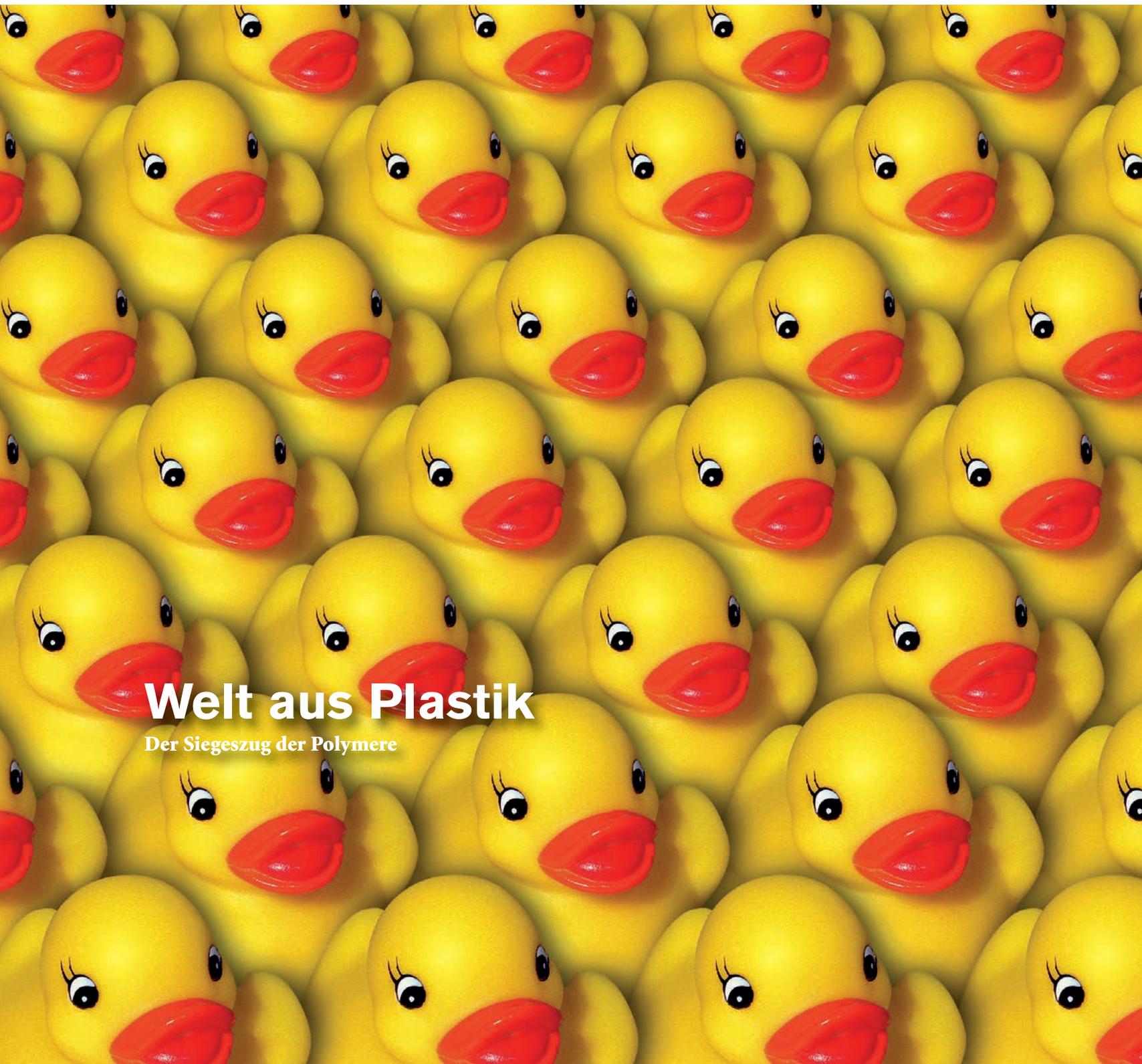


Die Welt der Riesenmoleküle Kunststoff – vom Ersatzmaterial zum Werkstoff der Moderne

Gefährliches Treibgut Plastikmüll verschmutzt die Weltmeere und gefährdet die dortige Tier- und Pflanzenwelt

Museum im Umbruch Das Deutsche Museum sucht nach neuen Interpretationen seiner Geschichte

KULTUR & TECHNIK



Welt aus Plastik

Der Siegeszug der Polymere

Inhalt

Welt aus Plastik

Thema

- 4 Die Welt der Riesenmoleküle**
Kunststoff – vom Ersatzmaterial zum Werkstoff der Moderne
Elisabeth Vaupel

- 11 Freizeit und Sport**
Eine Sonderausstellung der Abteilung Chemie
Isabel Martin

- 14 Gefährliches Treibgut**
Plastikmüll verschmutzt die Weltmeere
Angela Wüstenhagen

- 20 Die Wutchemikalie**
Wie gefährlich ist Bisphenol A?
Andreas Gies

- 26 Gläserne Technik durch Plexiglas**
Zur Ideologie transparenter Modelle in den dreißiger Jahren
Elisabeth Vaupel

- 32 Ende des Dornröschenschlafs**
Karosserien aus Kunststoff setzen sich durch
Erik Eckermann

Magazin

- 44 Museumsarchitektur im Umbruch**
Das Deutsche Museum sucht nach neuen Interpretationen seiner Geschichte
Angelika Kaltwasser

- 50 Die grüne Patina auf Kupferdächern**
Warum Kupferdächer grün werden
Susanne Rehn

- 54 Wer hat an der Uhr gedreht?**
Ein Vorschlag zur Rettung der Sommerzeit
Max Bräutigam

Weitere Rubriken

- 3 Editorial**

- 19 Kaleidoskop**

- 37 Leserbrief**

- 38 Bibliophile Kostbarkeiten**

- 40 MikroMakro**
Die Seiten für junge Leser

- 58 Termine**

- 61 Neues aus dem Freundes- und Förderkreis**

- 62 Deutsches Museum intern**

- 64 Schlusspunkt**

- 66 Vorschau, Impressum**



4

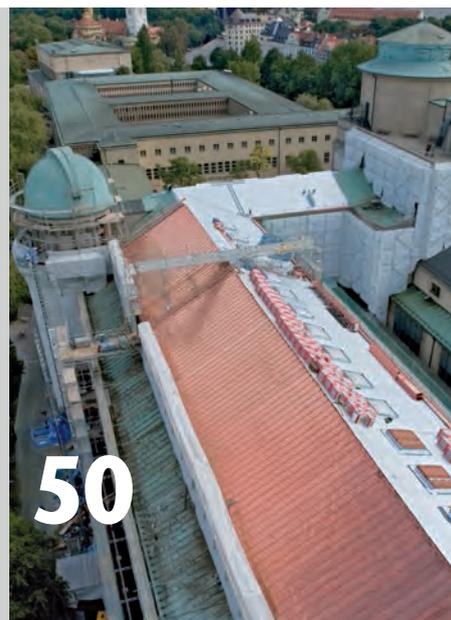
Vor knapp dreißig Jahren wechselte die Menschheit vom Metall- ins Kunststoffzeitalter.



14

In den Weltmeeren sammelt sich der Plastikmüll. Große Meeresströmungen tragen den Unrat tonnenweise an die Küsten: zum Beispiel nach Manila Bay.

Das Deutsche Museum bekommt ein neues Kupferdach. Noch glänzt es rotgolden. In zehn Jahren wird es wieder von einer grünen Patina bedeckt sein.



50

Die Welt der Riesenmoleküle

Kunststoff: Vom Ersatzmaterial zum Werkstoff der Moderne



Keine andere Werkstoffgruppe prägt die materielle Kultur des 20. und beginnenden 21. Jahrhunderts so sehr wie die polymeren Kunststoffe. Seit gut hundert Jahren werden sie aus fossilen Rohstoffen synthetisiert.

Von Elisabeth Vaupel



Seit 1983 werden weltweit erstmals mehr Kunststoffe produziert und verbraucht als Eisen und Stahl. Damit wechselte die Menschheit vor knapp dreißig Jahren endgültig von der »Metallzeit« ins Kunststoffzeitalter. Während die weltweite Produktion von Kunststoffen im Jahr 1949 gerade mal eine Million Tonnen pro Jahr betrug, werden heute rund 260 Millionen Tonnen dieser synthetischen Materialien produziert, die mittlerweile aus unserem Leben, aus den meisten Industriezweigen und der modernen Medizin nicht mehr wegzudenken sind. Obwohl die Kunststoffproduktion und -verarbeitung erst nach dem Zweiten Weltkrieg zu einem mächtigen Industriezweig heranwuchs, begann das Zeitalter der industriell produzierten Kunststoffe schon Mitte des 19. Jahrhunderts.

Charakteristisch für die ersten, zwischen 1850 und 1910 produzierten Kunststoffe ist, dass man bei ihrer Herstellung mangels theoretischer Kenntnisse nur empirisch vorgehen konnte. Zu ihrer Produktion nutzte man makromolekular aufgebaute, weit verbreitete Naturstoffe, vor allen Naturkautschuk, Baumwollcellulose und Milchcasein. Weil die bereits polymer aufgebauten Grundgerüste dieser Ausgangsmaterialien durch chemische Reaktionen nur noch modifiziert wurden, ohne die jeweils zugrunde liegenden makromolekularen Strukturen zu zerstören, waren die ersten Kunststoffe also halbsynthetische Materialien. Durch die Entdeckung der Vulkanisation, bei der die Riesenmoleküle des Naturkautschuks durch Schwefelbrücken miteinander vernetzt werden, entstand aus Kautschuk Gummi und damit ein brauchbarer Werkstoff, abhängig vom Schwefelgehalt als Hart- oder Weichgummi. Beide Varianten dienten als preiswerter Ersatz für Leder, Stoff, Holz oder Stein. Kautschuk wurde in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts vor allem dank des Aufstiegs der elektrotechnischen Industrie und ihres Bedarfs an Isolatoren – wie die meisten Kunststoffe leitet Hartgummi den elektrischen Strom nicht – zu einem Industrierohstoff von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Als weitere Triebkraft wirkte seit Ende des 19. Jahrhunderts die Entwicklung der Automobilindustrie mit ihrem großen Bedarf an Reifen.

BELIEBIG FORMBARES CELLULOID. Etwa gleichzeitig mit der Gummiindustrie entstand eine Industrie, die halbsynthetische Kunststoffe auf Cellulosebasis herstellte. Als Ausgangsmaterial diente Baumwolle, die zu 88 bis 96 Prozent aus Cellulose besteht und wegen ihrer großen Reinheit eine hervorragende Rohstoffquelle ist. Da letztlich alle Pflanzenzellen aus der polymer aufgebauten Cellulose zusammengesetzt sind, nutzt und nutzt man mit ihr einen der am häufigsten vorkommenden Rohstoffe der Welt. Der erste wirtschaftlich bedeutende Massenkunststoff auf Cellulosebasis war das in der Wärme immer wieder verformbare, thermoplastische Celluloid. 1872 entstand zunächst in den USA und wenig später auch in Europa eine ausgedehnte Celluloidindustrie. Hergestellt wurden Billardkugeln, Schreibgeräte, Spielzeug, Toilettenartikel und

Mit dieser Bildfolge veranschaulichte – und versimplifizierte – das einzige Comic-Magazin der DDR, *Mosaik*, die Herstellung von Kunststoffen. Den jugendlichen Lesern sollte vermittelt werden, dass dank der famosen Leistungen der im Sozialismus hoch angesehenen Chemie letztlich aus banalen Ausgangsstoffen Materialien entstehen, die keineswegs billiger »Ersatz«, sondern im Gegenteil wertvolle neue Werkstoffe sind.

Links: In diesem Idealbild einer amerikanischen Wohnküche aus den 1950er Jahren besteht die ganze Inneneinrichtung aus Kunststoff oder Kunstfaser, auch die Kleidung und der Modeschmuck der beiden Frauen.

It's Plastics Picking Time down South

How Chemistry Helps Create New Materials From Nature's Crops

Below Mason and Dixon's line, there's a drift of white across the map. Snowy cotton dapples fields that yesterday were waving green. Tomorrow, you will wear it as cloth, write on it as paper, put it to a thousand uses as plastics.

Plastics from cotton? Yes—from cotton, from wood pulp and from chemicals that have their genesis deep in the earth as coal and limestone, on the earth as corn, above the earth as elements of the very air itself. To these basic elements, Chemistry adds its acids, plasticizers and solvents, while industry provides its scientific processes and its craftsmanship.

The result? A flood of man-made plastics materials undreamed of a generation ago, bringing new articles of universal usefulness. From steering wheels to hair ornaments, from transparent flower boxes to colorful radio cabinets, the list of products made from plastics is well-nigh endless.

Such is another service of Chemistry to Industry... helping produce new materials for a new age to better serve the needs of all mankind. MONSANTO CHEMICAL COMPANY, St. Louis.

HOW MONSANTO SERVES
Monsanto Chemical Company produces 31 chemical products used in the manufacture of plastics. In addition, its Plastics Division at Springfield, Massachusetts, produces these plastics:
Cellulose Acetate • Cellulose Nitrate
Cast Phenolic Resin • Vinyl Acetals
Polyurethane • Resinous Phenolic Compounds
Sheets • Rods • Tubes
Molding Compounds • Castings
Vue-Pak Transparent Packaging Materials

MONSANTO CHEMICALS
SERVING INDUSTRY... WHICH SERVES MANKIND

Diese Monsanto-Reklame aus dem Jahr 1939 zeigt, dass die ersten halbsynthetischen Kunststoffe wie Celluloid oder Celluloseacetat noch aus nachwachsenden Rohstoffen, z. B. Baumwolle, hergestellt wurden. Die Chancen, die die Nutzung nachwachsender Rohstoffe bieten kann, werden heute, angesichts der Endlichkeit der Erdölressourcen, wieder sehr intensiv studiert.

des Ancien Régime versuchten sie, das Konsumverhalten des gehobenen Bürgertums und des alten Adels nachzuahmen, beispielsweise indem sie weiße Krägen aus abwaschbarem Celluloid oder Schmuckimitate aus Galalith trugen.

DER ERSTE VOLLSYNTHETISCHE KUNSTSTOFF. Den ersten wirtschaftlich bedeutenden, vollsynthetischen Kunststoff stellte der belgische Chemiker Leo H. Baekeland (1863–1944) her. Beim Versuch, einen Ersatz für das Naturprodukt Schellack zu synthetisieren – wieder war »Ersatz« das Motiv der Versuche –, ließ er 1907 gezielt verschiedene Phenole in der Hitze mit Formaldehyd reagieren und fand dabei unlösliche, harte Massen, die Phenolharze. Baekeland gelang es, die Reaktion, die hohe Drücke und Temperaturen erforderte, so zu beherrschen, dass die industrielle Produktion der neuen »Kunstharze« möglich wurde. 1910 – vor fast genau hundert Jahren – nahm die erste Bakelit-Fabrik in Erkner bei Berlin ihren Betrieb auf.

Bakelit ist im Gegensatz zu Celluloid ein duroplastischer Kunststoff. Unter Wärme- und Druckeinfluss polymerisiert er irreversibel zu einer harten, unschmelzbaren Masse. Der wichtigste Abnehmer des Bakelits, das in hydraulischen Druckpressen geformt werden konnte und damit bereits eine überwiegend maschinelle Produktion ermöglichte, war abermals die sich stürmisch entwickelnde Elektroindustrie, die Bakelit zu Isoliermaterialien und Gehäusen für Elektrogeräte verarbeitete, wo es die zuvor verwendeten, teuren Isolierstoffe Porzellan und Hartgummi ersetzte. Einstige Ersatzmaterialien wurden also immer wieder durch neu entwickelte verdrängt.

Gebisse. Das Celluloid, das durch seine Haltbarkeit, Abwaschbarkeit und vor allem seine leichte Anfärbbarkeit in allen nur erdenklichen Farben bestach, wurde als Ersatz für wertvolle Naturmaterialien wie Elfenbein, Schildpatt, Horn, Halbedelsteine oder Korallen benutzt. Sein großer Nachteil war seine extrem leichte Brennbarkeit, die letztlich dazu führte, dass heute kein Celluloid mehr hergestellt wird. Auch als Filmmaterial ist es aus ebendiesem Grund seit Jahrzehnten obsolet.

Der dritte, noch im 19. Jahrhundert entwickelte halbsynthetische Kunststoff war der Galalith. Bei seiner Fabrikation ging man vom polymer aufgebauten Milchcasein aus, einem Polypeptid, das in einer langwierigen Reaktion mit Formaldehyd ausgehärtet wird. Über diesen 1897 entwickelten Kunststoff, dessen Produktion sich wegen des umständlichen Verfahrens nicht mehr rentierte, hat *Kultur & Technik* bereits ausführlich berichtet (Heft 3/2004).

PREISGÜNSTIGE ALTERNATIVEN. Im 19. Jahrhundert gab es offensichtlich einen großen Bedarf an Ersatzmaterialien, denn alle frühen plastischen Massen und Kunstfasern wurden zunächst als »Ersatz« für traditionell benutzte, seltene und teure Materialien vermarktet. Derartiger Ersatz wurde in vielen damals neu entstandenen Industriezweigen gebraucht, beispielsweise in der Elektro- und Autoindustrie. Der allgemeine Bedarf an preisgünstigen Werkstoffen stieg nicht zuletzt infolge der damals dramatisch wachsenden Bevölkerungszahl. Wichtige Kunden früher Kunststoffartikel waren vor allem weniger bemittelte Menschen. Nach dem Niedergang

Der Sprung von der bloßen Modifikation natürlich vorkommender Makromoleküle zur gezielten chemischen Synthese eines Hochpolymers war enorm. Bakelit war das erste vom Menschen bewusst geschaffene Makromolekül. Mehr noch: Es war der erste Kunststoff, für dessen Synthese Ausgangsmaterialien, nämlich Phenol und Formaldehyd, verwendet wurden, bei denen es sich nicht mehr um nachwachsende, natürlich vorkommende Rohstoffe handelte, sondern um industriell hergestellte Chemikalien, die letztlich aus Steinkohlenteer und damit einer fossilen Rohstoffquelle gewonnen wurden. Mit dem Bakelit war man zur Nutzung einer Ressource übergegangen, die gerade in Deutschland, das über reiche Kohlelagerstätten verfügte, unendlich schien.

EINE NEUE WISSENSCHAFTLICHE DISZIPLIN. Um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert war die Struktur der Makromoleküle immer noch unbekannt, auch gab es keine Methode, ihr hohes Molekulargewicht zuverlässig zu bestimmen. Vor allem den Arbeiten des späteren Chemie-Nobelpreisträgers Hermann Staudinger ist es zu verdanken, dass in den zwanziger Jahren des 20. Jahrhunderts wesentliche Fortschritte bei der Klärung dieser Probleme erzielt wurden. Es entstand die neue wissenschaftliche Disziplin der makromolekularen Chemie, die sich ausschließlich mit dem Studium der natürlich vorkommenden und synthetisch hergestellten Riesenmoleküle beschäftigte. 1926 war in doppelter Hinsicht ein historisches Jahr für die neue Disziplin. Damals veröffentlichte Hermann Staudinger seine Vorstellungen über den Aufbau der Kunststoffe: Sie bestanden seiner Ansicht nach aus großen Molekülen, die ihrerseits aus zahlreichen kleinen Molekülen aufgebaut sind. In der Fachwelt stieß seine Theorie zunächst auf großes Unverständnis und setzte sich erst in den dreißiger Jahren allgemein durch.

Ebenfalls im Jahr 1926 brachte die Kölner Firma Eckert & Ziegler die erste serientaugliche Spritzgussmaschine auf den Markt. Das war der Startschuss für eines der wichtigsten Verarbeitungsverfahren für thermoplastische Kunststoffe, die heute etwa 80 Prozent der Produktion ausmachen. Erst die Spritzgusstechnologie, bei der ein Kunststoffgranulat erhitzt und unter hohem Druck in eine Form gespritzt wird, ermöglichte die Massenproduktion von Kunststoffen. Dank dieses effizienten Verfahrens spielten Arbeitskosten in der Kunststoffindustrie bald eine wesentlich geringere Rolle als in anderen Branchen. Die Möglichkeit der Massenproduktion sowie niedrige Lohnkosten waren wesentliche Faktoren, die den Weg ins Kunststoffzeitalter sinnvoll und profitabel erscheinen ließen.

INDUSTRIEFORSCHUNG IN DEUTSCHLAND. Schier endlos scheinende Rohstoffquellen, leistungsfähige Verarbeitungsverfahren und ein immer profunderes Verständnis der theoretischen Grundlagen der makromolekularen Chemie ermöglichten seit 1926 die Produktion der ersten Massenkunststoffe. Sie fanden vielseitige Anwendungsgebiete, nicht nur in der Industrie, sondern auch im privaten Haushalt, vor allem in den USA. Diese Entwicklungen wurden in der chemischen Großindustrie aufmerksam verfolgt. 1927 reagierte die I.G. Farbenindustrie AG, das damals größte privatwirtschaftlich geführte Unternehmen Deutschlands. Um neue, lukrative Arbeitsgebiete zu erschließen, wurde im wissenschaftlichen Hauptlaboratorium der I.G. ein Team von mehr als zwanzig hochkarätigen Wissenschaftlern zusammengestellt, die – finanziell hervorragend ausgestattet – Grundlagenforschung über Hochpolymere betreiben sollten. Sie lieferten wichtige Beiträge zu den theoretischen Grundlagen der makromolekularen Chemie. Bald konnten die Industriechemiker die einzelnen Schritte neuer Kunststoffsynthesen systematisch planen. In den Laboratorien wurde in den 1930er Jahren eine Vielzahl neuer Polymere hergestellt, von denen sich etliche in der Folgezeit als äußerst wertvoll erwiesen, beispielsweise Polyacrylnitril,



Zahnbürsten waren im 19. Jahrhundert noch ein Privileg der Wohlhabenden. Sie wurden aus Naturborsten hergestellt und waren deshalb regelrechte Bakterien-schleudern. Die Erfindung des Nylons ermöglichte seit 1938 die kostengünstige Massenproduktion hygienisch unbedenklicher Kunststoff-Zahnbürsten in den USA. In Deutschland kamen die ersten Zahnbürsten mit Perlonborsten erst nach dem Zweiten Weltkrieg auf den Markt.



Hunderte Frauen standen in den USA Schlange, als es nach Ende des Zweiten Weltkriegs wieder Nylonstrümpfe zu kaufen gab. Eine besonders ungeduldige Käuferin zog sich die heiß ersehnte Ware sogar gleich auf der Straße an.

Polyvinylchlorid, Polyester und Polyamide. Anders gesagt: Innerhalb eines Jahrzehnts wurden die wichtigsten, bis heute verwendeten Kunststoffe entwickelt und zu Formteilen, Halbzeug, Schaum, Fasern, Folien und Additiven verarbeitet. Eines der neuen Polymere, die schon in den 30er Jahren ein wirtschaftlicher Erfolg wurden, war das Polystyrol. Dieser Thermoplast eignete sich besonders gut zur Verarbeitung im Spritzgussverfahren. Dank seiner Isoliereigenschaften eroberte es sich bald einen festen Platz in der Radio- und Elektrotechnik. Vom industriellen Standpunkt bedeutender war aber die Tatsache, dass das Styrol mit anderen Molekülen zu Copolymeren – Makromolekülen, die durch Vereinigung verschiedener Arten von Monomeren entstehen – verknüpft werden konnte.

NYLON FÜR DAMENSTRÜMPFE. 1928, kurz nachdem die I.G. Farbenindustrie beschlossen hatte, Forschung auf dem Gebiet der makromolekularen Chemie zu betreiben, wurde bei DuPont, dem größten Chemieunternehmen der USA, eine ähnliche Entscheidung getroffen. Der Chemiker, den man zur Leitung des dortigen Wissenschaftlerteams auserkor, war Wallace Hume Carothers, einer der bedeutendsten Polymerchemiker der USA. Ein Nebenprodukt seiner Forschungen war die Entdeckung des Nylons, der ersten vollsynthetischen Faser der Welt, im Jahr 1935. Das Nylon bewies den Chemikern, dass sie nicht nur Kunststoffe, sondern auch Kunstfasern gezielt aus bestimmten Monomeren aufbauen konnten. Voraussetzung war nur, dass sie die Gesetzmäßigkeiten der makromolekularen Chemie richtig verstanden hatten und anzuwenden wussten. Für die Forschung und Entwicklung auf dem Nylon-Gebiet hatte DuPont mehr als zwanzig Millionen Dollar ausgegeben. Dank eines geschickten Marketings – DuPont hatte von vornherein den Markt für Damenstrümpfe im Visier – standen die Frauen Schlange, als der neue Kunststoff 1940 in Form von Nylonstrümpfen auf den Markt kam. Seit dem Kriegseintritt der USA wurde der größte Teil der Nylonproduktion jedoch für militärische Zwecke gebraucht, vor allem zur Produktion von Fallschirmen, Seilen, Hängematten und anderen Ausrüstungsgegenständen. Bezeichnend für den damaligen

Wettlauf zwischen den Polymerchemikern in Deutschland, England und den USA war, dass in Deutschland zur gleichen Zeit eine Faser mit ähnlichem Aufbau und ähnlichen Eigenschaften wie das Nylon entwickelt wurde, das Perlon. Auch diese Kunstfaser wurde während des Krieges fast ausschließlich für militärische Zwecke verwendet, die Zivilbevölkerung lernte sie erst nach dem Krieg kennen.

SYNTHESEKAUTSCHUK. Lange bevor die Amerikaner und Engländer erkannten, dass Kunststoffe kriegswichtig sind, hatte man dies im kolonien- und rohstoffarmen Deutschland begriffen. Bei den Bayer-Werken in Elberfeld suchte man schon seit 1906 gezielt nach einem vollsynthetischen Kautschuk. 1909 gelang es tatsächlich, Isopren zu einem Polyisopren, also Kautschuk, zu polymerisieren. Um kostengünstig produzieren zu können, ging man jedoch zu einem anderen Monomer über und stellte seit 1910 Methylkautschuk her, den die Firma Continental in Hannover zu Autoreifen verarbeitete. Obwohl der Methylkautschuk ein schlechter »Ersatz« für den Naturkautschuk war, wurde er während des Ersten Weltkriegs in Deutschland, das durch die Seeblockade der Engländer vom Kautschuknachschub aus Übersee abgeschnitten war, produziert und im Wesentlichen zur Herstellung eines Hartgummis verwendet, aus dem vor allem Akkumulatorenkästen für U-Boote hergestellt wurden. Als die Weltmarktpreise für Naturkautschuk infolge der zunehmenden Motorisierung anzogen, wurde die Synthesekautschukforschung 1926 wieder aufgenommen. Schon 1929 fanden die I.G.-Chemiker, dass man besonders haltbares

Material erhielt, wenn man Butadien mit Styrol zum Buna S copolymerisierte. Buna, das 1936 bei der Automobilausstellung in Berlin als große Sensation gefeiert wurde, sollte ein Material werden, das für die Autarkie- und Rüstungspolitik der Nationalsozialisten essenzielle Bedeutung bekam. Um genügend Kautschuk zur Reifenproduktion für die Wehrmacht zu haben, wurde in Deutschland mit großem finanziellen Aufwand eine Synthesekautschuk-Industrie aufgebaut. 1941 erkannten auch die Amerikaner, die durch den Krieg im Pazifik von ihren Naturkautschuklieferungen abgeschnitten wurden, die Notwendigkeit, ein Syntheseprogramm für künstlichen Kautschuk aufzulegen. Mit riesigem Aufwand stampften sie in Kürze regierungseigene Fabriken aus dem Boden. So wurde der Styrolkautschuk im Zweiten Weltkrieg zum Hauptbestandteil von Autoreifen und ist dies bis heute geblieben. Nichtsdestotrotz gibt es immer noch Anwendungsgebiete, für die der Naturkautschuk bis heute unersetzlich ist.

DER WEG IN DIE WEGWERFGESELLSCHAFT. Die Kriegsvorbereitungen und der Ausbruch des Zweiten Weltkriegs sorgten dafür, dass die Kunststoffproduktion zwischen 1935 und 1945 in allen kriegsbeteiligten Ländern signifikant gesteigert wurde. Dies lässt sich an der Geschichte aller damals bekannten Kunststoffe zeigen, so auch im Falle des Plexiglas, das im Zweiten Weltkrieg zu Pilotenkanzeln für Flugzeuge verarbeitet wurde und dadurch zum militärisch wichtigen Werkstoff avancierte (siehe Seite 26 ff.).

Nach 1945 mussten für die während des Krieges aufgebauten Kunststoffkapazitäten zivile Anwendungsmöglichkeiten gefunden werden, eine Notwendigkeit, die sich als wichtige Triebkraft für den Weg ins Kunststoffzeitalter entpuppte. Aus dem ehemals militärisch verwendeten Nylon wurden jetzt – um nur ein Beispiel zu nennen – vor allem Damenstrümpfe hergestellt, aus Plexiglas Lichtkuppeln in Gebäuden. Mit der Verbilligung der Rohmaterialien, die der Umstellung von der Kohle- auf die Erdölchemie nach dem Zweiten Weltkrieg zu verdanken war, wurden Nylonstrümpfe, die anfangs als Kostbarkeit betrachtet und sogar repariert wurden, zunehmend zum Wegwerfartikel.

Die Vielzahl der Wegwerfprodukte aus Kunststoff, die heute auf dem Markt sind – Kugelschreiber, Einwegfeuerzeuge und jede Menge Verpackungsmaterial – ließen den Kunststoffverbrauch nach dem Zweiten Weltkrieg rasch in die Höhe schnellen. Die Etablierung der westdeutschen Konsumgesellschaft nach dem Zweiten Weltkrieg, besonders die zunehmende Ausstattung der Haushalte mit technischen Konsumgütern aller Art – Telefonen, Radios, Fernsehern, Haushaltsgeräten, Sportartikeln, Autos – ging mit einem ständigen Mehrverbrauch an Kunststoffen einher, deren Vorteile seit jeher in ihrer leichten Verarbeitbarkeit, ihren günstigen Materialeigenschaften und ihrem geringen Gewicht gelegen hatten. Die Kunststoffe der fünfziger und sechziger Jahre waren Symbole der Moderne und provozierten durch ihren Charakter des Billigen und Ephemerem. Möbel aus Kunststoff, entworfen von namhaften Designern, sollten nicht mehr jahrzehntelang halten und möglicherweise noch weitervererbt werden, sondern kamen von vornherein als modische, kurzlebige Waren auf den Markt. Nicht bedacht wurde, dass die Produkte der Wegwerfgesellschaft häufig aus sehr langlebigen Kunststoffen hergestellt wurden, beispielsweise aus PVC, das auf den Müllhalden – damals wanderte der Abfall noch überwiegend auf Deponien – fast nicht abgebaut wurde.

Dass hier ein Problem akkumulierte, wurde erst in den 70er Jahren artikuliert. Lange wurden die Probleme verschlafen. Trotz eines gestiegenen Umweltbewusstseins der Bevölkerung stieg der Kunststoffverbrauch kontinuierlich weiter. Er liegt heute in Westeuropa pro Kopf bei durchschnittlich 100 Kilo jährlich. Ein Drittel der Kunststoffe wandert in Deutschland in die Verpa-



Der dänische Designer Verner Panton schuf 1960 den ersten freischwingenden, glasfaserverstärkten Polyesterstuhl aus einem Stück. Die Designikone der 1960er Jahre demonstrierte das einzigartige gestalterische Potenzial von Kunststoffen.



Mit den ersten Legosteinen, die 1949 auf den Markt kamen, begann die Eroberung des Spielzeugmarkts durch Kunststoffe. Legosteine wurden anfangs aus Celluloseacetat hergestellt. Seit 1963 werden sie im Spritzgussverfahren aus Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymerisat (ABS) gefertigt. Der Materialwechsel erlaubte eine passgenaue Fertigung. Die Steine dürfen höchstens zwei Mikrometer von der Norm abweichen.

PROF. DR. ELISABETH VAUPEL

ist Chemiehistorikerin am Forschungsinstitut des Deutschen Museums.

ckungsindustrie, ein Viertel in die Bauindustrie, gefolgt vom Fahrzeugbau mit rund neun Prozent und der Elektro- bzw. Elektronikindustrie mit 7,5 Prozent.

DER PREIS DES FORTSCHRITTS.

Zweifellos haben viele Kunststoffartikel unseren Alltag bequemer und angenehmer gemacht, zweifellos haben sie den Designern völlig neue Gestaltungsmöglichkeiten eröffnet. Vor allem in Form von Verbundwerkstoffen sind Kunststoffe in vielen Fällen Werkstoffe, die die Vorteile aller Materialkomponenten miteinander vereinen.

