

Verwandlungskünstler Ton, Feuer und Wasser sind Grundkomponenten bei der Herstellung klassischer Keramik

Starke Leistung In zahlreichen Alltagsprodukten verbirgt sich moderne Hochleistungskeramik

Geht nicht gibt's nicht Ende Januar 2016 verstarb der erfolgreiche Unternehmer und Erfinder Artur Fischer

KULTUR & TECHNIK

Kosmos Keramik

Uralt ist die Kunst, aus Ton Gefäße zu formen.
Moderne keramische Werkstoffe reisen sogar zum Mars.



**Liebe Leserin,
lieber Leser,**

Hand aufs Herz – wann waren Sie das letzte Mal in der Ausstellung Keramik? Sie liegt ein wenig versteckt hinter Altamira-Höhle und Glasbläserwerkstatt und erläutert Geschichte und Technik eines der ältesten Werkstoffe der Menschheit. Gezeigt werden keramische Produkte, Gerätschaften und Maschinen aus Alltag, Forschung und Entwicklung. 2009 wurde die Ausstellung inhaltlich komplett überarbeitet. Insbesondere der modernen Hochleistungskeramik wurde mehr Raum gegeben. Nicht nur bei Kindern beliebt ist die Miniziegel-Modellanlage, die mit Unterstützung des Freundeskreises des Deutschen Museums aufwendig restauriert wurde. Bei den regelmäßigen Vorführungen erleben Sie die Herstellung von Ziegeln beginnend mit dem »Füttern« der Anlage mit Ton über das Brennen bis hin zum kleinen Modellziegel, den Sie mit nach Hause nehmen können. Themen, die in diesem Magazin nur oberflächlich aufgegriffen werden konnten, können Sie in der Ausstellung vertiefen. Erwähnen möchte ich nur die Entwicklung der Brennöfen, die Sie anschaulich anhand von Modellen verfolgen können,

aber auch das enorme Potenzial und die Einsatzgebiete technischer Keramik. Ein Beispiel sehen Sie auf unserem Titelbild: Schale und Kugel gehören zu einem künstlichen Hüftgelenk. Sie sind aus Biokeramik hergestellt.

Habe ich Ihnen den Mund ein wenig wässrig gemacht? Dann schauen Sie bald vorbei!

Ich freue mich auf Sie,
Ihr

Professor Dr. Wolfgang M. Heckl
Generaldirektor



6
Um 200 v. Chr. fertigten die Mochica in Peru lebensnahe Figuren aus Ton in großer Zahl. Aus den Bildnissen lernen Forscher heute viel über diese untergegangene Kultur.



10
Bevor Ton weiterverarbeitet werden kann, wird er sorgfältig gereinigt.



18
Technische Keramik ist enorm vielseitig. Eine Propellerbremse für Flugzeuge beispielsweise soll leicht und belastbar sein.



24
In Japan wurde die spezielle Technik des Rakubrandes entwickelt.



30
1000 Jahre nachdem in China erstmals Porzellan produziert worden war, entdeckte man in Europa das Geheimnis seiner Herstellung.



34
Antike Vorratsgefäße aus Ton werden in großer Zahl gefunden. Archäologen lernen daraus viel über vergangene Epochen.



44
Vom Luxusliner zum Linienflug: eine kurze Geschichte der Innenausstattung von Flugzeugen.



50
Der großartige Erfinder und Unternehmer Artur Fischer ist verstorben. Ein Nachruf.

KOSMOS KERAMIK

- 6** **Eine (fast) unendliche Geschichte**
Stationen in der Entwicklung der Keramik | **Von Sabrina Landes**
- 10** **Verwandlungskünstler**
Die Chemie keramischer Produkte | **Von Elisabeth Vaupel**
- 18** **Starke Leistung**
Technische Keramik mit erstaunlichen Fähigkeiten | **Von Christian Rauch**
- 24** **»Die Welt hat sich in der Teeschale gefunden«**
Die Entwicklung der japanischen Raku-Technik | **Von Gisela Jahn**
- 30** **Weißes Gold**
1709 wurde das erste europäische Porzellan hergestellt | **Von Sabrina Landes**
- 33** **Die rote Kaffeekanne**
Das besondere Objekt: Böttgersteinzeug | **Von Elisabeth Vaupel**
- 34** **Gemalte Geschichte**
Kleine Einführung in die antike Vasenmalerei | **Von Ronald Boisson**
-

MAGAZIN

- 44** **Willkommen an Bord!**
Vom Luxusliner zum Linienflugzeug | **Von Thomas N. Kirstein**
- 50** **Geht nicht gibt's nicht**
Zum Tod von Artur Fischer | **Von Dirk Bühler**
-

STANDARD

- 3** **Editorial**
- 40** **MikroMakro**
Die Seiten für junge Leser
- 55** **Deutsches Museum intern**
- 64** **Schlusspunkt**
- 66** **Vorschau, Impressum**

Eine (fast) unendliche Geschichte

Das älteste keramische Artefakt, das bisher gefunden wurde, ist eine kleine weibliche Figur. Vor über 25 000 Jahren hat sie vielleicht ein müder Jäger am Lagerfeuer sitzend geformt. Von Sabrina Landes

Ton und Lehm sind die Rohstoffe, aus denen Menschen die ältesten uns bekannten Kulturgüter schufen. Ein Material, das überall zur Verfügung steht und sich ohne größere Hilfsmittel sogar von Kindern so bearbeiten lässt, dass am Ende ein Kunst- oder Gebrauchsgegenstand entsteht. Aus der tonhaltigen Nilerde schuf der ägyptische Schöpfergott Chnum Menschen und Tiere. Jahwe formte den Menschen aus dem Staub der Erde und blies ihm den Lebensatem ein. Enki, der Bildhauergott der Sumerer, knetete aus lehmigem Schlamm zwei kleine Wesen, welche die Göttin Inanna aus der Unterwelt retteten.

Der Erdboden, der uns trägt und nährt, scheint eine geradezu ideale Projektionsfläche für Mythen zu sein. Und er regt an zu Kreativität und friedlicher Beschäftigung: Alltags- und Kultgegenstände sind es, die daraus zunächst entstehen. Mit Töpferwaren wird Handel getrieben, kein Krieg geführt. Neue Entwicklungen sind daher auch nicht als Paukenschlag zu vernehmen, sondern vollziehen sich eher allmählich, wachsen aus dem alltäglichen Tun, setzen sich durch und regen wiederum Neuerungen und Verbesserungen an.

Dieser kleine Überblick über die Geschichte der Keramik beleuchtet wie mit einem Zufallsgenerator herausgepickte Stationen eines Materials, das über die Jahrtausende nichts an Faszination und Nützlichkeit eingebüßt hat, und endet mit der technischen Keramik, die sich – beginnend mit ihrer Entwicklung Anfang des 20. Jahrhunderts – gerade in den vergangenen Jahrzehnten mit einer ungeheuren Dynamik entwickelt und unzählige Einsatzbereiche für sich erobert hat. Die Zusammenstellung erhebt keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit.

Keramik zerbricht, aber die Bruchstücke überdauern Jahrtausende.



Die »Venus von Dolni Vestonice« ist die älteste bisher gefundene Figur aus Ton. Sie wurde aus einer Mischung aus feinem Ton sowie Kalk- oder Knochensplitterchen geformt. 1925 wurde sie in Mähren ausgegraben.

25 000 v. Chr.

2009 fanden Archäologen bei Grabungen ein Tongefäß im Südosten Chinas. Es ist älter als alle bisher gefundenen und zeigt, dass schon die Jäger und Sammler Tonschalen zum Kochen nutzten. Chemische Analysen ergaben, dass in diesem Topf zuletzt ein Fischgericht zubereitet wurde.



18 000 v. Chr.



Die ersten festen Siedlungen entstehen. In Indien und Mesopotamien etabliert sich die Töpferei als Handwerk. Neben Tongefäßen zur Aufbewahrung von Lebensmitteln werden auch Fliesen und Ziegel hergestellt.

10 000 v. Chr.

Die Ägypter entwickeln Techniken für das Glasieren von Tonwaren. Die blaue Glasur des Nilpferds stellte man aus einer Mischung von fein pulverisiertem Sand, Kalk, Soda und Kupferoxid als farbgebendem Pigment her.



4 000 v. Chr.

Kanalisationsrohr aus Habuba Kabira in Syrien. (Deutsches Museum, Ausstellung Keramik)

3 300 v. Chr.



Aus Ton geformt wurde die Venus von Dolni Vestonice. Das Original ist 11,1 Zentimeter hoch.





Lebensechte Tonfiguren schufen die Mochica in Peru.

3000 v. Chr.



Die älteste Töpferscheibe, die bisher gefunden wurde, stammt aus Mesopotamien. Möglicherweise nutzten aber die Völker in Indien und Ägypten diese Arbeitserleichterung schon länger. Mit der Verbreitung der Töpferscheibe wird die Massenfertigung von Töpferwaren möglich.

2200 v. Chr.

Am Indus wird der gebrannte Einhandziegel in den noch heute gebräuchlichen Proportionen 1:2:4 entwickelt.

1600 v. Chr.

In Mesopotamien werden blaue und grüne Glasuren aus Asche von Wüstenpflanzen und zerstoßenem Quarz hergestellt. In Afrika hingegen kennt man damals noch keine Glasuren. Gefäße werden mit speziellen Pflanzenextrakten lackiert, um sie abzudichten.

600 v. Chr.

In Griechenland verfeinern Keramikhersteller ihre Technik. Die Gefäße werden kunstvoll bemalt. Neue Brennvorgänge werden entwickelt.



200 v. Chr.

Im Norden von Peru fertigen die Mochica bemalte Figuren und Skulpturen aus Keramik. Die detailreichen Darstellungen zeigen Menschen, Tiere und Szenen aus dem Leben. Ein keramisches Geschichtsbuch für die Nachwelt.

100 v. Chr.

Italienische Werkstätten in Arezzo entwickeln ein glänzend rotes Tafelgeschirr »Terra Sigillata«.

700



In China wird Porzellan entwickelt, das ab dem 15. Jh. n. Chr. in Europa zum beliebten Luxusgut wird.

1150

In Europa etablieren sich erstmals Bodenfliesen aus Keramik. Zunächst werden sie vor allem in Sakralbauten eingesetzt. Vermutlich am ältesten ist der Belag in der Benediktinerkirche von Helmstedt. Er stammt aus der Zeit um 1150.

1600

Im niederländischen Delft wird glasiertes Steingut hergestellt. Die beliebten »Delfter Fayencen« – Fliesen und Geschirre – orientieren sich stilistisch am chinesischen Porzellan.



Johann Friedrich Böttger und Walther von Tschirnhaus gelingt die Herstellung von Porzellan.

Henry Clayton entwickelt den Tonschneider zur Aufbereitung der Tonmasse und erleichtert damit die mühselige Arbeit der Tonvorbereitung. Mit Händen und Füßen hatte man bis dahin den Ton geknetet.



1709

1789

1844

1849

Werner von Siemens setzt Porzellan als Isolator ein. Zunächst Niederspannungsisolatoren auf Telegrafleitungen, später Hochspannungsisolatoren auf Freileitungen.



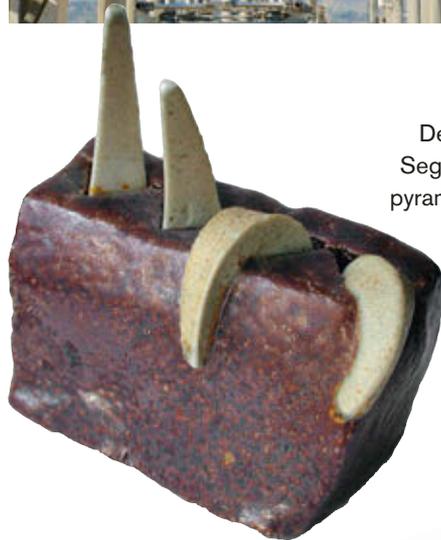
1854



Die Patent-Universal-Ziegelmaschine Carl von Schlickeysens (1824–1909) erobert den Markt und ermöglicht zusammen mit Friedrich Hoffmanns (1818–1900) Ringofen den Übergang zur industriellen Produktion von Ziegeln. (Die Maschine links steht in der Ausstellung Keramik des Deutschen Museums.)

1885

Der Keramiker Hermann Seger (1839–1893) führt pyramidenförmige Kontrollkörper ein, zum Anzeigen der Temperatur im Brennofen. Die »Segerkegel« wurden mit dem Brenngut in den Ofen eingesetzt.



1901

Robert Bosch, Arnold Zähringer und Gottlob Honold entwickeln die Zündkerze mit einer keramisch isolierten Mittelelektrode.



1950

Technische Keramik wird nicht mehr aus Ton, sondern zunehmend aus synthetischen Rohstoffen hergestellt. Diese Entwicklung beginnt in der Mitte des 20. Jahrhunderts und ist noch lange nicht abgeschlossen.

1974

Der erste vollwertige Mikroprozessor von Intel kommt auf den Markt: der Intel 8080 mit Keramikgehäuse.



Verwandlungskünstler



Aus dieser Lehmgrube im griechischen Skourta bezogen bereits die Töpfer der Antike den Rohstoff für ihre Produkte.

Ton, Wasser und Feuer sind die elementaren »Zutaten« für die Herstellung klassischer Keramiken. Deren Eigenschaften sind abhängig von der chemischen Zusammensetzung des Tons und dem Herstellungsverfahren.

Von Elisabeth Vaupel

Der Begriff »Keramik« kommt aus dem Altgriechischen und leitet sich von *kéramos* – Töpfererde, Töpfer-ton – ab. Natürlich vorkommende tonige Erden (Tone und Lehme, das heißt durch Kalk und Sand verunreinigte Tone) waren Jahrtausende lang das wichtigste Rohmaterial für die Herstellung von Gebrauchsgeschirr, Ziegeln und Fliesen. Es ist deshalb verständlich, dass die meisten Menschen beim Wort »Keramik« zuerst an solche einfachen Töpferwaren und Baukeramiken denken. Allerdings werden keramische Werkstoffe schon seit Ende des 19. Jahrhunderts nicht mehr ausschließlich aus Tonen, sondern zunehmend auch aus einer Vielzahl weiterer Rohstoffe hergestellt. Diese Rohstoffe kommen teilweise gar nicht mehr in der Natur vor, sondern müssen erst in Hochtemperaturprozessen synthetisiert werden. Mit dem Fortschritt der Technik und dem daraus resultierenden Bedarf an neuen Werkstoffen werden innovative keramische Rohstoffe seit Ende des Zweiten Weltkriegs immer häufiger eingesetzt. Keramische Werkstoffe werden deshalb heute nicht mehr, wie noch 1962 in der fünften Auflage von Hermann Römpps bekanntem *Chemie-Lexikon*, als »durch Brennen von Ton entstanden« beschrieben, sondern sehr viel umfassender definiert.

Die »klassischen« Tonwaren

Betrachten wir zunächst die »klassischen« Tonwaren, zu deren Herstellung ausschließlich Tone, die Verwitterungsprodukte feldspathaltiger Urgesteine, verwendet werden. Feldspäte sind mit fast 60 Prozent am Aufbau der Erdkruste beteiligt, also eine sehr häufig vorkommende, vielfältige Mineralgruppe. Chemisch handelt es sich bei ihnen um relativ einfach zusammengesetzte Alumosilikate (Aluminiumsilikate). Sie sind aus übereinander angeordneten Silikatschichten aufgebaut und werden durch relativ schwa-

che Nebervalenzbindungen zusammengehalten. Kommen diese Alumosilikate mit Wasser in Berührung, dringt es zwischen die Silikatschichten ein, die man dann schon mit relativ geringen Kräften, z. B. durch Formen des Tons mit der Hand, gegeneinander verschieben kann, ohne dass ihr Zusammenhalt verloren geht. Die Eigenschaft der Alumosilikate, Wasser einzulagern und dadurch quellbar zu sein, bedingt also die Plastizität des Tons. Zwischen die Silikatschichten können sich übrigens auch Kationen einlagern. Deshalb sind Alumosilikate für die Fruchtbarkeit der Böden so wichtig: Sie können Nährstoffe, die die Pflanzen zum Wachstum benötigen, speichern und wieder abgeben.

Die meisten Tone sind komplex zusammengesetzte Gemenge verschiedener Minerale und Substanzen und enthalten nicht mehr als 50 Prozent der erwähnten »bildsamen« Alumosilikate. Damit sich die Keramikrohlinge während des Trocknens und Brennens nicht verziehen, muss die keramische Masse auch noch »unbildsam«, also nicht plastisch verformbare Rohstoffe, enthalten, was bei den zur Keramikherstellung abgebauten Tonen von Natur aus der Fall ist. (Die Massen zur Herstellung der im 20. Jahrhundert erfundenen Oxid- und Nichtoxidkeramiken enthalten im Gegensatz zur klassischen Tonkeramik allerdings fast nur noch unbildsame, unplastische Rohstoffe). Bei den für die klassische Tonkeramik ebenfalls erforderlichen »unbildsamen« Rohstoffen handelt es sich in erster Linie um Sande und Feldspäte, aber auch um Kalk und gelegentlich Gips. Weitere Inhaltsstoffe der Tone sind Eisen- und andere Metalloxide sowie Humusbestandteile. Die komplexe chemisch-mineralogische Zusammensetzung der Tone, die im Gegensatz zu unseren Metalllieferanten, den Erzen, so gut wie überall auf der Erde vorkommen, hat wesentlichen Einfluss auf ihre Verarbeitbarkeit und natürlich auch auf die Eigenschaften der fertigen Keramik.



Tone sind Gemenge verschiedener Mineralien. Die genaue Zusammensetzung variiert und ist abhängig vom Fundort.



Für die Herstellung von Feinkeramik muss der Ton nach Gewinnung aus der Grube aufbereitet werden. Das Ausgangsmaterial wird von groben Verunreinigungen befreit und dann in mehreren Arbeitsschritten durch Mahlen, Walzen und Schlämmen verfeinert. Die Bilder aus einer chinesischen Fabrik zeigen diesen Vorgang. In Filterpressen (Bild Mitte) wird aus dem aufgeschlämmten Ton das Wasser wieder herausgepresst. Am Ende wird die kompakte Masse in Stücke geschnitten und luftdicht verpackt.

Die Art der enthaltenen Alumosilikate bestimmt die Plastizität des Tons. Das Verhältnis der verschiedenen Silikate zueinander sowie die Gegenwart schmelzpunktniedriger Substanzen wie Kalk, Feldspat oder Alkalihydroxid beeinflussen seine Sinterfähigkeit (die Fähigkeit der bei bestimmten Temperaturen oberflächlich erweichenden Schichtsilikate, miteinander zu verkleben) und damit die Porosität und Härte des gebrannten keramischen Werkstücks. Und schließlich bestimmt der Metalloxyd-, besonders der Eisenoxyidgehalt des Tons die Eigenfarbe der fertigen Keramik.

Das Ausgangsmaterial

In der Frühzeit der Keramikproduktion wurden die Tone so verwendet wie sie in der Natur vorkamen. Im Lauf der Zeit lernte der Mensch, die natürlichen Tone zu schlämmen und so die größeren, festen Begleitstoffe zu entfernen. Diese wurden vermahlen und der keramischen Masse anschließend in definierten Mengen wieder zugesetzt. Auf diese Weise lässt sich gezielt beeinflussen, ob die fertige gebrannte Keramik eher eine grobe oder eine feinkörnige Struktur hat. Der Zusatz anderer Stoffe, der sogenannten Magerungsmittel (z. B. pulverisierter gebrannter Ton bzw. Schamotte, Sand, Quarzpulver) verhindert, dass der Ton beim Brennen durch das entweichende Wasser und den in einem bestimmten Temperaturintervall eintretenden Sinterungsprozess zu stark »schwindet«.

Die Formgebung

Die meisten Tone liegen zunächst pulverförmig vor. Damit sie quellen und formbar werden, müssen sie vor der Verarbeitung mit Wasser vermengt werden. Danach erhält der Ton seine Form – mit der Hand, durch Drehen auf der Töpferscheibe, Gießen, Pressen etc. Der Rohling wird an der Luft getrocknet. Beim anschließenden Brennprozess wird die erhaltene Form durch Temperatureinwirkung verfestigt. Dabei finden verschiedene, sehr komplexe physikalische, chemische und kristallografische Prozesse statt. Keramiken sind also die ersten Materialien, die der Mensch synthetisch gewonnen hat: Durch chemische Reaktionen bzw. durch die Umwandlung bestimmter Kristallstrukturen in andere entsteht ein neuer Stoff.

Der Brennvorgang

Während des Brandes gibt der Ton im Temperaturintervall bis etwa 200 °C vor allem Wasser ab. Im Temperaturbereich zwischen 200 bis 900 °C verliert er dank verschiedener stofflicher Veränderungen dann seine Wasseraufnahmefähigkeit. Weil sich seine chemischen Eigenschaften verändern, kann er jetzt auch nicht mehr zu einer formbaren Masse umgewandelt werden: Um 350 °C werden viele Hydroxide entwässert und zu Oxiden umgewandelt. Kristallwasser, das sich zwischen den einzelnen Schichten der Alumosilikate befindet, wird oberhalb von 500 °C frei. Die im Ton enthaltenen Minerale gehen teilweise in andere Kristallmodifikationen über. Bei Temperaturen über 1000 °C verdichtet und verfestigt sich das Werkstück durch zunehmendes Verkleben und Zusammenbacken der Alumosilikate. Dabei verringert sich die Porosität des Rohlings, er sintert und »schwindet« zugleich. In der sich anschließenden Abkühlphase erstarren die geschmolzenen Silikate zu einer glasartigen Matrix, in der die Kristalle verschiedener Silikate und Oxide eingebettet sind. Man erhält bei keramischen Erzeugnissen also kein homogenes Gefüge wie etwa beim Glas, dessen Geschichte über die Erfindung der Glasuren übrigens eng mit der der Töpferkunst verbunden ist. Historisch ist die Glasherstellung, die zwischen dem 5. und der Mitte des 3. Jahrtausends v. Chr. einsetzte, allerdings deutlich jünger als die Keramikherstellung.

Die Einteilung keramischer Produkte

Um die große Zahl der keramischen Erzeugnisse zu systematisieren, teilt man die klassischen Tonkeramiken nach der Größe der Inhomogenitäten im keramischen Scherben in grob- und feinkeramische Produkte ein. Bei der Grobkeramik, zu der hauptsächlich Ziegel, Klinker, Kanalisationsrohre und andere Baukeramiken zählen, werden die Rohstoffe vor ihrer Verarbeitung nicht vermahlen, so dass man ihre körnige Struktur noch erkennen kann. Bei feinkeramischen Erzeugnissen, zu denen Geschirr, Sanitärwaren und Fliesen gehören, sind die einzelnen Bestandteile der Tonmasse dagegen mit bloßem Auge kaum mehr sichtbar.

Für die Nutzungsmöglichkeiten der verschiedenen Keramikwaren ist die Frage nach dem Verdichtungs-, also



Zu den besonders feinen Irdenwaren gehören Fayencen. Sie werden mit einer weißen Zinnglasur überzogen und anschließend bemalt. Das Tintenfass von 1550 gehört zur Ausstattung von Schloss Anet in Frankreich, das Henri II. für seine Geliebte Diana von Poitiers bauen ließ.

dem Sinterungsgrad des jeweiligen keramischen Scherbens ganz entscheidend. Der Scherben einer porösen, also wasseraufsaugenden Grobkeramik ist im Allgemeinen nicht besonders hart. Typische Vertreter dieses Keramiktyps sind Maurerziegel oder Dachschindeln. Deren Porosität ist trotz der damit einhergehenden geringen Härte aber durchaus gewollt und hat funktionelle Vorteile, im Falle der Ziegel ihr Wärmedämmungsvermögen und ihre Atmungsaktivität. Dichtgesinterte und damit auch härtere Grobkeramiken nehmen dagegen fast keine Feuchtigkeit auf. Auch das ist für bestimmte Zwecke von Vorteil. Typische Grobkeramiken mit dichtem Scherben sind Klinker. Sie werden bei höheren Temperaturen als die Ziegeleierzeugnisse gebrannt und enthalten hohe Anteile schmelzbarer Substanzen in der Masse. Bei den Systematisierungsversuchen werden aber auch ästhetische Gesichtspunkte berücksichtigt. Je nach Farbe und Verdichtungsgrad des Scherbens unterscheidet man in der Feinkeramik vier Hauptproduktgruppen: Irdengut, Steingut, Steinzeug und Porzellan.

Irdengut (Tongut, Irdenware)

Keramiken mit einem porösen, farbigen (also nichtweißen) Scherben bezeichnet man als Irdengut. Typische Vertreter dieser Gruppe sind die Keramiken der klassischen Antike, Gebrauchskeramiken oder kunstkeramische Erzeugnisse. Irdenwaren werden bei relativ niedrigen Tem-

peraturen von 800 bis 900°C gebrannt und sind deswegen nicht sehr hart. Un-

glasiert dienen sie als Blumentöpfe, bei denen die Porosität und damit die Wasseraufnahmefähigkeit des Scherbens zur Feuchthaltung des Wurzelballens eine wichtige Funktion hat. Die Porosität des Irdenguts hat auch bei gewissen Gebrauchskeramiken wie Weinkrügen oder Brottöpfen Vorteile. Derartige Gefäße haben dank der Porosität ihres Scherbens kühlende Wirkung, so dass sie sich besonders gut zur Aufbewahrung verderblicher Lebensmittel eignen. Wegen seiner Feuerbeständigkeit und Porosität wurde Irdengut auch als Kochgefäß verwendet. Beim Schmoren im »Römertopf« nutzen wir diese Eigenschaftskombination bis heute.

Für manche Anwendungen musste Irdengut allerdings wasserdicht gemacht werden. Dazu überzogen die Griechen es mit dicht sinternden Tonschlickern, sogenannten Engoben. Seit vielen Jahrhunderten verwendet man zu diesem Zweck Glasuren, die auf dem keramischen Werkstück dünne Glasschichten bilden. Sie bestehen aus Quarz, Tonerde, Alkalien und niedrig schmelzenden Oxiden. Heute wird streng darauf geachtet, dass Geschirrglasuren keine giftigen Schwermetalle wie Blei oder Cadmium mehr enthalten.

Ein besonders feines Irdengut ist die Fayence, die zum ersten Mal im 5. Jh. v. Chr. im alten Persien nachweisbar

Anzeige

Abbildungen: Steve Harrison /http://ronightmyfingersemellofarlic.com (3); Hervé Champollion / akq-images



Ja, Töpfer haben Phantasie.



Raku-Torso von Andreas Neubert

Töpferinnen aber auch.



Töpferei Fischach

Phantastisches im Raum München:

Schloss Schleißheim
7. und 8. Mai

Burghausen
21. und 22. Mai

Vaterstetten
8. und 9. Oktober

Schloss Blutenburg
15. und 16. Oktober

**TÖPFER
MARKT
PHANTASIE
TISCH**

Viele Töpfer,
noch mehr Märkte
und alle Termine:
töpfermarkt.com



ist. Über Mesopotamien gelangte die Kenntnis ihrer Herstellung durch die Araber ins maurische Spanien, wo Malaga und Valencia die Hauptsitze der Fayence-Industrie wurden. Im 14. Jh. wurde dieses Know-how über Mallorca nach Italien weitergegeben. Ein wichtiges Herstellung- und Handelszentrum wurde Faenza bei Ravenna – daher rührt die Bezeichnung »Fayence«, während die Bezeichnung »Majolika« auf die Mittlerrolle Mallorcas bei diesem Technologietransfer verweist. Ursprünglich verstand man unter Majolika und Fayence das Gleiche. Heute hat sich insofern eine Begriffstrennung herausgebildet, als man Keramiken mit einer deckenden, weißen Zinnglasur als Maluntergrund Fayencen nennt, während die Keramiken mit bleioxidhaltigen Glasuren in der Regel als Majoliken bezeichnet werden. Seit dem 15. Jahrhundert wurden Fayencen auch in Deutschland, der Schweiz und den Niederlanden hergestellt, wobei die Delfter Fayencen einen besonders guten Namen hatten. Da Fayencen als Porzellanersatz dienten, verloren sie mit der Erfindung des europäischen Porzellans ihre Bedeutung.

Steingut

Während Fayencen und Majoliken einen porösen, farbigen Scherben besitzen, hat Steingut einen porösen hellgelben oder weißen Scherben. Wegen seiner Porosität weist es eine geringe Festigkeit, aber eine relativ gute Temperaturwechselbeständigkeit auf. Zur Abdichtung des Scherbens wurde Steingut mit einer weißen Glasur überzogen und ähnelte dadurch dem chinesischen Porzellan, obwohl ihm dessen

Steingut ähnelt – weiß glasiert – dem chinesischen Porzellan. Bis heute werden Wasch- und Toilettenbecken aus Steingut hergestellt. Dieses besonders fein verzierte Exemplar der Firma Triumph stammt aus England und dürfte um 1896 einem wohlhabenden Bürger als stilles Örtchen gedient haben.

Transparenz fehlte. Wegen seiner Porzellanähnlichkeit und guten Bemalbarkeit wurde Steingut vor allem zu Geschirr und großformatigen Sanitärerzeugnissen (Wasch- und Toilettenbecken) verarbeitet. Es wird bei 1100 bis 1300 °C gebrannt, anschließend erfolgt bei 900 bis 1200 °C der Glasurebrand. In diesem Temperaturbereich sind die Pigmente noch stabil, so dass die Dekorationsmöglichkeiten beim Steingut entsprechend groß sind.

Steinzeug

Steinzeug ist der unmittelbare Vorläufer des Porzellans. Während die antiken Keramiken mehr oder weniger porös waren und nur durch Engoben oder Glasuren abgedichtet werden konnten, gelang den Chinesen im 1. Jahrtausend v. Chr. die Herstellung dichtgebrannter Tonkeramiken. Im 6. bis 9. Jahrhundert n. Chr. verbesserten sie die Steinzeugherstellung so lange, bis sie dank der Verwendung eines neuen keramischen Rohstoffs, des kaum mit färbenden Komponenten verunreinigten Kaolins, eine dichtgebrannte, helle, durchscheinende Keramik erhielten, das Porzellan. Verglichen mit dem Irdengut ist die Herstellung des chinesischen Porzellans also eine recht junge Erfindung, die längst nicht so alt ist, wie man oft glaubt.

