

Eine internationale Erfindung 1960 realisierten mehrere Forscherteams nahezu zeitgleich den Laser

Tödliches Licht Laserwaffen sind ein unverzichtbares Requisit in Science-Fiction-Erzählungen

Skansen in Stockholm Oskar von Miller besuchte 1914 das erste Freilichtmuseum der Welt

KULTUR & TECHNIK

Der Laser

Wie eine Idee Wirklichkeit wurde und
seither den Alltag erobert



Inhalt

Der Laser

Thema

- 4** **Eine internationale Erfindung**
Zur Geschichte des Lasers
Frank Dittmann,
Johannes-Geert Hagmann

- 10** **Faszination des Laserstrahls**
Interview mit Professor
Wolfgang Kaiser
Frank Dittmann,
Johannes-Geert Hagmann

- 14** **Die Schatztruhe**
Der Maser im Raistingener Radom
Max Bräutigam

- 17** **Heilen mit Licht**
Einsatz von Lasern in der Medizin
Bernd Flessner

- 24** **Licht als Werkzeug**
Laser in der industriellen Fertigung
Ralf Spicker

- 30** **Todesstrahlen**
Laserwaffen in der Science-Fiction
Bernd Flessner

Magazin

- 39** **New Boston**
Der Gewinnertext der Schreibwerkstatt Zukunftstechnologien
Dimitri Vergos

- 42** **Skansen in Stockholm**
Das erste Freilichtmuseum der Welt
Wilhelm Füßl

- 48** **Geliebte Technik der 1950er Jahre**
Eine Sonderausstellung mit Objekten aus dem Depot
Dirk Bühler, Margherita Lasi

- 52** **Mal zu hell und mal zu dunkel**
Vom steinigen Siegeszug des elektrischen Lichts
Christian Knoop

- 54** **Fliegendes Wellblech**
Die legendäre Junkers F 13 soll nachgebaut werden
Beatrix Dargel

Weitere Rubriken

- 3** **Editorial**

- 34** **MikroMakro**
Die Seiten für junge Leser

- 41** **Meldungen**

- 57** **Termine**

- 60** **Deutsches Museum intern**

- 63** **Neues aus dem Freundes- und Förderkreis**

- 64** **Schlusspunkt**

- 66** **Vorschau, Impressum**



4

Weltweit arbeiteten Forscher an der Realisierung kohärenter Lichtstrahlen, als Theodore H. Maiman 1960 den ersten funktionsfähigen Laser vorstellte.

48

Fünziger-Revival:
In einer Sonderausstellung präsentiert das Deutsche Museum Objekte aus dem Depot.



42

Skansen – das Freilichtmuseum begeisterte schon Oskar von Miller.

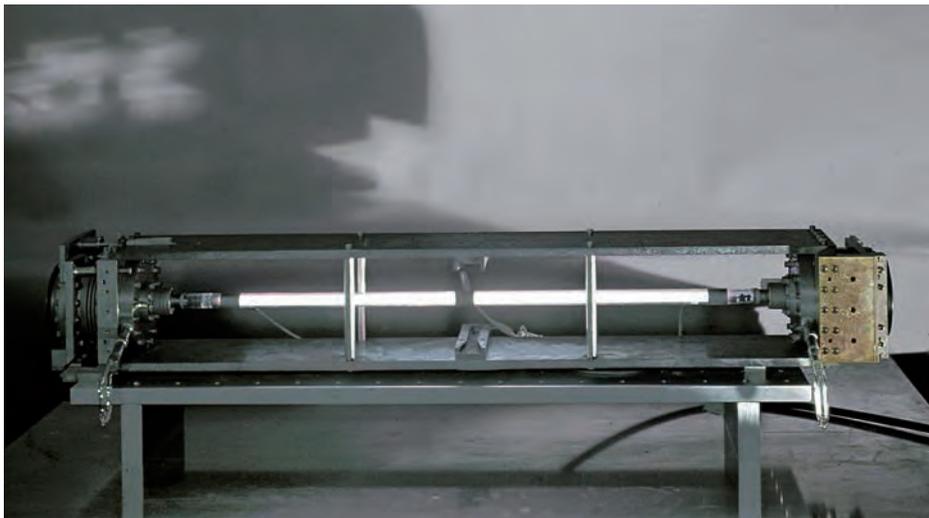


**LIEBE LESERIN,
LIEBER LESER,**

Laser – das klingt auch heute noch fast ein wenig magisch, zukunftsorientiert. Vor gerade einmal fünfzig Jahren gelang es zum ersten Mal, Lichtwellen so zu bündeln, dass sie einen, wie wir Physiker sagen, kohärenten, also ununterbrochenen Strahl abgeben. Heute sind wir umgeben von Lasern. Der DVD-Player zu Hause, der Laserdrucker im Büro, die Glasfaserkabel zur Übertragung von Daten, das Laserskalpell des Chirurgen, der Scanner im Supermarkt: Laser haben nahezu alle Bereiche der modernen Technik erobert.

Als die ersten Laser in den Sechzigerjahren der Öffentlichkeit vorgestellt wurden, reagierten die Menschen begeistert. Das bezwungene Licht wurde geradezu als Symbol für eine Zeit empfunden, in der alles machbar schien. Der Experimentalphysiker Professor Wolfgang Kaiser hat die Euphorie dieser Zeit miterlebt. Er erzählt von der Aufbruchstimmung, die die jungen Wissenschaftler in jenen Jahren mitriss. Im Gespräch mit unseren Kuratoren Johannes-Geert Hagmann und Frank Dittmann verriet Kaiser, dass das Deutsche Museum an seiner Berufswahl vor gut sechzig Jahren nicht unschuldig war. Wenige Tage später vereinbarte er einen Besuchstermin im Haus – Erinnerungen an die Kindertage in München (S. 10 ff.).

Apropos Erinnerungen: In unserer letzten Ausgabe verabschiedete sich die Muse unseres Schlusspunkt-Autors – zum Schrecken vieler Leserinnen und Leser. Allen Fans sei hier gesagt: Fräulein Schröder ist noch lange nicht gestorben, auch wenn sich das Alter Ego unseres Autors derzeit noch ein wenig in Gram windet (S. 63 ff.). Ich bin jedenfalls schon gespannt, wie sich die Beziehung unserer beiden Protagonisten weiter entwickeln wird.



Spannung pur verspricht übrigens die Science-Fiction-Kurzgeschichte, die Dimitri Vergos (18) im Rahmen der Schreibwerkstatt Zukunftstechnologien verfasst hat. Mit dieser außergewöhnlichen Erzählung hat Vergos den ersten Preis gewonnen (S. 39 ff.).

Lassen Sie mich zum Schluss noch eine ganz besondere Freude mit Ihnen teilen. Am 5. Oktober 2010 war ein wichtiges Datum für das Deutsche Museum: Bund und Länder haben sich an diesem Tag bei einer Präsentation unseres Hauses in Berlin auf die Finanzierung der Zukunftsinitiative Deutsches Museum in Höhe von 400 Millionen Euro geeinigt. Damit wird das Deutsche Museum

**Der erste Festkörper-Rubinlaser von
Theodore H. Maiman.**

nicht nur als Spiegel des Innovations- und Technologiestandortes Deutschland gewürdigt, sondern auch die Entwicklung von Naturwissenschaft und Technik ganz allgemein gestärkt. – Wir gehen erwartungsvoll in die Zukunft.

Ein gutes neues Jahr wünscht Ihnen
Ihr Generaldirektor

Wolfgang M. Heckl

Liebe Mitglieder, liebe Freunde und Förderer des Deutschen Museums,

wir freuen uns, Sie im neuen Jahr (wieder) als Mitglied des Deutschen Museums begrüßen zu dürfen und senden Ihnen auf diesem Wege unsere besten Wünsche.

Im Dezember haben wir den Weihnachtsbrief mit Rechnung und Wertmarke 2011 versandt. Sollten Sie eine Rechnung ohne Wertmarke erhalten haben, geben Sie uns bitte baldmöglichst Bescheid – schließlich möchten wir, dass Sie Ihre Mitgliedschaft das ganze Jahr nutzen können!

Ihre Mitgliederbetreuung

Bettina Waltl

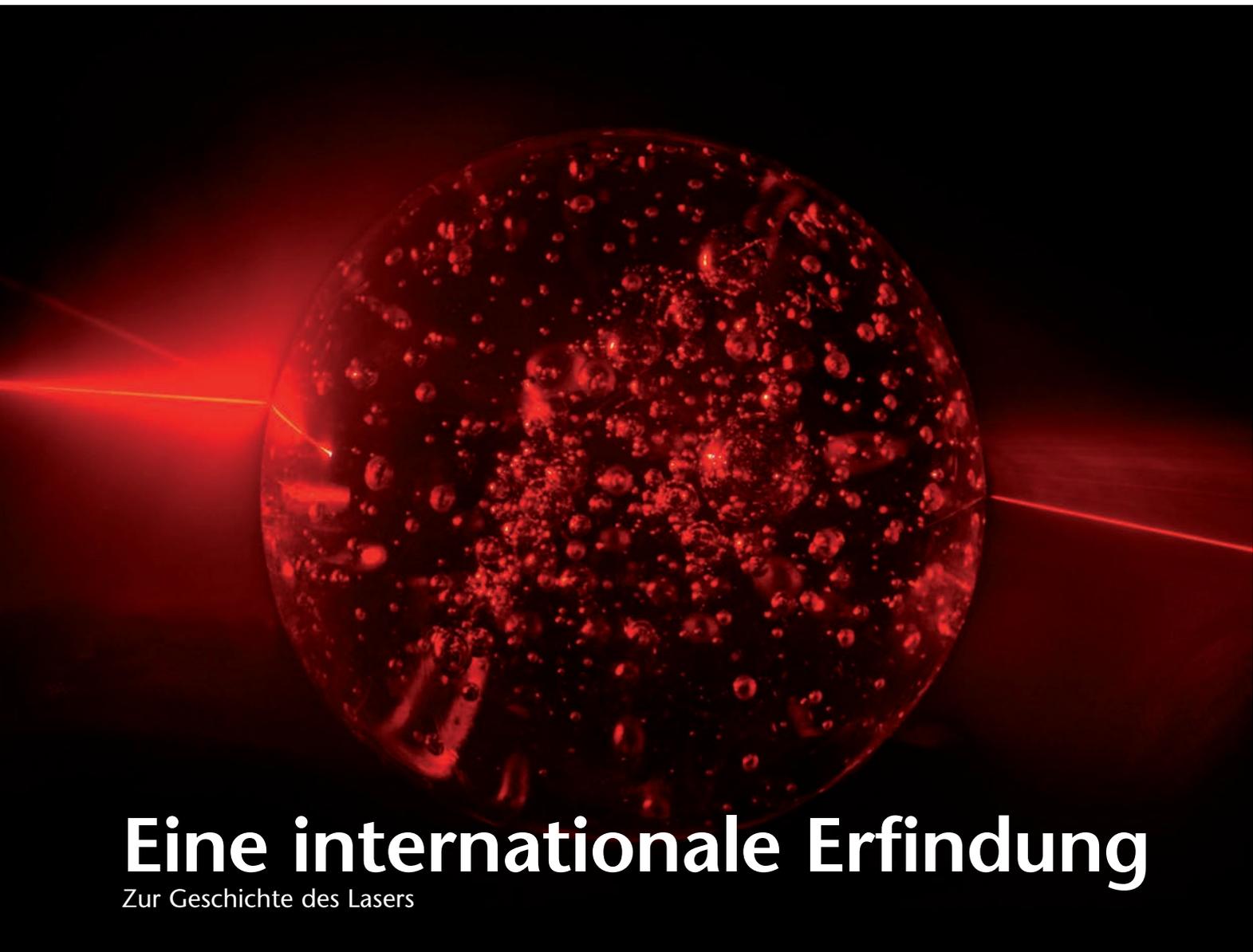
Tel. 089 / 21 79 - 310 · Fax 089 / 21 79 - 438

E-Mail: mitgliederinfo@deutsches-museum.de

Kultur & Technik finden Sie online unter:

www.kulturundtechnik.de

Schauen Sie doch mal rein!



Eine internationale Erfindung

Zur Geschichte des Lasers

Vor fünfzig Jahren begann der rasante Siegeszug der Lasertechnik. 1960 hatte der amerikanische Physiker Theodore H. Maiman einen Rubinlaser realisiert. Weltweit perfektionierten Wissenschaftler in den folgenden Jahren die Lasertechnik. Heute kann man sich kaum noch eine Welt ohne Laser vorstellen.

Von Frank Dittmann und Johannes-Geert Hagmann

*Für den Historiker ist eine Entdeckung
selten ein Ereignis, das man einer einzigen
Person, einem Zeitpunkt und einem
Ort zuordnen kann.* Thomas S. Kuhn

DAS JUBILÄUMSJAHR 2010 – 50 JAHRE RUBINLASER. Im Jahr 2010 wurde weltweit der 50. Wiederkehr der Erfindung des Lasers gedacht. 1960 hatte der amerikanische Physiker Theodore H. Maiman einen Rubinlaser realisiert, dem im gleichen Jahr der Gaslaser von Ali Javan, William R. Bennett und Donald R. Herriott folgte. Kurz darauf entwickelten mehrere Teams fast gleichzeitig den Halbleiterlaser, der nach einem anderen Prinzip als die oben genannten arbeitet, aber zum gleichen Ergebnis führt – zu einem stark gebündelten Strahl kohärenten, einfarbigen Lichts. Um 1960 war offensichtlich die Zeit reif für den »Laser«.

Unabhängig vom Kalten Krieg wurde die epochale Entdeckung sofort auf beiden Seiten des »Eisernen Vorhangs« bekannt, rasch in vielen Labors nachvollzogen und weiterentwickelt. Dementsprechend groß ist die Zahl der Wissenschaftler, die einen Anteil an der Entdeckungs- und Erfindungsgeschichte des Lasers für sich reklamieren können. Der folgende Beitrag kann dies nur in groben Zügen nachzeichnen.

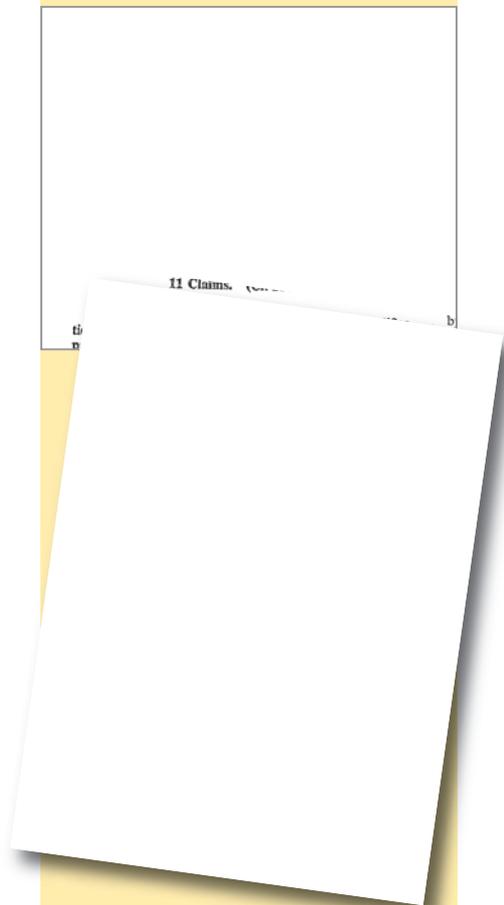
DIE LANGE VORGESCHICHTE DES LASERS. Die Geschichte des Lasers begann Anfang des 20. Jahrhunderts. 1913 entwickelte der dänische Physiker Niels Bohr ein Atommodell, wonach Elektronen nur bestimmte Bahnen um den Atomkern einnehmen können (Planetenmodell). Energieabsorption wurde dabei als Übergang eines Elektrons von einem energetisch niedrigen auf ein höheres Niveau erklärt. Umgekehrt wird Licht emittiert, wenn ein Elektron von einem höheren auf ein niedrigeres Energieniveau übergeht. 1916 führte Albert Einstein in seiner Untersuchung *Zur Quantentheorie der Strahlung* unter anderem die Theorie der stimulierten Emission ein, die mit der gerichteten Abstrahlung von Licht verbunden sei. 1923 wies Walther Bothe darauf hin, dass dieses Licht in einem kleinen Raumwinkel abgestrahlt wird. Damals dachte niemand an die Verstärkung einer Lichtwelle, erschienen doch Frequenzen im Bereich von mehreren Hundert Terahertz als unerreichbar hoch. Während des Zweiten Weltkriegs arbeitete man intensiv an der Radartechnik, bei der Mikrowellen mit Frequenzen oberhalb 300 MHz – das entspricht einer Wellenlänge von einem Meter – verwendet werden. Die für Menschen als Licht sichtbare elektromagnetische Strahlung erstreckt sich dagegen auf 400 bis 750 Nanometer Wellenlänge.

VOM MASER ZUM LASER. Gleichwohl – so kann man im Rückblick feststellen – ging die Entwicklung des Licht emittierenden Lasers von Arbeiten am Mikrowellen erzeugenden Maser aus, wobei sich zwei bis dahin getrennte Wissenschaftsbereiche annäherten: die Hochfrequenztechnik und die Optik (siehe auch Beitrag S. 14 ff.).

Die Grundidee des Masers, und damit auch des Lasers, hatte 1951 der amerikanische Physiker Charles H. Townes formuliert. Er wollte einen rauscharmen Mikrowellenverstärker auf der Grundlage der stimulierten Emission bauen, wobei sich Ammoniak als günstiges aktives Medium erwies. Zusammen mit dem Studenten James P. Gordon und dem Post-Doc Herbert J. Zeiger realisierte er 1953 einen solchen Verstärker, der den Namen »Maser« (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) erhielt. 1954 veröffentlichten die Forscher einen entsprechenden Artikel im amerikanischen Fachblatt *Physical Review*. Zeitgleich hatten in der Sowjetunion Alexander M. Prochorow und Nikolai G. Basow am Moskauer Lebedew-Institut für Physik der



Theodore H. Maiman in einer inszenierten Aufnahme, den Rubinkristall im Blick.



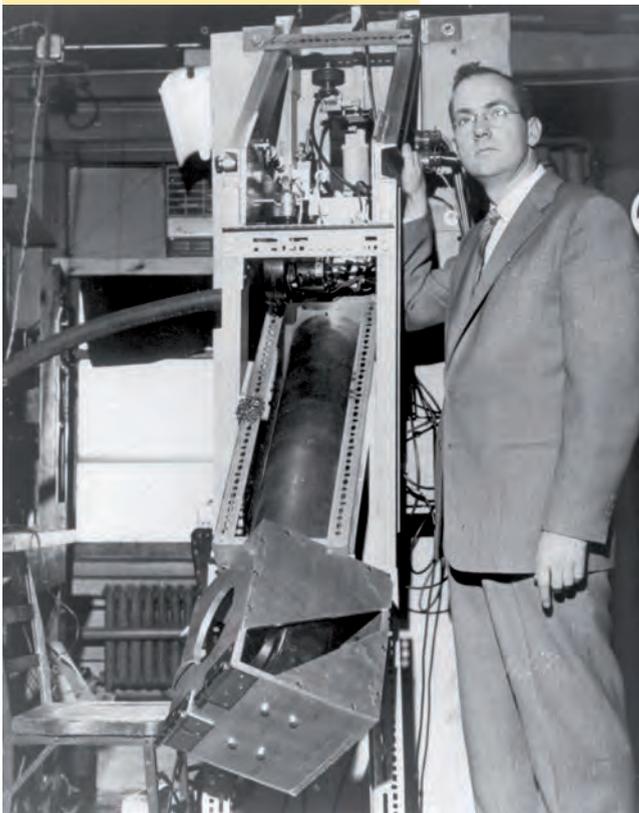
1958 meldeten Charles H. Townes und sein Schwager Arthur L. Schawlow das Patent »Masers and Maser Communications System« an.

DAS LASER-PRINZIP

Die Abkürzung LASER steht für **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation und beinhaltet bereits eine Kurzbeschreibung des physikalischen Prinzips: Lichtverstärkung durch stimulierte Emission von Strahlung. Die physikalische Grundlage des Lasers bildet die Wechselwirkung von Licht und Materie. Atome bestehen aus einem Kern und Elektronen. Die Atome können, charakteristisch für das jeweilige Element, eine Vielzahl von diskreten Energiezuständen einnehmen. Wird nun ein Atom (oder ein Molekül) von einem Lichtquant (Photon) getroffen, dessen Energie $h \cdot f$ (f = Frequenz, h = Planck-Konstante) genau der Energiedifferenz von zwei Energiezuständen eines Elektrons entspricht, so wird das Photon aufgenommen (Absorption) und das Elektron geht von einem energetisch niedrigen in einen energetisch höheren Zustand über. Kehrt nach einer gewissen Zeit das Atom aus diesem angeregten Zustand zufällig und ohne äußere Einflüsse in einen energieärmeren Zustand zurück (spontane Emission), wird die Energiedifferenz wieder in Form eines Photons abgestrahlt.

Die Funktion des Lasers beruht auf dem Prinzip der stimulierten Emission: Befindet sich das Atom im angeregten Zustand, so kann die Rückkehr in den niedrigeren Energiezustand durch das Auftreffen eines Lichtquants erzwungen werden. Dabei wird – wie bei der spontanen Emission – ein weiteres Lichtquant ausgesandt. Eine besondere Eigenschaft des Vorgangs ist, dass die beiden Lichtwellen kohärent sind, also die gleiche Richtung und Phasenlage besitzen.

Befinden sich durch eine intensive Anregung (Pumpen) die meisten Atome oder Moleküle im angeregten Zustand und gehen diese durch die stimulierte Emission in einen energieärmeren Zustand über, wird die einlaufende Welle verstärkt – ein Laserstrahl entsteht. Um den Verstärkungsprozess zu unterstützen, werden im Laseraufbau die beiden Enden des Mediums mit Spiegeln versehen, so dass die entstehende Strahlung mehrfach reflektiert wird. Einer der Spiegel ist dabei für die entstehende Strahlung teildurchlässig. Überwiegt die durch stimulierte Emission erreichte Verstärkung die auftretenden Verluste (Erreichen der Laserschwelle), so tritt eine kohärente monochromatische Strahlung, das Laserlicht, aus.



Charles Townes mit Maser 1954.

Akademie der Wissenschaftler der UdSSR gleichfalls die Grundlagen des Maser-Prinzips beschrieben. 1964 erhielten Townes, Basow und Prochorow dafür den Nobelpreis für Physik.

In der Folge versuchten viele Forscher, die Frequenz des Masers zu steigern, um so Mikrowellen mit noch kürzeren Wellenlängen zu erzeugen. 1956 wies der Niederländer Nikolaas Bloembergen, der an der Harvard University arbeitete, darauf hin, dass man dazu auch Festkörper als aktive Substanz verwenden könne. Bereits ein Jahr später war ein Festkörpermaser entwickelt. Dabei erwiesen sich Rubinkristalle als geeignet, um rauscharme Mikrowellenverstärker für die Radioastronomie und die Radartechnik zu konstruieren. Nach der erfolgreichen Entwicklung des Masers lag die Idee, den Frequenzbereich bis zum infraroten oder sogar sichtbaren Licht auszuweiten, quasi in der Luft. Es war aber völlig offen, wie dies technisch zu realisieren sei.

1958 meldeten Townes und sein Schwager Arthur L. Schawlow das US-Patent 2.929.922 an (siehe Abb. S. 5) – Schawlow und Bloembergen wurden 1981 mit dem Physik-Nobelpreis geehrt. Der Patentanspruch umfasste Maser, die vom infraroten über den sichtbaren bis zum ultravioletten Spektralbereich (Licht-)Wellen erzeugen und verstärken sollten. Eine technische Realisierungsmöglichkeit gaben Townes und Schawlow aber nicht an. Bereits zwei Jahre zuvor hatte Robert H. Dicke ein Patent für einen Infrarotlaser angemeldet (US-Patent 2.851.652). Auch in diesem Patent finden sich keine konkreten Angaben zur Realisierung. Rasch begann der Wettlauf um die nächste große Entdeckung nach dem Transistor, um jenen Lichtverstärker, für den sich in

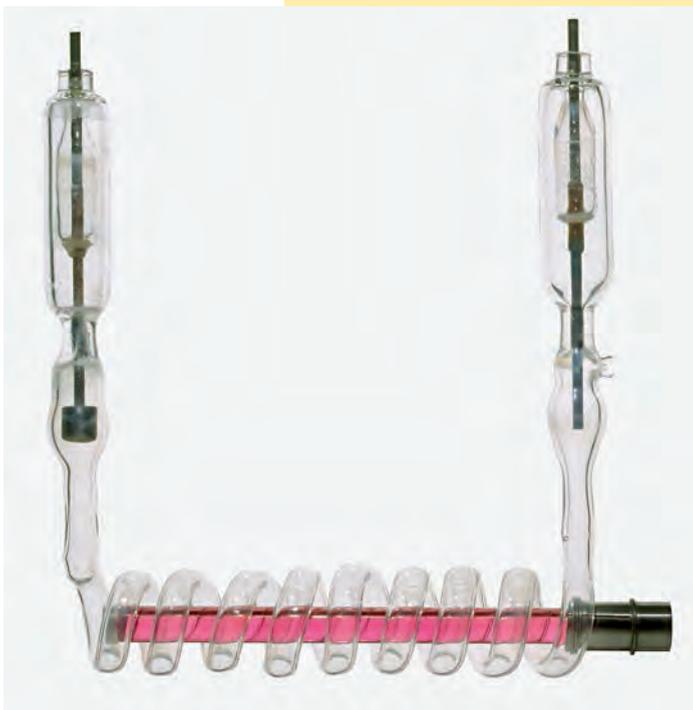
Analogie zum Maser die Bezeichnung »Laser« durchsetzte. Geprägt hatte den Begriff 1957 Gordon Gould, der ebenfalls an der Realisierung des Laserprinzips arbeitete, wenn auch nicht an zentraler Stelle. Nach einem 30-jährigen, teilweise bizarren Rechtsstreit wurde ihm 1989 das Patent für den Gasentladungslaser zuerkannt, woraufhin er mehrere Millionen Dollar Lizenzgebühren kassierte.

DER ERSTE LASER. Nachdem Ende der 1950er Jahre das Laserprinzip mehrfach beschrieben worden war, kam die erste Erfolgsmeldung überraschend von einem Außenseiter. Am 7. Juli 1960 erklärte Theodore H. Maiman, Physiker an den Hughes Research Laboratories, die zur Hughes Aircraft im kalifornischen Malibu gehörten, auf einer Pressekonferenz in New York, einen Rubin-Impuls laser erfunden zu haben. Obwohl das Hughes Research Lab damals als Innovationsschmiede vor allem für die Luftfahrtindustrie bekannt war, musste Maiman die Arbeiten am Laser zeitweise gegen die Weisungen seiner Vorgesetzten fortsetzen. 1962 verließ er das Labor und gründete eine eigene Firma. Der Rubinstab – ein kurzer, mit Chrom dotierter Saphir, auch »pink ruby« genannt – besaß auf beiden Enden aufgedampfte Silberspiegel, wobei einer von beiden halb durchlässig war. Die Herstellung dieser Spiegel war damals technologisch keinesfalls einfach. Eine Xenon-Blitzlampe umgab den Rubin und lieferte die Pumpenergie. Da Maiman nur leicht beschaffbare Bauteile eingesetzt hatte, konnte sein Experiment sofort von anderen Forschergruppen nachempfunden, bestätigt und weiterentwickelt werden, so auch durch das Team in den Bell Telephone Laboratories (Bell Labs), zu dem damals der Physiker Wolfgang Kaiser (siehe Interview S. 10ff.) gehörte.

Die Idee des Rubinlasers hatte Maiman bereits im September 1959 auf der für die Laserentwicklung wichtigen *First Quantum Electronics Conference* in High View, NY, vorgestellt, aber Schawlow äußerte starke Bedenken. Auch andere Fachkollegen arbeiteten kaum mit Festkörpern als aktivem Medium. Als Maiman bei den angesehenen *Physical Review Letters* einen Kurzbericht zu seinen Vorstudien einreichte, lehnte die Redaktion ab. Eine Veröffentlichung erschien deshalb erst nach der Pressekonferenz am 6. August 1960 im britischen Fachblatt *Nature*. Letztlich war der Rubinlaser das Ergebnis der Arbeit eines Forschers am Rande der Community, der sich nicht vom Urteil eines Top-Wissenschaftlers wie Schawlow beeinflussen ließ. Allerdings wird auch gelegentlich darauf hingewiesen, dass Maiman auf der Pressekonferenz und in seiner ersten Veröffentlichung den Lasereffekt nicht mit der Klarheit beschrieben hat, wie zu erwarten gewesen wäre. Maiman wurde zwei Mal für den Nobelpreis vorgeschlagen, aber nie ausgezeichnet.

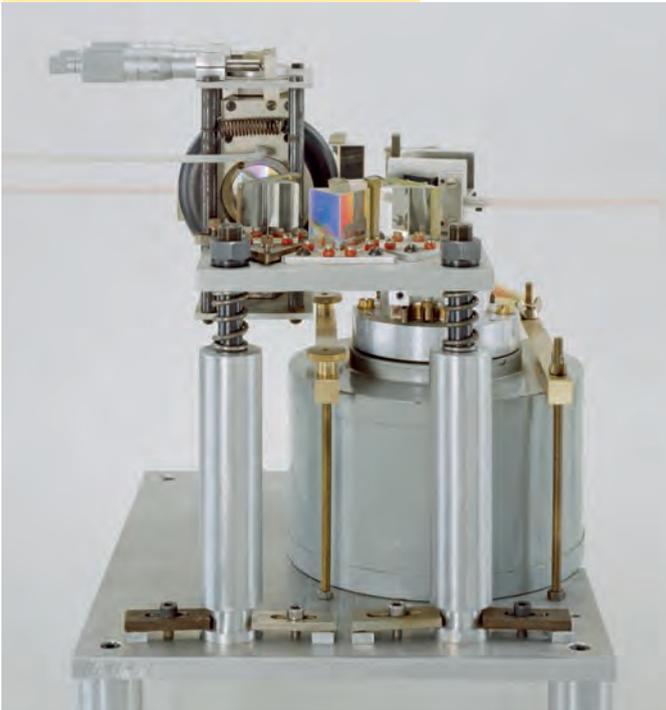
Dem Rubinlaser folgte Ende 1960 der erste Dauerstrich-**Gaslaser**. Grundlegende Betrachtungen zum Funktionsprinzip hatte bereits 1939 der sowjetische Wissenschaftler Valentin A. Fabrikant angestellt, die aber unbeachtet blieben. Auch von seinen Landsleuten N. G. Basow und O. N. Krochin kamen wichtige Impulse. Der Durchbruch gelang schließlich den amerikanischen Physikern Ali Javan, William R. Bennett und Donald R. Herriott in den Bell Labs. Im Dezember 1960 realisierten sie einen kontinuierlichen Helium-Neon-Laser und übertrugen ein Telefongespräch über den modulierten Laserstrahl.

Maimans Experimente sowie die Arbeiten zum Gaslaser wurden von Wissenschaftlern auf der ganzen Welt euphorisch aufgenommen. Viele versuchten zunächst, die relativ einfache Anordnung des Rubinlasers zu reproduzieren – auch im geteilten Deutschland. So hörte Kurt Lenz vom Institut für Optik und Spektroskopie in Ostberlin 1961 von bulgarischen Fachkollegen das erste Mal von der neuen Erfindung. Sogleich machte er sich an die Realisierung, beschaffte einen Rubinstab, eine Blitzlampe sowie die notwendigen elektronischen Bauteile und konnte den Versuch – nach Bekunden eines Beteiligten – als Erster im »sozialistischen Lager« nachvollziehen. In München arbeitete u. a. Dieter Röß im Siemens-Forschungslabor und realisierte hier Ende 1960 einen Laser. 1963 baute Fritz Peter Schäfer am Physikalischen Institut der Universität Marburg einen Rubinlaser und untersuchte damit die Wechselwirkungen zwischen Laserstrahlen und organischen Farbstoffmolekülen. Über diese Arbeiten kam er zum Farbstofflaser, dessen Wellenlänge sich in weiten Grenzen variieren lässt. 1966 realisierte Schäfer, gleichzeitig mit Peter Sorokin vom IBM Research Center in den USA, den Farbstofflaser.



Kurt Lenz vom Institut für Optik und Spektroskopie der Akademie der Wissenschaften der DDR erfuhr 1961 von bulgarischen Fachkollegen von der Realisierung des Laser-Prinzips durch Maiman und ging sogleich daran, das Experiment nachzuvollziehen.

Das aktive Medium des **Gaslasers** kann ein reines Gas, ein Gasgemisch oder ein Metaldampf sein, welches sich in einem Resonator aus Glas befindet. Die beiden Spiegel, die den Laserresonator begrenzen, werden außerhalb des Gefäßes angebracht. Der Helium-Neon-Laser ist bekannt für seine Frequenzstabilität, Farbreinheit und minimale Strahlaufweitung. Er wird oft für Messzwecke verwendet. Kohlendioxidlaser – erstmals 1963 von Kumar Patel bei den Bell Labs realisiert – haben einen sehr hohen Wirkungsgrad und sind mithin die leistungsfähigsten Laser für den Dauerbetrieb. Sie werden u. a. in der Materialbearbeitung eingesetzt.



Fritz Peter Schäfer entwickelte 1966 den Farbstofflaser zeitgleich mit Peter Sorokin. Dieser konnte seine Erkenntnis publizieren, während Schäfers Veröffentlichung mit dem Hinweis auf Sorokins Artikel zurückgewiesen wurde. Schäfer reichte die Veröffentlichung noch einmal ein, die Zeitschrift bat Sorokin um eine Begutachtung. Dieser erkannte die Vorteile des Schäfer-Lasers, nämlich dass sich dessen Wellenlänge verändern ließ, und setzte sich für eine Veröffentlichung ein.

Literatur

- Irina L. Radunskaja, *Der gefesselte Lichtstrahl*. Leipzig 1974
- Jost Lemmerich, *Zur Geschichte der Entwicklung des Lasers*. Berlin 1987
- Joan Lisa Bromberg, *The Laser in America, 1950–1970*. Cambridge 1991
- Horst Weber, *Laser. Eine revolutionäre Erfindung und ihre Anwendungen*. München 1998
- Mario Bertolotti, *The history of the laser*. Bristol 2005
- Jeff Hecht, *Beam: The race to make the laser*. Oxford 2005

Viele Jahre lang bestand ein Schwerpunkt der Laserforschung darin, verschiedene aktive Materialien für unterschiedliche Wellenlängen zu untersuchen. So experimentierte man mit Seltenen Erden, mit Farbstoffen bzw. mit verschiedenen Gasgemischen, daneben wurden auch unterschiedliche Anregungsmechanismen untersucht – die Aktivierungsenergie lässt sich in den Laser mit Licht, durch chemische Reaktionen oder auch Mikrowellen einbringen.

HALBLEITERLASER. Zeitgleich mit der Erfindung des Rubin- bzw. Gaslasers diskutierten Wissenschaftler die Möglichkeit, Laser in Halbleiterstrukturen zu realisieren. Heute werden Halbleiterlaser bzw. Laserdioden in großer Zahl in DVD-Playern, Kassenscannern, Datenübertragungsnetzen und in vielen anderen Bereichen eingesetzt. In die Erfindungsgeschichte der Laserdioden waren noch mehr Forschungsgruppen involviert als beim klassischen Laser. Mit Fug und Recht kann man den Halbleiterlaser als internationale Erfindung bezeichnen.

Das Prinzip des Halbleiterlasers ist einfach: Wenn ein starker Strom durch einen pn-Übergang fließt, wie ihn Dioden oder bipolare Transistoren besitzen, entsteht Licht, das sich in Richtung des pn-Übergangs fortpflanzt. Durch einen geeigneten Aufbau des Bauelements lassen sich auch Laserstrahlen erzeugen. Die Herausforderung ist – anders als beim Rubin- bzw. Gaslaser – die Entwicklung einer geeigneten Technologie, um die komplexen Strukturen kostengünstig herzustellen.

Halbleiterbauelemente hatten um 1960 einen festen Platz in der Nachrichtentechnik. Es war bekannt, dass bei der Rekombination von Elektronen und Löchern im pn-Übergang Licht ausgesendet wird. Die Idee, eine Halbleiterdiode als Laser zu nutzen, lag somit nahe. Bereits 1953 hatte der heute als Computerpionier bekannte ungarische Mathematiker John von Neumann in einem zehn Jahre später publizierten Manuskript erste Überlegungen dazu angestellt. Ab Ende der 1950er Jahre wurde die Idee mehrfach patentiert, so 1957 in Japan, 1958 in Deutschland von Walter Heywang oder 1960 von William Boyle und David Thomas in den USA. Eine ganze Reihe von Wissenschaftlern aus verschiedenen Ländern erbrachten Beiträge zur theoretischen Durchdringung der komplizierten Prozesse im Halbleiter.