Seit den 1970er Jahren ist der Öffentlichkeit zunehmend bewusst geworden, dass jeder Fortschritt seinen Preis hat und dass unser hohes Wohlstandsniveau unsere eigenen

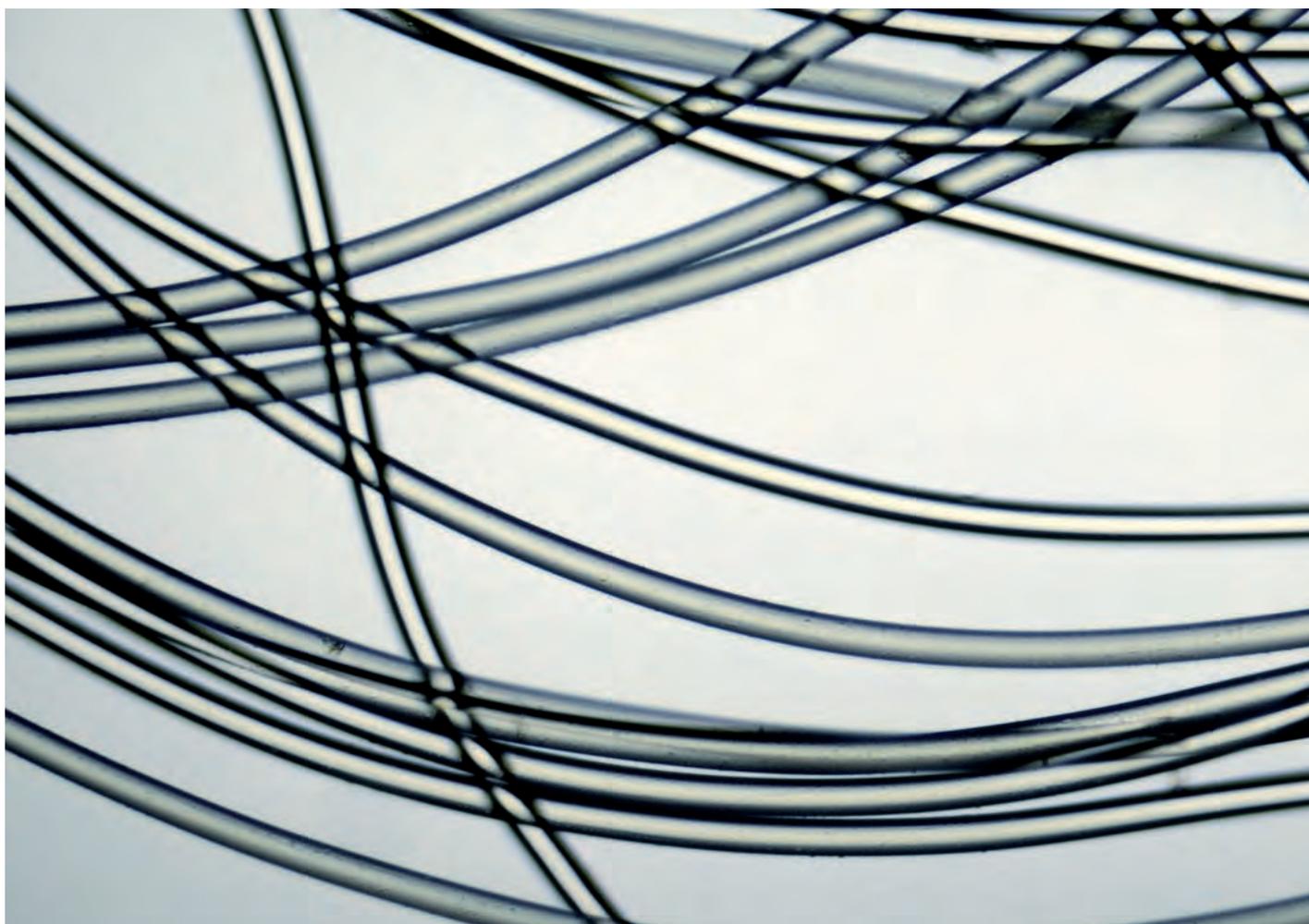
Lebensgrundlagen gefährdet. Die Kunststoffindustrie, die zwar »nur« vier bis sechs Prozent des weltweit eingesetzten Erdöls verbraucht – mehr als 80 Prozent werden als Treibstoff oder Heizöl verbrannt –, ist seit der Umstellung auf Erdöl zu Beginn der 50er Jahre völlig von dieser fossilen Rohstoffquelle abhängig, die für sie Energie- und Rohstofflieferant zugleich ist. Es gibt mehrere Möglichkeiten, bereits jetzt auf die absehbare Ressourcenknappheit zu reagieren. Die erste Stellschraube besteht im verantwortungsbewussten Umgang mit dem Ausgangsmaterial Erdöl und der stofflichen und energetischen Verwertung von Kunststoffabfällen. Dieses Instrument wird, nicht zuletzt dank des Eingreifens des Gesetzgebers, der die Einhaltung gewisser Verwertungsquoten festschrieb, in Deutschland bereits eingesetzt – die Verwertungsquote von Kunststoffabfällen liegt hierzulande inzwischen bei 96 Prozent.

Die zweite Stellschraube könnte die Entwicklung alternativer Kunststoffe sein, die nicht mehr auf Erdöl, sondern auf der Nutzung von Biomasse oder nachwachsenden Rohstoffen basieren. Tatsächlich wird seit einigen Jahren intensiv über »Biokunststoffe« geforscht, die derzeit aber erst knapp ein Prozent des gesamten Kunststoffverbrauchs ausmachen. Allerdings erfordert auch die Herstellung der »Biokunststoffe« wie auch die des »Biosprits« – von der Aussaat über die Ernte, Transport, Fermentation bis hin zur Produktherstellung – Energie, so dass es eine Illusion ist, anzunehmen, solche Stoffe belasteten unsere Umwelt nicht.

Biokunststoffe bestehen heute vor allem aus Stärke, Polymilchsäure oder der reichlich vorhandenen, schon in den Anfängen der Kunststoffherstellung genutzten Cellulose. Ihre Einsatzmöglichkeiten sind noch begrenzt, aber im Verpackungsbereich für Lebensmittel durchaus schon vorhanden. Bioabbaubare Kunststoffe werden in der Medizin, im Agrarsektor oder in der Verpackungsindustrie genutzt.

Langfristig werden wir jedoch nicht umhin kommen, unser Kauf- und Konsumverhalten ebenso wie unsere Ansprüche an die eigene Mobilität zu verändern. Statt wie bisher Ressourcen zu verschwenden, sind Sparsamkeit und Selbstbeschränkung notwendig. Nur wenn es uns gelingt, die Gesellschaft dahingehend umzugestalten, werden wir viele Probleme unserer Zeit lösen, nicht zuletzt die der Endlichkeit der Erdölvorräte oder der Umweltverschmutzung durch Kunststoffmüll. ■■

Abbildung: Lego



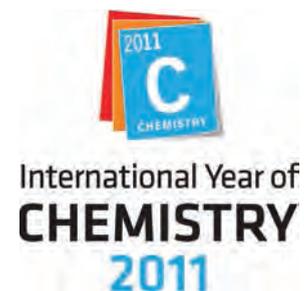
Nylonfasern
unter dem Mikroskop.

Freizeit und Sport

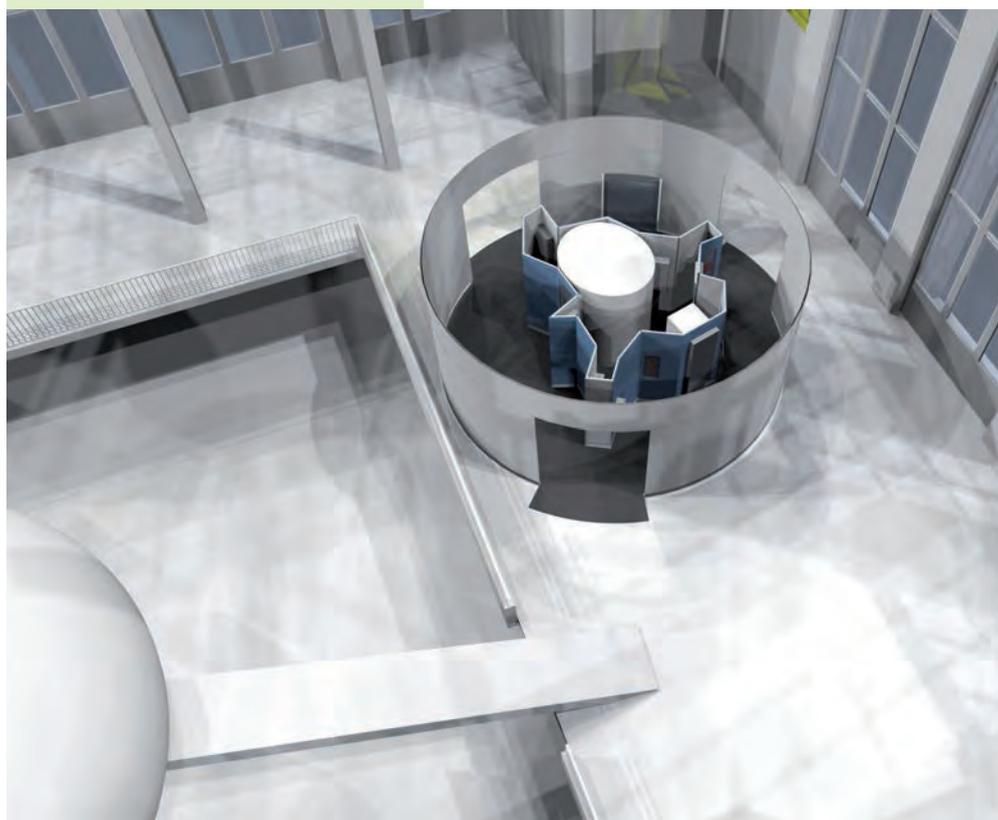
Eine Sonderausstellung der Abteilung Chemie

Die Abteilung Chemie hat eine lange Tradition im Deutschen Museum. Bereits in der ersten Ausstellung des Deutschen Museums im Jahr 1906, damals noch in den Räumen des heutigen Völkerkundemuseums in der Maximilianstraße, war die Chemie vertreten. In den vergangenen hundert Jahren wurde die Ausstellung mehrfach verändert. Die bislang letzte Chemieausstellung mit dem Titel »Wissenschaftliche Chemie« wurde 1972 eröffnet. Ihr charakteristisches Merkmal waren zahlreiche »Druckknopfexperimente«. Nach einer Laufzeit von mehr als 35 Jahren wurde diese Ausstellung Ende 2009 geschlossen. Der Bereich Chemie wird nun von Grund auf neu gestaltet.

In der neuen Chemieausstellung wird der Besucher in seinem Alltag abgeholt. Die chemischen Phänomene, die uns tagtäglich umgeben, werden anschaulich erklärt. Dazu gibt es verschiedene Themeninseln zu den Bereichen Freizeit und Sport, Ernährung, Analytik, Rohstoffe und Industrie, Mensch und Chemie, Energiesparer und Energiespeicher sowie Bauen. Exponate, Texte und vor allem zahlreiche interaktive Demonstrationen erläutern die chemischen Zusammenhänge. Abgerundet wird die Ausstellung durch einen Bereich »Grundlagen der Chemie« und einen Hörsaal-Labor-Komplex für chemische Experimentalvorträge und Besucherkurse.



Das offizielle Logo zum
Internationalen Jahr der
Chemie 2011.



Blick auf die Sonderausstellung Chemie auf der südlichen Galerie des Zentrums Neue Technologien. Am linken Bildrand ist das DNA-Besucherlabor (das UFO) zu erkennen.



In der Sammlung des Deutschen Museums ist eine Vielzahl historischer Farbstoffproben vorhanden. Das Foto zeigt verschiedene Ultramarin-Farbstoffe, die zum Teil auch in der Ausstellung zu sehen sein werden.

MOLEKÜLE IN LANGEN KETTEN.

Anlässlich des Internationalen Jahres der Chemie 2011 gibt das Museum bereits einen kleinen Vorgeschmack auf die neue Chemieausstellung. Im Herbst dieses Jahres wird ein Themengebiet der geplanten Dauerausstellung als »Preview« im Rahmen einer Sonderausstellung auf der südlichen Galerie des Zentrums Neue Technologien präsentiert.

In dieser Sonderausstellung »Freizeit und Sport« werden die Besucherinnen und Besucher in die Welt der Kunststoffe, der Farben und modernen Materialien entführt.

Kunststoffe sind Materialien, die aus sehr langen, synthetisch hergestellten Molekülketten bestehen (siehe auch Beitrag S. 4 ff.). Der Aufbau dieser Molekülketten (Polymere) erfolgt über die Verbindung vieler kleiner Bausteine (Monomere). Durch die Variation der Monomere und verschiedene Wechselwirkungen

zwischen den einzelnen Polymerketten erhält man Kunststoffe mit ganz unterschiedlichen Eigenschaften.

Kunststoffe werden nach ihrem jeweiligen Verhalten bei einer Temperaturänderung oder einer Verformung in der Regel in die drei Kategorien Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere unterteilt. Eine Demonstration zu diesem Thema zeigt, welche Strukturen auf molekularer Ebene für die sehr unterschiedlichen Eigenschaften der drei Kunststoffarten verantwortlich sind. Erklärt wird dabei, warum ein Bungee-Seil über eine solche hohe Elastizität verfügt und bei einem Sprung nicht reißt oder warum ein Paddel in einem großen Belastungsbereich eine beachtliche Stabilität aufweist.

VON MODERNEN SKIERN ZUM NYLONSTRUMPF. Ein besonderer Blickfang der Sonderausstellung wird eine Bergsteiger-Inszenierung sein, die gerade in den Werkstätten des Deutschen Museums aufgebaut wird. In dieser Inszenierung wird ein Bergsteiger aus den 1930er Jahren einer modernen Bergsteigerin gegenübergestellt.

Kunststoffe sind heutzutage aus dem Freizeit- und Sportbereich nicht mehr wegzudenken. Sie werden als Materialien für Funktionskleidung oder in Sportgeräten eingesetzt, um den Komfort und die Sicherheit der Sportler zu erhöhen oder um im Spitzensport neue Höchstleistungen zu erzielen. Aber warum schützt zum Beispiel eine Goretex®-Jacke zwar vor Wasser, ist aber trotzdem atmungsaktiv? Polytetrafluorethylen (PTFE), auch als Teflon® bekannt, wird zu einer sehr dünnen Membran ausgezogen. Diese enthält unzählige Poren, die so klein sind, dass ein Wassertropfen nicht hindurchpasst. Andererseits sind sie groß genug, um Wasserdampf und somit einzelne Wassermoleküle durchzulassen. Regen kann also nicht durch die Jacke hindurch, entstehender Schweiß kann aber problemlos nach außen abgegeben werden.

Ein gutes Beispiel für die Verwendung von Kunststoffen in Sportgeräten sind moderne Skier. Nur durch eine geeignete Kombination verschiedener Materialien können Skier zugleich elastisch und auch sehr stabil sein und dadurch einen großen Fahrkomfort bieten. Häufig werden für Skier Holzkerne zusammen mit Polyurethan-Hartschäumen verwendet. Die einzelnen Komponenten des Skis werden durch Epoxidharze dauerhaft verklebt und halten so auch größeren Belastungen stand.

Als Polyurethane wird eine Gruppe von Kunststoffen bezeichnet, die je nach Herstellungsart und Zusammensetzung sehr unterschiedliche Eigenschaften aufweisen kann. So lassen sich neben den bereits genannten Hartschäumen auch Polyurethan-Weichschäume herstellen, die ihre Anwendung beispielsweise in Sportschuhen finden. Dort sorgen sie als Zwischensohle für die nötige Dämpfung und leisten somit einen wichtigen Beitrag zur Schonung der Gelenke. Welche verschiedenen Kunststoffe heutzutage wichtige Aufgaben in einem Sportschuh übernehmen, demonstriert in der Ausstellung das Schnittmodell eines Laufschuhs.

Auch in einem Fahrradhelm leisten Kunststoffe wertvolle Dienste und tragen zum Schutz des Sportlers bei. Die äußere, feste Hülle des Helms besteht aus Polycarbonat und sorgt im Falle eines Sturzes für eine Verteilung der Last auf eine größere Fläche. Im Inneren des Helms übernimmt ein Polystyrol-Hartschaum die Funktion einer »Knautschzone« und kann Energie des Sturzes abfangen und damit vor Kopfverletzungen schützen. In der Ausstellung kann man einen Helm-Crashtest beobachten und Messdaten für Crashtests mit und ohne Fahrradhelm vergleichen.

Vor allem im Textilbereich spielen neben der Funktionalität auch das Design und die Farbgebung eine wichtige Rolle. Das Färben von Textilien mit natürlichen Farbstoffen wie Indigo hat eine lange Tradition und wurde bereits im alten Ägypten angewendet. Die Entwicklung künstlicher Farbstoffe begann Mitte des 19. Jahrhunderts mit der Synthese des violetten Farbstoffs Mauvein. In der Folge wurde eine Vielzahl synthetischer Farbstoffe entwickelt, so dass heute das gesamte Farbspektrum verfügbar ist und farbige Textilien zu einer Selbstverständlichkeit geworden sind. In den Sammlungen des Deutschen Museums ist ein reicher Schatz an Originalpräparaten der frühen Farbstoffchemie vorhanden. Ein Teil dieser Präparate wird in der Sonderausstellung zu sehen sein und gibt einen farnefrohen Einblick in die Entwicklung dieser Stoffe.

AN KINDERSTATIONEN SPIELEND LERNEN. Neben den modernen Anwendungsbereichen von Kunststoffen wird auch die historische Polymerchemie nicht zu kurz kommen. Gezeigt werden beispielsweise verschiedene Exponate aus dem ersten Massenkunststoff Bakelit. Dieser hielt bereits Anfang des 20. Jahrhunderts auf vielfältige Weise, z. B. als Gehäuse von Haushaltsgegenständen oder als Kinderspielzeug Einzug in den Alltag. Ebenso vertreten ist die Historie des Nylons, eines Kunststoffs, der vor allem durch seine Verwendung als Material für Feinstrumpfhosen Berühmtheit erlangte (siehe Seiten 6 und 8).

Auch an die kleinen Museumsbesucher wurde gedacht. Sie können sich an speziell gekennzeichneten Kinderstationen spielerisch und altersgerecht mit dem Thema »Kunststoffe« befassen. Die Sonderausstellung zum Thema »Freizeit und Sport« gibt einen Überblick über Eigenschaften, Nutzen und Historie der Kunststoffe und bietet interessante Einblicke in die Anwendung von Polymeren im Freizeit- und Sportbereich. Eine große Anzahl interaktiver Demonstrationen und Medienstationen trägt zum Verständnis der chemischen Sachverhalte bei. Viele historische sowie moderne Exponate aus verschiedenen Bereichen der Polymerchemie unterstreichen die Bedeutung von Kunststoffen früher und heute. ■■



Am Aufbau der Bergsteiger-Inszenierung wird derzeit in den Werkstätten des Deutschen Museums gearbeitet. Hier ist schon das Bergmassiv zu erkennen. Auch der Bergsteiger wurde bereits modelliert und muss nun noch entsprechend angekleidet werden.

DR. ISABEL MARTIN ist wissenschaftliche Volontärin in der Abteilung Chemie des Deutschen Museums.



Gefährliches Treibgut

Plastikmüll verschmutzt die Weltmeere

Dank der Vielfalt ihrer Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten sind Kunststoffe aus unserem heutigen Leben nicht mehr wegzudenken. Doch ihre Allgegenwärtigkeit führt besonders bei der Entsorgung zu großen Problemen. In den Weltmeeren hat sich inzwischen Plastikmüll in riesiger Menge angesammelt und gefährdet die dortige Tier- und Pflanzenwelt.

Von Angela Wüstenhagen



Eine von verschiedenen Umweltorganisationen 2010 am Strand von Manila Bay durchgeführte Säuberungsaktion ergab 1500 Plastiksäcke mit Müll – gesammelt in nur drei Stunden. 75,5 Prozent des aufgesammelten Unrats bestand aus Kunststoff, vor allem Plastiktüten und Polystyrol-(»Styropor«-)Fragmente.

Hintergrundinformationen

Internetseite der Organisation
»5gyres« <http://5gyres.org/>

Umweltbundesamt (Hrsg.), *Abfälle im Meer – ein gravierendes ökologisches, ökonomisches und ästhetisches Problem.*
www.umweltbundesamt.de

Plastic debris in the oceans, in:
UNEP, Year book 2011
www.unep.org/yearbook/2011/

Als in den 1930er Jahren die ersten thermoplastischen Kunststoffe entwickelt wurden, ahnte noch kaum jemand, wie sich dadurch die Dinge des täglichen Gebrauchs verändern würden. Von den 50er Jahren des vergangenen Jahrhunderts bis heute stieg die jährliche Produktion von ca. 50 Millionen Tonnen auf 230 Millionen Tonnen an. Dabei verlagerte sich der Schwerpunkt der Produktpalette zunehmend in Richtung »Wegwerfartikel« – das heißt, Materialien, die einen äußerst dauerhaften Charakter haben, werden zu Gebrauchsgegenständen verarbeitet, die nur zur kurzfristigen oder einmaligen Verwendung vorgesehen sind (siehe Seite 9).

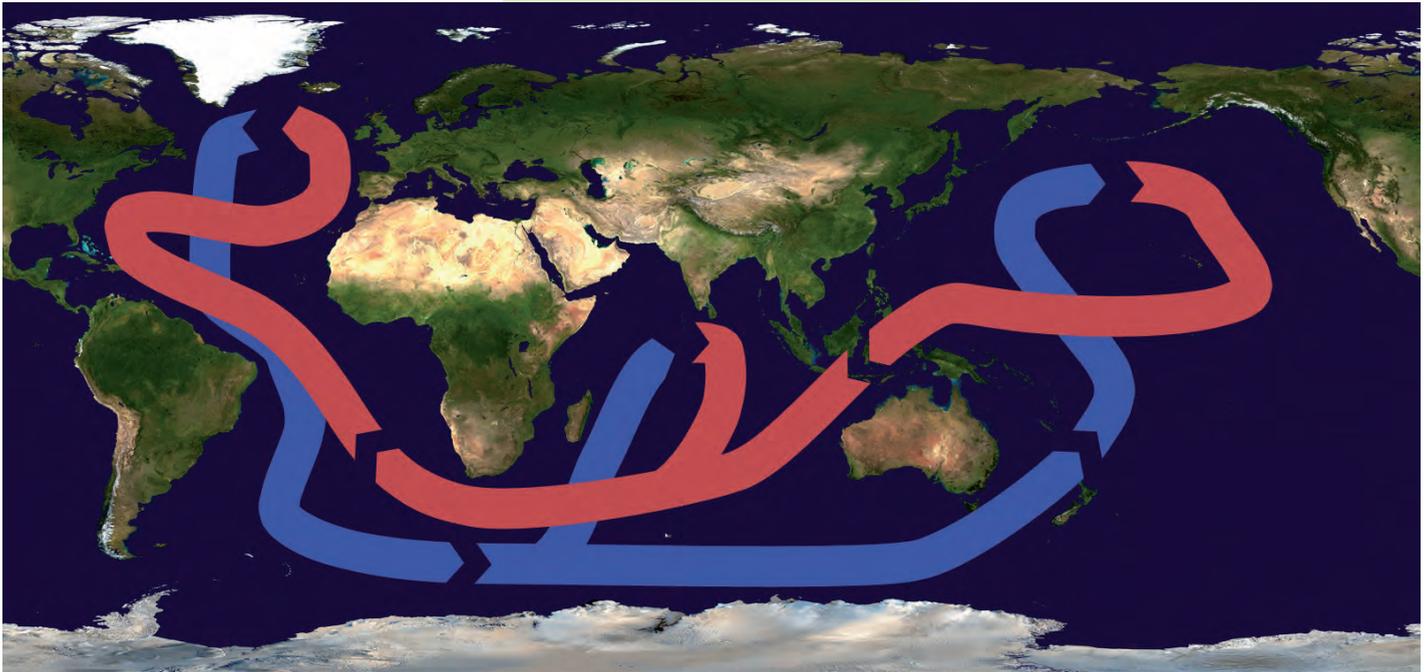
Abbildung: Greenpeace

DIE ENTDECKUNG DER »GARBAGE PATCHES«.

Kunststoffe sind biologisch so gut wie nicht abbaubar; ihr Zerfall beruht auf physikalischer (Photodegradation durch UV-Strahlung) und mechanischer Degradation (Abschleifung, Zerschlagung). Lange Zeit spielte Recycling kaum eine Rolle, und so häuften sich mit der Zeit immense Berge von Plastikmüll an. Die Probleme bei der Beseitigung werden noch dadurch erhöht, dass die meisten Kunststoffe mit Flammschutzmitteln, Pigmenten, Photostabilisatoren, Weichmachern und anderen Zusätzen behandelt werden, um ihre Gebrauchseigenschaften zu verbessern. Dies erschwert sowohl das Verbrennen wie auch ein Recycling, und in manchen Fällen auch den natürlichen Abbau. Dennoch ist eine Entsorgung und ggf. Wiederverwertung von Plastikabfällen an Land zwar aufwendig, aber technisch machbar.

Anders verhält es sich mit den mittlerweile gewaltigen und weiter wachsenden Kunststoffmengen in den Ozeanen. Schon in den 1960er Jahren des vergangenen Jahrhunderts erkannte man, dass Plastik auf dem offenen Meer ein ökologisches Problem darstellt: Erstmals wurde zu dieser Zeit über Plastikfragmente in den Mägen von Seevögeln berichtet. Auch gab es bereits in den 1970er Jahren Studien, die sich speziell mit im Meer treibenden Kunststoffteilen befassten, doch richtete sich das Interesse der Forscher auf mehr oder weniger küstennahe Bereiche. In welchem Ausmaß sich Kunststoffabfälle, getrieben von den Meeresströmungen, auch weit von den Küsten entfernt in den Ozeanen ansammeln, rückte erst vor gut einem Jahrzehnt ins Zentrum der Aufmerksamkeit.

Im Jahr 1997 durchquerte der Katamaran »Alguita« ein »Rossbreiten« genanntes Gebiet im Pazifischen Ozean, das von der Schifffahrt kaum befahren wird: Aufgrund seiner häufigen Calmen (Windstillen) wird die Zone von Segelschiffen gemieden, und auch für Fischer ist sie unattraktiv, da es keine lohnenswerten Fischbestände gibt. Der Kapitän der »Alguita«, James Moore, machte auf seiner Fahrt eine beunruhigende Entdeckung: Während der etwa einwöchigen Passage beobachtete er im Wasser treibende Plastikteile »so weit das



Auge reichte«. Was Moore bei seiner Reise entdeckte, wird inzwischen als North Pacific Garbage Patch (auch Great Pacific Garbage Patch) bezeichnet – eine mitten auf dem offenen Meer dahintreibende Ansammlung aus Plastikmüll, die gewaltige Ausmaße hat. Durch seine Beobachtungen aufgerüttelt, gründete er die Algalita Marine Research Foundation zur Erforschung des Phänomens. Mittlerweile widmet sich auch eine Reihe weiterer staatlicher und privater Forschungsorganisationen dieser Aufgabe.

TRANSPORT IN DEN WASSERWIRBEL.

Der Grund, warum sich die Plastikfragmente in bestimmten Meereszonen in solcher Menge ansammeln, sind riesige, träge Wasserwirbel, (Gyres), die durch das Zusammenwirken von Luftströmungen und Erdrotation (Corioliskraft) entstehen: Im Zentrum subtropischer Hochdruckzonen steigt warme Luft in große Höhen auf, wo sie sich durch Ausdehnung abkühlt und von nachströmender Luft nach außen verdrängt wird. Sie fließt am Rand der Zonen abwärts und treibt dabei Wellen vom Zentrum des Hochdruckgebiets weg vor sich her. Gleichzeitig wird das Wasser durch die Corioliskraft (eine Folge der Erdrotation) seitlich abgelenkt.

Als Ergebnis der unterschiedlich wirkenden Vektoren bewegt sich das Wasser in einem langsamen, aber stetigen Wirbel im

Große Strömungen verbinden vier der fünf Ozeane miteinander. Wie ein globales Förderband transportieren sie dabei auch Plastikteile und anderen Müll rund um den Globus.

Verursacht werden die Strömungen des »globalen Förderbands« durch Unterschiede in Wassertemperatur und Salzkonzentration. Einen Beleg für die weltweiten Verbindungen der verschiedenen Ozeane lieferten die »Friendly Floatees« – 29 000 bunte Kunststofftiere, die 1992 von einem chinesischen Frachtschiff im Nordpazifik über Bord gespült wurden und noch bis vor wenigen Jahren an Stränden rund um den Globus wieder auftauchten. So strandete eines der Spielzeugtiere 2007 in Devon, Südengland – 15 Jahre später und 27 000 Kilometer vom Ursprungsort entfernt. Anhand der aufgefundenen Schwimmtiere ließ sich ihre Reiseroute rekonstruieren; aufgrund der dadurch gewonnenen Daten wurden auch die Daten für die globalen Meeresströmungen überarbeitet.

Kreis – ein Effekt, der auch als Ekmanspirale bezeichnet wird.

Entsprechende Wasserwirbel gibt es in allen Weltmeeren, insgesamt sind fünf große bekannt: Nordpazifikwirbel (hier befindet sich der North Pacific Garbage Patch), Südpazifikwirbel, Nordatlantikwirbel, Südatlantikwirbel und Indischer-Ozean-Wirbel; hinzu kommen einige kleinere Wirbel. Da die meisten Kunststoffe leichter sind als Wasser, werden sie im Meer mit der Strömung über weite Strecken transportiert. Dabei werden sie durch den Einfluss von Sonnenlicht und Wellengang in immer kleinere Fragmente zerschreddert, allerdings nicht endgültig abgebaut. Für einen Teil der Plastikschnipsel endet die Reise in einem der genannten Wasserstrudel, wo der Müll über viele Jahre verbleibt und sich mehr und mehr ansammelt. Inwieweit sich in den einzelnen Wirbeln jeweils Plastikmüll angesammelt hat, ist noch weitgehend unklar, doch zumindest für den Nordatlantikwirbel wurde inzwischen auch in der Sargassosee mit dem North Atlantic Garbage Patch ein soches Phänomen beschrieben.

MILLIONEN TONNEN MÜLL. Derzeit konzentrieren sich die Forschungsbemühungen vor allem auf den North Pacific Garbage Patch, doch auch für diesen gibt es weit mehr Vermutungen und Schätzungen als konkrete Erkenntnisse. Bereits die Ermittlung seiner

Lage und Größe ist praktisch unmöglich, weil es sich um ein fließendes System handelt, das jahreszeitlich und witterungsbedingt starken Schwankungen und Verschiebungen unterliegt. Da der größte Teil des Plastiks aus kleinen Stückchen besteht, die überwiegend nicht direkt an der Oberfläche treiben, sind die Garbage Patches auch auf Satellitenbildern nicht zu erkennen. So existieren bis heute keine konkreten Zahlen über ihre Ausdehnung. Die Schätzungen für den North Pacific Garbage Patch reichen von »so groß wie Texas« bis hin zu »dreimal so groß wie die Vereinigten Staaten«.

Ähnlich verhält es sich mit der Plastikmenge: Die Vermutungen gehen von einigen Millionen Tonnen bis hin zu 100 Millionen Tonnen – was fast einer halben Jahresproduktion entspräche. Sicher ist, dass es sich um immense Mengen handelt und dass die Belastung weiter steigt: Bei ersten, auf Forschungsfahrten im Jahr 1998 durchgeführten Messungen fand man im Durchschnitt pro Kilogramm Plankton sechs Kilogramm Plastik, bei den jüngsten Fahrten lag dieses Verhältnis bei 1:8, Einzelproben erreichten sogar 1:46.

Die tatsächlichen Werte könnten noch um einiges höher liegen: Für die Probennahme werden überwiegend sogenannte Neuston- bzw. Manta-Netze eingesetzt, die ausschließlich die Oberfläche des Wassers abfischen und deren Maschenweite von 0,33 Millimeter auf das Fangen von Plankton ausgelegt ist. Hierdurch ergeben sich nach neueren Studien zwei Probleme: Zum einen werden die Plastikteile, wie bereits erwähnt, in immer kleinere Teile zerlegt, aber keineswegs aufgelöst oder abgebaut. Schließlich entstehen Fragmente, die mit bloßem Auge gar nicht mehr sichtbar sind und durch Neuston-Netze nicht erfasst werden.

Erst seit einiger Zeit befassen sich Studien speziell mit der Entstehung, dem Vorkommen und den Folgen dieses sogenannten Mikroplastiks, dessen Größe als maximal fünf Millimeter definiert ist. Das zweite Problem ist das »fouling« – der Bewuchs der Plastikstücke mit Biofilmen aus Algen oder Bakterien. Hierdurch erhöht sich das Gewicht der Stücke, so dass sie in tiefere Wasserschichten oder auf den Grund absinken



Plastikteile, die irrtümlich für Nahrung gehalten und geschluckt werden, stellen für viele Seevögel, insbesondere aber für Albatrosse, eine erhebliche Gefahr dar, da die Kunststoffteile in manchen Brutkolonien in großer Menge an Jungvögel verfüttert werden. Die Tiere decken mangels Frischwasser auch ihren Flüssigkeitsbedarf über die Nahrung – weshalb die Albatrosküken oftmals nicht verhungern, sondern verdursten. Nach Schätzungen sterben mittlerweile 2 von 5 Jungvögeln des Laysan-Albatros infolge des verschluckten Plastiks. Das Bild oben zeigt Plastikteile, die in den Mägen von vier verendeten Albatrossen gefunden wurden.

und bei Probenahmen an der Wasseroberfläche nicht erfasst werden.

DIE FOLGEN FÜR DIE UMWELT. Doch wie wirkt sich der im Wasser treibende Plastikmüll auf die Umwelt aus? Kunststoffe sind zwar nicht giftig, aber dennoch geht von ihnen eine ganze Reihe unterschiedlicher Gefahren für die marinen Ökosysteme aus. Teilweise sind diese die Folge gerade jener Eigenschaften, die für ihre ursprüngliche Verwendung erwünscht sind: So werden Seile, Schnüre und Netze aus Nylon gefertigt, gerade weil dieses extrem reißfest und zugstabil ist – mit der Folge, dass Tiere, die sich in verlorenen oder »entsorgten« Nylonschnüren verfangen, kaum eine Chance haben, sich zu befreien. Ähnliches gilt für Röhren oder Flaschen aus PET, einem der meistverwendeten Kunststoffe überhaupt – nicht zuletzt, weil er außer einem geringen Gewicht auch Elastizität, Formstabilität und Bruchfestigkeit besitzt.

Eine ganz andere Gefahr geht von Kunststoffbruchstücken aus, die von Vögeln, Fischen und anderen Tieren mit Nahrung verwechselt und verschluckt werden. So können scharfe Kanten zu schweren Verletzungen des Magen-Darm-Trakts führen. Die chemische Unangreifbarkeit verhindert außerdem ein Verdauen, so dass sich Plastikteile im Darm in erheblichen Mengen ansammeln können, wie dies vor allem für Seevögel belegt ist, die teilweise auch ihren Nachwuchs mit Plastikstückchen füttern. Als Folge kann es zu einem Darmverschluss oder durch die Raum-



beanspruchung im Darm zu einem falschen Sättigungsgefühl, dadurch zu verminderter Nahrungsaufnahme und Untergewicht bis zum Verhungern kommen. Tatsächlich wurde in einer Studie an Albatrosküken der Zusammenhang zwischen verschluckter Plastikmenge und vermindertem Gewicht und Körperfettanteil der Nestlinge belegt.