In Mitteleuropa waren bis Anfang des 18. Jahrhunderts allerdings noch keine Kaolinvorkommen entdeckt worden. Dort konnte man Porzellan erst seit dem Jahr 1709, also etwa ein Jahrtausend später als in China, herstellen. Vor dem Jahr 1709 musste man sich in Europa bei der Keramikproduktion mit den bis dahin bekannten heimischen Tonen begnügen. Allerdings lieferten einige mitteleuropäische Tone, die schon seit dem 11. Jahrhundert benutzt wurden, bei Brenntemperaturen von 1200 bis 1350 °C ebenfalls einen dichten Scherben, wenn auch einen farbigen. Aus dem Bestreben, einen harten und zugleich wasserdichten Scherben zu erzeugen, entstand vor allem in der Eifel und im Westerwald im 15. Jahrhundert das europäische Steinzeug.

Obwohl Steinzeug nicht porös, also dichtgesintert ist, wird es noch mit Feldspat- oder Salzglasuren überzogen, wobei Letztere in der Keramik eine ganz besondere Stellung einnehmen. Um Salzglasuren herzustellen, wird während des Brandes Kochsalz (NaCl) in den Ofen geworfen,



das sich bei den dort herrschenden hohen Temperaturen zersetzt. Einerseits entsteht dabei die ätzende Salzsäure (HCl), andererseits Natriumhydrogencarbonat (NaHCO_3), das sich auf der Keramikoberfläche abscheidet und mit den dort vorhandenen Alumosilikaten zu einer dünnen, harten, glasartigen Schicht verschmilzt. Aus salzglasiertem Steinzeug werden bis heute Blumen- und Ziergefäße sowie rustikales Geschirr hergestellt.

Porzellan

Porzellan ist das hochwertigste keramische Erzeugnis. Es ist weiß, wegen seines hohen Anteils an Glasphase transparent, porenfrei und deswegen besonders hart. Wie das Steinzeug, aus dem es sich historisch entwickelt hat, zählt es zur dichtgesinterten Feinkeramik.

Da Porzellan gegen Temperaturwechsel widerstandsfähiger als Glas ist, wurde es in Europa mit dem Aufkommen der neuen Heißgetränke Tee und Kaffee Mode, aus Porzellantassen zu trinken. Im 17. Jahrhundert versuchten die Europäer immer wieder, das chinesische Porzellan, das extrem teuer war, nachzuahmen bzw. nachzuerfinden. In Gestalt des Steinguts gelang zwar die Herstellung eines durchaus brauchbaren Imitats, die Herstellung echten Porzellans war jedoch zum Scheitern verurteilt, solange in Europa noch keine Kaolinvorkommen entdeckt waren und man deshalb den wichtigsten Rohstoff der Porzellanfabrikation noch nicht kannte.

Der wesentliche Punkt bei der Erfindung des europäischen Porzellans, die im Jahr 1709 gelang, war der Ersatz des klassischen Keramikrohstoffs Ton durch das ebenfalls bildsame (plastische) Kaolin, die sogenannte Porzellanerde. Dabei handelt es sich um ein spezifisches, besonders reines Alumosilikat, das nur an bestimmten Fundorten vorkommt. Der klassische Kaolin besteht aus 40 Teilen Aluminiumoxid (Tonerde), 46 Teilen Quarz und 14 Teilen Wasser, ist weiß bis weißgrau, gebrannt aber stets weiß. Zur Porzellanherstellung müssen dem Kaolin noch Feldspat und Quarz hinzugefügt werden. Ersterer dient als Flussmittel und soll das Schmelzen, Verglasen (Sintern) und Dichtwerden des Scherbens fördern, Letzterer vermindert das Schwinden. Zur Aufbereitung der Masse werden die Rohstoffe zuerst zerkleinert und gemischt. Dann wird die



In der Keramiksammlung des Deutschen Museums gibt es zahlreiche Beispiele für verschiedene Keramiksorten, Dekore und Glasuren.

Bild links oben: Schraubflasche von 1676 mit Zinnverschluss aus salzglasiertem Steinzeug, kobaltblau bemalt, 24 Zentimeter hoch.

Bild rechts oben: Das bärtige Männerkonterfei am Rand gibt dem Krug seinen Namen. Das Motiv des Bartmannkrugs war ab dem 16. Jh. vor allem im Rheinland beliebt. Das ausgestellte Exemplar wurde circa 1560 hergestellt. Der Krug aus Steinzeug ist 40 Zentimeter hoch und salzglasiert.



www.obermenzinger.de

**SCHLAUE KÖPFE
LERNEN
BILINGUAL!**

Staatlich anerkanntes Ganztagsgymnasium

- Bilingualer Zug: 3-5 Fächer auf Englisch
- Zwei-Pädagogen-Prinzip
- ABiplus® – Berufsausbildung parallel zum Abitur



**OBERMENZINGER
GYMNASIUM**

EINE EINRICHTUNG DER MÜNCHNER SCHULSTIFTUNG ERNST V. BORRIES



www.ueberreiter.de

**OHNE
PROBEUNTERRICHT
ZUM GYMNASIUM!**

Staatlich genehmigtes Ganztagsgymnasium

- Aufnahmegespräch statt Notenschnitt
- Intensive Hausaufgabenbetreuung
- Allgemeine Hochschulreife (Abitur)
- Aufnahme während des Schuljahres möglich – auch für Realschüler



**DR. FLORIAN ÜBERREITER
PRIVATGYMNASIUM**

EINE EINRICHTUNG DER MÜNCHNER SCHULSTIFTUNG ERNST V. BORRIES



Eine Arthrose im Grundgelenk des großen Zehs kann für den Betroffenen außerordentlich schmerzhaft sein. Ist das Gelenk nachhaltig geschädigt und entzündet, dann hilft nur noch eine Operation. Das winzige Ersatzgelenk aus Zirkonoxid-Keramik wird in den Knochen eingeschraubt. Der Werkstoff ist biokompatibel, extrem hart und glatt polierbar, damit sich das Gelenk ohne Reibung abwinkeln lässt.

feuchte Porzellanrohmasse, wie bei allen Keramiken, geformt und getrocknet. Schließlich erfolgt bei etwa 900 bis 1000 °C der erste Brand. Nach dem Auftragen der transparenten Glasur folgt der Glasurbrand. Überwiegen in der Porzellanmasse Quarz und Feldspat, entsteht Weichporzellan, das wegen seiner besonderen Massezusammensetzung schon bei niedrigen Temperaturen erweicht und deshalb bei »nur« 1100 °C gebrannt werden kann. Beträgt der Kalingehalt der Porzellanmasse mehr als 50 Prozent, erhält man Hartporzellan, das bei 1380 bis 1500 °C gebrannt wird. Kunstgegenstände bestehen meist aus Weichporzellan, da viele für die Glasuren verwendete Farbpigmente, besonders die Rotpigmente, die hohen Brenntemperaturen des Hartporzellans nicht vertragen und Fehlfarben ergeben würden.

Porzellan besitzt interessante Eigenschaften und Eigenschaftskombinationen. Es ist nicht nur weiß, gasdicht und wegen seiner glatten Glasur leicht zu reinigen, sondern auch bis etwa 1000 °C mechanisch stabil und sehr korrosionsfest (außer gegenüber der Flusssäure HF). Die ersten technischen Anwendungen bestanden daher in seiner Nutzung als Labor- und Apothekengefäß (z. B. als Mörser). Erst Mitte des 19. Jahrhunderts lernte man dank der Entwicklung der Elektrotechnik eine weitere Eigenschaft des Porzellans zu nutzen, nämlich die, ein Nichtleiter zu sein. Dadurch wurde es zum perfekten Werkstoff zur Herstellung von Isolatoren, Sicherungen und Schaltern. Der einzige Nachteil des Porzellans war und ist seine Empfindlichkeit gegenüber Sprödebruch.

Sonderkeramiken

Als die große Zahl neuer technischer Entwicklungen ab Mitte des 19. Jahrhunderts immer neue Werkstoffe mit besonderen Eigenschaften verlangte, konnten dank der Fortschritte der anorganischen Chemie, Mineralogie und Kristallografie gezielt Keramiken mit bisher unbekanntem Zusammensetzungen entwickelt werden. Auf den Einsatz toniger Erden wurde dabei weitgehend verzichtet. Zu den neuen Keramikwerkstoffen, die in vielen Fällen eine sehr spannende Entwicklungs- und Nutzungsgeschichte haben, zählen spezielle Silikat-, Oxid- und Nichtoxid-Keramiken.

Die moderne Definition keramischer Werkstoffe

Um der Aufweitung der Rohstoffe, die heute zur Erzeugung keramischer Produkte eingesetzt werden, Rechnung zu tragen, bezeichnet man als keramische Werkstoffe alle aus anorganischen, nichtmetallischen Verbindungen oder Elementen aufgebauten Materialien, die geformt und in einem anschließenden Brennprozess verfestigt werden und zu mindestens 30 Volumenprozent kristallin aufgebaut sind. Ihre große Widerstandsfähigkeit gegenüber Hitze und chemischen Einflüssen verdanken die keramischen Werkstoffe starken Bindungen, die die Atome auf ihren Plätzen halten. Die Stärke dieser Bindungen hat Vor- und Nachteile zugleich: Sie bedingt zum einen, dass keramische Werkstoffe hohe Schmelzpunkte haben und sehr hart sind. Dank ihrer großen Formbeständigkeit können sie sich unter Belastung aber nicht verformen und sind daher spröde und zerbrechlich.

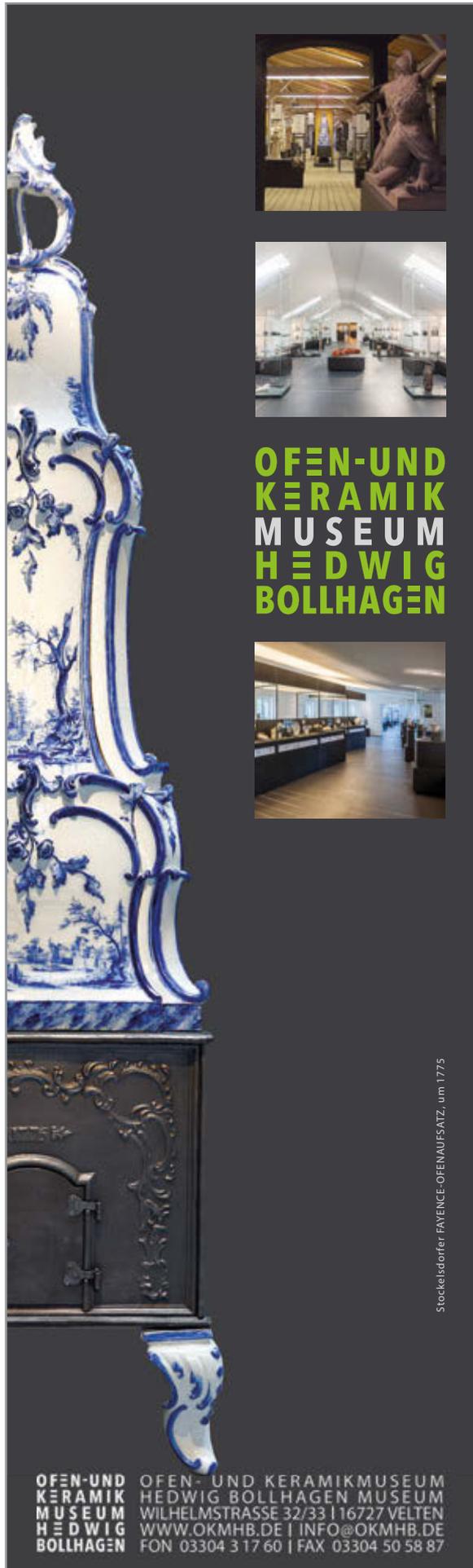
Die moderne Definition keramischer Werkstoffe schlägt zwei Fliegen mit einer Klappe: Einerseits schließt sie die vielen im letzten Jahrhundert entwickelten Keramikwerkstofftypen mit ein, andererseits erlaubt sie eine klare Abgrenzung gegenüber zwei anderen, hinsichtlich der verwendeten Rohstoffe verwandten Werkstoffgruppen, nämlich dem Werkstoff »Glas« auf der einen Seite und den »mineralischen Bindemitteln« vom Typ des Kalkmörtels oder des Zements auf der anderen Seite. Zu deren Herstellung werden ebenfalls anorganische, nichtmetallische Rohstoffe verwendet, auch ihre Produktion erfordert jeweils einen Formgebungs- und einen Brennvorgang, allerdings – und das ist der entscheidende Unterschied zu den keramischen Werkstoffen – in jeweils verschiedenen Reihenfolgen. Eine Keramik wird immer durch die drei technologischen Schritte Pulver, Formgebung und Hitzebehandlung (Brand) produziert, während die Abfolge dieser Schritte bei der Glasherstellung Pulver, Hitzebehandlung (Schmelze) und Formgebung ist; bei der Herstellung mineralischer Bindemittel ist die Reihenfolge wieder eine andere, hier lautet sie: Hitzebehandlung (Brennen), Pulver und Formgebung. ■■



DIE AUTORIN

Prof. Dr. Elisabeth Vaupel ist Chemehistorikerin im Forschungsinstitut des Deutschen Museums.

Anzeige



OFEN-UND KERAMIK MUSEUM HEDWIG BOLLHAGEN

Stockelsdorfer FAVENCE-OFENAUFSATZ, um 1775

OFEN-UND
KERAMIK
MUSEUM
HEDWIG
BOLLHAGEN

OFEN- UND KERAMIKMUSEUM
HEDWIG BOLLHAGEN MUSEUM
WILHELMSTRASSE 32/33 | 16727 VELTEN
WWW.OKMHB.DE | INFO@OKMHB.DE
FON 03304 3 17 60 | FAX 03304 50 58 87



Die Kachelbäcker von Velten

Keine 20 Kilometer nördlich von Berlin-Mitte liegt das Städtchen Velten. Ab 1835 entwickelte es sich von einem Angerdorf dank reicher Tonvorkommen und seiner verkehrsstrategisch günstigen Lage innerhalb eines halben Jahrhunderts zur bedeutendsten Kachelofenstadt Deutschlands. Um 1900 wurden hier in 36 Ofenfabriken Millionen weißer Schmelzkacheln für die berühmten Berliner Öfen hergestellt. Ihren guten Ruf begründete der Berliner Tonwarenfabrikant Tobias Christoph Feilner, der u. a. nach Entwürfen des preußischen Baumeisters Karl Friedrich Schinkel die Wärmespender in klassizistischer Formensprache anfertigte. Seinen wirtschaftlichen Höhepunkt erlebte Velten 1905, als Kacheln für 100 000 Öfen produziert wurden. Doch schon wenig später ereilte den Ort eine Strukturkrise. Neue Heiztechniken verdrängten den Kachelofen aus den Wohnungen, tarifrechtliche Streiks forderten ihren Tribut, Konkurrenz aus dem sächsischen Meißen drang auf den Berliner Markt. Um ihr Fortbestehen zu sichern, erweiterten einige Veltener Fabrikanten ihre Produktpalette um den Bereich der Baukeramik, wobei sie mit den renommiertesten Architekten der Zeit zusammenarbeiteten. Etliche dieser Baukeramiken u. a. von Hans Poelzig, Fritz Höger und Alfred Grenander prägen noch heute das Stadtbild zahlreicher Städte.

Das Veltener Ofen- und Keramikmuseum bewahrt diese kunst-, kultur- und tech-

nikgeschichtlichen Zeugnisse. Als ältestes Ofenmuseum Deutschlands haben es Veltener Ofenfabrikanten im Jahr 1905 gegründet und so den Grundstock dieser heute einzigartigen Sammlung nationalen Rangs gelegt.

Nach einer wechselvollen Geschichte und über 20-jähriger Schließung konnte es 1994 wiedereröffnet werden und präsentiert seitdem in den authentischen Räumen der Ofenfabrik Schmidt-Lehmann (gegründet 1872) die Historie des Ofens sowie der Keramik bis hin zur Klassischen Moderne. Damit ist es sowohl aus kunsthistorischer Sicht wie auch als Industrie- und Technikmuseum europaweit einzigartig. Das Fabrikgebäude mit seinen historischen Einrichtungen wie Kachelevator und Transmissionen steht in weiten Teilen unter Denkmalschutz. Der Förderverein des Museums erarbeitet derzeit ein Nutzungskonzept, um die Fabrik als prominentestes Ausstellungsstück zu erhalten. Die ehemalige Remise wurde 2015 zum Hedwig Bollhagen Museum umgebaut und beherbergt den Nachlass der Keramikerin. Als Sammlung der Deutschen Stiftung Denkmalschutz steht er auf der Liste des nationalen Kulturgutes. *Nicole Seydewitz*

Ofen- und Keramikmuseum Hedwig Bollhagen Museum

Wilhelmstraße 32/33
16727 Velten b. Berlin
Di–Fr 11–17 Uhr, Sa, So 13–17 Uhr
www.ofenmuseum-velten.de

Starke Leistung



Oft sieht man sie gar nicht – doch Hochleistungskeramik verbirgt sich heute in vielen Alltagsprodukten und eröffnet immer neue innovative Technologien. Von Christian Rauch

Keramik steckt heute in Produkten, wo man sie gar nicht vermutet: in Autos beispielsweise, Lampen, Batterien oder Handys. »Und es werden immer mehr«, schmunzelt Professor Michael Stelter. Der stellvertretende Leiter des Fraunhofer-Instituts für Keramische Technologien und Systeme (IKTS) arbeitet mit insgesamt rund 700 Mitarbeitern an zukünftigen Anwendungsbereichen sogenannter Hochleistungskeramik. Einer der wichtigsten ist der Energiesektor. Wo vor rund 150 Jahren die technische Keramik mit Isolatoren für Telegrafien- und Stromleitungen überhaupt erst das Licht der Welt erblickte (s. Kasten), geht es heute um Effizienzverbesserungen für die Energiewende. »In modernen Gaskraftwerken können Turbinenschaufeln aus reiner Keramik den Wirkungsgrad um etliche Prozent verbessern«, erklärt Stelter. »Denn damit kann man Betriebstemperaturen über 1500 Grad er-



Keramische Düsen-
erweiterung für
Raumfahrtantriebe.

reichen, bei denen metallische Werkstoffe überlastet würden.« Schon vor über zehn Jahren begann man daher, metallische Turbinen mit Keramiksichten zu überziehen. Gelingt es nun, die Schaufeln ganz aus Keramik zu fertigen, kann das Kraftwerk noch heißer – und damit effizienter – laufen. Die Herausforderung für die Herstellung liegt in der Auswahl der geeigneten keramischen Werkstoffe, welche sowohl die Zugkräfte als auch die aggressive Gasatmosphäre aushalten müssen. Daher testen die Fraunhofer-Forscher neue faserverstärkte Keramik, die ähnlich hergestellt werden kann wie die bekannten kohlefaserverstärkten Kunststoffe – mit dem Unterschied, dass sie wie jede Keramik am Ende gebrannt wird. Damit könnte man künftig auch Teile der Turbinen in Flugzeugtriebwerken bauen, wodurch außerdem Gewichtsvorteile entstehen würden. Gaskraftwerke gelten langfristig als Übergangstechnologie



Kein Schnee? Auf speziellen Keramikplatten gleiten Skispringer zu allen Jahreszeiten problemlos ins Tal. Die Schattenbergschanze in Oberstdorf hat eine Hillsize von 137 Metern.

kommt auch dort nicht zu kurz und ist in den Separatorfolien und den Elektroden enthalten. Im Unterschied zur Strukturkeramik, bei der vor allem mechanische Eigenschaften wie Härte und Hitzebeständigkeit zählen, wie beispielsweise in der Turbine oder auch in Prothesen in der Medizin (s. Interview mit CeramTec), zählen die keramischen Bestandteile in Batterien zur Funktionskeramik. »Dieser Bereich ist wesentlich größer und gewinnt noch weiter an Bedeutung«, sagt Michael Stelter. »Hier sollen keramische Teile nicht mechanische, sondern andere physikalische Eigenschaften wie die Speicherung von Strom, die Erzeugung von Magnetfeldern oder die Umwandlung von Licht hervorbringen.« Damit kann Hochleistungskeramik auch zum Werkstoff in elektronischen Leiterplatten und Bauelementen, wie Kondensatoren und Widerständen, werden. »Als Smartphone-Besitzer tragen Sie bereits heute rund 100 kleinste Funktionskeramikprodukte in Ihrer Hosentasche«, weiß der Fraunhofer-Experte.

Neben der Energietechnik und Elektronik wird auch die Optik zunehmend zu einem Anwendungsfeld der Funktionskeramik. Schon jetzt braucht jede haushalts-taugliche LED-Lampe keramische Leuchtstoffe, um die blauen oder roten Farben, die die Leuchtdiode emittiert, zu schlucken und weißes Licht abzustrahlen. Auch im Auto werden LED-Scheinwerfer zunehmend zum Standard. Da dort höhere Leistungen gebraucht werden und die Umgebung rau ist, steckt hitzebeständige Keramik nicht nur im Leuchtstoff, sondern auch im Träger der Leuchtdiode und in vielen Leiterplatten der Fahrzeugelektronik. Bestimmte Funktionskeramiken können schließlich als piezoelektrische Bauteile verwendet werden, da sie sich durch Anlegen einer elektrischen Spannung minimal ausdehnen. Die Direkteinspritzung von Diesel im Auto kann so wesentlich effizienter und schneller gesteuert werden. Auch keramische Rückfahr sensoren zur Abstandswarnung nutzen den piezoelektrischen Effekt, der sie zum Schwingen und Aussenden von Ultraschallwellen bringt, die vom Hindernis reflektiert und registriert werden. Für piezoelektrische Bauteile wird bisher überwiegend Bleizirkonat-Titanat-Keramik verwendet. »Doch da Blei aus Umweltgründen zukünftig verschwinden soll, forschen wir an Ersatzverbindungen«,

von der klassischen in die erneuerbare Welt der Energie. Doch auch bei der erneuerbaren Energie ist Hochleistungskeramik nicht wegzudenken. Sie steckt als Kontaktierung in Solarzellen oder als Dichtungen, Wälzlager oder Magnet in Windkraftanlagen. Und sie könnte der Schlüssel sein für die Speicherung von Strom, die in den Netzen immer wichtiger wird, je größer der Anteil an erneuerbaren Erzeugern wird. Michael Stelter setzt dabei auf die Kombination Natrium und Nickelchlorid oder Natrium und Schwefel in den Elektroden für neue stationäre Hochleistungsbatterien. Getrennt werden diese jeweils durch einen Separator aus Beta-Aluminiumoxid-Keramik, der zwar elektrisch isoliert, die Natriumionen jedoch leiten kann. Durch eine effiziente Fertigungsmethode dieser röhrenförmigen Separatoren erwartet der Fraunhofer-Experte eine Kostensenkung auf weniger als 100 Euro pro Kilowattstunde Speicherkapazität: »Bisher hat man für große Energiespeicher auf Lithiumbatterien gesetzt, die sind aber wesentlich teurer.« Doch Lithiumakkus eignen sich durch ihre schnelle Lade- und Entladerate gut für Elektroautos, die künftig unsere Straßen bevölkern sollen. Keramik



Beispiele aus der Fraunhofer-Forschung zur Hochleistungskeramik (von oben):

Beta-Aluminiumoxid-Separator für stationäre Hochleistungsbatterien;

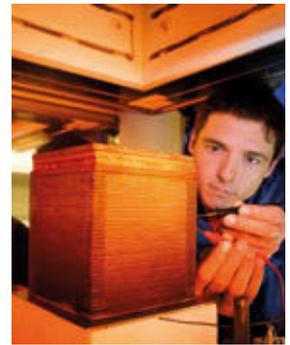
(Semi)transparente Optokeramik zur Umwandlung von blauem in weißes Licht für LEDs.

Keramische Faserverbundwerkstoffe für Hochtemperaturanwendungen wie z. B. in Gasturbinen.

erklärt Michael Stelter. Ein heißer Kandidat ist gegenwärtig Keramik aus Kalium-Natrium-Niobat.

Doch woher kommen all diese Keramikarten für die technologischen Anwendungen? Hannes Kühn, Professor für Nichtsilikatkeramik an der Technischen Hochschule Nürnberg, kennt Hunderte mögliche Materialarten. »Egal ob Struktur- oder Funktionskeramik, jede moderne Hochleistungskeramik basiert auf künstlich hergestellten Werkstoffen. In einer natürlichen Bergbaugrube, wie beim Ton oder Kaolin für die klassische Keramik, werden Sie diese Rohstoffe in der Regel nicht finden.« Die synthetisch hergestellten Keramikverbindungen bestehen zunächst überwiegend aus metallischen oder halbmolekularen Elementen wie Aluminium, Titan, Zirkonium oder Silizium die an Sauerstoff, Kohlenstoff oder Stickstoff gebunden sind. Aus diesen Verbindungen kann durch Mischung der Rohstoffe, durch Dotierungen kleiner Mengen anderer Elemente

oder durch Abwandlungen, beispielsweise in Reinheit und Porosität, eine Unzahl von Varianten mit unterschiedlichsten Funktionen und Eigenschaften hergestellt werden. Wie bei der klassischen Keramik, aus der noch heute Porzellan, Fliesen oder Ziegel entstehen, wird auch der Rohstoff einer Hochleistungskeramik erst geformt, dann getrocknet und schließlich bei hoher Temperatur gebrannt. »Für eine Massenproduktion in stets gleicher Qualität muss der Hersteller aber ein ziemliches Kunststück vollbringen«, so Kühn. Zunächst gilt es, den Rohstoff maßgeschneidert als Pulver zu synthetisieren. Durch Beimengung von Wasser und organischen Bindemitteln kann er dann so geformt werden, dass er während des anschließenden Trocknens seine Form behält. Danach wird das Werkstück gebrannt und wird dabei kleiner, da der aus Pulver bestehende Formkörper sich verdichtet und verfestigt, wobei gleichzeitig die organischen Bindemittel verbrennen. »Haben Sie nicht exakt



Hochtemperatur-Brennstoffzelle auf Basis eines keramischen Festelektrolyten in Testumgebung des Fraunhofer IKTS. Die Brennstoffzellen kommen in verschiedensten Bereichen der stationären Energieerzeugung zum Einsatz.



Vom Geschirr zur Hochspannung Technische Keramik im Deutschen Museum

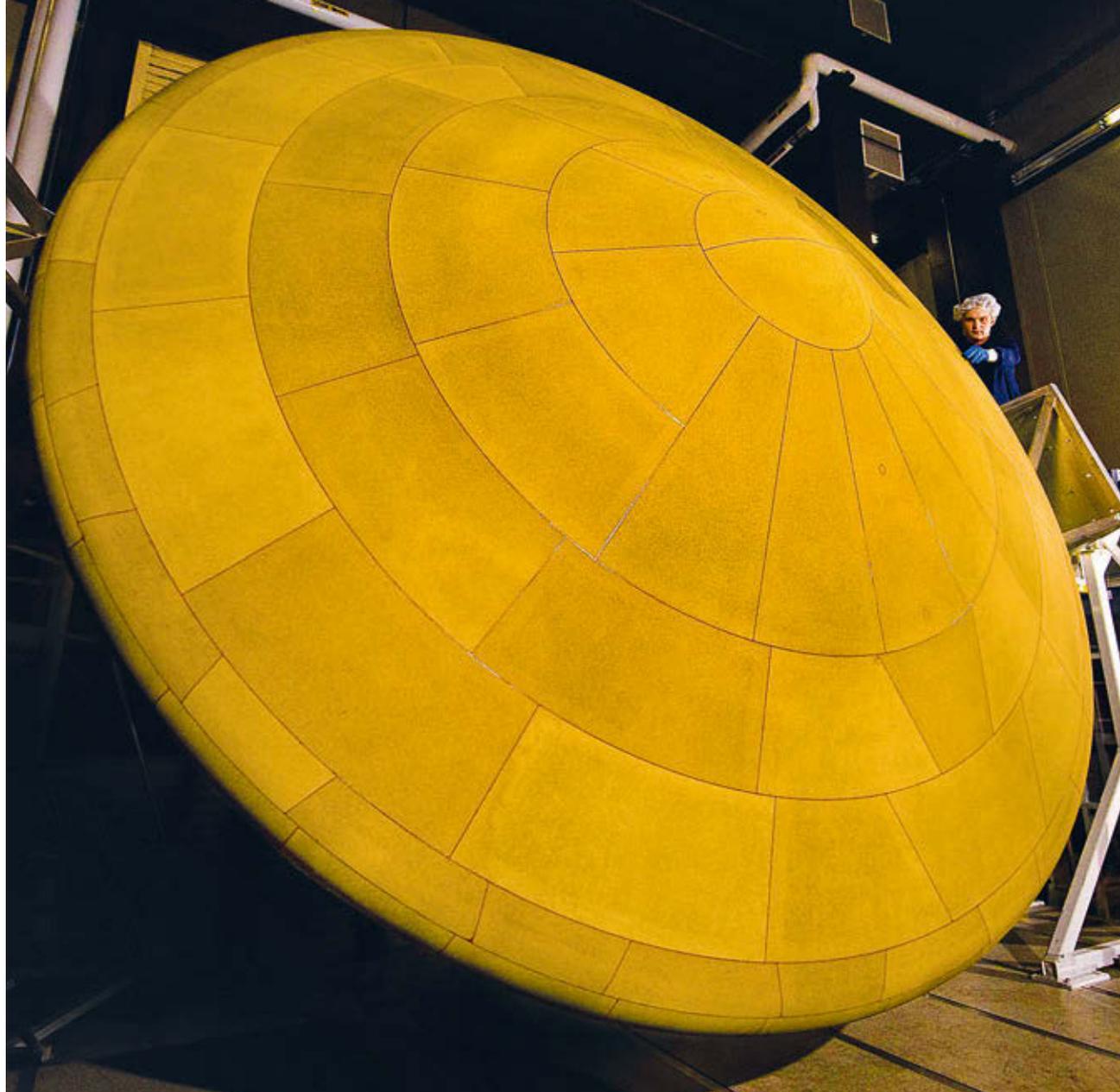
Im 19. Jahrhundert, während der industriellen Revolution, begannen Keramik- und Porzellanhersteller damit, auch technische Produkte herzustellen. In den 1850er Jahren wuchs zunächst der Bedarf an Keramikisolatoren für die neu entwickelte Telegrafie. Bald kamen Zündkerzen für die ersten Gasmotoren hinzu. Ab 1891 setzte sich die Stromleitung mit Hochspannungsbetrieb durch, Keramik wurde für den Bau der Isolatoren unabdingbar.