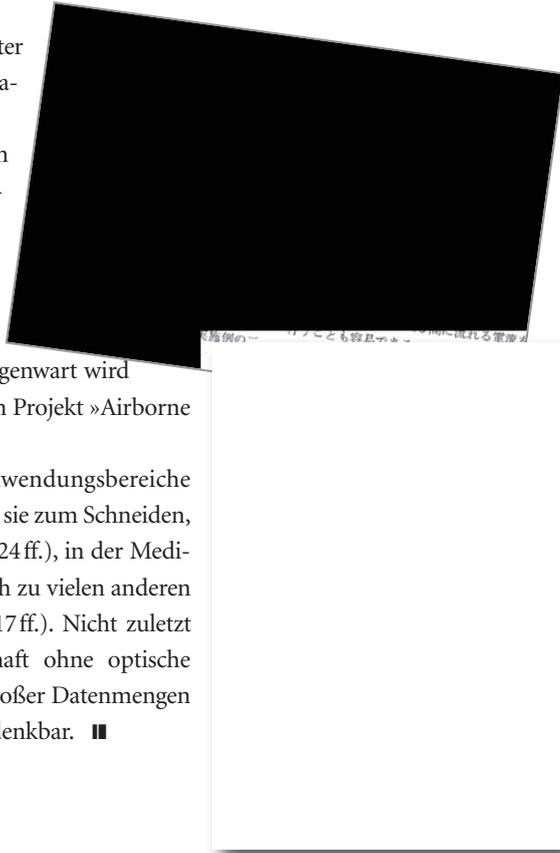
Realisiert wurde der Halbleiterlaser 1962 fast gleichzeitig durch vier Teams in den USA – von zwei Gruppen bei General Electric in Schenectady (Robert Hall) und Syracuse (Nick Holonyak) sowie Teams am IBM Forschungszentrum (Marshall Nathan) und am MIT in Boston (Robert Rediker). In der Sowjetunion gelang dies Anfang 1963 der Gruppe um Basow. Alle Forscher nutzten das Halbleitermaterial Galliumarsenid. Damit war ein gepulster Betrieb bei tiefen Temperaturen und einer Lebensdauer des Bauelements von wenigen Minuten möglich. Der Vorschlag, dünne Schichten in Sandwich-Anordnung, sogenannte Heterostrukturen, zu verwenden, der von Herbert Kroemer in den USA sowie Zhores Alferow und Rudy Kazarinow vom Joffe-Institut in Leningrad kam, wies ab 1963 den Weg zu langlebigen, effizienten, kleinen und preiswerten Dauerstrich-Laserdioden, die bei Zimmertemperatur arbeiteten und ab den 1980er Jahren den Einsatz in vielen elektronischen Geräten ermöglichten. Kroemer und Alferow erhielten dafür im Jahr 2000 den Nobelpreis für Physik.

JANUSKÖPFIGE LASERTECHNIK. Schon früh war kritischen Beobachtern klar, dass die neue Technik nicht nur für zivile Zwecke nützlich sein dürfte: 1963 veröffentlichte der Wissenschaftsjournalist und Buchautor Harland Manchester im *Reader's Digest*, das in 13 Sprachen, darunter auch deutsch erschien, den Artikel *Light of Hope – Ray of Death?* Der Autor verwies dort auf die Ambivalenz der neuen Technik, die nicht nur zum rasiermesserscharfen Schneiden von Materialien oder Bohren von Diamanten taugte, sondern ebenso als Waffe eingesetzt werden könne. Die historische Forschung bestätigt, dass das amerikanische Verteidigungsministerium seit 1962 die

Laserforschung massiv unterstützte. Unter anderem plante man, einen Hochenergielaser zur Raketenabwehr zu entwickeln.

In den 1980er Jahren kam der Laser im Zusammenhang mit dem US-amerikanischen SDI-Projekt erneut in die Diskussion. Eine Komponente dieser »Strategic Defense Initiative« sollte mit Röntgenlasern arbeiten, die durch Nuklearexplosionen gepumpt werden. Auch in der Gegenwart wird an solchen Waffen gearbeitet, darunter im Projekt »Airborne Laser« (ABL).

Heute haben Laser viele neue Anwendungsbereiche erschlossen. In der Industrie benutzt man sie zum Schneiden, Bohren und Schweißen (siehe Beitrag S. 24 ff.), in der Medizin kommen sie u. a. als Skalpell aber auch zu vielen anderen Zwecken zum Einsatz (siehe Beitrag S. 17 ff.). Nicht zuletzt wäre die heutige Informationsgesellschaft ohne optische Speichermedien oder die Übertragung großer Datenmengen mittels Glasfaser-Lichtwellenleiter nicht denkbar. ■



1957 erhielten die Japaner Yasushi Watanabe und Jun-ichi Nishizawa ein japanisches Patent für einen Halbleitermaser, das damals aber außerhalb Japans nicht zur Kenntnis genommen wurde. Kürzlich machte Nishizawa darauf aufmerksam, dass »die Idee des Halbleiterlasers in dem japanischen Patent vom April 1957 bereits beschrieben wurde«, also vor Schawlow und Townes. Eine Untersuchung des Patents führte die Autoren zu der Auffassung, dass in der japanischen Patentbeschreibung nicht ersichtlich ist, dass es den Laser im Bereich des sichtbaren Lichts einschließt.

DR. FRANK DITTMANN ist Kurator für Energietechnik, Starkstromtechnik und Automation am Deutschen Museum.

DR. JOHANNES-GEERT HAGMANN ist Kurator für Physik, Geophysik und Geodäsie am Deutschen Museum.

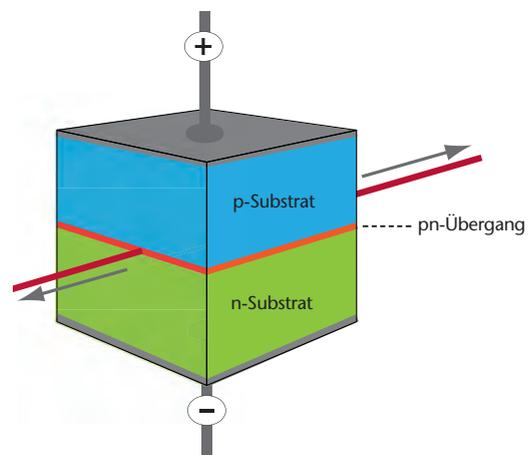
HALBLEITER-LASERDIODE

Die Laserdiode ist ein mit der Leuchtdiode (LED – Light Emitting Diode) verwandtes Bauelement. Eine Halbleiterdiode besteht aus einem sogenannten pn-Übergang. Legt man eine Spannungsquelle mit dem negativen Pol an der n-Zone und dem positiven Pol an der p-Zone an, wird die Diode in Durchlassrichtung betrieben. Elektronen wandern aus der n- in die p-Zone und Defektleistellen (Löcher) in die entgegengesetzte Richtung aus der p- in die n-Zone – es fließt Strom. Treffen nun Elektronen und Löcher aufeinander, kommt es zur Rekombination: Ein Elektron füllt eine Defektstelle aus. Die frei werdende Energie wird dabei in Form von Licht abgegeben. Dieser Effekt wird auch in der gewöhnlichen Leuchtdiode genutzt, die jedoch im Gegensatz zur Laserdiode keine kohärente Strahlung erzeugen kann. Die Wellenlänge der entstehenden Strahlung ist dabei abhängig von der jeweiligen Kombination der dotierten Materialien.

Wird nun der pn-Übergang bei großer Stromdichte betrieben (Pumpen), entsteht ein Strahlungsfeld, das sich längs des pn-Übergangs fortpflanzt. Wird dieses von spiegelnden Flächen hin und her reflektiert, kommt es zu einer lawinenartigen Verstärkung der Strahlung. Ähnlich wie beim klassischen Gas- oder Festkörperlaser wird auch bei Halbleiter-Laserdioden ein Rückkopplungsmechanismus verwendet.

Im einfachsten Fall dient der Materialübergang an glatten Oberflächen als Spiegel und der pn-Übergang bildet den Resonator. Die Grafik stellt das Grundprinzip der Laserdiode vereinfacht dar und vernachlässigt unter anderem die Verwendung von komplexeren Schichtsystemen. In der Praxis spielt die Anpassung der Geometrie sowie die Einbettung der aktiven Zone in Halbleiter-Mehrschichtsysteme für den stabilen und effizienten Betrieb von Laserdioden eine bedeutende Rolle.

Der Resonator ist durch zwei reflektierende Bruchflächen auf den Bereich der Rekombinationszone beschränkt. Die hierzu am häufigsten verwendeten Halbleitermaterialien sind Galliumarsenid, Indiumphosphid und Galliumnitrid. Das Pumpen erzeugt den über das Rekombinationsgebiet fließenden elektrischen Strom. Halbleiterlaser sind geeignet für den Dauerbetrieb und erreichen Wirkungsgrade von über 50 Prozent. Alltagsanwendungen von Halbleiterlasern sind z. B. DVD-Player, Laserdrucker Entfernungsmesser u. v. m.





LEBENS DATEN

Professor Wolfgang Kaiser
17. Juli 1925 geboren in Nürnberg

- 1952 Promotion in Erlangen, anschließend Post-Doc an der Purdue University/USA
- 1954 Signal Corps Engineering Laboratories in Fort Monmouth
- 1957 Bell Laboratories/Murray Hill
- ab 1964 Professor für Experimentalphysik an der Technischen Universität München
- 1993 emeritiert

Professor Kaiser ist ein Pionier der Untersuchungen ultraschneller Vorgänge in der Natur. Zu den vielen herausragenden wissenschaftlichen Leistungen von Professor Kaiser zählen unter anderem seine Arbeiten zur Spektroskopie mit ultrakurzen Laserpulsen in Flüssigkeiten, in Halbleitern und in der Photochemie.

Für seine Arbeiten erhielt Kaiser zahlreiche Preise und Ehrendoktorwürden. Kaiser ist Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, der National Academy of Sciences der Vereinigten Staaten und der Academia Europaea.

Faszination des Laserstrahls

Professor Wolfgang Kaiser, Pionier der Laser-Forschung, im Gespräch mit Johannes-Geert Hagmann und Frank Dittmann

Was hatte Sie dazu bewogen, Physik zu studieren?

Da gibt es mehrere Faktoren, die mich beeinflusst haben. Lassen Sie mich ein wenig ausholen: Ich wurde 1925 geboren, bin heute also 85 Jahre alt. Und ich bin in Nürnberg groß geworden, aber meine Familie kam aus München und daher haben wir in München immer Urlaub gemacht.

Mein Großvater besuchte mit uns die Münchner Museen. »Das Große Jüngste Gericht« von Peter Paul Rubens in der Alten Pinakothek hat mich als Junge ungeheuer beeindruckt: Da kommen die Braven nach oben und die Bösen werden in die Hölle hinabgestoßen. Noch wichtiger aber war das Deutsche Museum, da gab es die große Abteilung Physik. Hier konnte man herumdrehen und basteln, sich selbst alles anschauen. Besonders beeindruckt hat mich der Versuch mit der Glasglocke, unter der der Ton einer Klingel im Vakuum verstummt.

Hinzu kommt eine gewisse familiäre »Vorbelastung«: Mein Vater war Diplomingenieur. Außerdem hatte ich im Gymnasium einen hervorragenden Mathematik- und Physiklehrer. Ich war eher von kleiner Statur und saß daher immer in der ersten Reihe gegenüber dem Katheder des Mathematik- und Physiklehrers, mit dem ich mich gut unterhalten und dabei viel gelernt habe.

Als der Krieg zu Ende war, habe ich bis 1952 Physik studiert. Anschließend sah ich zwei Möglichkeiten für meinen weiteren Weg: entweder in ein Unternehmen zu gehen oder im Forschungsbereich zu bleiben. Und in die-

sem zweiten Fall war klar, dass ich nach Amerika gehen musste.

Warum führte Sie der Weg in die Forschung derart zielgerichtet nach Amerika?

Unmittelbar nach dem Krieg gab es in Deutschland keinerlei Geldmittel für die Universitäten. Und die Ausbildung, die ich bekommen hatte, war im internationalen Vergleich gesehen, schlecht. Also bin ich als Post-Doc nach Amerika umgezogen und hatte das Glück, an eine sehr renommierte Universität zu kommen.

An die Purdue University in Lafayette/Indiana.

Purdue war führend in der Halbleiterphysik. Bezahlt wurde die Forschung vom US-Militär – das war damals so üblich, und über diesen Weg wurde ich auch eingebürgert.

Später gingen Sie zu den Bell Laboratories. Wie kam es dazu?

Auch hier gibt es eine Vorgeschichte: Mit der Halbleitertechnik war damals auch die Produktion von Silizium zu einem national wichtigen Thema geworden. Die amerikanische Regierung stellte große Geldmittel zur Verfügung, um die Herstellung von hochreinem Silizium für die Halbleiterindustrie zu forcieren. Die Sache war nicht einfach: Denn Silizium benahm sich sehr ungewöhnlich. Wenn man es auf 400°C erhitzte, dann änderte es seine elektrischen Eigenschaften – und zwar dramatisch. Mit so einem Material können wir nicht arbeiten, haben die Ingenieure

gesagt. Auch die Chemiker von DuPont und Monsanto kamen nicht weiter. Ich habe mich dieses Themas angenommen und tatsächlich eine Lösung gefunden. Der Schlüssel lag im eingeschlossenen Sauerstoff: Wenn man das Silizium auf 400°C erwärmt, dann wird der Sauerstoff elektrisch aktiv und verändert die Leitfähigkeit des Siliziums. Diese Entdeckung war natürlich ein kleiner Schlager, der mir die Türen in die Bell Laboratories öffnete.

Die Bell Laboratories galten damals als eine der besten Forschungsstätten weltweit. Wie wurden Sie dort aufgenommen?

Als ich dort das erste Mal einen Besuch machte, hat man mich gefragt: »Wo kommen Sie denn her?« »Aus Deutschland«, antwortete ich. »Und wo haben Sie promoviert?« »In Erlangen.« »Where is that?«, fragte man mich. – Man hat sich für mich überhaupt nicht interessiert. Aber man muss das Positive sehen: Die Bell Laboratories haben ihre Leute sehr streng ausgewählt und auf diese Weise eine Elite zusammengebracht. Kurz und gut, ich habe mich dann später bei Bell beworben, woraufhin ich auch eingestellt wurde.

Wie war die Atmosphäre in diesem Kreis ausgewählter Wissenschaftler?

Geld spielte keine Rolle, und der Umgang unter den Kollegen war großartig. Die gegenseitige Kooperation war hervorragend und das, obwohl wir ja auch Konkurrenten waren. Man wurde bewertet, man wurde nach Leistung bezahlt. Und dennoch herrschte eine unwahrscheinlich kooperative Atmosphäre. Bis heute halte ich den Kontakt zu einigen Kollegen.

Wann erfuhren Sie zum ersten Mal von dem Konzept des Lasers?

Der Laser wurde ab 1958 schon intensiv diskutiert. Damals war gerade die Arbeit von Townes und Schawlow (siehe Beitrag S. 4 ff.) erschienen und es gab erste Vorschläge, wie ein Laser aussehen könnte. Verschiedene Leute begannen nun, über die Realisierung nachzudenken. Auch ich habe das – zusammen mit Geoffrey Garrett – getan. Allein bei Bell haben mehrere Gruppen an dem Thema gearbeitet und verschiedene Methoden ausprobiert.

Ali Javan zum Beispiel erzählte mir von seiner Idee eines Gaslasers. Ich habe das anfangs gar nicht verstanden. Aber die Idee war großartig. Ich erinnere mich noch gut an den Dezember 1960, als Javan den ersten kontinuierlich arbeitenden Gaslaser in Betrieb nahm. Gegen Abend rief mich Javan an und meinte: »Komm doch mal rüber und schau dir meinen Laser an.« Es war ein eindrucksvoller Augenblick, diesen Laser zu sehen.

1960 ging es ja dann Schlag auf Schlag, etliche Realisierungsvorschläge zum Laser wurden vorgestellt ...

Ja, mehrere Teams beschäftigten sich mit dem Thema. Im Juli 1960 kam die Nachricht, dass Theodore Maiman von Hughes Aircraft bei einer Pressekonferenz in New York behauptet habe, er habe den ersten Laser erfunden. Allerdings konnte Maiman mit seinem Gerät nur Änderungen in der Linienbreite erzeugen, der Effekt war nicht so wie erwartet. Wir waren davon ausgegangen, dass man einen intensiven kohärenten Lichtstrahl bekäme. Über diesen hat Maiman allerdings nicht berichtet. Aber ich gebe zu, es war eine kluge Idee, einen Rubinkristall zu nehmen und diesen dann mit einer Blitzlampe zu betreiben, die man in jedem Fotoladen kaufen konnte.

Wie haben Sie reagiert, als Sie von der Pressekonferenz Maimans erfuhren?

Wir haben natürlich auch sofort einen Rubin besorgt, die Lampe gekauft und die Sache zusammengebaut. Und dann haben wir das erste Mal den »Beam« gesehen. Ich muss schon sagen, das war einer der aufregendsten Augenblicke meines Lebens. An der Wand sahen wir einen blendend weißen Lichtfleck – in Wirklichkeit ist die Emission des Rubins aber rot. Aber wir hatten ja keine Brillen – unsere Augen haben wir mit der intensiven Strahlung beinahe geschädigt. Anschließend öffneten wir die Tür: Vor dem Labor gab es einen langen Korridor. Durch den schickten wir den Lichtstrahl, der genauso so schmal blieb wie am strahlenden Kristallende. Nun wollten wir noch größere Distanzen testen. Ein paar Hundert Meter gegenüber von unserem Labor stand ein weißes Gebäude. Wir beschlossen, um Mitternacht erneut zusammenzukommen, um zu testen,



Ein Lieblingsversuch von Wolfgang Kaiser: Per Knopfdruck entsteht in den Glasglocken ein Vakuum und der Ton der Klingel verstummt. Die Aufnahme stammt aus der Zeit um 1945.

wie weit das Licht gebündelt bleibt. Und wieder konnten wir denselben Effekt beobachten. Aufregend war das!

Was waren die ersten Experimente, die Sie mit Ihren Kollegen durchführten, nachdem Sie den Maiman'schen Versuch nachvollzogen hatten?

Als Erstes führten wir Experimente zu den zwei Quantenübergängen durch. Wir nahmen einen Kristall, der rotes Licht durchlässt. Wenn man ihn aber mit sehr intensivem roten Licht durchstrahlt, dann erhält man zwei Quantenübergänge, und das ausstrahlende Licht ist blau. Die Energie des ausgestrahlten Quants entspricht also der Summe der beiden eingestrahlenen Quanten.

Diese Zweiphotonenabsorption hatten theoretische Physiker wie beispielsweise die spätere Nobelpreisträgerin Maria Goeppert-Mayer schon 1927 vorhergesagt. Nun konnten Garrett und ich nachweisen, dass diese Theorie richtig ist.

Anschließend begannen wir, mit Seltenen Erden zu experimentieren. Wir kauften mit Samarium dotierte Kalziumfluoridkristalle. Sehr schöne Kristalle, an denen wir alle wichtigen Parameter gemessen haben: Die Absorptionseigenschaft, die Emissionseigen-

schaft, die Quantenausbeute, die Linienbreite als Funktion der Temperatur usw.

Wir stellten fest, dass die Lasertätigkeit bei einer Wasserstofftemperatur von 20°Kelvin funktionieren müsste. Wasserstoff ist bei 20°Kelvin flüssig. Gegenüber Helium hat er den Vorteil einer größeren Wärmekapazität. Außerdem ist die Versuchsanordnung einfach. Ein wenig gefährlich war die Sache allerdings, denn Wasserstoff mit Luft gemischt kann leicht explodieren.

Hatten Sie keine Angst, dass Ihnen bei diesen Versuchen etwas passieren könnte?

Garrett und ich waren Junggesellen – wir haben uns gesagt, das riskieren wir, haben Fenster und Türen geöffnet und den Ventilator aufgedreht, damit der Wasserstoff wieder hinausgeblasen wurde. Anschließend haben wir das Experiment für die Erprobung der Lasertätigkeit vorbereitet.

Weil die Tür offen stand, schaute ein Kollege vorbei und fragte: »Was macht ihr denn da noch?« Es war abends – nach Dienstschluss, damit nichts passierte, wenn es doch zu einer Explosion kommen sollte. »Wir haben gerade das Samarium-Kalцийfluorid im Wasserstoff und messen seine Lasereigenschaften, das sollte jetzt funktionieren.« Da sagt der Kollege: »Moment mal, ich habe gehört, heute Vormittag hat IBM eine Pressekonferenz abgehalten und die haben das mit Samarium dotierte Kalцийfluorid vorgestellt.«

Das war Pech! Peter Sorokin, das war der Wissenschaftler, der die Pressekonferenz gehalten hatte, wurde berühmt. Am nächsten Tag haben wir angerufen, um ihm zu gratulieren und ihn zu uns einzuladen: »Gut hast du es gemacht. Nur ein paar Tage vor uns, aber unser Laser funktioniert auch, komm doch mal vorbei, dann zeigen wir dir, was wir haben.«

Es hat sich dann herausgestellt, dass Sorokin einfach nicht so viel gemessen hat. Er hat sich die notwendigen Substanzen gekauft, hat alles hergerichtet, in Helium eingetaucht und, siehe da, es hat funktioniert! Unsere Gründlichkeit hat sich in diesem Fall schlecht bewährt. Nun ja, Peter Sorokin ist ein guter Physiker und ich gönne ihm den Erfolg von Herzen.



Gab es damals einen Erfolgsdruck, einen wissenschaftlichen Wettlauf: »Wer schafft es als Erster, diesen Laser zu entwickeln?«

Ja und nein. Es war kein Wettrennen, bei dem einer mit der Stoppuhr dastand, aber natürlich hoffte jeder, der in seiner Gruppe an dem Laser arbeitete, es bald zu schaffen.

Wie wirkte sich die Atmosphäre des Kalten Krieges auf die Laserforschung aus?

Die Militärs hatten in diesen Jahren unvorstellbare Summen von Geld ausgeschüttet! Ein Beispiel: Die Firma Technical Research Group (TRC) hatte 600.000 US-Dollar für die Laserforschung beantragt. 300.000 US-Dollar legten die Militärs noch einmal von sich aus dazu, um die Forschung zu beschleunigen. Das heißt: Der Kalte Krieg spielte eine große Rolle, und den Militärs standen große Geldmittel zur Verfügung, um den Laser zu unterstützen. Zum Glück waren wir in den Bell Laboratories unabhängig von diesen Geldern. Wir bekamen unsere Mittel von der Telefongesellschaft. Das war viel angenehmer und friedlicher.

1963 kam dann der Ruf nach München?

Die Technische Hochschule fragte an, ob ich nach München kommen wolle. Und nachdem ich ja das Deutsche Museum hier gut kannte und meine Eltern mittlerweile auch wieder nach München zurückgezogen waren, habe ich zugesagt. Die Bayerische Staatsregierung hatte damals das Ziel, die Situation an der Technischen Universität zu verbessern.

Professor Wolfgang Kaiser (Mitte) im Gespräch mit Frank Dittmann (links) und Johannes-Geert Hagmann (rechts).

Der Nobelpreisträger Rudolf Mößbauer erhielt 1963 einen Ruf nach München und verlangte eine völlige Umgestaltung des Fachbereichs Physik an der Technischen Hochschule. Als ich nach München kam, gab es hier nur vier Professoren für Hunderte von Studenten. Einen für Experimentalphysik, zwei für theoretische und einen für technische Physik. Es war klar, dass mindestens zehn weitere Professoren gebraucht wurden. Ich war einer der Ersten. Die notwendigen finanziellen Mittel wurden bereitgestellt und wir hatten ausgesprochen gute Arbeitsbedingungen.

Fiel die Entscheidung, nach Deutschland zurückzugehen, leicht – angesichts der kollegialen und inspirierenden Forschungsumgebung in den Bell Labs?

Ich habe es mir sehr genau überlegt, das muss ich schon gestehen. Erst einmal ließ ich mich für ein Jahr beurlauben – mit der Option, anschließend wieder zurückzukommen. Die Bell Labs waren ein guter Laden, ich habe mich sehr wohl dort gefühlt. Man hatte nie das Gefühl, für die Firma zu arbeiten – man arbeitete und forschte für sich selbst. Jeder von uns hatte ein oder zwei gute Angebote in der Tasche. Deswegen ist man natürlich auch so nett behandelt worden. Die wollten einen ja nicht verlieren.

Als Sie Anfang der Sechzigerjahre den ersten Beam erzeugen konnten – hatten Sie da eine Ahnung, wie rasch sich der Laser weiterentwickeln würde?

Wir haben geahnt, dass noch viele Entwicklungen folgen werden. Wir hatten ja eine völlig neue Lichtquelle. Aber über die Einzelheiten hatten wir natürlich überhaupt keine Vorstellung. Mit Staunen verfolge ich zum Beispiel die Fortschritte in der Lasermedizin – von der ich selber kaum etwas verstehe.

Vor mehreren Jahren durfte ich persönlich erfahren, wie man heute mit einem Laser die Netzhaut »anlötet«! Mir ist die Netzhaut gerissen, ich ging zum Augenarzt und der hat die kritische Stelle an der Netzhaut wieder koaguliert. Plötzlich habe ich den Laser in meinem eigenen Auge erlebt. Ich kann heute wieder ebenso gut sehen wie vor dem Eingriff. In wenigen Jahren wurden derartig fantastische Anwendungen des Lasers entwickelt.

1964 sind Sie nach München gekommen. Drei Jahre später haben Sie einen Vortrag über den Laser im Deutschen Museum gehalten.

Ich erinnere mich noch gut daran. Die Veranstaltung fand im damaligen Kongresssaal (heute »Forum der Technik«) statt. Meine ganze Familie war da, sie saß in der ersten Reihe. Ich wollte gerade beginnen, da kam ein Museumsmitarbeiter und sagte: »Sie können jetzt nicht anfangen, wir haben noch so viele Besucher an der Kasse.« Der Vortrag begann mit zwanzig Minuten Verzögerung, der Saal war bis auf den letzten Platz gefüllt.

Gab es auch kritische Stimmen, Ängste in der Bevölkerung? Oder haben die Menschen damals einfach die faszinierende neue Entwicklung gefeiert?

Ich war natürlich auch ein Teil der Bevölkerung, wenn Sie so wollen. ... Ängste? Nein, die gab es nicht. Im Gegenteil! Die Menschen waren ebenso begeistert wie neugierig. Lassen Sie mich eine weitere Episode erzählen, die das illustriert: Man lud mich nach Konstanz ein. Es gab da eine Bürgerinitiative, die sich für eine neu zu gründende Universität starkmachte. In diesem Zusammenhang erhielt ich einen Telefonan-



ruf: »Herr Professor Kaiser, könnten Sie nicht auch einmal nach Konstanz kommen und einen Vortrag über den Laser halten?« Ich war nicht sonderlich begeistert, weil dabei ein ganzer Tag verloren geht und ich arbeiten wollte. Es gab viel zu tun.

Ich reiste dennoch nach Konstanz. Wurde abgeholt und zu dem Vortragsraum geführt. Auf dem Weg dorthin frage ich meinen Begleiter: »Wie viele Besucher erwarten Sie denn?« »Ach«, sagte der, »wissen Sie, das Interesse hier, das geht mehr in die Geisteswissenschaften, Geschichte, Kunst ... Ich weiß nicht, wie viel heute kommen, vielleicht ein Dutzend Leute.« Ich dachte mir: »Und dafür fahre ich extra von München nach Konstanz!« Aber was sollte ich machen? Ich war nun einmal schon da.

Wir betraten ein wunderschönes Schlosschen, gingen die Treppe hoch. Auf den Stufen oben saßen einige junge Burschen, Gymnasiasten. Mein Begleiter raunte sie an: »Was sitzt ihr hier herum, geht's doch nei!« Da sagte der eine: »Wir können nicht hinein, die Polizei hat gesagt, der Saal ist wegen Überfüllung geschlossen.« So fasziniert und begeistert waren die Menschen damals von dieser neuen Erfindung. Von der Fachhochschule Winterthur waren Studenten mit Bussen gekommen! Nun gut, ich hielt meinen Vortrag und es gab eine lange Diskussion am Ende.

Als die Menschen heimgingen, kam eine ältere Dame auf mich zu, sah mich an und

Bei einer Pressekonferenz am 5. Oktober 1960 in New York stellten die Bell Laboratories ihren Rubinlaser vor. Das Gerät befindet sich zwischen den Tischen in der Bildmitte. Am Tisch sitzen (v.l.n.r.): Walter Bond, Wolfgang Kaiser, Donald Nelson, Willard Boyle (im Hintergrund), Robert Collins, George Dacey, Charles Townes, Arthur Schawlow und Geoffrey Garrett.

sagte: »Schön war's, nett ham's das gemacht, aber – verstanden hab ich überhaupt nix.« Also, Sie sehen: Im Leben geht es auf und ab!

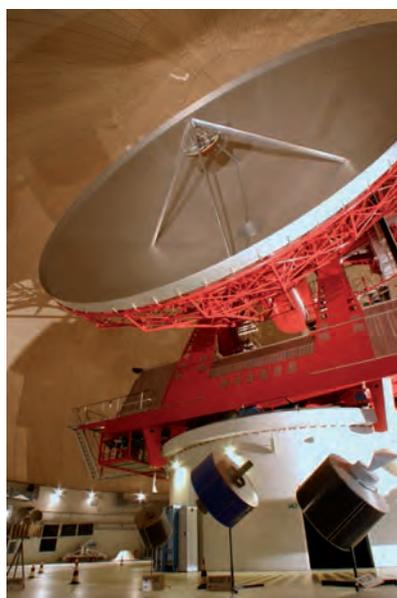
Heute besitzt Konstanz eine moderne Universität und ein früherer Mitarbeiter hat dort eine international angesehene Lasergruppe aufgebaut. ■

Literatur

Wolfgang Kaiser, *Der Laser. Grundlagen und neue Ergebnisse*. In: Deutsches Museum, *Abhandlungen und Berichte* 35 (1967), H. 2

Wolfgang Kaiser, *Von kurzen zu ultrakurzen Laserpulsen* (Festvortrag anl. der Verleihung der Stern-Gerlach-Medaille 1994). In: *Physikalische Blätter* 50 (1994), S. 661–664

Donald F. Nelson, Robert J. Collins, Wolfgang Kaiser, *Bell Labs and the ruby laser*. In: *Physics Today* 2010, No. 1, S. 40–45



Die Antenne befindet sich im Inneren des Radoms.

Die Schatztruhe

Masertechnik revolutionierte die Nachrichtenübertragung

Mitte der 60er Jahre wurde im neu errichteten Radom in Raisting eine Anlage zur Heliumverflüssigung installiert, um einen Maser zu kühlen. Der geheimnisvolle Kasten, in dessen Herz ein künstlicher Rubin verborgen war, weckte damals das Interesse des Autors. **Von Max Bräutigam**



Schon von weitem konnte ich die weiße Kuppel des Radoms erkennen, als ich – damals junger Ingenieur bei der Firma Linde – zum ersten Mal nach Raisting fuhr. Ich hatte den Auftrag, eine Heliumverflüssigungsanlage den speziellen Anforderungen für die Nachrichtenübertragung anzupassen. Die Arbeiten nahmen einige Wochen, verteilt auf mehrere Monate, in Anspruch und ich hatte die Gelegenheit, die Phasen der Inbetriebnahme dieser neuartigen Erdfunkstelle mitzuerleben. Während rund um das Radom die Bauern ihre Äcker bestellten, arbeiteten unter der weißen Kuppel junge begeisterte Physiker und Ingenieure an einem gemeinsamen Ziel: Nachrichten, Töne und Bilder über im All stationierte Satelliten weltweit in kürzester Zeit zu transportieren.

Als ich das Radom erstmals durch die Luftschleuse betrat, stand ich mit leuchtenden Augen vor der riesigen roten Antenne und fühlte mich dabei fast wie unterm Christbaum. Die Begeisterung für dieses Bauwerk steigerte sich von Mal zu Mal, je mehr ich von den einzelnen Technologien und ihrem Zusammenwirken verstand.

Die Antennen von Raisting. Links im Bild die Kuppel des Radoms.

Dipl.-Ing. **MAX BRÄUTIGAM** war Mitte der 60er Jahre im Auftrag der Linde AG viele Male im Radom in Raisting tätig, um die Heliumanlage den besonderen Anforderungen des Antennenbetriebes anzupassen.

Zunächst war das für mich alles Neuland: Die Statik und der Antrieb für den Spiegel, die Steuerung des Spiegels zum Satelliten ebenso wie der Maser (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation), für den ich nun eine Anlage zur Heliumverflüssigung einrichten sollte. Diese Anlage sollte den Maser, ein rätselhaftes Ding, kühlen. Ich brannte vor Neugier, zu begreifen, wie es funktionierte.

Kohärente (stehende) elektromagnetische Wellen von 10^5 bis 10^{11} Hertz (Schwingungen pro Sekunde) und Wellenlängen zwischen Kilometern bis Millimetern sagten einem Maschinenbauer Anfang der 60er Jahre wenig. Natürlich kannte ich die grandiose Entdeckung von Heinrich R. Hertz (1857–1894). Wir waren schon immer von elektromagnetischen Wellen umgeben, ohne sie mit unseren Sinnen wahrzunehmen. Die Überlegungen und Vorrichtungen zu deren Nachweis, die übrigens auch im Deutschen Museum zu sehen sind, beeindrucken noch heute. Elektrische Mikrowellen waren damals allerdings noch außerhalb unserer Vorstellungskraft. In den Anfängen des Rundfunks sprach man in der Bevölkerung noch von einer Vermittlung über den Äther. Ich durfte also hinzulernen: Der Maser ist ein Vorverstärker, der die normalerweise nicht verwertbaren kleinen elektromagnetischen Wellen um den Faktor 10000 verstärkt, so dass diese Signale anschließend beispielsweise zur Übertragung von Tonsignalen genutzt werden können.

Die Entwicklung der Masertechnologie war zur Zeit der Errichtung der Raistingener Erdfunkstelle noch sehr jung. Nur etwa zehn Jahre zuvor wurden die physikalischen Grundlagen in einem amerikanischen Labor entwickelt (siehe Beiträge S. 4 ff. und S. 10 ff.). 1964 erhielt Charles H. Townes den Nobelpreis und im selben Jahr wurde die Nachrichtenketten, basierend auf dieser Entwicklung, in Betrieb genommen.

Doch nicht nur die Technik faszinierte mich: Der Maser barg auch einen besonderen »Schatz« – einen Rubin – und wirkte aus diesem Grund auf mich wie eine Schatzkammer oder ein Tresor, obwohl sein Äußeres wenig charmant erschien: Der mannshohe Metallschrank, aus dessen Oberseite einige metalli-

sche Anschlüsse ragten, glich eher einer riesigen Thermoskanne als einer geheimnisumrankten Schatztruhe.

EDELSTEIN TRIFFT EDELGAS. Der erwähnte Rubin hing zwischen einem starken Dauermagneten an den Hochfrequenzzu- und -ableitungen und wurde von flüssigem Helium umspült. Echt war der Stein allerdings nicht, wie ich erfuhr. Es handelte sich um ein gezüchtetes Einkristall (Al_2O_3), etwa in der Größe und Form des fingerlangen Bleistifts eines Zimmermanns.

Ein Kristall zeichnet sich durch seinen exakten Atomgitteraufbau aus. Wird er nahe dem absoluten Nullpunkt der Temperaturskala gekühlt, so befindet sich dieses Atomgitter nahezu in Ruhe. In diesem Zustand können dann kleinste Anregungen registriert werden.

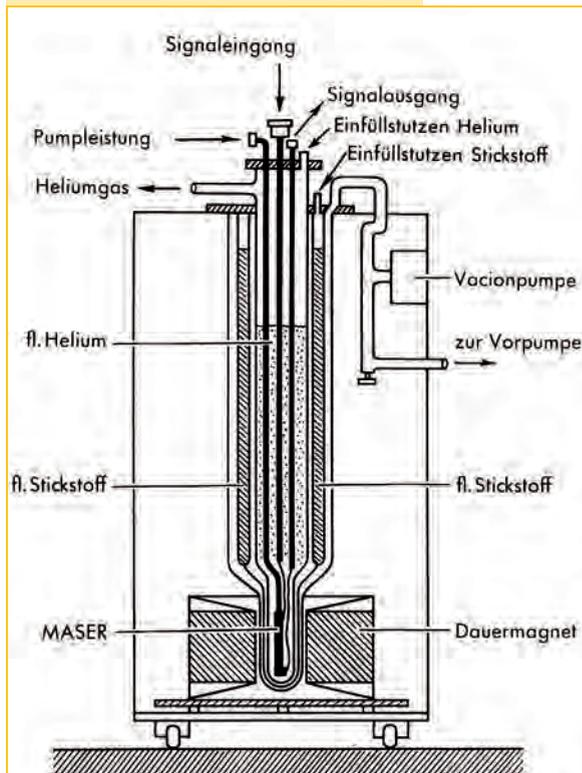
Das Edelgas Helium war zu jener Zeit noch sehr teuer und wurde aus kleinsten Quellen, so auch aus der Luft, gewonnen. Der Anteil von Helium in der Luft beträgt 0,0005 % vol. Eine besondere Herausforderung bei der Konstruktion von Verflüssiger, Transportgefäß und Maser sind die Stoffwerte des Heliums: zum einen die Siedetemperatur (bei einer Temperatur von minus 269 °C, d.h. nur 4 °C über dem absoluten Nullpunkt) zum anderen die Verdampfungswärme, die weniger als 1/400 gegenüber Wasser beträgt. Des Weiteren muss das Helium für die Verflüssigung von anderen Gasen bis in den ppm-Bereich (parts per million) gereinigt sein, denn alle anderen Gase werden beim Abkühlen auf die erforderliche Temperatur fest und würden dann die Apparatur verstopfen.