Neben diesen lang bekannten Auswirkungen gibt es andere, weniger offensichtliche: So weitet sich das Problem des Verschluckens von Plastik auf immer mehr Tiergruppen aus. Durch den Zerfall der im Meer treibenden Kunststoffteile in immer kleinere Bruchstücke nimmt die Zahl der kleinen und kleinsten, als Mikroplastik bezeichneten Fragmente kontinuierlich zu. Während größere Stücke für Filterer und kleinere Meeresbewohner wie Schnecken, Quallen, Muscheln etc. (zumindest in diesem Sinne) keine Gefahr darstellen, gilt dies für solche kleinen, höchstens konfettigroßen Schnipsel nicht. Es gibt inzwischen klare Belege dafür, dass die Kunststoffteilchen von vielen wirbellosen Organismen aufgenommen werden. Über die Auswirkungen ist so gut wie nichts bekannt. Allerdings haben Laborversuche an Miesmuscheln gezeigt, dass sich die Aufnahme von Mikroplastik negativ auf das Wachstum und die Gesundheit der Tiere auswirkt, wobei der genaue Mechanismus noch aufgeklärt werden muss.

Hinzu kommt, dass viele Kunststoffe schwer abbaubare organische Schadstoffe (persistent organic pollutants: POPs) aus dem Wasser resorbieren und an ihrer Oberfläche binden. Zu diesen gehören zum Beispiel poly-

Nylonnetze gelten als besonders reißfest. Verlorene Netzteile werden für die Meeresbewohner dadurch zur tödlichen Falle.

ANGELA WÜSTENHAGEN ist Diplom-Biologin und arbeitet als Redakteurin und Lektorin.

chlorierte Biphenyle (PCBs), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAHs) und Pestizide wie DDT. Einen Sonderfall stellt das Bisphenol A (BPA) dar (siehe Seite 20 ff.), da dieses manchen Kunststoffen bereits bei der Fertigung als Weichmacher zugesetzt wird. Je kleiner die Fragmente, desto größer ist ihre relative Oberfläche – das bedeutet, dass sich durch das Zerschneiden großer Plastikstücke in immer kleinere ihr Potenzial, Schadstoffe zu akkumulieren, stark erhöht. In welchem Ausmaß die POPs im Verdauungstrakt der verschiedenen Organismen resorbiert werden, ist völlig unklar.

Auch die schlichte Tatsache, dass Plastik auf dem Wasser schwimmt, birgt ein Risiko: Tiere und Pflanzen, die das künstliche Treibgut besiedeln, können auf diesem unter Umständen sehr weite Strecken reisen – viel weiter, als es auf einem natürlichen Substrat, wie einem Tang- oder einem Holzstück, möglich wäre. Damit erhöht sich die Chance, dass Tiere oder Pflanzen in neue, fremde Lebensräume verfrachtet werden, wo sie sich unter Umständen invasiv ausbreiten und als »alien species« immensen ökologischen und ökonomischen Schaden anrichten können.

Angesichts der Vielzahl der Probleme und der Tatsache, dass die Plastikproduktion weiterhin jährlich um neun Prozent steigt, sind Gegenmaßnahmen dringend erforderlich. Spezielle Konstruktionen, mit denen versucht wurde, bereits im Meer vorhandenen Müll gezielt zu entfernen – ohne dabei Plankton und frei schwimmende Meerestiere abzufischen – waren zwar in kleinem Maßstab erfolgreich, sind jedoch aufgrund der immensen Dimensionen der treibenden Plastikwolken nicht ausreichend effektiv. Da 80 Prozent des Plastikmülls im Meer ihren Ursprung an Land haben, und ein beträchtlicher Teil über die Flüsse ins Meer transportiert wird, scheint es sinnvoll, bereits an dieser Stelle einzugreifen. An erster Stelle stehen hier natürlich Müllvermeidung und Recycling. Inzwischen gibt es außerdem Vorschläge, durch entsprechende Abfangvorrichtungen an der Oberfläche treibenden Müll an den Flussmündungen abzufangen, bevor er seine Reise auf dem offenen Ozean fortsetzen kann. ■■

Kaleidoskop

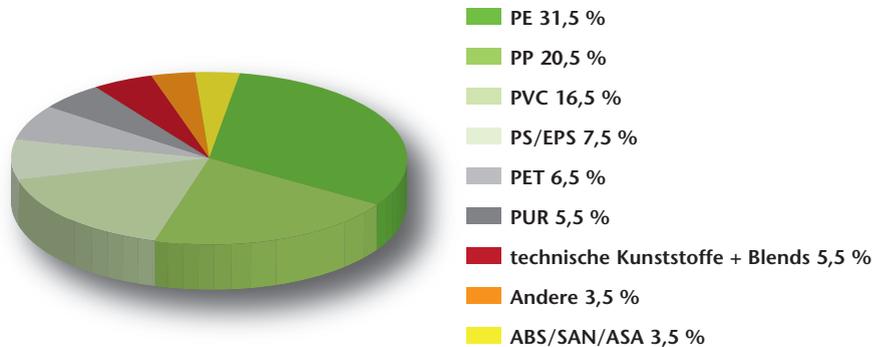
Hintergrund, Statistik, Kultur

PLASTIKWELT IN ZAHLEN

17 Millionen Tonnen Kunststoff wurden in Deutschland im Jahr 2009 produziert. 10,7 Millionen Tonnen davon wurden für die Herstellung von Kunststoffprodukten eingesetzt. 4,9 Millionen Tonnen Kunststoffabfälle fielen 2009 an. 97 Prozent davon wurden recycelt (42 Prozent) bzw. verbrannt (55 Prozent).

Den Hauptanteil der unterschiedlichen Kunststoffklassen machen die Thermoplaste aus. Das sind Kunststoffe, die beim Erhitzen weich werden. Dazu gehören: Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polyethylenterephthalat (PET), Polyvinylchlorid (PVC) und Polystyrol (PS). Fünf Prozent sind technische Kunststoffe und Blends (Mischungen). Zu den technischen Kunststoffen gehören z.B. Poly-

ANTEIL DER KUNSTSTOFFARTEN AN DER PRODUKTION



Quelle: FIZ Chemie, Berlin

amid (PA), Polycarbonat (PC) und Polymethylmethacrylat (PMMA, Plexiglas).

ZUKUNFT BIOPOLYMERE?

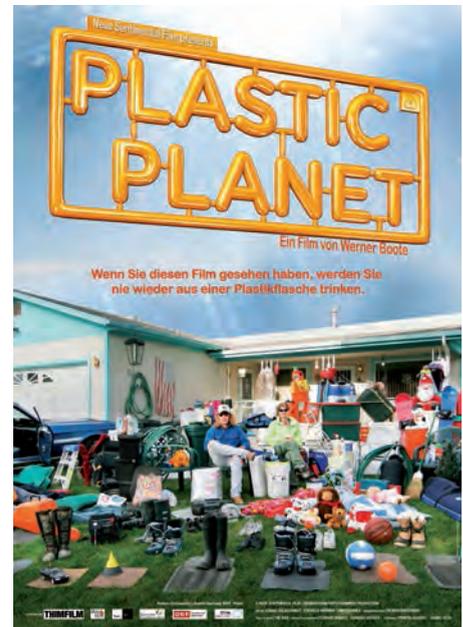
Biopolymere sind biologisch abbaubare Kunststoffe. Sie werden aus erneuerbaren pflanzlichen Grundsubstanzen wie Zellulose und Stärke oder mittels biotechnologischer Prozesse gewonnen. Biopolymere haben den Vorteil, dass sie leicht abbaubar und gut kompostierbar sind. Es gibt natürliche Biopolymere

wie Zellulose (aus Holz oder Baumwolle), Horn (gehärtetes Protein) oder Rohkautschuk und modifizierte natürliche Polymere wie vulkanisierten Kautschuk, Vulkanfiber, Zelluloid und Kaseinprotein. Die Abbauprodukte dieser Biopolymere, Methanol und Methan können wieder verwendet werden. Der in den Pflanzen gebundene Bodenkohlenstoff kann herausgenommen und verwertet werden, so dass ein geschlossener Kohlenstoffkreislauf entsteht.

»PLASTIK IST SCHÖN, PRAKTISCH UND ÜBERALL ...«

Zehn Jahre hat der österreichische Filmemacher Werner Boote recherchiert, bevor er seinen mittlerweile mehrfach ausgezeichneten Film *Plastic Planet* drehte. Bootes Großvater war in den 60er Jahren Geschäftsführer der deutschen InterPlastwerke gewesen, der Regisseur hat also eine recht persönliche Beziehung zum Thema. Und mit dieser Erfahrung beginnt der Film dann auch: Ein kleiner Junge, Werner Boote selbst, zwischen zahlreichen Spielsachen aus Kunststoff: Ein Kind des Plastikzeitalters.

2009 kam *Plastic Planet* ins Kino: Als provozierende und verstörende Dokumentation über die Schattenseiten von Kunststoffen. *Plastic Planet* erklärt, diskutiert, entlarvt und stellt am Ende viele Fragen: Warum ändern



Der Filmemacher Werner Boote durchleuchtet unsere schöne, bunte Plastikwelt.

wir unser Konsumverhalten nicht? Warum reagiert die Industrie nicht auf die Gefahren? Wer ist verantwortlich für die Müllberge in Wüsten und Meeren? Wer gewinnt dabei? Und wer verliert?

Hintergrundinformationen zum Film:

www.plastic-planet.at



Aus dem Biopolymer Maisstärke wurde die Hülle dieses Mobiltelefons hergestellt.

Die Wutchemikalie

Wie gefährlich ist Bisphenol A?



Bisphenol A ist ein wichtiger Zusatzstoff in vielen Plastikprodukten. Umweltverbände warnen vor Gesundheitsschäden durch die Chemikalie, die über Lebensmittelverpackungen in den Körper gelangt. Die Hersteller-Lobby wiegelt ab, die Verbraucher sind verunsichert. **Von Andreas Gies**

Zuerst warnten vor drei Jahren 38 führende internationale Wissenschaftler davor, dass viele Menschen die Chemikalie Bisphenol A in Mengen aufnehmen, die in vielen Tierversuchen zu erheblichen negativen Veränderungen in der Reproduktionsgesundheit und der Entwicklung führen. Im letzten Jahr bekräftigte Jochen Flasbarth, der Präsident des Umweltbundesamts: »...die vorliegenden Kenntnisse sollten ausreichen, die Verwendung bestimmter Bisphenol-A-haltiger Produkte aus Vorsorgegründen zu beschränken.« Im gleichen Jahr fordern 41 Umwelt- und Gesundheitsorganisationen sowie 19 Wissenschaftler aus 15 Ländern die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) auf, dafür zu sorgen, dass insbesondere Kinder und Schwangere, die besonders gefährdet sind, dem Stoff nicht mehr in diesem Maße ausgesetzt werden.

Doch die EFSA bekräftigt ihren bisherigen Standpunkt: Der Stoff sei ohne Risiko. Trotz dieser Haltung der Behörde verbieten Dänemark und Frankreich Bisphenol-A-haltige Produkte für Babys, Österreich und Schweden kündigen dies an. Ende November 2010 folgt die Europäische Kommission den Bedenken und verbietet ab März 2011 die Produktion und ab Juni 2011 den Verkauf von Babyflaschen, die den Stoff freisetzen. »Eine gute Nachricht für Europas Eltern«, sagt John Dalli, Europäischer Kommissar für Gesundheit und Verbraucherschutz. Doch nicht jeder empfindet das so:

Eigentlich ist Professor Helmut Greim, der Vorsitzende des Wissenschaftlichen Komitees der Europäischen Gemeinschaft für Gesundheit und Umweltrisiken, ein freundlicher, erfolgreicher älterer Herr mit silberweißen Haaren. Doch wenn er über das Bisphenol-A-Verbot durch die EU spricht, verliert er die Contenance. Gegen EU, Presse und Kollegen findet er überdeutliche Worte: »... es gibt Leute, die es auf ihre Fahnen geschrieben haben, irgendeine Chemikalie zu verdammen. Sie setzen alles dran, um das zu beweisen, egal mit welchen Mitteln. Die Presse ist begeistert, diese Befürchtungen aufzunehmen und weiterzugeben. Kurzum: Mit den Gegnern des Bisphenol A kann man sich nicht einigen.«

ALLGEGENWÄRTIG. Es geht um viel. Bisphenol A ist einer der wichtigsten Grundstoffe für die Plastikindustrie. 2006 produzierte die chemische Industrie 3,8 Millionen Tonnen Bisphenol A. In Deutschland wurden 840 000 Tonnen hergestellt, mehr als zehn Kilogramm pro Kopf der Bevölkerung. Der Umsatz mit diesem Stoff wächst stark. Allein 2011 sollen 475 000 Tonnen zusätzliche Produktionskapazität, vor allem in Asien, an den Markt gehen. 98 Prozent dieser Menge werden zu Kunststoffen verarbeitet.

Einer der wichtigsten Kunststoffe ist das klare, harte Polycarbonat. DVDs werden daraus hergestellt, Trinkgefäße für Kinder und Erwachsene, Autoscheinwerfer, Schiebedächer, Kunststoffmöbel und Medizingeräte. Erkennbar ist das Material an der eingepprägten Recyclingnummer »07« in einem Dreieck aus drei Pfeilen mit dem Zusatz »PC«.

Bei der Herstellung wird Bisphenol A fest in den Kunststoff eingebunden. Mit zunehmendem Gebrauch und Alter wird die Chemikalie aber langsam wieder freigesetzt. Scheuern, Säuren, Laugen und Hitze beschleunigen diesen Prozess.

Auch viele Epoxidharze werden aus Bisphenol A hergestellt. Diese Harze finden sich in Wasserrohren und Konservendosen als Innenbeschichtung und zum Beispiel auch in Wasserkochern. Nicht gebundene Reste des Bisphenol werden aus den Harzen freigesetzt, insbesondere wenn die Herstellung nicht korrekt und fachmännisch erfolgt.

20 000 Tonnen der Chemikalie gehen in andere Verwendungen, in denen Bisphenol A zum Teil frei vorliegt. So dient der Stoff als Entwickler im Thermopapier unserer Kassenzettel und Boardingkarten, die wir täglich in den Händen halten.



2006 produzierte die chemische Industrie weltweit 3,8 Millionen Tonnen Bisphenol A. In Deutschland wurden 840 000 Tonnen hergestellt, mehr als zehn Kilogramm pro Kopf der Bevölkerung.



Bevor Bisphenol A in Kunststoffen Karriere machte, wurde es als möglicher Ersatz für natürliches Östrogen untersucht.

Bisphenol A ist einer der Stoffe, die für analytische Chemiker ein Alptraum sind. Die Gefahr, dass Proben verunreinigt werden, ist immens. Überall in unserer Umwelt findet sich dieser Stoff: im Hausstaub, an unseren Händen, in der Außenluft, in Seen, Flüssen und im Trinkwasser, in entlegenen Teilen des Ozeans ebenso wie in Fischen, Muttermilch, menschlichem Blut und Plazenten.

ERSATZ FÜR ÖSTROGEN. Die Chemiefirma Bayer lässt sich im Jahr 1953 Polycarbonat, das der Chemiker Hermann Schnell aus Bisphenol A hergestellt hatte, als neuen Kunststoff patentieren. Lange bevor Bisphenol A damit Karriere in der Kunststoffindustrie machte, war es britischen biochemischen Labors gut bekannt. Auf der Suche nach Ersatzstoffen für natürliches Östrogen in der Arzneimitteltherapie wurden vor 75 Jahren die Biochemiker Charles Dodds und Wilfrid Lawson fündig. Bei Versuchen an Ratten stellten sie fest, dass Bisphenol A wie das weibliche Hormon Östrogen wirkt. Zwar waren größere Mengen als vom natürlichen Östrogen nötig, aber genauso wie beim natürlichen Botenstoff nahm die Gebärmutter der Nagetiere an Gewicht zu, wenn ihnen dieser Stoff verfüttert wurde. Später gefundene potentere Stoffe machten das Rennen um preiswerte Östrogensatzstoffe auf dem Arzneimittelmarkt, vor allem Diethylstilboestrol, das nach jahrzehntelangem Einsatz wegen seiner gravierenden Nebenwirkungen verboten wurde.

Bisphenol A jedoch wurde zum Beispiel für eine Gruppe von Chemikalien, die Toxikologen heute erhebliche Probleme bereiten. Diese Stoffe unterbrechen oder beeinflussen die hormonelle Steuerung des Körpers, wirken wie Hormone oder blockieren diese in ihrer Wirkung. Im Englischen nennt man diese Stoffe »endocrine disruptors«, deutsch: Endokrine Disruptoren oder Umwelthormone.

Diese Stoffe schädigen meist nicht einzelne Organe, vielmehr greifen sie in die Steuerung des Organismus ein. Derzeit kennen wir mehrere Hundert Chemikalien, die entweder wie Hormone wirken, die Wirkung der Hormone hemmen oder in anderer Art und Weise das Hormonsystem stören können. Sehr verschieden sind die Herkunft und die chemische Struktur dieser Stoffe. Zu den Umwelthormonen gehören natürliche Hormone wie das Östrogen, das Menschen und Tiere bilden, synthetische Hormone, wie das Ethinylestradiol aus der Pille, natürliche Pflanzeninhaltsstoffe, die sogenannten Phytoöstrogene, industriell hergestellte Chemikalien wie Bisphenol A und Phthalate, die als Kunststoffweichmacher in PVC eingesetzt werden, sowie Pestizide wie DDT oder Vinclozolin.

Die meisten der bisher bekannten Stoffe wirken entweder auf das System der weiblichen oder männlichen Geschlechtshormone oder auf die Schilddrüse und ihre Hormone. Beide Hormonsysteme spielen eine wichtige Rolle bei der Entwicklung des Organismus vor der Geburt.

Besonders in der Entwicklung sorgt eine optimierte Abfolge hormoneller Signale dafür, dass sich ein undifferenzierter Haufen von Zellen zu einem gesunden Lebewesen entwickelt, dessen Physiognomie und Physiologie vorherbestimmt und optimiert sind. Kleine Eingriffe in das Steuerungssystem können große Wirkungen haben. Thalidomid, ein Schmerzmittel, vertrieben unter dem Namen Contergan, machte dies deutlich. Fast während des gesamten Lebens wird dieses Mittel nebenwirkungsfrei vertragen. In dem engen Fenster zwischen dem 34. und dem 50. Tag der Schwangerschaft jedoch, wenn die Extremitäten im Embryo angelegt werden, stört es diesen Entwicklungsprozess und führt zu den bekannten schweren Fehlbildungen. Auch bei den Umwelthormonen zeigen sich daher Effekte oft nur dann, wenn die Störung in bestimmten Zeitfenstern während der Schwangerschaft eintritt. Zu anderen Zeitpunkten können die Umwelthormone selbst in sehr viel höherer Dosis keine oder völlig andere Wirkungen haben. Bei diesen Stoffen ist also nicht nur die Dosis entscheidend für die Wirkung, sondern auch der exakte Zeitpunkt der Gabe. Selbst wenn der Stoff beim erwachsenen Organismus keine schädigende Wirkung zeigt, also im herkömmlichen Sprachgebrauch ungiftig ist, können viel geringere Dosen während Schwangerschaft und Entwicklung zu schweren unumkehrbaren Schäden führen.

KLEINE MENGE – GROSSE WIRKUNG. Bisphenol A ist einer der Stoffe, die den Behörden zunehmend Schwierigkeiten bei der Einschätzung ihrer Risiken für Mensch und Umwelt bereiten. In den 70er und 80er Jahren standen im Mittelpunkt des öffentlichen und behördlichen Interesses Stoffe wie PCB, Pentachlorphenol und DDT. Diese sind heute verboten, ihre Konzentrationen in der Umwelt sind dadurch drastisch zurückgegangen. Nun rückt eine neue Generation von Stoffen in den Vordergrund der Betrachtung. Diese Stoffe kommen heute kaum noch in Abluft oder Abwässern vor, sondern verlassen die Fabriken durch die Vordertore als Teil von Produkten. Dadurch werden sie breit und diffus in die Umwelt eingetragen und es ist kaum mehr möglich, sie durch technische Reinigungsprozesse zu entfernen.

Die bekanntesten Vertreter dieser neuen Gruppe von Problemstoffen sind die Kunststoffweichmacher Phthalate und eben das Kunststoff-Ausgangsprodukt Bisphenol A. Diese Chemikalie ist heute sicherlich das am besten untersuchte Umwelthormon. Allein 2010 erschienen 285 Artikel in der internationalen wissenschaftlichen Literatur über die hormonellen Eigenschaften von Bisphenol A. Mehrere Hundert Arbeiten untersuchten diese Chemikalie in Tierversuchen. Verabreichte man Ratten oder Mäusen nur wenige Millionstel Gramm während der Schwangerschaft mit der Nahrung oder dem Trinkwasser, so zeigten die Nachkommen oftmals schwere und bleibende Schäden. Bei männlichen Nachkommen fanden sich Krebsvorstufen in der vergrößerten Prostata, die Hoden waren verkleinert, Anzahl und Beweglichkeit der Spermien waren ver-

Informationen im Internet

Eine aktuelle Studie des Umweltbundesamts informiert über Bisphenol A. Sie kann online heruntergeladen werden unter: www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3782.pdf

Auch der Bund Naturschutz informiert über Bisphenol A: www.bund.net/bisphenol-a

Literatur zum Thema

EFSA (2010), Scientific Opinion on Bisphenol A: Evaluation of a study investigating its neurodevelopmental toxicity, review of recent scientific literature on its toxicity and advice on the Danish risk assessment of Bisphenol A., *EFSA Journal* 8 (9): 1829 ff., Parts I and II

»Die Kritik an Bisphenol A ist reine Ideologie«, Interview mit Prof. H. Greim, *Nachrichten aus der Chemie* 59, S. 124 (2011)



Bisphenol A macht Tiere krank. Experten streiten darüber, ob diese Beobachtung auf den Menschen übertragbar ist.

ERSCHRECKEND SCHÄDLICH UND TROTZDEM KEIN PROBLEM. Bisphenol A verursacht bei Tieren Krankheiten – in Dosisbereichen, die nur wenig höher sind als die, denen Teile der Bevölkerung ausgesetzt sind. Menschen haben ein höheres Krankheitsrisiko, wenn sie mehr Bisphenol A im Körper haben. All dies ist sicherlich kein Beweis dafür, dass dieser Stoff Krebs auslöst, zu Fettsucht führt oder unsere Fähigkeit, uns erfolgreich zu vermehren, untergräbt. Allemal, so scheint es, wären diese Erkenntnisse Grund dafür, vorsichtig zu sein. Warum aber wehren sich Toxikologen wie Helmut Greim so wütend gegen die Vorsicht? Warum sind mit ihm die meisten Behörden in Europa, Amerika und Japan, die über unsere Gesundheit wachen sollen, nicht nur zögerlich, sondern entschlossen, diesen Stoff zu verteidigen?

Herstellern von Chemikalien wird durch Gesetze auferlegt, eigene Studien über die Wirkung an Nagetieren bei den Behörden einzureichen. Diese Studien müssen nach strengen Regeln angefertigt sein und werden von der Industrie bezahlt und von Auftragslaboratorien angefertigt. Etliche dieser Studien wurden von den Herstellern veranlasst. Problematische Effekte wurden in diesen erst gefunden, wenn man den Tieren Bisphenol A in Dosen verabreichte, die mehrere Tausend Mal so hoch waren wie die, die ein Mensch normalerweise zu sich nimmt. Bei einigen dieser Studien zeigten sich Wirkungen auch bei sehr kleinen Mengen, aber diese wurden als nicht erheblich betrachtet. Die Behörden in Amerika, Asien und Europa folgten den Schlussfolgerungen der Industrie: kein Risiko. Sie verwarfen alle Studien der unabhängigen Wissenschaftler, die ein Risiko aufzeigten, als ungenügend in der Qualität. Dieses Verdikt traf 42 Studien aus unabhängigen Laboren, bei denen Bisphenol A in Mengen verfüttert wurde, die die Behörden als sicher bezeichnen.

Seitdem leben wir mit zwei vermeintlichen Wahrheiten. Zum einen der Wahrheit der unabhängigen Wissenschaftler. Diese werden nicht müde zu warnen, unterstützt von Umwelt- und Gesundheitsorganisationen. Zum anderen der Wahrheit der Industrie, der Auftragsinstitute und

mindert und das Sexualverhalten war gedämpft. Weibliche Nachkommen zeigten einen Verlust des mütterlichen Verhaltens, verfrühte Pubertät, Veränderungen der Gebärmutter und der Vagina und eine vergrößerte Empfindlichkeit gegenüber krebserregenden Substanzen bei der Ausbildung von Brustkrebs.

Das Spektrum der Effekte liest sich wie eine Liste der modernen Gesundheitsprobleme in unserer Gesellschaft. In Deutschland verfügen gesunde junge Männer nur noch über ein Drittel der Spermien im Vergleich zu Männern vor dreißig Jahren. Die Erkrankungsraten an hormonabhängigen Krebsarten wie Prostatakrebs beim Mann und Brustkrebs bei der Frau stiegen in Deutschland in den letzten 25 Jahren um 120 Prozent beziehungsweise 50 Prozent.

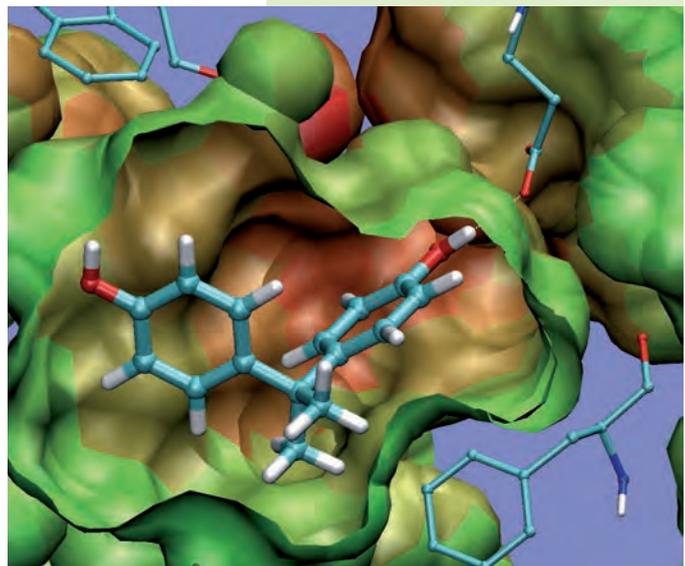
Auch Studien beim Menschen senden deutliche Warnsignale. Je höher der gemessene Gehalt an Bisphenol A im Urin ist, desto wahrscheinlicher sind eine Erkrankung an Diabetes oder Herzkrankheiten. Arbeiter, die mit Bisphenol A umgingen, hatten je nach Körperbelastung ein erhöhtes Risiko des Verlusts der Libido, der Potenz und eine schlechtere Spermienqualität.

Bisphenol A findet sich in zahlreichen Artikeln des täglichen Lebens. Zum Problem wird die Chemikalie, wenn sie über die Nahrung in den Körper gelangt.

der wissenschaftlichen Komitees der Behörden. Diese werden nicht müde zu entwarnen, unterstützt von zahlreichen Public-Relations-Agenturen.

Dazwischen stehen die Bürgerin und der Bürger. Sollen er oder sie bei der Auswahl der Trinkflasche für die Tochter zuerst den Recyclinghinweis auf dem Boden suchen, dann Hunderte wissenschaftliche Artikel lesen, um selber eine Entscheidung treffen zu können: Glas oder Polycarbonat?

Mit dem Verbot der Bisphenol-A-haltigen Babyflaschen hat sich die Europäische Union ein Stück weit für ihre Bürger und gegen die europäischen Behörden und ihre Kommissionen entschieden. Aber auch wenn es gelingt, die hormonwirksame Chemikalie aus der Nähe des Menschen zu verdrängen, bleibt die Frage, was in diesem Fall dazu geführt hat, dass wissenschaftliche Experten mit ihren Studienergebnissen und ihren Urteilen so weit auseinanderliegen. Überraschend ist das nicht. Bei der Gefahr des Passivrauchens, der Gefahr, durch Asbest an Krebs zu erkranken, und der Gefahr durch Pentachlorphenol aus Holzschutzmitteln gab es vor dem Verbot einen erbitterten Streit zwischen Wissenschaftlern. Es mag für den alleingelassenen Konsumenten ein Trost sein: Am Ende haben sich immer noch Gesundheits- und Umweltschutz durchgesetzt. ■



Bisphenol A wird immer wieder mit Störungen im Hormonsystem in Zusammenhang gebracht. Obwohl die Chemikalie nicht natürlich vorkommt, befindet sie sich heute in jedem menschlichen Körper, im Urin, im Blut, im Fruchtwasser, in der Follikelflüssigkeit, im Gebärmuttergewebe oder im Blut der Nabelschnur. Die Grafik zeigt, wie Bisphenol A mit dem Östrogenrezeptor alpha interagiert.

BISPHENOL A WIRD VERWENDET BEI DER HERSTELLUNG VON

Polycarbonat-Kunststoffen

- ▶ Sicherheitsscheiben aus Kunststoffplatten (Kunstglas)
- ▶ Teile für Stecker oder Schalter
- ▶ Gehäuse von elektrischen/elektronischen Geräten (u. a. Mobiltelefone, Wasserkocher, Kaffeemaschinen, Computer)
- ▶ optische Datenträger wie CDs, DVDs oder Blu-ray Discs™
- ▶ Autoteile (transparente Kunststoffteile), z. B. Reflektoren
- ▶ Flaschen und Behälter für Lebensmittel und Getränke
- ▶ Brillengläser
- ▶ mikrowellenfestes Geschirr, Kunststoffbestecke, Kochutensilien
- ▶ Motorradhelme und -schutzschilde
- ▶ medizinische Geräte

Epoxidharzen

- ▶ Bodenbeläge
- ▶ Lacke (u. a. als Beschichtung für Haushaltsgeräte)
- ▶ Getränkedosen und Konservendosen (als Innenbeschichtung)
- ▶ gedruckte Platinen in elektronischen Artikeln
- ▶ Verbundwerkstoffe (u. a. für Tennisschläger oder Surfbretter)
- ▶ Klebstoffe
- ▶ Innenbeschichtungen zur Sanierung von Trink- und Abwasserbehältern und -rohren



Quelle: Umweltbundesamt

DR. ANDREAS GIES ist Mitarbeiter des Umweltbundesamts. Der Beitrag gibt seine persönliche Meinung und nicht notwendig den Standpunkt des Amtes wieder.

Die »Gläserne Frau« aus dem Hygiene-Museum in Dresden war 1934 zu Gast in den USA, wo sie überall als technisches Meisterstück bestaunt wurde. Sie beeindruckte so sehr, dass sie 1937 sogar als Reklamemotiv für Motoröl herhalten musste.



Transparent Woman

A new substance you can see through made it possible to construct the Transparent Woman. At various exhibits you will be able to view this remarkable model of the complete human body, made visible, clear through. Now if there could just be a similar fine way of showing you the insides of your automobile engine being *Oil-Plated*

by Conoco Germ Processed Oil—patented. No other oil forms Oil-Plating. If you could just see this unique Oil-Plating in your engine it would seem like the first really permanent lubrication to you. Can't drain away because it *plates* to every part . . . can't burn right up . . . can't leave any un-oiled bare spots. Whether you're hustling

through a 5000-mile trip, or starting and stopping on a hundred daily errands, your engine stays 100% Oil-Plated. Even without seeing it, you know how Oil-Plating helps. Because when the Conoco Mileage Merchant checks your radiator—and your Germ Processed oil—you "don't need anything." Continental Oil Co.

CONOCO GERM PROCESSED MOTOR OIL



Gläserne Technik durch Plexiglas

Zur Ideologie transparenter Modelle in den dreißiger Jahren

Auf den Propagandaausstellungen des Hitler-Regimes wurden seit 1937 mehrfach technische Modelle aus Plexiglas gezeigt, die wahre Publikumsmagneten waren und an den Erfolg des »Gläsernen Menschen« im Deutschen Hygiene-Museum in Dresden anknüpften. Von Elisabeth Vaupel

Im ersten Jahr der nationalsozialistischen Diktatur, 1933, war bei der Firma Röhm & Haas in Darmstadt das Polymethylmethacrylat (PMMA) zur technischen Reife entwickelt worden. Dieses Polymer, das heute vor allem unter dem Namen Acryl- oder Plexiglas bekannt ist, war keine Zufallsentdeckung, sondern das Resultat der 1928 begonnenen, systematischen Erforschung von Polymerisationskunststoffen aus Methylmethacrylsäureestern. Als der neue Kunststoff 1933 auf den Markt kam, war er eine Sensation. Er sah aus wie Glas, war aber kein echtes Silikatglas, sondern ein aus organischen Molekülen aufgebauter Kunststoff, in gewisser Weise also ein »organisches Glas«. Damals kannte man zwar schon einige durchsichtige Kunststoffe, beispielsweise das 1869 erfundene Celluloid oder das 1905 erstmals synthetisierte Celluloseacetat; diese beiden halbsynthetischen Kunststoffe auf Cellulosebasis vergilbten aber am Licht und büßten ihre Transparenz schnell ein. Auch unter den frühen Polymerisationskunststoffen, die die Chemiker der I.G. Farbenindustrie A.G. in den späten 1920er und frühen 1930er Jahren entwickelt hatten, gab es durchaus einige, die durchsichtig waren, beispielsweise das spröde Polystyrol, das Polyvinylacetat oder das Polyvinylchlorid, doch keiner davon besaß das faszinierende Eigenschaftsspektrum des Plexiglases, das leicht, biegsam, extrem lichtdurchlässig, mit gewissen Einschränkungen auch chemikalien- und alterungsbeständig war und zudem vielseitige Bearbeitungsmöglichkeiten bot, sich also sägen, bohren, drehen, fräsen, kleben und in der Wärme verformen ließ.



Zwei der damals vielbeachteten gläsernen Modelle, eine gläserne Schreibmaschine und der gläserne Opel Olympia, befinden sich heute im Deutschen Museum. Sie sollten nicht nur technische Vorgänge transparent und begreifbar machen, sondern ebenso zeigen, dass Technik auch eine ästhetische Dimension hat.



Plexiglas ist zwar weniger hart, dafür aber leichter als Glas. Für den Bau von Fensterscheiben in Flugzeugen schien es daher von Anfang an gut geeignet.