Zusammen mit der Porzellanfabrik Hermsdorf entwickelte 1897 Professor Robert M. Friese, Oberingenieur und Chef der Wechselstromabteilung der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vorm. Schuckert & Co. Nürnberg, den ersten Delta-Glockenisolator. Die Zahl der hergestellten Hochspannungsisolatoren stieg von 1902 bis 1913 um mehr als das Zehnfache. In den 1930er Jahren entstanden die von der Form her bis heute gebräuchlichen Langstabisolatoren. Im Deutschen Museum sind zahlreiche keramische Isolatoren in der Abteilung Energietechnik zu sehen. Auch in der Abteilung Keramik kann ein Glockenisolator nebst zahlreichen aktuellen technischen Keramiken besichtigt werden.



Das Filtrationsmodul mit keramischen Membranen dient zur effizienten Entwässerung bei der Herstellung von Bioethanol.

Ein Hitzeschild aus keramischen Verbundwerkstoffen schützte den Marsrover »Curiosity« bei seinem Eintritt in die Marsatmosphäre im August 2012.



gearbeitet, was die Dosierung der Ausgangsmaterialien und die Formgebung, zum Beispiel durch Pressen, angeht, kann es passieren, dass die fertig gebrannten Stücke nicht exakt gleich groß sind.« Für Anwendungen im Hightech-Bereich wäre das fatal.

In hochschuleigenen Labors testen Hannes Kühl und seine Mitarbeiter die maßgeschneiderte Herstellung der pulverförmigen Rohstoffe. Dabei kommen unter anderem Kugelmöhlen zum Einsatz, die Korngrößen bis in den Bereich von Hunderten Nanometern erlauben. »Zum Teil werden wir aber noch kleiner«, sagt Kühl. »Mit chemischen Verfahren können sogar Pulver mit nanometergroßen Kügelchen synthetisiert werden.« Auch bei den Brenntechniken experimentieren die Hochschulmitarbeiter. Im Unterschied zur klassischen Keramik sind die Brenntemperaturen in der Hochleistungskeramik meist deutlich höher, im Bereich von 1400 bis 2200 Grad Celsius. Ziel seiner Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ist, die technologischen Eigenschaften der Hochleistungskeramik immer besser und flexibler zu machen. Doch selbst die schon seit Jahrtausenden bekannte Eigenschaft, dass Keramik sehr beständig gegen Hitze ist, ermöglicht noch in heutiger Zeit neue Erfindungen. Als Hannes Kühl vor

seiner akademischen Tätigkeit beim Keramikhersteller Rauschert als Entwicklungsleiter arbeitete, erfand er Heizelemente, die in kürzester Zeit eine sehr hohe Temperatur erreichen können. »Wir haben Platinleiterbahnen in eine Aluminiumoxid-Keramik eingebettet, die nach Anlegen einer Spannung an den Leiter innerhalb von einer Minute 1000 Grad heiß wird«, erzählt der heute 37-Jährige, der dafür den Bayerischen Innovationspreis 2012 erhielt. Ihre Vorteile spielen solche Heizelemente zum Beispiel in modernen Pelletheizungen aus. Vorherige Metallzünder benötigten für die Entzündung mehr Energie und brauchten wesentlich länger. »Das schwelte und rußte dann bis zu zehn Minuten lang vor sich hin«, weiß Kühl. Doch auch in industriellen Anwendungen und sogar in der Raumfahrt sind die Heizelemente nun begehrt. Beim Roboterfahrzeug »ExoMars« der europäischen Weltraumagentur ESA, der 2018 zum Roten Planeten starten soll, werden keramische Heizelemente eingebaut, um entnommene Bodenproben aufzuheizen und zu analysieren.

In der Raumfahrt ist Hochleistungskeramik normalerweise woanders zuhause – nämlich bei den Schutzschichten für den Wiedereintritt in die Erdatmosphäre. Bekanntlich überstanden die Hitzeschutzkacheln des ame-

Extrem leicht und verschleißbeständig ist die faserkeramische Propellerbremse für Flugzeuge. Entwickelt wurde sie am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Oberpfaffenhofen.

rikanischen Spaceshuttle den Start und die Landung nicht immer schadlos. »Uns stehen nun bessere Werkstoffe zur Verfügung, nicht nur für die bemannte Raumfahrt, sondern auch für die unbemannte Raumfahrt«, erklärt Professor Dietmar Koch, stellvertretender Institutsdirektor und Leiter der Abteilung für keramische Verbundstrukturen beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Stuttgart. Dort forscht man am perfekten Material für künftige Raumflugkörper, die zur Erde zurückkehren. Beheizt werden diese Aktivitäten auch von privaten amerikanischen Raumfahrtunternehmen wie SpaceX, die fieberhaft an der Wiederverwendbarkeit von Raketen arbeiten. »Kehrt die erste Raketenstufe zur Erde zurück, wird sie noch nicht so heiß, da sie die Erdatmosphäre noch nicht ganz verlassen hat«, erläutert Koch. »Doch man müsste das ganze Raumfahrtsystem, also auch die Oberstufe und die Kapsel bzw. das Schiff mit der Nutzlast, wiederverwerten, wenn man die Kosten wirklich erheblich senken will.« Und diese Komponenten kehren aus dem All in die Erdatmosphäre zurück und heizen sich je nach Mission dabei auf 1600 Grad und mehr auf.

Eine noch größere Herausforderung begegnet Dietmar Koch in einem europäischen Forschungsprojekt, bei dem es um Ultra High Temperature Ceramics (UHTC) geht. »Hier wollen wir einen keramischen Werkstoff entwickeln, der bis weit über 2000 Grad hinaus beständig ist.« Ein zukünftiges Anwendungsfeld wären Thermalschutzsysteme und Antriebssysteme für Hyperschallflugzeuge, die mit fünffacher Schallgeschwindigkeit und mehr fliegen. Damit könnte die Flugzeit von Europa nach Australien auf drei Stunden verkürzt werden. Zuletzt kündigten verschiedene Länder und Unternehmen an, die Hyperschallforschung wieder voranzutreiben. Zwar kannten bereits Raumfahrt-pioniere wie Eugen Sänger (1905–1964) diese Idee, doch scheiterten viele Konzepte bisher an der Antriebstechnik. »Und auch die Hitzebeständigkeit ist eine große Herausforderung«, weiß Dietmar Koch. »Sowohl an den Flügelkanten als auch am Antrieb entstehen Temperaturen, die noch höher sind als bei einem Wiedereintritt.«

Damit ein Material das aushalten kann, greifen die Forscher zu Metallen wie Titan und Hafnium, um daraus höchst hitzefeste keramische Verbindungen wie Titancar-



DER AUTOR

Dipl.-Ing. Christian Rauch ist freier Journalist für Zeitungen und Zeitschriften. Seine Schwerpunkte: Wissenschaft/Technik sowie Reise und Kulturwandern (dazu mehrere Buchveröffentlichungen).

bid und Hafniumdiborid zu fertigen. Mittels klassischer Brennvorgänge ist dies jedoch nicht mehr möglich. Hier setzt man entweder auf Plasmasintern (ein dem Heißpressen vergleichbares Verfahren) oder auf das »Reaktionsverfahren«. Dabei wird das Metall bei sehr hohen Temperaturen verflüssigt und kann dann mit einem festen Werkstoff wie Kohlenstoff reagieren. »Das flüssige Metall dringt in die porösen Strukturen des Feststoffs ein und reagiert dort zu sehr stabilen Materialzusammensetzungen«, erklärt Koch.

Am DLR forscht man jedoch auch an ganz klassischen Anwendungen für Keramik – wie Bremsen. So entwickelten die Ingenieure eine Propellerbremse aus Faserkeramik. Die hält die riesigen Propeller der neuen Bundeswehr-Frachtmachine A400M am Boden fest, sobald diese bei Wind anfangen würden, sich zu drehen. »Hier kam es besonders auf hohe Reibwerte und hohe Verschleißfestigkeit beim Keramikmaterial an«, so Koch. Und ohne das DLR und ihre Keramikforschung müssten womöglich bis heute die Besitzer von schnellen Sportwagen auf ihre keramische Hochleistungsbremse verzichten. Denn als die Stuttgarter Forscher um die Jahrtausendwende mit der Hitzeschutzkeramik für den Wiedereintritt des experimentellen NASA-Raumgleiters X-38 arbeiteten, hatten sie eine Idee: Dieses Material würde das Bremsmanöver eines schnellen Porsche besser vertragen als jedes Metall. Und prompt gab es die Keramikbremse einige Jahre später als begehrten und verschleißfreien, jedoch teuren Zusatz in etlichen Sport- und Oberklasseautos. ■■



Von der Leiterplatte bis zur Sprungschanze

Dr. Ulf-Dieter Zimmermann steht seit 2001 an der Spitze von CeramTec im baden-württembergischen Plochingen. Das Unternehmen ist Marktführer in zahlreichen Bereichen der technischen Hochleistungskeramik.

CeramTec stellt seit 113 Jahren Produkte aus Keramik her. Was hat sich seither verändert?

Ulf-Dieter Zimmermann: Zu Beginn stellte unser Unternehmen Porzellan her. Zwischen den beiden Weltkriegen verlagerte sich der Schwerpunkt auf technische Keramik, vor allem für Isolatoren. In den letzten Jahrzehnten haben wir kontinuierlich auf Hochleistungskeramik gesetzt. Das heißt wir entwickeln keramische Lösungen, die ihre ganz besonderen technologischen Vorteile ausspielen können. Unsere Hochleistungskeramik hat mit dem einstigen Porzellan oder herkömmlichen Fliesen im Haushalt also nur mehr den Herstellungsprozess gemein, der aus der Aufbereitung des Rohstoffs, der Formgebung, dem Brennen und der Hartbearbeitung besteht. Doch als Rohstoffe verwenden wir heute zwanzig verschiedene Basismaterialien, z.B. Aluminiumoxide und Siliziumkarbid, und machen daraus durch Beimischung von keramischen Spezialmaterialien rund 300 unterschiedliche Kompositionen, die dann zu Produkten werden.

Wo steckt denn diese Hochleistungskeramik?

In Ihrem Bad ist Keramik bei Wasserarmaturen in Form von Dichtscheiben nicht mehr wegzudenken, da es nicht wie Metall korrodiert. Aber auch im Mahlwerk in der Kaffeemaschine, im Herd und in der Spülmaschine stecken keramische Bauteile. Wir produzieren Lager für Fotovoltaik- und Windkraftanlagen, keramische Leiterplatten für Elektronik und Bestandteile in Sensoren, wie es sie in unzähligen Industrieanlagen und Fahrzeugen gibt. Sogar die Laufspur moderner Skisprungschancen ist heute aus Keramik. Besonders wichtig aber sind unsere keramischen Lösungen in der Medizintechnik.

Sie meinen Keramik in künstlichen Gelenken und als Zahnersatz?

Ja, dieser Bereich macht ein Drittel unseres Umsatzes aus. Immer mehr Gelenke können heute künstlich ersetzt werden. Wir begannen in den siebziger Jahren mit keramischen Komponenten für Hüftgelenksprothesen, künftig werden es auch das Knie und schließlich die Schulter sein. In der Zahnmedizin, vor allem bei Kro-



Der menschliche Körper verträgt Keramik besser als Metall. Privatdozent Jörg Rossert (oben) vom Lehrstuhl für Materialwissenschaft des Otto-Schott-Instituts in Jena will künstliche Gelenke noch haltbarer machen. Dazu ordnet er die Nanopartikel des Materials so an, dass das Gelenk bruchstabil wird. Im unteren Bild sind die keramischen Komponenten der Hüftgelenksprothese zu sehen.

nen und Brücken sowie bei Implantaten, findet Keramik immer mehr Anwendung und findet Beachtung als körperverträgliche Alternative zu Kunststoff und Gold.

Welche Vor- und Nachteile hat Keramik gegen ihre Konkurrenten Kunststoff und Metall?

Gerade im menschlichen Körper ist Keramik besser verträglich als Metall. Die Gefahr von allergischen Reaktionen und Infektionen ist geringer. Im Industriebereich aber sind Metalle und Kunststoffe eine harte Konkurrenz, da Keramik bis zu zwei- bis dreimal teurer sein kann – was sich aber durch z.B. höhere Lebensdauer der Produkte wieder auszahlt. Da aber Materialien, z.B. durch die Miniaturisierung im Elektronik- und Sensorbereich, immer mehr beansprucht werden, durch Verschleiß, hohe Temperaturen auf engem Raum und korrosive Umgebungsbedingungen, kann die Hochleistungskeramik zunehmend ihre Vorteile ausspielen. Aber der Wettbewerb schläft nicht: Auch Kunststofflösungen werden temperaturbeständiger und können beispielsweise in Getriebesteuerungen von Pkws neue Räume erobern.

Welches Zukunftspotenzial hat die Hochleistungskeramik?

Wir werden uns weiter einen Wettbewerb mit Metallen und Kunststoffen liefern müssen. Aber auch wir entwickeln weiter und können auf ganz neuen Marktfeldern antreten. So haben wir jüngst erste Prototypen für transparente Keramik gebaut. Die ist durchsichtig und kann im militärischen Bereich, als Sichtfenster von gepanzerten Fahrzeugen, aber auch in Smartphones als Display zum Einsatz kommen – dabei ist sie kostengünstiger und leichter als entsprechendes Spezialglas. Im Medizinbereich entwickeln wir Ersatzteile für Wirbelkörper in der Wirbelsäule. Es gibt also noch ganz viele Felder, wo Keramik eingesetzt werden kann, um Systeme zu verbessern oder aber erst möglich zu machen.

Weitere Informationen finden Sie unter: www.ceramtec.de



Formvollendet wird das grüne Teepulver in einer schlichten Raku-Schale mit heißem Wasser aufgegossen.

Geräte, Vorbereitung und Körperhaltung bei der japanischen Teezeremonie gehorchen jahrhundertealten Regeln. Der »Weg des Tees« verspricht Besinnung und Konzentration auf das Wesentliche.

»Die Welt hat sich in der Teeschale gefunden.«

Kakuzo Okura

Raku – ein Steckbrief: japanische Keramik-Technik, handgeformt und niedriggebrannt; Keramikstil, nicht benannt nach dem Ursprungsort, nicht nach einer Werkstatt, sondern nach dem Siegel eines Töpfers: 楽 »Freude an der Muse«. Entstanden durch die kongeniale Übereinkunft eines Tee-Meisters und eines Töpfers in Kyoto am Ende des 16. Jahrhunderts. Schnell geschätzt bei den Anhängern der Tee-Zeremonie, gesichert durch den Anspruch einer Werkstatt, authentisches Raku zu vertreten, und doch verbreitet in Kyoto und über dessen Grenzen hinaus. Über Jahrhunderte kein Verlust an Attraktivität. Um die Wende zum 20. Jahrhundert launiger Zeitvertreib für Gebildete; verlockt sogar junge, an Keramik interessierte Leute unvorhergesehenerweise zum Keramikerberuf. Erobert die Neugier der Keramiker im Westen. Erfährt seit Jahrzehnten, in hohem Maße popularisiert, in Japan und im Westen ungeahnte stilistische und geschmackliche Erweiterungen. Verfolgen wir den Werdegang dieses Stils in Japan und im Westen. Von Gisela Jahn

Im Zentrum der klassischen japanischen Raku-Keramik steht die Teeschale, die in der Tee-Zeremonie, dem formalen und kunstreichen Bereiten, Darreichen und Trinken von grünem Pulvertee, verwendet wird. Faszinierend ist die Geschlossenheit ihrer Formen: hohe zylindrische Schalen, gewölbte Schalen und flache Schalen mit breitem Boden und niedriger zylindrischer Wandung. Mal sind sie in der Taille ein wenig eingezogen, mal stärker eingebuchtet, bei den zylindrischen Formen verläuft die Bodenpartie oft markant horizontal. Die unregelmäßig geschwungene Schalenlippe zieht sich leicht nach innen, als wolle sie das Innere schützen.

Raku-Teeschalen sind ohne Drehscheibe in der Hand geformt. Die endgültige Gestalt fügt ihnen der Keramiker durch einen Spatel oder ein Messer bei, mit dem er die Wandung beschneidet, kerbt oder einbuchtet, den Rand in Form bringt und den Fuß aus dem Boden trimmt. Die Spuren können andeutungsweise oder mit Ausdrücklichkeit beigebracht werden und entsprechend bescheiden, aber auch geradezu skulptural wirken. In der Hand des Töpfers entstanden, gemacht für die Hand des Tee-Trinkenden – darin liegt die Intimität dieser Teeschalen. Dies ist eines der Geheimnisse einer Raku-Teeschale, ein

anderes liegt in den Glasuren. Von Beginn an sind es eine schwarze und eine rote Glasur, weshalb man auch von Schwarzem und von Rotem Raku spricht.

Üblicherweise schon sind die Rezepturen, bestehend aus Blei oder Feldspat als Flussmittel mit Beimengungen von Erden und färbenden Oxiden, wohlgehütete Werkstattgeheimnisse, zu denen auch gehört, wie die Keramiker mit den Glasuren umgehen. Ob durch geringe oder gar eigenwillige Veränderung der Rezepturen, oder auch durch Übereinandergießen oder Aussparen der Glasur verstehen die Meister, Effekte und ihre eigene Handschrift zu kreieren. Ein weiteres Geheimnis verbirgt sich im Brand in ausschließlich kleinen Öfen, die Platz für eine oder ca. vier Brennkapseln für jeweils ein Stück geben. Glühend, bei einer Temperatur zwischen 950°C bis 1150°C, wird es mit einer langen Zange aus dem Ofen gezogen und sogleich abgekühlt. Dafür gibt es verschiedene, ebenfalls oft geheim gehaltene Methoden. Bekannt ist immerhin, dass das Stück in kaltem Wasser gekühlt bzw. nach westlicher Art auch in Sägespänen und Laub etc. geschmaucht wird.

Je nachdem, womit und wie schnell abgekühlt wird, entwickeln sich die Farben, der »Körper« der Glasur und ihre Oberflächentextur. Die Glasur umfasst das Gefäß



Ohne Drehscheibe werden Raku-Teeschalen geformt. Auf diese Weise hat jede einzelne Schale ihren Charakter. Gearbeitet wird mit Platten, Wülsten oder Tonstücken. Traditionell wurden die Teeschalen aus einem Tonblock herausgeschnitten (unten).

(Abbildungen aus Steven Branfman, *Meisterhaftes Raku. Praktische Wege und Rezepte*)



Gebannt wird bei niedrigen Temperaturen in kleinen Öfen. Der Töpfer entnimmt anschließend das glühende Gefäß mit einer Eisenzange aus dem Ofen, um es sofort abzukühlen. Dazu gibt es unterschiedliche Verfahren und Rezepte. Im Westen werden gerne – wie im Bild – Sägespäne oder auch Laub verwendet.

weich und rund, schimmert aus der Tiefe, sie glänzt in Transparenz, leuchtet in roten, weißlichen und schwarzen Farbschichten, ihre Oberfläche ist glatt, porig oder craquelliert – Raku-Keramik überrascht mit den vielfältigsten Schönheiten, obwohl doch die Formen und ihre skulpturale Bearbeitung so zurückhaltend sind und das Repertoire der Glasuren im Prinzip so begrenzt ist. Wer wo auch immer Raku brennt, wird bemerken, wie stark sich die Beschaffenheit der Tonmasse auf die Glasuren auswirkt. Rotes Raku wird mit stark eisenhaltigem Ton oxidierend gebrannt, wohingegen Schwarzes Raku einen speziellen eisen- und manganhaltigen, meist hellen Ton benötigt. In jedem Falle muss es ein hochfeuerfester, fetter, mit Schamott oder Sand vermischter Ton sein, der das schockartige Abkühlen übersteht. Da er unter dem Sinterpunkt gebrannt wird, bleibt das Gefäß porös und wasserdurchlässig. Deshalb besitzen die Gefäße die angenehme Eigenschaft, die Wärme nicht schnell zu leiten, so dass die Schale nicht zu heiß für Hand wird, aber der Tee lange genug warm bleibt.

Der beste Töpfer von allen

Raku hat, wie eingangs angedeutet, eine lange Geschichte. Ende des 16. Jahrhunderts gab es in Kyoto und Umgebung viele Töpfereien für niedriggebrannte Gefäße und Figuren. Einer dieser Töpfer und Spezialist für Dachziegel, Chōjirō

(gest. ca. 1589), soll von dem Zen- und Tee-Meister Sen no Rikyū (1536–1598) angeleitet worden sein, Teeschalen nach dessen Vorstellungen einer herben, aber feinsinnigen Schönheit anzufertigen. Es waren Teeschalen mit einer schwarzen Glasur und einer roten Glasur, Glasuren, für die es bis zu dieser Zeit kein Vorbild gab. Belege für die Erteilung solcher Aufträge sind von Rikyū selbst jedoch nicht überliefert. In Berichten über Tee-Veranstaltungen jener Zeit werden jedoch Schalen aufgelistet, deren Beschreibung auf Chōjirōs schwarz- bzw. rotglasierte Schalen hinweisen. Gesichert ist wiederum, dass Rikyūs Dienstherr – der berühmte Feldherr und leidenschaftliche Anhänger der Tee-Zeremonie, Toyotomi Hideyoshi – Chōjirō, der nahe dessen Schlosses Jurakudai seine Werkstatt betrieb, als den »besten unter allen« (Töpfern) auszeichnete. Zu dieser Zeit nannte man die neuen Keramiken »imayaki« (jetzige Keramik). Erst nachdem 1595 ein Weihrauchbrenner des Keramikers Tanaka Sōkei das Siegel »raku« (die mittlere Silbe von Hideyoshis Jurakudai) aufweist, kommt die Bezeichnung »raku« in Umlauf. Raku, bzw. imayaki, war also, etwas flott ausgedrückt, ein Shooting Star.

Wie aber konnte eine Modeerscheinung sich über die Jahrhunderte bis heute halten? Raku hatte von Anfang an etwas Exklusives an sich, schlicht wegen ihrer Neuartigkeit. Aber auch, weil sich Anfang des 17. Jahrhunderts eine Töpferfamilie in direkter Nachfolge von Chōjirō definierte und zudem die Beziehungen zwischen Sen no Rikyū – Hideyoshi – Chōjirō in die Genealogie und die Wertauffassung der Werkstatt einzubauen wusste. Das so gegründete Haus Raku beanspruchte für sich, die Authentizität des Stils zu wahren, hütete die Herstellung als Werkstattgeheimnis, vererbte die Fortführung immer nur einem, zu meist dem ältesten, Sohn und nahm keine Schüler auf. Abspaltungen durch Familienmitglieder waren nicht erlaubt, dennoch gab es sie. Nach Sen no Rikyūs Tod bestand eine enge Verbindung zu den Tee-Schulen der Sen-Familie, die ebenfalls über Jahrhunderte die Exklusivität ihrer auf Rikyū fußenden Tee-Traditionen hütete. Als Traditions- und Kulturhüter gehört das Haus Raku, heute in der XV. Generation von Raku Kichizaemon (geb. 1949) geführt, zu den ranghöchsten Keramikern und Kunsthandwerkern in der traditionellen Welt Japans.



Natürliche Schönheit der Dinge

Da japanische Raku-Keramik vor allem Tee-Keramik ist, wird man nach ihrer Ästhetik und Philosophie fragen, und damit direkt oder auch dezent nach ihrer Beziehung zu Zen. Eine Antwort kann hier nur sehr eng gefasst werden: Sie muss mit der Tee-Zeremonie beginnen. In der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts wurde sie aus dem luxuriösen Rahmen an den Höfen der Fürsten in die entstehende einflussreiche Kaufmanns- und Bürgergesellschaft übernommen, wo sich eine nicht minder anspruchsvolle, doch anders gelagerte Schönheitsvorstellung und ein anderer Umgang mit Tee entfalteten. Der reduzierte, von Achtsamkeit bestimmte (formelle) Umgang mit Menschen, mit den Dingen in Raum und Zeit, wie er in den Zen-Klöstern herrschte, verband sich mit einer anspruchsvollen, doch herben Materialästhetik, die sich in den Utensilien, in der Architektur und Ausstattung des Tee-Raumes in dem hüttenartigen Tee-Haus niederschlug. Vornehme Bescheidenheit, nicht Pomp wurde zelebriert.

Den äußerst noblen, alten chinesischen Utensilien, wie den Seladon-Gefäßen und Tenmoku-Teeschalen, wurden sogenannte »gefundene« Keramiken aus der japanischen und koreanischen Alltagsproduktion beigelegt. In ihnen wurde eine unprätentiöse Schönheit bewundert, die mitgestaltet war durch den Zufall, z. B. der Unwägbarkeiten im Brand, oder den Spuren des Gebrauchs. Diese »natürliche« Schönheit der Dinge konnte nur durch das rechte, vorbehaltlose Schauen entdeckt werden, ein Schauen, das sein Äquivalent im geistigen Erkennen des geübten Zen-Meisters hat. Sen no Rikyū, der wohl berühmteste Tee-Meister in Japan, hat diese als »wabi« bezeichnete Ästhetik in der Tee-Zeremonie vollendet. Mit Chōjirō, dem einfachen Ziegelhersteller, kreierte er die Raku-Teeschalen, heißt es. Sen no Rikyū war in Zen geübt, aber Chōjirō wohl kaum.

Man muss nicht Zen üben, um Raku-Keramik zu machen, sie zu benutzen oder sie zu betrachten. Aber generell gilt: Wer Keramik macht, muss bei der Sache sein, sensibel sein für das, was gerade geschieht; wer Tee-Keramik macht, muss ihren Sinn und ihre Ästhetik kennen und verinnerlicht haben. Darin mögen auch Zen-Qualitäten liegen, aber Voraussetzung sind sie nicht. Kehren wir zurück zu Chōjirō. Das Besondere an seinen Raku-Schalen

Raku-Teeschalen v.l.n.r.:

Chōjirō, Teeschale, genannt kineore (Gebrochener Schlegel), 9,8 x 8,1 cm, spätes 16. Jh. Sammlung Raku Museum Kyoto. Aus: Raku Kichizaemon XV and Raku Atsundo, *RAKU A Legacy of Japanese Tea Ceramics*. Raku Museum, Kyoto 2015, Abb. 8, S. 77.

Raku Ryōnyū IX, (1756–1834), Teeschale, Rotes Raku, 7,8 x 9,5 cm, 1826. Sammlung Raku Museum. Aus: Raku Kichizaemon XV and Raku Atsundo, *RAKU A Legacy of Japanese Tea Ceramics*. Raku Museum, Kyoto 2015, Abb. 118, S. 219.

Raku Kichizaemon XV, Teeschale, genannt Shinun, Raku, 12,0 x 12,9 cm, 1996. Sammlung Raku Museum Kyoto. Aus: Raku Kichizaemon, *Rakuyakisousei Rakute nan darou*. Raku Museum, Kyoto 2001, S. 92.

ist die Harmonie der Proportionen der schlichten, leicht bewegten Formen und der weichen, aus sich schimmernden schwarzen, zuweilen bräunlich durchmischten oder warmen roten Glasur. Ruhig und doch in sich lebendig, ohne jegliches Ansinnen von Dekorierung, sind sie fern der flamboyant bemalten Shino- und Oribe-Keramik der Zeit. Chōjirōs Keramik, oder das, was man ihr heute zuschreibt, setzte die Maßstäbe für die nachfolgenden Meister der Raku-Familie und jenen, die zwar nicht zu ihr zählten, aber dennoch Raku-Keramik machten.

Die Geschichte der Raku-Keramik bewegt sich seit ihrem Auftauchen zwischen zwei Gegensätzen: Exklusivität und Popularität. Im Grunde genommen verbirgt sich darin die in Japans Kultur ausgeprägte Koppelung von Exquisitem und Gemeinem, Vergangenheit und Gegenwart, Tradition und Avantgarde. So sehr das Haus Raku Traditionshüter war und ist, so hat gerade die Popularität von Raku seine unangefochtene Stellung gestärkt. So sehr es seiner exklusiven Stellung bewusst war, stand das Haus Raku doch, sofern es das verantworten konnte, wohlwollend und unterstützend der Verbreitung der Raku-Keramik gegenüber. So beständig man sich innerhalb des Hauses auf die Tradition berief, gab es dort Raum für Individualität.

Ein Hobby zum Zeitvertreib

In Kyoto öffnete das Haus Raku gern Amateuren aus den oberen Kreisen der Senke-Tee-Schulen und angesehenen Kunsthandwerkern seine Tür, damit sie selbst gefertigte Schalen dort brennen lassen konnten. So kam der großartige »Designer« Hon'ami Kōestu (1558–1637) regelmäßig zu den Meistern der II. und III. Generation. Als freier und unabhängiger Geist und inspirierter Künstler indes folgte er den Chōjirō-Vorgaben weniger streng als die Raku-Meister. Dies blieb nicht ohne Wirkung auf die folgenden Meister des Hauses Raku.

Im 18. und 19. Jahrhundert konnten sich Keramiker und Amateure in ganz Japan mit einer breitgefächerten Literatur über Raku-Techniken und -Stile versorgen. Das Haus Raku war und blieb eine Herausforderung für die professionellen Keramiker außerhalb dieser Traditionslinie. Noch ein Weiteres: Die Tatsache, dass nur ein geringer Aufwand an technischer Ausrüstung notwendig war, machte es den

Amateuren

– mehr oder weniger waren es gut situierte und gebildete Händler für Tee

oder für Tee-Utensilien

– leicht, sich an Raku heranzuwagen. Die Verlockung bestand

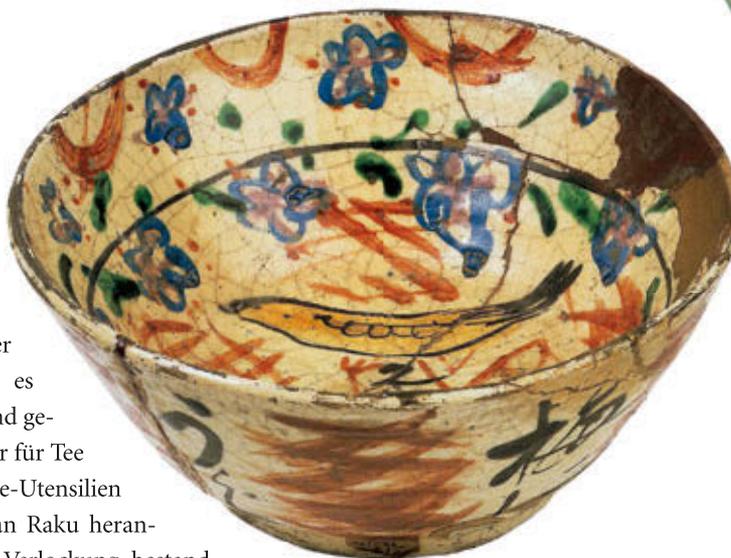
nicht nur darin, sich amateurhaft zu beweisen, sondern sich auch in den Tee-Zirkeln hervorzutun.