MISSGESCHICKE UND GLÜCKSFÄLLE.

Das verdampfende drucklose Helium aus dem Maser wurde in die Heliumanlage, die im Radom aufgebaut war, zurückgeführt. Die entsprechende Leitung bestand aus einem langen, flexiblen Metallschlauch, der sich mit der Drehung der Antenne auf- oder abwickelte. Ein kleines Malheur passierte, als sich alle Anwesenden auf die Nachrichtenübertragung konzentrierten. Die Antenne drehte und drehte sich. Möglicherweise war der Mechanismus für die Begrenzung der Drehung noch nicht



Der Maser mit dem davorstehenden Behälter für Flüssighelium wirkt von außen gesehen unspektakulär. Seine Aufgabe ist es, die vom Satelliten aus dem All übertragenen Mikrowellen zu verstärken, so dass sie in Bild- bzw. Tonsignale umgewandelt werden können.



Schematische Darstellung des Masers aus *Anatomie einer Erdfunkstelle* von Robert Uhlitzsch, Frankfurt/Main 1969.

angeschlossen. Die Gasrückführung löste sich und das Helium strömte ins Freie. Ganz ungewöhnlich ist es nicht, dass bei derlei Hightechanlagen manche einfache Handwerksregel übersehen wird.

Ein andermal – vermutlich stand ein besonders wichtiger Termin für eine Übertragung an – sollte zusätzlich flüssiges Helium aus Pullach bei München bereitgestellt werden. Scheinbar eine einfache Übung: zwei Kannen je 25 Liter mit einem Kleinbus nach Raisting zu transportieren. Die Arbeitsteilung war noch nicht so weit fortgeschritten wie heute. Man erledigte, soweit es ging, alles selbst. Ich übernahm die Funktion des Beifahrers. Um kein Helium zu verlieren, wurden die Kannen am Gasstutzen mit einer Gummiblase verschlossen, so dass die Flüssigkeit drucklos atmen konnte. Der Transport entpuppte sich als reichlich abenteuerlich, denn mit jeder Luftdruckänderung, also bei jeder Bergfahrt, besonders über dem Rücken zwischen Starnberger See und Ammersee füllten sich die Blasen wie Ballone bis zum Bersten. Flüssiges Helium ist doch ein sehr sensibles Medium.

Glücklicherweise ging alles gut, denn in der Raistingener Senke schrumpften die Ballone wieder auf ihre ursprüngliche Größe zurück.

Etwa 20 Jahre lang waren Erdfunkstelle, Antenne, Maser und Heliumanlage in Betrieb. Weitere 20 Jahre währte die Diskussion über Rückbau und Entsorgung der Anlage. Engagierte Bürger, vorwiegend aus der früheren Betriebsmannschaft, bildeten einen Förderverein, retteten alte Gerätschaften vor der Verschrottung und kümmerten sich erfolgreich um den Erhalt des Gebäudes (siehe *Kultur & Technik* 3/2008, S. 46 ff.). Der Landkreis Weilheim/Schongau gründete eine Radom GmbH, die das denkmalgeschützte Bauwerk restauriert. Im Herbst 2010 wurde die Außenhaut erneuert. Beste Voraussetzungen, um ein Museum für Kommunikationstechnik einzurichten. ■

angeschlossen. Die Gasrückführung löste sich und das Helium strömte ins Freie. Ganz ungewöhnlich ist es nicht, dass bei derlei Hightechanlagen manche einfache Handwerksregel übersehen wird.

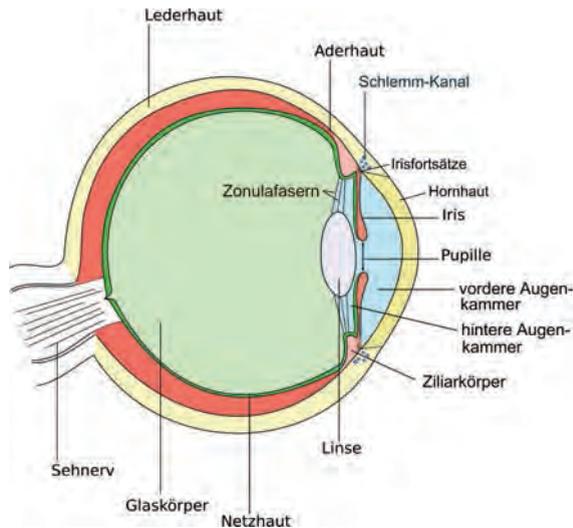
Heilen mit Licht

Einsatz von Lasern in der Medizin



Laserbestrahlung des Augenhintergrunds über ein Kontaktglas kurz vor dem Aufsetzen auf das Auge.

Schon bald nach der Erfindung des Lasers entdeckten Medizintechniker die Kraft der gebündelten Strahlen. Die Lasermedizin ist heute aus nahezu keinem Fachgebiet der Medizin mehr wegzudenken. Augenärzte, die diese neue Technik als Erste nutzten, sind bis heute Vorreiter bei der Optimierung und Weiterentwicklung therapeutischer Laseranwendungen. **Von Hans-Jochen Foth**



Der Aufbau des menschlichen Auges: Das Auge wird in einen vorderen und einen hinteren Abschnitt eingeteilt. Der vordere Abschnitt besteht aus der Hornhaut, der vorderen Augenkammer, der Iris und der dahinter liegenden Augenlinse. Die gekrümmte Hornhaut sowie die Augenlinse bündeln das eintreffende Licht auf die Netzhaut. Der größte Teil des Auges wird durch den transparenten Glaskörper gebildet. Auf der Rückseite des Glaskörpers liegen drei Hautschichten übereinander. Von innen her betrachtet sind dies: die Netzhaut mit den lichtempfindlichen Sinneszellen, die Aderhaut, durch die die Netzhaut versorgt wird, und die sehr feste Lederhaut.

Wenige Monate nachdem im Mai 1960 von dem amerikanischen Physiker Theodore H. Maiman zum ersten Mal ein Laser erfolgreich in Gang gesetzt wurde, begann man Laserstrahlen medizinisch einzusetzen. Dieser erste Einsatz des Rubinlasers für die Netzhaut-Koagulation war aber nicht erfolgreich. Die Ergebnisse, die man zu dieser Zeit mit dem in Deutschland von dem Augenarzt Prof. Meyer-Schwickerath und der Firma Carl Zeiss entwickelten Lichtkoagulator (Teile dieser Apparatur können im Deutschen Museum Bonn besichtigt werden) erzielte, waren wesentlich besser, so dass sich zunächst die neue Technik nicht durchsetzte. In den nächsten Jahren wurde eine große Zahl von Lasertypen entwickelt und hinsichtlich ihres medizinischen Einsatzes getestet. Geändert hatte sich nun, dass entgegen der beschriebenen negativen Erfahrun-

DAS BESONDERE AN LASERLICHT

Das von einem Laser emittierte Licht, unterscheidet sich von dem Licht einer gewöhnlichen Lichtquelle in drei wesentlichen Eigenschaften:

a) Farbliches Spektrum

Während eine Glühlampe ein sehr breites Farbspektrum abstrahlt, in dem sowohl blaues Licht (Wellenlänge 400 nm) als auch rotes Licht (Wellenlänge 780 nm) und sehr viel infrarotes Licht enthalten ist, wird von einem Laser im Allgemeinen nur eine Wellenlänge abgestrahlt (Ausnahmen sind Laser in wissenschaftlichen Laboren, z. B. für atomare Uhren). Da die Moleküle in unserem Körper unterschiedliche Wellenlängen absorbieren, kann man durch Wahl der Laserwellenlänge bestimmen, welche Moleküle angesprochen werden; z. B. können durch Absorption im Blut kleine Adern unter der Haut koaguliert werden, ohne die darüber liegende Hautschicht zu schädigen. Dieses wird in der Dermatologie zur Behandlung des Feuermals (Naevus flammeus) oder des Blutschwamms (Hämangiom) eingesetzt.

b) Interferenzfähigkeit

Der Fachbegriff hierfür lautet »Kohärenz« und beschreibt, wie hoch der Kontrast ist, wenn zwei Teilstrahlen eines Laserstrahls überlagert werden. Überlagert man z. B. zwei Sinuswellen, die keine Verschiebung gegeneinander besitzen, so kommt es zu einer Verdopplung der Amplitude (positive Interferenz), während bei einer Verschiebung um die halbe Wellenlänge sich beide Teilwellen gegenseitig auslöschen (negative Interferenz). Laserlicht besitzt eine hohe Kohärenz, was beim Betrachten eines aufgeweiteten Laserstrahls sofort sichtbar ist. Es bildet sich kein einheitlich heller Fleck, sondern der helle Bereich zeigt ein unregelmäßig erscheinendes Hell-Dunkel-Muster. Die Fachleute sagen hierzu »Speckle«. Das Muster verändert sich, wenn man den Kopf bewegt, denn es sind Interferenzstrukturen auf unserer Netzhaut. Das Licht einer gewöhnlichen Lichtquelle hat eine viel kleinere Kohärenz; hier können wir keine Speckles erkennen.

c) Optische Strahlqualität

Eine Glühlampe sendet das Licht in alle Raumrichtungen, wodurch die Leistungsdichte (Lichtleistung pro Fläche, Einheit: W/cm^2 oder W/m^2) quadratisch mit dem Abstand abnimmt. Ein Laser sendet einen schmalen Lichtstrahl aus, der sich so gut wie nicht aufweitet. Wollte man durch eine Sammellinse die Leistungsdichte bei einer Glühlampe erhöhen, so würde man im besten Fall eine verkleinerte Abbildung der Glühwendel erzeugen; den Laserstrahl kann man auf einen sehr kleinen, oft nur wenige Tausendstel Millimeter großen Fleck fokussieren. Nur die Wellennatur des Lichts setzt hier eine Grenze, d.h. aufgrund der Beugung an der Linse kann der Punkt nicht unendlich klein werden.

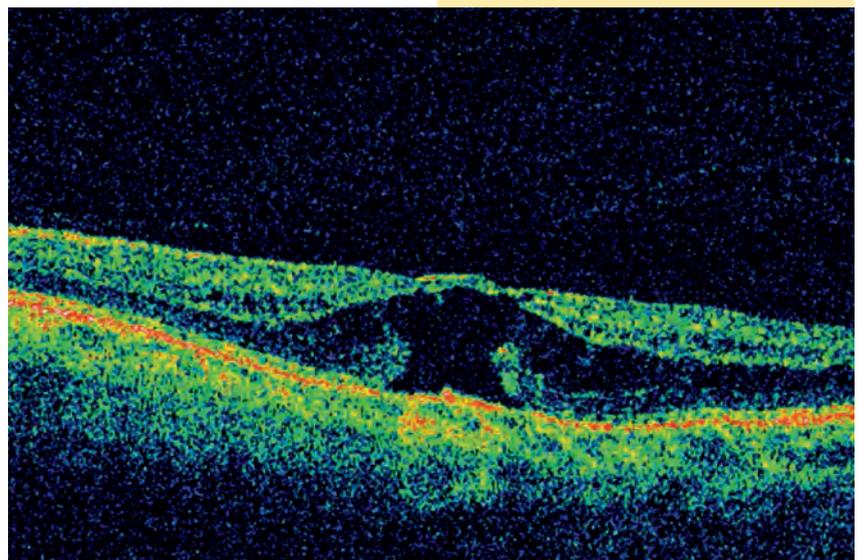
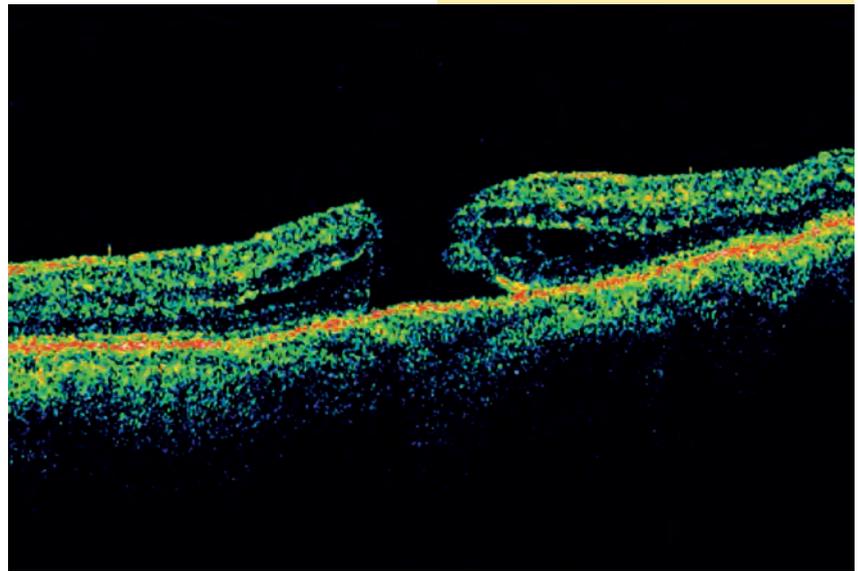
Alle drei Eigenschaften werden beim medizinischen Einsatz von Laserstrahlen ausgenutzt.

gen des ersten Einsatzes viele andere Verfahren erfolgreich waren. So gibt es mittlerweile keine medizinische Fachdisziplin, in der keine Laser eingesetzt werden. Die Augenheilkunde (Ophthalmologie) hat dabei bis heute ihre Vorreiterrolle behalten. Fast alle in der Augenheilkunde entwickelten Laserverfahren haben sich als erfolgreich herausgestellt und werden heute gegenüber anderen Verfahren bevorzugt.

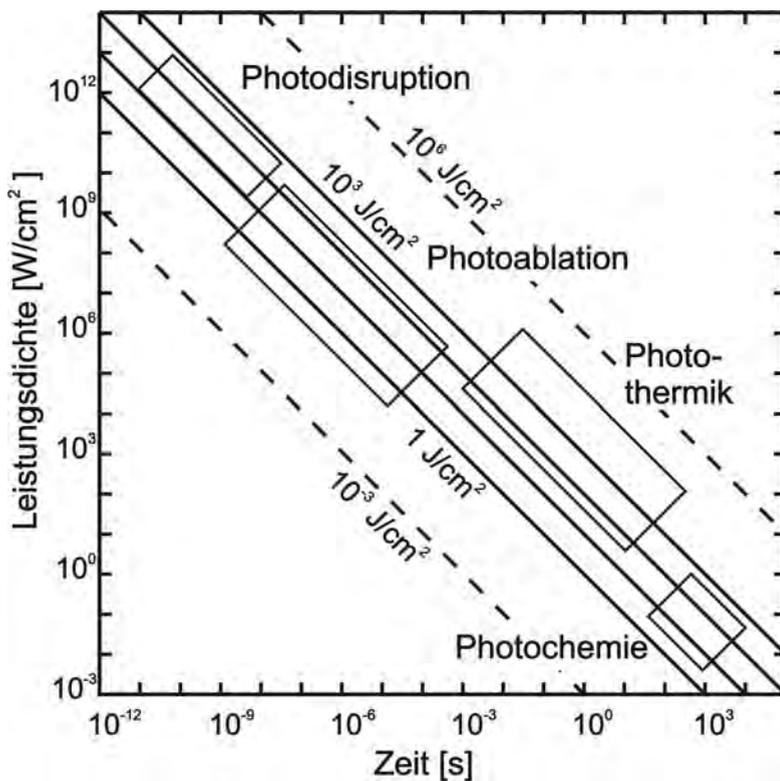
DIAGNOSTIK. Bevor eine medizinische Therapie durchgeführt wird, muss durch ein Diagnoseverfahren bestimmt werden, welche Erkrankung vorliegt. Je detaillierter die dabei erhaltene Information ist, umso zielgerichteter kann die Therapie gewählt werden. Unter der Vielzahl der lasergestützten Diagnoseverfahren wird hier auf die Optische Kohärenztomographie (OCT) eingegangen.

Der optische Aufbau ist ein Michelson-Interferometer. Der aus der Lichtquelle kommende Lichtstrahl wird an einem Strahlteiler in zwei gleich starke Teilstrahlen aufgeteilt. Ein Teilstrahl wird auf das Messobjekt, z. B. das Auge, geleitet, während der andere Strahl auf einen Spiegel trifft und dort reflektiert wird. Der vom Messobjekt rückgestreute Strahl und derjenige des Spiegels werden an dem Strahlteiler wieder vereinigt und auf einem Detektor abgebildet. Der Spiegel befindet sich auf einer Fahrstrecke und kann längs der Strahlrichtung sehr kontrolliert bewegt werden. Immer dann, wenn die optische Länge zwischen Strahlteiler und Spiegel mit der zwischen Strahlteiler und einer streuenden Struktur im Messobjekt übereinstimmt, wird mit dem Detektor eine starke Interferenz registriert. Um mehrere hintereinander liegende Strukturen zu beobachten, wird der Spiegel bewegt und das Signal des Detektors in Abhängigkeit der Fahrstrecke aufgezeichnet. Das erste Interferenzsignal ergibt sich z. B. durch die Vorderseite der Hornhaut, das zweite durch die Rückseite der Hornhaut, dann durch die Vorderseite und die Rückseite der Augenlinse und schließlich durch die Netzhaut. Man kann heute zwei- und dreidimensionale Strukturen aufzeichnen, indem der Strahl, der auf die Probe fällt, senkrecht zur Strahlrichtung gerastert wird. Bei der Auflösung, die mit der OCT zu erreichen ist, muss man zwischen der seitlichen Auflösung (Größe eines Bildpunktes) und der Tiefenauflösung (Trennung von Schichten, die hintereinander liegen) unterscheiden. Mit Super-Lumineszenz-Dioden und besonders gepulsten Titan-Saphir-Lasern erreicht man sowohl eine seitliche als auch eine Tiefenauflösung von wenigen Mikrometern. Man kann heute in der Retina einer lebenden Person einzelne Zellschichten unterscheiden und so erkennen, ob ein Netzhautödem, ein Netzhautloch oder gar eine Netzhautablösung vorliegt. Augenärzte sagen, dass dieses Verfahren die Diagnostik des Augenhintergrundes revolutioniert hat (siehe Abbildungen oben).

Es gibt eine Reihe weiterer Messmethoden in der Medizin, die die Kohärenz des Laserlichts ausnutzen. Im Folgenden soll das Interesse nun aber auf die therapeutischen Verfahren gelenkt werden. Dazu muss man sich zunächst klarmachen, in welcher Weise Laserlicht das Gewebe, von dem es absorbiert wird, verändert. Dabei handelt es sich um keine einfache Veränderung, sondern es finden je nach Leistungsdichte des Laserstrahls unterschiedliche Prozesse statt.



Mit der Optischen Kohärenztomographie (OCT) kann die zentrale Netzhaut als Querschnitt dargestellt werden, so dass kleinste Veränderungen wie z. B. Flüssigkeitseinlagerungen oder Veränderungen im Pigmentepithel sichtbar werden. Die Abbildung oben zeigt ein Netzhautloch. Im Bild unten wird ein Netzhautödem sichtbar.



Die Grafik stellt die verschiedenen Arten der Laserlicht-Gewebe-Wechselwirkung dar. Die Details sind im Text erklärt.

Singulett-Sauerstoff

Man unterteilt Energiezustände auch nach ihren Gesamt-Elektronenspin I: Sind alle Elektronenspins antiparallel ausgerichtet, also $I=0$ dann spricht man vom Singulett-Zustand, bei $I=1$ vom Triplett-Zustand. Als große Ausnahme unter den homonuklearen zweiatomigen Molekülen ist bei Sauerstoff der Grundzustand ein Triplett-Zustand und der erste angeregte Zustand ein Singulett-Zustand. Singulett-Sauerstoff ist zelltoxisch (Stichwort: oxidativer Stress).

VERSCHIEDENE WECHSELWIRKUNGSARTEN. Einen guten Überblick über die verschiedenen Arten der Laserlicht-Gewebe-Wechselwirkung erhält man, indem man ein doppellogarithmisches Diagramm erstellt. Je nach Leistungsdichte und Einwirkzeit des Laserlichtes unterscheidet man Photochemie, Photothermik, Photoablation und Photodisruption.

Photochemie

Die eingestrahlte Laserlichtenergie verändert chemische Prozesse im Körper. Entzündungen können dadurch verringert und Heilungsprozesse angeregt werden. Diese Prozesse werden als Biostimulation bezeichnet, sind allerdings nicht immer vom »Placebo-Effekt« zu unterscheiden. Solide Ergebnisse liefert hingegen das neue Gebiet der Photodynamischen Therapie (PDT).

Hierbei werden Farbstoffe, sogenannte Photosensibilisatoren, verabreicht, die von sich aus nicht giftig sind, die aber durch Bestrahlung mit Licht der passenden Wellenlänge Giftstoffe produzieren. Typische Beispiele hierfür sind Hämatoporphyrin-Derivate, Chlorine oder auch Vorstufen eines Photosensibilisators wie Aminolävulin-Säure

(ALA). Durch Messungen hat man herausgefunden, dass sich einige Farbstoffe in erkranktem Gewebe, z. B. Tumorgewebe, stärker anreichern als in gesundem Gewebe. Sobald ein Maximum des Anreicherungsunterschieds zwischen erkranktem und gesundem Gewebe erreicht ist, werden in den Farbstoffmolekülen durch Lichtbestrahlung phototoxische Prozesse ausgelöst. Bei einigen Arten der eingesetzten Farbstoffe entsteht auf diese Weise Singulett-Sauerstoff, der die Zellen so stark schädigt, dass sie absterben. Da der Farbstoff wie oben beschrieben selektiv, z. B. in den Tumorzellen, vorhanden ist, werden auf diese Weise nur die Tumorzellen geschädigt, während die gesunden Zellen unbeeinflusst bleiben. Die Methode setzt voraus, dass der Farbstoff die Zellen erreichen konnte und dass alle Zellen mit Licht durchstrahlt werden. Deshalb ist diese Methode besonders für die Therapie dünner, flächiger Tumore geeignet. Sehr erfolgreich wird die PDT schon zur Behandlung des Hauttumors Basalzellenkrebs (Basaliom) eingesetzt oder bei Blasenentzündungen. Der Vorteil ist, dass diese Methode immer wiederholt werden kann.

Aber auch für nicht tumoröse Erkrankungen wird PDT eingesetzt, z. B. bei der altersbedingten Makula-Degeneration (AMD). Die Makula ist der Bereich der Netzhaut mit der höchsten Dichte von Zapfen. Sie liefert das schärfste Sehen in der Mitte unseres Gesichtsfeldes. Bei der AMD kommt es zur Anreicherung von abgeschilferten Zellmaterial in der Netzhaut, was den Körper stimuliert, zusätzliche Gefäße aus der Aderhaut herauszubilden. Hierdurch wird die Netzhaut angehoben, was die Personen durch ein verzeichnetes (gerade Linien erscheinen gekrümmt) und unscharfes Bild in der Mitte des Gesichtsfeldes wahrnehmen. Die Versorgung der Netzhaut ist nun nicht mehr gegeben, und zusätzlich kann Flüssigkeit aus den neuen Gefäßen austreten (nasse AMD). Letztlich ist die nasse AMD in den entwickelten Ländern der Hauptgrund für die Erblindung. Mit PDT kann diese Erkrankung gestoppt werden: Ein spezieller Farbstoff wird verabreicht, der sich den kleinen, neu gebildeten Gefäßen anreichert. Durch anschließende vorsichtige Bestrahlung veröden die chemischen Giftstoffe die kleinen Adern, ohne die Sinneszellen in der Retina zu schädigen.

Bei der Photodynamischen Therapie werden die Farbstoffe meist durch rotes Licht angeregt, weil dieses tief ins Gewebe eindringen kann. Die Farbstoffe können aber auch durch blaues Licht angeregt werden, wobei rotes Fluoreszenzlicht entsteht. Indem man nun durch Farbfilter, die nur das rote Licht hindurchlassen, das Gewebe beobachtet, erkennt man, an welchen Stellen sich der

Farbstoff angelagert hat, d.h. wo sich beispielsweise Tumorgewebe befindet. Diese Methode wird Photodynamische Diagnose (PDD) genannt und z.B. bei Gehirnoperationen eingesetzt, um das Tumorgewebe möglichst vollständig abzutragen und das gesunde Hirngewebe zu belassen.

Photothermik

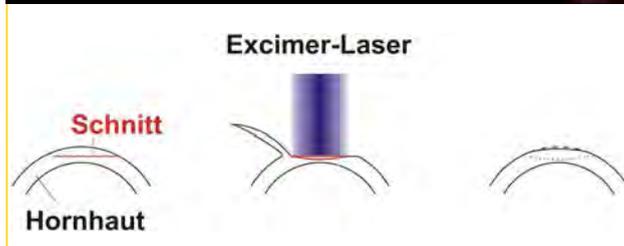
Bei Leistungsdichten von zirka 100 bis zirka 2000 W/cm² und Einwirkzeiten von einer Sekunde bis zu einer Millisekunde wird die eingestrahelte Laserlichtenergie durch Absorption im Gewebe in Wärme umgewandelt. Die Temperatur, die sich letztlich im Gewebe einstellt, ergibt sich aus der eingestrahelten Laserleistung, dem Gewebvolumen, in dem sie absorbiert wird und den Kühlmechanismen des Körpers. Zu Letzterem zählen die Verdampfung von Gewebewasser und die Durchblutung. Je nach erreichter Temperatur kommt es zu

speziellen Gewebeveränderungen, die jeder auch vom Braten eines Fleischstückes in der Pfanne kennt: Ab 60°C koaguliert Eiweiß und das Gewebe verfärbt sich grau, ab 80°C wird Kollagen zerstört und ab 100°C verdampft das Wasser aus den Zellen. Spätestens dann sind die Zellmembranen zerstört und das Gewebe schrumpft. Erwärmt man weiter, dann sind bei zirka 150°C alle leicht flüchtigen Stoffe verdampft, und es bleibt ein schwarzer Kohlenstoffrest. Ab 300°C überführt man das Gewebe direkt in die Dampfphase.

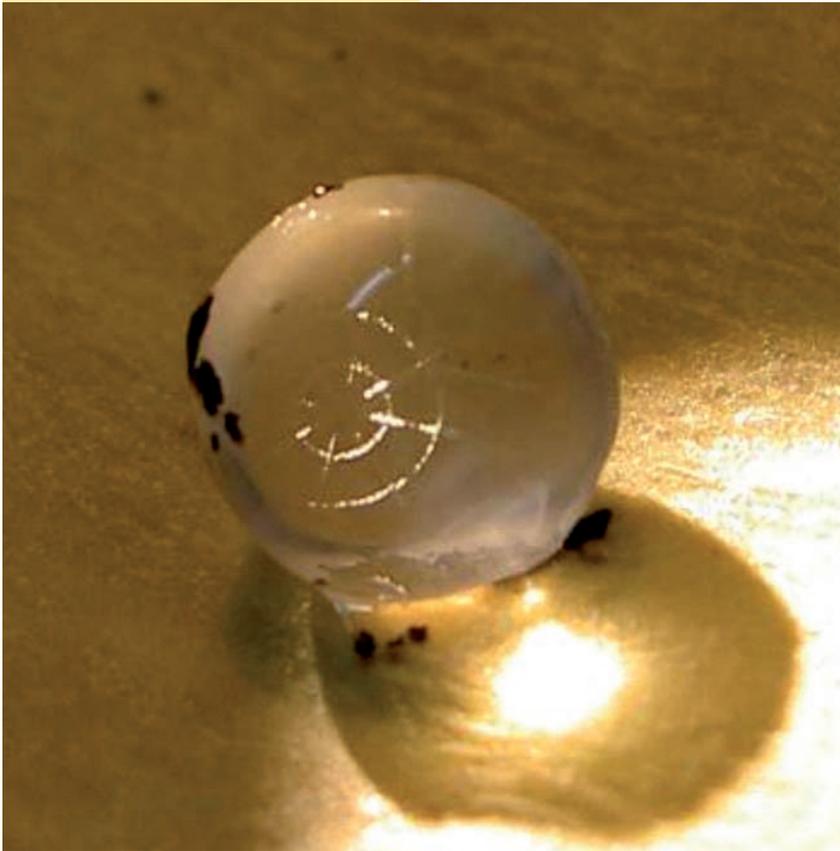
Prinzipiell ist die Umgebung um einen Laserschnitt mit Zonen unterschiedlicher Gewebeschädigung umgeben: Auf der Innenseite des Schnitts kann ein Karbonisationssaum (Verkohlungssaum) entstehen (durch geeignete Bestrahlungsparameter ist er meist vermeidbar), gefolgt von einem Saum nekrotischem, d.h. abgestorbenem Gewebe und einem Ödembereich bis hin zum unveränderten Gewebe. Im Ödembereich ist das Gewebe geschädigt, wird sich aber wieder erholen. Entscheidend ist, dass im Nekrosesaum alle kleinen Blutgefäße koaguliert, d.h. verbacken und verschlossen sind.

Während es aus einem mit einem Skalpell erzeugten Operationsschnitt sofort blutet, kann der Chirurg mit einem Laserstrahl ohne blutende Gefäße arbeiten. Er hat so einen klaren Blick auf die Strukturen des Gewebes. Ohnehin sollte Tumorgewebe nicht mit einem Skalpell im Patienten durchtrennt werden, denn es besteht die Gefahr, dass Konglomerate von Tumorzellen oder einzelne Tumorzellen herausgerissen werden und sich über die Blutbahnen im Körper verteilen. Das Durchtrennen eines Tumors mit einem Laserstrahl hingegen ist möglich, denn dabei tritt keine Körperflüssigkeit aus.

Nach jeder chirurgischen Tumortherapie wird über mikroskopische Untersuchungen in der Pathologie überprüft, ob der Tumor »im Gesunden« entfernt wurde und keine Tumorreste im Körper verblieben sind. Hier konnte gezeigt werden, dass die mit einem Laserstrahl entnommenen Gewebestückchen nur an der Oberfläche »verbrannt« sind, im Inneren aber noch ihre



Bei der LASIK-Methode wird heute durch eine Art Rasierklinge der horizontale Schnitt in die Hornhaut gesetzt. Anschließend wird – bei weggeklapptem »Deckelchen« – mit dem Excimer-Laser Gewebe abgetragen. Die Grafik links zeigt das Prinzip.



Als Altersichtigkeit bezeichnet man den Verlust der Fähigkeit des menschlichen Auges, sich an verschiedene Blickentfernungen anzupassen. Hauptursache dafür ist die Abnahme der Elastizität der Augenlinse mit zunehmendem Alter. Durch feine, präzise Schnitte in der Augenlinse wollen Wissenschaftler am Laser Zentrum Hannover (LZH) die Flexibilität der Augenlinse wiederherstellen. Die Abbildung zeigt eine extrahierte Linse mit acht Gleitebenen, die von einem Femtosekundenlaser eingeschnitten wurden.

DR. HANS-JOCHEN FOTH hat Experimentalphysik an der Universität Kaiserslautern studiert. Heute ist er als Akademischer Direktor für die medizinische Physik sowie Laser in der Medizin zuständig. Foth erhielt 2000 und 2006 den Erfinderpreis des Landes Rheinland-Pfalz. Seit 13 Jahren veranstaltet er Laserschutzkurse für Mediziner.

ursprüngliche Gewebestruktur besitzen, so dass die pathologische Untersuchung, wie bei klassischen Gewebeproben, durchgeführt werden kann. Basierend auf dieser Erkenntnis werden heute Tumore im Stimmbandbereich meist durch CO₂-Laserstrahlen von innen her durch den Rachen abgetragen – nicht wie früher durch ein Öffnen des Halses von außen. Dank der Lasertechnik kann heute in vielen Fällen der Kehlkopf und somit die Sprechfunktion erhalten bleiben, ohne die Langzeitperspektiven des Patienten zu mindern.

Auch in der Augenheilkunde wird die thermische Wirkung von Laserstrahlen eingesetzt. Ein Netzhautödem kann sich leicht zu einem Netzhautloch oder -riss verwandeln. Durch diese Öffnung in der Netzhaut kann Kammerwasser zwischen Pigmentepithel und Aderhaut gelangen und zu einer Netzhautablösung führen. Da Netzhaut und Aderhaut nicht miteinander verwachsen sind, kann dieser Ablöseprozess sich auf die gesamte Netzhaut ausweiten und zur Erblindung des Auges führen. Schon Gerhard Meyer-Schwickerath (siehe Einleitung) hatte erkannt, dass der Ablöseprozess durch eine Narbe gestoppt werden kann. Der von ihm entwickelte Photokoagulator arbeitete mit einer Xenonlampe und erzeugte Brandstellen auf der Netzhaut, die dann ver-

narbten. Mit dem Strahl eines Ar⁺-Lasers und in jüngerer Zeit mit dem eines frequenzverdoppelten Nd:YAG-Lasers (siehe auch S. 26) können wesentlich kontrolliertere und deutlich kleinere Narben erzeugt werden und so der Ablöseprozess nebenwirkungsfreier gestoppt werden.

Eine weitere Anwendung von Photothermik in der Augenheilkunde betrifft die Glaukom-Erkrankung, üblicherweise »Grüner Star« genannt, bei der der Augeninnendruck überhöht ist. Im Ziliarkörper (hinter der Iris gelegen, siehe Abb. auf S. 18) wird das Kammerwasser gebildet, das dann durch die Öffnung der Iris in die Vorderkammer strömt, im Kammerwinkel durch das sogenannte Trabekelwerk abfließt und vom Schlemm'schen Kanal aufgenommen wird. Das Trabekelwerk kann man sich ähnlich wie ein Reusensystem vorstellen, das im höheren Alter leider erschlafft und dann einen größeren Strömungswiderstand darstellt. Wenn die Produktionsrate des Kammerwassers konstant bleibt, der Abfluss aber erschwert ist, dann steigt zwangsläufig der Augeninnendruck, was zu einer irreversiblen Schädigung der Netzhaut und des Sehnervs führen kann. Abhilfe bringt eine Galerie von Koagulationspunkten auf der Innenseite der Hornhaut oberhalb des Trabekelwerkes, die mit einem Ar⁺-Laserstrahl (oder frequenzverdoppeltem Nd:YAG) erzeugt werden, indem der Strahl über Spiegel in den Kammerwinkel gelenkt wird. Durch die Koagulation schrumpft das Gewebe und zieht das Trabekelwerk wieder etwas auseinander. Das Kammerwasser kann wieder besser abfließen.

Photomechanik

Ab Leistungsdichten von 10⁶ W/cm² und Bestrahlungszeiten von Mikro- bis Nanosekunden (10⁻⁶ bis 10⁻⁹ s) wird das Gewebe schlagartig aufgeheizt und direkt herausgeschleudert. Der Vorgang, auch Ablation genannt, läuft so schnell ab, dass nur wenig Wärme in das verbleibende Randgewebe geleitet werden kann. Es gibt somit nur einen sehr dünnen Randbereich, der thermisch geschädigt ist. Der Nachteil: Kleine Blutgefäße werden jetzt nicht mehr verschlossen. Aber es gibt nun den Vorteil, dass sehr filigran gearbeitet werden kann. Man kann Knochengewebe bis dicht an einen sensiblen Nerv abtragen oder Zahnhartgewebe, ohne dass der Zahn sich aufheizt und somit schmerzt.

In der Augenheilkunde wird diese Wechselwirkung zur refraktiven Hornhaut-Chirurgie eingesetzt. Bei einem rechtsichtigen Auge wird paralleles Licht, das auf das Auge trifft, durch die gekrümmte Hornhaut und die Augenlinse auf die Netzhaut fokussiert. Bei einem fehlsichtigen Auge stimmt die Brechkraft des vorderen Augenabschnittes nicht mit der Augenlänge überein und das Bild auf der Netzhaut ist beim Blick in große Ferne unscharf. Ist die Brechkraft zu groß (bzw. das Auge zu lang) so schneiden sich die parallelen Lichtstrahlen bereits vor der Netzhaut: Es liegt Kurzsichtigkeit vor, d.h. die Person kann Gegenstände kurz vor dem Auge gut sehen. Ist die Brechkraft zu gering (bzw. die Augenlänge zu klein), würden sich die parallelen Strahlen erst hinter der Hornhaut schneiden: Es liegt Weitsichtigkeit vor. Eine moderne Methode besteht darin, die Krümmung der Hornhaut so zu verändern, dass die Brechkraft zu der Augenlänge passt. Bei einem kurzsichtigen Auge muss die Brechkraft verringert werden, d.h. der Krümmungsradius der Hornhaut ist zu vergrößern. Dies erreicht man, indem man mit dem Strahl eines Excimer-Lasers in der Mitte der Hornhaut mehr Gewebe abträgt als im Randbereich. In der Praxis kann man eine variable Lochblende verwenden, die den Laserstrahldurchmesser von einem Laserpuls zum nächsten immer weiter verringert. Bei einem weitsichtigen Auge ist die Brechkraft zu erhöhen, der Krümmungsradius also kleiner zu gestalten, was man durch einen ringförmigen Abtrag erreicht, wobei in der Mitte die Hornhaut unverändert bleibt.