SICHERHEITSVERGLASUNGEN. Bei der Suche nach Anwendungsmöglichkeiten für das Plexiglas dachte man bei Röhm & Haas in Darmstadt sofort daran, den neuen Werkstoff als Ersatz für das zerbrechliche und leicht splitternde Glas zu vermarkten. Tatsächlich gelang es, glasklare, schlieren- und blasenfreie Plexiglasplatten herzustellen. Kleinere Formate wurden zu Gasmasken- oder Uhrengläsern verarbeitet, größere sollten dagegen einen Markt im Flugzeug- und Automobilbau finden. Autos waren damals meist noch nicht mit Sicherheitsglas ausgestattet, so dass Zusammenstöße oft üble Schnittwunden und Verletzungen zur Folge hatten. Plexiglasscheiben im Fahrzeugbau sollten diese Gefahr minimieren. Ein zusätzlicher Vorteil war, dass man durch Kunststoffenster Gewicht und somit Treibstoffkosten sparte. Plexiglas hatte nur einen Nachteil: Es war weniger hart als Glas. Für Frontscheiben von Autos eignete es sich nicht, weil es rasch verkratzt; die Seitenscheiben hingegen, die dem Fahrtwind weniger ausgesetzt waren, ließen sich durchaus aus Plexiglas herstellen. In der staubfreien Atmosphäre, in der Flugzeuge fliegen, spielte die mangelnde Kratzfestigkeit ebenfalls keine Rolle, so dass Pilotenkanzeln von Flugzeugen und die Passagiergondeln von Zeppelin problemlos mit Plexiglas verglast werden konnten.

Bei all diesen Anwendungen profitierte man von der Tatsache, dass sich Plexiglas als thermoplastischer Kunststoff in der Wärme verformen ließ, so dass auch gebogene Scheiben hergestellt werden konnten. Angesichts der von den Nationalsozialisten forcierten



Massenmotorisierungs- und Aufrüstungspolitik boten sich im Flug- und Fahrzeugbau zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten für Plexiglas. Aber nicht nur dort: Auch Konsumartikel wie Lineale, Salatbestecke oder Schmuck wurden aus dem neuen Kunststoff hergestellt.

Seit der Verkündung des Vierjahresplans im Jahr 1936 wanderte jedoch fast die gesamte Plexiglasproduktion in den militärisch wichtigen Flugzeugbau. Nur Produktions- und Schnittabfälle konnten noch zu Konsumartikeln weiterverarbeitet werden. Mit der 1936/37 anlaufenden Kriegsproduktion stieg die Plexiglasproduktion steil an, so dass der Hersteller Röhm & Haas ein neues Werk in Brandenburg eröffnen und die Belegschaft auf das Zehnfache aufstocken konnte.

DURCHSICHTIGER OPEL OLYMPIA.

Während Plexiglas ab 1936/37 für die Bevölkerung kaum noch erhältlich war, zeigte es auf den großen technischen Propagandaausstellungen, die in den späten 30er Jahren in Deutschland stattfanden, umso größere Präsenz. Die großen Reichs- und Gauausstellungen des NS-Staats, die von Hunderttausenden Menschen besucht wurden, waren geschickt inszenierte Mischungen aus Warenmesse, Polit- und Kulturschau und zugleich wichtige Medien, um einem großen Laienpublikum neueste technische Errungenschaften vorzustellen.

Die neue selbsttragende Karosserie des Opel Olympia konnte auf der Automobilausstellung 1937 durch Plexiglasscheiben begutachtet werden.



Der »Kristall«-Motor der Firma Bauer & Schaurte auf der Berliner Automobilausstellung von 1938 demonstrierte die Leistungsfähigkeit der neuen, wesentlich leichteren Schrauben.

Publikumswirksam inszeniert wurde das Plexiglas beispielsweise 1937 auf der Berliner Automobilausstellung. Hier war ein Opel Olympia mit Dach, Türverkleidung, Motorhaube und Kofferraum aus Plexiglas zu sehen. Die Autoliebhaber sollten so die neue selbsttragende Karosserie genau begutachten können. Üblicherweise bestanden Autos jener Zeit nämlich aus einem stabilen Chassis mit Rahmen, auf das die Karosserie aufgesetzt wurde. Beim Opel Olympia dagegen waren die Karosseriegrundstruktur und der Rahmen des Chassis zu einem fachwerkähnlichen, selbsttragenden Stahlgerippe verbunden. Solche selbsttragenden Konstruktionen kannte man in der Luftfahrttechnik schon länger, im Automobilbau waren sie damals jedoch eine absolute Neuigkeit.

Ein Replikat dieses historisch wichtigen Ausstellungsstücks befindet sich seit 1977 im Deutschen Museum. Der Opel Olympia erinnert nicht nur an ein epochemachendes Konstruktionsprinzip im Automobilbau, sondern auch an die Faszination, die das damals neue Plexiglas auf Hunderttausende Ausstellungsbesucher ausübte. Der vielseitige Kunststoff war ein sichtbarer Beweis für die Leistungskraft der deutschen Chemieindustrie, auf die sich die Rüstungsmaschinerie des NS-Regimes in vielen Bereichen stützte. Mit ihren Kunststoffneuentwicklungen konnte die deutsche chemische Industrie zahlreiche Rohstoffengpässe, unter denen das rohstoffarme Deutsche Reich zu leiden hatte, wirkungsvoll kompensieren. Eine Erläuterungstafel am Opel Olympia wies ausdrücklich darauf hin, dass hier nicht nur ein Auto, sondern auch ein neuer deutscher Werkstoff zu bewundern sei, das Plexiglas.

GLÄSERNE MOTOREN. Die Automobilausstellung des Jahres 1938 hatte weitere Highlights aus Plexiglas zu bieten: zwei »gläserne Motoren«. Sie waren nicht nur für das allgemeine Publikum, sondern auch für die Politiker des »Dritten Reiches« eine Attraktion. Hitler, der sich an technischen Fragen und »Erfindungen« stets außergewöhnlich interessiert zeigte, ließ sich bei seinem Messebesuch vor diesen Modellen ablichten, die damals als »die modernsten Mittel der Wer-

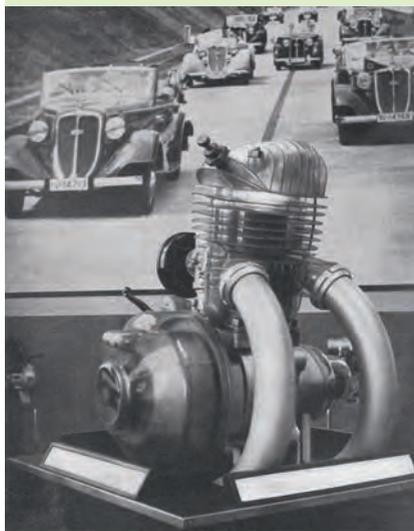
bung und Propaganda« galten. Ein besonderer Hingucker war der gläserne Olympia-Motor in Originalgröße, den die Neusser Schraubenfabrik Bauer & Schaurte hatte anfertigen lassen, um zu demonstrieren, wie viele Stahlschrauben damals üblicherweise in einem Motor verbaut wurden.

Die rheinische Firma wollte Reklame für eine neue, von ihr entwickelte Schraube machen, die sehr viel leichter als ihre Vorläufermodelle war. Der Blick in den plexigläsernen Motor sollte zeigen, wie viel Gewicht durch die Verwendung der neuen Schrauben eingespart wurde – rund 26 Kilogramm!

Der »Kristall-Motor« der Firma Bauer & Schaurte war sogar betriebsfähig; die Bewegungen der Kolben, Ventile und Zahnräder konnten durch das Plexiglas hindurch beobachtet werden. Der zweite »gläserne Motor«, der auf der Automobilausstellung 1938 ausgestellt war, warb für das neue Wanderer-Automobil W 23. Das 1:1-Modell, das im Auftrag der Auto Union AG Chemnitz von der 1937/38 gegründeten Plexiglaswerkstatt des Deutschen Hygiene-Museums in Dresden hergestellt worden war, veranschaulichte die einzelnen Arbeitstakte und die Zündfolge eines Vierzylinder-Viertakt-Ottomotors.

Dank verschiedenfarbiger Lämpchen konnte der Besucher das Ansaugen, Verdichten und Zünden des Benzins und schließlich das Ausströmen des Abgases aus dem Auspuff mitverfolgen, den Weg des Kühlwassers beobachten und sehen, wie eine Kupplung funktioniert. Mit Plexiglas wurde die Black Box »Motor« in gewisser Weise geöffnet und transparent gemacht. Auch auf der Gausausstellung »Sachsen am Werk«, die 1938 in Dresden stattfand, war ein gläserner Motor zu sehen. Effektiv beleuchtet und vor der Großaufnahme einer Autobahn platziert, faszinierte er durch seine Ästhetik und visualisierte zugleich die politische Dimension der geplanten Volksmotorisierung.

IDEOLOGIE DER OBJEKTE – OBJEKTE DER IDEOLOGIE. Ganz im Sinne der Intentionen des Chefingenieurs der Nationalsozialisten, Fritz Todt, vermittelten die gläsernen Motoren die Botschaft, dass technische Objekte nicht nur leistungsfähig, sondern auch



Bei der Dresdner Ausstellung »Sachsen am Werk« wurde 1938 der gläserne Motor eines Kraftrads wirkungsvoll inszeniert.



Der gläserne Wasserkocher der Firma Siemens ließ die Heizspiralen im Topfboden erkennen. Das Modell stammt wahrscheinlich aus den späten 30er Jahren.

schön sein können. So war in der Bildbeilage der Ingenieur-Zeitschrift *Deutsche Technik*, die Todt als Leiter des NS-Hauptamtes für Technik herausgab und die den blumigen Titel »Leistung und Schönheit der Technik im Dritten Reich« trug, im Januar 1939 eine Großaufnahme des gläsernen Motors zu sehen, dessen besondere Ästhetik durch die Kontrasteffekte der Schwarz-Weiß-Fotografie zusätzlich unterstrichen und hervorgehoben wurde. Der gläserne Kraftradmotor war im Gegenlicht aufgenommen worden und glich einem bizarr gebauten Insekt – er schien eher ein biologisches Wesen denn ein Werk der Technik zu sein. Die Grenzen zwischen Natur und Technik verschwammen in dieser Aufnahme und wurden hinfällig.

Die Aufhebung dieser Dichotomie entsprach jedoch genau der Intention der erwähnten Bildbeilage, die bewusst machen sollte, dass technische Artefakte »Meisterwerke der Schönheit« seien, die ihre besondere Ästhetik durch ihre »Harmonie mit der Natur« erreichten.

Die Gegenlichtaufnahme war sichtbarer, mit den Mitteln der Fotografie eingefangener Ausdruck des Konzepts der Zeitschrift *Deutsche Technik*, die konservative Wertvorstellungen wie das Bekenntnis zu Volk, Natur und Heimat mit Fortschrittsbegeisterung verknüpfen wollte. Natürlich war die Ästhetisierung der Technik, die in der Zeit des Nationalsozialismus auch in den damals so beliebten, monumentalen Technik- und Industriegemälden zum Ausdruck kam – das Deutsche Museum besitzt viele Bilder dieses Genres –, kein völlig neues oder gar genuin deutsches Konzept. Dennoch fällt auf, dass die ästhetische Dimension technischer Artefakte in den dreißiger Jahren und der Zeit des Zweiten Weltkriegs in Deutschland, aber nicht nur dort, besonders herausgearbeitet und in den Dienst der politischen und ideologischen Herrschaft gestellt wurde.

Gläserne Motoren und Maschinen hatten im nationalsozialistischen Deutschland zweifellos Konjunktur und repräsentierten Modernität bei gleichzeitiger Integration konservativer, um nicht zu sagen reaktionärer Wertvorstellungen. Wie sehr die glasartigen Exponate die Zeitgenossen beeindruckten,



zeigt nicht nur der Umstand, dass der erwähnte Wanderer-Motor im Jahr 1945 von sowjetischen Truppen als Beutegut von Dresden ins Moskauer Polytechnikum verschleppt wurde.

Die Faszination, die damals von den transparenten Motoren ausging, wird auch daran deutlich, dass der Mitinhaber der bekannten Nürnberger Spielzeugfabrik »Gescha«, der Ingenieur Max Schmid, unmittelbar nach der Automobilausstellung des Jahres 1938 eine Miniaturausgabe des »gläsernen Motors« als Lehrspielzeug konzipierte und sich patentieren ließ (DRP 692 019 vom 24. 12. 1938). 1939 stellte er den neuen Lehrbaukasten auf der Leipziger Spielwarenmesse vor. Er sollte in der betrieblichen Ausbildung verwendet werden, die Bauanleitung verfasste der VDI-Ingenieur Dr. Walter Haeder. Das 68 Seiten umfassende Begleitheft war ein didaktisch geschickt konzipiertes Kompendium des Motorbaus und für angehende Automechaniker, die Zielgruppe des Baukastens, bestens geeignet. Kriegsbedingt konnte der Lehrbaukasten aber erst

Einen »gläsernen Motor« konnte man mit diesem Lehrbaukasten aus dem Jahr 1939 basteln. Die Wertvorstellungen der Erwachsenen spiegeln sich unmittelbar in der Welt des Spielzeugs wider.

Literatur:

Rosemarie Beier, Martin Roth (Hrsg):
Der Gläserne Mensch – eine Sensation.
 Zur Kulturgeschichte eines Ausstellungsobjekts, Dresden 1991

1953 ins Programm der Firma »Gescha« aufgenommen und serienmäßig produziert werden. Ein Exemplar aus dem Jahr 1939 hat sich jedoch im Spielzeugmuseum der Stadt Nürnberg erhalten.

VORBILD »GLÄSERNER MENSCH«. Mit den zahlreichen gläsernen Motoren und Modellen, die in der Vorkriegszeit auf den Ausstellungen des »Dritten Reiches« zu sehen waren und zum großen Teil in den 1937/38 gegründeten Plexiglaswerkstätten des Deutschen Hygiene-Museums in Dresden gebaut wurden, versuchten die Auftraggeber ganz offensichtlich, an den Erfolg des »Gläsernen Menschen« anzuknüpfen, dem seit 1930 bekanntesten Exponat des Hygiene-Museums in Dresden.

Während der »Gläserne Mensch«, der im Gegensatz zu den plexigläsernen Motoren noch aus dem schnell vergilbenden Cellon (einem halbsynthetischen Kunststoff auf Cellulosebasis) gefertigt war, den Menschen als »Wunder der Technik« inszenierte, vermittelten die gläsernen Motoren und gläsernen Maschinen die umgekehrte Botschaft: Hier wurde ein Motor bzw. eine Maschine quasi als »Wunder des Lebens« dargestellt, als komplex organisiertes System, dessen unbelebte Einzelteile durch die schöpferische Hand der Ingenieure »zum Leben erweckt« wurden.

Die gläsernen Ausstellungs- und Museumsmodelle waren zunächst eine deutsche Spezialität und wurden von ausländischen Beobachtern wegen ihres fast schon penetrant beherrschenden Charakters auch als typisch deutsch empfunden.

So berichtete der Schweizer Schriftsteller Max Frisch, der 1935 die Berliner Propagandaausstellung »Wunder des Lebens« besucht hatte, fasziniert, angewidert und erschrocken zugleich von seinen Ausstellungsimpressionen. In seinem überaus lesenswerten Essay, den er in der *Neuen Zürcher Zeitung* veröffentlichte, schrieb er: »Wunder des Lebens: So heißt die größte Ausstellung dieses Jahres in Berlin, die unlegbar eine Prachtleistung ist. Als Sensation steht im Vorraum der gläserne Mensch, dessen einzelne Organe durch inwendige Erleuchtung gezeigt werden, ein Spitzenwerk deutscher Technik; deutsch ist

die Ausstellung auch in ihrer lehrhaften Haltung, wie man sie hierzulande ja überall antrifft. Aktuell ist das Ganze, weil es einen Hauptpfeiler nationalsozialistischer Ideen veranschaulicht, nämlich die Naturwissenschaft.

Im ersten Hauptsaal [...] wird uns der ganze Vorgang des Lebens im menschlichen Körper dargestellt; an tadellosen Modellen sieht man Blutkreislauf und Herzarbeit, einen Kubus mit dem Blutgehalt, der täglich durch unser Herz läuft, und man staunt immer wieder, wie die begabten Aussteller den Weg finden, um ziemlich unvorstellbare Begriffe ins Schaubare zu übersetzen [...] Wunderbar ist der gesunde Mensch! – so ließe sich diese erste Halle betiteln; doch schon die nächsten Räume versuchen eine Nutzbarmachung unserer Begeisterung, denn alles Folgende hat etwa diesen Sinn: Gesund und wunderbar ist nur der nordische Mensch!«

Max Frisch hatte die implizite ideologische Botschaft, die der »Gläserne Mensch« ausstrahlte, und seine ideologische Instrumentalisierung mit großer Sensibilität empfunden und dechiffriert, ganz im Gegensatz zu vielen bereits abgestumpften deutschen Ausstellungsbesuchern, deren Reaktion und Verhalten er im gleichen Bericht folgendermaßen charakterisierte: »Am eindrucklichsten war mir, die Gesichter der Besucher zu beobachten: ausdruckslos betrachteten sie das Gebotene ...«

In der Tat vermittelten die transparenten Modelle – egal ob Mensch, Motor, Maschine oder die gläserne Fabrik, die 1938 auf der Hygiene-Ausstellung »Gesundes Leben – Frohes Schaffen« in Berlin zu sehen waren – auf den Reichs- und Gauausstellungen in Deutschland die Botschaft, dass jedes lebende Organ, jedes technische Bauteil, jede Abteilung eines Unternehmens und jede Unterstruktur eines komplexen Staatsapparates eine genau definierte Funktion hat und dass nur durch das geordnete Zusammenspiel aller Einzelteile großartige Leistungen zustande kommen.

Vielleicht war es diese unterschwellig vermittelte ideologische Botschaft, die in einer kurz vor dem Zweiten Weltkrieg stehenden Diktatur auf so große Resonanz stieß. Die



In der Ausstellung »Wunder des Lebens« 1935 propagierten die Nationalsozialisten ihre rassistische Ideologie und verherrlichten den gesunden, nordischen Menschen. Zentralobjekt dieser Ausstellung war ein »Gläserner Mann«, der Prototyp des gläsernen Bürgers.

PROF. DR. ELISABETH VAUPEL

ist Chemiehistorikerin am Forschungsinstitut des Deutschen Museums.

auffallende Beliebtheit transparenter Modelle, die Durchsichtigkeit, Offenheit und Beherrschbarkeit suggerierten, in einem zunehmend von Intransparenz, Parteigecklungel und politischer Willkür geprägten politischen System wie dem NS-Staat lässt sich wohl nicht nur auf der technisch-didaktischen Ebene erklären, sondern muss auch auf der Ebene der impliziert enthaltenen, ideologischen Botschaften und Intentionen interpretiert werden.

Plexigläserne Funktionsmodelle werden in technisch-naturwissenschaftlichen Museen bis auf den heutigen Tag genutzt. Sie sind in der Tat bewährte didaktische Hilfsmittel, überdies splitterfest, leicht zu reinigen, alterungsbeständig, wenn auch relativ leicht verkratztbar und vergleichsweise teuer in der Herstellung. Als sie in den 1930er Jahren in Mode kamen, waren sie zunächst ein ausschließlich deutsches Phänomen, und zwar nicht nur, weil das Plexiglas in Deutschland erfunden worden war und in anderen Ländern erst mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung und auch unter anderem Namen (als Perspex in Großbritannien, als Lucite in den USA) verfügbar wurde. Wie Max Frisch richtig beobachtet hatte, passten die Plexiglasmodelle besonders gut in die in Deutschland in den 30er und 40er Jahren so beliebten »Lehr- und Leistungsschauen«, die Aufklärung versprochen und doch nur die Ideologie der absoluten, leistungsorientierten Naturbeherrschung vermittelten.

Transparente Materialien waren und sind für Ausstellungs- und Werbezwecke ideal. Ihre Suggestionskraft nutzt die Leichtgläubigkeit, die wir als visuell geprägte Wesen allen visuellen Eindrücken schenken. Die Metapher des »Gläsernen«, die bis heute benutzt wird – ob bei der Gläsernen Manufaktur von VW in Dresden oder dem Gläsernen Labor im Deutschen Museum – suggeriert Transparenz und Offenheit. Dass der mündige Besucher sich angesichts eines so demonstrativ zur Schau gestellten Aufklärungswillens als Erstes immer fragen sollte, was bei so viel vermeintlicher Transparenz jeweils idealisiert, ausgeblendet oder gar verschleiert werden soll, liegt angesichts der geschilderten historischen Hintergründe auf der Hand. ■



Ende des Dornröschenschlafs

Karosserien aus Kunststoff setzen sich durch

Kunststoffe verströmten lange Zeit den Geruch von Ersatz, besonders für deutsche Nasen und besonders im Karosseriebau. Der Dumpftton eines Kunststoff-Kotflügels war dem »Kenner« ein Graus, Maßstab waren die mit Klopftprobe festgestellten »mindestens vier Millimeter Blech«. Tempi passati. Ein Auto ohne Kunststoffe im Innen- und Außenbereich ist kaum noch vorstellbar, hochpreisige Autos tragen Carbon – den Werkstoff der Zukunft. **Von Erik Eckermann**

Kunststoffe haben inzwischen eine rund 170-jährige Geschichte hinter sich – nicht gerade im Zusammenhang mit Autos, aber auch nicht weit entfernt davon: 1839 erfand Charles Goodyear (1800–1860) die »Vulkanisation« von Naturkautschuk und legte damit den Grundstein für die Gummiindustrie. Goodyears Vorarbeiten ermöglichten es Robert William Thomson, 1845 einen elastischen, luftgefüllten Gürtel aus gummiertem Gewebe und Leder patentieren zu lassen. Sein Luftreifen kam zwar nur bei pferdegezogenen Ambulanzen hauptsächlich in England zum Einsatz, zählt jedoch, nach der Wiedererfindung von John Boyd Dunlop (1840–1921) 1888, zu den Bauteilen, ohne die Fahrrad, Auto und Verkehr gar nicht denkbar sind. Mit dem Kutschwagen, unmittelbarer Vorgänger des Automobils, begann auch die Kunststoffverwendung im Fahrzeugbau: Der aus Holz gebaute Kasten benötigte eine Lackierung. Sie bestand bei den Gebrauchswagen aus Ölharzlacken (Kolophonium), später aus Öllacken und in den 1920er Jahren aus Kunstharzlacken.

Die Entwicklung der »richtigen« Kunststoffe, deren wesentliche Eigenschaften nicht im Ausgangsmaterial vorgebildet, sondern vollsynthetisch aufgebaut sind, begann ab 1907 mit »Bakelite«, Handelsbezeichnung für eine von dem Belgier Leo Baekeland patentierte Pressmasse aus Phenolharzen und Formaldehyd (siehe Seite 4 ff.). Bakelit stieg im Volksmund schlechthin zur Bezeichnung von Kunststoffen auf, gefördert von der Anwendung in der Elektrotechnik, Stichwort Schalter und Radiogehäuse. Die Autobauer dagegen ließen sich ein Vierteljahrhundert Zeit, bis sie das neue Material einsetzten: Als Pionier wagte die Firma »DKW« bei der Einführung des DKW F4 (1934–35) einen kleinen Instrumenten- und Schalterträger aus Bakelit, einem mit Textilschnitzeln verstärkten Phenolharzpressstoff.

Ab 1935 befasste sich die Auto Union in Chemnitz mit der Entwicklung von größeren Karosserieteilen aus Kunststoff, zum einen, weil sich die Kontingentierung von Stahl und Gummi bereits abzeichnete, zum anderen, weil man bei der mit Kunstleder bespannten Holzgerippe-Karosserie des DKW F4 zu einer

Links: Die zur Auto Union AG gehörende Firma DKW führte bereits in den 1930er Jahren Versuche mit Kunststoffkarosserien durch. Im Bild einer von drei F7-Prototypen (1937) mit Karosserie-Einzelteilen aus mit Phenolharz verpressten Hartpapierbahnen der Dynamit-Nobel AG, Troisdorf.



P70-Limousine (1955–59) mit einem Karosserieskelett aus Stahlblech und mit Außenhautformteilen aus Kunststoff, einem Verbund aus PVC mit Holzfaserverstärkung.

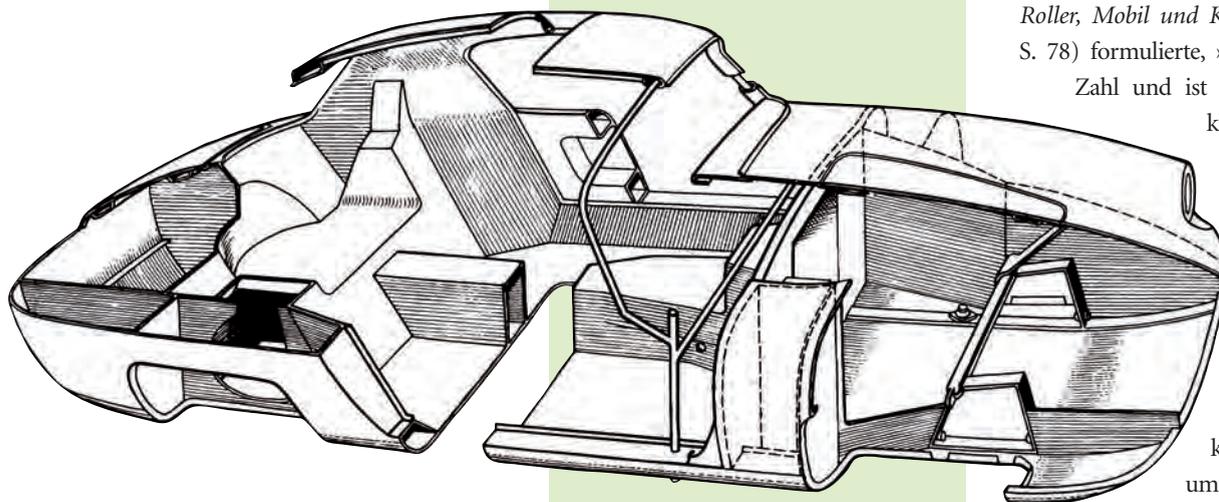
weniger arbeitsintensiven Lösung kommen wollte. Nach zahlreichen Versuchen mit verschiedenen Kunststoffen konzentrierte man sich auf einen Hartschichtstoff, der aus Phenolharz und Natroncellulose bestand. Er bewies seine höhere Schlagzähigkeit im Labor und bei Feldversuchen, wo DKW 1938 mit je einer Limousine mit Holz-/Kunstlederkarosserie (Serie), einer mit Ganzstahl- (Export) und einer mit Hartschicht-Kunststoffkarosserie Überschlagversuche am Steilhang unternahm.

Glaubt man dem Abschlussbericht des Werks Spandau, so war die Kunststoffkarosserie den beiden anderen Bauweisen überlegen. Untermauert wurde dieses Ergebnis später durch Katapultversuche der Auto Union, die

1939 Aufpralltests mit 40 km/h, 1941 sogar mit 50 km/h durchführte.

Nach den Vorstellungen der Auto Union sollte bereits im August 1938 ein Großversuch mit 100 bis 300 Kunststoffkarosserien erfolgen. Eine behutsame Umstellung der Meisterklasse (F8, 1939–42) von der Holz-/Kunstleder- auf die Kunststoffkarosserie war für den 1. Juli 1939 vorgesehen. Doch eine Kostenanalyse ergab einen Mehrpreis der Kunststoffkarosserie von 60 RM, der in der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit nicht mehr abgebaut werden konnte. Denn mit dem Überfall auf Polen am 1. September 1939 begann der Zweite Weltkrieg, und da hatte man ohnehin andere Sorgen.

Erst gut 15 Jahre später wurde die Kunststoffkarosserie weiterentwickelt. Im Westen des nun geteilten Deutschlands bei der neu



gegründeten Auto Union in Ingolstadt zwischen 1952–57 halbherzig und ohne Markteinführung, im Osten aus purer Not. Die früheren Blechlieferranten befanden sich im Westen bzw. in abgetrennten Gebieten, und Karosseriebleche standen auf der Embargoliste der Siegermächte. Da die bisherige DKW-Form zu kompliziert war, beschloss der Ministerrat der DDR die Neuentwicklung eines Personenwagens mit kunststoffgerechter Karosserieform. Ergebnis war der P70 (1955–59). Seine Außenhautteile bestanden aus faserverstärktem PVC. Der P70 blieb Übergangstyp und wurde vom Trabant (P50, 1958–63) abgelöst, der als P601 bis 1991 überlebte. Seine Beplankung bestand aus Duroplast, einer mit Phenolharz behandelten Baumwolle.

SCHUTZLOS IN DER PLASTIKHÜLLE.

Mit über drei Millionen Exemplaren geriet der Trabant zum meistproduzierten Auto mit einer Kunststoffkarosserie. Zu erklären war dies nur mit der damaligen politischen Situation in Mitteleuropa. Dem Unfallverhalten der Karosserie stellte später das Allianz Zentrum für Technik ein miserables Zeugnis aus: Bei der auf einen Stahlblechunterbau montierten und geklebten Duroplastkarosserie sei eine Energieaufnahme im Front- und Heckbereich so gut wie nicht gegeben, weil die Außenhaut beim Unfall sofort zusammenbräche und splitterte. Schon bei einem Heckaufprall mit nur etwa 35 km/h hätte keiner der Insassen eine Überlebenschance.

Ganz generell unterliegt die Kunststoffkarosserie, wie es die Kleinwagenzeitschrift



Lotus Elite (1957–63) mit selbsttragender GFK-Karosserie. Ein vorn im Dach eingeklebtes Stahlrohr erhöht die Steife von Dach, A-Säule und Spritzwand. Ein unsichtbar im Vorderwagen eingeklebter Flachstahl-Hilfsrahmen trägt Motor und Radaufhängung.

Roller, Mobil und Kleinwagen (Heft 3/1958, S. 78) formulierte, »dem Gesetz der kleinen Zahl und ist nur bei verhältnismäßig kleinen Produktionsziffern rentabel«. Das erklärt, warum »Firmen mit größeren Namen [...] dem Stahlblech treu« bleiben. Firmen mit kleinerem Namen hingegen erkannten die Vorteile der Kunststoffkarosserien und setzten sie um, wie die zahllosen Mobile, Kleinwagen und Kleinserienfahrzeuge aus den 1950er Jahren und später beweisen.

KUNSTSTOFF MIT GLASFASER. Neben den niedrigeren Herstellungskosten bei kleineren Stückzahlen bot glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) weitere Vorteile wie geringeres Gewicht und Rostfreiheit. Letztere versprach dem Fahrer eines Autos mit Kunststoffkarosserie sorgenfreies Fahren im Winter, denn herkömmliche Blechkarosserien litten wegen zu geringer Korrosionsvorsorge unter Rostbefall.

So brach Anfang der 1950er Jahre eine wahre Kunststoff-Euphorie aus. Allerdings beschränkte sie sich auf die Außenhaut. Denn nahezu allen Kunststoffautos war eine Metalltragstruktur gemeinsam, sei es die Käfer-Bodengruppe, sei es ein Zentralrohr-, Gitterrohr- oder Blechschalenrahmen aus Stahl oder Aluminium. Vollkunststoffautos, d. h. Autos mit Bodenwanne, Tragwerk und Aufbau aus Chemiewerkstoffen, sind dagegen nur selten gebaut worden.

Ein Beinahe-Vollkunststoffauto stellte Lotus-Chef Colin Chapman auf der London Motor Show 1957 vor. Die selbsttragende Karosserie des Elite Sportcoupés bestand aus acht miteinander verklebten, zweckentsprechend ausgebildeten GFK-Hohlprofilen, z. B. einem Tunnel für Kardanwelle, einer abschließenden Bodenwanne und einem Dach in Sandwichbauweise, bestehend aus Polyurethan-Schaum zwischen zwei dünnen GFK-Schichten. Das kleine Coupé wog insgesamt nur 670 Kilogramm.

Während vom Lotus Elite (1957–63) mehr als 1000 Stück gebaut wurden, entstanden in Westdeutschland lediglich Einzelstücke in Vollkunststoffbauweise. Um die Eignung der neuen Chemiewerkstoffe und -verfahren im Karosseriebau auszuloten und zugleich auf die Korrosionsunempfindlichkeit hinzuweisen, entstanden 1967 nach mehrjähriger Gemeinschaftsarbeit der Firmen Bayer AG Leverkusen (Kunststoffe), Waggon- und Maschinenfabrik AG Donauwörth (Kunststoff-Verarbeitung), Gugelot Design GmbH Ulm (Design) und BMW München einteilige Kunststoff-Bodengruppen in Sandwichbauweise mit BMW-Technik. Die Kunststoff-Chassis konnten ohne Verwendung von verstärkenden Stahlblechen alle auf das Fahrwerk einwirkenden Kräfte aufnehmen, d.h. sie ließen sich ohne Karosserie fahren und benötigten die nunmehr beliebig wählbaren Aufbauten wie Coupé, Roadster oder Taxi nur als Transportraum und Wetterschutz, nicht zur Stabilisierung.

AUFWENDIGER HERSTELLUNGSPROZESS.

Etwa zur gleichen Zeit entstanden beim deutschen Delta-Designteam sowie bei Messerschmitt-Bölkow-Blohm (MBB) Vollkunststoffautos. In Zusammenarbeit mit Metzeler entwickelte Delta-Design 1967 einen Sportwagen auf Basis des NSU TTS, bei dem sämtliche Querschnitte des Karosseriekörpers als geschlossene Raumprofile aus epoxidharzgebundenen Glasfasergeweben ausgebildet und mit Hartschaum ausgeschäumt waren. 1971 folgte mit der Elastogran GmbH als Partner ein Mehrzweckfahrzeug mit selbsttragender Duomer-Bodenwanne, die mit unterschiedlichen Aufbauten aus faserverstärkten elastomeren Polyurethanen versehen werden konnte. Im selben Jahr (1971) stellte MBB ein geländegängiges Amphibienfahrzeug vor, dessen selbsttragende Karosserie aus einem mit Polyurethan-Hartschaum ausgeschäumten GFK-Hohlkörper bestand. Die Karosserie wog nur 185 Kilogramm. Zu einer Fertigung auch kleiner Stückzahlen kam es weder bei Bayer noch bei Delta-Design oder MBB. Der Grund: Die Herstellungskosten waren zu hoch und die Fertigungszeiten zu lang. Sie sind es noch heute.



Der Spatz von 1954, ab 1957 Victoria 250, war das erste in Westdeutschland serienmäßig hergestellte Auto mit einer Karosserie aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK). Sie bot Platz für drei Personen nebeneinander und war auch als Coupé mit Flügelüren erhältlich. Etwa 1600 Stück wurden davon gebaut.



Im Verkehrszentrum des Deutschen Museums können Sie viele der hier genannten Modelle »live« besichtigen.