Nicht selten mauserten sich solch kleine Amateurwerkstätten in günstiger Ortslage und mit den entsprechenden Kunden zu florierenden Werkstätten. Immer wieder findet man Verbindungen der Amateure zu Zen-Tempeln und oft genug zum Hause Raku. Es lässt sich auch eine ganze Reihe von höhergestellten Mönchen oder Äbten von Zen-Klöstern weitab von Kyoto verzeichnen, die Raku-Schalen für wichtige Tempel- oder Tee-Zeremonien brannten. Adlige liebten es, in den Gärten ihrer Schlösser und Villen kleine Keramikwerkstätten unter anderen auch mit Raku-Öfen zum eigenen und der Gäste Zeitvertreib auszurüsten.

Der Westen entdeckt Raku

Die professionellen Keramiker und Amateure bereicherten die Raku-Keramik mit neuen Stilideen, seien es mit Gedichten beschriebene Schalen, figürliche Darstellungen oder symbolträchtige Motive wie der Berg Fuji. Die vielen florierenden Werkstätten boten auch alle Arten von Tellern und Schalen, Vasen und Figuren an. Im 19. Jahrhundert war Raku nicht mehr ausschließlich an Tee-Kreise, Klöster und Adelshäuser gebunden, auch in großbürgerlichen Kreisen leistete man sich dieses Hobby gern. Die Hausherrn richteten sich eine kleine Privatwerkstatt ein, die dann bei Einladungen auch den Gästen eine willkommene Unterhaltung bot.

Eine solche Party hat dank des Keramikers Bernard Leach in der westlichen Rezeption der japanischen Keramik Geschichte gemacht. Leach, in den 1910er-Jahren als Künstler in Japan lebend, und sein Freund, der Gebrauchsgraphiker und Designer Tomimoto Kenkichi (1886–1963), hatten an einer illustren Party in Tokio teilgenommen, auf der die Gäste mit einem Spiel überrascht wurden: Ton in



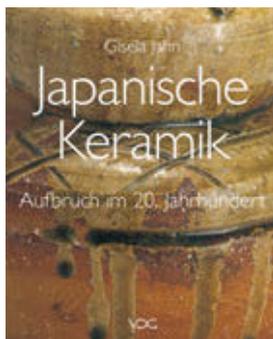
Tomimoto Kenkichi, Schale, Pflaumenzweige mit zwei Nachtigallen, bemaltes Raku, 19,7 x 19,0 cm, 1912. Sammlung Victoria & Albert Museum, London. Aus: Tomimoto Kenkichi, *A Retrospective*. Asahi Shimbun, Kyoto National Museum für Moderne Kunst, Kyoto 2006, Abb. 3,1, S. 38.



die Hand zu nehmen, etwas zu formen, es in Glasur zu tauchen und dann in einer Art Kanonenofen brennen zu lassen und alsbald eine fertig gebrannte Keramik in den Händen zu halten. Das hatte einen tiefen Eindruck auf beide hinterlassen. Sie spürten dieser Töpfertechnik nach, lernten mehr über Keramik und gehörten schließlich, der eine in England, der andere in Japan, zu den führenden innovativen Keramikern ihrer Zeit. Allerdings verabschiedeten sie sich beide von der Raku-Technik.

Tomimoto interessierte sich nicht für Tee und die ihn umgebenden Kunstarten, und von der altlich konservativen und hierarchischen Keramikszene wollte er schon gar nichts wissen. Müßig zu sagen, dass seine Raku-Keramiken nichts mit der überlieferten Raku-Keramik zu tun hatten. Ein anderer großartiger Keramiker des 20. Jahrhunderts, Ishiguro Munemaro (1893–1968), kannte Raku-Brände von Einladungen seines Vaters in Kanazawa. Er tändelte mit diesem kreativen Hobby, bis daraus mit kleinen und großen Tierfiguren, Tellerchen und Porträtbüsten ein schmaler Broterwerb wurde. Ishiguro wandte bald seine ganze Liebe den damals bekannt werdenden Keramiken der Tang- und Song-Zeit zu, obwohl er sich zwischendurch wieder auf Raku besann und Tee-Schalen und andere Keramiken herstellte.

Tradition und Avantgarde – diesen Gegensätzen, die die Kunst nach dem Zweiten Weltkrieg in Spannung brachten, setzte sich der heutige Meister, Raku Kichizaemon XV, aus und nahm Einflüsse aus der zeitgenössischen Malerei und Bildhauerei in seine Keramik auf. Damit überschritt er zwar die Konventionen, aber nicht die Grenzen der Wertvorstellungen des Hauses Raku. Seine Arbeiten sind die moderne Verkörperung von »imayaki«, diesem alten Begriff, der ja das Neue meint. Die Öffnung hin zur zeitgenössischen Kunst, wie auch die Popularisierung der Raku-Keramik, wie sie bisher beschrieben wurde, fanden auf einem Level statt, auf dem sich traditionelle und künstlerische Ambitionen mit dem Vergnügen an Kreativität zumindest die Waage hielten. Nach wie vor gibt es in Japan sehr ernsthafte Raku-Keramiker, deren Arbeiten die Aura des Exklusiven ausstrahlen. Doch muss man zugeben, dass heutzutage auf der breiten Ebene der Produktion die Kraft der Tradition zu schwinden droht, ja, in vieler Hinsicht

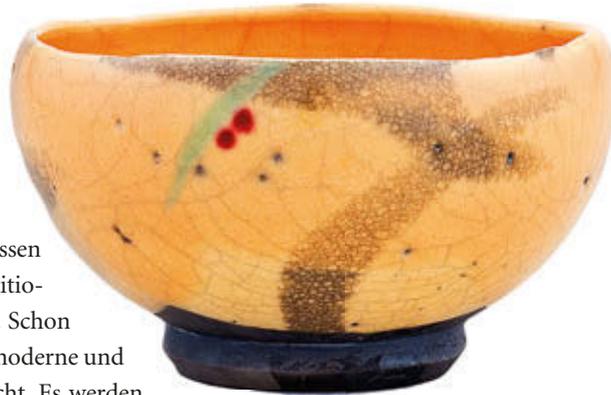


Zum Weiterlesen:

Gisela Jahn, *Japanische Keramik. Aufbruch im 20. Jahrhundert*, Weimar 2014.

Steven Branfman, *Meisterhaftes Raku. Praktische Wege und Rezepte*, Koblenz 2013.

Bild links: Ishiguro Munemaro, Teeschale, mit Figuren-Motiv, Kartoffelstempel, Raku, 7,3 x 15,8 cm, 1946–1947. Privatsammlung. Aus: Kimihisa Ono, Ishiguro Munemaro no subete. Shoto Museum, Tokio 2015, Abb. 110, S. 130.



die Tradition des Stils verlassen wurde und nur noch die traditionelle Technik bestehen bleibt. Schon längst haben sich alltägliche, moderne und modische Formen breitgemacht. Es werden Dekore verwendet, die niemals zum Raku-Stil gehörten und die nicht in eine Stilerneuerung münden, sondern einen fatalen Stilmix vorführen. Es scheint, dass sich die fast grenzenlosen Erweiterungen anspruchsvollen Qualitätsmaßstäben entziehen. Raku für jedermann. Das ist, wie uns die Raku-Geschichte zeigt, schon früh angelegt.

Eine ähnliche Situation finden wir in Amerika und Europa, wo sich Raku als Technik und als Stil seit vielen Jahrzehnten verbreitet hat. Sie wurde von Keramikern, die von der japanischen Keramikunst und speziell von den ideellen Ansprüchen wie dem Zen-Geist der Raku-Keramik fasziniert waren, bewundernd aufgenommen. Faszinierend war und ist für sie die unmittelbar zu erlebende Verwandlung des Tons in gebrannte Keramik und das Geschehen bei den Glasuren. Ihre Nachempfindungen atmen freilich einen anderen als den japanischen Geist, insbesondere wenn sie die Grenzen der traditionellen Glasur- und Brandtechniken überschreiten. Die westlichen Raku-Keramiker experimentieren mit den färbenden Oxiden und Pigmenten, mit allen möglichen Abkühlmethoden und mit anschließenden Nachbränden. Das Ergebnis sind leuchtende, pastellene, metallisch glänzende Farbtöne, die sich in Verläufen oder flächenweise abgrenzen. Die hiesigen Keramiker fühlen sich frei, die Keramiken zu bemalen, was je nach künstlerischer Intensität zu interessanten Stilvarianten führt. Popularisierung hat auch hierzulande stattgefunden.

Von Raku ist in der internationalen Keramikszene also viel zu hören und zu sehen. Hier ein paar Überlegungen zu den Gründen dafür: ein Hauch von Fremdartigkeit und Exklusivität, das unkomplizierte Equipment, die vermeintlich einfache Technik, die verlockenden Effekte; Kreativität und Fantasie. Und die schon beschriebenen gesellschaftlichen Muster: Ein jeder kann sich profilieren, allein oder in der Gruppe, und als Individuum oder in der Gemeinschaft ein spezielles kreatives Erleben genießen. Mit und ohne Zen. ... einfach Freude haben und Raku brennen: 楽

Horst Kerstan (1941–2005), Teeschale, »Aprico«, Raku, H. 9 cm, 2000. Nachlass Kerstan Kandern, Beatrix Sturm-Kerstan. Aus: Maria Schüly, Horst Kerstan, *Keramik der Moderne*. Arnoldsche Art Publishers, Augustiner-museum Freiburg, Stuttgart 2015, S. 171.



DIE AUTORIN

Gisela Jahn

studierte Keramik an der Akademie der Bildenden Künste in München. Seit 1979 reist sie regelmäßig nach Japan. Sie kuratierte Ausstellungen über zeitgenössische traditionelle japanische Keramik und ist Autorin zahlreicher Publikationen.

RADSPIELER

Seit 1841

Anzeige
*Radspieler –
damit
Einrichten
Freude
macht!*

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

1746 kreierte die Manufaktur Meißen das »Bruehlsche Allerlei« für Graf von Brühl.



Weißes Gold

»Hart, doch zart, undurchsichtig, doch klar: Das ist vollendet«, sagt ein chinesisches Sprichwort. 400 Jahre lang versuchten die Europäer vergeblich, Porzellan herzustellen. Der Durchbruch 1709 war das Ergebnis einer kongenialen Zusammenarbeit.

Als der venezianische Kaufmann Marco Polo von 1275 bis 1291 durch China reiste, kam er in eine Stadt, deren Bewohner feine weiße Schalen und Schüsseln herstellten. Die Gefäße erinnerten ihn an die glänzenden Gehäuse von Kaurischnecken, italienisch: »porcellana«. Seit dem 7. Jahrhundert wurde in China Porzellan hergestellt. Die Produktionsmethoden hielt man lange geheim. Mit Marco Polo kam das Geschirr nach Europa und avancierte hier rasch zum begehrten Luxusartikel. Wer auf sich hielt und das nötige Kleingeld besaß, der deckte seine Tafel mit dem »weißen Gold«. Die Ware wurde über beschwerliche Handelsrouten über See und Land herbeigeschafft und war entsprechend teuer. Zu gerne hätte man gewusst, wie die Chinesen ihr Geschirr herstellten. Marco Polo hatte lediglich erfahren, dass eine bestimmte Sorte Erde benutzt wurde. In seinen Reiseberichten schreibt er: »Die Herstellung beginnt, wie ich mir habe sagen lassen, mit dem Sammeln einer bestimmten Erde, die wie Erz gefördert und aufgehäuft wird. So bleibt sie liegen, 30 oder 40 Jahre, Wind, Sonne und Regen ausgesetzt. In dieser Zeit verfeinert sich die Erde, bis sie zur Verarbeitung taugt.« Mehrere Jahrhunderte dauerte es, bis man dem Geheimnis auf die Spur kam.



In der Porzellanmanufaktur Nymphenburg wird hochwertiges Geschirr bis heute von Hand gefertigt.

August I., der Starke, regierte ab 1794 über das Kurfürstentum Sachsen. Der Kurfürst schätzte Gold und teures chinesisches Porzellan. Und er hatte zwei begabte Männer in seinen Dienst genommen: den Universalgelehrten Ehrenfried Walther von Tschirnhaus (1651–1708) und Johann Friedrich Böttger (1682–1719). Böttger war Alchemist und Chemiker, der wie viele seiner Zeitgenossen hoffte, aus unedlen Metallen Gold herstellen zu können. Tschirnhaus experimentierte mit Linsen und großen Brennsiegeln, mit deren Hilfe man enorme Temperaturen erzeugen konnte. Außerdem liebäugelte er schon seit längerem mit der Möglichkeit, »weißes Gold« herzustellen. In Johann Friedrich Böttger fand er einen kongenialen Partner. Dessen Versuche, Gold herzustellen, schlugen bedauerlicherweise fehl, der Kurfürst war »not amused«. Es wird berichtet, Böttger sei sogar aus Sachsen geflohen, um dem Zorn des Dienstherrn zu entgehen, doch der habe ihn stante pede zurückexpedieren lassen und fortan unter Aufsicht gestellt. Man beschloss also, sich auf die Herstellung des weißen Goldes zu konzentrieren. Eine weise Entscheidung. Denn der junge Chemiker brauchte gerade einmal zwei Jahre, um das Geheimnis der Porzellanherstellung zu lüften. Zu Hilfe kamen ihm dabei das Glück, der Zu-



fall sowie die Expertise Walther von Tschirnhaus' und des Oberberghauptmanns Abraham von Schönberg (1640–1711). Die besondere Erde, von der schon Marco Polo berichtet hatte, war das Kaolin. Und ebendieses gab es zufällig reichlich in der Nähe von Dresden. Tschirnhaus und Schönberg kannten diese Lagerstätten.

27 Jahre alt war Böttger, als er seinem Kurfürsten die frohe Kunde überbringen konnte. Tschirnhaus war ein Jahr zuvor verstorben und konnte die Früchte dieses Erfolgs nicht mehr genießen. Bereits 1710 nahm die erste Porzellanmanufaktur in Meißen ihre Arbeit auf. Anfangs wurde hier vor allem experimentiert, denn das Porzellan

war noch nicht so schön weiß, wie wir es heute kennen und schätzen. Bis es wirklich durchscheinend wie das chinesische Vorbild war, testete man in der Manufaktur immer neue Mischungen des Rohmaterials. Der Durchbruch zur feinen weißen Ware gelang erst nach Böttgers Tod 1719.

In den folgenden Jahren richteten zahlreiche Herrscher ihre eigenen Porzellanmanufakturen ein und füllten mit den Verkaufserlösen ihre Kassen. In London, Wien, München oder Berlin entstanden Werkstätten, und was einst nur die Tafeln von Königen schmückte, veredelte nun auch die Haushalte wohlhabender Bürger. ■■

Sabrina Landes

Seit 700 n. Chr. produzierten die Chinesen Porzellangefäße. Das Herstellungsverfahren hielten sie geheim. Ab dem 14. Jahrhundert wurde die weiße Ware zu einem begehrten Luxusgut in Europa.

Anzeige

Besondere Reisen

bayerisches pilgerbüro **bp** 90 JAHRE GEMEINSAM UNTERWEGS



© iStockphoto.com Designbot

Die Amalfiküste – eine mediterrane Sinfonie

8-tägige Wanderreise | 16.04. - 23.04.2016
Preis p.P. im DZ ab € 1.195,-

Faszinierendes Sardinien

9-tägige Studienreise | 04.05. - 12.05.2016
Preis p.P. im DZ ab € 1.580,-

Mein London

6-tägige Studienreise | 16.05. - 21.05.2016
Preis p.P. im DZ ab € 1.398,-

Der Sonne entlang auf der Traumstraße Nord

10-tägige Studienreise | 30.06. - 09.07.2016
Preis p.P. im DZ ab € 2.795,-

Mehr Infos: 089/54 58 11-0
oder dtmuseum.pilgerreisen.de

Bayerisches Pilgerbüro e. V. | Dachauer Straße 9 | 80335 München

Pilgerreisen
Glauben erleben

Studienreisen
Kulturen verstehen

Wanderreisen
Wege beschreiten

Kreuzfahrten
Horizonte erweitern

modasafe

Die Lichtschachtabdeckung,
die schützt.

Das besondere Angebot für alle Hauseigentümer.

GRÜNES LICHT

FÜR WASSER-, SCHMUTZ- UND EINBRUCHSCHUTZ!

Tauschen Sie jetzt Ihren alten Gitterrost aus!

- Optimaler Schutz vor Wasser, Schmutz und Einbrechern
- Licht- und luftdurchlässig
- Garantierte Stabilität, PKW-befahrbar
- Individuelles Aufmass vor Ort
- Lieferung und Einbau deutschlandweit
- Deutsche Handarbeit



☎ +49(0)81 76/93 10-0

🏠 www.moda-safe.de

@ info@moda-safe.de

modasafe – eine Marke der Modahum GmbH
Weihermühle 2, 82544 Egling bei München

**Einbruchshemmung
RC3 zertifiziert
DIN EN 1627**



MM

Ja, schicken Sie mir kostenlose Informationen zur
modasafe Lichtschachtabdeckung

Name

Straße/Nr.

PLZ/Ort

Telefon E-Mail

Lichtschachtbreite (cm) Lichtschachtlänge (cm)

Coupon ausschneiden, auf Postkarte kleben oder in ein Kuvert stecken und
an Modahum GmbH, Weihermühle 2, 82544 Egling bei München senden.

Die rote Kaffeekanne

Wäre sie nicht so leuchtend rot, man könnte sie in der Vitrine zwischen all den anderen Ausstellungsstücken leicht übersehen. Dabei markiert das Kännchen einen wichtigen Zwischenschritt bei der Erfindung des europäischen Porzellans.

Bei ihren Versuchen, das chinesische Porzellan nachzu-erfinden, gelang Johann Friedrich Böttger und seinen Mitarbeitern um das Jahr 1707 die Herstellung eines keramischen Materials, das wegen seiner braunroten Farbe »rothes Porcellain« oder »Jaspisporcellain« genannt wurde und heute unter dem Namen Böttgersteinzeug bekannt ist. Dass es sich dabei noch nicht um das eigentlich gesuchte »echte« Porzellan handelte, das man erst seit 1709 herstellen konnte, war angesichts seiner Farbe offensichtlich. Allerdings war das Böttgersteinzeug, das noch nicht aus Kaolin (Porzellanerde), sondern aus einem roten, fein geschlammten, in Sachsen vorkommenden Ton hergestellt wurde, eine wichtige Vorstufe auf dem Weg dorthin. Abgesehen von der Farbe zeigten Böttgersteinzeug und Porzellan tatsächlich schon ähnliche physikalische und chemische Eigenschaften. Da beide bei Temperaturen von mehr als 1000 °C gebrannt wurden, besaß sowohl das Böttgersteinzeug als auch das Porzellan einen gesinterten Scherben, der die Waren hart und wasserundurchlässig machte. Im Unterschied zum Porzellan war das Böttgersteinzeug aber nicht transparent, sondern durch den Eisengehalt des verwendeten Tons bräunlichrot. Im Gegensatz zum relativ groben europäischen Steinzeug, das seit dem späten Mittelalter erzeugt wurde, hatte das Böttgersteinzeug einen sehr feinen Scherben, war also »Feinsteinzeug«. Darin ähnelte es dem im 17. Jahrhundert äußerst beliebten Steinzeug (I-hsing-yao), das vor allem zur Produktion von Teegeschirr verwendet und – ähnlich wie das chinesische Porzellan – im großen Stil nach Europa importiert wurde.

Aus dem von Böttger und seinem Team hergestellten »rothen Porcellain« wurden hauptsächlich Kaffee- und Teeservice, Pokale, Schalen, Krüge, Flaschen und Vasen gefertigt. Diese Waren blieben unglasiert, wurden aber durch Polieren veredelt, wodurch sie eine matt glänzende, dem Halbedelstein Jaspis ähnelnde Oberfläche bekamen. Oft



wurden auch prachtvolle Reliefdekors eingraviert, eingeschnitten oder mit Modeln ausgestochen und dann auf dem Gefäßkörper angebracht. Wegen seiner aufwendigen Bearbeitung war das Böttgersteinzeug sehr teuer. Seit etwa 1714, mit zunehmender Produktion des echten Porzellans in der Meißener Manufaktur, wurde die Erzeugung des Böttgersteinzeugs zurückgefahren; nach Böttgers Tod im Jahr 1719 scheint es dort gar nicht mehr produziert worden zu sein.

Obwohl das Böttgersteinzeug von chinesischen Vorbildern angeregt worden war, zeigen seine Formen mit Ausnahme der Teeservice, bei deren Herstellung Dekor, Größen und Formen der chinesischen Vorlagen exakt nachgeahmt wurden, relativ geringen ostasiatischen Einfluss. Im Falle unserer Kaffeekanne ist das besonders gut zu sehen und erklärt sich dadurch, dass das Genussmittel Kaffee und daher auch die Gefäßform einer Kaffeekanne im damaligen China unbekannt waren. Das Reliefdekor und die präzisen Profilierungen der Verzierungen an unserem Kännchen lassen erkennen, dass sich dessen Dekor an Entwürfen des damaligen sächsischen Hofgoldschmieds Johann Jacob Irminger (um 1635–1724), des ersten künstlerischen Leiters der Meißener Manufaktur, also an Vorlagen der europäischen Gold- und Silberschmiedekunst, orientierte. ■ Elisabeth Vaupel

Zum Weiterlesen

Peter Braun, *Böttgersteinzeug: eine Meißener Faszination*, Meißen 2007.

Germanisches Nationalmuseum (Hrsg.), *Böttgersteinzeug und frühes Meißener Porzellan*, Nürnberg 1982.

Kaffeekanne aus Böttgersteinzeug in der Ausstellung *Keramik des Deutschen Museums* (Meißen 1711/12, H. 15,5 cm).



Wie sehr Kurfürst August der Starke (1670–1733) das in seinem Herrschaftsgebiet hergestellte Böttgersteinzeug schätzte, zeigt das Detail aus dem raumbherrschenden »Obeliscus Augustalis« im Dresdner Grünen Gewölbe, in dem neben Gold, Silber, Elfenbein und verschiedenen wertvollen Edel- und Halbedelsteinen auch Böttgersteinzeug – siehe die beiden braunen Gefäße im Vordergrund – verarbeitet wurde (1722, Staatliche Kunstsammlung Dresden).



Gemalte Geschichte

Eine kleine Einführung in die antike Vasenmalerei. von Ronald Boisson

Zu Beginn der Auseinandersetzung mit den materiellen Hinterlassenschaften der antiken Griechen und Römer war Keramik im Vergleich zur Architektur, Skulptur und Wandmalerei eine wenig beliebte Gattung. Erst ab der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts begriffen Altertumswissenschaftler die enorme Relevanz der Keramik für die archäologische Forschung: Keramik wurde nicht nur seit prähistorischer Zeit kontinuierlich und in großen Mengen hergestellt, zerbrochene Keramik konnte man darüber hinaus auch nicht weiterverwenden (wie beispielsweise

Metall, das eingeschmolzen werden konnte) – weshalb sie zumindest in Scherbenform massenhaft erhalten blieb. Des Weiteren wird gebrannter Ton, sobald er in den Boden gelangt und luftdicht abgeschlossen ist, hervorragend konserviert. Ist die Keramik zudem auch noch figürlich bemalt, führt sie uns die Welt der griechischen Mythen und des antiken Alltags vor Augen, und liefert bei Ausgrabungen – aufgrund der gut rekonstruierbaren stilistischen Entwicklung der Vasenmalerei – häufig den zuverlässigsten Anhaltspunkt für die Datierung.

Bild im Kasten rechts: Detail einer rotfigurigen attischen Vase: Ein Töpfer bemalt einen sogenannten Glockenkrater (circa 430–425 v. Chr.).



Große und kleine Gefäße aus Ton bilden den dekorativen Mittelpunkt des ersten Raums der Ausstellung Keramik im Deutschen Museum. Amphoren und Pithoi, die vor mehr als zweitausend Jahren zur Aufbewahrung von Vorräten oder bei Transporten genutzt wurden.

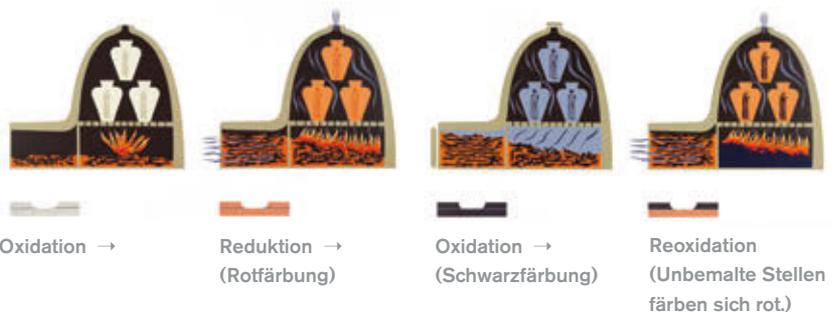
Das Brennen im Töpferofen

Die antiken Töpferöfen waren bienenkorbformig, hatten einen ungefähren Durchmesser von zwei Metern und waren zweigeteilt: Der untere Teil, der sogenannte Feuerkeller, diente mit einer Schüröffnung für den Brand. Die Schüröffnung wurde mit einer »Lochtenne« abgedeckt, so dass die Hitze in den oberen Teil des Brennofens aufsteigen konnte. Im oberen Teil des Ofens wurden die Gefäße gestapelt. Oben am Scheitel des Ofens befand sich eine große Abzugsöffnung.

In Korinth perfektionierte man vermutlich im 7. Jh. v. Chr. ein dreiphasiges Brennverfahren (die sogenannte Eisenreduktionstechnik), das die Herstellung der anspruchsvollen griechischen Feinkeramik ermöglichte. In der ersten Phase, dem »oxidierenden Brand«, wird der Brennofen auf über 800 °C erhitzt. Gleichzeitig bleiben Schüröffnung und Abzug geöffnet, so dass ein Durchzug entsteht. Durch die Sauerstoffzufuhr oxidiert das im Tongrund wie auch im Malschlicker enthaltene Eisen zu rotem Eisen-(III)-oxid (Fe_2O_3). Vasengrund und Bemalung werden rot. In der zweiten Phase, dem »reduzierenden Brand«, wird die Hitze auf über 900 °C gesteigert, mit der Folge, dass der Malschlicker »sintert«: Die feinen Tonpartikel des aufgemalten Tons schmelzen zu einem wasser- und luftdichten, glänzenden Überzug. Zudem wird die Sauerstoffzufuhr unterbrochen, indem Schüröffnung und Abzug geschlossen werden. Unter den nun herrschenden reduzierenden Bedingungen verwandelt sich das rote Eisenoxid der ersten Brennphase in schwarzes Eisen-(II,III)-oxid (Fe_3O_4). Vasengrund und Bemalung werden schwarz. Zuletzt werden Schüröffnung und Abzug wieder geöffnet, der Ton reoxidiert an den Stellen, die der gesinterte Malschlicker nicht luftdicht versiegelt hat: Der Vasengrund wird rot, die Bemalung bleibt schwarz.



Zudem wird die Sauerstoffzufuhr unterbrochen, indem Schüröffnung und Abzug geschlossen werden. Unter den nun herrschenden reduzierenden Bedingungen verwandelt sich das rote Eisenoxid der ersten Brennphase in schwarzes Eisen-(II,III)-oxid (Fe_3O_4). Vasengrund und Bemalung werden schwarz. Zuletzt werden Schüröffnung und Abzug wieder geöffnet, der Ton reoxidiert an den Stellen, die der gesinterte Malschlicker nicht luftdicht versiegelt hat: Der Vasengrund wird rot, die Bemalung bleibt schwarz.



Die Pioniere der professionellen Vasenforschung waren die Engländer: Sir William Hamilton (1731–1803), der vor allem wegen seiner skandalträchtigen Heirat mit der aus einfachsten Verhältnissen stammenden und europaweit für ihre Schönheit berühmten Emma Lyon in Erinnerung blieb, wurde von 1764 bis 1800 zum englischen Botschafter im Königreich Neapel berufen. Dort entdeckte er nicht nur seine Leidenschaft für das Beobachten von Vulkanen, sondern auch seine große Begeisterung für griechische und unteritalische Vasen und für das Sammeln von Antiquitäten. 1765 ließ er seine Sammlung von Pierre François Hugues alias Baron d'Hancarville publizieren: Die *Collection of Etruscan, Greek and Roman Antiquities from the Cabinet of the Honorable William Hamilton* war mit mehr als 400 Tafeln das erste Werk, das griechischen Vasen gewidmet war. 1772 verkaufte Hamilton seine Sammlung,

die mittlerweile mehr als 720 Vasen und darüber hinaus Terrakotten, Bronzen, Gemmen und antiken Schmuck umfasste, für 8400 Pfund an das British Museum. Zum ersten Mal wurde antike Keramik als relevantes Zeugnis der Kunst und Kultur der Griechen in die Sammlung eines öffentlichen Museums aufgenommen.

Mit Hilfe von Töpfer- und Malersignaturen erarbeitete die archäologische Forschung des 19. und 20. Jahrhunderts – vor allem der berühmte englische Altertumsforscher Sir John Beazley (1885–1970) – ein umfangreiches Ordnungssystem für Werkstätten und Meister attischer und etruskischer Vasen. Sir Beazley nahm an, dass man die Vasenmaler anhand mechanischer Details erkennen könne, und ordnete anhand genauer Skizzen von Einzelheiten wie Augen, Füßen, Gewandpartien etc. über 30000 Vasen nach Maler- bzw. Töpferhänden. Bis heute bildet Beazleys Nachlass an der Universität Oxford den Grundstock für das Beazley Archive, die größte Datenbank zu figürlichen Vasenbildern weltweit und eine der wichtigsten Forschungseinrichtungen zur Klassischen Antike überhaupt.