Photodisruption

Ab Leistungsdichten von 10^{10} W/cm² und Einwirkzeiten von wenigen Piko-Sekunden (10^{-12} s) wird im Gewebe ein Plasma erzeugt (freie Elektronen und Ionen; deshalb wird diese Wechselwirkung auch oft »Photoelektrik« genannt), das sich zunächst ausdehnt, dann aber kollabiert. Beim Kollaps des Plasmas entsteht eine starke Druckwelle, die zu lokalem, räumlich sehr begrenztem Zerreißen des Gewebes führt. Auch hierfür gibt es ein Anwendungsbeispiel aus der Augenheilkunde: die Nachstar-Operation. Bei der Erkrankung »Grauer Star« ist die Augenlinse so getrübt, dass aufgrund der Lichtstreuung in der Linse kein scharfes Bild mehr auf der Netzhaut entstehen kann. Gängige Technik ist heute, die trübe Linse im Auge durch eine klare, künstliche Linse zu ersetzen (Katarakt-Operation). Bei dieser Operation bemüht man sich, viele Strukturen des Auges, insbesondere die Haut vor dem Glaskörper zu erhalten. Diese Haut besitzt zur Vorderkammer hin eine Zellschicht, die Linsenmaterial bilden kann. Da die natürliche Linse nun fehlt, kann es passieren, dass diese Zellen aktiv werden und neues Linsengewebe aufbauen, was wiederum eine trübe, streuende Schicht erzeugt, wodurch das Behandlungsergebnis für den Patienten nach kurzer Zeit wieder verloren geht.

Mit einem sehr kurz gepulsten Strahl eines Nd:YAG-Lasers, den man mit einer kurzbrennweitigen Linse auf die trübe Hautschicht fokussiert, kann diese Hautschicht aufgerissen werden. Mit wenigen Laserpulsen ist es möglich, die Haut aus dem Bereich der optischen Achse des Auges zu entfernen und dem Patienten so wieder ein scharfes Sehen zu ermöglichen. Dazu wird das Auge nicht geöffnet, es besteht keine Infektionsgefahr und die kurze Behandlung erfolgt ambulant.

WAS WIRD DIE ZUKUNFT BRINGEN? Neben den hier beschriebenen etablierten Verfahren speziell aus der Augenheilkunde werden etliche neue Methoden entweder noch experimentell erprobt oder schon in klinischen Studien getestet. So versucht man beispielsweise, ob man mit Hilfe von lasererzeugten Schnitten in der Augenlinse, deren Elastizität erhalten kann – um der Altersfehlsichtigkeit zu begegnen. Ab dem 50. Lebensjahr verschiebt sich der Nahpunkt des Auges (kürzeste Entfernung zum Auge, bei der man scharf sehen kann) weiter vom Auge weg. Schuld daran ist vor allem die nachlassende Elastizität der Augenlinse (siehe Abb. S. 22). Ein weiteres großes Gebiet ist die Mikrobearbeitung von Zellen: Man kann heute mit Laserstrahlen in Zellen Strukturen verändern oder verschieben, ohne die Zelle zu öffnen oder zu zerstören. Das Gebiet der »Laseranwendung in der Medizin« ist noch voller Dynamik. ■

RADSPIELER

Seit 1841

macht

*Wohnungen
schön!*



Möbel

*aus eigener Werkstatt
und von führenden
zeitgenössischen Herstellern,
Einrichtungen,
Stoffe, Geschirr und Glas,
Teppiche.*



*F. Radspieler & Comp. Nachf.
Hackenstraße 7
80331 München
Telefon 089/23 50 98-0
Fax 089/26 42 17
mail@radspieler-muenchen.de*

Licht als Werkzeug

Der Laser hat die industrielle Fertigung revolutioniert

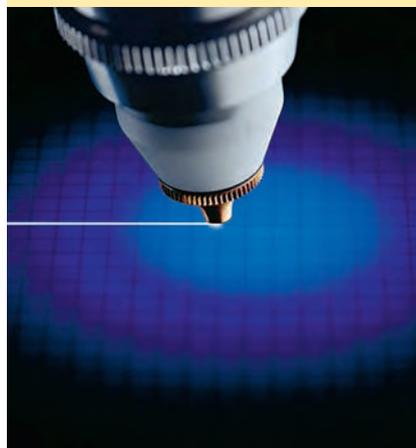


Laserlicht ist ein vielfältiges Werkzeug bei der Fertigung. Es eignet sich zur Bearbeitung beliebiger Materialien und hat einen festen Platz in verschiedenen Technikbereichen gefunden. Von Ralf Spicker

Der Laser begegnet uns heute in Geräten zum Abspielen und Brennen von CDs, DVDs und Blu-rays, an der Scannerkasse im Supermarkt, als »moderner Z eigestock« Laserpointer oder als Laser drucker im Büro. In der industriellen Fertigung hat er aber fast unbemerkt ein schier unbegrenztes Anwendungsfeld gefunden. Hier schweißt er dicke Stahlbleche für schicke Ozonanriese, bohrt mikroskopisch kleine Löcher oder bearbeitet Material an und erweitert. Viele Produkte des Alltags wären ohne Laser nicht wirtschaftlich in großen Mengen zu fertigen; andere ohne die Hilfe des Lasers wiederum überhaupt nicht herstellbar.

Die Bearbeitung mit Hilfe eines Lasers unterscheidet sich fundamental von der herkömmlichen Materialbearbeitung: Ein konventioneller Bohrer trägt mit seinen scharfen Schneiden in kreisenden Bewegungen Material ab. »Bohren« mit einem Laser erfolgt hingegen berührungsfrei. Wird ein Laserstrahl durch seine Optik auf eine Oberfläche fokussiert, überträgt sich augenblicklich die Energie auf das Material und erhitzt es im Fokussierungspunkt. Ist der Laser ausreichend leistungsstark, sorgt die transportierte Energie dafür, dass das Material nicht nur schmilzt, sondern augenblicklich verdampft. Dadurch entsteht im Bohrloch ein hoher Druck, der das zunächst geschmolzene Material als Dampf aus dem Bohrloch treibt. Zwischen Licht und Werkstück erfolgt eine Wechselwirkung.

DER WEG VOM LABORGERÄT ZUM INDUSTRIESYSTEM. Zwar hatte der US-amerikanische Physiker Theodor H. Maiman (1927–2007) bei der Vorstellung seines Lasers in einer Pressekonferenz am 7. Juli 1960 auf die Frage nach den Anwendungsmöglichkeiten des Lasers auch ganz allgemein von einer Nutzung als Strahlwerkzeug gesprochen, doch blieb der Laser zunächst einmal etwas für Physiker, da er noch nicht besonders leistungsstark und die Strahlqualität noch sehr schwankend war. Die Mitarbeiter des Physikalischen Instituts der TU Berlin nutzten Laser beispielsweise schon in den 1960er Jahren dazu, Löcher mit einem Durchmesser von 0,8 µm für Elektronenmikroskope zu bohren. Auf herkömmlichem Weg war dies



Laserlicht durchschneidet härteste Materialien.

sehr aufwendig und nur wenig zuverlässig zu bewerkstelligen. Aber auch die Ergebnisse mit dem Laser waren anfangs nicht gleichmäßig reproduzierbar.

Erst im Laufe des Jahrzehnts gelang es, Laser mit kohärenter Strahlung sowie verlässlicher und kontinuierlicher Leistung zu bauen. Dies führte auch zu den ersten industriellen Anwendungen des Lasers: dem Bohren von Uhr-Lagersteinen, dem Schweißen von Spiralfedern für Uhren und der Produktion von Sieben für die Papierherstellung.

LASERTYPEN IN DER INDUSTRIELLEN ANWENDUNG.

In der Laser euphorie von 1960 bis 1970 wurde eine Vielzahl von Lasern entwickelt, von denen aber lediglich vier Entwicklungen auch heute noch Bedeutung in der Materialbearbeitung haben. Neben dem ersten Festkörperlaser mit einem Rubin-Kristall von Maiman gelang noch 1960 die Schaffung eines ersten funktionsfähigen Gaslasers in den Bell Labs durch das Team des iranischen Physikers Ali Javan (geb. 1926) mit einem Gasgemisch aus Helium und Neon. Der Helium-Neon-Laser lieferte im Gegensatz zum Rubinlaser einen kontinuierlichen Strahl. Neben anderen Gaslasern mit Edelgasen wie Neon konnten Forscher auch auf Basis von Argon-Gas einen Lasereffekt erzeugen. Der Rubinlaser als erste funktionsfähige Laserquelle verlor bald darauf für die Materialbearbeitung an Bedeutung, da er keine großen Leistungen kontinuierlich liefern konnte.

Bei der Untersuchung von edleren Gasen auf ihre Eignung als Lasermedium kam auch das Gas CO₂ ins Blickfeld.

1965 gelang es wiederum erst mal in den Bell Labs dem Physiker C. Kumar N. Patel (geb. 1938), einen CO₂-Laser aktiv werden zu lassen. Dieser Lasertyp ist bis heute einer der wichtigsten für den industriellen Einsatz, da er nicht nur sehr effizient ist, sondern auch eine sehr hohe Leistung (hohe Wattzahl) erreicht. Heutige CO₂-Laser erreichen Leistungen von ein bis 20 Kilowatt. Zum Vergleich: Ein heutiges Mittelklasseauto hat meist einen Motor mit ca. 74 Kilowatt, was etwa 100 PS entspricht. Die 20 Kilowatt eines Gaslasers werden aber auf eine Fläche von wenigen Millimeter Durchmesser fokussiert und

können so auch dauerhaft und hart erscheinende Materialien wie Stahl trennen oder verschweißen. Da dieser Gaslaser eine bis dahin unbekannt hohe Leistungsdichte erreichte, zählt er zu den ersten kommerziellen Lasersystemen für die industrielle Anwendung, die das damals neue Unternehmen Coherent Inc. aus Santa Clara, USA, baute und vertrieb.

Auch bei den Festkörperlasern setzte eine Entwicklung ein, die zu industrietauglichen Systemen führte: Der Nd:YAG-Laser (ein Kurzwort für Neodym-dotierter Yttrium-Aluminium-Granat-Laser) entstand 1964 in den Bell Labs. Joseph E. Geusic wollte den ursprünglichen Rubinlaser verbessern und vor allem billiger machen sowie einen kontinuierlichen Strahl erreichen.

Auch diese Laser kamen 1967 auf den Markt und können inzwischen Leistungen von einigen 100 Watt bis hin zu zehn Kilowatt erzeugen. Anfangs bewährten sie sich vor allem in der Mikrobearbeitung beim Bohren und Schneiden. Inzwischen sind sie jedoch starke Konkurrenten für die CO₂-Laser geworden und werden auch zum Bohren, Schneiden und Schweißen dicker Bleche eingesetzt. In der Medizin und der Forschung werden Nd:YAG eingesetzt, da sie sich im Gegensatz zum Strahl des CO₂-Lasers gut in Glasfasern transportieren lassen.

Nach verschiedenen Anläufen seit 1962 gelang es um 1970 auf der Basis von Halbleiterelementen (siehe S. 9), bekannt wegen ihrer Bedeutung in der Elektronik und Computertechnik, langlebige und effektive Laser zu bauen. Diese Diodenlaser können hohe Leistungen erreichen, haben dann aber den Nachteil, dass ihre Strahlqualität stark nachlässt, weil der Strahl auseinanderfällt und sich nicht einfach zu einem Punkt fokussieren lässt: Aufwendige Optiken sind dazu notwendig. Als Laserdioden hat diese Art der Festkörperlaser in allen Geräten, die optische Speicher wie CDs oder DVDs lesen und beschreiben können, weltweite Verbreitung gefunden.

Die ersten Unternehmen, die Lasersysteme für die Materialbearbeitung anboten, stammten vor allem aus den USA, wie das bereits erwähnte Unternehmen Coherent. Dazu kamen vor allem noch in den 1980er Jahren Control Laser Corporation, United Technolo-



Auch im Schiffsbau werden immer häufiger Laser, beispielsweise für Schweißarbeiten, eingesetzt.

Nd:YAG-Laser

Dieser Festkörperlaser besteht aus einem Kristall aus den chemischen Elementen Yttrium, Aluminium und Sauerstoff. Der Kristall hat die Form eines Schmucksteins und wird daher Granat genannt. In das Kristallgitter wird in kleinen Mengen das Metall Neodym eingebracht (dotiert). Im Neodym-Atom findet der eigentliche Lasereffekt statt.

gy. Die Firma baut im Wesentlichen alle Anlagen, die im Maschinen- und Fahrzeugbau beim Schweißen, Schneiden und Bohren Anwendung fanden.

Die Einsatzfähigkeit der unterschiedlichen Lasertypen für die industrielle Fertigung war zunächst einmal davon abhängig, dass zuverlässige funktionsfähige Systeme zur Verfügung standen. Daneben hatte jeder Lasertyp seine Vor- und Nachteile, die ihn für die unterschiedlichen Anwendungen mehr oder weniger geeignet machten. Dennoch blieben Laser über lange Zeit hinweg etwas Exotisches und fanden nur geringe Verbreitung in Industriebetrieben. Viele Probleme im Einsatz, wie der anfangs geringe Wirkungsgrad, die geringen Standzeiten und hohe Wartungskosten sowie die mangelnde Reproduzierbarkeit der Ergebnisse, schreckten Unternehmen bis in die 1980er Jahre davon ab, in das neue Werkzeug zu investieren. Viele Ingenieure hatten eine konservative Sichtweise und wollten die bewährten Fertigungsverfahren nicht durch das noch unzuverlässige Werkzeug »Laserlicht« ersetzen.

So kann eigentlich erst mit Beginn der 1980er Jahre von einem Durchbruch des Lasers in der Fertigung gesprochen werden. Dabei waren sehr bald deutsche Firmen wichtige Lieferanten für Lasersysteme. Siemens brachte als eines der ersten deutschen Groß-

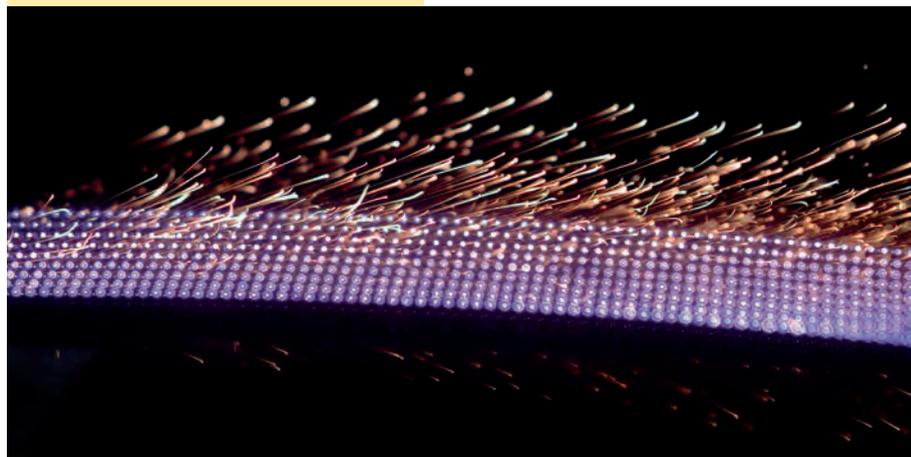
Unternehmen noch Ende der 1960er Jahre einen Laser für die Fertigung auf den Markt, zog sich aber wie andere große Firmen bald wieder aus dem Lasermarkt zurück, da die Nachfrage zu gering war. In Deutschland begannen sich mittelständische Unternehmen in der Forschung und Entwicklung zu engagieren bzw. gründeten sich extra für die Entwicklung und Vermarktung eigener oder fremder Lasersysteme.

DIE ENTSTEHUNG DER DEUTSCHEN LASERINDUSTRIE.

Viele wichtige Entwicklungen zur Lasertechnik waren in den USA entstanden, und daher waren US-Firmen lange führende Lieferanten von Strahlquellen. Diese Führungsrolle ging jedoch im Laufe der 1980er Jahre verloren und deutsche Firmen sind seither bei Entwicklung und Verkauf anwendungsfähiger Strahlwerkzeuge weltweit die wichtigsten Lieferanten. Die ursprünglich führenden US-amerikanischen Unternehmen verloren ihren Status in der zweiten Hälfte der 1980er Jahre durch die »Strategic Defense Initiative«, kurz SDI oder populärer als »Krieg der Sterne« bezeichnet, des damaligen US-Präsidenten Ronald Reagan (1911–2004).

Viele Laserspezialisten forschten ausschließlich an den möglichen militärischen Anwendungen des Lasers zur Abwehr von ballistischen Atomraketen. Den Einsatz im zivilen Markt der Fertigung vernachlässigten sie dabei. So kam es, dass deutsche Firmen, die seit den 1970er Jahren die Anwendungen von Lasern betrieben, ihre Chancen nutzten und von bisherigen Kunden US-amerikanischer Firmen zu Entwicklern und Produzenten eigener Systeme wurden.

Die Geschichte zweier ausgewählter Unternehmen soll dies als Beispiel verdeutlichen. Den Anfang machte das kleine Unternehmen Carl Haas in Schramberg im Schwarzwald. Haas war ein Zulieferunternehmen der Uhrenindustrie und stellte Spiralfedern für Uhrantriebe her. Um diese zu bearbeiten, wollte das Unternehmen ab 1973 die Vorteile des Lasers nutzen. Ingenieure des Unternehmens Carl Zeiss aus Oberkochen wechselten zu Haas und entwickelten dort ein erstes automatisiertes Fertigungssystem mit Festkörperlasern, die die flachen Federn im



Am Fraunhofer-Institut haben Forscher eine Laseranlage entwickelt, die in Windeseile Mikrolöcher in Siliziumzellen bohrt. Mehr als 3000 Bohrungen pro Sekunde schafft die Anlage jetzt schon. Ziel ist es, die Leistung auf 10 000 Löcher pro Sekunde zu steigern. Damit sollen künftig Wafer für Solarzellen in bisher unerreichter Präzision und Feinheit gelöchert werden können.

Feinschweißverfahren herstellten. Das als Laser-Komponenten-System bezeichnete Produkt von Haas eignete sich aber für viele weitere Aufgaben: AEG-Telefunken und Philips setzten es bald schon zum Verschweißen der Kathoden für Fernsehbildröhren ein, die in sehr großen Stückzahlen produziert wurden. Nachdem sich das Geschäft mit Komponenten für Uhren in Deutschland immer schlechter gestaltete, entschied man sich, diesen Produktionszweig einzustellen und ganz auf die Herstellung von Festkörperlasern und Fertigungseinrichtungen mit Lasern umzustellen. Dabei gelang dem Unternehmen Haas-Laser 1985 ein großer Erfolg mit einer völligen Neuerung: Mit Hilfe einer Strahlweiche schaffte es das Unternehmen, mehrere Bearbeitungsstationen mit dem Strahl aus einer Quelle zu versorgen, so dass beim Wechsel von Werkstücken parallel weitergearbeitet werden konnte. Der noch immer teure Laser konnte so wirtschaftlicher genutzt werden und fand immer größeren Anklang in der Industrie.

Die Erfolge der deutschen Unternehmen wären aber ohne die Unterstützung wissenschaftlicher Institute, die sich bei der Entwicklung von Lasern für die Fertigung engagierten, nicht denkbar gewesen. Haas hatte unter anderem Kontakt zum Institut für Strahlwerkzeuge der Universität Stuttgart (IFSW), das 1986 gegründet wurde. Bereits 1985 entstand das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT) in Aachen. Ebenfalls zur Fraunhofer-Gesellschaft, der größten Forschungsorganisation für anwendungsorientierte Forschung in Deutschland und Europa, gehört das 1990 gegründete Institut für Werkstoff- und Strahl-



technik (IWS) in Dresden. Darüber hinaus entstanden einige Lehrstühle an deutschen Universitäten und Hochschulen, die sich speziell mit der Anwendung von Lasern beschäftigten. Die Domäne dieser Forschungseinrichtungen waren und sind vor allem die Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Materialien und Lasern sowie die Forschung an Strahlquellen für den industriellen Einsatz.

Haas-Laser wurde 1992 vom heute weltweit größten Hersteller von Laserwerkzeugen aufgekauft, der Trumpf GmbH & Co. KG in Ditzingen bei Stuttgart ist. Trumpf suchte zur Ergänzung seines Produktspektrums an CO₂-Gaslasern ein Unternehmen, das Festkörperlaser produzierte, und kaufte daher Haas auf. Trumpf, 1923 gegründet, hatte sich über Jahrzehnte zu einem Unternehmen der Maschinenbauindustrie entwickelt, wofür hauptsächlich Maschinen und Werkzeuge zur Blechbearbeitung herstellte und auch heute noch herstellt. Trumpf setzte ab 1979 Laser, die noch aus den USA stammten, in seine Werkzeugmaschinen ein, doch waren diese in den Augen der schwäbischen Ingenieure eher physikalische Versuchsanlagen und nur bedingt industrietauglich. Deshalb stieg das Unternehmen mit Hilfe wissenschaftlicher Forschungseinrichtungen in die Eigenentwicklung ein.

Da zum damaligen Zeitpunkt Gaslaser als vielversprechend für industrielle Anwendungen

Oberflächenbearbeitung mit Laser.

Literatur

Gabriela Buchfink, *Werkzeug Laser, ein Lichtstrahl erobert die industrielle Fertigung*. Würzburg 2006

Ernst Peter Fischer, *Laser. Eine deutsche Erfolgsgeschichte von Einstein bis heute*. München 2010

Helmut Hügel, *Laser in der Fertigung*. Wiesbaden 2009

RALF SPICKER studierte Geschichte der Technik und Naturwissenschaften. Er ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Abteilungsleiter für Metalle, Maschinenbau und das »Kinderreich« am Deutschen Museum.

gen galten, baute Trumpf auf die CO₂-Lasertechnik. 1985 präsentierte das Unternehmen seine erste Maschine mit einem 1-Kilowatt-Laser und 1987 eine Maschine mit »fliegender Optik«. Dabei bewegt sich allein die Optik, aus welcher der Laserstrahl austritt, während das Blechstück, das bearbeitet wird, festliegt. Das hat eine ganze Reihe von Vorteilen: Zum einen wird ein deutlich geringeres Gewicht bewegt, so dass die Bearbeitung genauer und vor allem schneller erfolgen kann, als es zuvor auf Maschinen mit mechanischen Schneidwerkzeugen möglich war. Zudem ist der Laser flexibler und kann jede Kontur schneiden, ohne das Werkzeug zu wechseln. Auf das Blech wirken keine mechanischen Kräfte ein und daher sind keine Nacharbeiten zur Beseitigung von Beulen etc. notwendig.

DER LASER REVOLUTIONIERT DIE FERTIGUNG. Mit immer leistungstärkeren und qualitätsvolleren Werkzeugen seit den 1980er Jahren erlangt der Laser immer größere Anwendungsbereiche in der industriellen Fertigung. Neben dem Trennen bzw. Schneiden von unterschiedlichen Materialien wie Metallen und Kunststoffen können Laser aber auch metallische Oberflächen durch Härten, Beschichten oder Umschmelzen beständiger machen oder mit gewünschten Eigenschaften versehen. Das Beschichten zählt ebenso zu ihrer Domäne wie aufbauende Fertigungsverfahren (Rapid-Manufacturing) und das vergleichsweise einfache, aber hochpräzise »Bohren« von Löchern.

Auch in der Automobilproduktion haben sich Laser etabliert: Sie verlöten oder verschweißen Bleche und andere metallische Werkstücke, sie strukturieren Oberflächen aus Kunststoff wie aus Metallen und können dauerhafte Beschichtungen aufbringen. Und nicht zuletzt werden in der industriellen Messtechnik vielfach Laser eingesetzt, um, beispielsweise in Werkzeugmaschinen integriert, Dreh- und Fräswerkzeuge zu vermesen. Die Maschinensteuerung erhält somit genaue Angaben über die Form und ggf. Abweichungen des Werkzeugs, so dass sie diese Fehler nachkorrigieren kann.

Neben dem Einsatz im Kleinen hat der Laser aber auch Eigenschaften, die ihn zu

einem gefragten Werkzeug bei ganz großen Dingen machen: Sind die Bleche in der Fahrzeug- und Maschinenbauindustrie meist nur wenige Millimeter dick, so arbeitet der Schiffbau mit »Blechenstärken«, die mehrere Zentimeter stark sein können. Seit die Schweißtechnik weit genug entwickelt war, hat sie das Nieten beim Zusammenfügen der Schiffsteile rasch ersetzt. Mit dem Laser steht seit den 1980er Jahren ein Werkzeug zur Verfügung, das das Elektroschweißen – das seinerseits zuvor das Schweißen mit Gas verdrängt hatte – ergänzt und teilweise ersetzt.

Auch beim Zusammenschweißen der großen Schiffsteile ist der Einsatz einer »fliegenden Optik« ein schnelles und kostensenkendes Mittel, um Schiffe zusammenzusetzen. Seit 1994 setzt daher die bekannte Meyer Werft in Papenburg auf das Hybridschweißen mittels Laser und Elektroschweißverfahren, da Laser in der Tiefe des Materials gute Schweißergebnisse liefern, das Elektroschweißen dagegen nur an der Oberfläche problemlos ist. So fiel auch 2001 die Entscheidung, nicht nur ein neues überdachtes Baudock zu errichten, sondern in den zugehörigen Vorfertigungshallen auf Laser-Schneid- und Fügeanlagen umzustellen, um die großen Kreuzfahrtschiffe schneller bauen zu können.

Eine Eigenschaft des Lasers wird in der Mikrobearbeitung zur Erzeugung feiner Strukturen genutzt: Laser lassen sich nicht nur gut fokussieren, sondern auch extrem kurz pulsen, so dass nur ein genau definierter Energieübertrag auf das Werkstück erfolgt. Hier stoßen konventionelle, spanabhebende Fertigungsverfahren an ihre Grenzen.

Ein Pikosekunden-Lasersystem erzeugt beispielsweise 400 000 Laserpulse in der Sekunde. Solche ultrakurzen Pulse lassen bei hoher Leistung das Material regelrecht »kalt« verdampfen, ohne dass es zuvor flüssig wird und dann über die Schmelze in den gasförmigen Zustand übergeht. Vorteil dieses Verfahrens ist, dass das angrenzende Material in keiner Weise geschädigt wird, da es keine Einwirkung durch den gezielten Strahl erfährt. Seit 2007 werden solche Ultrakurzpulslaser in der Fertigung von Lambdasonden für den Pkw-Abgaskatalysator eingesetzt. Diese überwachen den Abgasstrom und steuern die Ver-

Wissenschafts- und Technikforschung



Breaking News: Wissenschaftliche Zeitschriften im Kampf um Aufmerksamkeit

Von Martina Franzen

2011, Band 5, ca. 280 S., brosch., ca. 39,- €, ISBN 978-3-8329-5722-3

Erscheint ca. Januar 2011

Was bedeutet es, wenn wissenschaftliche Zeitschriften verstärkt auf öffentliche Aufmerksamkeit setzen? Am Fall der Stammzellforschung analysiert die Autorin die Gründe und Folgen einer doppelten Orientierung akademischer Zeitschriftenredaktionen an wissenschaftlichen und massenmedialen Relevanzkriterien.

Weitere Bände der Reihe

Inter- und Transdisziplinarität im Wandel?

Neue Perspektiven auf
problemorientierte Forschung
und Politikberatung

Herausgegeben von Alexander
Bogner, Karen Kastenhofer und
Helge Torgersen

2010, Band 4, 270 S., brosch., 34,- €, ISBN 978-3-8329-5187-0

Die Projektformigkeit der Forschung

Von Marc Torka

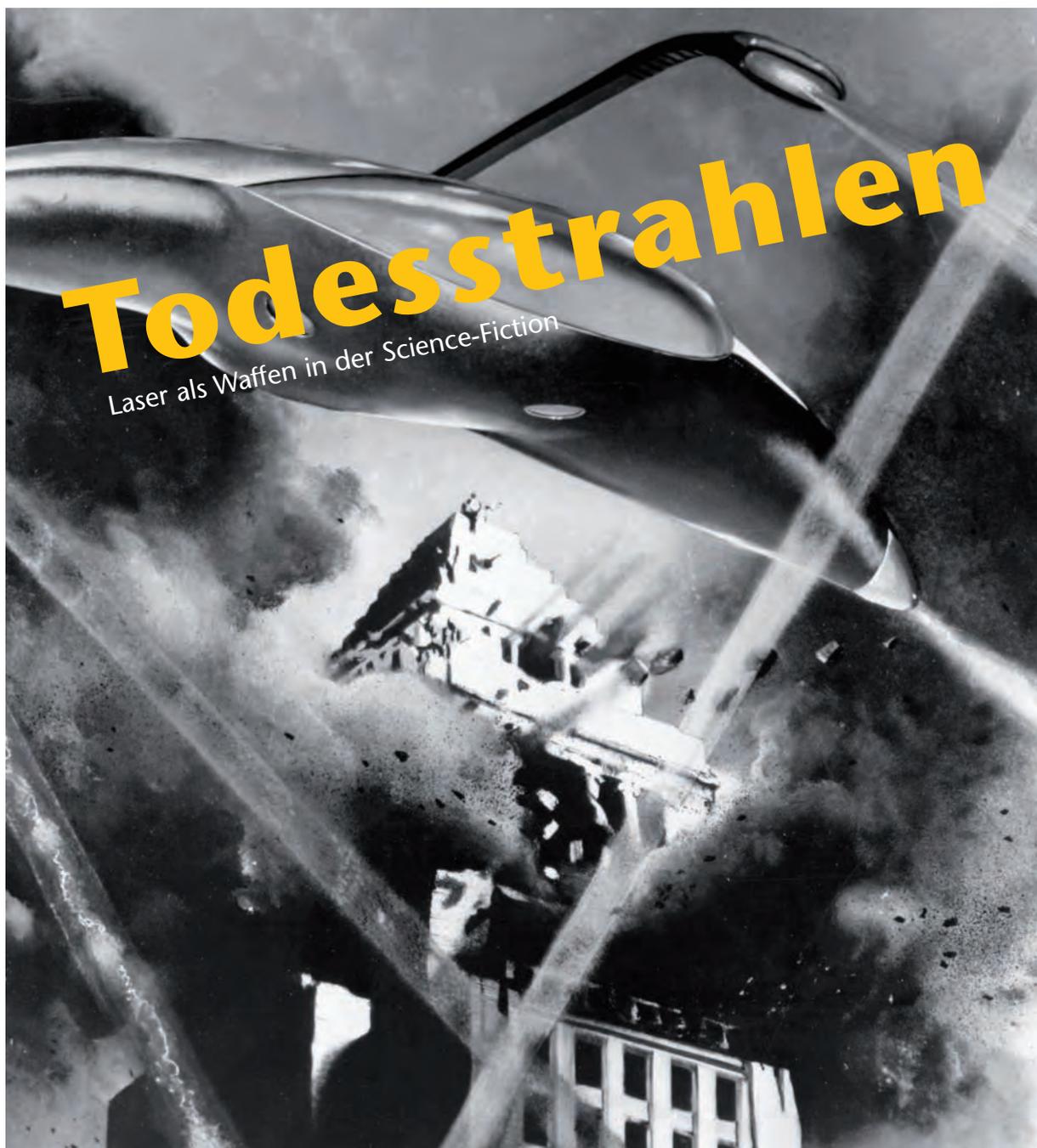
2009, Band 3, 320 S., brosch., 39,- €, ISBN 978-3-8329-4961-7

Bitte bestellen Sie im Buchhandel oder versandkostenfrei unter ► www.nomos-shop.de



brennung im Motor, damit der Katalysator optimal funktioniert. Je präziser sie gefertigt sind, desto genauer ist ihr Messergebnis und desto geringer der Schadstoffausstoß des Fahrzeugs.

Die Aussichten, wo und wie der Laser in der Fertigung von Investitionsgütern wie Maschinen, aber auch Konsumgütern wie elektrischen Zahnbürsten, weitere Anwendungsfelder finden wird, scheinen nach den bisherigen Erfahrungen allein von der Vorstellungskraft der Ingenieure und Techniker begrenzt zu sein. ■



Todesstrahlen

Laser als Waffen in der Science-Fiction

Seit dem Roman *Krieg der Welten* von H. G. Wells sind Strahlenwaffen aller Art ein unverzichtbares Requisit der Science-Fiction. Ein kurzer Rückblick auf die Entstehungsgeschichte von Hitzestrahlen und Lichtschwertern. **Von Bernd Flessner**

Im Jahr 1898 geht eine Vielzahl von Meteoriten auf die Erde nieder. Einer von ihnen landet in der Nähe des Städtchens Woking in der englischen Grafschaft Surrey. Als sich mehrere Bewohner und Wissenschaftler des nahe gelegenen Observatoriums den vermeintlichen Brocken aus dem All nähern, stellen sie fest, dass es sich um hohle Metallzylinder handelt. Ihnen entsteigen bald krakenartige, bärengroße Wesen vom Mars. Einige Menschen versuchen, mit Hilfe weißer Fahnen Kontakt zu den Besuchern aufzunehmen, die jedoch nicht reagieren. Stattdessen zücken sie kleine Kästen, aus denen Lichtstrahlen schießen. Die Wirkung ist katastrophal: »Plötzlich fuhren Flammen aus der zersprengten Menschengruppe hervor. In glänzenden Schwaden sprang es von einem zum anderen. Es war, wie wenn ein unsichtbarer Feuerstrahl in sie gefahren wäre und nun in einer weißen Flamme ausbräche. Es war, als ob jeder Einzelne plötzlich in Feuer verwandelt worden wäre. (...) Ein fast lautloser und blendender Blitz – und ein Mann stürzte der Länge nach hin und blieb regungslos liegen.«

In wilder Panik fliehen die Menschen vor den Strahlen. Wie sie entstehen, weiß niemand, auch der Beobachter nicht, der als Erzähler fungiert. Er tippt jedoch auf »parallele Strahlen« und auf »unsichtbares statt sichtbares Licht«, das »ungeheure Hitze übertragen« kann. »Alles irgendwie Brennbare geht bei der Berührung dieses Strahls in Flammen auf; Blei zerfließt wie Wasser; er erweicht Eisen, bricht und schmilzt Glas; wenn er auf Wasser fällt, wird es unverzüglich zu Dampf.« Dieser Waffe haben die britischen Soldaten nichts entgegenzusetzen. Zwar können sie einige der dreibeinigen Laufmaschinen zerstören, mit denen sich die Marsianer fortbewegen, doch dann schmelzen diese mit den geheimnisvollen Strahlen alle Kanonen und Kriegsschiffe zusammen.

Nicht nur der Roman *Der Krieg der Welten* von Herbert George Wells (1866–1946) schlägt 1897 die Leser in seinen Bann, sondern auch die bis dahin unbekannte Waffe der Marsianer. Neben der Fähigkeit, von einem Planeten zum anderen zu reisen, demonstriert vor allem diese Strahlenwaffe die erdrückende technische Überlegenheit der

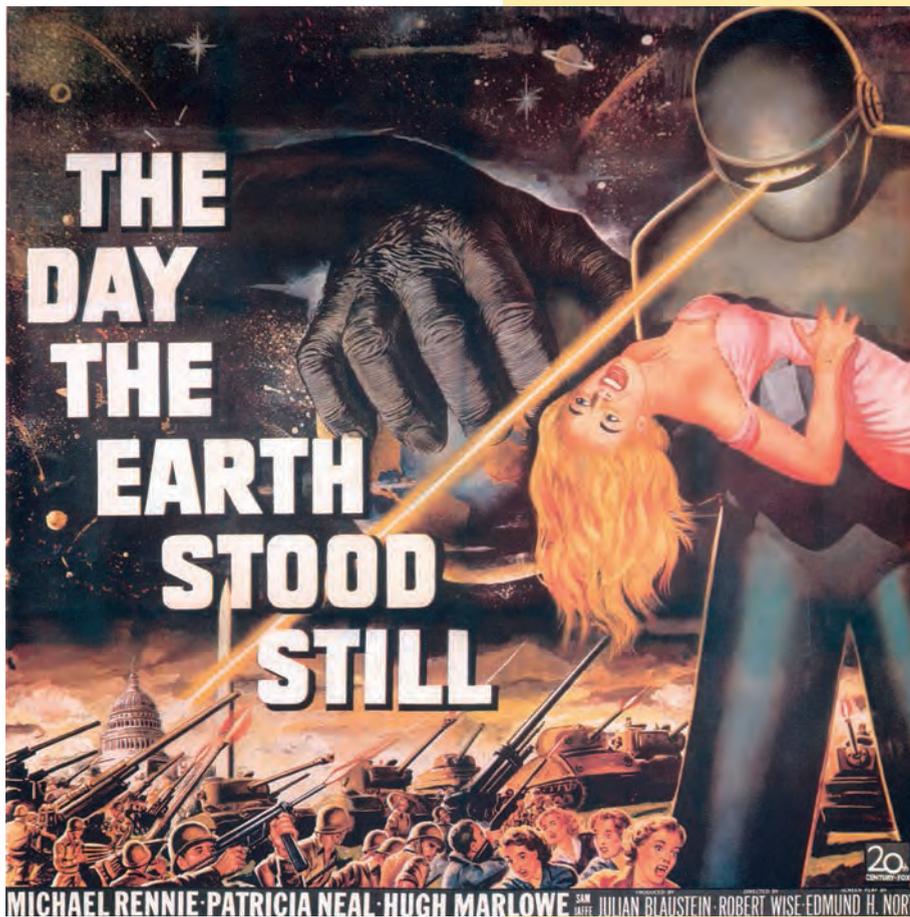


Yoda, ein uralter Meister des Lichtschwerts in der 2. Episode von *Star Wars: Angriff der Klonkrieger* (2002).