Das Hauptanwendungsgebiet von GFK lag jedoch nicht im gesamten Aufbaukörper, sondern in der Beplankung einer gegebenen Karosseriestruktur. Diese Bauweise wurde von den Herstellern von Mobilien, Kleinstfahrzeugen und Kleinserien genutzt. Am bekanntesten wurde hierzulande wohl der »Spatz« von 1954, der wegen seines ungünstig verlegten Auspuffrohrs gern mal Feuer fing. Auch Fuldomobil, Weidner, Meyra und Brütsch bauten um diese Zeit Kleinstwagen mit Kunststoffkarosserien, während die Karosseriefabrik Dannenhauer & Stauss ein fetziges Coupé auf DKW-Basis anbot. Sie alle hatten einen Stahlunterbau in dieser oder jener Form.

Autos mit Kunststoff-Außenteilen gab es jedoch keineswegs nur in Deutschland. Schon 1948 stellte der Amerikaner William B. Stout ein Fiberglas-Auto auf die Räder, das getrost als Ahnherr heutiger Großraum-PKWs bezeichnet werden kann. 1953 begann in den USA die Produktion des Kaiser Darrin, weltweit der erste Serienwagen mit einer Karosserie aus glasfaserverstärktem Kunststoff. Im selben Jahr lief bei Chevrolet die Kunststoff-Corvette vom Band, gefolgt vom Studebaker Avanti 1962 und, ganze 21 Jahre später, vom Pontiac Fiero. Von ihm konnten zwischen 1983 und 1988 immerhin 370 168 Exemplare



hergestellt werden. Ein Exemplar steht im Verkehrszentrum des Deutschen Museums.

KOHLEFASERN FÜR AUTOS. Auch andere Hersteller wagten sich an GFK-Karosserien heran, die wichtigsten: in Frankreich Alpine 1952 und Deutsch-Bonnet 1955, in Schweden Volvo P 1900 Sport und Saab Sonett, beide 1956, in der Schweiz Enzmann 1957 und in Italien Bizzarrini 1966. Den meisten Zuspruch erlebte der Werkstoff in England, wo Firmen wie Jensen (1953), Lotus (1957), Elva und TVR (1958), British Daimler mit dem SP 250 (1959) und Bond (ab 1961) einen Boom auslösten, der bis in die 1970er Jahre und darüber hinaus anhielt.

Exoten tragen nach wie vor Karosserien aus GFK, doch im Großserienbau sucht man diese vergebens. Hier beschränkt man sich schon wegen des Unfallverhaltens und der Fließband-Lackierfähigkeit auf Anbauteile wie Vorderwagenabschnitte, Klappen oder Kotflügel. Zunehmend werden kohlefaserverstärkte Kunststoffe (CFK, Carbon) verwendet, in der Großserie für Applikationen und kleinere Teile, in der Kleinserie demnächst für Ganzkarosserien (BMW Elektrowagen, angekündigt für 2013). Das wohl erste Auto mit einer CFK-Karosserie baute Ford/USA bereits 1978/79.

Bei dem Einzelstück bestanden Unterboden, Türen, Karosseriestruktur und Hauben aus kohlefaserverstärktem Kunststoff mit dem angenehmen Effekt einer Gewichtsreduzierung um 33 Prozent gegenüber dem Aus-

Eine kleine Sensation war dieser bieder aussehende Ford LTD von 1979: Nicht nur die gesamte Karosserie einschließlich Unterboden bestand aus kohlefaserverstärktem Kunststoff (CFK), sondern auch der Rahmen. Das Gewicht sank dadurch von 1697 Kilogramm (Serie) auf 1136 Kilogramm.

ERIK ECKERMANN ist Automobilhistoriker und Autor zahlreicher Publikationen rund ums Automobil.

gangsmodell aus Stahlblech. Statt eines V8-Zylindermotors genügte nun ein 4-Zylinder-Aggregat mit entsprechend weniger Verbrauch und Emissionen.

NANOFÜLLUNGEN UND THERMOPLASTE.

Auch Fasern aus nachwachsenden Rohstoffen finden zunehmend Interesse, wobei Flachsgewebe und Polymere auf Basis von Lein- und anderen Pflanzenölen als Ausgangsmaterialien dienen. Motorhauben, Kotflügel und Türen aus Bioverbundwerkstoffen sind in der Erprobung, Hutablagen, Türinnenverkleidungen und Armaturenbretter werden bereits produziert. Noch in der Entwicklung dagegen befinden sich mit nanoskaligen Füllstoffen aufgewertete Thermoplaste, die gegenüber konventionellen Kunststoffmischungen mit Glasfasern oder Graphit Gewichtersparnis, höhere Festigkeit sowie verbesserte Oberflächenqualität und Verarbeitungseigenschaften bieten.

Die vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Verbrauchs- und Abgasgrenzwerte, besonders aber die in Kürze zu erwartenden Elektro- und Hybridautos mit ihren hohen Batteriegewichten zwingen zum Leichtbau, nicht nur bei der Karosserie. Leichterem, festerem und kostengünstig herzustellenden Kunststoffen und Kunststoff-Metall-Kombinationen fällt dabei eine entscheidende Rolle zu. ■■

Deutsches Museum intern

Leserbriefe, Publikationen

KULTUR & TECHNIK 1/2011

LASER

Selten habe ich eine Ausgabe dieser Zeitschrift mit so großem Vergnügen gelesen! Die Beschränkung auf ein zentrales Thema finde ich sehr gelungen, und die Aufsätze sind so überhaupt nicht museal. Schön finde ich auch den Bezug zur zukünftigen Entwicklung.

Neben so viel Lob hätte ich da eine Frage: Besteht die Möglichkeit diese Zeitschrift neben der Printausgabe auch als PDF-Datei zu beziehen? Diese ließe sich deutlich platzsparender sammeln und wäre zudem leichter zu durchsuchen.

Frithjof Schmeer, Lüneburg

Anm. d. Red.: Derzeit werden alle Jahrgänge von *Kultur & Technik* sukzessive als PDF ins Internet gestellt. Bisher gibt es hier die Beiträge aus den Jahrgängen 1977 bis 1986 zum Download. Die Artikel aus dem jeweils aktuellen Magazin finden Sie regelmäßig auf unseren *Kultur & Technik*-Seiten im Internet (www.kulturundtechnik.de)

Sabrina Landes, Redaktionsleitung

LASER IN DER NACHRICHTEN- ÜBERTRAGUNG

Gratulation zu dem sehr schönen Heft über den Laser! Wie immer ein gelungenes Heft, das man gerne liest. Ich war allerdings überrascht, kaum etwas über die große Bedeutung des Halbleiterlasers für die optische Nachrichtenübertragung über Glasfasern (früher: Lichtwellenleiter) zu finden.

Dabei kann man ohne Übertreibung feststellen: Ohne Laser kein Internet, aber auch keine weltweite Telefonie. Heute sind Abermillionen von Kilometern Glasfaser in der Erde oder in den Weltmeeren verlegt, um Daten aller Art zu übertragen, und auch im Zugangsnetz findet weltweit derzeit eine Revolution statt mit dem Übergang von Kupferkabeln zu »Fiber-to-the-Home« (FTTH). Und in jeder dieser Übertragungsstrecken wird ein Laser als Sender verwendet, oft viele entlang der ganzen Strecke.

Für das Deutsche Museum ist es natürlich von besonderem Interesse, dass auch die deutschen Wissenschaftler ebenso wie die Indus-

trie wesentliche Beiträge dazu geliefert haben und noch liefern. Als prominentes Beispiel mag mein früherer, leider verstorbener Münchner Kollege Manfred Börner dienen. Der Physiker Manfred Börner war einer der Pioniere der optischen Nachrichtenübertragung [...].

Stark vereinfacht kann die Laserdiode mit einem winzigen Scheinwerfer verglichen werden, der kohärentes Licht einer einzigen Wellenlänge mit einer Leistung von etwa 10 mW im Infrarotbereich (also im nicht sichtbaren Bereich) abgibt und durch ein außen angelegtes, elektrisches Signal bis zu einer sehr hohen Frequenz (> 1 GHz) in seiner Strahlleistung moduliert bzw. getastet werden kann. Dieser Lichtstrahl wird nun zum Zweck der Nachrichtenübertragung in eine Glasfaser eingekoppelt und kann über große Entfernungen transportiert werden. Die Glasfaser stellt ein breitbandiges, dämpfungsarmes Übertragungsmedium dar und ist damit für die Übertragung sehr hoher Bitraten (Impulse/Sekunde) besonders gut geeignet.

Während normales Fensterglas bei einer Dicke von einem Meter nahezu undurchsichtig ist, nimmt die Intensität eines Lichtstrahls in einer für die optische Nachrichtenübertragung geeigneten, aus hochreinem synthetischem Quarzglas gezogenen Faser auf einem Kilometer Länge – abhängig von der Wellenlänge – nur um 0,5–1 dB, also um 10–20 Prozent ab. Am Ende der Übertragungsstrecke wird das aus der Glasfaser austretende Licht in eine Photodiode eingekoppelt. Dies ist ebenfalls ein Halbleiter-Mischkristall bei dem durch den Einfall von Lichtquanten positive und negative Ladungsträger gebildet werden, die infolge der außen angelegten, in Sperrrichtung gepolten Spannung zu einem Photostrom führt. Das in diesem optoelektrischen Wandler wiedergewonnene elektrische Signal wird dann verstärkt und nach außen, z.B. zur nächsten Übertragungsstrecke abgegeben.

Alle optischen Weitverkehrs-Übertragungssysteme arbeiten heute nach diesem von Prof. Börner angegebenen Systemprinzip. Vor 25 Jahren, also in den Jahren 1965/66, war dies noch nicht vorherzusehen. [...] Es bedurfte des visionären Weitblicks von Prof. Börner, zu

erkennen, »dass die Kombination von Laserdiode, Glasfaser und Photodiode [...], die Basis aller zukünftiger, digitaler Übertragungssysteme abgeben würde und dass diese Unvollkommenheiten bald überwunden sein würden. Das Entstehungsdatum dieser Idee kann einer Labornotiz vom 14. Oktober 1965 entnommen werden und die weitere Entwicklung des Gedankens führte zu der Patentanmeldung im Dezember 1966 mit Patentansprüchen, die auch heute noch aktuell und für alle digitalen optischen Übertragungssysteme zutreffend sind.« So schön der Artikel über den MASER ist: Die Bedeutung des Lasers für die Nachrichtenübertragung ist weit größer und verdient gewiß stärkere Beachtung.

Bitte verstehen Sie meine Bemerkungen nicht als Kritik! Ich weiß, dass der Platz nie ausreicht, um allen Facetten eines Themas gerecht zu werden. Als Berater für die Abteilung Telekommunikation ist es mir natürlich ein Anliegen, auf dieses fundamental wichtige Anwendungsgebiet der Lasertechnik hinzuweisen.

Prof. Jörg Eberspächer
Mitglied des Kuratoriums
des Deutschen Museums

NEU ERSCHIENEN:

Glastechnik im Deutschen Museum

Band II: Hohlglas

Der Ausstellungsführer behandelt die Herstellung von Trinkgläsern, Flaschen und Glasbehältern, mithin den umfangreichsten Teil der Glasproduktion überhaupt. Das Buch zeigt die Techniken der Herstellung von der handwerklichen Fertigung in der Glashütte bis zur Automatisierung in modernen Fabriken. Es breitet darüberhinaus den Reichtum der kunsthandwerklichen Veredelung aus, erklärt die vielfältigen Dekortechniken und vertieft die historischen Aspekte der Ausstellung.

München 2010, 11 Euro.
Den Ausstellungsführer
erhalten Sie im
Museumsshop:



www.deutsches-museum-shop.de

Lumpenmangel

Jacob Christian Schäffers Suche nach Ersatzstoffen für die Papierproduktion

Der Theologe und Naturforscher prüfte als Erster systematisch die Möglichkeit, Papier aus pflanzlichen Rohstoffen herzustellen.

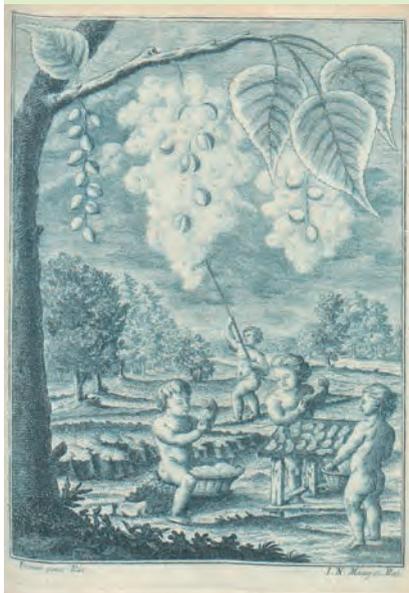
Von Helmut Hilz

Die Technikgeschichte ist in der frühen Neuzeit durch einen von den Zeitgenossen verstärkt wahrgenommenen Ressourcenmangel gekennzeichnet, das zeigt gerade auch das Beispiel Papier. Es wurde in Europa, im Gegensatz etwa zu Japan, traditionell aus Lumpen, auch Hadern genannt, hergestellt. Durch das Land ziehende Lumpensammler trugen abgetragene, verschlissene Kleidungsstücke zusammen und lieferten sie an Papiermühlen, wo sie zu Papier verarbeitet wurden. Die Zahl dieser Mühlen hat sich in Deutschland vom Dreißigjährigen Krieg bis zum Ende des 18. Jahrhunderts auf 1000 Betriebe verdoppelt.

Die Verwendung von Papier, ob für den Buchdruck, zum Schreiben oder zum Verpacken, hat im 18. Jahrhundert erheblich zugenommen. So vervierfachte sich von 1760 bis 1800 allein die Zahl der Neuerscheinungen im deutschen Raum auf über 4000 Titel. Mit dieser zunehmenden Nachfrage konnte das Angebot an Lumpen kaum mithalten, deshalb wurde, allerdings mit wenig Erfolg, versucht, deren Ausfuhr zu unterbinden. Doch war abzusehen, dass derartige Maßnahmen langfristig nicht ausreichen würden, sollte eine kontinuierliche Papierversorgung sichergestellt werden.

Deshalb setzten nach 1700 Versuche ein, auch aus anderen Stoffen Papier zu erzeugen. So berichtete der bekannte französische Naturforscher René-Antoine de Réaumur (1683–1757), nach dem auch eine Tempera-

Putti bei der Herstellung von »Hölzern Papier«. Frontispiz des 1765 veröffentlichten ersten Bandes von Schäffers Werk über die Papiermacherei.



Die Samenwolle der Schwarzpappel brachte Schäffer bei einem Spaziergang auf die Idee, nach Ersatzstoffen für die Papiererzeugung zu suchen.

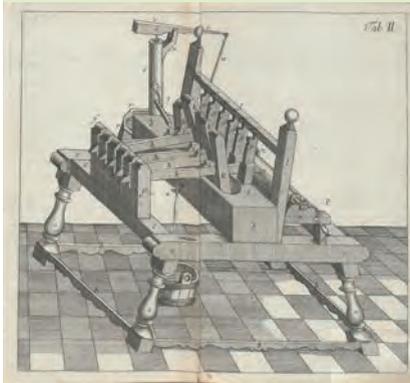
turskala benannt wurde, im Jahr 1719 der Académie des Sciences in Paris über Wespenester als Vorbild für Papierersatzstoffe und er stellte die Frage, ob nicht Holz die Lumpen teilweise ersetzen könne.

Die ersten systematischen Versuche, Papier ohne die Verwendung von Hadern herzustellen, führte jedoch der in Regensburg lebende Naturforscher Jacob Christian Schäffer durch. Dieser war 1718 in Querfurt, einem westlich von Halle gelegenen Städtchen, geboren worden. Nach dem Studium der evangelischen Theologie verschlug es ihn in die Freie Reichsstadt Regensburg, wo er es 1779 bis zum Dekan brachte. Die Stadt an der Donau war eines der wenigen Territorien des Heiligen Römischen Reichs, in dem seit der Reformation Katholiken wie Protestanten lebten. Der Immerwährende Reichstag, der von 1663 bis 1806 in der Stadt seinen Sitz hatte, führte Gesandte aus vielen Ländern dorthin. Mehr als in anderen Gebieten des künftigen Bayern herrschte deshalb eine für Bildung und Wissenschaft aufgeschlossene, Schäffers Arbeit begünstigende Atmosphäre.

Das Hauptinteresse Schäffers galt jedoch nicht der Theologie, sondern der Naturforschung. Die Beschäftigung mit den Naturwissenschaften hat in der Zeit der Aufklärung gerade auch Laien begeistert und führte zur Entstehung zahlreicher wissenschaftlicher Gesellschaften. Schäffer ist das Beispiel eines höchst erfolgreichen Autodidakten, der sich vorrangig mit der heimischen Tier- und Pflanzenwelt beschäftigte. Mehr als 60 oft vielbeachtete Bücher hat der Regensburger Theologe publiziert. Mit seinem Werk gilt er als der Begründer der Mykologie, der Wissenschaft von den Pilzen, in Deutschland. Ein öffentlich zugängliches, heute verlorenes Naturalienkabinett, das im September 1786 auch Goethe besuchte, war für den Regensburger Naturforscher ein wichtiges Arbeitsinstrument. Schäffer, 1759 eines der Gründungsmitglieder der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, war ein international angesehener Forscher, der der Académie des Sciences ebenso wie der Royal Society angehörte.

Seine Forschungen zu den heimischen Insekten führten zu einem Schriftwechsel zwischen Schäffer und Réaumur, der ihn auf die papierähnlichen Nester amerikanischer Wespen aufmerksam machte. Der Hinweis Réaumurs, verschiedene zeitgenössische Veröffentlichungen und eigene Beobachtungen veranlassten Schäffers Versuche, die verschiedensten Materialien als Lumpenersatz zu prüfen. Zuerst nutzte er die örtliche Papiermühle von Meckenhäuser für die Versuche mit alternativen Rohstoffen. Doch schaffte sich Schäffer schon 1763 eine kleine Stampfmühle für seine Versuche an, da er kaum die für eine Papiermühle benötigten Quantitäten beschaffen konnte. Gut 80 unterschiedliche pflanzliche Materialien, darunter sogar Hopfenranken und Weinreben, prüfte Schäffer auf ihre Eignung als Rohstoff für die Herstellung von Papier.

Die Ergebnisse dieser Versuche veröffentlichte er von 1765 bis 1771 in seinem Werk *Versuche und Muster ohne alle Lumpen oder doch mit einem geringen Zusatze derselben Papier zu machen*. Eine Besonderheit dieses in Regensburg erschienenen Buchs ist, dass er Beispielseiten der aus den geprüften Pflanzen gefertigten Papiere beibinden ließ. Diese sind



Stich der von Schäffer für seine Versuche verwendeten, handbetriebenen Stampfmühle.



Die eigens für seine Versuche erdachte Konstruktion baute Schäffer zur ersten, handbetriebenen Haushaltswaschmaschine um.

DR. HELMUT HILZ leitet die Bibliothek des Deutschen Museums.

erstaunlich gut erhalten, was auch daran liegt, dass der Schäffer unterstützende Papiermachergeselle wohl ohne Schäffers Wissen Lumpen beimengte, um seinen Arbeitgeber zufriedenzustellen. Über die Qualität seiner Papiere gab sich Schäffer jedoch keinen Illusionen hin. Er kam zu dem Ergebnis, dass die Pflanzen als Ausgangsbasis zur Herstellung von Packpapier, nicht jedoch von Schreib- und Druckpapieren geeignet seien.

Die Versuche des 1790 verstorbenen Schäffer wurden von der wissenschaftlichen Öffentlichkeit mit Interesse verfolgt, sie führten jedoch letztlich nicht zu Veränderungen der bei der Papierherstellung verwendeten Rohstoffe. Zu groß war das Misstrauen der Papiermüller gegenüber den Schäffer'schen Versuchen. Es sollte den Arbeiten Friedrich Gottlob Kellers (1816–1895) vorbehalten bleiben, mit dem Holzschliff Mitte der 1840er Jahre einen Ersatzrohstoff in die Papierherstellung einzuführen. Schäffers bleibendes Verdienst ist es jedoch, dass er sich als Erster systematisch um einen Ersatz für die knappen Lumpen bemühte.

Fast wie ein Kuriosum der Technikgeschichte mutet es an, dass die von Schäffer für seine Papierversuche konstruierte Stampfmühle von ihm 1766 zu einer der ersten mechanischen Waschmaschinen umgebaut wurde. Allerdings lag dieser Schritt gar nicht so fern, bemühten sich doch die Papiermüller seit Mitte des 18. Jahrhunderts, Möglichkeiten zur Reinigung der oft stark verschmutzten Lumpen zu finden. Schäffer war jedoch der Einzige, der seine sicherlich wenig schonenden Geräte für den Haushaltsgebrauch bauen ließ. Immerhin rund 60 Stück wurden davon produziert und verkauft. ■

Tipps zum Weiterlesen:

Günter Bayerl, *Die Papiermühle, Teil 1*. Frankfurt 1987, S. 370-397

Eckart Roloff, *Göttliche Geistesblitze*. Weinheim 2010, S. 159-182

Moleküle in Ketten

Sie begleiten uns im täglichen Leben auf Schritt und Tritt: Kunststoffe stecken in Zahnbürsten, Regenjacken, Computern und Joghurtbechern. In gerade einmal hundert Jahren haben sich Kunststoffe zum meistgebrauchten Werkstoff auf unserer Erde entwickelt. Von Caroline Zörlein und Clara Steffens



NATÜRLICHE KUNSTSTOFFE

Der Rohstoff für die meisten Kunststoffprodukte wie Joghurtbecher, Telefongehäuse und Skischuhe ist Erdöl. Der große Nachteil: Die Plastikprodukte können von der Natur nicht wieder abgebaut werden – und der Müll sammelt sich an. Eine Lösung dieses Problems sind Biokunststoffe. Sie bestehen zum Beispiel aus Stärkepulver, das sich aus Mais oder Kartoffeln gewinnen lässt. Auch aus den Bestandteilen von Holz oder Pflanzenölen kann Bioplastik hergestellt werden. Weil die Produkte aus natürlichen Rohstoffen bestehen, können Bakterien und Pilze sie zersetzen: Eine Bioplastiktüte verwandelt sich in acht bis zwölf Wochen auf einem Komposthaufen zu Wasser, Kohlendioxid und Humus.

Ein Stoff mit vielen Talenten

Allein in den letzten zehn Jahren wurde etwa so viel Kunststoff hergestellt wie im gesamten 20. Jahrhundert. Die Kunststoffindustrie ist zwar noch sehr jung, aber sie hat bereits eine große Sortenvielfalt des bunten Plastiks geschaffen. Es gibt zum Beispiel sehr stabile und gleichzeitig leichte Kunststoffe, mit denen sich Autos bauen lassen, die weniger wiegen und dadurch auch weniger Benzin verbrauchen.

Es gibt auch Kunststoffarten, die sich zu Fasern verspinnen lassen: So entstehen winddichte Sportjacken und regendichte Zelte. Manche Kunststoffe lassen sich zu extrem reißfesten Seilen verweben, so dass Bergsteiger und Segler nicht mehr darauf verzichten wollen. Sogar in kugelsicheren Westen sind spezielle Kunststofffasern verarbeitet, die Polizisten vor tödlichen Geschossen schützen. Selbst Farben, Lacke und Klebstoffe basieren letztlich auf Kunststoffen. Solche Kleber können unterschiedlichste Materialien fest und dauerhaft miteinander verbinden. Sogar in Flugzeugen werden heute viele Teile miteinander verklebt.

Alle Kunststoffe haben eine Gemeinsamkeit: Sie sind aus sogenannten Polymeren aufgebaut. Das Wort ist griechisch und bedeutet, dass eine chemische Verbindung aus vielen Einzelbausteinen zusammengesetzt ist. Poly-

mere sind auch in der Natur überall zu finden: Kartoffelstärke oder Holz bestehen zum Beispiel aus langen Ketten von verschiedenen Zuckermolekülen. Eiweiße, die zum Beispiel im Frühstücksei stecken, sind ebenfalls aus vielen Einzelbausteinen, den Aminosäuren, zusammengesetzt. Aber auch Seide, Baumwolle, Schafwolle und Leder sind Polymere, die in der Natur vorkommen.

WIE AUF EINER PERLENSCHNUR. Bei den einfachsten künstlichen Polymeren sind immer gleiche Bausteine, die Monomere, wie an einer Perlenkette aneinandergereiht. Je nachdem, wie die Einzelbausteine miteinander verkettet sind, entstehen Stoffe mit ganz unterschiedlichen Eigenschaften: Sind die Einheiten stark miteinander vernetzt, bilden sich starre und sehr feste Kunststoffe. Liegen die Ketten dagegen lose nebeneinander, entsteht eher ein biegsames, gummiartiges Material.

Wir kennen die unterschiedlichen Eigenschaften von Kunststoffen auch aus dem täglichen Gebrauch. Wir wissen, dass eine Plastiktüte zu einem Klumpen zusammenschmilzt, wenn sie versehentlich auf der Herdplatte landet. Andere Kunststoffe sind wie ein Gummiband: Sie lassen sich stark ausdehnen und springen wieder in ihre ursprüngliche Form zurück.



KEIN HEIM FÜR PLASTIK

Toaster, Plastikschüsseln, Thermoskanne, Zahnbürsten: Alle diese Gegenstände hat eine Familie aus der Nähe von Graz in Österreich aus ihrem Haushalt verbannt. Auch viele ihrer Spielzeugautos und Legosteine aus Plastik haben Marlene, Samuel und Leonard aus ihrem Kinderzimmer entfernt. Was sich in ihrem Leben alles verändert hat, beschreibt Mutter Sandra Krautwaschl unter anderem in einem Blog. Die Einträge sind im Internet zu finden unter: www.keinheimfuerplastik.at

Pionier des Plastiks

Stabil, kratzfest, hitzeresistent, leicht formbar und in großen Mengen herstellbar – nicht umsonst bekam der erste vollständig synthetisch hergestellte Kunststoff den Namen »Stoff der 1.000 Möglichkeiten«. Sein Erfinder wurde dadurch reich und berühmt: Leo Hendrik Baekeland erschuf den nach ihm benannten Kunststoff Bakelit und führte die Welt in das Kunststoffzeitalter. Lange Zeit hatten die Menschen nach einem Material gesucht, das sich erst formen lässt und dann auch dauerhaft in dieser Form bleibt. 1910 beginnt die industrielle Fertigung von Bakelit, in den 20er Jahren nutzten bereits alle Industriezweige das neue Kunstharz. Bis heute hat Bakelit jedoch starke Konkurrenz bekommen von neuen, bunten Kunststoffen. Denn das Kunstharz gab es nur in dunklen Farbtönen. Doch auch heute gibt es



Leo Hendrik Baekeland erfand das Kunstharz Bakelit. Rechts siehst du ein altes Telefon, das aus Bakelit hergestellt wurde.

Bakelit und seine Verwandten noch, wenn auch im Verborgenen: zum Beispiel in Autobremssklötzen und in der Satellitentechnik.



Müllstrudel im Meer

29 000 Badeent-

chen drehen schon seit knapp 20 Jahren ihre Runden im Nordpazifik. Aus Versehen gingen sie über Bord eines Schiffes, das von Asien in die USA unterwegs war. Die gelben Enten sind leider nicht die einzigen Plastikprodukte, die durch die Ozeane auf unserer Erde treiben. Zahnbürsten, Fernseher, Plastikflaschen und -tüten finden sich weit draußen im Meer:

Müll jeder Herkunft und Größenordnung. Die meisten Teile werden irgendwann von kreisförmigen Meeresströmungen erfasst und zu einem Müllteppich zusammengeschoben.

Wie auf einem riesigen Karussell

schwimmen sie dann ständig im Kreis, so wie die gelben Plastikenten im Müllstrudel des Pazifiks. Mittlerweile hat er eine Fläche, die etwa viermal so groß ist wie Deutschland.

Fachleute gehen davon aus, dass Kunststoffe Hunderte oder gar Tausende von Jahren erhalten bleiben. Auf Dauer zerfallen die Plastikteile durch Sonnenstrahlung und mechanische Prozesse in immer kleinere Stücke. Fische, Meeressäugtiere, Vögel und Muscheln verwechseln die kleinen und großen Kunststoffstückchen häufig mit Nahrung. In ihrem Magen-Darm-Trakt reichern sich die Teilchen an und verstopfen die Verdauungsorgane der Tiere. Den Bauch voller Plastikstücke, können die Tiere dann keine richtige Nahrung mehr aufnehmen. Sie verhungern mit vollem Magen. Weil Plastik auch manche Giftstoffe anzieht, sind die Kunststoffteilchen stark mit Schadstoffen belastet. Und weil der Mensch am Ende der Nahrungskette sitzt, können diese giftigen Verbindungen auch auf unserem Teller landen.

In Zukunft sollte daher möglichst wenig Müll ins Meer gelangen und noch mehr Kunststoff recycelt werden.

Mittlerweile sind viele Firmen entstanden, die den Kunststoffmüll sortieren und daraus ganz neue Produkte herstellen. So werden aus Plastikflaschen, Verpackungsmaterial und anderen Kunststoffbauteilen beispielsweise Blumentöpfe oder Eisenbahnschwellen. Gebrauchte und gereinigte Getränkeflaschen lassen sich auch zu Fasern verarbeiten aus denen dann Fleecepullover hergestellt werden können.

LANGES LEBEN

Vom Laden ins Auto, vom Kofferraum ins Haus: Fünf Minuten, vielleicht auch mal eine halbe Stunde oder etwas länger halten wir eine bunte Plastiktüte in der Hand. Spätestens nach einer Stunde landet sie im Müll. Doch die tatsächliche Lebensdauer einer Plastiktüte ist viel, viel länger als diese kurze Zeit, in der wir sie tatsächlich benutzen: Bis sich eine Plastiktüte auf natürlichem Weg zersetzt – beispielsweise durch das Einwirken des Sonnenlichts –, vergehen etwa 500 Jahre. Und auch dann sind die Stoffe, aus denen die Tüte hergestellt wurde, immer noch nicht aus der Welt. Über die Jahre sammelt sich eine unfassbare Menge an Plastiktüten an – ein ernstes Problem für unsere Umwelt. Mittlerweile haben das viele Regierungen erkannt. In mehreren Staaten sind Plastiktüten sogar verboten. Seit dem 1. Januar 2011 dürfen in Italien zum Beispiel nur noch Plastiktüten hergestellt werden, die biologisch abbaubar sind. Und auch manche deutsche Politiker wollen, dass Plastiktüten dauerhaft aus unserem Alltag verschwinden.



DAZU BRAUCHT MAN ...

- ▶ ¼ Liter Frischmilch
- ▶ 3 EL Essig
- ▶ Kochlöffel
- ▶ Teller
- ▶ Schaumlöffel
- ▶ Herd
- ▶ Topf

SO GEHT'S ...

Schütte die Milch zusammen mit etwa drei Esslöffeln Essig in einen Topf.

Anschließend musst du die Mischung langsam erwärmen und dabei am besten ständig umrühren. Die Milch darf nicht kochen – sie sollte warm, aber nicht richtig heiß werden.

Nach einiger Zeit beginnen sich kleine weiße Flocken zu bilden: Die Milch gerinnt. Sobald sich größere Klumpen gebildet haben, kannst du den Herd ausschalten und versuchen, die Masse mit dem Schöpflöffel herauszufischen.

Daraus kannst du zum Beispiel eine Figur formen und sie im Backofen bei 80 Grad trocknen. Erst dann wird der Milchstein hart.

EXPERIMENT

Milch in Plastik verwandeln

Aus normaler Kuhmilch kannst du in einem Küchenexperiment Milchstein zaubern. Fachleute nennen dieses natürliche Polymer auch Galalith – »gala« ist griechisch und bedeutet »Milch«, »lithos« steht für »Stein«. Weil du dazu eine Herdplatte brauchst, frag deine Eltern, ob sie dir helfen.

WAS PASSIERT?

Die Klumpen, die in der Milch entstanden sind, heißen Casein.

Das ist ein Eiweiß, das in der Milch steckt. Wenn der saure Essig mit der Milch in Berührung kommt, gerinnt die Milch und das Casein fällt in dicken Flocken aus. Dieses Eiweiß besteht aus langen Molekülketten. Durch die Säure und das Erwärmen bleiben sie aneinander hängen und verklumpen.

Milchstein ist ziemlich hart und besitzt eine glänzende Oberfläche. Hauptsächlich wurden früher aus Galalith Schmuck, Spielsteine, Knöpfe oder auch Radiogehäuse in den unterschiedlichsten Farben hergestellt. Man hat es am Ende des 19. Jahrhunderts entdeckt.



MITMACHEN UND GEWINNEN!