Die Herstellung antiker Keramik

Tonanalysen, Vergleiche von antiken Werkstätten mit modernen Töpfereien, Schriftquellen und nicht zuletzt das zahlreich überlieferte Bildmaterial aus der Antike selbst geben Aufschluss über die Herstellungstechnik antiker Keramik.

Zunächst muss man zwischen Grobkeramik, die normalerweise im alltäglichen Gebrauch zum Einsatz kam und unverziert war, und Feinkeramik unterscheiden. Die griechische Feinkeramik wurde in drei Arbeitsschritten hergestellt: 1. Töpfern, 2. Bemalung, 3. Brand. Die Herstellung erfolgte in der Regel in einer einzigen Werkstatt, wobei der Töpfer auch gleichzeitig der Maler sein konnte, aber nicht sein musste.

Der Ton wurde nach dem Abbau zunächst mehrfach geschlämmt. Dazu wird der Rohton in einem Wasserbassin aufgelöst, so dass organische Einschlüsse und Verunreinigungen an die Oberfläche schwimmen, während der Arbeitston nach unten sinkt. Über dem Arbeitston bildet sich eine Brühe mit leichterem Ton. Dieses Gemisch wurde in ein weiteres Becken umgeleitet und diente als sogenannter



Bild oben: Oinochie im protogeometrischen Stil, um 9. Jh. v. Chr.

Bild unten: Halsamphora im geometrischen Stil, 8. Jh. v. Chr.

Malton oder auch »Glanzschlicker«. Die Unterscheidung zwischen Vasengrund und Bemalung kommt also nur durch die gröbere oder feinere Schlämmung zustande. Je eisenhaltiger der Ton war, desto rötlicher wurde er nach dem Brand. Attische Gefäße sind demnach rötlicher als die eher gelblichen korinthischen Vasen.

Nach dem Schlämmen wurde der gewonnene Tonschlamm ausgestochen und feucht gelagert. Durch die Fäulnisprozesse während des Lagerns wurde der Ton geschmeidiger. Als Nächstes wurde der Ton geknetet, zumeist offenbar mit den Füßen, wie Herodot berichtet. Der Gefäßkörper wurde gewöhnlich in einem Stück auf der Töpferscheibe (seit dem 2. Jahrtausend v. Chr. in Griechenland belegt) gefertigt, Henkel und Füße wurden separat gearbeitet. Die Bemalung erfolgte größtenteils mit dem Pinsel. Zunächst wurde das Gefäß mit einer Schicht aus stark verdünntem Glanzton überzogen. Die Dekorationen der geometrischen, orientalisierenden und schwarzfigurigen Zeit wurden vermutlich freihändig aufgetragen. Darüber hinaus nutzte man Ritzwerkzeuge (v.a. schwarzfigurige Malerei) und Zirkelinstrumente. Sobald der Ton ganz getrocknet war, konnte mit dem Brennen begonnen werden.

Vielfalt der Formen

Die Herstellung und Bemalung von griechischer Feinkeramik kann man grob in sieben Hauptphasen ihrer stilistischen Entwicklung unterteilen: 1. Protogeometrische Epoche (ca. 1000–900 v. Chr.), 2. Geometrische Epoche (ca. 900–700 v. Chr.), 3. Archaische Epoche (ca. 700–480 v. Chr.), 4. Klassische Epoche (5. Jh. v. Chr.), 6. Spätklassische Epoche (4. Jh. v. Chr.), 7. Hellenistische Keramik (ab 330/20 v. Chr.).

Die protogeometrische Keramik entwickelte sich in Athen und Attika im Anschluss an die sogenannte submykenische Keramik (1030–1000 v. Chr.) und unterscheidet sich von dieser in erster Linie durch ihre Qualität: Der Ton wurde nun feiner geschlämmt und mit der Töpferscheibe bearbeitet. Die gedrehten Vasen überzog man mit einer dünnen Tonschicht, so dass die Oberfläche heller und glatter aussah. Auf diesen Tonüberzug trug man mit dunkelbraunem bis schwarzem Malschlicker die Dekorationen

auf. Je höher die Brenntemperatur war, desto schwärzer und glänzender wurde schließlich der Malton. Die Bemalung unterstrich die Form des Gefäßkörpers: Einfache Bandornamente, Wellenlinien, schraffierte Felder, Schachbrettmuster und konzentrische (Halb-)Kreisornamente schmückten die einzelnen Partien der Vase und grenzten die jeweiligen Teile des Gefäßkörpers voneinander ab.

Die Bezeichnung »Geometrischer Stil« wurde 1877 von dem Berliner Archäologen Alexander Conze (1831–1914) geprägt und meint Gefäße mit »linearer, geradliniger und eckiger Zeichnung«. Keramik geometrischen Stils wurde in vielen Regionen Griechenlands hergestellt, führendes Zentrum der Keramikproduktion blieb jedoch zunächst Athen. Später gewannen die Werkstätten von Argos, Euböa, den Kykladen, Ostgriechenland und Korinth an Bedeutung. Die Ornamentik der sogenannten geometrischen Keramik ist reicher und dichter gestaltet als die einfache, klare Verzierung der protogeometrischen Zeit. Sie bedeckt den gesamten Gefäßkörper, unabhängig von dessen Form. Kleinformatige Ornamente werden an horizontalen Linien ausgerichtet oder in rechteckigen Feldern platziert. Der Mäander wird zum dominierenden Muster, während Kreise und Halbkreise aus dem Formenkanon verschwinden. Ab etwa 800 v. Chr. tauchen figürliche Motive auf, vor allem stilisierte Tierdarstellungen wie Pferde und Gazellen, ab etwa 760 v. Chr. werden menschliche Figuren immer beliebter. Das Repertoire der protogeometrischen Keramik ist wenig abwechslungsreich: Bestattungskult, Kampf und Schifffahrt sind die bestimmenden Themen.

Die Archaik beginnt mit der sogenannten orientalisierenden Periode (ca. 700–480 v. Chr.), einer Phase, in der der massive kulturelle Einfluss des Vorderen Orients in der griechischen Bildwelt deutlich sichtbar wurde: Flechtbänder und Spiralen, Ranken und Palmetten, Tierfriese mit orientalischen Fabelwesen wie Sphingen oder Greifen sind typisch für diese Zeit.

Immer häufiger wurden auch mythologische Szenen dargestellt. Zugleich wurden neue Techniken entwickelt. Der neue Stil etablierte sich zunächst in Korinth. Hier setzte man ihn für Menschen- und Tierdarstellungen ein: Bei der sogenannten schwarzfigurigen Technik wurde zuerst die schwarze Silhouette der Figuren gemalt und dann die



Die sogenannte Francois-Vase, attisch-schwarzfiguriger Volutenkrater, um 570–565 v. Chr., 66 cm hoch, Museo Archeologico Nazionale Firenze.

Zum Weiterlesen

J. Boardman, *The History of Greek Vases*, 2001.

T. Mannack, *Griechische Vasenmalerei. Eine Einführung*, Darmstadt 2002.

A. Thomsen, *Die Wirkung der Götter. Bilder mit Flügelfiguren auf griechischen Vasen des 6. und 5. Jahrhunderts v. Chr.*, Berlin 2011.

www.beazley.ox.ac.uk

Binnenzeichnung mit einem scharfen Werkzeug eingeritzt, um den darunterliegenden helleren Ton wieder sichtbar zu machen. Durch die so gewonnene Möglichkeit, detaillierter darzustellen, wurden auch die Erzählungen komplexer und das Themenrepertoire wuchs. Ab der ersten Hälfte des 6. Jahrhunderts löste Athen Korinth als Hauptstadt der Keramikproduktion ab. Die Athener Werkstätten perfektionierten ab etwa 630 v. Chr. die Technik der »schwarzfigurigen« Malerei und bis zum Ende des 7. Jh. v. Chr. hatte sich die Maltechnik für alle figürlichen und ornamentalen Darstellungen durchgesetzt.

Ab ca. 530 v. Chr. entwickelten die Athener Werkstätten mit der »rotfigurigen« Malerei erneut eine Maltechnik, die gegenüber der alten so viele Vorteile hatte, dass sie diese nach und nach nahezu komplett verdrängte. Im Unterschied zur schwarzfigurigen Technik wird bei der rotfigurigen Vasenmalerei der Hintergrund mit einem schwarzen Glanzton eingefärbt, während die Figuren ausgespart bleiben und die Binnenzeichnung mit dem Pinsel aufgetragen wird. Das Auftragen mit dem Pinsel bedeutete erneut eine enorme Steigerung der Gestaltungsmöglichkeiten. Eine Besonderheit der Übergangsphase zwischen schwarzfigurigem und rotfigurigem Stil sind die sogenannten bilinguen Vasen, bei denen beide Maltechniken einander gegenübergestellt werden. In der Blütezeit der griechischen Keramikproduktion im 6. und 5. Jh. v. Chr. exportierten attische



Achill und Ajax beim
Würfelspiel. Attisch-
schwarzfigurige Amphora
des Exekias, um 535–525
v. Chr., Musei Vaticani.

Werkstätten in großem Stil nach Etrurien, Süditalien und in den Osten, während der ehemalige Vorreiter Korinth um die Mitte des 6. Jh. v. Chr. seine Produktion einstellte, nachdem die Konkurrenz aus Athen zu groß geworden war.

Als Epoche der Klassik definieren Altertumswissenschaftler im Allgemeinen die Zeit von 490/80 bis 330 v. Chr., also die Zeit nach den großen Schlachten von Marathon und Salamis bis zum Tod Alexander des Großen 323 v. Chr. In Bezug auf die stilistische Entwicklung der Vasenmalerei bedeutet »Klassik« vor allem die schrittweise Perfektionierung der Korrespondenz zwischen Vasengrund und räumlicher Darstellung, die Präzisierung der Konturlinie, »natürlichere« Gewand- und Körperdarstellungen und die Bevorzugung harmonischer Bildkompositionen.

Auch die Wahl des Motivs ist ein signifikantes Datierungsmerkmal: Während man sich in der Archaik noch auf das konkrete Ereignis konzentrierte, entschied man sich seit der Frühklassik häufig für die Darstellung einer Situation vor oder nach einem Ereignis. Die neue Erzähl-

technik eröffnet also – vorausgesetzt der Betrachter weiß, auf welches Ereignis sich das dargestellte Motiv bezieht – eine vorausblickende oder rückblickende Reflexionsebene.

»Verweile doch ...«

Eine der weltweit bedeutendsten Kollektionen griechischer Vasen befindet sich in der Münchner Antikensammlung. Neben unzähligen anderen herausragenden Stücken ist hier auch die Penthesilea-Schale ausgestellt. Eine rotfigurige Kylix aus der Etrusker-Stadt Vulci in der südlichen Toskana. Sie hat einen Durchmesser von vierzig Zentimetern und wird um 460 v. Chr. datiert. Das bestens erhaltene Gefäß ist ein schönes Beispiel für die subtile Symbolik und Vielschichtigkeit griechischer Vasenmalerei.

Das Vasenbild wird überwiegend als Darstellung einer Episode aus dem trojanischen Krieg interpretiert: Der Mythos von der Liebe Achills zu der Amazonenkönigin Penthesilea – jener tragische Mythos von der Erkenntnis der Liebe im Augenblick des Todes. Das Innenbild der Schale zeigt die Begegnung zwischen Achill und Penthesilea auf dem trojanischen Schlachtfeld. Vier Figuren füllen den Innengrund fast komplett aus: Die zwei Hauptakteure Achill und Penthesilea sind einander im Zentrum gegenübergestellt und werden eingerahmt von einer gefallenen Amazonin rechts neben Achill und einem griechischen Krieger links von Penthesilea, der sich, mit Schwert und Lanze bewaffnet, zum Geschehen umblickt. Die beiden gegeneinander dialogisch und gleichzeitig in Bezug auf die Zentrumsgruppe parallelisierend positionierten Nebenfiguren werden von Achill und Penthesilea überschritten und agieren damit im Hintergrund.

Achill ist bis auf die Beinschienen, Rückenmantel, Helm und den großen Rundschild nackt dargestellt. Das bedeutet nicht etwa, dass es bei den antiken Griechen üblich war, nackt in die Schlacht zu ziehen, sondern meint in der antiken Bildsprache die sogenannte heroische Nacktheit, die anzeigt, dass es sich um einen griechischen Heros handelt. Gleichzeitig eröffnet sie dem Vasenmaler die Gelegenheit, Kunstfertigkeit und anatomisches Know-how zur Schau zu stellen. Ganz im Gegensatz dazu wird Penthesilea keineswegs als Kriegerin charakterisiert, son-

Die Penthesilea-Schale zeigt den Zweikampf zwischen Achilleus und der Amazone Penthesilea. Attisch-rotfigurig, um 540 v. Chr., Staatliche Antikensammlung München.



dern als schöne Frau gezeigt – statt Waffen trägt sie Schmuck: Ohrringe, Armreifen und ein Diadem im Haar. Das »Kurze Kleid«, ein sogenannter kurzer Chiton, der im Kampf die nötige Bewegungsfreiheit gewährleistet, lässt ihre Arme und Beine frei. Penthesileas Gewand unterscheidet sich damit signifikant von dem der gefallenen Amazone am Bildrand, die die für Amazonen typische thrakische Tracht mit bunt gemusterten Strumpfhosen und phrygischer Mütze trägt. Nicht auf kriegerischer Tugend liegt das Augenmerk, sondern auf weiblicher Schönheit und Verwundbarkeit.

Achill und Penthesilea befinden sich in einer Art kriegerischen Umarmung. Die Amazonenkönigin Penthesilea sinkt, von Achill bereits tödlich verwundet, in die Knie. Sie hebt die Arme und greift Achill, der über sie gebeugt steht, an Oberarm und Brust. Es wirkt, als suche sie sich an ihm festzuhalten, während sein Schwert schon tief in ihrer Brust steckt. Die beiden blicken sich direkt in die Augen.

Die Komposition ist bemerkenswert: Die verbindende Blickachse bildet das absolute Zentrum des Motivs. Eingerahmt wird der erkennende Blick von den Armen der beiden, die ein Viereck bilden und einen eigenen kleinen Raum zwischen sich schaffen. Kontrastierend dazu wird das Bild vertikal durch die scharfen Konturlinien der beiden Körperflanken getrennt. Die Konturen laufen parallel,

ohne sich zu berühren – was die Wirkung der verschränkten Arme und Blicke noch verstärkt.

Die Szene, die zunächst scheint, wie die Darstellung eines Moments absoluter Gleichzeitigkeit – Gleichzeitigkeit von »Liebe auf den ersten Blick« und Sterben, von Begegnung und Trennung – erhält ihre Tragik und ihr eigentliches Reflexionspotential durch den Ausblick auf die drohende Zukunft. Durch das Wissen des Betrachters um die bevorstehende Vergänglichkeit der gerade gefassten Liebe. ■■

Der Autor

Ronald Boisson
hat Archäologie und Kunstgeschichte in München, Rom und Berlin studiert.

Anzeige

Die Kunst ist die
stärkste Form
von Individualismus,
welche die
Welt kennt
Oscar Wilde

www.toepferbedarf-brock.de

Ihr Onlineshop für
- Ton
- Glasuren
- Werkzeug
- Keramikbrennöfen

oder besuchen Sie
unser Ladengeschäft:
Keimstraße 11
86420 Diedorf
10 km von Augsburg

MTL Ulrike Brock - Tel: 0821 / 48 0 48 28 - info@mtl-brock.de

5 € Gutschein
für unseren Onlineshop
Code: kute16

ab 20€ Bestellwert, gültig bis 31.12.16

Gebrannte Erde

Kannst du dir ein Leben ohne Tassen und Teller vorstellen? Als es noch keine Keramik gab, mussten die Menschen Behälter aus Leder, Holz oder Stein benutzen. Zum Glück beobachteten einige besonders Schlaue schon vor über 20 000 Jahren, dass Ton im Feuer hart und fest wird. In den folgenden Jahrtausenden breitete sich Keramik auf dem ganzen Erdball aus. Sie war praktisch und Ton gab es überall. Als die Ägypter auch noch die Töpferscheibe erfanden, gab es kein Halten mehr: Keramikgefäße gab es nun für jeden Haushalt. Aber aus Ton und aus Lehm kann man noch viel mehr machen. Von Sabrina Landes

Einige lustige Namen
für Töpfer:

Kannenbäcker, Pottbäcker,
Hafner, Düpper, Gropper,
Auler, Eilenbecker, Potter,
pöttger ...



Eine bunte Armee fürs Jenseits

Mit gerade einmal 22 Jahren übernimmt Qin Shihuangdi die Herrschaft über das Qin-Reich. Mit einer gewaltigen Armee zieht er in den Krieg gegen die anderen sechs Herrscher des Landes und vereint sieben Reiche zu einem. Während der Herrscher Krieg führt, beginnen in seinem Reich hunderttausende Fronarbeiter mit dem Bau einer Grabstätte. Dreißig Jahre lang arbeiten sie an der gigantischen Anlage. Der Kaiser stirbt 210 vor Christus, 49 Jahre alt. Er wird begraben und das Gras wächst über ihn. Die Menschen erzählen sich sagenhafte Geschichten von dem Kaiser, der sich als Gott verehren ließ und über sein Totenreich.



Anfangs waren sie leuchtend bunt bemalt: Die Tonsoldaten des ersten Kaisers von China.

Im Frühjahr 1974 beginnen Bauern in der Provinz Shaanxi, einen Brunnen zu graben. Dabei stoßen sie auf Figuren und Scherben aus Terracotta. Archäologen kommen und graben den Palast aus, der unter der Erde versteckt lag. Pferde, Waffen und Ställe finden sie, künstliche Flüsse oder Gänse aus Bronze. Und achttausend Soldaten, lebensgroße Wächter aus Ton. Einst waren diese Figuren leuchtend bunt bemalt. Doch sobald die Terracottamänner ans

Sonnenlicht kommen, blättert die Farbe ab. Chemiker der Münchner Universitäten entwickeln zusammen mit chinesischen Restauratoren eine chemische Lösung, mit der die Farbe künftig haltbar gemacht wird. Zwei bunt bemalte Krieger kannst du in München bewundern. Im »Museum für Abgüsse klassischer Bildwerke« hat man sie aus Gips nachgebildet. www.abgussmuseum.de

Aus Lehm gebaut

Lehm ist ein hervorragender Baustoff. Früher wurde er auch bei uns häufig verwendet und in Erdregionen mit reichen Lehmvorkommen, nützt man das natürliche Material noch heute. Wusstest du, dass ungefähr 2/3 aller Menschen in Lehmhäusern wohnen? Vor allem in regenarmen Gegenden und Wüstenregionen ist das eine sehr günstige Art, zu bauen.



Am Rand der Kavir-Wüste liegt die iranische Lehmstadt Yazd. Auf dem mittleren Bild sind alte Tempelanlagen zu sehen. Das kegelartige Gebäude ist ein Speicher für Lebensmittel und die zwei Türmchen (oben) waren Taubenhäuser. Tauben waren als Braten beliebt aber auch die Eier wurden gegessen.

Ziegen und Schafe weiden vor der Großen Moschee von Djenne in Mali. Die Ziegel aus Lehm wurden einfach in der Sonne getrocknet.



Aus Lehm wurden die Hochhäuser der Stadt Shibam im Jemen gebaut. Der Bauarbeiter muss schwindelfrei sein: Für Reparaturen an der Fassade sitzt er auf einem Brett, das vom Dach herabgelassen wird.



Ziegel aus München

Der Münchner Künstler Joseph Stephan (1709–1786) hat die »Kurkölnsche Ziegelei« im Jahr 1770 gemalt. Sie lag an der Rosenheimer Straße im Osten Münchens. Was auf dem Bild so idyllisch aussieht war allerdings in Wirklichkeit ein hartes, schmutziges und schlecht bezahltes Handwerk.



Abbildungen: Münchner Stadtmuseum; Sammlung/Graphik/Plakat/Gemälde; bridgemanart.com (2); Heike Geigi (3)

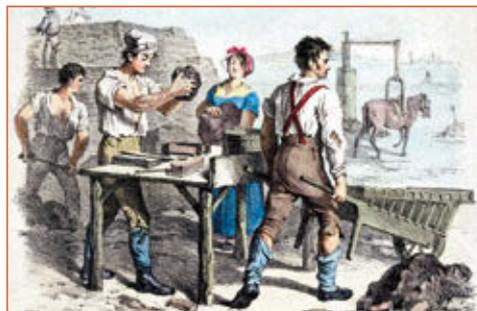
Am 13. Februar 1327 ist in München die Hölle los. In der Stadt ist Feuer ausgebrochen. Viele Gebäude sind aus Holz gebaut und brennen lichterloh. Peterskirche, Angerkloster und die Münchner Burg- und Residenzanlage werden Opfer der Flammen. Am Ende brennen auch die benachbarten Handwerksbetriebe, Mühlen und Gasthäuser nieder. Es ist eine Katastrophe. Kaiser Ludwig der Bayer möchte, dass sich so etwas nicht noch einmal wiederholt. Im Jahr 1342 ordnet er an, dass beim Wiederaufbau niedergebrannter Gebäude zumindest die Dächer mit Ziegeln gedeckt werden müssen. Kommt es trotzdem wieder zu Bränden, dann sollen auch die Außenmauern aus Stein erstellt werden. Aber nicht alle halten sich an die Order des Kaisers. Ziegel sind teuer, da sie erst nach München transportiert werden müssen. Die Folge sind erneut verheerende Brände.

Der Rat der Stadt sinnt auf Abhilfe. Es wird geprüft, ob es rund um München geeignete Erde zur Herstellung von Ziegeln gibt. Die Münchner haben Glück: Vor den Toren der Stadt gibt es jede Menge guten, also nicht zu groben Lehm. Das Lehmgebiet erstreckte sich von Haidhausen über Berg am Laim nach Ramersdorf und über Bogenhausen und Unterföhring bis nach Ismaning.



Ein Mädchen am Ziegelofen.

Ziegelmacher bei der Arbeit. Rechts ein »Muli«, der die Ziegel zum Trocknen fährt.



Die Ziegelmacher

Bevor Maschinen die Arbeit erleichterten, war es ein langer und harter Weg von der Gewinnung des Tons bis zum fertigen Ziegel. Im Spätherbst, noch vor Beginn des Winterfrosts wurde der Lehm gestochen und zum »Wintern« gelagert. Durch die Kälte der Wintermonate wurde der Lehm fein und krümelig. Im März begann die »Zieglerseason«. Jetzt hackten die »Hauer« die Lehmerde durch und vermischten sie wenn nötig mit Sand. Der Lehm wurde dann in einer Grube, dem sogenannten Sumpf, mit Wasser versetzt, eine Zeit gelagert und später von den Ziegelerarbeitern mit den nackten Füßen getreten, bis er eine formbare Masse bildete.

In einem Tragegestell aus Holz oder Blech mit breitem Lederriemen – dem »Vogel« oder »Spatz« – schaffte man das aufbereitete Material zum Formtisch. Dort schlug der »Ziegelpatscher«, wie man ihn in Bayern nannte, den Ton mit der Hand oder einem Haueisen in einen metallbeschlagenem Holzrahmen (Model) und zog den oberen Teil mit einem Lineal gerade.

Ein Ziegler arbeitete zwölf Stunden am Tag und konnte in dieser Zeit drei- bis viertausend Ziegel herstellen. So schnell wie möglich mussten die frischen Ziegel dann zum »Plan« geschleppt

Aus Tonresten formten Töpfer früher einen Brennofengeist. Er sollte dafür sorgen, dass Keramik oder Ziegel im Ofen nicht kaputt gingen. Dieser gute Geist bewacht den Brennofen der Miniziegelanlage des Deutschen Museums.



Was unterscheidet Lehm vom Ton?

Am besten testest du das, indem du ein paar Bodenkrümel zwischen den Fingern verreibst: Ton fühlt sich fein und glatt an, er lässt sich formen und wirkt leicht glänzend. Wenn du ihn trocknen lässt, wird er fest und bröselig. Bodenwissenschaftler unterscheiden auch anhand der »Korngröße« und der chemischen Zusammensetzung. Tonerde besteht aus sehr kleinen Teilchen und setzt sich nur aus Tonmineralien zusammen. Lehm besteht aus Ton, Schluff (das ist ein Boden, der etwas feiner ist als Sand aber gröber als Ton) und Sand. Es können auch Pflanzenteile dazwischen sein. Um Ziegel herstellen zu können, benötigt man einen Lehm, in dem viel Ton enthalten ist.

werden. Das war ein mit Ziegelasche bestreuter Lagerplatz, auf dem die Lehmsteine beim Lagern nicht anklebten. Meist waren es Jugendliche, die die Steine von der Bank des Formers zum Trockenplatz hin und die leeren Formen wieder zurückbrachten. Diese »Mulis« leisteten Schwerarbeit: Ihre Wege mussten sie im Laufen zurücklegen. Die feuchten Lehmsteine trockneten ein bis zwei Tage an und wurden dann gestapelt, um weiterzutrocknen. Die durchgetrockneten Steine transportierte man auf besonderen Schubkarren zum Ofen, um sie zu brennen.

1839 wurde ein neuartiger Brennofen erfunden, der »Ringziegelofen«. Dieser Ofen konnte Tag und Nacht in Betrieb sein. Vor allem im Münchner Osten entstanden viele große Ziegelfabriken. Es wurden so viele Ziegel produziert und verkauft, dass man sogar zusätzliche Arbeiter aus Italien anwerben musste. Die »Aktien-Ziegelei München« stellte um 1890 fast 20 Millionen Ziegel im Jahr her. Sie war eine der größten Ziegeleien Deutschlands. Nach dem ersten Ersten Weltkrieg allerdings mussten viele dieser Betriebe ihre Arbeit einstellen, weil die Lehmvorräte erschöpft waren.

(Zusammengestellt aus Beiträgen von Herrmann Wilhelm und Erich Kasberger in: *München – Lehmziegelstadt*, 2008)



Ziegel sind auch heute ein beliebtes Baumaterial. Sie werden in Fabriken hergestellt. Im Deutschen Museum kannst du eine Ziegelei in Aktion erleben. Die Modellanlage wird regelmäßig vorgeführt und am Ende kannst du sogar einen Miniziegel zur Erinnerung mitnehmen.

Auch die Maus hat sich die Miniziegelei schon erklären lassen. Auf YouTube findest du das Video.

<https://www.youtube.com/watch?v=QQ6bCFBeQpk>

Der QR-Code führt dich per Smartphone direkt dorthin.



Mitmachen und gewinnen

Unsere Rätselfragen:

1. Wen bewachten die Soldaten der Terracotta-Armee

a) Dark Vader b) Wilhelm II. c) Qin Shihuangdi

2. Woraus werden Ziegel gebrannt?

a) aus Beton b) aus Holz c) aus tonigem Lehm

3. Was ist ein alter deutscher Name für einen Töpfer?

a) Poker b) Potter c) Power



4. Das Suchbild:

In der Ausstellung Keramik im Deutschen Museum steht eine Maschine. Was wird mit dieser Maschine hergestellt?

Zu gewinnen gibt es ein Buch mit tollen neuen Experimenten: *Wer experimentiert, kapiert* von Kerstin Landwehr und Sabine Rüter.

Sende deine Lösung per E-Mail an: mikromakro@publishnet.org **oder per Post an:**

Redaktion »MikroMakro« c/o publishNET, Hoferstraße 1, 81737 München

Einsendeschluss ist der 1. Mai 2016

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

Wer heute ein großes Verkehrsflugzeug betritt, erlebt kaum Überraschungen. Die Kabinenwände bestehen aus mehr oder weniger weißem Plastik, die Fenster sind winzig, die ergonomischen Sitze hintereinandergereiht. In der rund einhundertjährigen Geschichte der Luftreise hat sich der Reisekomfort dramatisch gewandelt: vom unbequemen Abenteuer der Lüfte zum Luxus und schließlich zum modernen Massentransport. Gehen wir also an Bord zu einem Flug durch die Zeit. Von Thomas N. Kirstein

Willkommen an Bord!



Schlafenszeit an Bord einer Boeing-Stratocruiser, der komfortabelsten Propellermaschine der fünfziger Jahre. Eine geräumige Kabine, große Flughöhen und ausgezeichnete Schallisolierung verschafften den Passagieren eine angenehme Reise.

Der Passagierflugverkehr begann unmittelbar nach dem Ersten Weltkrieg. In Deutschland bestieg der erste Passagier im Winter 1919 seine Maschine, einen offenen Doppeldecker. Bevor er über eine wacklige Leiter in seinen Sitz krabbeln durfte, steckte ihn das Flugplatzpersonal in eine dicke Fliegermontur. »Man verwandelte sich in drei Minuten zu einer Kreuzung zwischen Eskimo und Teddybär«, erinnerte sich einer jener frühen Fluggäste. Ein Faltblatt informierte die Reisenden, dass diese »Flugausrüstung aus einem wollenen Überanzug, Schal, Gesichtsmaske, Sturzhelm, Schutzbrille, Pelzhandschuhen und nach Bedarf auch Pelzstiefeln« besteht, und »den hygienisch erprobten Forderungen für den Flug angemessen ist«.

Erste Hochstraße des Flugverkehrs wurde der Ärmelkanal. Von London nach Paris, Brüssel oder Amsterdam brauchte ein Flugzeug höchstens drei Stunden. Eisenbahn und Fähre benötigten dreimal so lange. Um die zahlreichen Fluggäste zu bewältigen, kamen ausgemusterte Bomber zum Einsatz. Ihre geschlossenen Kabinen wurden notdürftig mit Sitzen ausgestattet. Allerdings bestanden die Wände nur aus einem stoffbespannten Metall- oder Holzgerippe. Der Stoff flatterte, die Motoren dröhnten, die Propeller heulten und der Fahrtwind piff um Verstrebungen und Spanndrähte. Der Lärm war unerträglich. Die Fluggäste verstopften sich die Ohren und verständigten sich mit Zetteln. Watte, Notizblöcke und Stifte verteilte die Besatzung vor dem Abflug.