Linke Seite: Szene aus dem Film *Kampf der Welten (The War of the Worlds)* von 1953.

Invasoren. Und genau aus diesem Grund hat der Autor diese Waffe gewählt. Denn seit der Entdeckung der Röntgenstrahlen 1895 durch Conrad Röntgen (1845–1923) symbolisieren Strahlen die zukünftigen Möglichkeiten der Naturwissenschaften. Zugleich aber haftet den X-Rays bzw. X-Strahlen, wie Röntgens Entdeckung international heißt, auch etwas Magisches an, bedingt vor allem durch den Umstand, dass kaum jemand versteht, wie diese bislang unbekannt und unsichtbaren Strahlen entstehen und wirken. Das X steht daher auch für das Rätselhafte und Geheimnisvolle der neuen Technologie. Dank der ausführlichen Berichterstattung in den Zeitungen über die X-Rays kann sich der Leser die Strahlenwaffen der Marsianer mühelos vorstellen und als Möglichkeit akzeptieren. Die Marsianer sind den Menschen technisch weit überlegen, und nutzen selbstverständlich auch technische Möglichkeiten, deren Erforschung auf der Erde gerade erst begonnen hat. Die Strahlenwaffen sind also nichts weiter als eine Antizipation unseres eigenen technischen Fortschritts. Das Verschießen von materiellen Geschossen mit Hilfe von Schießpulver erscheint im selben Augenblick als hoffnungslos antiquiert. In der Zukunft, so die Botschaft von Wells' Roman, können Schusswaffen nicht bestehen.

Für viele Literaturwissenschaftler und Autoren, allen voran der Pole Stanislaw Lem (1921–2006), beginnt mit dem *Krieg der Wel-*



ten »die Genealogie der Science-Fiction.« Die Gattung steht ganz am Anfang ihrer Geschichte und muss die eigentlichen Gründerjahre erst noch durchlaufen. Es dauert also einige Zeit, die Nachwuchsautoren benötigen, um sich des neuen Genres anzunehmen. Ihren Namen erhält die Literaturgattung sogar erst 1929 durch den in die USA ausgewanderten Luxemburger Hugo Gernsback (1884–1967). Im selben Zeitraum krempelt die moderne Naturwissenschaft die Welt um und definiert Raum, Zeit, Energie und Materie neu. In nie da gewesener Weise wird der Möglichkeitsraum des Menschen erweitert. Neben Albert Einstein, Max Planck oder Niels Bohr ist Nikola Tesla (1856–1943) einer der führenden Köpfe. Er ist nicht nur der Erfinder des Wechselstromgenerators und des Radiosenders, sondern befasst sich nach 1900 auch mit der Entwicklung von Strahlenwaffen, »teleforce weapon« oder »death ray« genannt. Sein Ziel ist es, »konzentrierte Partikelstrahlen mit einer derart enormen Energie durch die Luft zu schicken, dass sie noch auf eine Entfernung von 400 Kilometern eine Luftflotte

Filmplakat: *Der Tag, an dem die Erde stillstand* von 1951.



Filmszene aus *Alarm im Weltall* mit Leslie Nielsen und Anne Francis (1956).

von 10000 feindlichen Angreifern zum Absturz bringt.« Eine derartige »Superwaffe«, hoffte Tesla, »würde das Ende aller Kriege herbeiführen«, da nun jeder Angriff auf ein anderes Land sinnlos sei. Vergeblich versucht der Erfinder, amerikanische wie europäische Militärs für diese Idee zu begeistern. Seine Vorstellungskraft reicht über die von Offizieren eben weit hinaus. Nicht für sie, aber für ihn liegen Todesstrahlen im Bereich der Machbarkeit.

Andere jedoch teilen seine Vorstellungskraft und verschlingen seine Artikel. Nicht wenige Science-Fiction-Autoren sind von der Möglichkeit, Strahlenwaffen tatsächlich zu realisieren, begeistert und machen sie noch in den 20er Jahren zum festen Bestandteil des jungen Genres. Einer der ersten ist der Amerikaner Nictzin Dyalhis (1873–1942), der in seiner Erzählung *Als der grüne Stern erlosch* aus dem Jahr 1925 seinen Helden gegen ein Alienmonster antreten lässt. Der zieht einfach seine Strahlenpistole und schießt, »und das ekelhafte Ding verschwand – abgesehen von ein paar Resten. Ins Nichts geworfen von dem fortwährenden Feuer des kraftvollen, kleinen Desintegrators.« Zwar folgt Dyalhis durchaus Wells, steigert jedoch die Wirkung seiner Strahlen dahingehend, dass diese nicht nur töten, sondern Dinge und Gegner schlicht auflösen können. Sie verglühen, verdampfen und verschwinden. Eine saubere Lösung, die keine hässlichen Leichen hinterlässt.

Damit ist die unverzichtbare Wunderwaffe unzähliger Weltraumhelden endgültig erfunden und tritt ihren Siegeszug in die endlichen Weiten des Alls und auf der Erde an. Vor allem Helden vom Typus des »all american hero« setzen die neue Waffe gegen alles und jeden ein, etwa Buck Rogers, der im August 1928 das Licht der SF-Welt erblickt und ein Jahr später zum ersten SF-Comic-Helden avanciert. In den Bildergeschichten, die zunächst in Zeitungen erschienen, wird Zeichner Dick Calkins (1895–1962) mit einem bislang unbekanntem Problem konfrontiert. In Romanen und Erzählungen verzichteten nämlich die Autoren weitgehend darauf, den Strahl der Wunderwaffen genau zu beschreiben. Wells belässt es, wie schon zitiert, bei einem »unsichtbaren Feuerstrahl«, da ja auch die Röntgenstrahlen unsichtbar sind. Diese



Unsichtbarkeit steigert sogar noch die Gefährlichkeit und Überlegenheit. – Der Comicstrip aber lebt von der Sichtbarkeit aller Phänomene. Also wird hier der Strahl zum sichtbaren Lichtschuss oder zu einer Art Blitz.

Als Buck Rogers ab 1933 mit Schwimmstar Larry »Buster« Crabbe (1908–1983) in der Titelrolle auch zur Leinwandserie wird, bleiben die Strahlen sichtbar. Nur so entfalten sie ihre dramaturgische Wirkung. Selbst im Vakuum des Alls, wo ein Medium zur Brechung von Lichtstrahlen fehlt, bleiben sie daher sichtbar und werden zudem oft noch hörbar. Wie sonst könnte der Zuschauer einer Weltraumschlacht folgen? Analog dazu sind auch die Explosionen getroffener Raumschiffe hörbar. Und noch eine weitere Eigenschaft der Strahlen wird nun in vielen Filmen eingesetzt: Obwohl ein Lichtstrahl aufgrund seiner unfassbar hohen Geschwindigkeit für das menschliche Auge weder Anfang noch Ende hat, erhält er beides auf der Leinwand. Er wird gewissermaßen für die menschliche Wahrnehmung verlangsamt.

Dabei bleibt es in Hollywood und anderen Traumfabriken. In fast allen SF-Filmen von Rang, in denen Raumschiffe und Roboter zu den Requisiten zählen, sind auch Strahlenwaffen mit an Bord. Bekannte Beispiele sind *Der Tag, an dem die Erde stillstand* (1951), *Fliegende Untertassen greifen an* (1956) oder *Alarm im Weltall* (1956). Als dann 1960 der erste Laser der Öffentlichkeit vorgestellt wird, sieht

Szene aus dem *Star Wars*-Universum: Ahsoka Tano mit ihrem Lichtschwert in *The Clone Wars* von 2008.

Literatur

- Herbert George Wells,
Der Krieg der Welten. Zürich 1972
- Nictzin Dyalhis, *When the Green Star Waned*. *Weird Tales*, April 1925
- Elmar Schenkel, *H. G. Wells – Der Prophet im Labyrinth*. Wien 2001
- Stanislaw Lem, *Essays*
Frankfurt am Main 1981
- Robert Holdstock, *Encyclopedia of Science Fiction*. London 1978
- Ralph Sander, *Das Star Trek Universum*. München 1993
- Michael Krause, *Wie Nikola Tesla das 20. Jahrhundert erfand*. Weinheim 2009

DR. BERND FLESSNER ist als Autor für zahlreiche Publikationen tätig. Zukunftsideen und Science-Fiction sind sein Spezialgebiet.

das Gros der SF-Fans darin die überfällige Realisierung einer Technik, die ihnen längst vertraut ist. Dass die echten Laser zum Teil ganz andere Eigenschaften haben als die Strahlenwaffen der Science-Fiction, wird dabei wohlwollend übersehen. Dazu gehört etwa die Eigenschaft, dass Laserstrahlen – wie anderes Licht auch – von Spiegeln reflektiert wird. Nur bei sehr hoher Energie und einem nicht perfekten Spiegel kann ein Laser auch den Spiegel zerstören. Dennoch trifft man im SF-Film nicht per se auf verspiegelte Raumschiffe, die einen guten Schutz bieten würden, zumal ein Laser nach großen Entfernungen auseinanderdriftet und an Kraft verliert.

Auch in späteren Space Operas wie *Star Trek* und *Star Wars* belassen es Autoren und Regisseure bei den eingeführten und allgemein akzeptierten Eigenschaften. So kann etwa Captain James T. Kirk immer wieder durch riskante Sprünge einem Strahl ausweichen, der offenbar die Lichtgeschwindigkeit deutlich unterschreitet. Neu hinzugekommen ist dagegen das Lichtschwert, die ultimative Waffe der Jedi-Ritter in *Star Wars*. Woher die gewaltige Energie dieser Plasmawaffe kommt, mit der man Stahltüren zerschneiden kann, ohne sich die Finger zu verbrennen, die ja den Griff halten, steht bis heute in den Sternen. Sicher ist nur, dass die SF-Helden ohne Strahlenwaffen kaum eine Chance hätten. ■

Scharfe Strahlen

In jedem Haushalt gibt es heute etliche Geräte, die mit Laserstrahlen arbeiten: DVD-Player zum Beispiel oder Laserdrucker. Laser werden auch bei Operationen, zur Bearbeitung von Materialien oder für genaue Messungen eingesetzt.

Kurz: Der Laser ist aus dem Leben des modernen Menschen kaum noch wegzudenken.

Dabei wurde der erste funktionierende Laser erst vor fünfzig Jahren vorgestellt.

Von Caroline Zörlein



Lichtblicke

Den Rest meines Lebens werde ich darüber nachdenken, was Licht ist.« Das sagte schon der berühmte Physiker Albert Einstein. Aber nicht nur den Nobelpreisträger, sondern auch die Menschen in allen Kulturen fasziniert seit jeher das Phänomen Licht. Es ist für Pflanzen, Tiere und Menschen lebensnot-

wendig – und hat das Leben auf der Erde überhaupt erst möglich gemacht.

Aber **nur einen kleinen Teil des Lichts können wir mit unseren Augen überhaupt wahrnehmen**: das sichtbare Spektrum, also die Farben des Regenbogens, die von Violett und Blau über Grün, Gelb und Orange bis zu Rot verlaufen. Das Röntgenlicht, mit dem im

Krankenhaus beispielsweise unser Skelett sichtbar gemacht wird, bleibt für die Augen allerdings ebenso unsichtbar wie das ultraviolette Licht der Sonne, das die Haut bräunt.

Es gibt nichts Schnelleres als Licht: 300 000 Kilometer pro Sekunde rast es durch den Raum – in 0,1 Sekunden umrundet es die Erde. Licht hat noch eine weitere Besonderheit: **Es verhält sich wie eine Welle**,

vergleichbar einer schwingenden Gitarrensaite oder den Wellen auf dem Wasser. Der Abstand zwischen zwei Wellentälern bestimmt die Wellenlänge

des Lichts. Rotes Licht ist langwelliger als blaues, sogenanntes kurzwelliges, Licht. Die Welleneigenschaft des Lichts macht man sich beispielsweise beim Mikroskop oder auch bei Brillen zunutze. Zum anderen zeigt Licht aber auch Eigenschaften eines Teilchens – man nennt sie Photonen, die man messen kann. Erst mit der Entwicklung des Lasers gelang es, die Photonen besser zu steuern und damit das Licht auch gezielter zu nutzen. Das war in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts.



GEFÄHRLICHE LASERPOINTER

Starkes Licht kann für unsere Augen sehr gefährlich sein: Kriminelle nutzen beispielsweise leistungsstarke Laserpointer, die eigentlich in Deutschland verboten sind, um Piloten und Autofahrer zu blenden. Mit schlimmen Folgen: Aus Hunderten Meter Entfernung können sie damit dem Menschen das Augenlicht nehmen. Aber auch mit schwächeren Lichtzeigern kann die Netzhaut unserer Augen schweren Schaden nehmen. Laserpointer sind deswegen kein Spielzeug und gehören nicht in Kinderhände.

Wenn sich Licht bricht

Lichtstrahlen können verschiedene durchsichtige Stoffe unterschiedlich schnell durchdringen. Wenn sie beispielsweise aus der Luft kommen und dann auf Wasser treffen, so ändern sie beim Eintritt in die Wasseroberfläche ihre Geschwindigkeit: Sie werden langsamer. Das Abbremsen führt dazu, dass sich der Lichtstrahl in eine andere Richtung bewegt – er wird abgelenkt. Dank dieses Phänomens können Menschen, die schlechte Augen haben, mit einer Brille besser sehen. Bei normalsichtigen Personen werden Lichtstrahlen, die ins Auge fallen, durch die Augenlinse gebrochen und dabei gebündelt, so dass sie auf der Netzhaut an der Rückwand des Augapfels auftreffen. Wenn nun die »Brechkraft« der Linse nicht zur Länge des Augapfels passt, liegt dieser »Brennpunkt« vor oder hinter der Netzhaut und man sieht unscharf. Brillengläser vor dem Auge können dies korrigieren: Sie brechen das Licht so, dass es beim Einfallen ins Auge von der Linse richtig auf die Netzhaut gelenkt wird. Ein Optiker kann die Brillengläser so exakt schleifen, dass der Mensch wieder richtig sehen kann.

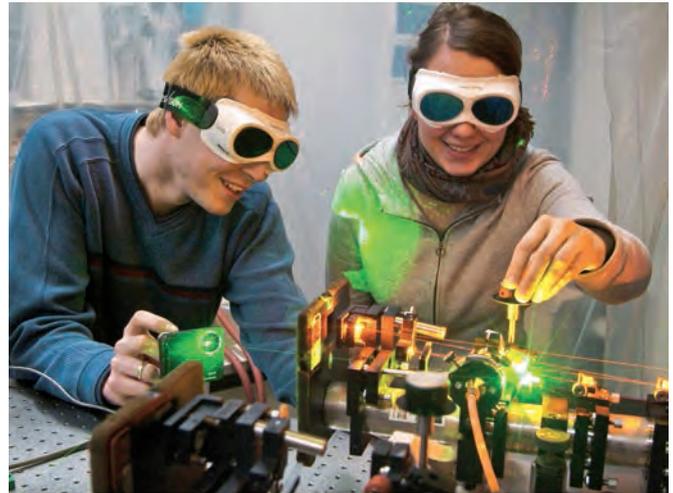


Licht im Gleichtakt

Ein Laser ist eine ganz besondere Form des Lichts: Sein Strahl ist sehr scharf gebündelt und energiereich. Ein Laserstrahl kann so viel Energie enthalten, dass man damit sogar Stahl durchschneiden kann. Mittlerweile gibt es viele verschiedene Lasertypen in fast allen Bereichen von Naturwissenschaft, Technik und Medizin, die sich für ganz unterschiedliche Anwendungen nutzen lassen.

Das Herzstück eines jeden Lasers ist das sogenannte laseraktive Medium. Dieses Material kann zum Beispiel ein Kristall oder auch ein Gas sein. Wenn man es in einer Röhre erhitzt oder mit einer Blitzlichtlampe bestrahlt, beginnt es zu leuchten. Gleichzeitig ist das Lasermedium so beschaffen, dass sich das Licht darin von selbst verstärkt: Je weiter es hindurchwandert, desto heller wird es. An den Enden der Laserröhre sind außerdem Spiegel angebracht: Sie sorgen dafür, dass das Licht

immer wieder zurückgeworfen wird und seine Helligkeit sich auf diese Weise immer mehr aufschaukeln kann. Auf einer Seite der Röhre befindet sich ein Spiegel, der etwas lichtdurchlässig ist und wenige Prozent des Laserlichts herauslassen kann. Diese Strahlen sind dann schon unzählige Male durch die Röhre gelaufen. Nur das Licht, das genau parallel schwingt, kann von den Spiegeln hin- und hergeschickt werden. Deswegen ist Laserlicht sehr geradlinig und gebündelt, es konzentriert viel Lichtenergie auf einer sehr kleinen Fläche. Ein Laser enthält nur Licht einer ganz bestimmten Wellenlänge – Experten bezeichnen das als »monochromatisch« (das ist griechisch und



Mit Laserlicht können Informationen übertragen werden. Physiker von der TU in Berlin zeigen eine Versuchsanordnung zur Übertragung von Musik.

bedeutet »einfarbig«). Zudem schwingen alle ausgesendeten Lichtwellen im gleichen Takt. Der Begriff Laser leitet sich übrigens aus den Anfangsbuchstaben seiner englischen physikalischen Beschreibung ab.

Laser macht Musik

Laserstrahlen machen es möglich, dass wir Musik-CDs hören oder Filme auf DVD ansehen können. Eine CD oder DVD besteht aus einer metallbedampften Plastikscheibe. Darauf hat ein Laserstrahl viele winzige Vertiefungen eingraviert. Experten sprechen von sogenannten Pits, die eine spiralförmige Spur auf der CD bilden. Darin ist die Musik gespeichert.

Der CD-Spieler besitzt ebenfalls einen sehr feinen Laserstrahl: Er kann die Pits auf der sonst glatten Plastikscheibe abtasten und diese Informationen verarbeiten. Trifft der La-

ser auf eine Vertiefung, wird der Strahl zurückgeworfen und die Elektronik der Musikanlage deutet diese Information als Null. Wenn das Laserlicht auf eine Kante trifft, wird der Strahl abgelenkt und als Eins gelesen. Die Abfolge aus Nullen und Einsen kann schließlich in Töne umgewandelt werden.

DVDs haben den Vorteil, dass die Pits sehr viel dichter beieinanderliegen als bei der CD. Zum Abtasten braucht man zwar auch einen feineren Laserstrahl, um die Informationen zu lesen, aber so lassen sich auf einer DVD wesentlich mehr Daten speichern. Eine weitere Besonderheit ist, dass man auf beiden Seiten der DVD je zwei Datenschichten benutzen kann. Bei einer DVD sind sozusagen zwei Schichten Rücken an Rücken miteinander verbunden, die der Laserstrahl nacheinander abliest. So findet auf einer DVD der Inhalt von 25 CDs Platz. CD steht für die englische Abkürzung Compact Disc: Kompaktscheibe. Das Kürzel DVD bedeutet Digital Versatile Disc: vielseitig verwendbare Digitalscheibe.



LEUCHTENDE KABEL

Durch Laserlicht gelingt es zum Beispiel, viele Tausend Telefongespräche gleichzeitig in einer einzigen Leitung zu übertragen – in einem Glasfaserkabel. In seinem durchsichtigen Kern kann sich das Licht extrem schnell fortbewegen und so Signale übertragen. Diese sogenannten Lichtwellenleiter sorgen dafür, dass Wissen und Informationen heute überall fast gleichzeitig und für jedermann verfügbar sind, beispielsweise im Internet. Und das Glasfasernetz wächst weiter um die Erde: in jeder Sekunde um 1000 Meter. In Deutschland transportiert Licht heute schon mehr als 90 Prozent der Datenmengen über das Glasfasernetz. Künftig können über eine einzige Glasfaser einige Terabit pro Sekunde übertragen werden. Dies entspricht vielen Millionen Telefonkanälen oder der Übertragung des Inhalts von 25 DVDs in einer Sekunde.

Von Lichtskalpellen und Leuchtsägen

Laserlicht ist ein Tausendsassa: Es ist so stark, dass man damit harten Stahl durchschneiden kann. Gleichzeitig lässt es sich aber auch so gut dosieren, dass Ärzte mit diesem feinen Lichtskalpell ein sehr exaktes Werkzeug in der Hand haben, um Operationen durchzuführen: Sie können Gewebe sehr genau schneiden, ohne dass Blutungen auftreten. Mittlerweile kann man mit Laserstrahlen sogar Augen behandeln, und Menschen, die zum Beispiel kurzsichtig sind, können dann ohne Brille scharf sehen. In speziellen Augenkliniken können Ärzte mit einem Laserstrahl die Brechkraft des Auges verändern: Dazu muss der Operateur von der Hornhaut des Auges eine hauchdünne Fläche abtragen. Ein Computer berechnet genau, wie viel dieser durchsichtigen Schicht abgetragen werden muss, damit das einfallende Licht wieder richtig gebrochen wird. Die Hornhaut übernimmt nach der Operation sozusagen selbst die Aufgabe von Brille oder Kontaktlinsen – und der Patient kann ganz ohne diese Hilfsmittel wieder scharf sehen.

Aber auch in der Metallindustrie sind Laser heute beliebte Werkzeuge: Wenn irgendwo auf der Welt Bleche geschnitten, gebohrt oder geschweißt werden – ob für den Bau von Waschmaschinen, Autos oder Handys – dann

spielen häufig die vielfältigen Lichtmaschinen eine entscheidende Rolle: Sie können zentimeterdicke Stahlbleche wie Butter durchschneiden – und sind dabei schnell und präzise. Beim Zusammenschweißen von Metallteilen ist es besonders praktisch, dass eine Laserschweißnaht auf Anhieb glatt und unsichtbar ist. Es entsteht kein kleiner Wulst wie beim klassischen Schweißen, der nachträglich abgeschliffen werden müsste. Ein Laser spart nicht nur Zeit und Geld, sondern ist auch supergenau: Er kann bei einer Autotür

beispielsweise 100 Schweißstellen pro Minute erzeugen. Oder er bohrt innerhalb von einer Sekunde 1000 winzige Löcher in sogenannte Leiterplatten, die beispielsweise in Computern und in nahezu allen elektronischen Geräten vorkommen.



DER ERFINDER DES LASERS

Am 15. Mai 1960 blitzte das erste Mal ein Laser in einem Labor auf. Der Physiker Theodore H. Maiman, dem viele diese Entdeckung nicht zugetraut hatten, konstruierte ihn: Sein Laser bestand aus einem Rubinstab, einem roten Mineral – in diesem Fall das Lasermedium. Eine helle Blitzlichtlampe versorgte den Rubinstab mit Energie. An seinen Enden sorgten Spiegel dafür, dass sich das erzeugte Licht im Innern zum brillanten Laserlicht »aufschaukeln« konnte: Im Takt der Blitzlampe waren helle rote Lichtpulse zu sehen. Einen Festkörper wie Rubin hatten viele Forscher als Lasermedium für ungeeignet gehalten. Doch Maiman war von seiner Idee überzeugt: Der amerikanische Ingenieur kaufte die spiralförmige Blitzlampe in einem Fotogeschäft und den zwei Zentimeter langen Rubinstab bei einem speziellen Kristallhersteller. Den Rest ließ er in seiner Werkstatt fertigen. Der Text, der in einer Fachzeitung über seinen Erfolg berichtete, war gerade mal eine Spalte lang – ungewöhnlich kurz für eine so bahnbrechende Entdeckung: Erst viele Jahre später wurde die Leistung von Maiman anerkannt. Den Nobelpreis hat er jedoch nicht erhalten. Der Physiker profitierte jedoch auf andere Art selbst von seiner Erfindung: Im Jahr 2000 unterzog er sich in München einer Laseroperation.



Theodore Maiman gilt als Erfinder des Lasers.

DAZU BRAUCHT MAN ...

- ▶ eine durchsichtige Plastikflasche
- ▶ einen Nagel
- ▶ einen durchsichtigen Plastikschlauch
- ▶ eine Glasschüssel
- ▶ Knete
- ▶ Klebeband
- ▶ schwarzen Stoff

SO GEHT'S ...

Zuerst füllst du die Flasche mit Wasser und drehst ihren Schraubverschluss zu. Dann bohrst du mit dem Nagel ein Loch in den Deckel, steckst den durchsichtigen Schlauch bis ins Wasser hinein und dichtet ihn mit etwas Knete ab. Anschließend wird die Taschenlampe mit Klebeband so am Flaschenboden befestigt, dass sie Richtung Deckel leuchtet. Die Wasserflasche mit der Taschenlampe wickelst du in den schwarzen Stoff ein. Das Ende des durchsichtigen Schlauchs legst du in die Schüssel. Am besten dunkelst du den Raum ab, um den Effekt besser zu sehen. Wenn du das Wasser aus der Plastikflasche drückst, leuchtet der mit Wasser gefüllte Schlauch.

EXPERIMENT

Licht um die Ecke bringen

Ein Glasfaserkabel kann Licht leiten. Informationen lassen sich damit rasend schnell rund um den Globus transportieren. Was in einer Glasfaser geschieht, lässt sich in diesem Versuch mit einem wassergefüllten Schlauch veranschaulichen.



WAS PASSIERT?

Das Licht wird von den Schlauchwänden hin und her geworfen und setzt seinen Weg wie im Zickzack durchs Wasser fort.

1) Der erste Laser bestand aus Spiegeln, einer Blitzlichtlampe und

- a) einem Rubinstab
- b) einem Eisenstab
- c) einem Glasstab

2) Auf einer CD sind winzige Vertiefungen eingraviert.

Wie heißen sie?

- a) Dots b) Pits c) Chips

MITMACHEN UND GEWINNEN!

Sende deine Lösung per E-Mail an:

MikroMakro@folio-muc.de

oder per Post an: »MikroMakro«, c/o folio gmbh,
Gistelstraße 63, 82049 Pullach

Einsendeschluss ist der 15. Januar 2011.

Bitte schreibe uns auch dein Alter (!) und die Adresse.

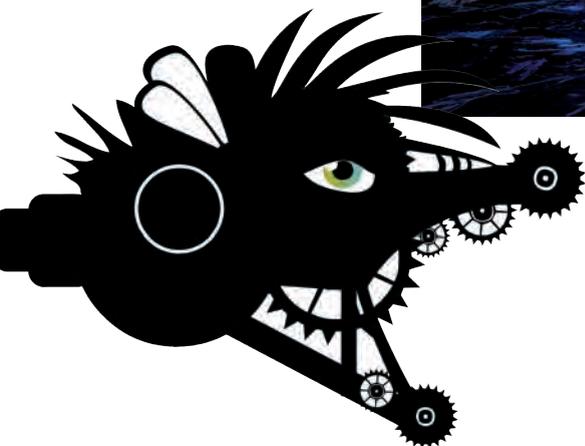
Zu gewinnen gibt es wieder spannende Wissensbücher für Kinder und Jugendliche. Wir drücken dir die Daumen!

Lösung des Rätsels aus Kultur & Technik 4/2010

Frage 1: Wie alt ist der älteste Baum der Welt? **Antwort:** 9550 Jahre. **Frage 2:** Nach wie vielen Wochen erneuert sich die Haut auf den Lippen? **Antwort:** Nach zwei Wochen.

Frage 3: Welche Töne können alte Menschen schlechter hören? **Antwort:** Die hohen Töne. **Gewonnen haben:**

Laura Heitkamp, Franca Mosthaf, Oskar Walter
Herzlichen Glückwunsch!



New Boston

Der Gewinnertext im Wettbewerb der Schreibwerkstatt
Zukunftstechnologien **Von Dimitri Vergos**

Fast 80 Jugendliche zwischen 12 und 19 Jahren haben im Jahr 2010 an den Workshops der Schreibwerkstatt Zukunftstechnologien teilgenommen – entstanden sind viele spannende und fantasievolle Geschichten rund um die Themen Nanotechnologie, Biotechnologie, Robotik, Energie und Klima. Das Ziel des von der Philip Morris Stiftung unterstützten Projekts lag darin, ein neues Format für Jugendliche zu schaffen, innerhalb dessen im Dialog mit jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern Zukunftsthemen fachlich erschlossen und, professionell begleitet durch Schreibtrainerinnen, kreativ in Geschichten umgesetzt werden.

Eiskalter Nordwind fegte durch die verlassenen Straßen, und den Wetterberichten zufolge sollte es noch schlimmer werden. Quentin schnaubte, dass früher alles besser gewesen sei. Na ja, zumindest wärmer war es früher, doch seit dem Versiegen des Golfstroms hatte sich das Leben in Boston dramatisch verändert. Es spielte sich nicht mehr auf den Straßen ab, sondern gute 40 Meter tiefer. Zuerst wurde beschlossen, den kalten Wintern zu trotzen. Doch nachdem die ersten Jahre Tausende Erfrorene und Hunderttausende Depressive hervorgebracht hatten, wurde eine neue Stadt gebaut. Hermetisch von der Luft und der Außenwelt abgeschlossen. Um dennoch an Sauerstoff zu kommen, richtete man spezielle Schleusen ein, in denen die Luft auf die genauestens vorgeschriebenen 22,47°C erwärmt wurde. Am Anfang war es für die Leute ungewohnt, doch mittlerweile kannten die unter Vierzigjährigen das Leben an der Luft nur aus ihren frühesten Kindheitserinnerungen und aus alten Büchern.

Nur sehr selten wagten sich Menschen an die frische Luft. Quentin traf ab und an welche von diesen nostalgischen Spinners, die in hauchdünnen Ganzkörperanzügen durch die halb verfallene Stadt spazierten. Das spezielle Kohlenstoff-Nano-Material, aus dem die Anzüge gemacht waren, schützte die Ausflügler vor Kälte, doch noch viel wichtiger: vor den lebensgefährlichen Krankheitserregern. Das Immunsystem der Stadtbewohner war durch die permanent klinischen Bedingungen unter der Erde mittlerweile fast vollkommen an diesen Zustand gewöhnt und dadurch höchst anfällig für jedwede Viren. Die Wahrheit war, dass Quentin diese Ausflügler nicht mochte, die unwirtliche Oberfläche war sein Reich. Er hatte die verantwortungsvolle Aufgabe, die Schleusen zu warten, die New Boston mit dem lebensnotwendigen Sauerstoff versorgten. Er tauschte die Nanokulturen aus, die die Luft von allen natürlichen Keimen und Bakterien befreiten und, ganz nebenbei, durch ihre Aktivität die Luft auf die perfekte Temperatur brachten. Nur eine der zahllosen genialen Erfindungen von Joel McNamara, dem unbestrittenen Führer und Machthaber der Stadt, der hauptverantwortlich dafür war, dass Boston sich vom Rest der Welt abgeschlossen hatte und vollständig autonom geworden war. Quentin konnte ihn nicht leiden. Quentin konnte niemanden richtig leiden. Das einzige Lebewesen, das er akzeptierte, war der durch eine kleine Nano-Modifikation pinkviolett schimmernde Waran, mit dem er sich die Wohnung teilte. Er war das Haustier seiner Nichte gewesen, die vor zehn Jahren an einer simplen Grippe gestorben war. Die Viren hatte Quentin mit nach Hause gebracht, er hatte es versäumt, seinen linken Stiefel zu desinfizieren. Das hatte er sich nie verziehen.

Es war gegen 16.30 Uhr, und er hatte noch einige Schleusen zu checken. Schlotternd biss er in den CrankBoy2100-Riegel mit Papayageschmack. Er musste würgen, als ihm in den Sinn kam, was genau er aß: synthetisierte Schimmelpilzkulturen mit Geschmacksstoffen. Quentin war ein veraltetes Modell. Er kam sich vor wie ein Benzin schluckendes Auto, Mitte des letzten Jahrhunderts, das unter lauter Wasserstoff-Tankenden hoffnungslos verloren war. Er schluckte den letzten Bissen hinunter und seufzte. In zwei Tagen würde der Ruhestand beginnen. Was er dann mit seiner Zeit anfangen wollte, wusste er noch nicht genau. Doch seit einigen Tagen schwebte ihm die Idee vor, einen Bungalow im teuren Resortbereich von New Boston zu erstehen. Er hatte genug Geld gespart, um sich einen einigermaßen ansehnlichen Bungalow leisten zu können, mit mindestens drei Palmen im Vorgarten. Sein Traum wäre es gewesen, eine eigene kleine Insel im künstlichen Ozean zu besitzen und dort in völliger Ruhe und Abgeschlossenheit mit seinem Waran zu leben. Doch die Privatinseln waren McNamara, seinen sieben Ministern und einigen weiteren Superreichen vorbehalten.

Über diese Minister gab es seltsame Gerüchte. Der Enthüllungsjournalist Paul Greenheim hatte angegeben, herausgefunden zu haben, dass McNamara die Minister mit einer seiner neuen, noch unbekannteren Erfindungen, vollständig kontrollierte. Es sei eine Art Nano-Maske, die McNamara ihnen implantiert habe und mit deren Hilfe er sie, sollte es nötig sein, zu allen möglichen Handlungen zwingen könne. Dies würde zumindest erklären, warum die Minister immer hundertprozentig hinter McNamaras Entscheidungen standen. Leider war Greenheim vor der Fertigstellung seines zweiten Sonderbandes,



Ausgezeichnet wurden außerdem:

- ▶ **Platz 2:**
Katharina Griepenburg
Vater und Tochter
- ▶ **Platz 3:**
Sophie Lutz
Freya
- ▶ **Sonderpreis Originalität:**
Rebecca Rank
Gedanken einer Zelle
- ▶ **Sonderpreis Textgestaltung:**
Viola Kaspar
Sonst nichts
- ▶ **Sonderpreis Satire:**
Justine Kerriou
Lautlose Schreie

Weitere Informationen zum Projekt und zu Workshops im nächsten Jahr finden sich unter www.deutsches-museum.de

in dem er seine Behauptungen mit stichhaltigen Beweisen bestätigen wollte, an einer Influenza gestorben, genau wie 7842 andere Bewohner des Wohnblocks C473. Die Schuld an diesem tragischen Geschehen wurde auf den Schleusenwärter des Bezirks geschoben, es wurde behauptet, er hätte es versäumt, die Nanokulturen einer Schleuse auszutauschen, und deshalb wären die todbringenden Krankheitserreger in C473 eingedrungen. Nach wenigen Minuten und den ersten Dutzend Toten wurde der komplette Wohnblock abgeriegelt und die übrigen Einwohner ihrem traurigen Schicksal überlassen. Der Schleusenwärter, der nicht müde geworden war, seine Unschuld zu beteuern, wurde 37 Tage später vom Richter-Minister zur Höchststrafe verurteilt. Er und seine gesamte Familie wurden dematerialisiert. Der Vorfall lag nun fast zweieinhalb Jahre zurück, und McNamaras Stellung hatte sich seitdem nur noch verbessert.

Mittlerweile war es bereits stockdunkel geworden und Quentin hatte gerade die letzte Schleuse gecheckt, als sein Kommunikator ein schrill tönendes Alarmsignal von sich gab. Er ließ sich die Informationen auf die Innenseite seines Helmvisiers schicken. Sein eigenmächtig installiertes Sicherheitssystem meldete, dass sich etwas an Schleuse B23 zu schaffen machte. Das war an sich nichts Ungewöhnliches, es passierte öfter, dass Waschbären oder neugierige Krähen einen Alarm auslösten. Quentin schaltete auf die Kameraperspektive um und zuckte zusammen. Ihm wurde schlagartig heiß, als er eindeutig eine Menschengestalt erblickte. Er schwang sich auf sein Hoverbike und ließ sich die Ankunftszeit berechnen. Mit Höchstgeschwindigkeit konnte er es in unter drei Minuten dorthin schaffen. Er raste am verfallenen State House vorbei, dessen goldene Kuppel schwach im Mondlicht glimmte, das durch die Wolkenfetzen schien. Quentin rann der Angstschweiß den Rücken hinunter. »Scheiße! Verfluchte Scheiße! Zwei Tage vor der verdammten Pensionierung!« Sein Kommunikator meldete sich zu Wort: »Noch 200 Meter bis zu Ihrem Ankunftsart.« Quentin ließ sein Hoverbike stehen und rannte, seine Distroyaah P 56! gezückt, auf den Schleuseneingang zu. Die Tür zum Wartungsraum stand offen. Ihm stockte der Atem. Nur die Schleusenwärter und die sieben Minister hatten Zugang zu den Schleusen. Und es war unmöglich, den Iris-Scanner an der Pforte zu überlisten. Quentin verschanzte sich hinter einer mehrere Jahrzehnte alten Litfaßsäule, hinter deren milchiger Glaswand ein halb vergammeltes Filmplakat von Star Wars 17 zu erahnen war, und brüllte: »Raus aus dem Wartungsraum, Saftsack!« Eine Gestalt huschte aus der Tür und rannte die Straße hinunter. Quentin legte an, schoss, und die schwarz gekleidete Gestalt stürzte mit einem schrecklichen Kreischen zu Boden. Als er die Person erreichte und ihr den Helm abzog, erkannte er sie sofort: Lola Lian. Die Bürger-Ministerin schaute ihn ausdruckslos an. Sie lebte noch. »Verdammte Scheiße! Was wollten Sie hier? Sie hätten mir Bescheid geben müssen! Warum haben Sie sich nicht zu erkennen gegeben?! Was zum Teufel ...« Quentins Fragen sollten unbeantwortet bleiben. Lola Lian hatte sich soeben dematerialisiert. Der Wind wirbelte den Staub, der von ihr übrig geblieben war, durch die verlassene Straße. Quentin hatte keine Zeit, um sich über ihren Freitod Gedanken zu machen, und stürzte zurück zum Wartungsraum. Seine schlimmsten Befürchtungen bestätigten sich: Die Kontrollleuchten zeigten ihm an, dass die Nanokulturen entnommen worden waren. Und noch viel schlimmer: In der Klinke, in der die Kulturen normalerweise eingeführt wurden, steckte ein seltsames Behältnis. Quentin ließ seinen Bioscanner über das Behältnis laufen. Influenza A! Die Viren waren bestimmt schon freigesetzt und über die befeuchtete Luft im gesamten Wohnblock C763 verbreitet. Das bedeutete 4000 Tote. Mindestens. Und Quentin würde verantwortlich gemacht werden. Wer würde ihm schon glauben, dass Lola Lian absichtlich 4000 Einwohner töten wollte? Er selbst wusste ja nicht einmal, warum sie es getan hatte.