1. Welches Pulver lässt sich aus Mais und Kartoffeln gewinnen und ist damit Ausgangsbasis für Biokunststoffe?

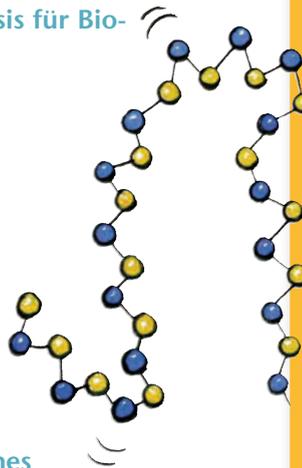
- a) Brausepulver
- b) Kanonenpulver
- c) Stärkepulver

2. Wie heißt das erste künstlich hergestellte Polymer?

- a) Dynamit
- b) Bakelit
- c) Polyethylen

3. Wie lange dauert es, bis gewöhnliches Plastik in der Natur vollständig abgebaut ist?

- a) acht bis zwölf Wochen
- b) achtzig bis hundert Jahre
- c) 500 Jahre oder mehr



Sende deine Lösung per E-Mail an:
mikromakro@folio-muc.de

oder per Post an: »MikroMakro«, c/o folio gmbh,
Günderodestraße 24, 81827 München

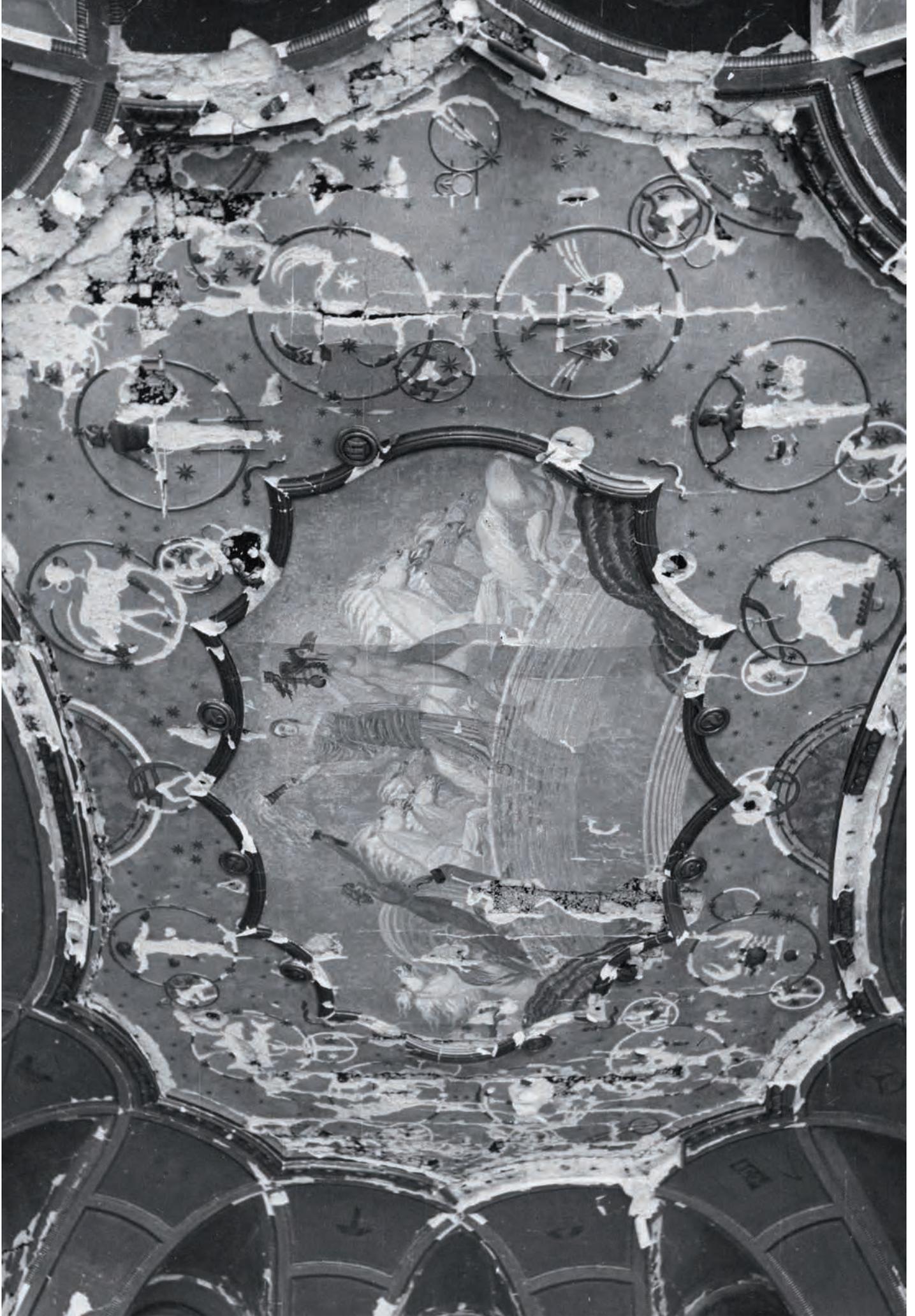
Einsendeschluss ist der 15. Mai 2011.

Bitte schreibe uns auch dein Alter (!) und die Adresse.
Zu gewinnen gibt es wieder spannende Wissensbücher für
Kinder und Jugendliche. Wir drücken dir die Daumen!

Lösung des Rätsels aus Kultur & Technik 1/2011

Frage 1: Der erste Laser bestand aus Spiegeln, einer Blitzlichtlampe und? **Antwort:** einem Rubin.

Frage 2: Auf einer CD sind winzige Vertiefungen eingraviert. Wie heißen Sie? **Antwort:** Pits



Das Deutsche Museum sucht nach neuen Interpretationen seiner Geschichte

Museumsarchitektur im Umbruch

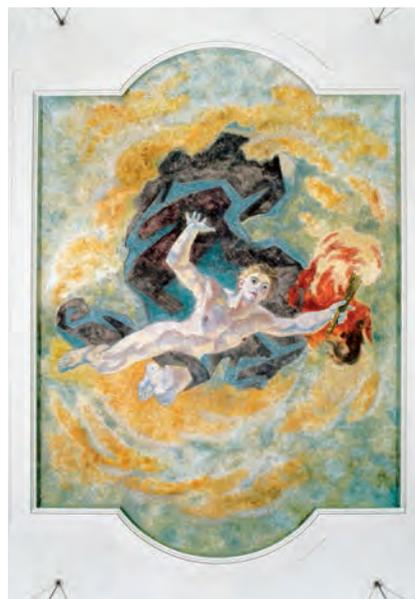
Wie reagierte die Architektur des Hauses in der Vergangenheit auf die Umbrüche der Zeit? Wie können Architekten heute die Anforderungen an ein »modernes« Museum erfüllen, ohne die Geschichte des Gebäudes zu vernachlässigen?

Von Angelika Kaltwasser

Besuchern, die, häufig in langen Schlangen im Museumshof aufgereiht, ungewollt viel Zeit haben, ihre Blicke über die Fassade des Museums schweifen zu lassen, wird diese wie aus einem Guss als historisch einheitliches Monument erscheinen. Irrtum – diese Fassade war das Ergebnis einer gravierenden Umgestaltung, die in den Jahren des Wiederaufbaus, ausgelöst durch eine Änderung des Ehrensaals, durchgeführt wurde.

Der über dem Eingang gelegene Ehrensaal war 1925 bei der Eröffnung des Sammlungsbaus räumlich und von seiner symbolischen Aussage her das Kernstück des Museums. Gedacht als Nationaldenkmal für die Leistungen deutscher Männer in Naturwissenschaft und Technik, gab er mit dieser Aufgabenstellung Auskunft darüber, welche Werte und Errungenschaften das neue Museum zu präzisieren und zu ehren gedachte.

An den Überlegungen und Plänen zu einem Ehrensaal und seiner künstlerischen Ausgestaltung in einem Deckengemälde zeigt sich, welche Erwartungen an die Aufgaben eines neu zu errichtenden Museums von »Meisterwerken von Naturwissenschaft und Technik« gerichtet wurden. Sowohl der Hausherr Oskar von Miller wie auch der einflussreiche Stifter Gustav Krupp von Bohlen und Halbach nahmen regen Anteil an der Wahl eines geeigneten Motivs. So schrieb der Geldgeber am 29.11.1915 an Oskar von Miller: »Der Gedanke an das Deckengemälde für den Ehrensaal des Deutschen Museums beschäf-



Das von Hermann Kaspar 1954 neu geschaffene Deckengemälde zeigt einen Prometheus mit Fackel in der Hand.

Linke Seite: Das Deckengemälde des Münchner Künstlers Julius Diez im Ehrensaal des Deutschen Museums – nach dem Bombenangriff 1944.

tigt meine Frau und mich auf das Lebhafteste. (...) Es sollte doch im Ehrensaal des Museums als in dessen Mittelpunkt gerade die Naturwissenschaft und Technik in irgendeiner Weise zu einer für jeden Besucher leicht verständlichen Darstellung gelangen. (...) Ich glaube, es dürfte für einen Künstler nicht schwer sein, diese Aufgabe zu erfüllen, ohne dass es nötig wäre, zu einer der althergebrachten mehr oder weniger banalen Allegorien oder Apotheosen seine Zuflucht zu nehmen.«

Doch sollte es genau dazu kommen: In seinem Schreiben an den Künstler Professor Ludwig von Herterich äußerte Oskar von Miller kritisch seine Meinung: »Wir glauben aber, dass ein astronomisches Bild nicht der einzige und auch kaum der geeignetste Vorwurf für das Deckengemälde unseres Ehrensaals sein dürfte, da hierin doch nur ein ganz beschränktes Gebiet der Bestrebungen des Museums dargestellt würde. Wir würden es für zweckmäßiger halten, wenn in dem Bilde zum Ausdruck käme, dass der Ehrensaal selbst zur Verherrlichung der Naturwissenschaft und Technik dient.«

Als Praktiker machte Miller konkrete Vorschläge zur Ideenfindung: »Sehr interessante Anregung für das Deckengemälde ließe sich sicherlich auch unter den Titelblättern alter naturwissenschaftlicher Werke finden.« Eine andere Anregung war, die grafische Sammlung einzusehen, jedoch: »Die grafische Sammlung besitzt nur wenige illustrierte Bücher über Deckengemälde, welche zudem fast ausschließlich kirchliche Kunst zur Anschauung bringen«. Erst nachdem diese wenig inspirierte Vorgehensweise ohne Erfolg war, wurden Ideenentwürfe von hervorragenden Künstlern erbeten.

Auf Empfehlung des mit Gabriel von Seidl befreundeten F. A. v. Kaulbach (1850–1920) erhielt schließlich der Münchner Künstler Julius Diez (1870–1957) im April 1917 den Auftrag zur Ausführung seines vorgeschlagenen Freskos »Wissenschaft und Technik, die



Aufbau des Stahlskeletts zum Neubau des Bibliothek- und Saalgebäudes des Deutschen Museums im August 1929.

vom Fortschritt begleitet sich gegenseitig zum Schaffen anregen«.

Es sind darin drei allegorische Figuren auf einem gläsernen Bogen vor einem leicht bewölkten Himmel dargestellt. Voran schreitet die männliche Figur des »Fortschritts«, gekennzeichnet durch eine Flügelhaube, diese führt die weibliche Figur der »Wissenschaft«, die in einer Hand ein Eulenzepter hält, in der anderen eine Fackel. Diese Figur wendet sich zu der hinter ihr stehenden ebenfalls weiblichen Figur der »Technik«, die sich durch einen Hammer in der Hand auszeichnet und mit einer Fackel in der Hand sich der Fackel der »Wissenschaft« entgegenstreckt.

Umrahmt wurde die Szenerie durch das Weltall, welches in Form von bildhauerisch modellierten Tierkreiszeichen, Monatsbildern und Sternen dargestellt war, welche ihrerseits von zwölf symbolischen Zeichen für die technischen Künste und Wissenschaften umgeben waren, die die verschiedenen Abteilungen des Deutschen Museums darstellen sollten.

ZERSTÖRUNG 1944. Bei Bombenangriffen 1944 wurden die Kuppel über dem Ehrensaal und die darunterliegenden Stockwerke getroffen – mit der Zerstörung des Ehrensaals wurde auch dieses Kunstwerk vernichtet. Doch nicht erst die Ruinen nach dem Bombenkrieg waren der Anlass für eine Neugestaltung des Ehrensaals, sah doch der seit 1928 im Museum beschäftigte Architekt Karl Bäßler

(1888–1973) darin die Möglichkeit, seine schon lange gereiften kritischen Überlegungen in die Tat umzusetzen.

Bäßler, der nach einer Ausbildung als Bauleiter an der Bauschule in Augsburg eine Ausbildung an der Akademie der bildenden Künste in Dresden als Meisterschüler von German Bestelmeyer begann, trat 1928, als Leiter des Baubüros für den Neubau eines Bücherei- und Saalgebäudes, in den Dienst des Deutschen Museums.

Seine Tätigkeiten beschrieb Bäßler in einer Rede anlässlich des 25-jährigen Dienstjubiläums: »Nebenbei studierte ich die Mängel des Sammlungsbaus, und ging den Gründen des Versagens von Gabriel von Seidl nach, der im Nationalmuseum die Unterbringung bayrischer Kulturschätze in vorbildlicher Weise gelöst hatte. Die Kluft zwischen der klassischen Kulturauffassung der Fassade und der rohen Formensprache im Inneren tritt wie kaum anderswo bei zeitgenössischen Bauten zutage.«

ZERSTÖRUNG ALS CHANCE. Was er darunter verstand, hat Bäßler in seinen Plänen »Projekt für den Wiederaufbau« dargestellt: »Zumeist nur Hohlräume in Eisenbeton, keine Raumfolge im architektonischen Sinn, was man für ein Museum voraussetzen muss, dann wieder ein Gedränge von Einzelzimmern im 2. Obergeschoss. Der vorhandene Baukörper erschwert die Arbeit des Neuaufbaus der Sammlungen sehr, andererseits gibt er eine Fülle von Anregungen für Raumlösungen, die bei einem Neubau unter den Tisch fallen.«

Bäßler sah in den Zerstörungen des Krieges eher seine eigene Chance als eine historische Zäsur. In sein Tagebuch notiert er: »Noch vor dem Einmarsch der Amerikaner konnte ich mit dem Wiederaufbau des zerstörten Museums beginnen und an die Lösung der Probleme herangehen, die mir ein Jahrzehnt lang keine Ruhe gelassen hatten. In meinem Aufbauplan des Sammlungsbaues habe ich den Weg festgelegt, auf den die humanistische Ideenwelt mit der modernen Technik zur Einheit führt.«

Die Gebäudehülle wurde in ihrem ursprünglichen Zustand wiederhergestellt, Bäß-



Die Betonreliefs der vier Elemente Wasser, Erde, Luft und Feuer des Künstlers Hans Vogl über den Eingängen des Sammlungsbaus des Deutschen Museums. In der Mitte befindet sich die zusätzliche Darstellung des Kosmos.

ler änderte lediglich die Proportionen im Inneren. Gegen die ihm widerstrebende ästhetische Gefühllosigkeit der eintönigen Räume ließ er Decken und Wände einziehen.

Aus heutiger Sicht könnte man die Kritik Bäßlers, die sich vor allem auf die Innenarchitektur bezog, um eine kritische Würdigung des Gesamtgebäudes ergänzen, sollte dieses doch die Leistungsfähigkeit der deutschen Stahlindustrie demonstrieren. Doch der verputzte, teilweise mit Naturstein verkleidete Stahlbeton des Sammlungsbaus brachte die baulichen Möglichkeiten der damaligen Zeit ebensowenig zum Ausdruck wie der von Bestelmeyer und dem Architekten Bäßler geplante Bibliotheksbau, dessen Stahlskelett hinter den Elementen klassischer Fassaden verschwand. Immerhin handelte es sich dabei um den größten Bibliotheksneubau der Zwischenkriegszeit. Doch Bestelmeyer lehnte moderne Bauauffassungen ab. Winfried Nerdinger schreibt über die Architektur dieser Zeit: »In der Stadt der Thule-Gesellschaft, Ludendorffs und Adolf Hitlers hatte die moderne Architektur fast keine Chance.« Auch beim Bibliotheksgebäude wurde die große Chance vertan, einen modernen Stahlskelettbau weiterhin sichtbar und städtebaulich prägend als ein »modernes Meisterwerk« zu zeigen.

BAUWERK OHNE EIGENES GESICHT.

Der Wiederaufbau des Ehrensaals und mit ihm des künstlerischen Schmucks fiel schlichter aus als das Original (siehe Abb. Seite 44/45). Bei der Themenfindung vertraute man ausschließlich auf Hermann Kaspar (1904–1986), den Künstler, der 1934 den Wettbewerb für den Mosaikfries im Kongresssaal gewonnen hatte. Kaspar reduzierte die Bemalung auf die Darstellung des Prometheus mit der Fackel in der Hand. In Hinblick auf das einstige Motto: »Wissenschaft und

Technik, die vom Fortschritt begleitet sich gegenseitig zum Schaffen anregen«, mutet es heute geradezu zynisch an, ein Gebäude, das vom Menschenwerk der Bomben getroffen, in Flammen aufgegangen war, mit einem Prometheus auszuschnitzen. War die Geschichte völlig spurlos an den Architekten des Wiederaufbaus vorübergezogen? Diese Architektur ist geschichtslos und gesichtslos.

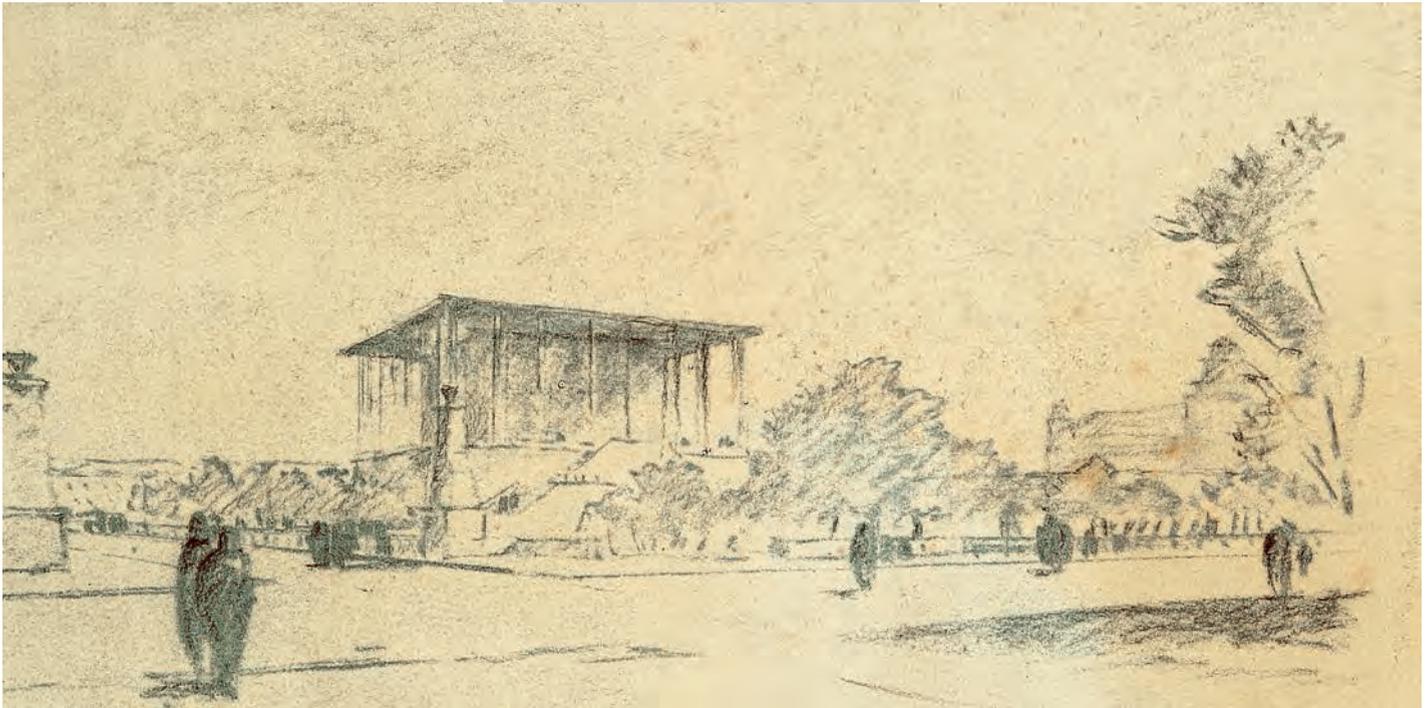
Weitere Ungereimtheiten fallen dem Betrachter auf: Warum zum Beispiel hat man über den, von Gabriel von Seidl weitgehend schmucklos gestalteten, Eingängen des Sammlungsbaus, später Reliefs der vier Elemente Feuer, Wasser, Luft, Erde und – anscheinend notgedrungen vom Künstler hinzugefügt – den Kosmos angebracht? War es Fantasielosigkeit oder hatte hier schlicht die Anzahl der fünf zu vermauernden Fenster den Ausschlag für die Entscheidung gegeben?

Wie im Fall der Ehrensaaldecke wurde auch diesmal ein Münchner Künstler, Hans Vogl (1881–1968), beauftragt, der ohne neue Entwurfsideen auf Vorschläge aus seinem vorhandenen Repertoire zurückgriff.

Andere Symbole hingegen, politisch aufgeladen, wie die vier Adler, die 1935 von dem in der NS-Zeit als Erbauer gigantischer Reichsadler bekannten Künstler Kurt Schmid-Ehmen (1901–1968) auf den Ecken des Kongresssaals postiert worden waren, blieben – von den Bomben verschont – bis heute erhalten.

KONSERVATIVE ARCHITEKTURKONZEPTE.

Bereits der Entwurf des Kongresssaals, ursprünglich Saalbau genannt, war ein Beispiel für lokal-konservatives Denken gewesen. Anstatt den aus einem Wettbewerb als Sieger hervorgegangenen, noch heute bemerkenswerten Entwurf des Karlsruher Architekten Hans Freese (1889–1953) zu wählen, zog es Miller vor, den viertplatzierten Münchner



Architekten German Bestmeyer für die Ausführung zu beauftragen. Christoph Stözl schreibt dazu in seinem Buch *Die zwanziger Jahre in München*: »Diese Missachtung aller Wettbewerbsregeln zeigt den ungeheuren Einfluss Bestmeyers, der aufgrund seiner Position und der konservativen Rückendeckung die Münchner Architekturszene beherrschte.«

Bestmeyer schuf eine Architektur, die regelrecht zu Versammlungen der NSDAP einlud. 1930 wurde mit dem Bau dieser Versammlungshalle begonnen, wegen der wirtschaftlichen Depression konnte sie dann erst bis 1935 von den Nationalsozialisten fertig gebaut werden.

Der von Hitler als »schönste Halle in Deutschland« bezeichnete Saal, der mit der für viele NS-Bauten charakteristischen üppigen Innenausstattung versehen war, diente in den 1930er und 1940er Jahren als Hauptversammlungsstätte der NSDAP in München. Der auffällig angebrachte Schmuck des Saalbaues sollte später vielfach Ziel der Kritik werden.

Bäßler schreibt in seinem Tagebuch: »Inzwischen musste ich mich gegen Angriffe wehren, weil wir infolge der dringlichen Instandsetzungsarbeiten noch nicht dazu gekommen waren, die an sich bescheidenen acht Hakenkreuze zu entfernen, die zu beiden



Die Skizzen zeigen Ansichten von Freeses Saalbau zum Wettbewerb »Neubau des Bibliothek- und Saalgebäudes beim Deutschen Museum in München« im Jahr 1928.

Seiten der Eckaufbauten des Kongresssaals angebracht waren, auf denen die vier Adlerthronen.«

Die Hakenkreuze wurden später beseitigt und somit ihre Geschichte spurlos umgedeutet. Bei den verbleibenden Adlern konstruierte der damalige Vorstand des Deutschen Museums, Jonathan Zenneck (1871–1959), die ihnen angeblich zugrunde liegende Absicht, den »geistigen Flug der Naturwissenschaft und Technik« zu versinnbildlichen. Gegen diese neue Deutung und Sinngebung könne »nichts Stichhaltiges eingewendet werden«.

So sollten die von ihrer NS-Vergangenheit »bereinigten« Adler der einzige Hinweis auf die im Museum präsentierten »Meisterwerke von Naturwissenschaft und Technik« bleiben.

Nach 1945 erfolgte eine aufwendige Restaurierung des im Krieg zerstörten Kongresssaals einschließlich des großen Mosaikfrieses von Hans Kaspar, der 1934 eigens vom Reichspropagandaministerium in Auftrag gegeben worden war. Der Kongresssaal des Deutschen Museums ist damit eines der besterhaltenen Beispiele monumentaler NS-Innenarchitektur in München.

Während der Nachkriegszeit wurde er als beliebter Veranstaltungsort für Konzerte, Kongresse und Ausstellungen genutzt, bis die



Fertigstellung des Kulturzentrums am Gasteig Mitte der 1980er Jahre zu einer immer geringeren Auslastung des Saals führte.

Damit erhob sich die Frage: »Was kann das Deutsche Museum tun, um seine Attraktivität zu mehren, um seinen alten Ruf als innovativstes Technikmuseum zurückzuerobern, um seine Wirksamkeit als technische Volksbildungsstätte noch weiter zu erhöhen, und zwar auf dem begrenzten Raum der Museumsinsel in der Mitte Münchens?« (siehe Otto Mayr, *Warum das Deutsche Museum ein Forum der Technik braucht*, 19. 11. 1990)

Mit der Umwandlung in ein »Forum der Technik« (Eröffnung 1992), dem Einbau von Imax, Kinos und Planetarium, wurden die Mosaik durch vorgestellte Platten kaschiert, das üppige Dekor des Kongreßsaals im Inneren reversibel verhüllt. Das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege setzte sich nämlich inzwischen für die Erhaltung herausragender Beispiele für NS-Architektur in München ein, wie 1989 die Diskussionen um den geplanten Umbau des Kongresssaals des Deutschen Museums zeigten.

Das Äußere blieb jedoch von dieser inneren Verhüllung unberührt. Dieser Teil des Gebäudes, der einstmals beim 1928 prämierten Entwurf von Freese als ein städtebaulicher Hinweis auf die Inhalte des modernen Naturwissenschaftlich-Technischen Museums, als

Der ehemalige Kongressaal des Deutschen Museums, später Forum der Technik, soll künftig zum zentralen Eingangsbereich des Museums werden.

DIPL.-ING. ANGELIKA

KALTWASSER betreute als Architektin und Regierungsbaurätin unterschiedliche Baumaßnahmen im Deutschen Museum. Zurzeit erforscht sie die Baugeschichte des Deutschen Museums.

ein Pantheon der deutschen Techniker und Naturwissenschaftler gedacht war und schon vom Isartor aus das Straßenbild beherrschen sollte, war immer weniger geeignet, diese Inhalte dem Besucher, der sich dem Museum nähert, zu vermitteln.

Im vergangenen Jahr hat das Deutsche Museum den Kongressaal zurückgekauft und plant hier einen zentralen Eingangsbereich. Noch ist offen, wie dieser aussehen wird.

Wie gut es anderen Museen gelingt, mit architektonischen Mitteln einprägsame Symbole und Ikonen ihrer Thematik zu vermitteln, zeigt das Beispiel des neuen Ägyptischen Museums in München oder auch das jüngst eröffnete Museum für Luftfahrt in Krakau.

Es bleibt die Frage, welche Rolle dem Kongressaal mit seinem Dekor und den darin enthaltenen politischen Aussagen in einem neuen Konzept des Museums zukommen kann. Im Spannungsfeld zwischen neuer Nutzung, Erhaltung, Um- oder Neugestaltung des Gebäudes müssen für den Besucher des Museums klare, deutbare Formen gefunden werden. ■■

Literatur

Eva Mayring, *Bilder der Technik, Industrie und Wissenschaft*. München 2000

Otto Mayr, *Der Wiederaufbau*. München 2003

Helmut Hilz, *Bibliotheken in der NS-Zeit*. Wien 2008

Eve Duffy, *Jenseits von Anpassung und Autonomie*. In: *Das Deutsche Museum in der Zeit des Nationalsozialismus*, Göttingen 2010

Hartmut Petzold, *Zur Ausschmückung des Ehrenhofs und des Kongreßsaals des Deutschen Museum 1928 bis 1958*, München 2008

Gavriel D. Rosenfeld, *Architektur und Gedächtnis*. München 2004



Die grüne Patina auf Kupferdächern

Die Zukunftsinitiative hat im Jahr 2010 mit einem weithin sichtbaren Sanierungsprojekt begonnen: der Erneuerung von Fassade, Fenster und Dachlandschaft. **Von Susanne Rehn**

Die Erneuerung der Dachlandschaft ist dabei besonders augenfällig, da große Teile des historischen Dachs abgetragen und durch neue, rot leuchtende Kupferbleche ersetzt wurden. Im Herbst 2010 strahlten bereits etwa 500 m² des neuen Museumsdachs in ungewohnter Weise im Sonnenlicht. Dabei muss man erwähnen, dass die grün patinierten Bleche in keiner Weise das schlechtere Baumaterial darstellen: An einigen Stellen wurden sogar – nach der Sanierung des Untergrundes – die alten Bleche wieder eingesetzt. Und das mit einem korrodierten, also nach allgemeiner Ansicht teilweise zerstörten Baustoff! Aber worum handelt es sich eigentlich bei dem Belag, der sich auf Kupfer- und Bronzedächern und -skulpturen bildet? Gleich vorweg: Die Bezeichnung Grünspan ist falsch. Beim Grünspan handelt es sich um eine Verbindung aus Kupfer und dem Salz der Essigsäure, dem Acetat. Diese ist zwar auch grün, bildet sich aber nicht an Luft auf Dächern. Hier ist die Bezeichnung Patina zutreffend. Die Analyse der Zusammensetzung des grünen Belags hat sich über mehr als hundert Jahre als durchaus schwierig herausgestellt.

Bevor wir uns dem patinierten Dach zuwenden, lohnt sich ein Exkurs zur Farbe des Kupfers selbst. Kupfer ist ein Metall, dessen Atome aus positiv geladenen Kernen und negativ geladenen Elektronen bestehen. Bei Metallen verbinden sich die Atome auf ganz besondere Weise miteinander. Sie geben einen Teil ihrer Elektronen ab, die verbleibenden sogenannten Atomrümpfe besetzen Plätze in einem Kristallgitter. Die Elektronen sind innerhalb dieses Gitters frei und damit über das gesamte Metall beweglich. Man spricht auch von einem Elektronengas, wobei sich diese Bezeichnung nur auf die Beweglichkeit bezieht. Die Elektronen bilden kein Gas im physikalischen Sinn. Die frei beweglichen Elektronen sind für eine Reihe typischer Metalleigenschaften verantwortlich, beispielsweise leiten sie den elektrischen Strom und die Wärme sehr gut.

KUPFER UND GOLD TANZEN AUS DER REIHE. Die Farbe eines Gegenstandes entsteht, weil Elektronen durch die Einstrahlung von Licht angeregt, das heißt auf ein höheres Energieniveau angehoben werden. Dabei wird ein Teil des weißen Lichts absorbiert, sozusagen verschluckt, und für die energetische Anhebung des Elektrons verbraucht. Die verbleibenden Lichtstrahlen erscheinen nun nicht mehr weiß, sondern in der Komplementärfarbe des absorbierten Lichts: Absorbiert ein Stoff grünes Licht, erscheint er uns rot. Die frei beweglichen Elektronen im Metall können auch durch Licht angeregt werden. Da es sich um viele, leicht anzuregende Elektronen handelt, absorbieren und reflektieren sie das Licht des gesamten Sonnenspektrums. Dies hat zur Folge, dass uns die meisten Metalle farblos und silbrig glänzend erscheinen. Kupfer und Gold tanzen aus der Reihe, sie zeigen zusätzlich zum metallischen Glanz auch eine Absorption im farbigen Bereich. Im Periodensystem der Elemente stehen Kupfer und Gold übereinander in einer Gruppe. Dies bedeutet, dass sie sehr ähnliche Eigenschaften haben, weil ihre Elektronenverteilung sehr ähnlich ist. Die Farbe von Kupfer rührt daher, dass ein Teil der Elektronen eine definierte Energieportion des Sonnenlichts verschluckt. Diese entspricht dem grün-blauen Anteil des Lichts, daher wird der komplementäre, rote Anteil reflektiert: Wir sehen ein rot schimmerndes Metall. (Übrigens zeigt Silber, das im Periodensystem in der gleichen Gruppe wie Kupfer und Gold liegt, einen ähnlichen Effekt, nur liegt hier das reflektierte Licht im unsichtbaren UV-Bereich, so dass uns Silber wieder farblos erscheint.)

Wenn das neue Kupferblech auf das Museumsdach aufgebracht ist, strahlt es also aufgrund eines speziellen Elektronenübergangs in seiner typischen roten Farbe. Wechselt die Farbe später zum hellen Grün der Patina, absorbiert nun das Kristallgitter des entstandenen Stoffes das rote Licht des Spektrums, die grünen Anteile werden reflektiert.

Links: Große Teile der Dachlandschaft des Deutschen Museums werden saniert: Grün patinierte Bleche werden gegen neue, rot glänzende Bleche ausgetauscht.

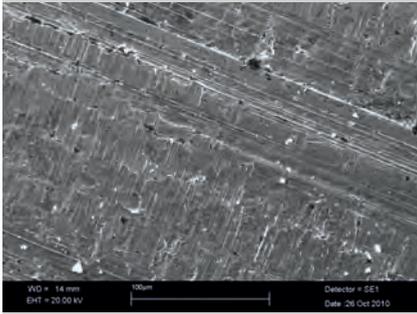


Abb. 1: Elektronenmikroskopische Aufnahme eines reinen Kupferblechs.

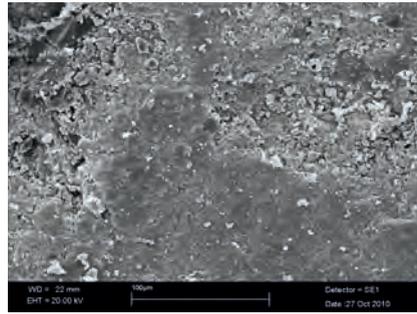


Abb. 2: Elektronenmikroskopische Aufnahme eines Stückes patinierten Kupferblechs vom Museumsdach.



Abb. 3: Ein vergrößerter Ausschnitt aus Abb. 2 zeigt, wie eine dichte Schicht aus Kristallen die Metalloberfläche überzieht.

Wir danken:

Hrn. Gahr (FA Gahr) für die Baustelleneinführung und die Erläuterung zu Kupferdeckung auf Dächern.

Hrn. Macknapp (Abteilung Optik) für die Anfertigung der REM-Aufnahmen sowie der Röntgenspektren.

Literatur:

Eine Liste der verwendeten Literatur finden Sie auf unserer Website: www.kulturundtechnik.de

DR. SUSANNE REHN ist Kuratorin der Abteilung Chemie des Deutschen Museums.

ZEHN JAHRE BIS ZUR GRÜNEN PATINA. Sprechen wir im Folgenden von Kupferdächern, so haben wir es doch meist mit Bronzen verschiedener Zusammensetzung zu tun. Dies bedeutet, dass dem Kupfer Anteile an Zinn und anderen Metallen zugemischt wurden. Die Verhältnisse der Metalle werden den gewünschten Anforderungen angepasst: So muss beispielsweise ein Kupferblech für ein Dach leicht zu hämmern, die Bronze für ein Standbild leicht zu gießen sein. Die chemische Umwandlung an der Oberfläche geschieht immer in Phasen, wobei das Kupfer mit verschiedenen Stoffen der Luft reagiert. Zunächst bildet sich durch Reaktion mit dem Sauerstoff der Luft ein dunkelroter bis brauner Belag aus Kupferoxid. Später setzt sich dieser mit flüssigen Luftbestandteilen, den Aerosolen, zur grünen Patina um. Seit Menschen Kupfer- oder Bronzestatuen aufstellen, also bereits seit der Zeit der römischen und griechischen Hochkulturen, ist der Effekt bekannt. In moderner Stadtluft dauert es etwa zehn Jahre, bis ein neues Kupferdach eine gleichmäßig grüne Patina aufweist, wobei die Entwicklung der Farbe auch von der Stellung zur Wetterseite und der Zusammensetzung der Bronze abhängt.

