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: Mün-  
chen 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 Teich-  
mann, 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) 38189-602, Telefax: (089)  
38189-599. – Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 17,  
Anzeigenschluss: 6 Wochen vor Erscheinen.

Repro: Rehmsbrand, Rehms & Brandl Medientechnik  
GmbH, Friedenstraße 18, D-81671 München.

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

Bindung und Versand: C.H. Beck'sche Buchdru-  
ckerei, Niederlassung des Verlags C.H.Beck oHG,  
Bergerstr. 3, D-86720 Nördlingen.

Bezugspreis 2002: Jährlich € 20,35, Einzelheft  
€ 6,-, jeweils zuzüglich Versandkosten.

Für Mitglieder des Deutschen Museums ist der  
Preis für den Bezug der Zeitschrift im Mitglieds-  
beitrag enthalten (Erwachsene € 43,50), Schüler  
und Studenten € 25,50). Erwerb der Mitglieds-  
schaft: Schriftlich beim Deutschen Museum, D-  
80306 München. – Für Mitglieder der Georg Agri-  
cola-Gesellschaft zur Förderung der Geschichte  
der Naturwissenschaften und der Technik e.V. ist  
der Preis für den Bezug der Zeitschrift im Mit-  
gliedsbeitrag enthalten. Weitere Informationen:  
Georg Agricola-Gesellschaft, Institut für Wissen-

schafts- 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 Ver-  
lag.

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

\*\*\*\*\*

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

ISSN 0344-5690