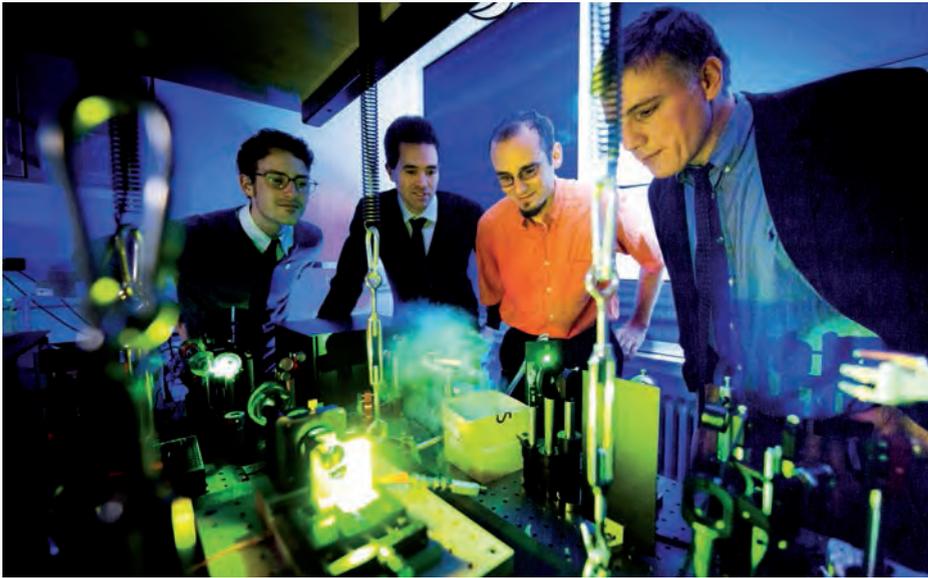
C763 ... Wohnblock C763 ... irgendwie ging ihm das ständig durch den Kopf, während er die Überwachungskameras checkte, doch die letzten 20 Minuten zeigten nur den verlassenen Raum. Vermutlich hatte Lian Zeit gehabt, sich in das Kamerasystem einzuhacken und die Aufnahmen, auf denen sie zu sehen war, durch eine Endlosschleife zu ersetzen. C763 ... Plötzlich fiel es ihm siedend heiß ein. Am vergangenen Abend hatte er vor dem Einschlafen in einer Sondernachricht Philip Greenheim, Pauls Neffen, gesehen, der in einem Interview behauptete, er hätte ein Manuskript für den zweiten Band seines Onkels in dessen bisher wegen Erbstreitigkeiten nicht geöffnetem Nachlass gefunden, das einige Anschuldigungen gegen McNamara aus dem ersten Band eindeutig beweisen würde. Das Interview war in Greenheims Wohnzimmer durchgeführt worden. Im Hintergrund war in einigen Sequenzen ein kleines Schild zu sehen gewesen: »C763. Sweet C763.«

Quentin konnte nicht nach Hause zurückkehren. Man würde ihn beschuldigen und verantwortlich machen. Genau wie seinen Kollegen vor zweieinhalb Jahren. Er konnte nicht einmal die Leiche von Lian vorweisen, da sie sich ja, vermutlich von McNamara gesteuert, dematerialisiert hatte. Er musste fliehen. Sein Hoverbike hatte noch eine Reichweite von knapp 200 Meilen. Er schwang sich auf sein Bike, traurig darüber, dass er den Waran zurücklassen musste. Vielleicht würde er es bis nach New York schaffen, falls diese Stadt, die er nur aus dem Geografieunterricht der Grundschule kannte, überhaupt noch existierte.

DIMITRI VERGOS ist 18 Jahre alt und lebt in Dachau. Der Autor liest gerne. Bücher wie *Der Graf von Monte Christo* oder *Der Schwarm* gehören zu seinen Favoriten. Und er mag Filme wie beispielsweise *Donnie Darko* oder *Matrix*. Seine Lieblingsfächer in der Schule sind Deutsch und Geschichte.

Kaleidoskop

Wissenschaft, Forschung, Technik



Die Schöpfer des »Super-Photons« (von links): Julian Schmitt, Jan Klärs, Dr. Frank Vewinger und Professor Dr. Martin Weitz.

DAS SUPER-PHOTON

Physiker der Universität Bonn haben eine völlig neue Lichtquelle hergestellt, ein sogenanntes Bose-Einstein-Kondensat aus Photonen. Bis vor kurzem hatten Experten das noch für unmöglich gehalten. Die Methode eignet sich möglicherweise zur Konstruktion neuartiger laserähnlicher Lichtquellen, die im Röntgenbereich leuchten. Eventuell ließen sich damit unter anderem leistungs-

fähigere Computerchips bauen. Wenn man Rubidiumatome sehr stark abkühlt und genügend davon auf kleinem Raum konzentriert, werden sie plötzlich ununterscheidbar: Sie verhalten sich wie ein einziges riesiges »Superteilchen«. Physiker sprechen von einem Bose-Einstein-Kondensat. Eigentlich müsste das auch für »Lichtpartikel« (Photonen) gelten. Die Idee scheiterte aber bisher an einem fundamentalen Problem: Wenn

man Photonen »abkühlt«, verschwinden sie. Licht zu kühlen und gleichzeitig zu konzentrieren, schien bis vor einigen Monaten unmöglich. Den Bonner Physikern Jan Klärs, Julian Schmitt, Dr. Frank Vewinger und Professor Dr. Martin Weitz ist das nun dennoch gelungen – eine kleine Sensation.

Die Bonner Forscher nutzten dazu zwei hochreflektive Spiegel, zwischen denen sie einen Lichtstrahl ständig hin- und herwarfen. Zwischen den Reflexionsflächen befanden sich gelöste Farbstoff-Moleküle mit denen die Photonen regelmäßig kollidierten. Bei diesen Kollisionen verschluckten die Moleküle die Photonen und spuckten sie danach wieder aus. »Dabei nahmen die Photonen die Temperatur der Farbstoff-Flüssigkeit an«, erklärt Professor Weitz. »Sie kühlten sich also auf Raumtemperatur ab, und zwar ohne gleichzeitig verloren zu gehen.«

OPTIMIERTE HERSTELLUNG VON SOLARABSORBERN

Enorme Energieeinsparpotenziale und höhere Festigkeiten verspricht ein neues Laserschweißverfahren zur Herstellung von Solarabsorbern. Zentraler Baustein ist ein Diodenlaser, der anstelle der herkömmlich eingesetzten Festkörperlaser die Kupferrohre mit dem Aluminium-Absorberblech verbinden soll. Erste erfolgreiche Ergebnisse des Forschungsprojekts stellte das Laser Zentrum Hannover e. V. (LZH) Ende Oktober 2010 auf der Messe »EuroBLECH« vor.

Bei der Produktion von Solarabsorbern wird eine Menge Energie eingesetzt. In den meisten Betrieben verschweißen heute zwei gepulste Festkörperlaser mit einer jeweiligen Spitzenleistung von bis zu 6 kW Kupferrohre und Absorberbleche zu festen Elementen. Die blitzlampengepumpten Laser erreichen dabei äußerst geringe Wirkungsgrade, was den Laserprozess sehr energieintensiv macht.

Die Gruppe »Fügen und Trennen von Metallen« der Abteilung Werkstoff- und Prozesstechnik am LZH setzt für diesen Schweißprozess dagegen auf nur einen VierkW-Diodenlaser, der einen deutlich höheren Wirkungsgrad aufweist. Außerdem wird der benötigte Energieeinsatz durch die besseren Absorptionseigenschaften von Aluminium und Kupfer bei den für Diodenlaser typischen Wellenlängen von 800 bis 980 nm zusätzlich verringert. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit, die Schweißpunkte zu verbreitern und somit die Stabilität der Verbindung zu erhöhen. Wichtig dabei ist, einen zu hohen Wärmeeintrag zu verhindern, da dieser die spezielle Absorberschicht beschädigen kann.

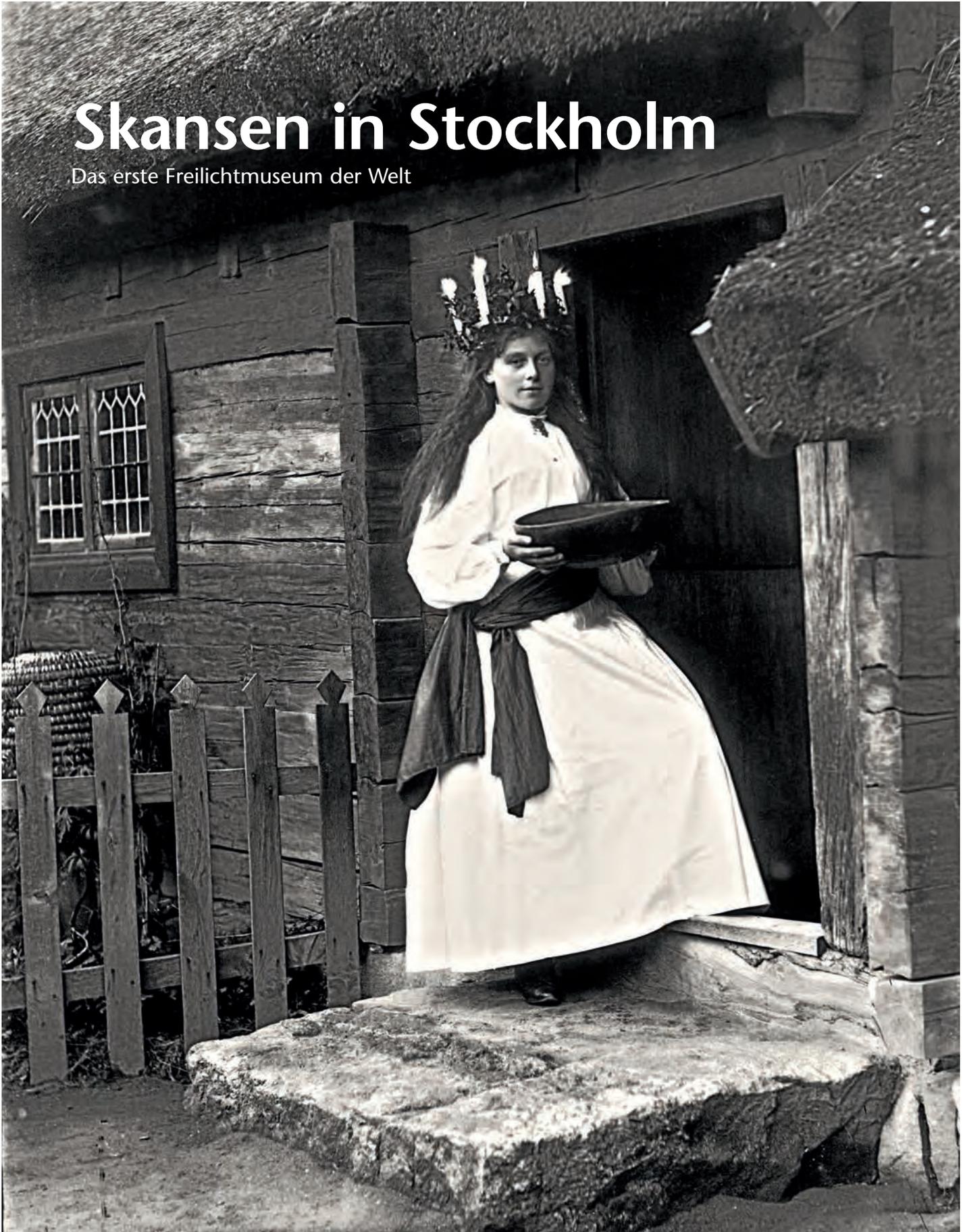
Eine Diodenlaser-geschweißte Cu-Al-Verbindung beeindruckte die Besucher der Messe »EuroBLECH 2010« (rot markierte Vergrößerung).



Abbildungen: Volker Lannert/Universität Bonn; Laser Zentrum Hannover

Skansen in Stockholm

Das erste Freilichtmuseum der Welt





Zum Pflichtprogramm einer Reise nach Stockholm gehört ein Besuch des »grünen« Stadtbezirks Djurgården mit einer Reihe von Museen: Nordisches Museum, Vasa-Museum, Kunstmuseum Waldemarsudde und das großzügig angelegte Skansen, bei seiner Gründung das weltweit erste Freilichtmuseum.

Von Wilhelm Füßl

Es ist schade, daß ich nicht schon vor Jahren dieses Museum gesehen habe, denn ich hätte an dem Bau und der ganzen Einrichtung mir ein Beispiel nehmen können. Ich bin froh, daß ich wenigstens jetzt noch einiges in diesem Museum studieren kann, denn ich halte es für wesentlich besser als alle ähnlichen Museen in Frankreich, England u.s.w. Meine Ingenieure müssen fleißig skizzieren und bleiben wahrscheinlich länger wie ich ...«. Verfasser dieser enthusiastischen Zeilen war der Gründer des Deutschen Museums, Oskar von Miller (1855–1934), der vom 16. Juni bis 13. Juli 1914, also kurz vor Ausbruch des Ersten Weltkriegs, eine Studienreise nach Skandinavien durchführte. Auf dem Programm standen u.a. das Nationalmuseum und das Freilichtmuseum Lyngby in Kopenhagen, das Nordische Museum in Stockholm, die Jahrhundertausstellung in Oslo (damals »Kristiania«), die Baltische Ausstellung in Malmö, das Historische Museum Oslo und das benachbarte Freilichtmuseum in Bygdø.

Die Einrichtung, die Oskar von Miller in Stockholm neben dem Nordischen Museum am meisten begeisterte, war das Freilichtmuseum Skansen. Die Idee dazu stammte von dem schwedischen Sprachwissenschaftler Artur Hazelius (1833–1901). Er hatte im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts auf zahlreichen Reisen durch sein Heimatland den enormen Wandel der schwedischen Gesellschaft vom vorherrschend agrarisch strukturierten Land zur Industriegesellschaft kennengelernt.

Schnellere Verkehrsverbindungen, ein starker Bevölkerungsanstieg, Missernten, Landformen, die zunehmende Mechanisierung der Landwirtschaft und eine industrielle Warenfertigung führten zur steigenden Verarmung der Landbevölkerung, zur Entstehung von

Bild links: 13. Dezember 1899: Auf Oktorpsgården, einem westschwedischen Gutshof aus dem 19. Jahrhundert, wird das Luciafest gefeiert.

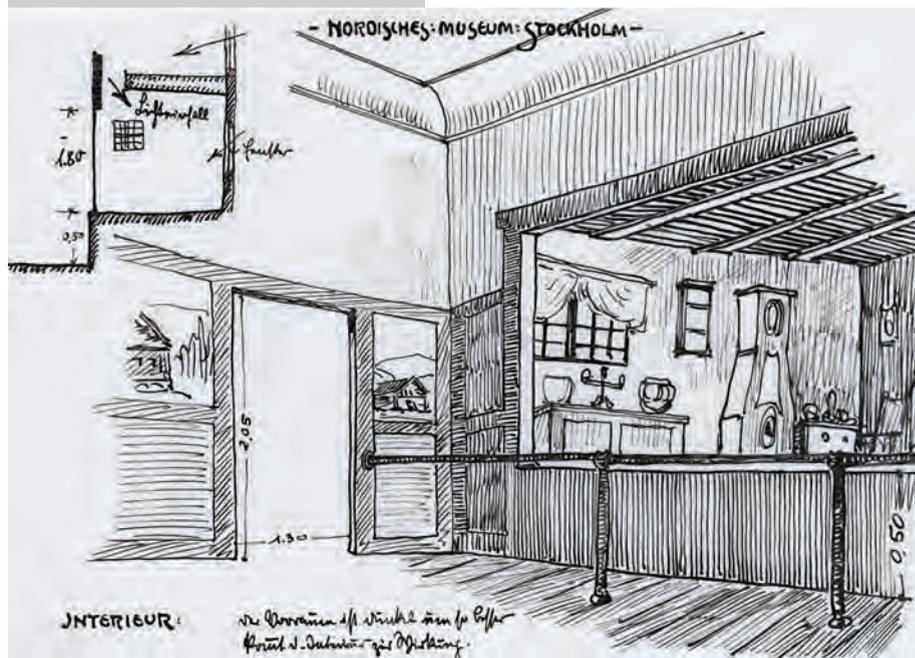
Die Skizze zeigt die Einrichtung eines schwedischen Bauernhauses im Nordischen Museum auf Skansen, Stockholm. Sie wurde von einem Mitarbeiter des Deutschen Museums anlässlich der Skandinavienreise Oskar von Millers 1914 angefertigt.

Ballungszentren in den Küsten- und Industriestädten, zu Auswanderungswellen, aber auch zu einem Wandel der Lebensverhältnisse und der Volkskultur, der besonders die ländlichen Regionen betraf.

Um möglichst vielfältige Zeugnisse der traditionellen schwedischen Volkskultur zu erhalten, begann Hazelius mit der Sammlung von Gegenständen aus allen Landesteilen. Erstes Ergebnis dieser Sammlungstätigkeit war das 1873 eröffnete Skandinavisch-Ethnographische Museum in Stockholm.

Dank der Hilfe von König Oskar II. von Schweden und Norwegen konnte Hazelius einen großen Neubau des inzwischen als »Nordiska Museet« firmierenden Museums auf der Insel Djurgården in Stockholm durchsetzen. Fast 20 Jahre dauerten die Arbeiten vom Baubeginn bis zur Eröffnung des Gebäudes im Jahr 1907.

Parallel zur Museumsgründung betrieb der rührige Artur Hazelius die Einrichtung eines





Freilichtmuseums, das nicht nur authentische Gegenstände, sondern vollständige Ensembles zeigen sollte. Am 11. Oktober 1891 konnte er das nur wenige Schritte vom Nordischen Museum entfernte »Skansen« einweihen, das weltweit erste Freilichtmuseum.

In kurzer Zeit konnte sich Skansen als das weltweit führende Freilichtmuseum etablieren. Der Ingenieur Friedrich Hassler (1892–1972), ein enger Mitarbeiter von Conrad Matschoß beim Verein Deutscher Ingenieure, der 1930 mit einem Reisestipendium des Deutschen Museums Skansen besuchte und darüber einen umfangreichen Bericht verfasste, betonte den großen Erfolg von Skansen in der Öffentlichkeit, den er auf eine gezielte Werbestrategie zurückführte. »Wer Skansen nicht sah, kennt Stockholm nicht«, dieses Plakat habe er in allen schwedischen Eisenbahnwaggons gesehen. Auch habe man das Gefühl, so schreibt Hassler weiter, »dass das Skansenmuseum von dem Interesse weiter Kreise der schwedischen Bevölkerung getragen und unterstützt wird«.

ABBILD DES TÄGLICHEN LEBENS. Die Idee für Skansen dürfte einige Jahre vor seiner Gründung entstanden sein, als Hazelius 1885 das sogenannte Mora-Haus erwarb. Nach und nach konnte er weitere kulturgeschichtliche Bauten für sein geplantes Freilichtmuseum retten. Die Grundidee von Skansen war, die verschiedenen schwedischen Regionen anhand authentischer Gebäude, also von Gutshöfen, Häusern, Zelten, Kirchen, abzubilden. Die Bauwerke sollten originale Möbel und

Ganz Schweden auf einer Insel:
Aus allen Teilen des Landes sind typische Gebäude und ihre Einrichtungsgegenstände zusammengetragen worden.

Gebrauchsgegenstände zeigen und von Menschen in regional- und zeittypischer Kleidung bevölkert werden. Zudem wollte Hazelius die einzelnen Gebäude nicht isoliert aufstellen, sondern in ihrer natürlichen Umgebung präsentieren. Dazu wurden Gehege mit Tieren und Anpflanzungen mit typischen Sträuchern, Bäumen und Pflanzen der unterschiedlichen Landesteile angelegt. Hinzu kamen – soweit dies möglich war – kleine Felder und Wiesen.

Ein zentraler Gesichtspunkt in der nationalromantischen Konzeption von Hazelius war, das Publikum mit einer Serie von Veranstaltungen nach Skansen zu locken. Hier wurden historische Gedenktage und die Feste des Jahreslaufes begangen. In Skansen wurde erstmals auch am 6. Juni der Gustav-Tag gefeiert, der seit 1983 offizieller schwedischer Nationalfeiertag ist. Dieser Tag wird noch heute in Skansen feierlich zelebriert. Mitglieder der königlichen Familie beteiligen sich dann regelmäßig an den Umzügen auf Djurgården.

Wer heute durch Skansen spazieren geht, unternimmt eine Miniaturwanderung durch ganz Schweden. Skansen ist seit Beginn des 20. Jahrhunderts so angelegt, dass im südlichen Teil die südschwedischen Häuser und Gehöfte, beginnend mit einem Hof aus Schonen, zu sehen sind, während im nördlichen Bereich nordschwedisches Leben, wie die Lager der Sami, angesiedelt ist. Während sich Hazelius ursprünglich auf ländliche Bauweisen und Lebensformen beschränkte, ergänzten seine Nachfolger seit 1926 Skansen um städtische Gebäude aus Stockholm und ande-



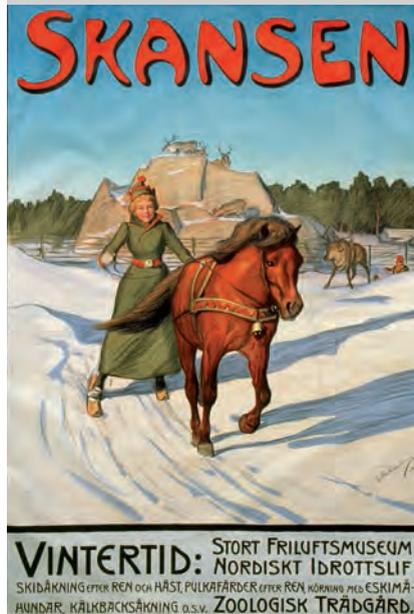
ren schwedischen Städten. Sie finden sich größtenteils im westlichen Teil von Skansen, nahe der Hazeliusforste.

Wie in einem typischen schwedischen Stadtviertel des 18. und 19. Jahrhunderts reihen sich die unterschiedlichen Häuser mit ihren Handwerkszweigen aneinander: eine Glashütte, Schreinerei, Töpferei, Gerberei, Bäckerei, Goldschmiede, eine Schuster- oder Kammacherwerkstatt etc. Das Viertel schließt mit dem Geburtshaus von Hazelius (Hazeliushuset) ab, das als erstes städtisches Gebäude erworben worden war. Eingerichtet im sogenannten Karl-Johann-Stil aus der Zeit des Empire dominieren hier farbige Gardinen und polierte Möbel. In einer Ecke ist das Arbeitszimmer von Hazelius mit dessen Originalanrichtung aus der Zeit um 1900 zu besichtigen.

Alle in Skansen vertretenen Handwerksberufe werden ständig der Öffentlichkeit vorgeführt. Fast hat der Besucher das Gefühl, in eine vergangene Zeit zurückversetzt zu sein, wenn er traditionelle Handwerkstechniken präsentiert bekommt und dabei von den ungemein freundlichen Mitarbeitern und Ehrenamtlichen ganz selbstverständlich in ein Gespräch verwickelt wird. Jährlich finden zudem in Skansen eigene Handwerkstage statt.

Aus den heute rund 150 Gebäuden und zahlreichen Einrichtungsgegenständen, die auf Skansen zu sehen sind, können hier nur einige markante Punkte herausgehoben werden, die dem Verfasser während eines eintägigen Rundgangs besonders aufgefallen sind. Im mittleren Teil von Skansen gruppiert sich

So als hätten ihre Bewohner sie gerade erst verlassen, sind in Skansen die Häuser eingerichtet. Bei Nachtwanderungen durch das Gelände könnte man vielleicht auch ihren Geistern begegnen.



Werbeplakat für einen Besuch im Freiluftmuseum zur Winterzeit (1901).

um eine Marktstraße, auf der im Winter der traditionelle Weihnachtsmarkt stattfindet, die Seglora-Kirche mit dem Kyrkhulthaus, der Windmühle von Främmestad und dem Vorratshaus Fatburen. Die meisten Gebäude stammen aus Västergötland in Mittelschweden. Die Seglora kyrka, ursprünglich 1730 aus Holz erbaut, kam 1916 nach Skansen. Sie ist heute eine der beliebtesten Hochzeitskirchen in Schweden. Errichtet ist sie auf einem für die Herkunftsgegend typischen Fundament aus Gneis. Die Wände sind aus Holz, das Dach ist mit Eichenschindeln bedeckt. Zum Schmunkeln verleitet der »Kirchenstoß« im Wappenhause der Seglora kyrka, ein langer Stock, mit dem der Mesner schlafende Kirchenbesucher weckte! Der Kirchturm wurde erst fünfzig Jahre nach der Errichtung der Kirche angebaut; bis dahin besaß die Kirche den üblichen frei stehenden Glockenturm. Solche finden sich im östlichen Teil von Skansen mit dem kurz nach 1730 errichteten Glockenturm von Hällestad bzw. im Nordwesten mit dem 21 Meter hohen Turm von Häsjö in Jämtland.

GRASBEWACHSENE HÄUSER. Das Kyrkhulthaus, einige Meter von der Kirche entfernt, ist ein unauffälliger Bauernhof aus dem südlichen Schweden mit einem niedrigen Wohnhaus und zwei angebauten, deutlich höheren Vorratshäusern. Alle drei Gebäude sind vollständig mit Gras bewachsen und aus der Entfernung kaum wahrzunehmen. Heute ist die Wohnstube mit Einrichtungsgegenständen aus der Mitte des 19. Jahrhunderts ausgestaltet. Die Wände zieren bemalte und gewebte Wandteppiche, die nur für Feste aufgehängt wurden, während um den Tisch die für die Region Blekinge typischen dreibeinigen Stühle stehen.

Auf dem Weg in den Nordteil von Skansen stößt man auf den schon genannten Mora-Hof, der zum Auslöser für die Gründung von Skansen wurde. Er besteht aus mehreren Gebäuden, die sich um einen großen Innenhof gruppieren. Ursprünglich waren sie im nordwestlichen Landesteil Dalarna aufgestellt. Einer der Vorratsspeicher im Mora-Gehöft lässt sich auf die erste Hälfte des 14. Jahrhunderts datieren und ist damit das älteste Gebäude auf Skansen.



Direkt vor dem Mora-Hof steht unübersehbar der Maibaum, ebenfalls aus Dalarna. In Schweden wird Mittsommer an einem Wochenende um den 24. Juni gefeiert. Dazu wird am Freitag der Maibaum, ein altes Sonnen- und Fruchtbarkeitssymbol, mit Blumen und Zweigen geschmückt. Musik und Reigentanz begleiten das Aufstellen des Baumes, wobei Mädchen und Frauen in den letzten Jahren zunehmend Tracht tragen. Die Tradition der Mittsommerfeier gehört zu den ältesten Veranstaltungen auf Skansen. Schon 1892 wurde hier der erste Maibaum aufgestellt und allen ein »Trevlig Midsommar«, einen »Frohen Mittsommer«, gewünscht.

Nördlich des Mora-Hauses befindet sich das Sami-Lager. Es zeigt ein typisches Herbst- und Frühjahrslager der Gebirgssamen, die noch Anfang des 20. Jahrhunderts mit ihren Rentierherden herumzogen. Üblicherweise bildeten mehrere Familien ein Lager. Es umfasste daher einige Grashütten, von denen auf Skansen ein Beispiel nachgebaut ist. Die runde, aus Birkenrinde errichtete und mit Gras bedeckte Hütte diente als Wohn- und Schlafraum. Die Feuerstelle liegt in der Mitte, der Rauchabzug erfolgt über eine Öffnung am Hüttendach. Der Boden ist mit Birkenreisig und Rentierfellen bedeckt. Die ungewohnte Enge beeindruckt nicht nur Kinder.

Zum Schutz vor Ratten, Mäusen und Bären bauten die Samen für Essensvorräte und Kleidung eigene Hütten auf langen Pfosten.

Das »Mora-Haus« war das erste Gebäude, das originalgetreu nach Skansen versetzt wurde.

Lesetipps

Wilhelm Füßl, *Oskar von Miller. Eine Biographie*. München 2005 (besonders S. 312–330)

Skansen. Uppsala 2005 (deutscher Führer)

ten. Nur mit Hilfe einer Leiter konnte man in eine solche Pfostenhütte gelangen.

Fast in unmittelbarer Umgebung des Sami-Lagers werden heute einige Rentiere gehalten. Hier beginnt der Tierpark von Skansen. Schon Hazelius hatte die nordische Tierwelt in sein Volkskulturkonzept einbezogen. Wenngleich auch exotische Tiere zu sehen sind, liegt der Schwerpunkt auf heimischen Tierarten: Robben, Seehunde, Rentiere, Braunbären und – für diejenigen Besucher Schwedens, denen eine Begegnung in freier Wildbahn nicht vergönnt war – auch Elche.

Kaum ein Tourist wird Skansen und die Insel Djurgården verlassen, ohne das moderne, 1990 eröffnete Vasa-Museum besucht zu haben. Auf seiner Jungfernfahrt am 10. August 1628 war das große Kriegsschiff »Vasa« mit einer Gesamtlänge von 69 Metern, 64 Kanonen und 145 Mann Besatzung noch im Stockholmer Hafen gekentert und gesunken. Zwischen 1959 und 1967 wurde es dann in einer aufwendigen Aktion geborgen, anschließend gereinigt und konserviert. Das sauerstoffarme Brackwasser und der Schlamm im Hafen hatten den Zerfall des Schiffes verhindert. Seine Erhaltung im heutigen Museum ist ein dauernder Prozess, bei dem es ständig neue Probleme zu bewältigen gibt.

Zurück zur Bedeutung von Skansen und des Nordischen Museums für das Deutsche Museum. Sie beeinflussten Millers Ausstellungsmethoden enorm. In der Konsequenz dieser Erfahrung plante Miller für den Neubau auf der Museumsinsel ähnliche Installationen. Dazu gehörten u.a. eine historische Apotheke, eine Schwarzwälder Uhrmacherwerkstatt, eine Gutenbergstube, eine alte Mühle mit Löffelrad, die Bergmannsstube, eine alte Schmiede, eine Papiermühle, eine Branntweinbrennerei und eine Sennhütte. Diese Ensembles sollten historische Lebenswelten, besonders aus dem Bereich des Handwerks, verdeutlichen.

Ebenfalls aus Skandinavien brachte Miller die Idee zum Bau von Dioramen mit. Dioramen sind Schaukästen, die eine Maschine, eine Werkstatt, einen Betrieb, eine technische oder bauliche Anlage im Modell in ihrer natürlichen Umwelt zeigen. Interessant an dieser Darstellungstechnik ist, dass sie dem

Besucher einen dreidimensionalen Blick vermittelt. Damit das Modell und sein Hintergrund plastisch wirken, müssen beim Dioramenbau Maler, Bildhauer und Modellbauer eng zusammenarbeiten. Vor allem die perspektivische Verkürzung der natürlichen Umwelt, in der das Modell steht, ist beim Dioramenbau von entscheidender Bedeutung. Alle horizontalen Linien laufen in einem Fluchtpunkt zusammen. Es gibt keine rechten Winkel bei den Modellen, was bei ihrem Bau schwierig umzusetzen ist. Leitungsdrähte einer Fernleitung beispielsweise müssen eine konische Form haben, da sie sonst für den Betrachter nicht mehr sichtbar sind, je weiter sie sich im Hintergrund verlieren. Dieser ist bei allen Dioramen gerundet, um den räumlichen Eindruck zu verstärken. Die Anwendung richtiger perspektivischer Verhältnisse ist die Grundlage des Dioramenbaus. Eine wichtige Gestaltungstechnik ist der fließende, kaum erkennbare Übergang vom Modellbau zur Hintergrundmalerei.

Echte Dioramen wurden im Deutschen Museum erst nach Millers Skandinavienreise gebaut. Die schon früher in den Zugangsbüchern inventarisierten »Dioramen« waren in der Regel Modelle, denen der typische Übergang zum Hintergrund und die Veränderung der Perspektive fehlten, so eine Darstellung zur Entwicklung der Pflüge, wie sie sich im ersten Führer des Museums von 1907 findet.

Der Skandinavienbesuch hinterließ bei Miller einen so »mächtigen Eindruck«, dass er im Jahresbericht des Deutschen Museums für 1913/14 die skandinavischen Museen als Studienobjekte für deutsche Kunsthistoriker empfahl. Für das Deutsche Museum zog er die Konsequenz, analog zu den besuchten Freilichtmuseen auch in Deutschland »wichtige Betriebsstätten, wie alte Schmieden, Uhrmacherwerkstätten, Webstuben, Mühlen, [...] in möglichster Vollständigkeit« zu erhalten. Die Reise machte Miller aber zudem bewusst, dass das Deutsche Museum nicht in der Lage war, auf der beengten Museumsinsel eine umfassende Sammlung kompletter Ensembles zu zeigen. Selbst eine Ausdehnung in den Garten des Museums, wo eine Windmühle oder verschiedene Signalanlagen aufgebaut wurden, konnte diesen Missstand



Zurückversetzt in alte Zeiten fühlt sich der Besucher in Skansen. Dazu tragen auch die ehrenamtlichen Mitarbeiter bei, die in traditionellen Gewändern beispielsweise alte Handwerkskünste vorführen.

Der Historiker **DR. WILHELM FÜBL** ist Leiter des Archivs des Deutschen Museums. Gemeinsam mit Helmuth Trischler gab er das Buch *Geschichte des Deutschen Museums. Akteure, Artefakte, Ausstellungen* (München 2003) heraus. Im Jahr 2005 veröffentlichte er den Band *Oskar von Miller. Eine Biographie*.

nicht beseitigen. Wollte man historische »Betriebsstätten« im Original, vollständig und in größerer Zahl erhalten, musste dies außerhalb des Deutschen Museums geschehen, möglichst an den Stellen, wo die »technischen Kulturdenkmale« noch vorhanden waren. Millers Idee zielte darauf ab, historische Ensembles und technische Großobjekte als Gesamtes an der Stelle zu bewahren, an der sie entstanden waren. Dabei wurde Miller rasch klar, dass es nicht genügte, die Anlage in Skansen zu kopieren und in Deutschland ein oder mehrere Freilichtmuseen zu gründen. Vielmehr dachte er an ein Netz zahlreicher Standorte. Sie alle sollten unter der Führung des Deutschen Museums verbunden sein. Verkürzt gesagt könnte man Millers Skandinavienreise also als die Geburtsstunde der »Industriearchäologie« in Deutschland bezeichnen.

Sein Vorstoß blieb zunächst wirkungslos, da kurz nach seiner Rückkehr der Erste Weltkrieg ausbrach. Über mehrere Jahre bestand keine Möglichkeit, die technischen Kulturdenkmale zu erfassen und zu sichern. Zum Wortführer und Organisator bestimmte Miller in den 1920er Jahren den geschäftsführenden Direktor des Vereins Deutscher Ingenieure und Professor für Geschichte der Maschinenteknik in Berlin, Conrad Matschoß.

In der Ausschusssitzung des Deutschen Museums im Mai 1926 stellte Matschoß die Initiative der »Technischen Kulturdenkmale« offiziell vor, nicht ohne deutlich auf die geistige Urheberschaft Millers hinzuweisen. Zum Einstieg war die Inventarisierung relevanter Kulturdenkmale vorgesehen. Das Arbeitsfeld wurde mit der Erfassung alter Wasserräder, Windmühlen, Pferdegöpel, Brücken, Kräne, Schöpfwerke, Schmieden, Schleifmühlen, Brennöfen, Weinpressen, Salinen, Webstuben etc. beschrieben. Industrielle Denkmale waren anfangs nicht einbezogen.

Von Millers Reise nach Skandinavien führt also eine direkte Linie zum Aufbau einer Industriearchäologie, zur Erhaltung technischer Kulturdenkmäler und – durch die Verbindung mit der Heimatschutzbewegung – zum Aufbau zahlreicher Freilichtmuseen in Deutschland. ■



Geliebte Technik der 1950er Jahre

Eine Sonderausstellung mit Objekten aus dem Depot des Deutschen Museums

Von der Aufbruchstimmung nach dem Krieg erzählen die zahlreichen technischen Neuerungen, die in den Fünfzigerjahren den Alltag eroberten. Das Design dieser Zeit ist mittlerweile wieder »hip«.