Die ersten richtigen Verkehrsflugzeuge kamen um 1920 auf den Markt. Ihre Kabinen erhielten Innenverkleidungen aus Sperrholz oder Blech, die lackiert, mit Stoff oder Leder bespannt oder mit edlem Holzfurnier beklebt wurden. Kunststoff kam erst in den dreißiger Jahren hinzu, blieb aber auf einzelne Kabinenbereiche beschränkt. Oft waren es die bodennahen Wandflächen, da Kunststoff als schmutzresistent galt. Den Lärm senkten immer dickere Isolierschichten aus Filz, Stoff, Wolle oder Kapok, kleinere und dickere Fensterscheiben, aber auch die Gummilagerung der Motoren. Um 1940 war es im Flugzeug kaum noch lauter als im Speisewagen eines D-Zuges.

In den frühen Passagiermaschinen saßen die Reisenden meist in leichten und relativ weichen Korbstühlen. Daneben gab es auch grazile Stühle aus Holzleisten. Doch noch

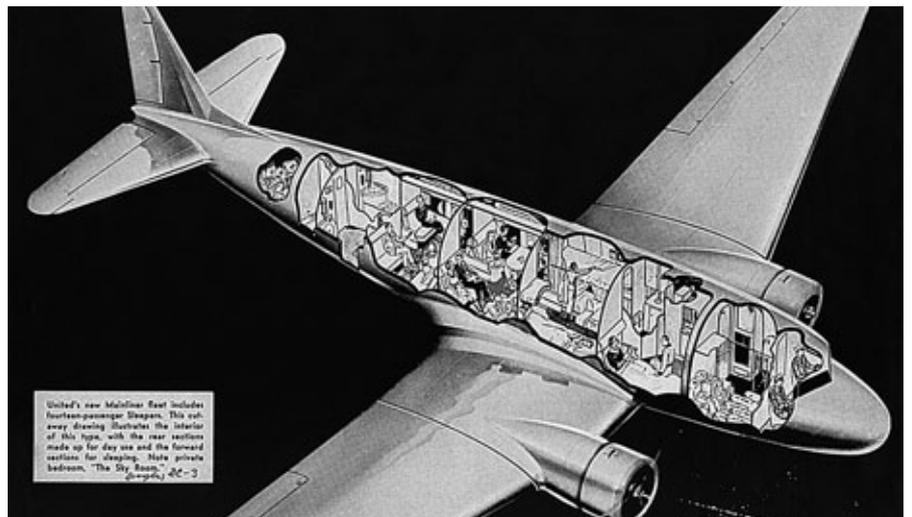


Oben: Kabine einer Farman Goliath um 1920. Die Bemalung der Wände des ehemaligen Bombers sollte die Kabine etwas behaglicher machen.

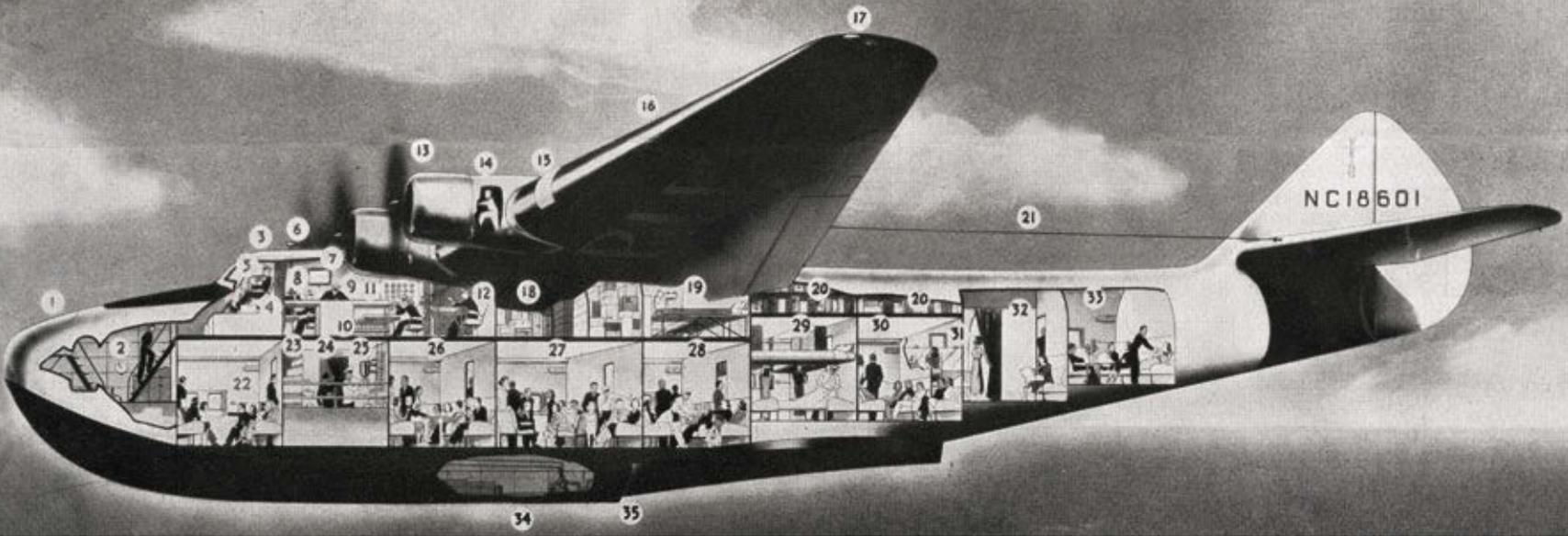
Rechts: Bettplatz einer Douglas Sleeper Transport.



Unten: Hinter Cockpit und Postraum der Sleeper Transport befand sich in einigen Ausführungen ein kleines Privatabteil mit zwei Betten und eigenem Waschkabinett.



United's new Mainline fleet includes fourteen-passenger Douglas. This cut-away drawing illustrates the interior of this type, with the rear section made up for day use and the forward section for sleeping. Note private bedroom, "The Sky Room," at rear.



in den zwanziger Jahre setzte sich Aluminiumrohr durch. Es ist leicht, stabil und gut formbar. Polster bestanden aus Kapok, Rosshaar und Sprungfedern. Gelegentlich waren die Sitzpolster mit Luft gefüllt. Das sparte Gewicht, und bei einer Notlandung im Wasser konnten die Passagiere ihre Sitzpolster als Schwimmwesten benutzen. Polsterungen aus leichtem Schaumgummi kamen erst um 1940 in Gebrauch. Neben Sitzen mit verstellbaren Rückenlehnen gab es auf Langstreckenflügen schon früh einfache Liegesitze mit zusätzlichen Fußstützen. In kleineren Flugzeugen saßen die Passagiere auf Einzelsitzen hintereinander oder vis-à-vis. Im Heck der Maschine gab es eine winzige Toilette, deren Abwässer direkt nach draußen flossen. Doch steigende Motorleistungen ermöglichten in den dreißiger

Oben: Schnittzeichnung eines Boeing-314-Flugboots der Pan American Airways.

Unten: Standardsitze 1. Klasse an Bord einer Douglas DC 7. An den Öffnungen in den Armlehnen konnten Tische befestigt werden.

Jahren immer größere Maschinen. Nun saßen die Passagiere oft in bequemen Abteilen mit tief gepolsterten Sitzbänken, so wie sie es auch bei der Eisenbahn schätzten.

In den dreißiger Jahren flogen die Passagiermaschinen immer öfter auch bei Nacht, denn vor allem in Europa und Nordamerika wuchs ein Netz aus Leucht- und Funkfeuern, das den Piloten auch bei Dunkelheit den Weg wies. Die bisher üblichen Nachtstopps entfielen. Trotzdem dauerten Flugreisen lange. Die Maschinen flogen weniger als 300 Stundenkilometer und schafften kaum 1000 Kilometer, ohne zu tanken. Ein Flug allein über den nordamerikanischen Kontinent, vom Atlantik zum Pazifik, dauerte rund 20 Stunden. Folglich verlangten viele Passagiere Betten. Zuerst reagierte die American Airlines. Am 5. Mai 1934 schickte sie das erste Schlafflugzeug auf die Reise. Die zweimotorigen Curtiss Condor 32 verbanden Dallas mit Los Angeles. Ihre Ausstattung ähnelte der unteren Schlafwagenklasse der Eisenbahn. Zwölf Fluggäste verteilten sich auf drei Abteile. Tagsüber saßen sich jeweils zwei Passagiere gegenüber. Abends zog die Stewardess die Sitzpolster zu einem Bett zusammen und klappte zusätzlich ein oberes Bett von der Kabinendecke herunter. Jedes Bett hatte Vorhänge, eine Leselampe, regelbare Düsen für warme oder kalte Luft, eine Klingel für die Stewardess und ein Netz für die Tageskleidung. Im Heck gab es einen Waschraum.

Schminktischchen für die Damen

Noch mehr Komfort bot die 1935 erschienene Douglas Sleeper Transport, heute besser bekannt als DC3. Sie beförderte 16 Passagiere. Ihre Waschräume waren für Damen und Herren getrennt und hatten separate Toiletten. Zudem erhielten die Damen einen Schminktisch mit Sitzgelegenheit. Und vor dem Einschlafen konnten die Reisenden in den Oberbetten durch eine zweite Fensterreihe in den Sternenhimmel schauen.

Die gewaltigsten Verkehrsmaschinen der Zwischenkriegszeit waren Flugboote. Sie starteten und landeten auf dem Wasser und waren damit unabhängig von den vielerorts noch unbefestigten Start- und Landebahnen der Flugplätze. So konnten Größe und Gewicht der Flugboote ungehindert mit den Leistungen der Flugmotoren wachsen. Die Ausstattung der geräumigen Flugboote er-



innerte an Überseedampfer. Es gab Sitz- und Schlafbereiche, Rauchsalons, Bars oder Speiseräume. Die britischen Empire-Flugboote hatten sogar »Promenadendecks«, auf denen sich die Passagiere die Beine vertragen und durch große Fenster die Aussicht genossen.

Das größte Flugboot war die Boeing 314. Mit ihr eröffnete die Pan American Airways im Sommer 1939 den ersten Nordatlantikdienst. Der doppelstöckige Rumpf maß 32 Meter. Die Passagierräume lagen auf dem Hauptdeck. Zu ihnen gehörten auch eine Küche und ein Speiseraum mit fünf Tischen. Stewards servierten frisch zubereitete Menüs. Trotz ihrer Größe brachte die Boeing 314 höchstens 25 Passagiere über den Atlantik, denn sie verschlang, wie alle Flugzeuge ihrer Zeit, Unmengen von Treibstoff. Mit voller Zuladung wäre ihr unterwegs das Benzin ausgegangen. Dafür hatten die wenigen Passagiere viel Platz. Die vorderen Kabinen dienten als Sitzbereiche, in den hinteren Kabinen waren die Betten hergerichtet. Wer früh schlafen ging, blieb ungestört von plaudernden Mitreisenden. Der älteste Passagier des ersten Nordatlantikfluges, der 81-jährige Richter Walter Moore, erklärte später der Presse, er habe an Bord genauso fest geschlafen wie zu Hause, und er habe noch nie eine Reise so genossen wie diese.

Modernes Design für den Innenraum

Mit der wachsenden Bedeutung des Luftverkehrs übernahmen berühmte Designer die Gestaltung vieler Passagierkabinen. Dank Gestaltern wie Norman Bel Geddes, Raymond Loewy oder Henry Dreyfuss repräsentierten viele Verkehrsflugzeuge schon in den dreißiger und vierziger Jahren das Spitzendesign ihrer Zeit.

Nach dem Zweiten Weltkrieg erschien eine neue Flugzeuggeneration am Himmel: Viermotorige Propellermaschinen mit schnittigen, schlanken Rümpfen, leistungsstarken Motoren, großer Reichweite und Geschwindigkeiten von 500 Stundenkilometern. Sie boten 50 bis 70 Passagieren Platz. Zweimotorige Maschinen beflogen nur noch untergeordnete Strecken, während die Flugboote dem weltweiten Ausbau der Landflugplätze zum Opfer fielen.

Fliegen blieb vorerst Luxus. Ab 1947 legte die International Air Transport Association IATA einheitliche Ticketpreise für den internationalen Flugverkehr fest. Eine

Links: Auch die kleineren, eher für Kurz- und Mittelstrecken konzipierten Waschräume waren elegant gestaltet. Entwurf eines Damenwaschraums für die Douglas DC 7 (1956).

Rechts: Salon einer Douglas DC 7 (1956).

Flugkarte kostete ungefähr so viel wie die erste Klasse eines großen Ozeandampfers. Die Flugzeugkabinen blieben gediegen. Vor allem auf den exklusiveren Langstrecken dominierten noch immer edle Materialien in gedeckten Farben. Größere Kunststoffflächen wurden gern verkleidet, wenn sie nicht ohnehin, wie Kunstleder oder Plexiglas, hochwertige Werkstoffe imitierten.

Als Bestuhlung setzten sich hintereinander aufgestellte Einzelsitze endgültig durch – jeweils zwei beiderseits des Mittelgangs. So ließen sich mehr Passagiere unterbringen. Die Sitzabstände betrug rund einen Meter. Liegesitze benötigten größere Abstände und waren daher zuschlagpflichtig. Waschräume, Salon oder Bordküche wurden gern über die gesamte Flugzeuglänge verteilt angeordnet, um die Kabine zu gliedern und so den Passagieren das unangenehme Gefühl zu nehmen, in einer langen Röhre zu sitzen.

Sechzig Stunden unterwegs

Obwohl alle Weltflugrouten inzwischen auch nachts beflogen wurden, dauerten Flugreisen immer noch lange: zwölf Stunden über den Nordatlantik oder sechzig Stunden von Europa nach Australien. Viele Passagiere buchten Bettplätze. Doch der Aufbau der unteren Betten war schwieriger geworden, da die Sitze nun hintereinander standen. Die Stewardessen entfernten zuerst die mittleren Armlehnen und stellten dann die Rückenlehnen zweier nebeneinander stehender Stühle senkrecht. Dann zogen sie die beiden davor stehenden Stühle nach vorn und klappten deren Rückenlehnen so weit nach hinten, bis Sitzpolster und Rückenlehnen eine ebene Liegefläche bildeten. Die rund 1,10 Meter breiten Unterbetten boten höchstens Platz für ein Ehepaar. Die Oberbetten waren noch etwas schmaler.

Den größten Luxus boten »Privatkabinen«. Sie lagen meist hinter dem Cockpit und waren von der Hauptkabine durch eine Querwand abgeteilt. Vom Mittelgang trennte sie ein Vorhang oder eine Tür. Einige Privatkabinen hatten sogar eine Bar oder ein Waschkabinett. Betten und Privatkabinen kosteten extra.

Viele Langstreckenmaschinen führten Salons. Ein Prospekt der Alitalia nannte sie den »Mittelpunkt des gesellschaftlichen Lebens an Bord«. Nach Henry Dreyfuss kam

Touristenklasse einer Maschine der englischen BOAC. Um die beengten Sitzverhältnisse zu kaschieren, zeigten die Werbefotografen gern schlanke Damen und Kinder.



diesen »Gesellschaftsräumen [...] die gleiche Bedeutung zu, wie der Hall für das gepflegte Hotel«. Die Reisenden sollen sich hier zum »Karten spielen, Erfrischungen nehmen oder plaudern« einfinden.

Langstreckenmaschinen hatten oft großzügige Waschräume, da sie den Passagieren auch zur Morgen- oder Abendtoilette dienten. Zudem mussten sich Passagiere mit Bettplätzen umkleiden können. Die Waschräume waren für Damen und Herren getrennt und hatten separate Toiletten. Sie verfügten über mehrere Waschbecken, Handtücher und Kosmetikartikel exklusiver Marken. Für Herren gab es Rasierapparate, für Damen Schminktische. Mitunter hatten die auch »Powder Room« oder »Ladies Lounge« genannten Damenwaschräume zusätzliche Sitzgelegenheiten. So konnten sich mehrere Damen für einige Zeit bequem hierher zum Plaudern zurückziehen.

Den höchsten Komfort boten die zuschlagpflichtigen Luxusdienste. Sie beförderten weniger Passagiere pro Flug und führten ausschließlich Liegesitze, Betten und Privatkabinen. Es gab mehr Kabinenpersonal und noch besseres Essen. Auf dem Weg zum Flugzeug rollten die Airlines den Passagieren einen roten Teppich aus.

Vom Luxusverkehr zum Massentransport

Die Fluggesellschaften wollten expandieren, doch die Zahl wohlhabender Kunden war begrenzt. Also mussten die Ticketpreise sinken. Die Flugzeuge waren zwar wirtschaftlicher geworden, aber erst Einschnitte im Komfort brachten die notwendigen Einsparungen.

Als erste große Liniengesellschaft führte die Pan Am im September 1948 die zweite Klasse ein. Ein Jahr später flogen schon acht amerikanische Inlandsfluggesellschaften sogenannte Coach-Dienste, eine Bezeichnung, die sie von der zweiten Klasse der Eisenbahn übernommen hatten. Der Flugverkehr gewann viele neue Passagiere. Ab 1951 unterstützte auch die Zivilluftfahrtbehörde die neue Flugklasse. Sie erklärte: »Solange der Luftverkehr nicht jedermann zugänglich ist, erfüllt er nicht seine Obliegenheiten gegenüber der amerikanischen Öffentlichkeit!« Dagegen galt den meisten europäischen Fluggesellschaften das Fliegen noch immer als Luxus. Sie fürchteten Verluste durch die verbilligten Tickets und versuchten, ihre internationa-

le Einführung mit Hilfe der IATA zu verhindern. Erst auf massiven amerikanischen Druck stimmten die Europäer wenigstens einem Probetrieb zu. Er startete im Mai 1952 auf der Nordatlantikroute. Die neue Flugklasse hieß Touristenklasse, wie die untere Klasse der Passagierschiffe. Der Ticketpreis fiel um 30 Prozent.

Um unlautere Konkurrenz zu vermeiden, bestimmte die IATA für die Touristenklasse Mindestpassagierzahlen je Flugzeugtyp. Fünf Sitze standen nun in einer Reihe. Die Sitzbreite schrumpfte auf rund 48 Zentimeter, der Mittelgang wurde zur schmalen Gasse, und die Abstände der Sitzreihen sanken auf bis zu 90 Zentimeter. Toiletten- und Waschräume wurden verkleinert oder ihre Anzahl reduziert. Gab es einen Salon, so dienten dessen Sitze bei Bedarf als reguläre Passagierplätze. In gemischtklassigen Maschinen saß die Touristenklasse vorn, bei den dröhnenden Motoren. Die erste Klasse saß im leiseren Heck. Das hochwertige Kabinenambiente aber blieb weitgehend unverändert. Die Maschinen sollten ohnehin für beide Klassen verwendbar bleiben. Dazu dienten leicht austauschbare Sitze und Trennwände.

Die Touristenklasse bescherte den Fluggesellschaften Gewinne, die Passagierzahlen stiegen. Innerhalb von fünf Jahren setzte sich die zweite Klasse weltweit durch. Bald planten die amerikanischen Airlines eine dritte Klasse. Doch die Europäer ließen sich erneut nur schwer überzeugen. Erst auf amerikanischen Druck begann im April



Erste Klasse an Bord einer Boeing 707 der Lufthansa. »So phantastisch bequem...«, schwärmte der Werbeprospekt.



Eine der Economy-Kabinen an Bord einer Boeing 747 der Pan American Airways. Um 1970 saßen in den Jumbos nur acht Personen in einer Reihe, bald waren es zehn.

1958 ein Probetrieb über dem Nordatlantik. Die neue Klasse hieß Economy. Im Deutschen sagte man Sparklasse. Immerhin sparte der Passagier noch einmal 20 Prozent gegenüber der Touristenklasse. Dafür schoben die Airlines die Sitzreihen auf 86 Zentimeter zusammen, strichen endgültig den Salon und servierten, zumindest vorerst, nur Sandwiches und Erfrischungsgetränke. Allerdings speisten die Passagiere nun bequemer, denn die geringen Sitzabstände vereinfachten den Anbau von Klapptischen an den Rückenlehnen. Bisher hatten die Reisenden separate Tische an ihren Armlehnen anbringen oder Tablett auf ihren Knien balancieren müssen. Die Economyklasse erntete viel Spott. Karikaturisten zeichneten Fluggäste, die deprimiert in trockene Sandwiches beißen oder mit Strickleitern in das Flugzeug klettern müssen. Trotzdem setzte sich die Sparklasse bis 1961 weltweit durch. Die Touristenklasse wurde bald wegen schwindender Nachfrage aufgegeben.

Das Düsenzeitalter

Der Siegeszug des Düsenflugzeugs begann im Herbst 1958, als Jets der Pan Am und der englischen BOAC den Nordatlantikdienst aufnahmen. Die neuen Boeing 707, Douglas DC 8 oder Convair 880 waren fast doppelt so groß und schnell wie die viermotorigen Propellermaschinen. Ein Nordatlantikflug dauerte nur noch acht Stunden, ein Flug von Europa nach Australien kaum mehr als einen Tag. Die Passagiere der ersten Klasse saßen jetzt noch bequemer,

denn die breiteren Jets erlaubten breitere Sitze. Die Betten und großen Waschräume verschwanden, denn auf den kurzen Flügen lohnte es sich ohnehin nicht mehr, schlafen zu gehen.

Die großen Düsenmaschinen ließen sich nur mit Passagieren der ersten Klasse nicht mehr füllen. Gemischtklassige Flüge setzten sich endgültig durch. In den Jets saß die erste Klasse vorn, während Touristen- oder Economyklasse nach hinten zogen, da es am Ausgang der Düsentriebwerke am lautesten ist. Wenigstens wurden die Sitze der unteren Klassen einige Zentimeter breiter, doch zugleich kam ein sechster Sitz pro Reihe hinzu. Um hinten möglichst viele Passagiersitze unterzubringen, war dieser Kabinenbereich nicht unterteilt. Mehr als einhundert Menschen saßen nun in einer langen, unbehaglichen Röhre.

Das Ende der Eleganz

Auch das Ambiente der Passagierkabinen änderte sich. Edle Materialien verschwanden. Plastikblenden ersetzten Fenstervorhänge, und die Wände erhielten Verkleidungen aus PVC, die sich problemlos in beliebigen Farben und Mustern bedrucken ließen. Rücksichten auf Verschmutzungen waren überflüssig, denn die neuen Wandpaneele ließen sich leicht reinigen oder auswechseln.

Der erste Jumbojet, die Boeing 747, startete im Jahr 1969. Aus Passagierkabinen wurden Transportsäle. Die Fluggesellschaften wollten auch die Economyklasse der geräumigen Jumbos bequemer bestuhlen, doch die Passagiere bevorzugten billigere Tickets. Inzwischen stehen bis zu zehn schmale Stühle in einer Reihe.

Mit der Liberalisierung des Luftverkehrsmarktes und den Billigairlines ist es in den letzten Jahrzehnten in der Economyklasse noch enger geworden. Dagegen ist die erste Klasse bequemer denn je, auch wenn ihre Passagiere inzwischen auf den teuren Salon verzichten müssen. In die wachsende Komfort- und Tariflücke zwischen Economy- und erste Klasse schiebt sich seit den achtziger Jahren die Businessklasse. Doch allen Flugklassen gemeinsam ist ein immer schlichteres Ambiente. Inzwischen dominiert ein tristes Einerlei aus mehr oder weniger weißem Plastik. Zumindest in dieser Hinsicht ist nun auch in der ersten Klasse der Glanz verflogen. ■■

DER AUTOR

Dr. Thomas N. Kirstein lehrt Technikgeschichte an der Technischen Universität Berlin sowie an der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur in Leipzig. Sein Forschungsschwerpunkt ist die Mobilitätsgeschichte.



Geht nicht gibt's nicht

Hindernisse sind da, um überwunden zu werden – Probleme, um gelöst zu werden. Wie das geht, hat der Erfinder und Unternehmer Artur Fischer vorgemacht. Ein Nachruf.

Von Dirk Bühler

Als Artur Fischer (1919–2016) am Silvesterabend des Jahres 1919 in Tumlingen das Licht der Welt erblickte, hatte nur wenige Tage zuvor der Münchener Architekturprofessor Oswald Bieber (1876–1955) ein Projekt übernommen, mit dem Fischer im Laufe seines langen, erfolgreichen Lebens immer wieder in einer ganz besonderen, innigen Weise verbunden bleiben sollte. Bieber sollte nämlich den Sammlungsbau des Deutschen Museums, zu dieser Zeit noch eher ein Rohbau, bis Mai 1925 fertigstellen: also gerade rechtzeitig zur Einschulung Artur Fischers. Es sollte dann jedoch noch einige Jahre dauern, bis sich beide näher kennenlernen konnten.

Schon in Kindertagen hatte sich Artur Fischer in seinem Elternhaus eine kleine Werkstattecke eingerichtet. Doch es war nicht die Werkstatt alleine, die ihn begeisterte, sondern auch das Lesen, das ihm die Entwicklungsgeschichte der Technik, vor allem durch die Bücher Max Eyths, als einen spannenden Wettstreit der Ideen erleben ließ. Als Artur Fischer 1929 einen »Märklin«-Baukasten bekam, fing er an, die Maschinen nachzubauen, von denen er zuvor gelesen hatte.

Nach dem Schulabschluss begann er eine Lehre in einer Stuttgarter Kunst- und Bauschlosserei, und es war wohl in dieser Zeit, als ihn sein Vater das erste Mal nach München



Bild oben: Artur Fischer 1995 bei der Eröffnung des Deutschen Museums Bonn, eingerahmt von seiner größten Erfindung. Bild links: Immer aktiv und in Bewegung war nicht nur seine Fischer-technik.

ins Deutsche Museum mitnahm. Es muss für ihn ein wirkliches Schlüsselerelebnis gewesen sein, das ihn prägte, seine Kreativität anstachelte und ihn schließlich dauerhaft motivieren sollte, immer neue technische Herausforderungen anzunehmen und nach Innovationen zu suchen.

Im Zweiten Weltkrieg wurde er Mechaniker in einem Jagdgeschwader und zog als Wehrmachtssoldat bis nach Stalingrad. Als Artur Fischer 1946 aus der Kriegsgefangenschaft heimkehrte, lernte er den Chef einer sehr unkonventionellen Werkstatt kennen – eines Kleinbetriebs für Reparaturen aller Art, der von Dr. Rössger geleitet wurde. Die Zeit bei ihm war für Artur Fischer »mit die schönsten Jahre meines Lebens«.

Produktives Unbehagen

Artur Fischer wurde in diesen folgenden Jahrzehnten zu einem der erfolgreichsten Erfinder weltweit. Aber nicht nur das: Seine unternehmerischen Fähigkeiten machten diese Erfindungen auch wirtschaftlich nutzbar und erfolgreich, und sein persönliches Vorbild, gepaart mit didaktischen Fähigkeiten und seinen immer ermutigenden und anregenden Botschaften begeisterten und beeinflussten Generationen von Studenten, Technikern und Ingenieuren. Allein in Deutschland wurden 1100 Patente und Gebrauchsmuster erteilt, sehr viel mehr sind es weltweit. Doch es ist nicht nur die Anzahl der Patente alleine, die unser Staunen und unsere Bewunderung hervorruft, sondern es ist vor allem die Tatsache, dass diese Patente in einer ungeheuren Vielfalt und in unterschiedlichsten technischen Fachgebieten beantragt wurden und uns nun den Alltag erleichtern. Seine wichtigsten Erfindungen sind so vielfältig und spannend wie Artur Fischers eigenes Leben. Die *Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung* stellt ihn in ihrer Ausgabe vom 31. Januar 2016 in eine Reihe mit Werner von Siemens und Robert Bosch.

Da ist zunächst eine Weberei in Bocholt, die 1948 einen Produzenten für elektrische Webstuhlschalter suchte. Sie fand mit Fischers kleinem Betrieb schnell einen guten und zuverlässigen Lieferanten. In der jetzt »Fischer Apparatebau« genannten Firma, die in Hörschweiler, einem Nachbarort Tumlingens, angesiedelt war, entwickelt Artur Fischer 1948 denn auch sein erstes eigenes Produkt: einen



Mit dem Agfa-Lux-Blitz war Artur Fischer eine umwälzende technische Neuerung für die Fotografie gelungen, die mit Macht den Markt eroberte.

»elektrischen Feueranzünder«. Zündhölzer waren in der Nachkriegszeit zu knapp und teuer.

Doch erst Fischers Unmut über eine unzulängliche Technik verdanken wir die nächste, jetzt wirklich großartige Erfindung. Die Bildhauerin Margot-Jolanthe Hemberger schildert das etwas genauer: »Ein Gedankenblitz von geradezu genialer Einzigartigkeit war es, der die Zukunft des kleinen Produktionsbetriebs in der einstigen Maurerwerkstatt in Hörschweiler bald in strahlendem Licht erscheinen ließ: Um die Weihnachtszeit des Jahres 1948 hatte das Ehepaar Fischer eine Fotografin ins Haus bestellt, um die Tochter Margot ablichten zu lassen. Allerdings fürchtete sie, ihr Magnesiumblitz würde beim explosionsartigen Aufleuchten das Zimmer in Brand setzen, und zog unverrichteter Dinge wieder ab. Den stolzen Vater allerdings brachte diese technische Unzulänglichkeit schier zur Weißglut. Und er stürzte sich mit Leidenschaft auf die Probleme der fotografischen Blitztechnik. Nüchtern tüftelte Artur Fischer an der Lösung des Problems, bis er eine Apparatur ersonnen hatte, die Fotoverschluss und Blitzgerät parallel auszulösen vermochte. Der Synchron-Blitz war erfunden.«

Weil also die Fotografin damals ein so tief enttäuschtes Elternpaar zurückgelassen hatte und sich Artur Fischer mit einem »Das gibt's doch nicht!« über die Unvollkommenheit der fotografischen Möglichkeiten empörte und diese Entrüstung nicht wie ein Zornesblitz unter der Dach-



Bild links: Artur Fischer mit Wolfgang Heckl (Mitte) und Dirk Bühler (links) bei der Tagung zum 10-jährigen Jubiläum der Ausstellung Brückenbau am 18. November 2008 im Deutschen Museum.