Ende des 18. Jahrhunderts wurden die ersten Vermutungen über die Zusammensetzung der Patina veröffentlicht. Die Autoren saßen dabei einem Missverständnis auf, das sich mehr als hundert Jahre halten sollte. In der chemischen Literatur herrschte Ende des 18. Jahrhunderts die Ansicht vor, bei der grünen Kupferpatina, die sich an Luft bildet, handle es sich um eine Art Rost, also ein Metalloxid. Die Bildung dieses »Rostes« führte man auf das Wasser in der Luft zurück. Gleichzeitig wies man nach, dass Kupfergefäße in Wasser grüne Ausblühungen zeigen, die als Salze der Kohlensäure, Carbonate, identifiziert wurden. Mitte des 18. Jahrhunderts wurde außerdem das Kohlendioxid CO_2 als Bestandteil der Luft entdeckt. Also zog man den Schluss, dass dieses Gas maßgeblich an der Patinierung des Kupfers an Luft beteiligt sei. Nach dem ersten Angriff des Metalls durch das Wasser in feuchter Luft reagiere das entstandene Metalloxid mit der Kohlensäure bzw. dem Kohlendioxid und es entstehe eine Metall-Carbonat-Verbindung. Dabei ließ man leider außer Acht, dass Kohlendioxid in Luft bzw. Carbonat in Wasser in ganz unterschiedlichen Verhältnissen vorliegen und sich also auf verschiedenen Reaktionswegen jeweils andere Reaktionsprodukte bilden. Dennoch hielt sich – bis zu ihrer wissenschaftlichen Widerlegung in den 1930er Jahren – hartnäckig die Ansicht, die grüne Patina der Kupferdächer bestünde aus Kupfercarbonat, und auch heute noch findet sich diese These in so manchem Lehrbuch.

WIE ENTSTEHT DIE GRÜNE PATINA? Die erste systematische Arbeit zu diesem Thema unternahm in den 20er und 30er Jahren des 20. Jahrhunderts der englische Metallurge William Harold Juggins Vernon. Er sammelte Proben von grün patinierten Dächern aus unterschiedlichen Gegenden Englands, kratzte den Belag ab und analysierte ihn chemisch. Die Ergebnisse konnten auch im Labor durch die Bildung künstlicher Patina nachvollzogen werden. Die Zusammensetzung der Patina ist dabei in städtischen wie ländlichen Gegenden gleich und besteht im Wesentlichen aus basischem Kupfersulfat. Wie ist dieses entstanden? Begeben wir uns an die Anfänge

menschlicher Verbrennungsaktivitäten: Bereits in vorindustrieller Zeit entstand beim Verbrennen von organischem Material ein Gas, das man eher in Zusammenhang mit modernem sauren Regen kennt: Schwefeldioxid. Auch Vulkangase enthalten große Mengen dieses Gases. Der Gehalt an Schwefeldioxid in der Luft stieg mit dem im Zuge der Industrialisierung zunehmenden Einsatz von Verbrennungsmotoren sowie der Verheizung von Kohle stark an. Aus Schwefeldioxid entsteht in der Luft flüssige Schwefelsäure, ein sogenanntes sekundäres Aerosol. Die Schwefelsäure reagiert mit dem Kupferoxid zu grüner Kupfersulfatpatina. Diese bildet sich heutzutage durch die belastete Luft schneller. Doch bereits in der Antike dürfte Schwefeldioxid in der Luft eine entsprechende Wirkung gehabt haben. Übrigens stellte Vernon auch fest, dass sich nur in Gegenden an der Küste aus der mit Meerwasser gesättigten Luft Anteile an Kupferchlorid in der Patina finden. Diese Ergebnisse konnten mit verschiedenen modernen Analysemethoden nachvollzogen werden.

Leider bleibt W. H. J. Vernon, geboren am 20. 8. 1880 in Birmingham, von seinen Publikationen abgesehen, ein eher unbekannter Wissenschaftler. Trotz intensiver Recherche war es nicht möglich, für diesen Artikel ein Bild zu erhalten. Ein Meldebescheid bei der Royal Navy weist ihn als farbenblind aus, was angesichts seines Forschungsthemas bemerkenswert ist.

Heute spricht man davon, dass die grüne Patina hauptsächlich aus Salzen zusammengesetzt ist, die den natürlichen Mineralien Brochantit $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$ und Antlerit $\text{Cu}_3(\text{SO}_4)(\text{OH})_4$ entsprechen. Um der Natur der Patina noch etwas weiter auf den Grund zu gehen, haben wir je ein Stück reines Kupfer und patiniertes Kupfer unter ein Elektronenmikroskop gelegt. Betrachtet man eine REM-Aufnahme des unpatinierten Kupfers, sieht man die glatte Metalloberfläche mit einigen Kratzern (Abb. 1). Abb. 2 zeigt ein Stück patiniertes Blech vom Dach des Museums in gleicher Vergrößerung, Abb. 3 präsentiert eine weitere Vergrößerung. Hier wie in den seitlichen Aufnahmen (Abb. 4 und 5) erkennt man, dass die Patina wie eine undurchlässige Kristallschicht die Metalloberfläche überzieht. Die Patina ist außerordentlich dünn, nur wenige Mikrometer dick. Sie macht das Metall unempfindlich gegen weitere chemische Angriffe. Wird die Patina durch mechanische Einwirkung verletzt, so schließt sich die Schicht nach einiger Zeit wieder. Die Patina ist also selbstheilend. Unsere Museumspatina wurde mittels Röntgenspektroskopie auf ihre Zusammensetzung untersucht. Die Verteilung der chemischen Elemente zeigt Kupfer, Sauerstoff und Schwefel als Hauptbestandteile der Patina. Befänden sich signifikante Anteile Kupfercarbonat darin, müsste auch Kohlenstoff im Spektrum auftauchen.

Wandert man also durch unsere modernen Städte, kann man sich gut vorstellen, wie sich die leuchtend grüne Patina auf den Kupferdächern gebildet hat. Einige Skulpturen fallen allerdings aus dem Rahmen, noch dazu so prominente wie die Bavaria auf der Theresienwiese. Diese Figur ist, obwohl nun schon seit über hundertfünfzig Jahren der Münchner Aerosol-Luft ausgesetzt, nicht grün, sondern schwarz. Gleiches gilt beispielsweise für den Obelisk am Münchner Karolinenplatz. Auch dieser zeigt eine mattschwarze Oberfläche.

Schwarze Patinierungen bilden sich dann, wenn die Bronze gewisse Anteile Blei enthält. Dies konnte W. H. J. Vernon bereits in den 1920er Jahren nachweisen. Ein Blick in die Archive der Königlichen Erzgießerei unter Johann Baptist Stiglmaier bzw. Ferdinand von Miller zeigt, dass beide Monumente aus eingeschmolzenen Kanonen, Haubitzen, Mörsern und anderem Kriegsgeschütz gegossen wurden. Ein gewisser Bleianteil in Kanonenbronzen des 19. Jahrhunderts ist keine Überraschung, auch wenn sich in der Literatur nur unklare Angaben zu Sinn und Zweck der Bleibeimischung finden. In manchen Quellen wird die schönere Farbe der bleihaltigen Bronzen erwähnt, andere deuten an, dass es sich eher um unabsichtliche Verunreinigungen handle. Sicherheit darüber, ob die für die beiden erwähnten Standbilder verwendete Bronze tatsächlich Blei enthält, brächte eine röntgenspektroskopische Untersuchung.

Das Dach des Deutschen Museums zeigt im Januar 2011 bereits erste Veränderungen: Der strahlende rote Kupferglanz ist einer matten, braunschwarzen Farbe gewichen. Die erste Schicht an Kupferoxid beginnt sich also bereits zu bilden. Wenn die Chemie recht behält – und die Zusammensetzung der Bronze stimmt –, sollte in etwa zehn Jahren wieder eine gleichmäßige grüne Patina die Dachlandschaft des Museums bedecken. ■■

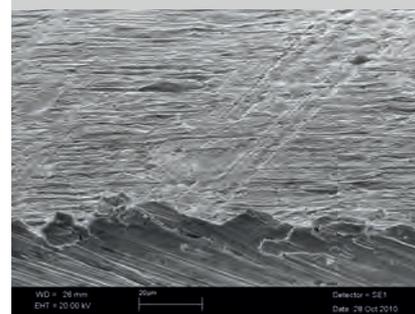


Abb. 4: Das Kupferblech in einer seitlichen Aufnahme.

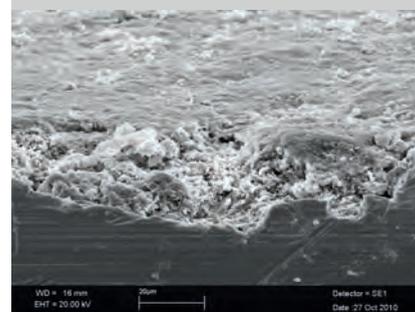


Abb. 5: Das patinierte Blech in einer seitlichen Aufnahme.



Abb. 6: Die Bronzestatue der Bavaria zeigt eine mattschwarze Patina.



**LIEBE LESERIN,
LIEBER LESER,**

Mehr Frauen in Führungspositionen forderte Kanzlerin Angela Merkel wenige Tage vor Druck der aktuellen

Ausgabe unseres Museumsmagazin. Wenn Sie durch die folgenden Seiten blättern, werden Sie feststellen, dass dieses Magazin weitgehend von Frauen bestritten wird. Die meisten sind als Wissenschaftlerinnen oder Mitarbeiterinnen am Deutschen Museum tätig.

Eine Ausnahme, werden nun einige von Ihnen sagen: mag sein. Aber eine erfreuliche. Und sie könnte ja Schule machen. Wir brauchen mehr Frauen in Führungspositionen – sicherlich. Aber wir brauchen vor allem mehr junge Frauen, die sich für ein naturwissenschaftlich-technisches Studium entscheiden. Nach wie vor sind Mädchen in den Grundlagenwissenschaften unterrepräsentiert.

Liebe Mütter, liebe Väter: Bummelt auch mit euren Töchtern öfter einmal durch das Deutsche Museum. Hier hat schon so mancher berühmte Naturwissenschaftler seine Berufung gefunden.

Die Kuratorinnen des Deutschen Museums werden bei der anstehenden Neugestaltung und Renovierung unseres Hauses ihren besonderen Blick mit einbringen und dafür sorgen, dass neu zu konzipierende Ausstellungen künftig für Mädchen und Jungen gleichermaßen attraktiv werden.

Einen kleinen Vorgeschmack will Ihnen die Sonderausstellung der derzeit geschlossenen Abteilung Chemie bieten. Freizeit und Sport sind ihr Thema. Ein Bereich, in dem heutzutage modernste Kunststoffe eine besonders wichtige Rolle spielen. Nach der Lektüre dieses



Wir leben im Kunststoffzeitalter. Das vielseitige Material hat viele Vorteile aber auch einen gravierenden Nachteil: Es ist nahezu unverwüsthch.

Magazine gehen Sie bestens vorbereitet in diese Ausstellung. Unsere Autorinnen führen Sie in die Geschichte der Entwicklung der Kunststoffe ein und fragen nach den Folgen des Plastikbooms. Als Appetizer empfehle ich Ihnen, mit den Seiten für Kinder einzusteigen: Hier gibt es das Basiswissen in Kürze. Auch für Erwachsene!

Viel Vergnügen beim Lesen wünscht Ihnen
Ihr Generaldirektor

Wolfgang M. Heckl

Neu: Online-Archiv

Seit 2010 finden Sie *Kultur & Technik* regelmäßig online. Nun haben wir auch damit begonnen, die gesamten Jahrgänge des Magazins zugänglich zu machen. Sie finden diese unter dem Menüpunkt »Archiv« auf unseren Seiten.

Übrigens: Sie haben die Möglichkeit, auf unserer Website einzelne Beiträge zu kommentieren. Wir freuen uns auf Ihre Leserbriefe!

Ihre Redaktion

Kultur & Technik finden Sie online unter:

www.kulturundtechnik.de

Schauen Sie doch mal rein!

Wer hat an der Uhr gedreht?

Ein nicht ganz ernst gemeinter Vorschlag zur Rettung der Sommerzeit



Am 27. März 2011 war es wieder einmal so weit: Millionen Europäer stellten ihre Uhren um eine Stunde vor. Schade um die verpasste Chance, findet der Autor und skizziert den Plan für ein globales Event. Von Max Bräutigam

Alle Jahre wieder dasselbe Ritual: Die Uhren werden umgestellt. Von Normalzeit auf Sommerzeit. Seit 1980 gilt diese Regel in Deutschland, seit 1994 in ganz Europa. Gewöhnt haben sich viele immer noch nicht an diesen künstlichen Tageslichtzugewinn – als der die Zeitmanipulation verkauft wird. Jahr für Jahr werden Sinn und Unsinn dieser Maßnahme diskutiert. Und es gibt ja auch wirklich etliche Argumente dagegen: Eingeführt wurde die Sommerzeit, um Energie zu sparen – ohne nennenswerten Effekt. Chronobiologen beklagen negative Auswirkungen auf den Biorhythmus des Menschen. Andererseits darf man die sozialen Aspekte nicht vernachlässigen: Denn die scheinbar gewonnene Tageslichtzeit schenkt uns nicht nur lauschige Biergartenabende.

Der Akt des Uhrenstellens erscheint mir allerdings wenig gemeinschaftsförderlich und vor allem – reichlich öde. Daher ein Vorschlag, wie die Sommerzeiterstellung zu einem globalen Event werden könnte. Ganz einfach: einmal die Erde um ihre Achse um 15 Grad vor und dann wieder zurückdrehen. Diese 15 Grad entsprechen eine Stunde, 1/24 von 360 Grad einer Erddrehung. Zur besseren Vorstellung meines Vorschlags ist die Beobachtung am Globus empfohlen. Bei der Umstellung auf die Sommerzeit ist der Globus nach Westen zu drehen. (Jetzt!)

Wenn Sie das Prinzip verstanden haben, möchte ich Sie – zum besseren Verständnis der nun folgenden Darlegung – zunächst an einige möglicherweise verschütteten Grundkenntnisse erinnern: Die Erde schwebt frei im All – im Kräftegleichgewicht der Gravitation von Sonne und Mond – und dreht sich dabei um die eigene Achse. Diese Achse ist konstant gegen die Sonne geneigt, so ergeben sich bei einer Umkreisung der Erde um die Sonne im Bereich der beiden Pole wegen der schrägen Sonneneinstrahlung die ausgeprägten Jahreszeiten Sommer und Winter. Die Sonne geht dabei nur scheinbar im Osten auf – korrekt wäre die Feststellung: Die Erde dreht sich von West nach Ost.

Ist es überhaupt denkbar, die Erddrehung zu verändern? Die gegenseitige Wirkung von Erde und Mond ist täglich zweimal an den Küsten der Meere deutlich sichtbar – Flut und Ebbe. Auch die Erdoberfläche, das sogenannte Festland, bewegt sich im gleichen Rhythmus, messbar, aber für uns nicht wahrnehmbar. Die Erdkruste ist sehr dünn, so dünn wie die Eischale im Verhältnis zum Ei. Das Innere der Erde ist flüssig, ähnlich wie beim Ei. Die Atmosphäre an der Erdoberfläche und das Magma, die Flüssigkeit unter der Erdoberfläche, drehen sich im Bereich des Übergangs zur Erdkruste mit.

Versuchen Sie sich einmal das folgende Modell vorzustellen: Ein großer Ballon aus einem drei Millimeter dicken Kunststoff oder Neopren stellt den Globus dar. Dieser Ballon, mit Wasser gefüllt, schwimmt bzw. schwebt im See. Die dünne Ballonschale im Modell entspricht der Erdkruste. Auf ihr balanciert eine Person. Mit kleinen Schritten gelingt es ihr, die Kugel entlang der Äquatorlinie zu drehen.



»Die Erde schwebt frei im All – im Kräftegleichgewicht der Gravitation von Sonne und Mond – und dreht sich dabei um die eigene Achse. Diese Achse ist konstant gegen die Sonne geneigt, so ergeben sich bei einer Umkreisung der Erde um die Sonne im Bereich der beiden Pole wegen der schrägen Sonneneinstrahlung die ausgeprägten Jahreszeiten Sommer und Winter.«



»Die Größe des Impulses ergibt sich aus der zu beschleunigenden Masse und dem Abstand zum Erdmittelpunkt. Sollte der Impuls nicht ausreichend Wirkung zeigen, könnten auch die Wege der riesigen Herden rund um den Globus in das Projekt eingebunden werden.«

VOM MODELL ZUM ERNSTFALL: Zugegeben – um der Erde den Impuls zur Drehung zu geben, brauchen wir etwas mehr Power. Aber wie? Die Lösung: Wir, die Erdbevölkerung, organisieren als eine große Gemeinschaft, über alle Grenzen, Religionen oder ethnischen Gruppen hinweg, ein riesiges Event. Eine noch nie da gewesene Aktion.

Zu einem festgelegten Punkt der Zeitumstellung auf die Sommerzeit bewegen sich alle Erdbewohner jeweils auf ihrem Breitengrad für die Beschleunigung der Erddrehung nach Osten und für das nachfolgende Abbremsen nach Westen (bei der Rückstellung auf die Normalzeit umgekehrt). Der gewählte Zeitpunkt für diese Aktion ist etwas problematisch, denn es bedeutet, dass die einen um 2 Uhr früh, andere um 8 Uhr vormittags, wieder andere um 3 Uhr nachmittags, jeder zu einer anderen Tageszeit

zum Einsatz kommen. Ich gehe davon aus, dass die Erddrehung beschleunigt bzw. bei einer Bewegung in die Gegenrichtung gebremst wird, sobald sich die gesamte Erdbevölkerung in eine Richtung bewegt. Die Größe des Impulses ergibt sich aus der zu beschleunigenden Masse und dem Abstand zum Erdmittelpunkt. Sollte der Impuls nicht ausreichend Wirkung zeigen, so ist die Bevölkerung aufgefordert, diese Aktion mit ihren Fahrzeugen zu unterstützen, um so die beschleunigende Masse zu vergrößern. Sicher sind hierzu im Vorfeld einige organisatorische Details zu diskutieren, um sicherzustellen, dass sich die Menschen von New York, Mexiko, São Paulo, Beijing, Seoul, Kairo etc. zu dem vereinbarten Zeitpunkt mit ihren Fahrzeugen in die vorgeschriebene Richtung bewegen.

Weitere Maßnahmen wären, den Fahrplan der Eisenbahnen und/oder den Betrieb der Flusskraftwerke und/oder den Weg der riesigen Herden auf den Steppen rund um den Globus einzubinden. Der Drehimpuls soll möglichst in einem absolut gleichen Augenblick gestartet werden. Die Erddrehung wird beschleunigt und dreht sich dann konstant etwas schneller, bis die Erddrehung nun die 15 Längengrade aufgeholt hat. Hierzu soll man sich etwas Zeit nehmen, sonst entstehen fürchterliche Stürme auf der Erdoberfläche, denn die Luft, unsere Atmosphäre, bewegt sich ja noch in unveränderter Geschwindigkeit. Die 15 Grad entsprechen am Äquator einer Strecke von ca. 1500 Kilometern. Bei einer zusätzlichen, noch verträglichen Windgeschwindigkeit von hundert Kilometern pro Stunde würden sich 15 Stunden für die Zeitumstellung ergeben.

Doch nicht nur die Atmosphäre, auch das Wasser der Weltmeere erfährt eine Relativbewegung zur Erdkruste. Eine von Nord nach Süd verlaufende Flutwelle wird sich ausbreiten. Die Laufzeit der erhöhten Erddrehung ist erst abgeschlossen, wenn die Vereinten Nationen auf Rückmeldung der Astrophysiker die geforderte zusätzliche Erddrehung und die neue Position zu Sonne und Mond bestätigt haben. Keine leichte Aufgabe, denn auch der Zeitpunkt für den Start und die Durchführung zum Bremsen müssen bestimmt werden, um die globale »Uhr« richtig einzustellen. Es kann passieren, dass die Erddrehung anschließend noch korrigiert werden muss – etwas vor oder nachstellen, auch da ist erdumspannende Teamarbeit gefragt.

Ich gebe zu, dass die Sache durchaus Stolperfallen enthält: Es ist denkbar, dass sozialistische oder kapitalistische Parteien Freude daran finden, durch Veränderung der Erddrehung den Tag auf 26 Stunden oder – nach der anderen Richtung – dauerhaft auf 22 Stunden einzustellen. Am Beispiel eines 26-Stunden-Tags wird man diskutieren, wie die gewonnenen zwei Stunden pro Kalendertag als Freizeit oder als zusätzliche Produktionszeit eingerechnet werden können.

Mit einer durch Intelligenz und Menschenkraft vorgenommenen Veränderung der Erddrehung könnte aber auch gesteuert werden, wie schnell wir alt werden. Diskussionen zur Lebensarbeitszeit oder zur Rente mit 70 werden neu aufgelegt. Vermutlich sind die Kräfte in der Gesell-

schaft, die eine Veränderung der Geschwindigkeit der Erddrehung aus wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Gründen herbeiwünschen, viel stärker als jene, die eine Zeitumstellung aus Gründen der Energieeinsparung befürworten.

Würde es gelingen, aufgrund der vorhin beschriebenen Möglichkeiten die Erddrehung zu verändern, z. B. auf einen 22-Stunden-Tag, so ergäben sich für das Jahr der Umlaufzeit der Erde um die Sonne, statt der 365 Tage nun ca. 400 Tage. Die Folge wäre die Forderung, einen neuen Kalender zu erstellen – der Gregorianische Kalender würde durch den »Maximilianischen Kalender«, genannt nach dem Namenspatron des Verfassers, abgelöst werden.

UNGEAHNTE MÖGLICHKEITEN DER ZEITUMSTELLUNG. Es gäbe aber noch eine weitere Alternative, die noch viel umfassendere Regelungen der Zeitumstellung zur Folge hätte: die Veränderung der Erdachse. Bekanntlich ist die Achse der Erde um ca. 23 Grad gegen die Ebene der Sonnenumlaufbahn geneigt. Diese Neigung ist Ursache der Jahreszeiten. Die Veränderung der Sonneneinstrahlung zu den verschiedenen Jahreszeiten ist wiederum die Ursache der nicht endenden Diskussion um die Sommerzeit. Zu Ende gedacht wäre die eigentlich befriedigendste Lösung, die Erdachse »aufzustellen«, gegen null. Wenn es prinzipiell möglich ist, die Erddrehung zu ändern, dann kann man auch die Erdachse gegenüber der Sonne verändern. Wenn ich recht darüber nachdenke, scheint mir dies noch effektiver.

Die dazu erforderlichen Maßnahmen sind dieselben wie vorhin beschrieben, jedoch nach Nord-Süd gerichtet. Alle Bewohner der Erde auf der Sonnenseite beispielsweise bewegen sich nach Süden, während sich die der Nachtseite zur selben Zeit nach Norden bewegen.

Ich empfehle, diese Veränderung sehr sachte vorzunehmen – jedes Jahr ein Grad, innerhalb einer Generation haben wir es dann geschafft. Und mit welchen Auswirkungen! Alle Bewohner dieser Erde sind der Solidargemeinschaft näher – allen wird gleich viel Licht und Schatten, zumindest gemessen an den Stunden der Sonneneinstrahlung, beschert. Es gibt keine Jahreszeiten! Aber wie reagiert die Modebranche? Die Meinung der Psychologen kenne ich nicht. Sie geben vor, für jeden Einzelnen ihrer Kunden für eine Verbesserung ihres Wohlbefindens zu sorgen. Sie stimmen sicher überein, wenn die Bewohner an den Polen, die bisher monatelang in Dunkelheit oder Dauerlicht leben müssen, nun einen ausgeglichenen Tagesrhythmus von hell und dunkel bekommen. Die Verluste ließen sich verschmerzen: In den katholischen Gebieten (Bayern!) müsste man das Fest »Maria Lichtmess« streichen, in Schweden »Lucia, die Lichterkönigin« in Rente schicken.

Zu bedenken wäre allerdings, dass sich bei einer Veränderung der Erdachse auch die beiden großen Strömungen der Weltmeere, der Humboldt- und der Golfstrom, die im Wesentlichen unser Wetter bestimmen, verändern werden. Aber dies wird ohnehin erst in den nächsten Generationen wahrgenommen. Und was passiert mit den magnetischen Polen? Bekanntlich sind die magnetischen Pole deutlich abseits der geografischen Pole. Auch sind die Positionen der magnetischen Pole nicht fix, sie wandern. Einen Kompass benutzt aber ohnehin keiner mehr – wir bestimmen unsere Position nur noch per GPS (Global-Positioning-System). Halt! Die Satelliten bleiben ja nach der Veränderung der Erdachse auf ihrer alten Bahn. Das GPS müsste daher neu aufgestellt werden. Ich fürchte, das dürfte nicht das letzte Problem einer Korrektur der Erdachse sein. Dennoch, wir sollten es versuchen. Was wir Menschen im Prinzip doch alles bewegen können! ■■



Dipl.-Ing. Max Bräutigam trägt seit seiner Pensionierung keine Uhr mehr. Er steht grundsätzlich morgens dann auf, wenn der Tag anbricht.

Veranstaltungen & Ausstellungen

April bis Juni 2011

MUSEUMSINSEL

SONDERAUSSTELLUNGEN

- Bis 22. Mai Félix Candela – Künstler der Konstruktion
Bis Ende 2011 Entwicklung des Universums
Bis 31. Juli Geliebte Technik der 1950er Jahre
1. Juli bis 18. September Gauss und Goethe – Wissenschaft und Literatur

SCHLIESSUNGEN

Geschlossen sind die Abteilungen Wasserbau/Brückenbau, Chemie sowie die Weststernwarte. Aufgrund größerer Baumaßnahmen können kurzfristige Schließungen nötig sein. Den aktuellen Stand der Schließungen finden Sie auch auf unseren Internetseiten unter www.deutsches-museum.de.

INTERNATIONALER MUSEUMSTAG

- So 15. 05., Treffpunkt für alle Führungen: Eingangshalle
11.00 Uhr 21 Meisterwerke in 100 Minuten
11.00 Uhr Gesundheit und Gentechnik (Anmeldung an der Information)
12.00 Uhr Per Anhalter durch die Galaxis
13.30 Uhr Der Museumsturm – ein Wahrzeichen des Deutschen Museums
14.30 Uhr Der Beginn der Atomforschung im frühen 20. Jahrhundert
14.30 Uhr The Deutsches Museum and its history

MONTAGSKOLLOQUIUM

- Montag, Beginn 16.30 Uhr, ab 16.00 Uhr Austausch bei Kaffee/Gebäck
Bibliotheksbau, Seminarraum der Institute (Raum 1402), Eintritt frei
Information: Andrea Walther, Tel. 089 / 21 79 - 280
E-Mail: a.walther@deutsches-museum.de
02.05. Mikrochemie der Macht – Vitamin C in die Interessen der Gesundheitspolitik (1933–1953)
16.05. Normierung eines Naturstoffes – Die Rolle der Chemie in der Industrialisierung der Milchwirtschaft
30.05. Fremd- und Vitalstoffe. Der Diskurs über »Gift in der Nahrung« in der Mitte des 20. Jahrhunderts
27.06. Abschied von der Utopie? Genussmittelsurrogate in der DDR

WISSENSCHAFT FÜR JEDERMANN

- Mittwoch 19.00 Uhr, Ehrensaal, 1. OG, Abendkasse ab 18.00 Uhr, Einlass 18.30 Uhr
Reservierung am Veranstaltungstag, 9.00 bis 15.00 Uhr, Tel.: 089 / 21 79 - 221
Eintritt (soweit nicht anders angegeben): 3,- Euro, Mitglieder frei
06.04. Raumfahrt
13.04. Über die Kunst zu zaubern

SENIORENFÜHRUNGEN

- Donnerstag 10.00 und 14.00 Uhr, Treffpunkt: Eingangshalle, Anmeldung: Seniorenbeirat der LH München, Burgstraße 4, 80331 München, Tel.: 089 / 233 - 2 11 66
14.04. Vom Atom zur Seifenblase
12.05. u. 09.06. Der Museumsturm

FRAUEN TECHNIK WISSEN

Information: Tel. 089 / 21 79 - 289, E-Mail: ha.programme@deutsches-museum.de
Mittwoch, 10.00 Uhr (soweit nicht anders angegeben), Treffpunkt: Eingangshalle
13.04. Gesundheit und Gentechnik

KONZERTE UND MUSIKALISCHE VERANSTALTUNGEN

- Aktuelle Informationen unter www.deutsches-museum.de/information/konzerte sowie Tel. 089 / 21 79 - 445, E-Mail: s.berdux@deutsches-museum.de
Sa 09.04., 14.30 Uhr Theobald Böhm – Erfinder der modernen Querflöte
So 17.04., 14.00 Uhr Lerche oder Nachtigall? Der Zwitscherautomat
So 07.05., 11.15 Uhr Das Siemens-Studio für elektronische Musik
Mi 18.05., 18.00 Uhr Alte Musik von Studierenden: »Musica da camera«
So 22.05., 14.00 Uhr Lerche oder Nachtigall? Der Zwitscherautomat
So 05.06., 14.00 Uhr Von kleinen und großen Orgeln
So 05.06., 21.00 Uhr Sinfonie mit der Sinfonie-mit-dem-Paukenschlag (3. Sinfonie für Stromorchester)
Mi 15.06., 18.00 Uhr Vom italienischen Geschmack zum Goût français

DAS DNA-BESUCHERLABOR: GENFORSCHUNG BEGREIFEN

Vereinbarung von Kursterminen: Führungsbüro, Tel. 089 / 21 79 - 252
Weitere Informationen auf den Internetseiten des Museums:
www.deutsches-museum.de/ausstellungen/neue-technologien/labore/besucherlabor

SONDERVORFÜHRUNGEN GLASBLASEN

2. OG, Glasbläserstand neben der Altamirahöhle
Fr 15.04., 11.30 u. 14.00 Uhr Massivglas
Sa 16.04., 11.30 u. 14.00 Uhr Massivglas
Mo 23.05., 14.00 Uhr Glasaugen
Di 24.05., 11.30 Uhr Glasaugen
Fr 17.06., 11.30 u. 14.00 Uhr Neonglas
Sa 18.06., 11.30 u. 14.00 Uhr Neonglas

KINDER- UND JUGENDPROGRAMM

MIMKI – MITTWOCH IM KINDERREICH

Workshops für Kinder von 4 bis 8 Jahren, Mittwoch 14.30 – 15.30 Uhr (außer in den Ferien), keine Anmeldung erforderlich, Kosten: Museumseintritt für Kinder ab 6 Jahren

TUMLAB – LABOR FÜR SCHÜLER UND LEHRER

Kinder ab 10 Jahre, Anmeldung: montags 10.00 – 12.00 Uhr u. 14.00 – 16.00 Uhr unter Tel. 089 / 21 79 - 558, Informationen: www.tumlab.de, E-Mail: kontakt@tumlab.de

WISSENSCHAFTLER SEIN FÜR EINEN TAG

Für Jugendliche ab 14 Jahren, Kosten: 10,- Euro (inkl. Museumseintritt)
Anmeldung unter www.forschen.tumlab.de, Teilnehmerzahl begrenzt
09.04., 14.05., 28.05., 11.06., jeweils Samstag, 13.00 – 16.45 Uhr

TRY IT – WORKSHOPS FÜR JUNGE LEUTE AB 13

Informationen und Anmeldung: Gabriele Kramer, Tel. 089 / 21 79 - 592,
E-Mail: g.kramer@deutsches-museum.de, Treffpunkt: Eingangshalle
Sa 28.05., 10.00 – 13.00 Uhr Robotics-Kurs

Sonderausstellung
Geliebte Technik der 1950er Jahre
Zeitzeugen aus unserem Depot

Bis 31. Juli

Museumsinsel
Sonderausstellungsraum, 1. OG



FERIENPROGRAMM: BEOBACHTEN, ENTDECKEN, HELFEN. FORSCHUNG FÜR UNSERE GESUNDHEIT

Für Kinder und Jugendliche von 9 bis 15 Jahren

Anmeldung erforderlich (Workshops): Tel. 089 / 21 79 - 592

Gabriele Kramer, E-Mail: g.kramer@deutsches-museum.de

Das detaillierte Programm ist ab Mitte März auf der Internetseite des Deutschen Museums nachzulesen.

Di 19.04. – Do 21.04. **Offenes Programm und Workshops**

19.04. u. 20.04., jeweils 10.00 – 12.30 Uhr u. 13.30 – 16.00 Uhr

Halbtagesworkshops: Mikroskope und Mikroskopieren

Kosten: Museumseintritt

21.04., 10.00 – 16.00 Uhr

Tagesworkshop Trickfilm: Forschung für unsere Gesundheit

Kosten: Museumseintritt zzgl. 10,- Euro Kursgebühr

GIRLS' DAY 2011

Beschränkte Teilnehmerinnenzahl, nur mit Voranmeldung.