Von Dirk Bühler und Margherita Lasi

Die Generalsanierung des Deutschen Museums hat zwar gerade erst begonnen, aber das Haus kann bereits mit einer ersten gelungenen Renovierungsmaßnahme aufwarten: Nach zweijähriger Umbauzeit ist im Juli 2010 der Sonderausstellungsraum im ersten Obergeschoss des Sammlungsbaus bezugsfertig geworden und wird jetzt mit der Sonderausstellung »Geliebte Technik der 1950er Jahre – Zeitzeugen aus unserem Depot« eingeweiht.

Mit dieser neuen Sonderausstellung wird auch probeweise ein »begehbare Schaudenpot« geschaffen, das Gelegenheit bietet, Perspektiven für ein künftiges Schaudenpot zu prüfen, das im Rahmen der Zukunftsinitiative Deutsches Museum geplant ist.

Um die Wissbegier unserer Besucher zu stillen, die immer wieder nach den in unseren Depots verborgenen Schätzen fragen, zeigen wir in dieser Ausstellung ausgewählte Objekte aus den Museumsdepots. Als thematischen





Rahmen haben wir hierfür die 1950er Jahre ausgewählt. Ein Jahrzehnt des Aufbruchs, an das jene, die damals aufgewachsen sind, gerne zurückdenken, das aber auch die Jugend und junge Erwachsene fasziniert als die Zeit, in der die Eltern aufgewachsen sind. Stil und Design der 1950er Jahre sind als »Retrolook« heute wieder angesagt: Vor allem Küchengeräte werden nach alten Designvorbildern gefertigt. Nicht zu vergessen die Sammler, die fasziniert sind von historischen Objekten wie zum Beispiel Röhrenradios.

Aus den insgesamt etwa 100 000 Objekten, die unsere Sammlung umfasst, haben wir aussagekräftige Zeitzeugnisse der 1950er Jahre ausgewählt, die unseren Besuchern einen Überblick über den Stand der Technik dieser Jahre vermitteln. Eine Zusammenfassung der wichtigsten kulturellen und politischen Ereignisse der 1950er Jahre bietet eine Zeittafel im Eingangsbereich, ergänzt durch eine allgemeine Einführung in historische, soziale und wirtschaftliche Zusammenhänge. Bilder und Texte erläutern die Entstehung und den Nutzungszusammenhang einzelner Exponate. Die Jukeboxen können sogar bespielt werden.

Auf vier großen, farbig voneinander abgegrenzten Themeninseln werden Objekte aus

15 verschiedenen Fachbereichen präsentiert. Von der Jukebox bis zum Flugzeug zeigen sie, was die Technik dieses Jahrzehnts hervorbrachte und was die Menschen damals bewegte: von Alltagsträumen über Berufshoffnungen bis hin zu Zukunftsvorstellungen.

»KALTER HUND« UND NYLONHEMDEN. Im Bereich »Lebenswelt« werden Exponate aus dem Alltag gezeigt, Dinge die viele in Küche oder Bad hatten. Die zunehmende Elektrifizierung des Haushalts spielte eine große Rolle und erleichterte die Arbeit der Hausfrauen. In den neuen Einbauküchen, die teilweise schon mit Elektrogeräten wie Kühlschrank oder Spülmaschine ausgestattet waren, wurden kulinarische Köstlichkeiten wie der beliebte Kekskuchen »Kalter Hund« oder »Toast Hawaii« zubereitet.

Auch bei der Wäschepflege tat sich einiges: Durch die Einführung von Waschvollautomaten wurde das mühevoll Waschen von Hand langsam aber stetig abgelöst. Praktisch waren diese Waschmaschinen besonders, um Kleidungsstücke aus modernen Kunststofffasern zu waschen: Denn Nylonhemden waren zwar weitestgehend bügelfrei und besaßen den Vorteil, rasch zu trocknen, jedoch schwitzte man darin schnell und musste daher öfter waschen. Der Einsatz von

Bilder links: Ein Blick in die Ausstellung im neuen Sonderausstellungsraum (oben).

Bei Kindern der 1950er Jahre sehr beliebt: Siku-Automodelle aus Plastik zum Selbstzusammenbauen (unten).

Bilder rechts: Zwei Ikonen der Motorisierung und des Wirtschaftswunders: der DKW Auto Union F93 aus Ingolstadt (1958) und der NSU-Fiat Neckar aus Heilbronn (1959) (oben). Waschmaschine mit Mangel, die berühmte Miele 155/1 aus Bielefeld (1955) (unten).





Im Bild oben: Eine NSU Quickly L aus Neckarsulm (1957). Sehr populär war auch das heimische Sonnenstudio, wie diese Höhensonne im Bild links, Original Hanau (um 1950); dazu gab es für die Kinder täglich einen Löffel Lebertran.

Kunststoff setzte sich auch im Kinderzimmer durch. Immer mehr Bau- und Spielzeugkästen wurden aus dem neuen, abwaschbaren Material gefertigt, das es in vielen bunten Farben gab.

ZWEI STUNDEN FERNSEHPROGRAMM.

Eine weitere große Themeninsel behandelt den Bereich »Unterhaltungselektronik/Medien« mit Exponaten aus Nachrichtentechnik, Foto und Film sowie Musik. Hier ziehen vor allem die Radio- und Fernsehgeräte die Blicke auf sich.

Bei den weitverbreiteten Radioempfängern waren große, holzverkleidete Röhrengeräte in Mode, die sich gut in das Design der Wohnzimmer einfügten. Fernsehgeräte hingegen konnten sich damals nur wenige Bürger leisten: Anfang der Fünfziger waren in der BRD gerade einmal 11 658 Empfänger bei der Bundespost gemeldet.

Zunächst gab es pro Tag auch nur zwei Stunden Programm, aber Sondersendungen,

beispielsweise die Krönung Elisabeth II. im Jahr 1953 oder die Fußball-Weltmeisterschaft 1954 lockten die

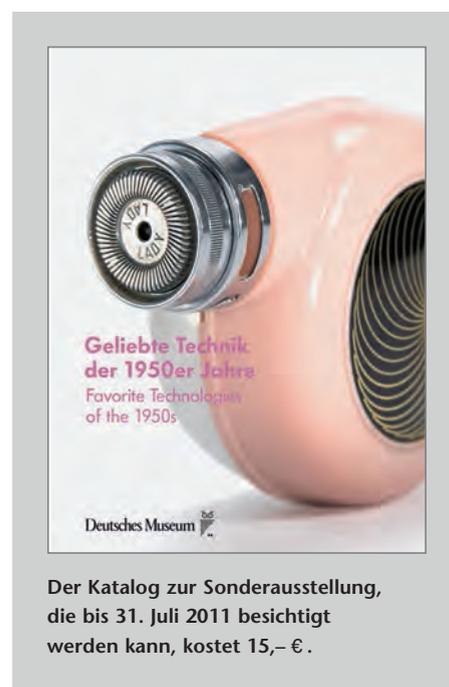
Bürger an die Fernsehgeräte und förderten das neue Medium, so dass die Zahl der registrierten Fernsehempfänger in der BRD 1959 die Vier-Millionen-Grenze überschritten hatte.

Ein wichtiger Teil der Ausstellung ist dem Thema »Mobilität« gewidmet, da Mitte der 1950er Jahre die erste Phase der Massenmotorisierung in Deutschland begann. Die bei Einsteigern beliebten Kleinstfahrzeuge wie die BMW »Isetta« oder die Heinkel »Kabine« prägten das Straßenbild genauso wie größere Fahrzeuge für wohlhabende Bürger, beispielsweise die Traumautos Borgward »Isabella« oder Opel »Kapitän«. Zwischen den Automobilen waren auch unzählige Motorräder auf den Straßen unterwegs. Diese waren natürlich preisgünstiger zu haben und im Benzinverbrauch sparsamer als ein Auto. Allerdings: Bei all dem Fortschritt blieb das millionenfach produzierte Fahrzeug Nummer eins in diesem Jahrzehnt immer noch das Fahrrad.

Auch auf dem Gebiet der Luftfahrt tat sich einiges: Strahltriebwerk-Verkehrsflugzeuge, die erstmals auch für Langstreckenflüge geeig-

net waren, kamen auf. Ihren ersten Flug absolvierte die vierstrahlige Boeing 707 im Jahr 1954, und leitete damit die Ära der erfolgreichen kommerziellen Passagierjets ein.

Nicht zuletzt vermittelt die Ausstellung einen kleinen Einblick in die Arbeitswelt und die naturwissenschaftliche Forschung. In den Büros der 1950er Jahre klapperten Schreibmaschinen und ratterten Fernschreiber,



Der Katalog zur Sonderausstellung, die bis 31. Juli 2011 besichtigt werden kann, kostet 15,- €.



Ein solider Klassiker der Haushaltstechnik aus den 1950er Jahren: der Staubsauger Miele, Modell A aus Bielefeld (um 1955).

schwierige Rechenaufgaben wurden mit klobigen mechanischen Rechenmaschinen gelöst. Dennoch: Junge Menschen begeisterten sich in jenen Jahren für das Berufsbild des Forschers. Es gab zahlreiche bedeutende Entdeckungen, die Polio-Impfung wurde eingeführt oder der erste implantierbare Herzschrittmacher gebaut. Die Menschen waren begeistert von den neuen technischen Errungenschaften.

Einen Dämpfer bekam der Fortschrittsglaube allerdings durch den Contergan-Skandal 1961/62. Erste Konflikte gab es auch um das Thema Kernkraft. In Garching bei München wurde 1957 der erste Kernreaktor Deutschlands in Betrieb genommen: Zu dieser Zeit gab es in der Öffentlichkeit heftige Diskussionen darüber, ob die Bundeswehr – vor dem Hintergrund der Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki 1945 – über Atomwaffen verfügen sollte.

Wir wünschen uns, dass die Besucher viel Freude haben bei einem Streifzug durch das Jahrzehnt, das für viele schon so weit weg scheint und bei anderen noch zahlreiche Erinnerungen weckt. Manch einer entdeckt beim Rundgang sicherlich das ein oder andere ehemals begehrte und heiß geliebte Stück wieder! ■

Auch Unterhaltung wurde in den Fünfzigern groß geschrieben. Ein exklusives Modell war die Jukebox AMI, Modell JAJ 200, aus Grand Rapids, Michigan (USA) (1959).



DR. DIRK BÜHLER studierte Architektur an der RWTH Aachen, wo er auch promoviert wurde. Seit 1993 ist er Leiter der Abteilung Bauwesen des Deutschen Museums und hat die Brückenausstellung aufgebaut, die 1998 eröffnet wurde. Er betreut seither die Sonderausstellungen des Museums.

DR. MARGHERITA LASI studierte Biologie an der LMU München. Am Deutschen Museum ist sie als wissenschaftliche Volontärin tätig. Sie hat die Sonderausstellung zur Technik der 1950er Jahre mit entwickelt und betreut das DNA-Besucherlabor im Zentrum Neue Technologien.

Mal zu hell und mal zu dunkel

Vom steinigen Siegeszug des elektrischen Lichts

Was für eine Arbeit! Annähernd 6000 pflanzliche Stoffe soll Thomas Alva Edison in zwölf Jahren, auf der Suche nach einem ganz besonderen Stück Kohle, präpariert und verbrannt haben. Unzählige Länder durchstreiften seine Mitarbeiter nach einer Faser, die, verkohlt und angeschlossen an eine elektrische Stromquelle, brauchbares Licht ergeben sollte.

Von Christian Knoop

Die Idee dazu war nicht neu, doch die Beharrlichkeit, mit der Edison sein Ziel verfolgte, war außergewöhnlich. Schon 1854 brachte der deutschstämmige Einwanderer Heinrich Göbel Kohlestäbchen in einer vakuumverschlossenen Glasflasche zum Glühen – der wirtschaftliche Erfolg blieb jedoch aus. Als Edison dagegen 1877 begann, an der Kohlefadenglühlampe zu arbeiten, hatte sich elektrischer Strom als Lichtquelle bereits etabliert – allerdings nicht für den Heimgebrauch.

Anfang des 19. Jahrhunderts wurde erstmals jene Lichterscheinung beobachtet, die durch die Entladung einer elektrischen Spannung zwischen zwei Kohlestäbchen entsteht. Das Bogenlicht, wie es seitdem genannt wird, entsteht hauptsächlich dadurch, dass die beiden Elektroden durch die Entladung zur Weißglut gebracht werden. Allerdings verbrennen diese dabei und der Lichtbogen reißt ab, wenn man die Kohlestifte nicht stetig

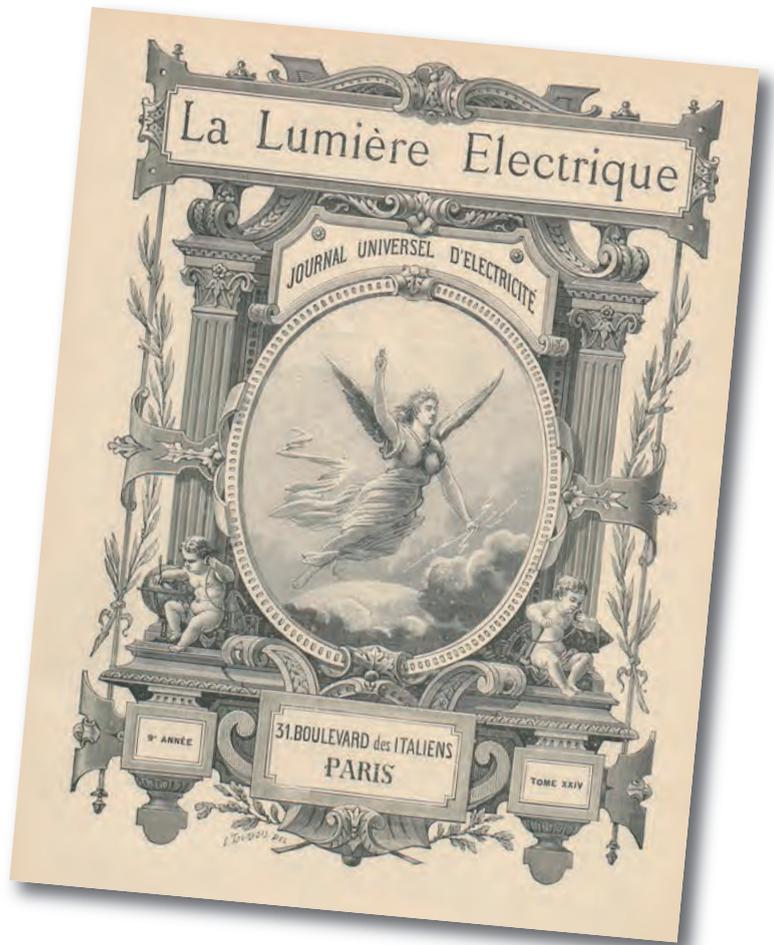
nachschiebt. In einer verfeinerten Ausführung hatte sich das grelle Bogenlicht in den 1870er Jahren für die Beleuchtung von Fabriken, Bahnhöfen und öffentlichen Plätzen durchgesetzt. Es brannte hell wie die Sonne und vermochte »die Nacht zum Tage zu machen«, wie eine damals populäre Redewendung lautete. Aber dies war zugleich sein Nachteil, denn für eine gemütliche Wohnzimmerbeleuchtung war es aufgrund seiner schwer regulierbaren Lichtfülle ungeeignet.

Dort brannten neben Stearinkerzen und Öllampen vor allem Gaslichter. Die zentrale Versorgung der städtischen Haushalte mit Gas verbreitete sich Anfang des 19. Jahrhunderts von England aus und setzte sich in den 1850er Jahren auch in Deutschland durch. Mit dem Gas der großen Gasgesellschaften wurde gekocht, geheizt, beleuchtet und gutes Geld verdient. An diesem Markt wollten auch die Stromerzeuger verdienen, und so kam

Eine geflügelte Frauenfigur, die an die griechische Siegesgöttin Nike erinnert, zierte von 1887 bis 1894 das Titelblatt der Zeitschrift *La Lumière Electrique*. In der rechten Hand hält sie eine Glühbirne, mit der linken schleudert sie Blitze und zeigt als Allegorie auf die Elektrizität deren Anmut und ungezähmte Naturgewalt. Die beiden Putti darunter telefonieren derweil miteinander.

dem elektrischen Licht die Aufgabe zu, der Elektrizität den Weg in die privaten Haushalte zu bahnen.

Thomas Alva Edison machte sich daran, ein dem Gaslicht nachempfundenenes, elektrisches Licht herzustellen. Die Schwierigkeit bestand vor allem darin, einen gleichmäßigen und möglichst dünnen Faden in einem Glasvakuum zu verpacken. Beides war notwendig: zum einen, damit der Faden nicht an der Luft verbrannte und zum anderen, damit die Glühbirne in elektrischen Netzwerken mit

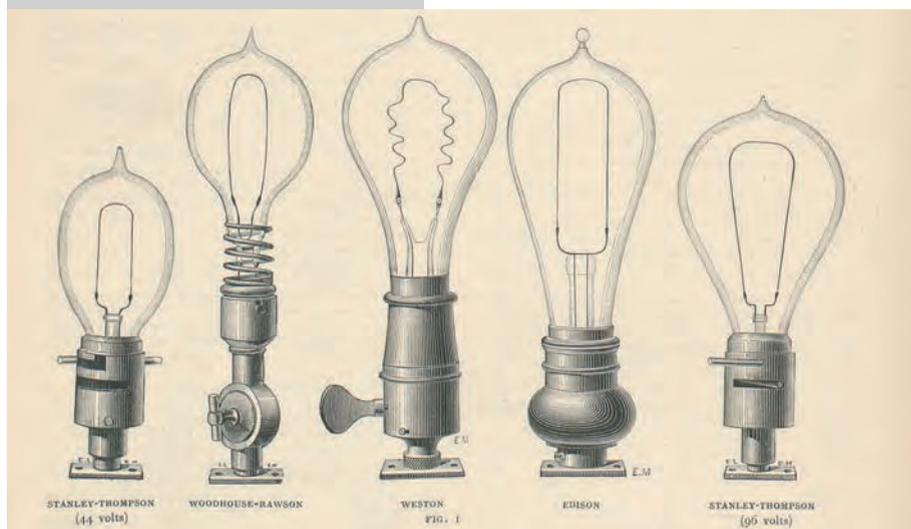


niedrigen Stromstärken betrieben werden konnte, die eine zentrale Versorgung der Haushalte zuließen.

1879 war es schließlich so weit: Edison stellte seine Glühlampe mit Kohlefaden erstmals der Öffentlichkeit vor. Sie wurde als gelungene Imitation des Gaslichts sofort akzeptiert. Ja, sie war sogar besser als das Vorbild und wurde auf der Pariser Elektrizitätsausstellung 1881 begeistert gefeiert. Edisons Licht hinterließ keine Verbrennungsrückstände, verpestete nicht die Luft, heizte die Wohnräume nicht zu sehr auf und setzte die Bewohner keiner Explosions- und Vergiftungsgefahr aus. Edisons Glühlampe avancierte schnell zum Hoffnungsträger einer ganzen Industrie und bis 1882 konnte die Haltbarkeit des Fadens durch ausgiebige Tests mit allerlei Materialien bis auf 1000 Stunden gesteigert werden. Dabei stellte sich eine japanische Bambussorte schließlich als beste Rohstoffquelle für die dünnen Fäden heraus.

Unerwartete Konkurrenz erhielt das elektrische Glühlicht durch eine plötzliche Verbesserung der Gasbrenner. Carl Auer von Welsbach arbeitete als junger Chemiker bei Robert Bunsen, wo er die Stoffgruppe der Seltenen Erden kennenlernte. Zurück in seiner Heimatstadt Wien bemerkte Auer von Welsbach, dass Erbinerde, eine Mischung aus verschiedenen Metalloxiden, bei Erhitzen in der Bunsenflamme weiß-grünlich leuchtete. Er nahm sich vor, die Leuchtkraft der Gasflamme zu steigern, indem er, wie Edison, den Energieträger nicht verbrannte, sondern zum Heizen eines Leuchtstoffs benutzte. Unklar war bis dahin, welche Stoffe sich dafür am besten eigneten und wie die spröden Metalle der Seltenen Erden in eine gebrauchsfähige Form gebracht werden konnten. Nach vielen Versuchen und der Entwicklung eines Trägers aus verkohltem Baumwollnetz für die Metalloxide hatte er schließlich auch Erfolg. 1886 stellte Auer von Welsbach seinen im Gasbrenner leuchtenden Baumwollstrumpf der Öffentlichkeit vor. Ein Journalist des *Neuen Wiener Tagblatt* taufte die Erfindung »Gasglühlicht«.

Nach anfänglichen Schwierigkeiten wurde bis 1891 die Stoffmischung so weit verbessert, dass das Auer'sche Glühlicht der elektrischen Glühbirne überlegen war. Der neue Brenner



Die Konkurrenz holte schnell auf: 1885 waren Lampen von verschiedenen Herstellern in unterschiedlicher Ausführung auf dem Markt.

steigerte die Lichtstärke der Gasflamme um mehr als das Vierfache, und das schummrige Licht der Kohlefadenlampe sah neben dem strahlenden Gaslicht recht kläglich aus.

Der erhoffte Siegeszug der elektrischen Glühlampe für die Heimbeleuchtung und die flächendeckende Elektrifizierung wurde damit jäh unterbunden. Zum Durchbruch verhalf der elektrischen Glühbirne erst eine Reihe von Verbesserungen in den Jahren 1898 bis 1913. Allen voran läutete Auer von Welsbach durch seine Materialkenntnis den weiteren Aufschwung ein, indem er ein neues Verfahren für die Fadenerzeugung entwickelte. 1902 kamen die ersten elektrischen Glühlampen mit von ihm entwickelten Osmium-Metallfäden auf den Markt. 1905 gelang die Übertragung dieses Verfahrens auf Wolfram. Die ersten Metalldrahtlampen waren noch sehr fragil und erforderten besondere Betriebsbedingungen, mit der Zeit wurden sie jedoch robuster. Effizienter als ihre Vorgänger und heller als das Gasglühlicht waren sie dagegen von Anfang an.

Etwa 1913 erhielt die Glühbirne mit einem verfeinerten Wolframdraht und einer nicht brennbaren Gasfüllung ihre heutige Gestalt. In dieser Form gibt es sie noch bis zum 1. September 2012 zu kaufen (siehe auch *Kultur & Technik* 4/2010, S. 32 ff.). Dann läuft ihre Zeit ab, weil ihre Lichtausbeute wieder einmal zu gering ist und sie sich energetisch besser zum Heizen als zum Leuchten eignet. Dabei war genau dies einmal ihre große Neuerung: Eine Glühbirne heizt nämlich, um zu leuchten. ■



Die nach dem von Auer von Welsbach entwickelten Verfahren gefertigten Metalldrahtlampen waren noch sehr fragil, wie eine Betriebsanleitung aus der Anfangszeit zeigt.

CHRISTIAN KNOOP, M. A., Historiker, ist stellvertretender Leiter der Museumsbibliothek.



Die F 13 fe im Deutschen Museum wurde 1927/28 in Dessau gebaut.

Fliegendes Wellblech

Die legendäre Junkers F 13 soll nachgebaut werden

Weltweit gibt es heute kein einziges flugfähiges Exemplar der Junkers F 13. Nun will ein Verein das geschichtsträchtige Ganzmetallflugzeug originalgetreu nachbauen. In vier Jahren soll der Wellblechvogel flügge sein. Von Beatrix Dargel



Der Verein der Freunde historischer Luftfahrzeuge e. V. (VFL) hat ein besonderes Verhältnis zu den Flugzeugen aus dem Hause Junkers. In den 90er Jahren wurde er anlässlich der geplanten Verschrottung der auf der Düsseldorfer Flughafenterrasse ausgestellten Ju 52 gegründet mit dem Ziel, die alte Dame in einem flugfähigen Zustand zu erhalten. Den Erfolg unzähliger Stunden ehrenamtlicher Arbeit kann man seit 1997 vielerorts bewundern. Die wiederauferstandene Ju 52 ist ein gern gesehener Gast auf Flugveranstaltungen. Mehr als 250 Flugstunden absolviert die »HB-HOY« jährlich. Rundflüge mit diesem lebendigen Stück Technikgeschichte sind sehr begehrt.

Der Weg zurück in die Luft war für die ursprünglich in Spanien als CASA 352 in Lizenz gebaute Maschine aufwendig. Unterlagen, Ersatzteile oder die »richtigen Leute« zu finden, gestaltete sich nicht selten wie die sprichwörtliche Suche nach der Nadel im Heuhaufen. Die Junkers trägt nicht zufällig eine Schweizer Registrierung. Ohne die Partnerschaft mit der im Jahr 1982 gegründeten Schweizer JU-AIR wäre das Projekt Ju 52 schon ganz zu Beginn zum Scheitern verurteilt gewesen. Die Schweizer Fachleute bauten die historische Maschine wieder auf und stellen den Flugbetrieb mit der Junkers sicher. Ende des Jahres 2012 wird die Ju 52 »HB-HOY« allerdings endgültig in Pension gehen, nicht zuletzt, weil die Beschaffung von Ersatzteilen immer komplizierter und teurer wird. Sie wird dann einen Ehrenplatz in einem Museum finden.

ERFOLGSGESCHICHTEN MIT WELLBLECH. Am 25. Juni 1919 begann ein neues Zeitalter der Verkehrsluftfahrt. Das erste Ganzmetall-Verkehrsflugzeug unternahm vom Dessauer Werksflugplatz aus seinen Erstflug, und nach einer etwas zähen Anlaufphase entwickelte sich die »Urmutter der Wellblechvögel« rasch zu einem Erfolgsmodell. Über 300 Exemplare dieses Typs wurden gebaut und weltweit eingesetzt. Für viele Fluggesellschaften begann der zuverlässige und kommerziell erfolgreiche Flugbetrieb mit dieser Maschine. Zahlreiche Merkmale der F 13 kann man auch bei den heutigen modernen Verkehrsflugzeugen wiederfinden.

In den folgenden Jahren entwickelte sich der Luftverkehr rasant. Die Flugleistungen der F 13 konnten durch den Einbau immer leistungsfähigerer Triebwerke noch einige Zeit »mitwachsen«. Über 300 Änderungen flossen im Laufe der Produktion in die Serienfertigung ein. Doch die 1919 noch wegweisende geschlossene Passagierkabine genügte den wachsenden Anforderungen bald nicht mehr. Größere und leistungsfähigere Flugzeuge ersetzten die F 13. Dennoch: Bis weit in die 1930er Jahre hinein stand das robuste und zuverlässige Flugzeug im regulären Liniendienst. Die Deutsche Luft Hansa AG hatte noch bis 1938 zwei dieser Maschinen im Einsatz.

Nur wenige Exemplare dieses Flugzeugs überdauerten die Jahre, eine Handvoll F 13 fand einen Platz im Museum. Eine dieser Maschinen steht in der Luftfahrtabteilung des Deutschen Museums auf der Münchner Museumsinsel. Leider ist keine der Museumsmaschinen lufttüchtig oder könnte flugfähig rekonstruiert werden.



In den 90er Jahren wurde der Verein der Freunde historischer Luftfahrzeuge e. V. (VFL) gegründet.



AUSSTELLUNG

In der Luftfahrthalle des Deutschen Museums kann eine originale Junkers F 13 als »Meisterwerk der Technik« besichtigt werden (siehe auch Bild links).

Informationen über den Stand der Arbeiten gibt es im Internet: www.vfl-ev.de



Bild oben: Ein L5-Sechszylindermotor auf der Luftfahrtmesse AERO 2010 am Stand des Vereins der Freunde historischer Luftfahrzeuge e. V.

Bild unten: Der Antrieb wird originalgetreu nachgebaut. Zum Einsatz soll ein rekonstruiertes L5-Triebwerk kommen. Neben der Kurbelwelle sind auch die Zylinder inzwischen einbaufertig.

PROJEKTBEGINN JU F13. Nach aufwendigen Vorarbeiten wurde das Projekt im Januar 2010 gestartet. Die Herausforderung, der sich der Verein der Freunde historischer Luftfahrzeuge e. V. damit stellt, ist bemerkenswert. Während von der »großen Ju« weltweit einige Exemplare erhalten sind, sieht es mit entsprechenden Unterlagen über die F13 schlecht aus. Die meisten Zeichnungen sind in den Kriegs- und Nachkriegswirren vernichtet worden. Fertigungsunterlagen müssen also weitgehend neu erstellt werden. Auch bei Verwendung modernster CAD-Werkzeuge ist das eine zeitaufwendige Arbeit. Seit Februar 2010 wurden über 1700 technische Zeichnungen angefertigt. Als Bauplätze dienen dem Verein Bauunterlagen, die das Deutsche Technikmuseum Berlin (DTM) zur Verfügung stellte. 1999 konnte das DTM in Kanada die stark zerstörte F13 »City of Prince George« bergen und zur Restaurierung nach Deutschland überführen. Die Pläne, die das DTM zur Wiederherstellung »seiner« Maschine anfertigte, werden nun für den Neubau genutzt.

Und noch ein Detail kommt den heutigen Konstrukteuren der F13 zugute. Junkers fertigte bereits in den 20er Jahren nach einem Baukastensystem: Verschiedene Teile und Baugruppen, zum Beispiel Motorträger oder Tragflächen, waren zwischen den einzelnen Modellen austauschbar.

Als Herausforderung erwies sich auch die Beschaffung der Werkstoffe. Die Aluminiumlegierungen, aus denen in den 20er Jahren die berühmten Wellblechflugzeuge hergestellt worden sind, sind heute fast nicht mehr zu bekommen. Erst nach langer Suche fand sich ein Lieferant, der die erforderlichen Duraluminium-2024-Bleche in der nötigen Qualität noch herstellen kann. Im September 2010 wurden die ersten Rohre, Ende des Jahres die letzten Bleche geliefert.

Auch ein passender Antrieb musste gefunden werden. Die F13 flog mit unterschiedlicher Motorisierung. Dem Verein und der JU-AIR ist es gelungen, restaurierbare L5 sowie BMW-IIIa-Motoren zu beschaffen. Im Februar 2010 konnte ein zum Wiederaufbau geeignetes L5-Triebwerk erworben und mit der Restauration begonnen werden. Inzwischen haben Kurbelwelle und Zylinder einen vorzeigbaren Stand erreicht. Finanziert wird das ehrgeizige Projekts über Spenden. Liebhaber können auch Anteilsscheine an der F13 erwerben.

Drei Jahre sollen die Arbeiten dauern: Im Januar 2011 will man beim Luftfahrtbundesamt (LBA) die Projektunterlagen einreichen. Der Erstflug der F13 mit privater Zulassung ist für das Frühjahr des Jahres 2014 geplant. Im April 2011 soll der flugbereite Motor auf der AERO, der internationalen Luftfahrtmesse in Friedrichshafen, der Öffentlichkeit präsentiert werden. Als »Urmutter der Wellblechvögel« wird die Junkers F13 dann wieder ihre Kreise am Himmel ziehen. ■

Drei Jahre sollen die Arbeiten dauern: Im Januar 2011 will man beim Luftfahrtbundesamt (LBA) die Projektunterlagen einreichen. Der Erstflug der F13 mit privater Zulassung ist für das Frühjahr des Jahres 2014 geplant. Im April 2011 soll der flugbereite Motor auf der AERO, der internationalen Luftfahrtmesse in Friedrichshafen, der Öffentlichkeit präsentiert werden. Als »Urmutter der Wellblechvögel« wird die Junkers F13 dann wieder ihre Kreise am Himmel ziehen. ■

Veranstaltungen & Ausstellungen

Januar bis März 2011

MUSEUMSINSEL

SONDERAUSSTELLUNGEN

bis Ende 2011

Voraussichtlich Mitte März bis Mitte Mai

Entwicklung des Universums

Felix Candela: Meister

der Schalenbauweise

Voraussichtlich bis Oktober 2011

Geliebte Technik der 1950er Jahre

SCHLIESSUNGEN

Am 1. Januar und am 8. März (Faschingsdienstag) ist das Museum geschlossen.

Geschlossen sind die Abteilungen Chemie, Wasserbau/Brückenbau, die Modelleisenbahn 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.

BIBLIOTHEKSRECHERCHE AM COMPUTER – VON GRUND AUF ERKLÄRT

Informationen: Benedikt Marchand, Tel. 089/21 79 - 226,

E-Mail: b.marchand@deutsches-museum.de,

Treffpunkt: Foyer der Bibliothek des Deutschen Museums

Fr 21.1., 15.00 Uhr und Di 25.1., 10.00 Uhr

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

10.1. **Zwischen Fachwissenschaft und Öffentlichkeit:**

Das populärwissenschaftliche Sachbuch

24.1. **A Year Inside-Out: Assessing the Impact of the**

Natural History Museum's Darwin Center

WISSENSCHAFT FÜR JEDERMANN

Mittwoch 19.00 Uhr, Ehrensaal, 1. OG, Abendkasse ab 18 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,-€, Mitglieder frei

12.1. **Die erweiterte Synthese der Evolutionstheorie**

19.1. **Epigenetik: Überstrukturen unserer Gene**

26.1. **Radioastronomie**

2.2. **Astronomie**

SENIORENFÜHRUNGEN

Donnerstag 10.00 und 14.00 Uhr, Treffpunkt: Eingangshalle, Anmeldung: Seniorenbeirat der LH München, Burgstraße 4, 80331 München, Tel. 089/233 - 211 66

Do 13.1. **Aus Kraft wird Strom, Besuch der Abteilung**

Neue Energietechniken

Do 10.2. **Aus Kraft wird Strom, Besuch der Abteilung**

Neue Energietechniken

Do 10.3. **Vom Atom zur Seifenblase, Vorführung von**

Nanophänomenen im Zentrum Neue Technologien

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

12.1.

»Forschen – Bauen – Fliegen«, Entwicklung der Luftfahrt

2.2.

Heilen und Morden mit Arsen

16.3.

You are Chemistry, Ausstellung Pharmazie

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

Mi 19.1., 18.00 Uhr der dritte mittwoch **Telemanniana**

So 23.1., 11.15 Uhr Matinee **Das Siemens-Studio für elektronische Musik**

Sa 29.1., 14.30 Uhr Konzert **Prof. Schnorr an Ahrend- und Steinmeyer-Orgel**

Sa 12.2., 14.30 Uhr Konzert **Teilnehmer des Orgelkurses von Franz Raml**

So 13.2., 11.15 Uhr Matinee **Serpent und Ophikleide**

Mi 16.2., 18.00 Uhr der dritte mittwoch **Bach obligat – Sonaten für**

Violine/Viola und obligates Cembalo

Mi 16.3., 18.00 Uhr der dritte mittwoch **Auf vielerley Tasten. Werke für**

Cembalo und Hammerflügel

Sa 26.3., 14.30 Uhr Konzert **Prof. Maureen an der Ahrend-Orgel**

Mo 28.3., 19.00 Uhr Konzert **Triangulum – Mythologie des Himmels**

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

Di 11.1., 14.00 Uhr **Fadenglas**

Fr 18.2., 11.30 u. 14.00 Uhr **Glasperlen**

Sa 19.2., 11.30 u. 14.00 Uhr **Glasperlen**

Di 15.3., 14.00 Uhr **Montagetechnik**

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 und 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,- € (inkl. Museumseintritt)

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

29.1., 5.2., 19.2., 26.2., 5.3., 12.3., 26.3., jeweils Samstag, 13.00–16.45 Uhr

TRY IT – WORKSHOPS FÜR JUNGE LEUTE AB 13

Information und Anmeldung: Gabriele Kramer, Tel. 089/21 79 - 592,

E-Mail: g.kramer@deutsches-museum.de, Treffpunkt: Eingangshalle

Sa 19.3., 10.00 Uhr **Der genetische Fingerabdruck**

Veranstaltungen & Ausstellungen

Januar bis März 2011



Unterwegs fürs Seelenheil?! Pilgerreisen gestern und heute

VERKEHRSZENTRUM

SONDERAUSSTELLUNGEN

bis 23. Januar Unterwegs fürs Seelenheil?! Pilgerreisen gestern und heute
ab 28. Januar Benz & Co. – 125 Jahre Benz Patent-Motorwagen

SONDERFÜHRUNGEN DURCH DIE AUSSTELLUNG »UNTERWEGS FÜRS SEELENHEIL?!«

Kosten: Museumseintritt zzgl. 5,- €
6.1., 13.1., 20.1., jeweils Donnerstag, 15.00 Uhr
9.1., 16.1., 23.1., jeweils Sonntag, 11.00 Uhr

VORTRAG ZUR AUSSTELLUNG »BENZ & CO.«

So 30.1., 11.00 Uhr »Hexenkarren«, pferdelose Wagen und »Benzine«,
Carl Benz und die ersten Jahre des Automobils

VORTRÄGE

- Donnerstag, Beginn: 18.30 Uhr, Eintritt 3,- €, Mitglieder frei
- 13.1. Die transsibirische Eisenbahn
 - 20.1. MUTE – die TU München baut ein Elektrofahrzeug
 - 27.1. Podiumsdiskussion Teilzeitauto: Neue Wege beim Carsharing
 - 10.2. E-Tour Allgäu – Elektromobilität als Erfolgsmodell für Tourismusregionen
 - 17.3. Podiumsdiskussion Geringe Geschwindigkeit, große Wirkung – Tempo 30 in der Stadt
 - 31.3. Zukunft des Bahnknotens »Metropolregion München«

SENIORENFÜHRUNGEN

Treffpunkt: Eingangshalle, Anmeldung: Seniorenbeirat der
LH München, Burgstraße 4, 80331 München, Tel. 089/233-21166
Mi 16.2., 14.00 Uhr Mobilität und Technik, 240 Jahre mechanische
Straßenfahrzeuge

KINDER- UND JUGENDPROGRAMM IM VERKEHRSZENTRUM

Buchung von Kindergeburtstagsfeiern unter Tel. 089/2179-597

FAHRRAD-FLICK-KURSE

Eintritt: 3,- € zzgl. 1,50 € Materialkosten, Treffpunkt: Kasse,
Anmeldung erforderlich: Tel. 089/50 08 06-500
5.1., 2.2., 2.3., jeweils Mittwoch, 14.30–15.30 Uhr

FAHRRAD-GESCHICHLICHKEITSPARCOURS UND MOBILE FAHRRADWERKSTATT

Für Kinder von 6 bis 12 Jahren, Anmeldung Tel. 089/50 08 06-500,
Fax 089/50 08 06-501, Kosten: 3,50 € pro Kind (Ferienpassinhaber: 2,- €)
zzgl. 1,50,- € Materialkosten; Begleitpersonen: Museumseintritt
Fr 11.3., 11.00–16.00 Uhr

KINDERFÜHRUNGEN

Kosten: Museumseintritt

Wie die Kutsche auf die Schiene kam

Treffpunkt: Halle II vor S3/6
Do 6.1., Sa 5.2., Mo 7.3., Sa 26.3., jeweils 14.30 Uhr

Vom Hochrad zum Mountainbike

Treffpunkt: Kasse
Sa 8.1., Sa 29.1., Sa 19.2., Mi 9.3., jeweils 14.30 Uhr

Geschichten und Geschichte der Trambahn

Treffpunkt: MAN-Lkw (Halle I)
So 2.1., So 23.1., Sa 26.2., jeweils 14.30 Uhr

Wie das Auto laufen lernte

Treffpunkt: Kasse
Sa 15.1., Sa 12.2., Sa 5.3., Sa 12.3., jeweils 14.30 Uhr

Warum braucht die Eisenbahn Signale?