Bild rechts: Artur Fischer in seinem Büro in Tumlingen: lebensfroh, offenherzig, geistreich und aktiv (Foto 2002).

schräge der Mansardenstube verpuffte, sondern lange genug anhielt, verdanken wir diese wundervolle Erfindung. Und es sollte vor allem nicht das letzte Mal sein, dass seine Empörung über die Schwächen der Technik heftig genug war, um seinen Erfindungsgeist zu entfachen. So tüftelte er weiter und bald darauf stattete er sein Blitzgerät mit Blitzbirnen aus, die damals noch von einer sehr respektablen Größe waren. Diese Erfindung von 1949 war verbunden mit der eines Blitzlichtgerätes für Fotoapparate mit synchroner Auslösung.

Dieses neuartige Blitzlichtgerät stelle Artur Fischer auf der Photokina 1950 vor. Als die Agfa-Leute ihn mit der Frage überraschten, wie viele »Blitzer« er denn so im Jahr liefern könne, fragte er nur zurück: »Wie viel brauchen Sie denn?« »Agfa-Lux« nannte er dieses neue Produkt seines Erfindungsgeistes. Der »Agfa-Lux« eroberte den Markt mit einer solchen Macht, dass es bald keine dieser unhandlichen Stab-Blitzer mit starrem Reflektor mehr gab.

Es war in den ersten Wochen des Jahres 1956, als sich Fischers einstiger Lehrmeister, der Schlosser Wilhelm Müßig, an ihn wandte, denn der brauchte zur Befestigung der Geländer in den Treppenhäusern der Neubauten ganz besondere Montagebolzen englischer Herkunft, die aber irgendwann aus dem Handel verschwunden waren.

Diese Einfachdübel aus einer Blechhülse mit eingebördelter Schnur waren ohnehin nicht Fischers Sache gewesen. Im Gegenteil, sie erinnerten ihn an seine Lehrzeit und die mühevollen, beschwerlichen und vor allem lästigen Herstellung der Löcher in den oft zu festen, manchmal zu bröseligen Wänden, die, zusammen mit diesen unausgereiften Dübeltechniken und trotz aller schweißtreibenden Mühen, nur unbefriedigende Ergebnisse liefern konnten. Und wieder einmal waren es sein Ärger und Unbehagen, die ihn zum Tüfteln anstachelten. Vielleicht, überlegte Artur Fischer, ließe sich auch da mit Kunststoff etwas machen. Er prüfte verschiedene Materialien, optimierte die Form des Dübels im Experiment, überlegte geeignete Herstellungstechniken und hatte schließlich einen Dübel entworfen, der all seinen hochgesteckten Ansprüchen genüge.

Artur Fischer erinnert sich: »Die Geburt unseres Fischerdübels S entsprang einer Samstagnachmittags-Idee. Er bestand zunächst aus einem Anguss aus Polyamid, wie

er bei der Spritzgussverarbeitung von Teilen anfiel, die wir zur Neuauflage einer Filmwand für Agfa entwickelten und erprobten. Der Werkstoff war für hohe Ansprüche überzeugend – sein Preis allerdings auch!«

Dank all seiner nützlichen Eigenschaften war der von ihm so genannte S-Dübel nun wirklich perfekt geworden: Er hat zwei seitliche Spalten, damit er sich aufspreizt, wenn man etwas hineindrückt, das »S« im Namen bezeichnet den »Spreizdübel«. Er hat Zähne, damit er sich in hartem oder weichem Material festbeißen kann, und wenn eine Schraube eingedreht wird, sperrt er den Schnabel auf und verklemmt sich mit zwei zusätzlichen Widerhaken fest im Loch. So kann sich der Dübel beim Montieren nicht mehr drehen. Am 8. November 1958 bescheinigte das Deutsche Patentamt in München dem Erfinder diese Technik mit seiner Patentschrift für den Spezialdübel, den »Fischerdübel S«, einem Meisterwerk, das heute täglich 14-millio-nenfach produziert wird.

Und welche Farbe sollte das neue Fischer-Produkt bekommen? Grau war die Farbe der Arbeitsmäntel in Handwerkskreisen, und diesem Grau, dem Farbton handwerklicher Alltagstüchtigkeit, wurde die Dübelfarbe nachempfunden. Diese Farbe, zusammen mit dem einprägsamen Firmenemblem, ist heute ein universelles Markenzeichen geworden. Doch es sollte nicht allein bei diesem Meisterwerk bleiben, denn besondere Aufgaben – und derer gab es viele – erfordern immer auch besondere Lösungen, und so entwickelte Artur Fischer immer mehr und immer neuere, auf spezielle Anwendungen bezogene Befestigungslösungen, die er unablässig überprüfte und testete. Die Entwicklung von Befestigungstechniken machte aber auch hier nicht halt: In den 1960er Jahren konstruierte er mehrere Dübel zur Fixierung von Knochen nach Knochenbrüchen

1984 erhielt Artur Fischer ein Patent für den Universaldübel FU, 1987 ein anderes für die Entwicklung des ersten, uneingeschränkt zugzonentauglichen Bolzenankers der Welt und 1990 ein Europa-Patent für den Zykon-Bohrer, eine seiner komplexesten und ausgetüfteltesten Erfindungen. Heute sind wohl die Dübel aus Tumlingen die bekanntesten Produkte, die den Namen und das Logo der »Fischerwerke« millionenfach in die Welt hinaustragen.

Das Familienunternehmen, das seit 1980 von Fischers Sohn Klaus geführt wird, hat 42 internationale Tochtergesellschaften, beschäftigt weltweit 4000 Mitarbeiter und verkauft seine Produkte in über 100 Ländern. 2012 erwirtschafteten die Fischerwerke mit 14000 verschiedenen Produkten einen Umsatz von 618 Millionen Euro. Obwohl das Unternehmen weltweit Produktionsstandorte betreibt, werden über die Hälfte seiner Produkte nach wie vor in Deutschland hergestellt.

Mit dieser Vielfalt an technischen Innovationen ist Artur Fischers Erfindungsreichtum und Kreativität noch lange nicht erschöpft: In den Wochen vor dem Weihnachtsfest des Jahres 1963 etwa, als sich sein Vorzimmer wie alle Jahre wieder mit allerhand Tand zu füllen beginnt, entschließt sich Artur Fischer wie so oft zur kreativen Rebellion. Er verpflichtet sich erstens, in Zukunft nicht mehr die Geschäftsfreunde, sondern die Kinder der Geschäftsfreunde zu beschenken. Und er beschließt zweitens, ihnen ein Spielzeug zu schenken, das gut genug ist, um die Gestaltungsfreude der Kinder anzuregen und ihre Neugier zu wecken und zu fördern. Er macht sich auch gleich an die Arbeit und entwickelt 1964 den grauen Fischertechnik-Spielbaustein mit quadratischem Querschnitt, der noch im selben Jahr patentiert wird.

In Anerkennung seiner Verdienste und seines Engagements für Bildung und Erziehung erhielt Artur Fischer 1976 die Ehrendoktorwürde der Universität Gießen. Der Fischertechnik-Baukasten wurde schnell zum Bestseller. Das Baukastensystem ist heute weltweit Standard für Bildungsspielzeug. Es vermittelt Kindern technisches Grundverständnis, unterstützt die Entwicklung der Hand-Auge-Koordination und der Feinmotorik und fördert räumliches Bewusstsein, logisches Denken und Kreativität.

Aufgrund seiner hohen Maßgenauigkeit und Funktionstüchtigkeit wird »Fischertechnik« häufig auch dazu genutzt, Vorgänge und Abläufe, wie sie bei technischen Anlagen, Maschinen und Systemen – etwa bei Industrierobotern und von Modellen für computergesteuerte Produktionsstätten – vorkommen, zu simulieren: So auch in der Ausstellung »Technisches Spielzeug« im Deutschen Museum, wo seine Baukästen ausgestellt sind und jungen und alten Besuchern zeigen, wie Technik funktioniert.

Mitten im öffentlichen Leben

Artur Fischers wegweisende Erfindungen, seine unternehmerischen Erfolge, aber vor allem sein enormes gesellschaftliches Engagement und seine Liebe zu den Menschen krönten Fischers Lebenswerk mit einer außerordentlichen Vielzahl von Ehrungen und Titeln.

Mehrfach wurde er von den Bundespräsidenten der Bundesrepublik Deutschland geehrt. Aber auch die bedeutendsten wissenschaftlichen Institute würdigten Artur Fischers Werke mit Auszeichnungen und Medaillen: Seit 1984 ist er in die Erfindergalerie des Deutschen Patentamtes in die Reihe berühmter Deutscher aufgenommen. Im Januar 1985 wurde ihm anlässlich seines 65. Geburtstags die Goldmedaille »Otto Lilienthal« im Deutschen Museum verliehen. 1986 erhielt er die hoch angesehene Dieselmedaille und 1991 wurde er im Weißen Saal des Stuttgarter Neuen Schlosses mit dem Werner-von-Siemens-Ring geehrt. Für sein Lebenswerk wurde Fischer 2009 mit dem Deutschen Gründerpreis und 2014 mit dem Europäischen Erfinderpreis gewürdigt.

Aber auch akademische Anerkennung und Würden wurden ihm von mehreren Universitäten, darunter auch der Universität Stuttgart und der Ludwig-Maximilians-Universität München zuteil, als sie ihm die Würde des Ehrendoktors, Senators und Professors verliehen. Schließlich ehrten auch die Staatlichen Münzen von Baden-Württemberg im Jahre 2008 seine Lebensleistung mit der Prägung einer Kunstmedaille in Bronze und Silber: der Artur-Fischer-Medaille. Sie ist die erste einer neuen, »Erfinder und Tüftler aus Baden-Württemberg« genannten Serie. Die folgenden Ausgaben sind Graf Zeppelin und Johannes Kepler gewidmet.

Sein Deutsches Museum: Ein vielgeliebter und geehrter Mäzen

Selbstverständlich hat auch das Deutsche Museum mit Ehrungen für seinen Freund und Förderer Artur Fischer nicht gegeizt: Als Mitglied des Museums ist Artur Fischer seit 1984 eingetragen. Am 7. Mai 1984 erhielt er die Oskar-von-Miller-Medaille in Gold und seit 1986 nahm er einen Sitz im Kuratorium des Deutschen Museums ein. Im Jahre 1992 schließlich wurde ihm die Ehrenmitglied-



In einer Vitrine in seinem Büro hat Artur Fischer seine wichtigsten Erfindungen ausgestellt.

schaft des Deutschen Museums auf Lebenszeit verliehen, in der Urkunde wird er mit folgenden Worten gewürdigt: »... es waren diese Erfindungen, die ihn schon vor 22 Jahren mit dem Deutschen Museum zusammenbrachten. Aus der noch immer andauernden Zusammenarbeit wurde Freundschaft. Das Deutsche Museum verdankt Artur Fischer großzügige Geld- und Sachspenden und vielfältige Unterstützung.«

Am 19. Juni 2001 wurde seine Büste in der Eingangshalle des Sammlungsbaus, gegenüber der Oskar von Millers, würdevoll und feierlich enthüllt. Artur Fischer war Mitglied im Freundes- und Förderkreis und aktiver Unterstützer der Zukunftsinitiative des Deutschen Museums. Zu seinem 90. Geburtstag veranstaltete das Deutsche Museum mit ausgewählten prominenten Gästen am 22. Januar 2010 einen feierlichen Abend in der Kraftmaschinenabteilung. Dabei überreichte ihm der Generaldirektor eine persönliche Dankschrift, die mit hundert nummerierten Exemplaren erschien.

Was wir von Artur Fischer lernen können

Natürlich galt Artur Fischers Interesse am Deutschen Museum in erster Linie der Unterstützung des Museums als Ganzes, als einem Haus, das Neugier und Experimentierfreude wecken soll, in dem vor allem junge Menschen technische und naturwissenschaftliche Grundlagen, bedeutende Erfindungen und Entdeckungen kennenlernen können, in dem ihnen aber auch Zusammenhänge nahegebracht und Begeisterung für die technischen Fächer gefördert werden sollen. Und weil dem unermüdlichen Erfinder die Förderung der technischen Kreativität von Jugendlichen ein großes Anliegen war, unterstützte er den Aufbau mehrerer Sonderausstellungen zum Thema »Spiel und Technik«, die schließlich 1986 in die Sonderausstellung »Bauklötze staunen – 200 Jahre Geschichte der Bauklötze«, mündeten und die dank ihrer Beliebtheit eine Dauerausstellung geworden ist. Er ließ seinen Themenschwerpunkt im Jahr 2006 komplett erneuern.

Aber auch an anderen, oft überraschenden Stellen sind seine Erfindungen ausgestellt: wie etwa in der ehemaligen Ausstellung Tunnelbau. Das kam so: Als das Deutsche Museum 1994 anlässlich der Eröffnung des Eurotunnels unter



Artur Fischer erkannte früher als viele andere, dass Solartechnik auch bei Bauklötzen vorbildlich, lehrreich und dabei spielerisch eingesetzt werden kann.

dem Ärmelkanal vom Institut Français in München eine kleine Sonderausstellung über dessen Bau ins Haus zur Verfügung gestellt bekam, stiftete Artur Fischer einen Satz »Dübel nach dem Hinterschnittsystem«, die er eigens für die Befestigung von Leitungen und Verkleidungen im Eurotunnel entwickelt hatte. Als bei den Eröffnungsansprachen schließlich der französische und der britische Konsul die enormen Leistungen ihrer jeweiligen Länder ausführlich gewürdigt hatten, blieb dem Redner des Deutschen Museums keine andere Wahl, als augenzwinkernd zu bemerken, dass ohne ebendiese Fischerdübel kein Zug den Tunnel durchfahren könne, ja, der Tunnel einfach nutzlos bleiben würde.

Als 1995 die Ausstellungen im Deutschen Museum Bonn eröffnet wurden, war Artur Fischer nicht nur als Unternehmer und Mäzen, sondern auch als Akteur und Erfinder dabei: Ein Riesenmodell eines S-Dübels im Maßstab 20:1 und eine Übersicht über die ganz beachtliche »Dübelfamilie« sowie sein berühmter Betonnagel sind dort fester Bestandteil und Höhepunkte der Sammlung.

Es gibt aber auch bemerkenswerte schriftliche Spuren, die er in den Veröffentlichungen des Deutschen Museums hinterlassen hat: Da ist etwa das wegweisende Gespräch, das Artur Fischer mit Professor Hans-Jürgen Warnecke 1997 im Deutschen Museum Bonn über »Erfindungen und Kreativität« führte, oder das Interview mit Annette Noschka-Roos, das 2002 in dieser Zeitschrift (*Kultur & Technik* 4/2002) veröffentlicht wurde, in dem er – kindgerecht – erzählt, was alles zum Erfinden gehört.

Eindringlich beschreibt Artur Fischer im Gespräch mit Hans-Jürgen Warnecke seine Erfinder- und Unternehmensphilosophie und betont, wie wichtig es doch ist, immer wieder neue »Risiken einzugehen; denn alles besteht letzten Endes aus Risiken«, dass »Erfindungen und Erfinder ein entsprechendes Klima brauchen, um wachsen und gedeihen zu können«, und fasst schließlich seine Erfahrungen so zusammen: »Als Quintessenz meine ich: Kinder, die nie gespielt haben oder nie spielen durften, werden sich später schwer tun, den Schatz ihrer kindlichen Kreativität durch erfinderisches Denken zu bereichern«.

Artur Fischer verstarb am 27. Januar im Kreise seiner Familie. Er wird uns sehr fehlen. ■■



DER AUTOR

Dr. Dirk Bühler

war Leiter der Hauptabteilung Technik im Deutschen Museum. Seit seiner Pensionierung 2015 arbeitet er ehrenamtlich an Forschungsprojekten zur Bautechnikgeschichte am Münchner Zentrum für Wissenschafts- und Technikgeschichte (MZWTG) und engagiert sich in Berufsverbänden.



Deutsches Museum



INTERN

- **Neues aus dem Freundes- und Förderkreis**
- **Museumsinsel**
Der erste Laser von Theodore Maiman
Der Stoff aus dem die Dinge sind
Helmut Fischer Preis 2016
4,7 Regalkilometer voller Schätze
Tauchboot-Legende
- **Flugwerft Schleißheim**
Sonderausstellung Otto Lilienthal

Der Terminkalender April bis Juni 2016 liegt dieser Ausgabe bei. Aktuelle Termine finden Sie auch unter:
www.deutsches-museum.de/information/kalender



Museumsinsel

Verkehrszentrum

Flugwerft Schleißheim

Deutsches Museum Bonn

Alle aktuellen Veranstaltungen
finden Sie in unserem
Quartalsprogramm.

Integration setzt Ankommen voraus



Nach einem Besuch der Ausstellung Papierherstellung können Jugendliche Flüchtlinge selber Papier schöpfen.

Das Deutsche Museum öffnet seine Pforten für unbegleitete minderjährige Flüchtlinge und wird dabei vom Freundes- und Förderkreis Deutsches Museum e. V. unterstützt.

Es ist ein Sonntag im Februar. Ein- und zwanzig unbegleitete minderjährige Flüchtlinge strömen mit ihren Betreuern und der kleinen Gruppe von Museumsmitarbeitern ins Planetarium. Der Sternenhimmel über München steht auf dem Programm. Die halbstündige Projektion soll die Jugendlichen auf den Tag im Museum einstimmen, sie staunen lassen und aus ihrem Alltag entführen. Im Anschluss wird die Gruppe geteilt: Die einen brechen zu einer Führung durch die Astronomie-Abteilung, die anderen in die Papierherstellung auf. Scheu, aber zunehmend begeistert nehmen die 16- bis 18-jährigen Afghanen, Syrer und Somalis die Erklärungen auf, die Museumsführer haben Falblätter mit den wichtigsten ausgestellten Objekten und den

dazugehörenden Begriffen verteilt – komplizierte Begriffe, die sich nun ganz spielerisch in den mehr oder weniger guten Wortschatz der Jugendlichen einfügen. Es wird gelacht und diskutiert, einige sind so begeistert, dass sie beim Abschluss inständig bitten, wieder ins Deutsche Museum kommen zu dürfen.

Angefangen hat das neue Museumsprojekt, das der Freundes- und Förderkreis Deutsches Museum e. V. unterstützt, damit, dass es überall im Museum Mitarbeiter gab, die etwas für die Flüchtlinge tun wollten. Kamyar Shirazi zum Beispiel kam selbst als Jugendlicher aus dem Iran nach Deutschland, jetzt betreut er privat eine Gruppe von minderjährigen Flüchtlingen und beteiligt sich aktiv an der Initiative des Museums. »Ich wäre froh gewesen,

wenn ich damals mehr unterstützt worden wäre«, begründet er sein Engagement. Und natürlich Sylvia Hladky.

Die ehemalige Leiterin des Verkehrszentrums und heute eine der engagierten ehrenamtlichen Führerinnen im Verkehrszentrum hat kurzerhand einen Draht zur Bayernkaserne hergestellt und jugendliche Flüchtlinge eingeladen – ganz unbürokratisch, ein Anruf bei Generaldirektor Wolfgang Heckl genügte, damit sie die Führungen gratis anbieten konnte. Aus all diesen Initiativen ist nun ein Work-in-Progress-Programm rund um den Wissenschaftlichen Mitarbeiter Ronald Göbel entstanden, dessen Abteilung Chemie derzeit wegen der Zukunftsinitiative geschlossen ist. »Wir werden in den nächsten

Monaten verschiedene Module entwickeln, von der sprachvertiefenden Incentive-Führung bis zu kleinen Schnupperkursen in unseren Werkstätten. Außerdem werden die Mitarbeiter des Ausstellungsdiens­tes – die angestellten ebenso wie die ehrenamtlichen – eine Inhouse-Schulung über »interkulturelle Kommunikation« erhalten. Zum inneren Kreis rund um Göbel gehören auch noch Neslihan Becerici-Schmidt und Jürgen Teichmann, die das neue Museumsangebot ausgearbeitet haben. Führungen für Flüchtlinge – das ist das erklärte Ziel des Museums – sollen zu einem permanenten Bestandteil des Museumsprogramms werden und über das Führungsbüro gebucht werden können.

Welche wichtige Funktion das Deutsche Museum in der Flüchtlingsarbeit einnehmen könnte, zeigt sich schon bei den ersten Führungen. So etwa an jenem Sonntag im Februar mit den 21 unbegleiteten minderjährigen Flüchtlingen aus

der Wohngemeinschaft des Vereins Gesellschaftspolitische Projekte e.V., eine Initiative der Münchener Jugendhilfe, die insgesamt und in vielen Wohngemeinschaften über die Stadt verteilt an die tausend Flüchtlinge betreut.

»Wenn wir die Jugendlichen alleine lassen, kennen sie nur den Weg von ihrer Wohngemeinschaft in die Schule und zurück«, erzählt Antje Eberhard, die Leiterin der Gesellschaftspolitischen Projekte. Die meisten jugendlichen Flüchtlinge kommen aus Gesellschaften, die keine Freizeitbeschäftigungen kennen, sie sind traumatisiert oder haben Ängste. »Wenn wir nicht mit ihnen Rad fahren oder ins Museum gehen, dann kommen sie gar nicht richtig in unserer Gesellschaft an. Doch das ist die Voraussetzung, damit sie sich mit unseren Werten und Normen überhaupt auseinandersetzen und eine Ausbildung machen können.« Integration setzt Ankommen voraus. *Monika Czernin*

MUSEUMSINSEL Ausstellung Museumsgeschichte bis Ende Mai 2016

Der erste Laser von Theodore Maiman



Ende 2015 durften sich der Generaldirektor Prof. Dr. Wolfgang Heckl und das Deutsche Museum gleich über zwei bedeutende Exponate der Lasergeschichte freuen.

(v.l.n.r.) Prof. Dr. Herbert Welling, Prof. Dr. Wolfgang Heckl, Prof. Dr. Dieter Röß, Prof. Dr. Theodor Hänisch bei der feierlichen Übergabe des Maiman-Lasers.

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 Mitgliedschaften großer Unternehmen

Kontakt:

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

Ihre Ansprechpartnerin:

Claudine Koschmieder
Tel. 089/2179-314
Fax 089/2179-425
c.koschmieder@
deutsches-museum.de

Im Jahr 1960 entwickelten Wissenschaftler eine neue Lichtquelle mit ganz besonderen Eigenschaften: den Laser. Damals galt Laserlicht zunächst als »Lösung, die ein Problem sucht«. Heute ist Laserlicht als vielfältiges Werkzeug mit Anwendungen in der Produktions- und Informationstechnik, in der Medizin sowie in der Forschung aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken.

Weltweit arbeiteten Ende der 1950er Jahre mehrere Forschungsgruppen parallel an der Erfindung des Lasers. Einen Durchbruch erzielte im Mai 1960 der amerikanische Physiker Theodore Maiman (1927–2007), der künstlichen Rubin als geeignetes Material für die stimulierte Emission von Licht entdeckte. Der »pink ruby« wurde zur technischen Grundlage und zum Symbol der ersten Laser der Welt. Am 26.11.2015 erhielt das Deut-

sche Museum durch eine Schenkung originale Laserkomponenten von Theodore Maiman aus dem Besitz von Prof. Dr. Herbert Welling, der in den 1960er Jahren in den USA arbeitete und das Exponat persönlich von Maiman als Geschenk erhielt. An der feierlichen Veranstaltung zur Übergabe im Ehrensaal des Deutschen Museums nahmen viele Pioniere der Laserphysik in Deutschland teil. Kurz darauf erfolgte gleich ein zweiter Zugang: Kathleen Maiman, die Witwe von Theodore Maiman, überbrachte aus Kanada den Laser ihres Mannes, der auch auf vielen historischen Fotografien zur Lasergeschichte abgebildet ist, als Leihgabe an das Deutsche Museum. Beide Laser sind voraussichtlich noch bis Ende Mai in der Ausstellung Museumsgeschichte zu sehen. *Johannes-Geert Hagmann*

Offen? Geschlossen?

Sie planen Ihren Besuch im Deutschen Museum und wollen wissen, welche Ausstellungen derzeit geöffnet sind? Im Internet informieren wir Sie über den aktuellen Stand:

www.deutsches-museum.de/ausstellungen/ueberblick
Der QR-Code führt Sie per Smartphone direkt auf die Infoseite.

Bis 2025 werden in zwei Abschnitten die Ausstellungen auf der Museumsinsel grundlegend erneuert und das Gebäude auf den neuesten Stand der Technik gebracht. Während der Modernisierung bleibt mindestens die Hälfte der Ausstellungsfläche mit vielen Highlights geöffnet.





Viermal gehen die Daumen der Kinderjury nach oben: Von der unkonventionellen Werkstoffkunde des Deutschen Museums sollen künftig auch Kinder und Jugendliche in Frankfurt/Main profitieren.

MUSEUMSINSEL Sonderpreis für ein Lernprojekt der Museumspädagogik

»Der Stoff aus dem die Dinge sind«

Spielerische Werkstoffkunde im Deutschen Museum

Eine Tasse und ein Handschuh: Manchmal verblüffen ganz alltägliche Dinge. Solche, die immer in Gebrauch sind, bei denen aber selten gefragt wird, woraus sie bestehen. Irina Fritz und Christine Füssl-Gutmann haben mit ihrem Konzept »Der Stoff aus dem die Dinge sind« die Werkstoffkunde alltäglicher Gegenstände zum Thema einer Entdeckungsreise durch das Deutsche Museum gemacht.

Fritz arbeitet als Museumspädagogin, Füssl-Gutmann leitet am Museum das Kerschensteiner Kolleg, eine Einrichtung für Erwachsenenbildung. Gemeinsam entwickelten sie ein Programm, das sich mit Workshops für Kinder und Fortbildungen für Pädagogen an Kindertagesstätten und Grundschulen richtet, aber auch auf andere Bildungseinrichtungen übertragbar ist. Dabei setzen sie auf das spielerische Entdecken von Naturwissenschaft und Technik.

Die Stiftung Polytechnische Gesellschaft Frankfurt am Main hat das Programm bei der diesjährigen

Verleihung des Polytechnik-Preises für die Didaktik der Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) mit einem Sonderpreis gewürdigt. Das Konzept rund um Werkstoffe und Materialien entstand in Kooperation mit dem bayrischen Staatsinstitut für Frühpädagogik (IFP) und dem Exzellenz-Cluster MAI-Carbon, einem Forschungsverbund bayrischer Universitäten und Unternehmen. Zunächst sollte es nur die Sonderausstellung »Harter Stoff: Carbon – ein Werkstoff der Zukunft« begleiten. Mittlerweile ist es ins reguläre museumspädagogische Angebot aufgenommen worden.

Carbon? Woraus besteht dieser neue Werkstoff? Und wofür wird er gebraucht? Irina Fritz und Christine Füssl-Gutmann wollten den Blick der Kinder und Pädagogen nicht allein auf das Hightech-Material lenken, sondern eine Bandbreite an Materialien einbeziehen. Welche Stoffe leiten Strom, was wird aus Keramik hergestellt, wie viel wiegt Plastik? Eine Fülle an Fragen, die

es mit kindlicher und erwachsener Neugierde zu erforschen gilt – und welcher Ort wäre dafür geeigneter als ein Museum, in dem all diese Materialien in den Ex-

ponaten sichtbar sind? Die Bausteine des Konzepts sind für alle Altersstufen ähnlich: Es gibt eine Einführung in Alltagsmaterialien, Experimentierstationen und ein



Den mit 2000 Euro dotierten Sonderpreis für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik der Stiftung Polytechnische Gesellschaft erhielten Irina Fritz und Christine Füssl-Gutmann für ihr pädagogisches Konzept, Werkstoffe in Alltagsprodukten spielerisch zu erkunden. Am 16. Februar 2016 vergab die Stiftung den Preis zum dritten Mal, in diesem Jahr für herausragende Lehrkonzepte an außerschulischen Lernorten. Aus 118 Bewerbungen wurden nur vier Projekte ausgewählt.

Im Bild v.l.n.r.: Roland Kaehlbrandt (Stiftung Polytechnische Gesellschaft), Irina Fritz und Christine Füssl-Gutmann (Deutsches Museum), R. Alexander Lorz (Kultusminister von Hessen), Wolfgang Eimer (Stiftung Polytechnische Gesellschaft).



Materialsuchspiel in der Luft- und Schifffahrtsabteilung. Je nach Alter sind die Kinder dabei in Kleingruppen oder selbstständig auf Spuren- oder vielmehr Materialsuche. Die Museumspädagoginnen beginnen ihre Workshops und Fortbildungen stets mit einer Tasse und Handschuhen, die sie in der Gruppe herumreichen. Die Handschützer sind aus Wolle, Leder oder Gummi, die Becher aus Glas, Holz,

Plastik, Metall oder Pappe. Welche Funktion und Eigenschaften haben diese Materialien? Warum sind Tassen nicht aus Stoff? »Wir wollen die Kinder für diese ganz selbstverständlich genutzten Alltagsgegenstände sensibilisieren«, erklärt Christine Füssl-Gutmann. An den Experimentierstationen werden die Werkstoffe anschließend verglichen. Es gibt Klangröhren und Gewichtskugeln aus ver-

Pädagogen lernen die Experimentierstationen für Kinder kennen.

schiedenen Materialien, eine Magnetstation, einen Stromkreis mit Glühbirne, die nur leuchtet, wenn der Stromkreis durch leitfähiges Material geschlossen wird, oder eine Station, an der Kinder und Erwachsene mit Mikroskop und Lupe Materialoberflächen erkunden können. Hier, so die Initiatorinnen, werden die Grundlagen für ein »erfolgreiches forschendes Lernen gelegt«. Beim anschließenden Suchspiel »sauen die Kinder ganz begeistert durchs Museum«, berichtet Fritz. Mit Hilfe von Bilderkarten müssen sie beispielsweise nach einem Segel und dem dazu passenden Schiff suchen. So lernen sie, dass etwa in einem Schiff oder Auto unterschiedliche Materialien zum Einsatz kommen und dass die Auswahl der Materialien von vielen verschiedenen Umständen abhängt, sogar geografischen oder historischen.