Programminfo und Anmeldung unter: www.girls-day.de

Weitere Informationen: g.kramer@deutsches-museum.de

Treffpunkt: Eingangshalle Deutsches Museum

Do 14.04., 9.15 Uhr

ROBOTICS-KURSE IM TUMLAB

Für Kinder und Jugendliche von 10 bis 14 Jahren

Kosten: 10,- Euro (inkl. Museumseintritt), Barzahlung vor Ort beim Kursleiter

Teilnehmerzahl begrenzt, Anmeldung unter www.robotik.tumlab.de

Weitere Informationen: www.tumlab.de

Sa 16.04. und Sa 04.06., jeweils 13.00 – 16.00 Uhr

VERKEHRZENTRUM

SONDERAUSSTELLUNGEN

Bis 8. Januar 2012 Benz & Co. – 125 Jahre Benz-Patent-Motorwagen

AUFTAKTVERANSTALTUNG ZUR RADL-SAISON 2011

Fr 01.04. **Radfahren in allen Lebenslagen – sicher mobil**

10.00 Uhr **Fahrradplanung der Landeshauptstadt**

10.20 Uhr **Bedeutung des Fahrradfahrens für ALLE**

10.40 Uhr **Universal Design**

11.00 Uhr **Elektromobilität und Pedelec in der Region**

Garmisch-Partenkirchen

11.20 Uhr **Sicher mobil**

11.40 Uhr **Herzen-Radeln**

12.00 Uhr **Alpenfestival 2011 in Garmisch-Partenkirchen,**

Kesselbergrennen 2011

Ab 14.00 Uhr **Barrierefrei radfahren**

RADL-TAGE

Ausprobieren verschiedener Rad- und Rollfahrzeuge für Jung und Alt

Treffpunkt: Verkehrszentrum, Kosten: Museumseintritt

Sa 02.04., So 08.05., jeweils 11.00 – 17.00 Uhr

VORTRÄGE

Donnerstag, Beginn: 18.30 Uhr,

Eintritt 3,- Euro, Mitglieder frei

07.04. **Hochglanz oder Patina?**

14.04. **Thema s. Tagespresse**

05.05. **Mit der Lhasa-Bahn nach Tibet**

19.05. **Thema s. Tagespresse**

26.05. **Lastendrahtesel – Das Fahrrad als Transportsystem**

30.06. **Thema s. Tagespresse**

INTERNATIONALER MUSEUMSTAG

So 15.05., 11.00 Uhr **Erfinder, Pioniere, Legenden**

(automobilhistorischer Rundgang)

FRAUEN TECHNIK WISSEN

Kosten: Museumseintritt, Treffpunkt: Kasse

Mi 11.05., 10.00 Uhr **Von schlechter Luft bis Stress am Steuer**

SENIORENFÜHRUNGEN

Treffpunkt: Eingangshalle, Anmeldung: Seniorenbeirat der

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

Mi 20.04., 14.00 Uhr **Auf Schienenwegen durch die Stadt**

Mi 15.06., 14.00 Uhr **Elektromobilität**

KINDER- UND JUGENDPROGRAMM IM VERKEHRZENTRUM

Buchung von Kindergeburtstagsfeiern unter Tel. 089 / 21 79 - 597

FAHRRAD-FLICK-KURSE

Mittwoch, 14.30 – 15.30 Uhr, Eintritt: 3,- Euro zzgl. 1,50 Euro Materialkosten

Treffpunkt: Kasse, Anmeldung erforderlich: Tel. 089 / 50 08 06 - 500

06.04., 04.05., 01.06.

KINDERFÜHRUNGEN

Jeweils 14.30 Uhr, Kosten: Museumseintritt

Wie die Kutsche auf die Schiene kam

Treffpunkt: Halle II vor S 3/6

Sa 02.04., Mi 20.04., Sa 14.05., Sa 11.06., Sa 25.06.

Vom Hochrad zum Mountainbike

Treffpunkt: Kasse

Sa 09.04., Di 19.04., Di 26.04., Sa 04.06., Di 14.06., Sa 18.06.

Geschichten und Geschichte der Trambahn

Treffpunkt: MAN-Lkw (Halle I)

Sa 23.04., So 15.05., Sa 21.05., Mi 15.06.

Wie das Auto laufen lernte

Treffpunkt: Kasse

Sa 16.04., Mi 27.04., Fr 29.04., Sa 28.05., Fr 17.06., Fr 24.06.

Warum braucht die Eisenbahn Signale?

Treffpunkt: Halle II vor S3/6

Do 21.04., Sa 07.05., Do 02.06., Mi 22.06.

Winker, Blinker und Verkehrszeichen

Treffpunkt: MAN-Lkw (Halle I)

Mo 18.04., Do 28.04., Do 16.06., Do 23.06.

Veranstaltungen & Ausstellungen

April bis Juni 2010

FLUGWERFT SCHLEISSHEIM

INTERNATIONALER MUSEUMSTAG

So 15.05., Kosten: Museumseintritt

9.00 – 17.00 Uhr **Besichtigung der Restaurierungswerkstatt für Flugzeuge**
14.00 Uhr **Führung durch die Flugwerft Schleißheim**

VORTRAG DER ROYAL AERONAUTICAL SOCIETY

Eintritt frei

Mi 13.04., 17.30 Uhr **Die Pfeilflügelentwicklung in Deutschland**

KINDER- UND JUGENDPROGRAMM IN DER FLUGWERFT

FLUGMODELLBAUKURS

Für Kinder ab 12 Jahren, Jugendliche und Erwachsene

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

Kosten: 49,- Euro (inklusive Kursgebühr, Materialkosten und Museumseintritt)
Do 28.04., 9.00 – 17.00 Uhr

WORKSHOP »FLIEGENDE OBJEKTE« FÜR FORTGESCHRITTENE

Für Kinder ab Jahren mit Vorkenntnissen, Anmeldung erforderlich in der Flugwerft unter: Tel. 089 / 31 57 14-10, Kosten: 10,- Euro (zzgl. Museumseintritt)

Sa 09.04., 9.30 – 17.00 Uhr

MODELLBAUKURS ELEKTROFESSELFLUGMODELL

Zweitagesworkshop für Kinder von 9 bis 15 Jahren, Anmeldung: 089 / 31 57 14 - 10

Vorauskasse zur Bestätigung der Anmeldung, Teilnehmerbegrenzung

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

Di 26.04. / Mi 27.04., jeweils 9.00 – 17.00 Uhr

BAU EINER MODELLRAKETE

Für Kinder ab 12 Jahren, Jugendliche und Erwachsene

Anmeldung: 01 73 / 4 80 73 68 oder epocheIII@t-online.de

Kosten: 49,- Euro (inkl. Kursgebühr, Materialkosten und Museumseintritt)

Vorauskasse zur Bestätigung der Anmeldung, Teilnehmerbegrenzung

Sa 09.04., Sa 04.06., jeweils 9.00 – 17.00 Uhr

DEUTSCHES MUSEUM BONN

SONDERAUSSTELLUNGEN

Bis 1. Mai 2011

Leonardo da Vinci – Bewegende Erfindungen

VORTRAG

Mittwoch, 19.00 Uhr, Eintritt frei

06.04. **Von Bonn in die Welt – die Desinfektion flexibler Endoskope**

TURNUSFÜHRUNG – EXPONATE À LA CARTE

Kosten: Museumseintritt, keine Anmeldung erforderlich

Samstag, 15.00 Uhr, Sonn- und Feiertag, 11.00 und 15.00 Uhr

STERNENHIMMEL LIVE

Eintritt frei

Di 03.05., 19.00 Uhr **Pauls portables Planetarium**

MUSEUMSMEILENFEST

Ein buntes Familienprogramm zum Thema Chemie

Do 23.06. – So 26.06., jeweils 10.00 – 18.00 Uhr

LEONARDO DA VINCI – BEWEGENDE ERFINDUNGEN

Dienstag, 19.00 Uhr, Eintritt frei

12.04. **Vortrag Leonardo und die Kunst des Scheiterns**

VULKANISMUS IN DER BONNER REGION

Mittwoch, 19.00 Uhr, Eintritt frei

11.05. **Earthquakes and Tsunamis – from Sumatra to Bonn**

18.05. **Gesteinskundliche Aspekte der Siebengebirgsvulkanite**

KÜCHENWISSENSCHAFTEN – WISSENSCHAFT RUND UM DIE KÜCHE IM DEUTSCHEN MUSEUM BONN

Dienstag, 19.00 Uhr, Eintritt frei

07.06. **Mineralwasser der Eifel – Was steckt drin?**

KINDER- UND JUGENDPROGRAMM

Buchung von Schüler- und Kindergruppen unter 02 28 / 3 02-256,

Di – Fr, jeweils 10.00 – 17.00 Uhr

EXPERIMENTIERKÜCHE ENTDECKEN

Für Kinder ab 7 Jahren und ihre Eltern, jeden 2. und 4. Sonntag im Monat,

jeweils 11.00–17.00 Uhr, keine Anmeldung erforderlich, Kosten: Museumseintritt

So 10.04., So 24.04., So 08.05., So 22.05., So 12.06. und So 26.06.

TURNUS-WORKSHOPS

Anmeldung: 02 28 / 3 02-256, E-Mail: info@deutsches-museum-bonn.de

Kosten: Museumseintritt und 4,- Euro Workshopgebühr

02.04., 11.00 Uhr

Pfiffikus trifft Luftikus

02.04., 15.00 Uhr

Dem Strom auf der Spur

02.04., 15.15 Uhr

DonnerWetter

03.04., 11.00 Uhr

Konstruieren mit Leonardo

03.04., 11.00 Uhr

Basteln mit Leonardo

09.04., 11.00 Uhr

Vorsicht, Hochspannung!

09.04., 15.00 Uhr

Roberta NXT

09.04., 15.15 Uhr

Über den Wolken

16.04., 11.00 Uhr

Basteln, Bauen, Begreifen / Thema: Ostern

16.04., 15.00 Uhr

WasserReich

17.04., 11.00 Uhr

Konstruieren mit Leonardo

17.04., 11.00 Uhr

Basteln mit Leonardo

19. – 20.4., 10.00 Uhr

Das Gelbe vom Ei (zweitägig)

26. – 27.4., 10.00 Uhr

Kosmetik- und Schmuckwerkstatt (zweitägig)

26. – 29.4. 10 Uhr

BioBots (viertägig)

30.04., 11.00 Uhr

Pfiffikus trifft Luftikus

30.04., 15.00 Uhr

Roberta RCX

Freundes- und Förderkreis

Deutsches Museum e. V.

SONDERAUSSTELLUNG »GELIEBTE TECHNIK DER 50ER JAHRE«



Empfangen wird der Besucher von einem Kleinwagen in Lindgrün, einem Heinkel Kabinenroller auf drei Rädern und einer Jukebox, die mit Hilfe der freundlichen Museumswärterin Elvis Presley, Harry Belafonte oder auch Laras Lied aus *Doktor Schiwago* spielt. Kein Wunder, dass man sofort von einem Lebensgefühl erfasst wird, das für die jüngeren eine andere Welt, für die älteren Besucher jedoch ein Universum voller Erinnerungen ist. Die Sonderausstellung »Geliebte Technik der 50er Jahre« enthält ausschließlich Exponate aus den legendär umfangreichen Depots des Deutschen Museums. Die vom Freundes- und Förderkreis finanzierte Schau gilt museumsintern auch als Testlauf dafür, ob ein begehrtes Schaudepot, wie es als Teil der Zukunftsinitiative geplant ist, bei den Museumsbesuchern auf Resonanz stoßen würde.

Was lag also näher, als der Sache selbst auf den Grund zu gehen, sich bei einem Testbesuch vom Charme einer solchen Museumserweiterung zu überzeugen. Die Ausstellung ist gut besucht, sogar eine Besucherin aus Kuba schwelgt in Reminiszenzen. »So eine Waschmaschine hatte meine Großmutter. Später wurde das Gerät durch ein sowjetisches Modell

ersetzt«, erzählt sie und widerspricht damit dem Klischee, dass in Kuba, das doch als Freilichtmuseum der 50er Jahre gilt, ausschließlich Geräte wie hier im Deutschen Museum zum Einsatz kommen. Nur die Autos, das stimme schon, seien so wie der grau-weiße Fiat Neocar im hinteren Teil der Ausstellung.

»Das haben wir früher benutzt!« »An die alten Radio- und Fernsehgeräte in den klobigen Holzkisten kann ich mich noch gut erinnern!« »Und erst die alte Nähmaschine, die muss man nicht erlebt haben, um zu sehen, dass sie unverwundlich ist!« Die Schau löst eindeutig Emotionen aus. Einen Fernschreiber, wie das ausgestellte Ungetüm ebenfalls in Holzverkleidung, hat die FFK-Vorsitzende Isolde Wördehoff noch in den 1960er Jahren in der Börsenabteilung der Bayerischen Staatsbank verwendet. »Unglaublich«, staunt nun auch meine 14-jährige Tochter. »So also hat man früher E-Mails geschrieben. Ganz schön umständlich war das.«

Es war die Epoche des Wiederaufbaus. Während in den Städten noch die Trümmerhaufen das Bild dominierten, waren Lebenslust, Hoffnung und Neugier angesagt, und man begann, die Annehmlichkeiten im Haus-

halt und die Mobilität zu genießen. All das, samt Werbepostern und Filmplakaten, transportiert die Ausstellung.

»Hier lächeln die Leute, Erinnerungen kommen auf und die Menschen fangen an zu tanzen«, erklären uns beglückt die Museumswärterinnen. Der Testlauf scheint wirklich gelungen. Generaldirektor Wolfgang Heckl freilich hat es immer schon geahnt und die Jukebox im Eingang aus seiner eigenen Sammlung ans Museum verliehen. Er hat sie auch eigenhändig restauriert, nach seinem eisernen Grundsatz, dass er jedes technische Gerät im Haushalt selbst reparieren können muss. Wir staunen, was der vielbeschäftigte Hausherr alles unter einen Hut bekommt und danken für den einzigartigen Musikgenuss.

Monika Czernin



Bei Ana Martinez (im Bild rechts) werden Erinnerungen wach. Gemeinsam mit Monika Czernin (im Bild links) bewundert die Kubanerin die Exponate aus den 50er Jahren.

Unterstützen Sie den Freundeskreis des Deutschen Museums!

Jahresbeitrag:

- ▶ 500 Euro für persönliche Mitgliedschaften
- ▶ 250 Euro für Juniormitgliedschaften (bis 35 Jahre)
- ▶ 2500 Euro für Mitgliedschaften mittelständischer Unternehmen nach EU-Norm
- ▶ 5000 Euro für die Mitgliedschaften großer Unternehmen

Kontakt:

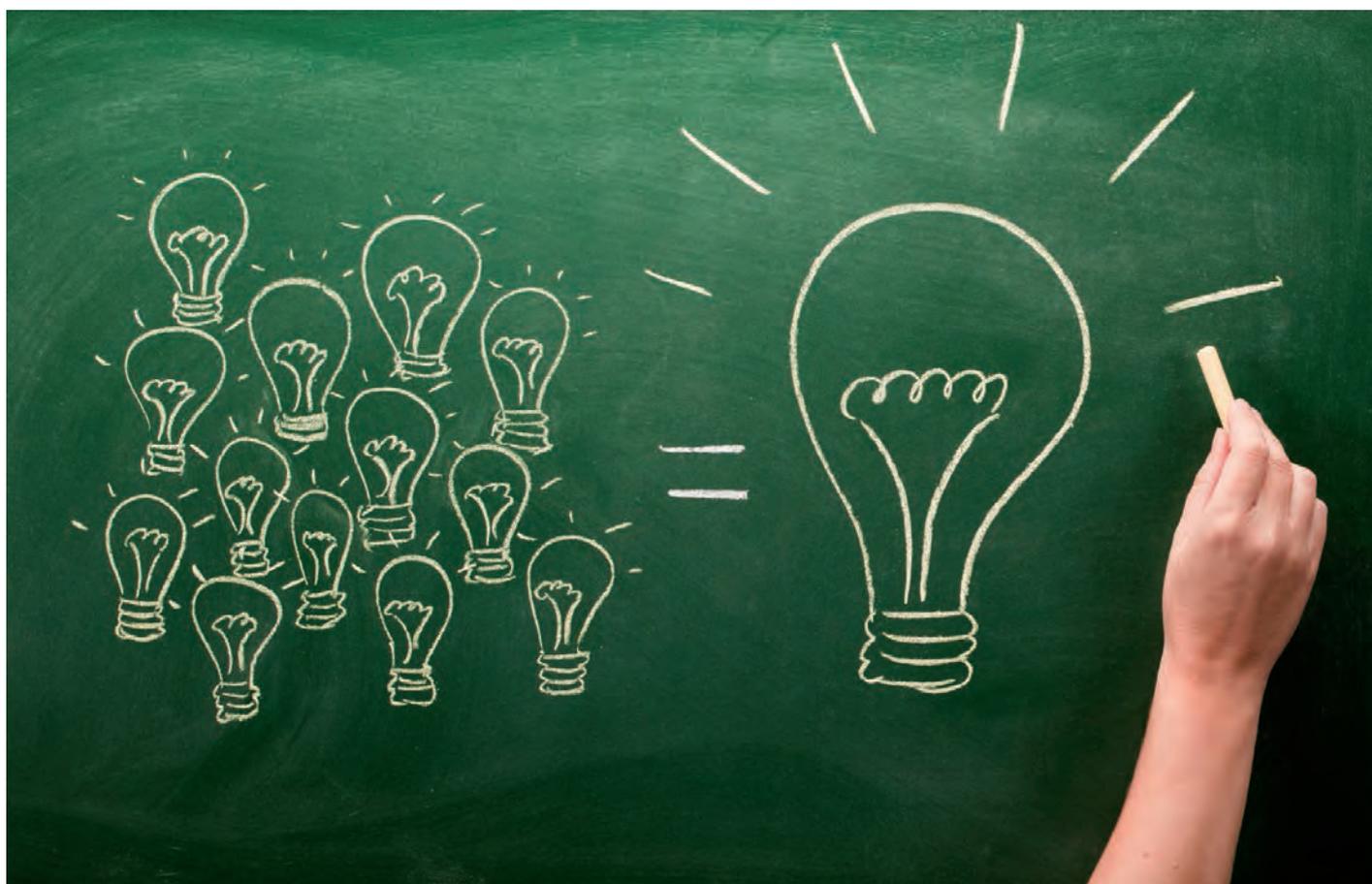
Freundes- und Förderkreis
Deutsches Museum e. V.
Museumsinsel 1 · 80538 München

Ihre Ansprechpartnerin:

Claudine Koschmieder
Tel. 089 / 21 79 - 314 · Fax 089 / 21 79 - 425
c.koschmieder@deutsches-museum.de

Deutsches Museum intern

Tipps, Ausstellungen, Hintergrund



Ideen, die beflügeln

EIN EXPERTENKOLLOQUIUM DISKUTIERT PERSPEKTIVEN FÜR DIE KOMMENDEN JAHRZEHNTE

Im Mai 2003 feierte das Deutsche Museum seinen 100. Geburtstag. Derzeit bereitet sich das Haus auf den vielleicht bedeutendsten Einschnitt seiner Geschichte vor: die Zukunftsinitiative Deutsches Museum. Die Zukunftsinitiative ist ein ambitioniertes Programm, um das Museum für die nächsten Dekaden fit zu machen: Die Gebäude müssen von Grund auf saniert werden, in fast allen Teilen ist aufwendige Brandschutztechnik nachzurüsten.

Die Ausstellungen auf der Museumsinsel werden zum größten Teil neu konzipiert und gestaltet. Eine ganze Reihe von Ausstellungen wird inhaltlich erneuert. Die Spuren einer langen Nutzung sind mittlerweile an vielen Stellen deutlich sichtbar. Zudem müssen große Bereiche des Hauses wegen der Umbaumaßnahmen ohnehin geräumt werden.

Die Zukunftsinitiative umfasst auch den Bau eines zentralen Depots, um die großen Sammlungsbestände des Hauses konservatorisch opti-



v.l.n.r.: Barry Lord, Alexander Schwarz, Wolfgang Heckl, Mamoru Mohri und Goéry Delacôte.

mal und logistisch effektiv lagern zu können, sowie die Reintegration des ehemaligen »Forums der Technik« mit dem Ziel, dem Museumsbesucher künftig neue Flächen und Bildungsmöglichkeiten anzubieten.

Die Gesamtmaßnahmen der Zukunftsinitiative Deutsches Museum sollen zum hundertjährigen Jubiläum der Gebäude auf der Museumsinsel 2025 abgeschlossen sein. Dafür stehen Finanzmittel in Höhe von rund 400 Millionen Euro zur Verfügung. 40 Millionen Euro stammen von acht privaten Spendern des Gründerkreises der Zukunftsinitiative. Bund und Land übernehmen die restlichen 360 Millionen Euro zu gleichen Teilen.

Als Arbeitsgrundlage für diese große Umgestaltung wurde im vergangenen Jahr ein Masterplan erarbeitet, an dessen Entstehung das gesamte Haus mitgearbeitet hat. Um nicht nur eigene Ideen mit einzubringen, sondern auch die interinstitutionelle Diskussion zu fördern und

fremde Expertise nutzen zu können, wurde am 11. und 12. November 2010 auf Einladung des Deutschen Museums im Ehrensaal ein internationales Perspektivenkolloquium veranstaltet.

Unter dem Titel »Envisioning the Future for the Deutsches Museum« kamen sieben Spezialisten aus ganz unterschiedlichen Fachrichtungen zusammen – u. a. Museumsdirektoren wie Serge Chambaud, Direktor am Musée des Arts et Métiers in Paris, Barry Lord, ein ausgewiesener und engagierter Berater in der Museumsszene und Präsident der Beratungsgesellschaft Lord Cultural Resources in Toronto oder Alexander Schwarz, Architekt und Managing Director von David Chipperfield Architects in Berlin, der gerade an einem Masterplan für die Museumsinsel in Berlin arbeitet.

Die Referenten berichteten von ihren eigenen Institutionen und Projekten, die zum Teil mit ähnlichen Herausforderungen konfrontiert sind (oder waren), wie das Deutsche Museum. So musste zum Beispiel der Gesamtbestand des Musée des Arts et Métiers in Paris – rund 80 000 Exponate – vor etwa zehn Jahren wegen einer Generalsanierung in ein Depot umziehen.

Mamoru Mohri, ehemaliger Astronaut und heute Direktor des Zukunftsmuseums Miraikan in Tokio stellte das japanische Konzept des »Tsunagari« vor, ein allumfassendes System der Welt, wonach alles Bestandteil einer größeren Einheit – eben dieser Welt – ist, und zeigte, wie dieses Konzept in einem Museum realisiert werden könnte.



Oben: Barry Lord im Gespräch mit Wolfgang Heckl.
Unten: Mamoru Mohri im Gespräch mit Ulrich Walter, Mitglied des Wissenschaftlichen Beirats des Deutschen Museums.
Beide waren Astronauten auf Space Shuttle-Missionen.

Die Vortragenden waren im Vorfeld auch um Ideen und Verbesserungsvorschläge für das zukünftige Deutsche Museum gebeten worden und lieferten daraufhin etliche Anregungen: Beispielsweise eine stärkere Fokussierung auf die Besucher aus dem direkten Umland (Goéry Delacôte), die Einbeziehung neuer Medien wie Facebook, Twitter etc., um mehr jugendliche Besucher zu gewinnen (Serge Chambaud), oder den Wunsch nach Transformation eines Museums für Ingenieure in ein Museum für eine sehr breite Öffentlichkeit (Fiorenzo Galli).

Von mehreren Seiten kam der Hinweis, sich erst über die Inhalte des neuen Museums klarzuwerden, bevor Architekten mit der Umsetzung beauftragt werden. Ein Punkt der im Haus intensiv diskutiert wurde, stellt sich doch die Frage, inwieweit diese für einen Museumsneubau sehr einsichtige Forderung auch für die Erneuerung eines alten Gebäudes gelten kann – oder ob die Prozesse in diesem Fall nicht eher parallel ablaufen müssen.

Im Rahmen des Perspektivenkolloquiums ist eine Vielzahl von Ideen entstanden, wie das Deutsche Museum in Zukunft aussehen könnte; sei es im globalen Maßstab oder im Detail. Einige Ideen sind direkt in den Masterplan eingeflossen, andere harren noch ihrer Umsetzung, und wieder andere werden sicher Vision bleiben. Aber gerade die Diskussion über die vielfältigen Möglichkeiten beflügelte das freie Denken um die Zukunft des Deutschen Museums.

Lorenz Kampschulte, Frank Dittmann



Braintrust (v.l.n.r.): Andrea Bandelli, Serge Chambaud, Barry Lord, Alexander Schwarz, Wolfgang Heckl, Mamoru Mohri, Goéry Delacôte und Fiorenzo Galli sprechen über die Zukunft des Deutschen Museums.

Schlusspunkt

Welt aus Plastik



Ich meine: Ich bin ein Mann. Ein ziemlich normaler Mann. Ich habe keine seltsamen Fantasien oder so. Es wäre für mich daher auch überhaupt kein Problem gewesen, sie einfach ihrem Schicksal zu überlassen. Andererseits, warum? Sie wirkte so zerbrechlich und war auf eine ganz eigene Weise attraktiv. Vielleicht war es auch nur, weil sie so relativ unbekleidet und also schutzlos war, und es mich, als ich sie so sah, unweigerlich zu frösteln begann. Sie trug ein paar Pumps in Leo-

setzte die stille Dame in der Küche auf Fräulein Schröders Platz, goss mir einen Schluck Sekt, den ich noch im Kühlschrank fand und dessen Kohlensäure sich längst schon verflüchtigt hatte, in ein ausgespültes Senfglas und sagte: »Willkommen im Klub der einsamen Herzen!« Sie aber lächelte ihr sibyllinisches Lächeln und sagte nichts. »Prost!«, sagte ich. Sie sagte nicht: »Prost!«. Ich sagte: »Auf die Liebe!«. Sie sagte nicht: »Auf die Liebe!« Ich goss mir noch einen Schluck von der abge-

boden unter mir begann so seltsam zu schwanken, als sei ich auf hoher See. Mit den Händen stützte ich mich an den Wänden ab. Wasser strömte plötzlich durch den Flur und ich ruderte mit den Armen wie ein Ertrinkender. Langsam arbeitete ich mich vorwärts gegen die Strömung, die immer gewaltiger wurde. Durch die gläserne Küchentür schien ein bläuliches Licht. Das Licht pulsierte. Das Dröhnen wurde immer lauter und schließlich ohrenbetäubend. Ich holte tief Luft und tauchte unter und hinein in die Küche. Da war es auf einmal so still. Die Küche war ein Aquarium, Schlingpflanzen wogten am Grund wie Weizen im Sommerwind. Da saß Fräulein Schröder am Küchentisch und trug eine grüne Pudelmütze. Ihre Füße steckten in Gummistiefeln. In der Hand aber hielt sie eine Barbiepuppe mit Leopardenspumps, der sie die Arme verdrehte. Ich rief ihr durch das schwellende Wasser zu: »Da bist du ja endlich! Wo bist du nur so lange gewesen?« Aber meine Worte glucksten dumpf und verzerrt durch die Wogen, und dann hörte ich, wie sie lachte und lachte und lachte. Dann hob sie die Hand und warf die Barbiepuppe nach mir. Ich wollte noch ausweichen, doch das ging nicht, denn das Wasser war ein Gelee, war ein Block aus Glas. Als die Puppe meine Stirn traf, schreckte ich hoch. Es war stockfinster, der Radiowecker zeigte 4.37 Uhr an und ich war schweißgebadet.

Der Wertstoffhof öffnete um acht Uhr. Als sich das Tor endlich zur Seite schob, fuhr ich geradewegs zu dem Container für den Plastikmüll, an dem ich am Tag zuvor bereits gewesen war. Ich öffnete die Beifahrertür, löste den Anschnallgurt und hob sie heraus. Dass der junge Typ, der neben mir parkte, es sich partout nicht ausreden ließ, PVC vor einem schönen und nützlichen Recycling-Tod zu bewahren, und er ihr damit die Chance auf eine schöne Wiedergeburt als Blumenkübel oder Bierkasten nahm, war wirklich nicht meine Schuld. »Werde glücklich mit ihr!«, rief ich ihm noch hinterher. Aber das hat dieser strahlende Trottel bestimmt nicht mehr gehört. ■

Plastikgirl

Text: Daniel Schnorbusch, Illustration: Jana Konschak

pardenoptik, Netzstrümpfe und ein dünnes Unterkleid. Das war es auch schon. Im Grunde hatte ich nur so etwas wie Mitleid. Der blasse Typ mit dem Pick-up, der sie dann an der Hüfte packte, hochhob und offenkundig im Begriff war, sich ihrer auf eine dann doch ziemlich rüde Art zu entledigen, sah mich aus seinen müden Augen groß an, als ich ihn fragte, ob er sie mir nicht überlassen wolle. Dann grinste er hämisch, reichte sie mir mit ausgestreckten Armen herüber und sagte: »Da, kannst du gerne haben, nimm sie und werde glücklich mit ihr.« Und so nahm ich sie eben. Ich trug sie zum Auto, setzte sie behutsam auf den Beifahrersitz, hüllte sie in eine Decke, schnallte sie an und verließ diesen äußerst unwirtlichen Ort am Rande der Stadt, ich bestreite das gar nicht, in einem warmen Gefühl der Euphorie. Dass uns im Treppenhaus dann einige meiner indiskutablen Hausbewohner begegneten und ihre – hahaha! – superlustigen Witzchen rissen, war wohl unvermeidlich. Frau Melkfuß aus dem zweiten Stock starrte mich mit offenem Mund an, als ich meine Eroberung an ihr vorbeitrug. »Was willst du denn jetzt mit so einer?!«, zischelte es mir hinterher. Aber mich kümmerte das alles nicht sonderlich. Nach einer kleinen Modenschau mit Fräulein Schröders Restkleidern blieb es schließlich bei einem orangefarbenen Sommerrock, einem schwarzen Rollkragenspullover und einer grünen Pudelmütze. Ich

standenen Sektbrühe ein und dachte: »Von dieser hübschen Schaufensterpuppe kannst du etwas lernen, was nur sehr wenige können: Schweigen! – Lächeln und Schweigen!« Ich sagte zu ihr: »Schweigen ist toll!« Und sie, nun ja – sie schwieg. Ich schwieg auch. Eine Weile. Dann dachte ich, dass ich ihr doch trotz ihrer großen Schweigsamkeit einen Namen geben könnte, gewissermaßen aus Höflichkeit und weil es einfach ein gutes Gefühl ist, Dingen einen Namen zu geben. Wenn ich auch darauf verzichtete, ihr dabei den schalen Sekt über den Kopf zu gießen, so sagte ich doch recht förmlich: »Ich taufe dich hiermit auf den Namen ... PVC.« Na ja, war jetzt keine so allzu tolle Idee. Aber egal. PVC lächelte. Später, als ich schlafen ging, fragte ich mich kurz, ob es in Ordnung sei, PVC einfach so nachts in der Küche sitzen zu lassen. Ich hätte sie ja vielleicht aufs Sofa legen können. Aber das wäre doch immer wieder sehr umständlich geworden. Und gar im Bett neben PVC zu liegen, wäre erst recht bizarr gewesen. Ich beschloss daher, dass Wesen, die PVC heißen, nachts nicht frieren und gerne im Dunkeln auf Küchenstühlen sitzen.

Irgendwann in der Nacht hörte ich ein Rauschen, ein Brummen, ein Dröhnen und von irgendwoher auch Stimmen. In Trance stand ich auf, halb blind tastete ich mich aus meinem Zimmer Richtung Küche, woher die Geräusche zu kommen schienen. Der Dielen-



Von der Natur lernen: Können Chaos und Selbstorganisation Vorbilder sein für unsere technischen und sozialen Systeme?

... UND WO BLEIBT DIE MORAL?

Technik bereichert und erleichtert unser Leben. Aber sind wir in diesen komplexen Systemen auch immer Herr(inn)en der Lage? Ist es der richtige Weg, auf jeden technologischen Zug aufzuspringen, oder sollte man doch lieber ein gesundes Maß an Skeptizismus entwickeln? Verbindliche Regeln, die sowohl Forscherdrang und Spieltrieb gerecht werden, den Fortschritt nicht hemmen, gleichzeitig aber sozial verantwortliches Handeln sicherstellen, gibt es nicht. Oft wird den gesellschaftlichen Auswirkungen des technologischen Fortschritts zu wenig Beachtung geschenkt, die Frage nach der ethischen Verantwortung spät oder gar nicht gestellt. Selbst erfahrene Wissenschaftler werden manchmal wie Zauberlehrlinge von der Wucht der öffentlichen Diskussion überrollt, sobald ihre Erfindungen die sichere Laborwelt verlassen. Mit unserer nächsten Ausgabe

unternehmen wir einen Ausflug in die Welt der Philosophie und Geisteswissenschaften.



IMPRESSUM

Das Magazin
aus dem Deutschen Museum

35. Jahrgang

Herausgeber: Deutsches Museum München
Museumsinsel 1
80538 München
Postfach 80306 München
Telefon (089) 21 79-1
www.deutsches-museum.de

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

Beratung: Dr. Elisabeth Vaupel

Redaktion: Sabrina Landes-Rachlé (Leitung), Andrea Bistrich, Manfred Grögler (Korrektur), Birgit Schwintek (Grafik), Bärbel Bruckmoser (Produktion)
Günderodestraße 24, 81827 München, Telefon (089) 12 11 67-12, Fax (089) 12 11 67-27, E-Mail: landes@folio-muc.de, www.folio-muc.de

Verlag: Verlag C.H.Beck oHG, Wilhelmstraße 9, 80801 München; Postfach 40 03 40, 80703 München, Telefon (089) 3 81 89-0, Telefax (089) 3 81 89-398, Postbank: München 62 29-802, www.beck.de; Der Verlag ist oHG. Gesellschafter sind Dr. Hans Dieter Beck und Dr. h.c. Wolfgang Beck, beide Verleger in München.

Wissenschaftlicher Beirat: Dr. Frank Dittmann (Kurator für Energietechnik, Starkstromtechnik und Automation), Dipl.-Ing. Ludwig Dorn (Kurator für Luftfahrt), Dr. Elisabeth Vaupel (Forschungsinstitut für Technik- und Wissenschaftsgeschichte), Bernhard Weidemann (Leiter Presse- und Öffentlichkeitsarbeit Deutsches Museum)

Herstellung: Bettina Seng, Verlag C.H.Beck

Anzeigen: Fritz Leberherz (verantwortlich), Verlag C.H.Beck oHG, Anzeigen-Abteilung, Wilhelmstraße 9, 80801 München; Postfach 40 03 40, 80703 München; Telefon (089) 3 81 89-598, Telefax (089) 3 81 89-599. Zurzeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 27, Anzeigenschluss: sechs Wochen vor Erscheinen.

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

Druck und Bindung: Memminger MedienCentrum, Fraunhoferstraße 19, 87700 Memmingen

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

Bezugspreis 2011: Jährlich 24,- €;
Einzelheft 7,- €, jeweils zuzüglich Versandkosten

Für Mitglieder des Deutschen Museums ist der Preis für den Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten (Erwachsene 52 €, Schüler und Studenten 32 €). Erwerb der Mitgliedschaft: Schriftlich beim Deutschen Museum, 80306 München.

Für Mitglieder der Georg-Agricola-Gesellschaft zur Förderung der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik e.V. ist der Preis für den Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten. Weitere Informationen: Georg-Agricola-Gesellschaft, Institut für Wissenschafts- und Technikgeschichte, TU Bergakademie Freiberg, 09596 Freiberg, Telefon (03731) 39 34 06

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

Abo-Service: Telefon (089) 3 81 89 - 679

Die Zeitschrift erscheint vierteljährlich. Sie und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes bedarf der Zustimmung des Verlags. Der Verlag haftet nicht für unverlangt eingesandte Beiträge und Bilddokumente.

ISSN 0344-5690