Treffpunkt: Halle II vor S3/6
Fr 7.1., Do 10.3., jeweils 14.30 Uhr

Winker, Blinker und Verkehrszeichen

Treffpunkt: MAN-Lkw (Halle I)
Di 4.1., Fr 4.3., jeweils 14.30 Uhr

**Sonderausstellung
Benz & Co
125 Jahre Benz Patent Motorwagen**

Ab 28. Januar

**Verkehrszentrum
des Deutschen Museums**



FLUGWERFT SCHLEISSHEIM



SONDERAUSSTELLUNGEN

bis 9. Januar Der Radrennfahrer und Aviatiker Thaddäus Robl

VORTRÄGE

Sa 8.1., 14.00 Uhr Der Radrennfahrer und Aviatiker Thaddäus Robl
Sa 5.2., 14.00 Uhr Oberschleißheim und der Schleißheimer Flugplatz
während der NS-Zeit 1933–1945

PLASTIKMODELLBAU-AUSSTELLUNG DIE LUFTFAHRT IM KLEINEN

Information und Anmeldung für Aussteller: Traudl's Modellbauladen,
Tel. 089/892 94 58, Fax 089/81 89 77 20, Kosten: Museumseintritt
Sa 19.3. und So 20.3., jeweils 9.00–17.00 Uhr

KINDER- UND JUGENDPROGRAMM IN DER FLUGWERFT

FLUGMODELLBAUKURS

Für Kinder ab 12 Jahren, Jugendliche und Erwachsene
Anmeldung: Tel. 01 73/480 73 68, E-Mail: epocheIII@t-online.de
Kosten: 49,- € (je nach Modell, inklusive Kursgebühr, Materialkosten
und Museumseintritt); Werkzeug wird gestellt.
Di 4.1., Sa 22.1., Sa 12.2., Sa 26.2., Sa 26.3., jeweils 9.00 Uhr

WORKSHOP »FLIEGENDE OBJEKTE«

Für Kinder von 9 bis 13 Jahren
Anmeldung erforderlich in der Flugwerft unter: Tel. 089/31 57 14 - 10
Kosten: 5,- € (zzgl. Museumseintritt); Sa 12.3., 10.00 Uhr

DEUTSCHES MUSEUM BONN

SONDERAUSSTELLUNGEN

bis 1. Mai 2011 Leonardo da Vinci – Bewegende Erfindungen

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 1.2., 19.00 Uhr Pauls portables Planetarium

ROBOCUP

Kosten: Museumseintritt
So 27.2., 10.00 Uhr RoboCup Junior

LEONARDO DA VINCI – BEWEGENDE ERFINDUNGEN

Eintritt frei
Di 15.3., 19.00 Uhr Vortrag: Mechanik vor, bei und nach Leonardo da Vinci

VORTRAGSREIHE VULKANISMUS

Eintritt frei
Di 22.2., 19.00 Uhr Vulkanismus
Di 22.3., 19.00 Uhr Vulkanismus

KÜCHENWISSENSCHAFTEN

Eintritt frei
Di 29.3., 19.00 Uhr Energetisch und stofflich nutzbare
nachwachsende Rohstoffe

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

Deutsches Museum intern

Tipps, Ausstellungen, Publikationen

PUBLIKATIONSPREIS 2009

Am 26. Oktober wurde im Bibliotheksbau des Deutschen Museums der traditionelle Publikationspreis für Veröffentlichungen des Vorjahres aus dem Deutschen Museum und dem Münchner Zentrum für Wissenschafts- und Technikgeschichte (MZWTG) bei einem kleinen Festakt verliehen. Die Jury, bestehend aus Prof. Dr. W. M. Heckl, Prof. Dr. H. Trischler, Prof. Dr. U. Wengenroth und Frau U. Leutheuser, hatte in ihrer Sitzung vom 11. Oktober 2010 einstimmig über die Preise befunden und beschlossen, für das Jahr 2009 zwei Forschungspreise zu vergeben.

Die Laudatio für Dr. Philipp Aumanns bereits mit dem Nachwuchspreis der Georg-Agricola-Gesellschaft für Naturwissenschafts- und Technikgeschichte ausgezeichnete Dissertation *Mode und Methode. Die Kybernetik in der Bundesrepublik Deutschland* lautete: »Die Begriffe ›Mode‹ und ›Methode‹ markieren das Spannungsfeld, in dem sich die Kybernetik in der Bundesrepublik Deutschland entwickelte. Als Modewissenschaft der 50er und 60er Jahre zog sie in vielen anderen Staaten des westlichen wie des östlichen Machtblocks große öffentliche Aufmerksamkeit auf sich, auch in der Bundesrepublik. Dr. Aumann entfaltet die Geschichte dieser Wissenschaft, deren Bild sich wie keine andere in der Öffentlichkeit ausprägte, anhand von vier kybernetischen Forschungsfeldern und liefert eine sehr überzeugende Erklärung dafür, warum es den Akteuren nicht gelang, eine einheitliche Methode auszubilden und damit eine stabile Institutionalisierung der Kybernetik als wissenschaftliche Disziplin zu erreichen. Dr. Aumann präsentiert in seinem auch grafisch sehr gelungenen Buch eine Vielzahl neuer Forschungsergebnisse und überraschender Einsichten – nicht nur zur Geschichte der Kybernetik, sondern weit darüber hinaus zum Verhältnis von Wissenschaft und Öffentlichkeit und damit zu einem Kernthema des Deutschen Museums.«

Der zweite Forschungspreis für das Jahr 2009 erging an Dr. Frank Dittmann für den Artikel *Technik versus Konflikt. Wie Datenetze den Eisernen Vorhang durchdrangen*. Die Würdigung

hatte folgenden Wortlaut: »Lange Zeit beherrschte das Bild eines undurchdringlichen Eisernen Vorhangs das Bild von der Ära des Kalten Krieges in Europa. Dass dieses Bild schief hängt, zeigt Dr. Dittmann anhand der Datenetze auf, die Wissenschaftler und Ingenieure über den Eisernen Vorhang hinweg gemeinsam entwickelten. Er richtet den Blick auf das International Institute for Applied Systems Analysis in Laxenburg bei Wien, das sich zu einem ›passage point‹ für Wissenschaftler aus Ost und West entwickelte, an dem Wissen ausgetauscht, technische Standards verhandelt und globale Datenetze konstruiert wurden. Wissenschaftlich-technische Infrastrukturen, wie sie in Laxenburg und andernorts errichtet wurden, waren Triebfedern der Globalisierung, auch und gerade in der Ära des Kalten Krieges. Die Jury unterstreicht mit diesem Preis, dass nicht nur große Monografien, sondern auch innovative Artikel, die noch dazu in hochrangigen ›peer reviewed journals‹ publiziert werden, herausragende Forschungsleistungen darstellen.«

Der Bildungspreis 2009 wurde für den Band *Nano- und Biotechnologie im Zentrum Neue Technologien* an die Herausgeber Dr. Florian Breitsameter, Dr. Birte Hauser, Dr. Walter Hauser und Dr. Lorenz Kampschulte sowie an Dr. Sabine Gerber-Hirt verliehen. In der Laudatio wurde die Publikation folgendermaßen gewürdigt: »Rechtzeitig zur Eröffnung des Zentrums Neue Technologien im Herbst 2009 hat das ›ZNT-Team‹ in einer gemeinsamen Anstrengung einen Begleitband zu den Ausstellungen des Zentrums vorgelegt. Der hervorragend gestaltete Band ist kein Ausstellungskatalog im üblichen Sinne, bei dem die Exponate erläutert und durch wissenschaftliche Begleitartikel eingerahmt werden. Er leistet weit mehr: Er bettet die ausgestellten Objekte in übergreifende wissenschaftlich-technische sowie auch wirtschaftliche, politische und gesellschaftliche Kontexte ein, er erläutert das innovative Konzept eines ›Public Understanding of Research‹ und er bietet dem Leser Einblicke in das Zustandekommen



der Ausstellung selbst. Auf diese Weise ist nicht nur ein instruktiver Führer durch das Zentrum Neue Technologien entstanden, sondern auch ein Wegweiser durch die komplexe Welt der Nano- und Biotechnologie. Der Band ist ein herausragendes Produkt der Bildungsarbeit des Deutschen Museums. Er ist zugleich aber ein signifikantes Produkt der Forschungstätigkeit des Museums, indem er auf hohem, aber verständlichem Niveau komplexe Wissenschaft und Technik transportiert und zugleich deutlich macht, auf welchem breitem wissenschaftlichen Fundament Ausstellungen des Deutschen Museums basieren.«

Dorothee Messerschmid-Franzen

Philipp Aumann, *Mode und Methode. Die Kybernetik in der Bundesrepublik Deutschland*. Abhandlungen und Berichte, Neue Folge, Band 24, Göttingen 2009

Frank Dittmann, *Technik versus Konflikt. Wie Datenetze den Eisernen Vorhang durchdrangen*. In: Manfred Sapper, Volker Weichsel mit Klaus Gestwa, Stefan Rohdewald (Gastherausgeber) (Hg.): *Kooperation trotz Konfrontation. Wissenschaft und Technik im Kalten Krieg*, Berlin 2009

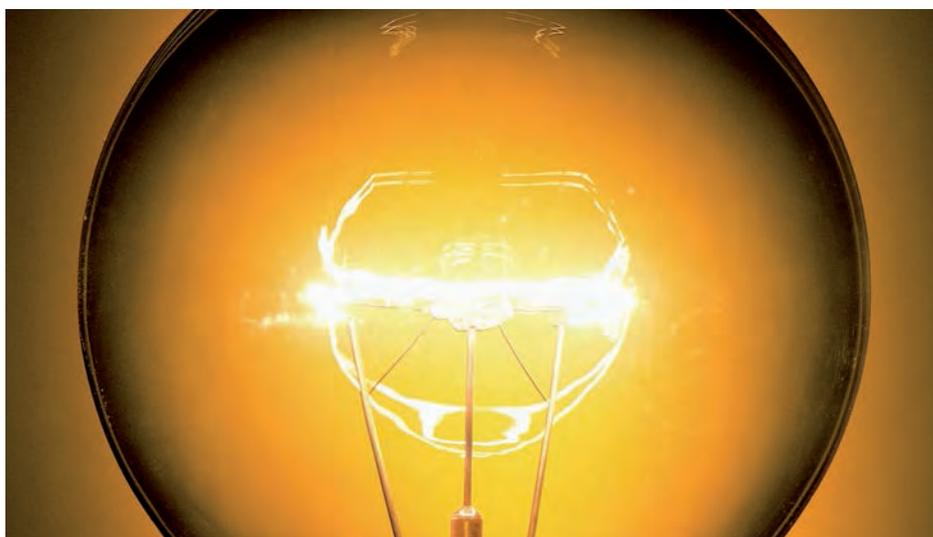
Florian Breitsameter, Birte Hauser, Walter Hauser und Lorenz Kampschulte (Hg.), *Nano- und Biotechnologie im Zentrum Neue Technologien*. München 2009



Ein Lob für exzellente Wissenschaft und Forschung im Deutschen Museum

Der Senat der Leibniz-Gemeinschaft bescheinigte dem Museum nicht nur in seinen Museumsaufgaben, sondern auch in seiner Aufgabenstellung als Forschungsmuseum herausragende wissenschaftliche Leistungen. Gelobt wurden insbesondere die Publikationsleistungen. Hervorgehoben wurde auch die enge Zusammenarbeit zwischen dem Museum und den Münchner Universitäten.

»LICHTBLICKE – EINE KLEINE GESCHICHTE DER BELEUCHTUNG«



Neuer Wissens-Podcast der Abteilung Publikationen

Kann man Licht hören? Eigentlich nicht. Aber man kann darüber reden, Geschichten erzählen und Bilder zeigen – kurz: Wissen vermitteln. Genau das hatte sich im vergangenen Jahr ein Projektteam des Deutschen Museums vorgenommen. Das Resultat seiner Tätigkeit liegt nun vor: *Lichtblicke – eine kleine Geschichte der Beleuchtung*, ein neuer Wissens-Podcast. Er wurde vom Juni bis Oktober 2010 entwickelt und produziert; gefördert und unterstützt durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit.

Anlass und Aufhänger für das Projekt waren die verschiedenen EU-Verordnungen zur schrittweisen Ersetzung der Glühfadenlampen – umgangssprachlich als »Glühbirnen« bekannt – durch wirksamere Beleuchtungsmittel. Dabei könnten in Deutschland allein im privaten Bereich rund vier Millionen Tonnen CO₂ vermieden werden, wie das Bundesumweltamt errechnet hat.

»Wir wollten einerseits die gegenwärtigen Beleuchtungsmittel und ihre Vor- und Nachteile vorstellen. Andererseits war uns der historische Rahmen wichtig«, erzählt Karl Allwang, Kurator



Die »Lichtblicke« kann man sich auf jedem MP3-fähigen Abspielgerät anhören und anschauen, natürlich auch auf einem PC.

der Abteilung Kraftmaschinen und Projektleiter. »Im Zuge der aufgeregten Diskussion vergisst man gerne, dass die Glühfadenlampe nur eine kleine Episode in der Geschichte der Beleuchtung ausmacht.« Die im Übrigen noch lange nicht abgeschlossen ist. Daher wird im Schlusskapitel ein Blick in die Zukunft geworfen. »Natürlich haben wir immer wieder auf die Ausstellungen und Sammlungen des Deutschen Museums Bezug genommen«, betont der Abteilungsleiter für Publikationen, Rolf Gutmann.

Das Ergebnis ist ein rund halbstündiges bebildertes Hörstück, das auf jedem MP3-fähigen Gerät abgespielt werden kann, ob Mobiltelefon, iPod, Smartphone oder einfacher MP3-Player – genau wie der neue Audioguide *Durch Welt, Raum und Zeit*, dessen erste Folge seit September auf der Homepage des Deutschen Museums heruntergeladen werden kann.

Ferner steht dem Nutzer ein ausführliches Begleitheft im PDF-Format zur Verfügung, das zahlreiche Tabellen und technische Skizzen enthält.

Die Anwendung wurde vom Audioguide-Team der Abteilung Publikationen produziert. Sabine Lorenz und Hans-Jürgen Stockerl, beide aus dem Bayerischen Rundfunk bekannt, sind die Sprecher. Der Medienexperte und Historiker Horst Kramer schrieb das Drehbuch. Die Umsetzung erfolgte in Zusammenarbeit mit der Firma Interaktion in den Münchner BOA-Studios.

Audioguide und Begleitheft sind auf den Internetseiten des Deutschen Museums zu finden und können dort kostenfrei heruntergeladen werden.

www.deutsches-museum.de/information/publikationen

BIBLIOTHEKSRECHERCHE AM COMPUTER – VON GRUND AUF ERKLÄRT

Sie sind nicht vertraut mit der Recherche im Internet? Sie haben keinerlei Erfahrungen mit modernen Online-Katalogen von Bibliotheken? Dann lassen Sie es sich von uns zeigen: Wir demonstrieren Ihnen von Grund auf, wie Sie sich am Computer auf den Benutzeroberflächen heutiger Bibliothekskataloge zurechtfinden und effektiv Literatur suchen können.

Wann? Wahlweise am Freitag, 21. Januar um 15 Uhr oder Dienstag, 25. Januar um 10 Uhr.

Wo? Treffpunkt im Foyer der Bibliothek des Deutschen Museums.

Ansprechpartner für Rückfragen: Benedikt Marchand, Tel. 21 79-226, E-Mail: b.marchand@deutsches-museum.de

Deutsches Museum intern

Publikationen, Leserbriefe



Kultur & Technik 2/2010

Thema: Kommunikation

Zunächst dachte ich, was soll dieser Zukunftskram in einem Museumsmagazin. Aber schon beim Lesen des höchst beunruhigenden Artikels »Handy im Kopf« tröstete ich mich mit: »Ein Glück, dass ich diese Zukunft nicht mehr erleben werde«. Schlauer Staub, die sozialisierbare Maschine – vielleicht merkt mal jemand, dass die Maschine dann auch asozialisierbar ist.

W. Luckner



Kultur & Technik 4/2010:

Vom Glanz vergangener Tage

Im Artikel wird im zweiten Absatz erwähnt, dass Max II. im Jahre 1848 am Starnberger See ritt und darüber einen Aufsatz mit dem Titel »Resultate der Besichtigung der Ufer des Starnberger Sees« verfasste. Was mich jetzt verwundert, ist die Tatsache, dass der bewusste See zur damaligen Zeit »Würmsee« genannt wurde und erst seit 1962 offiziell als »Starnberger See« bezeichnet wird. Können Sie mir in meiner Verwirrung weiterhelfen?

Peter Loch

Anm. d. Red.: Herzlichen Dank für den Hinweis: Max II. besichtigte den Würmsee.

Vom Glanz vergangener Tage: Kasten

Die in der Überschrift vorkommende Bezeichnung »Gamei« heißt korrekt Galmei und ist auch im Text einmal falsch und einmal richtig geschrieben. Als Galmei werden oxidische Zinkerze (Zinkcarbonate und -silikate) bezeichnet.

Bei den in Oberschlesien gefundenen Zinkerzen handelte es sich nicht um Zinkoxid, sondern um Zinkcarbonat (Zinkspat, edler Galmei) und Zinksulfid. Die chemische Formel von Zinkoxid lautet ZnO, denn Zink ist ein zweiwertiges Element. Wenn Zink beim Erstarren aus der Schmelze um über sechs Prozent schwindet, so liest sich das wie ein kleines Wunder, zumal die begründete Beherrschung durch hinreichend dünne Gussobjekte wenig plausibel ist. Gemeint ist vermutlich der bei dem sogenannten Destillationsverfahren entstehende Zinkverlust in der Größenordnung von fünf Prozent durch die Absorption von Zink durch das Muffelmaterial.

Dr. Gerhard Müller

Anm. d. Red.: Aufgrund einer fehlerhaften Korrektur wurde aus dem vom Autor korrekt angegebenen »Galmei« das »l« entfernt.

Schlusspunkt

Mit großem Bedauern habe ich gelesen, dass es keine Fräulein-Schröder-Kolumnen mehr geben wird. Wenn es stimmt, was der Autor schreibt, »dass mächtige Stimmen im Herausgebergremium langsam die Nase voll hätten von mir und meinen Fräulein-Schröder-Geschichten«, dann möchte ich hiermit meinen geharnischten Protest anmelden. Ich fand den Schnorbusch'schen Schlusspunkt immer sehr erheiternd und sehr lesenswert, zumal die leichte Muse, wenn auch nicht zur Technik, so doch wohl zur Kultur gehört. Wenn aber der Autor selbst Schluss machen wollte – es kann ja sein, dass ihm absolut nichts Passendes mehr einfällt –, wäre es doch sehr schön, wenn er ab und zu eine Postkarte veröffentlichen könnte, die ihm von Fräulein Schröder auf ihrer großen Reise doch sicherlich geschrieben wird.

Rudolf Göldner

Sehr geehrter Herr Schnorbusch, meine tief empfundene Anteilnahme an dem Verlust Ihres geschätzten Fräuleins, Frau Schröder (ohne sie wäre Ihre Kolumne ja undenkbar), entspringt ganz sicher auch meiner eigenen Enttäuschung über das Ende Ihrer letzten Seite. Was soll ich jetzt noch mit *Kultur & Technik* anfangen? Wie einen Kriminalroman habe ich jedes Heft von hinten nach vorne gelesen. Wenn ich es schließlich zur Seite legte, konnte ich immer noch sagen, die Lektüre hat sich ja gelohnt, auch wenn im Rest weiter vorne sehr viel Spezielles, Bayerisches, für mich Belangloses oder nur Kurioses folgte. Die Gedenktage der Technik hatten noch mein Allgemeinwissen spielerisch bereichert.

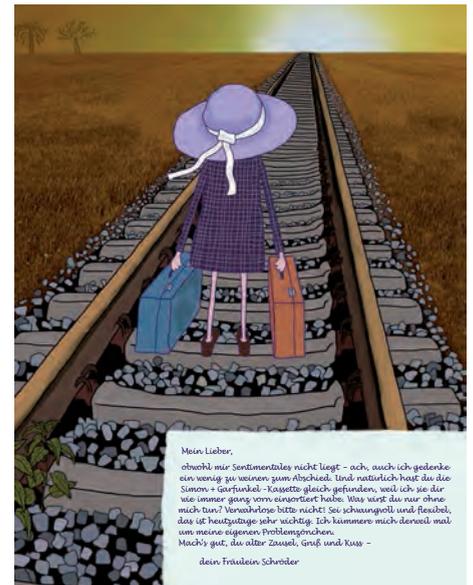
Auch sie sind (begleitet von meiner Protestnote an die Redaktion!) eingestampft worden. Bleibt mir noch »MikroMakro« als Trost. Auch wenn ich mich nur ungern mit über 60 Jahren duzen lasse, so sind doch diese Beiträge für Kinder auch für mich ein Gewinn. Die Bilder schließlich (auch die von Frau Konschak!) weisen für meine Geschmack die *Kultur & Technik* als eine »Super-Illustrierte« aus und ringen mir noch ein letztes großes Lob ab!

Dr.-Ing. Jörg Hemptenmacher

Mit großem Interesse lese ich seit Jahren die Zeitschrift *Kultur & Technik*. Die Mitteilung, dass die Rubrik Schlusspunkt von Daniel Schnorbusch enden soll, hat mich hingegen traurig gestimmt. Ich habe diese Rubrik in jedem Heft mit großem Genuss gelesen. Besonders angesprochen hat mich die erfrischend andere Sicht auf die Hauptthemen des jeweiligen Heftes. Vielleicht können Sie Ihre Entscheidung in dieser Sache noch einmal überdenken?

Dr. Arnd Leike

Anm. d. Red.: Aus der Vielzahl der Zuschriften zum Thema »Schlusspunkt« haben wir einige ausgewählt.



Mein Lieber,
obwohl mir Sentimentales nicht liegt – ach, auch ich gedenke ein wenig zu weinen zum Abschied. Und natürlich freut Sie die Simon + Garfunkel - Kassetten gleich gefunden, weil ich sie der wie immer ganz vorn einsortiert habe. Was wird das nur ohne mich sein? Verschiedene nette nicht so schmerzhaft und freudig, das ist heutzutage sehr wichtig. Ich kümmere mich davor mal um meine eigenen Problemmögen.
Mach's gut, das wäre Zuseh, ganz und Kiss -
dein Fräulein Schröder

Zuschriften von Leserinnen und Lesern geben die Meinung des jeweiligen Verfassers wieder. Die Redaktion behält sich das Recht vor, Leserbriefe zu kürzen. Es besteht kein Recht auf Abdruck unverlangt eingesandter Manuskripte.

Freundes- und Förderkreis

Deutsches Museum e. V.

EIN GELBER TATA NANO FÜR DAS DEUTSCHE MUSEUM



Er sei stolz darauf, den Nano nun hier in den ehrwürdigen Hallen des Deutschen Museums zu sehen, die »natürlich auch in Indien bestens bekannt sind«, sagte Tata Motors CEO Carl-Peter Forster bei der Übergabe des Tata Nano an das Verkehrszentrum auf der Theresienhöhe. Mit Generaldirektor Prof. Wolfgang Heckl und der Vorsitzenden des Vorstandes des Freundes- und Förderkreises, Isolde Würdehoff, sowie dem indischen Generalkonsul Anup K. Mugdal zog Forster dann am weißen Laken, unter dem der gelbe Nano zum Vorschein kam. Die zahlreichen Gäste des Festaktes ließen sich weder das Probesitzen noch das kleine indische Buffet entgehen.

Forster erzählte in seiner Ansprache die längst berühmt gewordene Anekdote, wie Ratan Tata, der Konzernchef des 1945 gegründeten Unternehmens, auf die Idee kam, das mit Abstand billigste Auto der Welt zu entwickeln: Herr Tata sah einmal eine vierköpfige Familie auf einem Moped bei Regen durch die Nacht fahren und dachte sich, es müsse eine bessere und komfortablere Art zu reisen geben. Und so wurde die Idee für den Nano geboren. Tata wollte ein

bezahlbares Auto für Familien schaffen, das bei jedem Wetter gefahren werden kann.

Das One-Lakh-Auto (ein Lakh sind 100.000 Rupien, umgerechnet um die 1600 Euro) wurde 2008 in Delhi vorgestellt und im März 2009 offiziell auf dem indischen Markt eingeführt. Heute fahren bereits 75 000 Nanos durch Indiens Megacities und Städte. Trotz Wirtschaftskrise und Umsiedlung der Nano-Fabrik von Westbengalen nach Gujarat wurde der Traum vom eigenen Volkswagen seit dem Verkaufsstart nun schon für viele Inder Wirklichkeit. Insgesamt 14 Millionen indische Familien, so schätzt das Unternehmen, könnten sich in den kommenden Jahren einen Nano leisten. Außerdem soll der pfiffige, mit viel deutschem Know-how entwickelte Wagen (Einspritzpumpe von Bosch, Nockenwelle vom Formel-1-Zulieferer Mahle, Motoraufhängung von Freudenberg), der sich auch durch einen vergleichsweise niedrigen CO₂-Ausstoß auszeichnet, bald in andere Schwellenländer wie Ägypten, Brasilien oder Indonesien exportiert werden. Ein Nano für den europäischen Markt – er soll unter 5000 Euro kosten – ist erst 2014 zu erwarten.



 Neuzugang aus Indien: Isolde Würdehoff, Carl-Peter Forster, Prof. Wolfgang Heckl und Anup K. Mugdal (v.l.n.r.) enthüllen den Tata Nano im Verkehrszentrum.

Dass der Nano nun seine Deutschlandpremiere im Deutschen Museum feiert und künftig in der Halle III im Bereich »Forscher und Erfindungen« zu sehen sein wird, ist dem Engagement des Freundeskreises zu verdanken, insbesondere Camilo Dornier, Prof. Wolfgang Heckl und Dr. Bernd-A. von Maltzan. Letzterer setzte seine gute Bekanntschaft mit Carl-Peter Forster dazu ein, den Nano nach München zu holen und den durch sein Studium der Raumfahrttechnik an der TU mit München verbundenen Forster obendrein als neues Mitglied für den Freundeskreis zu werben. *Monika Czernin*

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

Schlusspunkt

Der Laser



Ach, was soll ich sagen? Sie ist weg und ich bin hier. Wie lange noch? – Ich weiß es nicht. Kommt sie überhaupt jemals zurück? Selbst das weiß ich nicht. Und draußen? Draußen, da graut der Dezember. Es regnet, es stürmt, die letzten gefallenen Blätter wirbeln über den Asphalt. Der erste Schnee. »Weh mir, wo nehm ich, wenn es Winter ist, die Blumen und wo den Sonnenschein, und Schatten der Erde ...« Ich halte das Kärtchen in der Hand, auf dem sie mir eine Postfachnummer in

hören und Belanglosigkeiten zurückgeben? Und wenn es wichtig ist? Ich drücke, und am anderen Ende der Leitung sagt eine raue Frauenstimme, dass Jasmin Lenz mit mir spreche. Die Stimme von Jasmin Lenz sagt, es würde nicht lange dauern. Die Belohnung sei eine kostenlose Beratung zur Optimierung meiner Altersversorgung. Immerhin: Die Stimme ist sympathisch. Eine Telefonstimme. Eine tröstliche, eine, ich gebe es zu, verführerische Stimme. Es hat Zeiten gegeben, da hätte ich einfach

sonst schwarz würden, und dann legte sie auf. Soll sie doch an ihren Dinkelkekse ersticken, dachte ich und fand mich selbst einfach nur zum Kotzen. Wie weit muss ich denn eigentlich noch sinken? Draußen ist es inzwischen dunkel geworden. Im Licht der Straßenlaternen rieseln die Schneeflocken. Zwei Wochen bis Weihnachten. Drei bis Silvester.

Soll ich nicht nach Spiekeroog fahren, mich an den Tresen setzen und mich von Heiligabend bis Dreikönig im Blanken Hans betrinken? Vielleicht kommt ja auch irgendeine Meerjungfrau vorbeigeschwommen, die ein Herz hat für einen Gestrandeten. Ach, alles Unsinn. Die Meerjungfrauen sind zu dieser Zeit samt und sonders auf Gran Canaria. An der Nordsee, da kommt im Winter bestenfalls ein Seeungeheuer vorbei. Ich öffne meine Faust, und der zusammengeknüllte Zettel mit Fräulein Schröders Postfachnummer ist immer noch da. Ushuaia. Ich schreibe ihr einen Brief, ich schicke ihr ein Päckchen, ich sende ihr hundert rote Rosen und eine Locke meines ausgebleichenen Haares zum Zeichen meiner immerwährenden Liebe. Das werde ich tun und ich werde auf Nachricht warten, auf Antwort, auf irgendein Zeichen.

Feuerland

Text: Daniel Schnorbusch, Illustration: Jana Kanschak

Ushuaia, Feuerland, aufgeschrieben hat. Für den Notfall. Ich halte die Karte in der Hand und wandere durch die Wohnung, die jetzt nur meine Wohnung ist. Merkwürdig, wie anders mir alles vorkommt. Ich öffne die Türen, schaue in die Zimmer, niemand da. Ich schließe die Türen wieder, gehe unschlüssig im Flur auf und ab. Ich müsste mal wieder putzen. Ziemlich viel Staub hier. Ein paar Glühbirnen müssten ausgetauscht werden. Es ist irgendwie so finster. Und unsere Küche?

Die Küche ist im Grunde aufgegebene Zone. Ich könnte mir mal wieder einen neuen Frühstücksteller nehmen. Seit vier Tagen benutze ich immer denselben. Am Messer kleben die Reste verschiedener Marmeladen und Butterschlieren, die glänzen wie Gold. Das ganze Messer klebt eigentlich. Aber die Spülmaschine lohnt sich einfach nicht mehr und zum Abwaschen habe ich definitiv keine Lust.

Ich lausche und höre den Stromzähler summern. Wenn man sich konzentriert und genau hinschaut, dann weiß man, wann die rote Markierung auf dem gezahnten Stromzählerrad vorbeihuscht. Jetzt – jetzt – jetzt – jetzt ...

Die Dielen knarzen, ein Wasserhahn tropft. Irgendwo im Haus hört jemand Pink Floyd. Das Telefon klingelt und ich zucke zusammen. Früher waren die Geräusche viel leiser. Die Nummer auf dem Display kenne ich nicht. Soll ich den grünen Knopf wirklich drücken? Will ich jetzt sprechen? Belanglosigkeiten

den roten Knopf gedrückt oder hätte mit einer Klage gedroht. Aber ich bin zu schwach und ergebe mich widerstandslos und sage »ja, ich habe Zeit, Frau Lenz, ich habe alle Zeit der Welt«. Das scheint sie zu freuen, denn ein kleines Lachen dringt an mein Ohr. Und nachdem ich mehr als bereitwillig alle Fragen zu meinem Alter, meinem Beruf, meinem Einkommen beantwortet habe, da höre ich mich tatsächlich sagen, ob sie, ob Frau Lenz also, ob sie sich demnächst mal von mir auf einen Kaffee einladen ließe. Nur so einen Kaffee. Da wird es ganz still am anderen Ende der Leitung, ein Zögern, ein Räuspern, und dann, nach einer Pause, verspricht sie mir, dass ich bald von ihr hören werde. Jetzt aber müsse sie unser Gespräch leider beenden.

Ich lege auf und denke im selben Augenblick: »Was machst du hier eigentlich? Lädt wildfremde Frauen, die dir am Telefon eine Altersversorgung andrehen wollen, auch noch zum Kaffee ein.« Letzte Woche war ich schon drauf und dran, die Aushilfe im Backshop, die mit dem Nasenpiercing und dem Schultertattoo, zu fragen, ob sie nicht mal mit mir ins Museum gehen wolle. Und – ich fasse es selbst kaum – sogar Gudrun habe ich angerufen. »Wollte nur mal hören, wie es so geht«, habe ich gesagt, und Gudrun hat geantwortet: »Gut«. Sie sagte einfach nur: »gut«, und dann sagte sie etwas von Dinkelkekse in ihrem Ofen, die sie jetzt herausholen müsse, weil sie

POSTSKRIPTUM:

Einige Tage später höre ich von Frau Lenz. Ein Herr Wimmer steht vor meiner Tür und lässt mich schön von ihr grüßen. Er habe alle Unterlagen dabei, ich müsse nur noch hier, hier und hier unterschreiben, dann sei alles geritzt, inklusive Todesfallversicherung in Höhe von fünftausend Euro. »Wozu brauche ich die?«, frage ich. »Na, für die Beerdigung«, sagt Herr Wimmer und klopft mir jovial auf die Schulter, »damit Ihre Angehörigen nicht auf den Kosten sitzenbleiben.« »Ushuaia«, denke ich und unterschreibe. ■

KUNSTSTOFFE

Die ersten Kunststoffe wurden Mitte des 19. Jahrhunderts entdeckt, in vielen Fällen noch durch reinen Zufall. Ihren großen Siegeszug erlebten diese neuen Werkstoffe jedoch erst nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs, nicht zuletzt, weil die chemische Industrie ihre Rohstoffgrundlage von der Kohle auf den Rohstoff Erdöl umgestellt hatte. Heute bestimmt das Material Kunststoff mit seinen schier unendlich scheinenden Spielarten unsere Technik und unseren Alltag so sehr, dass man unser Zeitalter mit Fug und Recht als »Kunststoffzeitalter« bezeichnen kann. Lassen Sie sich in unserer nächsten Ausgabe in die bunte Welt der Makromoleküle entführen.



Langlebigkeit gilt gemeinhin als Vorteil eines Produkts. Aus Sicht der Umweltschützer sind unverrottbare Kunststoffe allerdings ein großes Problem, beispielsweise wenn sie im Meer entsorgt werden.

Die Karosserie des legendären »Trabi« wurde aus baumwollverstärktem Phenoplast hergestellt.

Abbildungen: istockphoto.com/ivar Rosenber; greenpeace

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. Frank Dittmann,
Johannes-Geert Hagmann

Redaktion: Sabrina Landes-Rachlé (Leitung), Bärbel
Bruckmoser (Redaktion), Andrea Bistrich, Manfred
Grögler (Korrektur), Birgit Schwintek (Grafik)
folio gmbh, Gistelstraße 63, 82049 Pullach
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, Telex 521 50 85
beck d, Telefax (089) 3 81 89-398, Postbank: Mün-
chen 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 (Kura-
tor für Luftfahrt), Dr. Elisabeth Vaupel (For-
schungsinstitut für Technik- und Wissenschaftsge-
schichte), Bernhard Weidemann (Leiter Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit Deutsches Museum)

Herstellung: Bettina Seng, Verlag C.H.Beck

Anzeigen: Fritz Leberher (verantwortlich), Verlag
C.H.Beck oHG, Anzeigen-Abteilung, Wilhelm-
straße 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 Naturwissen-
schaften 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 Technikge-
schichte, 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 Ver-
lag.

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 Urheberrechts-
gesetzes bedarf der Zustimmung des Verlags. Der
Verlag haftet nicht für unverlangt eingesandte
Beiträge und Bilddokumente.

ISSN 0344-5690