Fast 400 Kinder haben die Workshops allein in den Erprobungspha-

sen erlebt. Ihre Rückmeldungen nutzten die Expertinnen, um das Angebot zu verbessern. Unter anderem wurde die Einstiegsphase für die Kinder verlängert, um ihr Vorwissen ausführlicher zu erfragen. Zudem waren bei allen Probeläufen pädagogische Begleiter des IFP zugegen. Das Fortbildungsprogramm, an dem Erzieher und Lehrer gemeinsam teilnehmen, hat bisher rund 300 Multiplikatoren erreicht. Sie lernten die Programme für die Kinder kennen, vertieft durch Mitmachstationen und Führungen von Experten aus den Bereichen Papier, Keramik oder aus der museumseigenen Gießerei. Eine pädagogische Handreichung sammelt Anleitungen und Tipps, wie der Workshop auch an andere Orte übertragen werden kann – beispielsweise in Unternehmen. Und weil das Programm so gut ankommt, soll es bald auch auf das Thema »Bauen und Konstruieren« übertragen werden. **Astrid Ludwig** (auszugsweise aus: **Dokumentation zur Preisverleihung 2016, www.sptg.de**)

MUSEUMSINSEL Helmut Fischer Preis für Giulia Enders

Unterhaltsames Wissen

Anlässlich der Verleihung des Helmut Fischer Preises liest Giulia Enders aus ihrem Bestseller *Darm mit Charme*. Die Medizinstudentin kann nicht nur gut schreiben. Sie gestaltet auch äußerst unterhaltsame Vorträge.

Mit 24 Jahren hat Giulia Enders schon einen Bestseller geschrieben und jeder, der schon mal einen Science-Slam mit ihr erlebt hat, weiß: die Frau kann Wissenschaftskommunikation.

Die Medizinstudentin wurde deshalb am 16. Februar mit dem »Helmut Fischer Preis für Wissenschaftskommunikation des Deut-

schen Museums« ausgezeichnet. Die Auszeichnung wurde in diesem Jahr zum ersten Mal gemeinsam vom Deutschen Museum und der Helmut Fischer Stiftung verliehen. Der Preis ist mit 5000 Euro dotiert und soll Menschen auszeichnen, die sich »in besonderer Weise um die Wissenschaftskommunikation verdient gemacht haben«.

Und das hat Giulia Enders zweifelsohne. »Sie verbreitet medizinisches Wissen – und zwar sehr launig, ohne dabei je trivial zu sein«, sagte der Generaldirektor des Deutschen Museums, Wolfgang M. Heckl in seiner Laudatio.



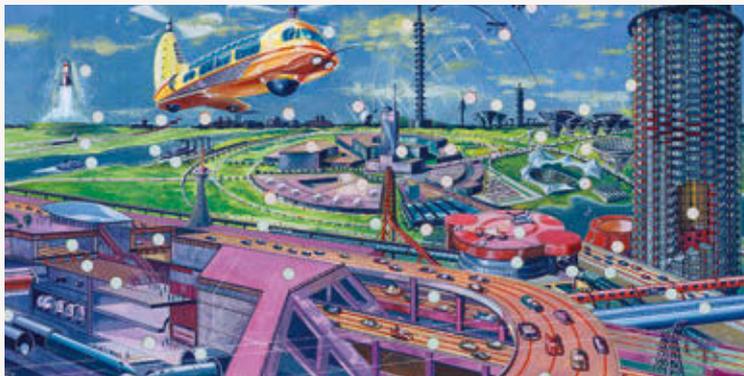
Giulia Enders liest aus ihrem Bestseller.

Der Preis ist eine Stiftung von Helmut Fischer, Gründer der Helmut Fischer GmbH, eines mittelständischen Messtechnik-Unternehmens mit Sitz in Sindelfingen. Sinn der Stiftung ist die Förderung von Wissenschaft, Forschung, Bildung und Kunst.

Helmut Fischer ist dem Deutschen Museum seit Jahren freundschaftlich verbunden. »Wer Kunst, Technik und Wissenschaft liebt und fördert, findet im Deutschen Museum den idealen Kooperationspartner«, sagt Fischer. Der Preis liegt Helmut Fischer sehr am Herzen. Denn er ist überzeugt: »Begeisterung fürs Forschen und Lernen stecken potenziell in jedem. Dies hervorzukitzeln, das schaffen die Preisträger, dafür steht das Deutsche Museum als Institution. Und das fördert die Stiftung.«

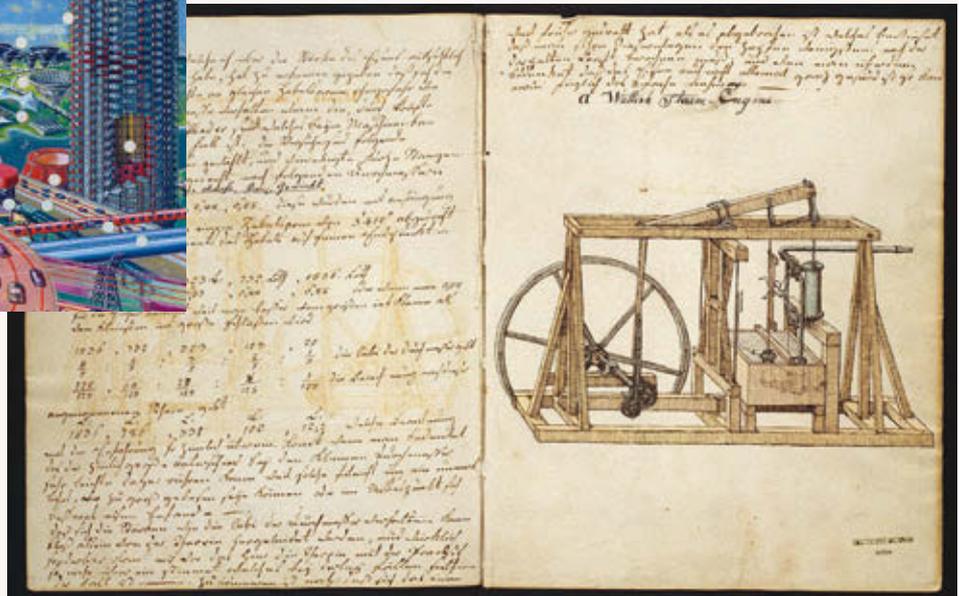
4,7 Regalkilometer voller Schätze

Das Archiv des Deutschen Museums birgt wertvolle Schmuckstücke – von der Nobelpreismedaille bis zum Manuskript aus dem 13. Jahrhundert.



Vision anno 1976: So sah für Theo Lässig die Stadt der Zukunft aus.

Eine Seite aus dem »Spionagetagebuch« von Georg von Reichenbach. Abgebildet ist eine Watt'sche Dampfmaschine.



Die Nobelpreismedaille liegt schwer in der Hand – sie ist aus Gold und hat einen Materialwert von ein paar Tausend Euro. Ersteigert werden Nobelpreis-Medaillen aber auch schon mal für ein paar Millionen Euro. Und die Medaille des Physikers Ferdinand Braun, der den Nobelpreis 1909 für seinen Beitrag zur drahtlosen Telegrafie bekam, ist keineswegs das wertvollste Schmuckstück im Archiv des Deutschen Museums, sondern eins unter Zigtausenden. Die größten Schätze dieses Archivs sind auch nicht aus Gold, sondern aus Papier – denn sie bewahren historisches Wissen für künftige Generationen. Die Medaille bekam Ferdinand Braun 1909.

Weißer Handschuhe streift Wilhelm Füßl, Leiter des Archivs, über, bevor er eins seiner wertvollen Objekte berührt. Nichts soll die kostbaren Archivalien schä-

digen. Da ist zum Beispiel eine Original-Werkstattzeichnung von Otto Lilienthal für die Konstruktion des Normal-Segelapparats, des ersten wirklich funktionsfähigen Gleitflugzeugs. Etwa 4,7 Regalkilometer umfasst die Schatzkammer des Deutschen Museums. Über 300 Nachlässe sind hier versammelt, 1,4 Millionen Fotografien. Und wertvolle Briefe. Wie der von Albert Einstein an den Physiker Ernst Mach. Er beginnt mit den Worten »Hoch geehrter Herr Kollege!« und endet mit »Ihr ergebener A. Einstein«. Der Brief befindet sich im Nachlass Machs, der wie viele andere Nachlässe bedeutender Wissenschaftler und Ingenieure im Deutschen Museum aufbewahrt wird.

»Wir sind eines der weltweit führenden Spezialarchive zur Geschichte der Naturwissenschaft und Technik«, sagt Füßl, der seit 1991

im Deutschen Museum arbeitet. Auch sehr frühe Handschriften werden hier aufbewahrt – wie ein Albertus-Magnus-Codex aus dem 13. Jahrhundert. Oder eine umfangreiche Porträt- und Kartensammlung, verschiedenste Firmenarchive oder eine Sammlung von historischen Filmen.

Dieser Bestand von unschätzbarem Wert wird von Wissenschaftlern aus der ganzen Welt beforscht. Gerade in Sachen Luftfahrtgeschichte hat das Archiv des Deutschen Museums einen exzellenten internationalen Ruf. »Wir haben hier ein öffentlich zugängliches Haus«, sagt Füßl. Es steht jedem Interessierten zur Verfügung – und zwar kostenlos.

Der Lesesaal des Deutschen Museums im 3. OG des Bibliotheksgebäudes ist geöffnet von Montag bis Freitag, 9 bis 17 Uhr.

Das Archiv des Deutschen Museums in Zahlen

- 1903** gegründet
- 4700** Regalmeter
- 300** Nachlässe
- 22 000** Handschriften
- 1 400 000** Fotos
- 35** Firmenarchive mit Einzelstücken
- 160 000** Pläne, Zeichnungen, Stiche und Grafiken
- 13** Spezialsammlungen
- 12 000** Ordner allein zur Luft- und Raumfahrt
- 15 000** Buntpapiere
- 3000** Karten
- 11 000** Porträts von Wissenschaftlern und Ingenieuren

MUSEUMSINSEL Neuzugang in der Ausstellung Meeresforschung

Tauchboot-Legende

GEO ist da! Nach knapp 900 Kilometern Strecke und etwa 19 Stunden Reisezeit – inklusive einer Nacht auf dem Lkw – ist das legendäre Tauchboot im Deutschen Museum angekommen.

GEO war das erste deutsche bemannte Forschungstauchboot. Der Verhaltensforscher Prof. Hans Fricke hatte das Projekt in Seewiesen am Eßsee (Gemeinde Pöcking) in privater Initiative entwickelt. Die GEO ist 2,60 Meter lang, 2,20 Meter hoch, zwei Tonnen schwer und bietet Platz für zwei Personen. Sie schafft durchschnittlich bis zu fünf Stunden Tauchzeit und eine maximale Tauchtiefe von 200 Metern.

1981 tauchte die GEO zum ersten Mal ab. In den folgenden Jahren gelangen Hans Fricke und seinen Mitarbeitern bei 800 Fahrten mit dem leuchtend gelben Tauchboot viele spektakuläre Entdeckungen.

So fanden die Forscher im Toplitzsee in großer Tiefe neben ei-

ner erhöhten Salzkonzentration auch Würmer, die ohne Sauerstoff leben. Fricke erinnert sich an die Arbeit in der Steiermark: »1983 hatten wir vom österreichischen Innenministerium eine Tauchgenehmigung für den See erhalten – die erste nach 20 Jahren. Bei unseren Tauchgängen entdeckten wir in der Dunkelheit Lebensformen, die in der Frühzeit der Erde ähnlich ausgesehen haben. Aber wir fanden auch Bomben, Sprengsätze, abgeschossene Raketen, Minen, Messinstrumente, Teile einer V-Rakete und aufgebrochene Kisten, zugedeckt mit feinem Sediment. Stellten wir die Tauchbootmotoren auf Schubumkehr, wirbelten große weiße Scheine durchs Wasser. Wir schwammen in Geld, gefälschte britische Pfundnoten –



Professor Hans Fricke neben der GEO bei der Ankunft des Tauchboots.

Zeugnisse des sogenannten Unternehmens Bernhard. Hitler wollte das Falschgeld als Waffe gegen das Britische Empire einsetzen.«

Mit Tauchfahrt 580 ging die GEO endgültig in die Geschichte der Meeresbiologie ein: Am 17. Januar 1987 um 21 Uhr war es Fricke Teamkollegen Jürgen Schauer und Olaf Reinicke nach vielen vergeblichen Versuchen zum ersten Mal gelungen, einen lebenden Quastenflosser vor die Linse des Forschungsbootes zu bekommen. In 198 Metern Tiefe konnten die beiden den Urzeitfisch vor den Komoren im Indischen Ozean fotografieren und filmen.

Nach 2350 Stunden unter Wasser wurde die GEO 1988 schließlich durch das Nachfolgemodell JAGO abgelöst. Bis 2003 stand die

GEO im Max-Planck-Institut Seewiesen in einer Halle. Ihr nächster Einsatz führte dann gen Norden – nach Stralsund. Zunächst wurde sie als Leihgabe im Nautineum Dänholm gezeigt. Ab 2008 war das gelbe Tauchboot ein Besuchermagnet des neuen Ozeaneums.

Nach 13 Jahren nun die Rückkehr nach Bayern. Zur Ankunft der GEO war auch Prof. Hans Fricke zu Gast auf der Museumsinsel. Während er das Entladen und den Aufbau genau beobachtete, sagte er: »Wir haben viel zusammen gesehen und ich freue mich, dass das Tauchboot hierhergekommen ist.« Jetzt ist die GEO ins Untergeschoss des Deutschen Museums München abgetaucht und erwartet künftig die Besucher am Eingang der Ausstellung Meeresforschung.

Kraftakt: das Tauchboot GEO auf dem Weg in die Ausstellung Meeresforschung.

Der Mensch lernt fliegen

»... die Entwicklung des Menschenfluges bis zu möglichst hoher Vollkommenheit« war die Vision von Karl Wilhelm Otto Lilienthal (1848–1896). Vor 125 Jahren erhob sich der Flugpionier mit seiner Flugkonstruktion erstmals in die Lüfte. Später startete und flog er regelmäßig und absolvierte im Lauf seines Lebens mehr als 2000 Flüge. Weidenholz, Stahldraht und Stoff – daraus bestand Otto Lilienthals Normal-Segelapparat. Im Jahr 1894 gingen seine Flugapparate in die Serienproduktion – eine Weltpremiere.

FLUGWERFT SCHLEISSHEIM Sonderausstellung bis 18. Mai 2016

Bereits im Jahr 1904 erwarb das Deutsche Museum einen Original-Lilienthal-Gleiter aus dem Nachlass. Bis in die 1950er Jahre stand der Gleiter in der Ausstellung. Der Zahn der Zeit nagte an ihm, das Holz war von Wurmlöchern durchzogen, die Stoffbespannung zerfiel. Der grundsätzliche Konstruktionsgedanke war noch zu erkennen. Trotzdem fiel 1956 die Entscheidung, das Objekt aus der Ausstellung zu nehmen und 1958 durch einen detaillierten Nachbau zu ersetzen. Dieser Normal-Segelapparat befindet sich in der Dauerausstellung in der Flugwerft Schleißheim.

Anlässlich der Sonderausstellung »125 Jahre Erster Menschenflug« sind die Überreste des Lilienthal-Gleiters von 1893 wieder zu sehen, ein beeindruckendes Zeitzeugnis, ein Original, mit dem Lilienthal selbst geflogen ist. Übrig geblieben ist das Gestell-

kreuz, der zentrale Teil des Normal-Segelapparates.

Steuerungskonzepte

Im Unterschied zu den meisten modernen Fluggeräten steuerte Lilienthal sein Flugzeug ausschließlich durch Gewichtsverlagerung. Das Gestellkreuz befand sich vor der Brust des Piloten. Die Arme stützten sich im Fluge darauf ab. Der Körperschwerpunkt des Fliegers konnte durch Bewegung der Beine in weiten Grenzen verschoben und damit das Flugzeug gesteuert werden. Otto Lilienthal waren die Grenzen dieser Steuermethode durchaus bewusst. Er unternahm Versuche, die Wirkung der Gewichtsverlagerung durch bewegliche Steuerflächen zu unterstützen. Dazu wurde ein System von Seilzügen, die per Gürtel mit dem Piloten verbunden waren, ausprobiert. Aber die Ergebnisse überzeugten Lilienthal nicht.

Automatische Vorflügel

Vor allem die Steuerung um die Querachse verlangte vom Piloten oftmals artistische Körperbeherrschung. Zur Entlastung des Piloten erprobte Otto Lilienthal ab 1895 am größten Gleiter mit 8,80 Metern Spannweite ein System automatischer Vorflügel. Im Schnellflug legten sich diese an das Tragflügelprofil an. Im Langsamflug, wenn zum Beispiel durch eine Windböe ein schnelles Gegensteuern des Piloten erforderlich wurde, öffnete sich die Vorflügelspalte und unterstützte die Stabilisierung des Fluggerätes. Dieses Prinzip kommt heute noch bei Kurzstartflugzeugen zum Einsatz.

Lilienthal-Polare

Lilienthals Bestrebungen, die Grundlagen der Fliegerei zu verstehen, entwickelten sich von der Beobachtung des Vogelfluges und der Analyse dieser natürlichen

Vorbilder hin zur systematischen experimentellen Untersuchung. Die Brüder Lilienthal bauten dazu verschiedene Experimentier- und Messvorrichtungen. Mit dem Rotationsmessgerät konnte ein Flügelsegment mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit durch die Luft bewegt und die erforderliche Leistung, sowie die entstehenden Luftkräfte, gemessen werden. In ausführlichen Versuchsreihen vermaßen sie damit Kraftwirkungen ebener und gewölbter Flächen. Der Anstellwinkel, der Winkel, den die Tragfläche zur anströmenden Luft einnimmt, ist dabei die entscheidende Steuergröße. Die Lilienthals hatten die Bedeutung dieser Größe bereits bei ihren Vogelbeobachtungen erkannt. Die Messwerte ihrer Versuchsreihen erfassten sie zuerst in Tabellenform, später zeichneten sie Diagramme, die den Zusammenhang zwischen Anstellwinkel, Auftrieb



und Luftwiderstand darstellten, sogenannte Polare. Der russische Wissenschaftler und Luftfahrtpionier Nikolai J. Schukowski (1847–1921) korrespondierte mit Otto Lilienthal und bezeichnete diese Diagramme später als »Lilienthal-Polare«, noch heute ein Begriff in der Aerodynamik.

Wirksame Werbung

Der Normal-Segelapparat von Otto Lilienthal war das erste Serienflugzeug der Welt und wurde in einer Stückzahl von mindestens zwölf Exemplaren produziert und ausgeliefert, unter anderem an den ersten Besteller Heinrich Seiler in Liegnitz. Bereits im Sommer 1894 ließ sich Seiler in den Rhinower Bergen von Lilienthal in die Kunst des Fliegens einweisen. Weitere Bestellungen gingen an Alois Wolfmüller in Landsberg am Lech in Bayern, Charles E. I. Brown in der Schweiz und Comte Charles de Lambert in Frankreich. Später war Lambert der erste europäische

Flugschüler der Wrights. In die Schlagzeilen kam er durch seinen Flug um den Pariser Eiffelturm im Jahre 1909.

Erfahrungsaustausch

Sein Wissen teilte Otto Lilienthal mit anderen und lud Interessierte an seine Flugplätze ein. Lilienthal stand in weltweitem Briefkontakt, so auch mit Carl Dienstbach (1870–1956), der sich intensiv mit Theorie und Praxis der Luftfahrt befasste. Dienstbach und sein Freund Hermann Hans Wetzler bauten in New York ein Flugzeug. Das wollten sie, angetrieben von einer Dampfmaschine und mit Raketenstart, in die Luft befördern. Dienstbach schrieb im Sommer 1894 an Lilienthal, fügte Konstruktionsskizzen bei, und bat diesbezüglich um Rat. Lilienthal gab zu bedenken: »Als praktische Fehler möchte ich das große Gewicht bezeichnen, welches der Apparat wiegen wird.« Der Briefwechsel von Dienstbach und

Lilienthal wird in der aktuellen Sonderausstellung erstmalig der Öffentlichkeit präsentiert.

In seinem Buch *Über die Grundlagen der Flugtechnik* schrieb Lilienthal: »Fliegen heißt sich mit einer Flugmaschine vom Boden in die Luft erheben. Das können wir nicht! Fliegen heißt ferner, von einer Bergspitze zu einer anderen, gleich hohen durch die Luft sich bewegen. Auch das können wir nicht! Fliegen heißt aber auch: sich von der Spitze eines Hügels ins Thal durch die Luft herablassen. Und das können wir! Hierbei haben wir Gelegenheit zu lernen und zu üben und schließlich auch die beiden anderen Arten, das horizontale und das aufsteigende Fliegen nach und nach auszubilden

Das Gestellkreuz des Normal-Segelapparats ist erstmalig seit den 1950er Jahren wieder ausgestellt.

und somit wirklich zu erfinden.« Eine nicht aussteuerbare Windböe, ein Strömungsabriss führte zum Absturz und Tod von Lilienthal. Seine offene, kommunikative Arbeitsweise, seine vielfältigen Artikel und Vorträge, seine umfangreiche Korrespondenz, hatten einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Entwicklung der Fliegerei und sorgten dafür, dass die Forschung am Menschenflug trotz Tod des wichtigsten Pioniers, weitergeführt werden konnte.

Die Sonderausstellung präsentiert vor allem Dokumente rund um die Erfindung des Lilienthal-Gleiters, seine Serienproduktion und die vielfältigen Korrespondenzen Lilienthals mit Flugpionieren in aller Welt. *Beatrix Dargel*

Keramik



Dafür!



Wie können Sie nur glauben, dass es hier heute um Keramik geht? Ich meine »Keramik«? Hallo?! Gibt's da nichts Wichtigeres?! Heute geht es natürlich um Politik! Ich weiß, das hat es hier bisher nicht gegeben. Das war tabu. Und Politik war bislang ja auch überhaupt kein Thema, so fade wie das war. Meine Welt, die Welt von Fräulein Schröder, sie war völlig unpolitisch. Wahrscheinlich, weil wir bisher so friedlich vor uns hin leben konnten und die Dinge einfach so ihren Gang nahmen. Wir taten, was zu tun war, bezahlten unsere Steuern, sorgten uns um unsere Altersversorgung und planten den nächsten Urlaub. So was eben. Aber das ist jetzt vorbei! Jetzt ist es wieder so wie früher. Es geht wieder um was! Um die ganz großen Themen! Um Ja oder Nein! Sein oder Nichtsein! Erinnern Sie sich noch an die 70er, die 80er? Flugblätter über Flugblätter. Parolen über Parolen. Und jeden Tag irgendwo eine Demo. Fahnen wurden geschwenkt, Schilder gemalt, und manchmal wurde sich sogar geprügelt. Feind oder Freund. Dazwischen gab es eigentlich nichts. Tja, und jetzt, nach Jahrzehnten des Rückzugs ins Private und somnambulen Desinteresses an allem Öffentlichen, jetzt ist es eben wieder so. Man muss Farbe bekennen! Flagge zeigen! Dafür sein – oder dagegen! Ich fragte neulich Fräulein Schröder, ob sie auch dafür ist. Und Fräulein Schröder sagte: »Klar bin ich dafür!« Das hat mich dann doch sehr beruhigt. Schließlich gehen ja neuerdings tiefste Risse mitten durch Ehen, Familien und Freundeskreise, durch das ganze Land, durch ganz Europa eigentlich. Schweigend und unversöhnlich sitzen sich die Lager gegenüber, löffeln grimmig ihre Suppe und wünschen sich, die anderen möge sofort der Erdboden verschlucken. Was mich angeht, ich bin ja, das können alle bezeugen, grundsätzlich ein sehr friedfertiger Typ. Die Sanftheit selbst. Harmoniesüchtig geradezu. Aber ganz unter uns: Die anderen, die haben doch nicht mehr alle Tassen im Schrank! Die sind doch so was von Panne! Onkel Otto hätte wahrscheinlich gesagt: ab nach Sibirien!

Ich sagte erzürnt zu Fräulein Schröder: »Ich gehe jetzt in den Keller und male ein Schild!« »Was willst du denn mit einem Schild?« »Was ich mit einem Schild will? Es hochhalten natürlich!« »Aha. Und was soll da drauf, auf dein Schild?« »Da schreibe ich ganz groß drauf: DAFÜR!« »Oh«, sagte sie, »DAFÜR! Tolle Idee! So ein Schild will ich auch haben! Das kann man ja immer gut gebrauchen.« »Gut«, sagte ich, »ich male dir auch eins«. Dann ging ich in den Keller und malte zwei DAFÜR-Schilder. Als ich wieder aus dem Keller kam mit meinen zwei Schildern, wollte Fräulein Schröder wissen, was wir jetzt damit machen. Ob ich einen Plan hätte. Ich sagte, »klar hab ich einen Plan. Wir gehen heute Abend auf eine Demo.« »Super«, sagte Fräulein Schröder, »auf einer Demo war ich schon ewig nicht mehr. Worum geht's da?« »Na, wir gehen auf eine Demo gegen die anderen, was denn sonst!«, klärte ich sie auf und nagelte die Schilder mit Wucht auf durchgesägte Dachlatten.

Auf der Demo war es dann so, dass erst eine Reihe von Leuten ganz großartige DAFÜR-Reden hielten und viel Applaus bekamen. Fräulein Schröder und ich klatschten kräftig mit. Einige johlten, einige hatten Tröten dabei und andere riefen im Chor: »Say it loud, say it clear – wir sind DAFÜR«. Das reimte sich zwar nicht so wirklich. Aber die Stimmung war super. Dann mussten wir irgendwann durch eine Polizeiabsperrung, um zur U-Bahn zu kommen. Hinter der Absperrung war nämlich noch eine Demo, mit lauter anderen Leuten, die hatten auch Schilder. Auf deren Schildern stand allerdings DAGEGEN. Und das war natürlich gar nicht gut. Die DAGEGEN-Leute sahen unsere DAFÜR-Schilder und kamen uns bedrohlich nahe. Ich will hier gar nicht wiedergeben, was wir uns da alles haben anhören müssen. Unglaublich. Kinderstube war gestern. Einen gar nicht mal so kurzen Moment überlegte ich, ob sich unsere Schilder nicht auch sehr gut als Waffe eignen würden. Mit so einer soliden Dachlatte, damit müsste man doch dem ein oder anderen DAGEGEN-Typen ordentlich eins überbraten können. Aber Fräulein Schröder schien zu ahnen, was in mir vorging. »Denk nicht mal dran!«, zischte sie und zog mich weg, die Treppe zur U-Bahn hinunter.

»Schade eigentlich«, sagte ich später, da saßen wir schon in der U-Bahn, »dem einen da, und auch dem anderen, du weißt schon, dem hätte ich ja sehr gerne mal gezeigt, wo der Barthel den Most holt.« Fräulein Schröder rollte die Augen. »Wir wollten auf eine Demo und nicht auf eine Schlägerei! – Ich habe überhaupt keine Lust, blutende Wunden zu versorgen oder dich am Ende noch im Krankenhaus zu besuchen.« »Wieso Krankenhaus?«, warf ich ein. »Die Einzigen, die da landen würden, das wären doch diese Vollhorsts von der Gegenseite. Ich habe ja mal Karate gemacht.« Fräulein Schröder sagte nur: »Ommm«. Das mit dem Karate stimmt, ehrlich gesagt, nur zum Teil. Ich war da nur mal so drei Stunden auf Schnupperkurs. Ungefähr um 1978 herum. Das muss Fräulein Schröder aber auch gar nicht so genau wissen. Wichtig ist ja nur, dass sie mir vertraut, dass sie glaubt, dass ich kämpfen könnte. Dass ich sie und mich, vor allem aber sie, aus allen Gefahren retten könnte. Ich habe ihr deshalb gleich nach der Demo in unserer Diele einmal demonstriert, zu was ich rein gewaltmäÙig imstande wäre. Mein DAFÜR-Schild sauste nur so durch die Luft, ich drehte mich wirbelnd im Kreise wie die Derwische und sprang zugleich hin und her und rauf und runter! Blitzschnell stieß ich mein Schwert, das eine Dachlatte war, in alle Richtungen und machte dazu auch allerlei wilde Geräusche und stieß drohende Schreie aus. Schon hatte ich mein erstes Ziel erfasst und stieß wie im Rausch zu. Unser Schirmständer war schwer getroffen und fiel krachend zu Boden. – Hatte ich schon erwähnt, dass wir als Schirmständer eine riesige Boden- vase aus Keramik verwendet hatten? Nein? Na gut, dann wissen Sie es jetzt. ■■

Text:
Daniel Schnorbusch,
Illustration:
Jana Konschak



DER AUTOR

Dr. Daniel Schnorbusch
geboren 1961 in Bremen, aufgewachsen in Hamburg, Studium der Germanistischen und Theoretischen Linguistik, Literaturwissenschaft und Philosophie in München, ebendort aus familiären Gründen und nicht mal ungern hängengeblieben, arbeitet als Lehrer, Dozent und freier Autor.



Industrielle Revolution durch globale Kommunikation?

Am Anfang war es nur die Arbeitsgruppe eines Forschungsprojekts, die sich den programmatischen Namen »Industrie 4.0« gab. Seit 2011 hat sich dieser Arbeitstitel in der öffentlichen Wahrnehmung verselbstständigt. Handelt es sich dabei nur um einen gut gewählten Marketingbegriff oder erleben wir tatsächlich eine vierte industrielle Revolution, an deren Ende der Mensch aus dem Produktionsprozess herausgenommen werden soll? Was sind die historischen Wurzeln der Idee »Industrie 4.0«? Mit wel-

chen Prognosen waren die Zeitgenossen der ersten bis dritten Phasen konfrontiert und was ist aus den Voraussagen geworden? Welche Hoffnungen, Befürchtungen, Risiken und Chancen sind mit den Möglichkeiten von Smart Factories, künstlicher Intelligenz oder dem Internet der Dinge verbunden?

Die Autoren und Autorinnen unserer Sommerausgabe versuchen, Antworten auf diese Fragen zu finden.

Impressum

Das Magazin aus dem Deutschen Museum

40. 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: Prof. Dr. Elisabeth Vaupel

Redaktionsleitung: Sabrina Landes, Agentur publishNET
Hofenstraße 1, 81737 München, redaktion@publishnet.org;
Redaktion: Birgit Schwintek (Grafik), Inge Kraus (Bild),
Andrea Bistrich, Manfred Grögler (Korrektorat)

Verlag: Verlag C.H.Beck oHG, Wilhelmstraße 9, 80801
München; Postfach 400340, 80703 München, Telefon (089)
3 81 89-0, Telefax (089) 3 81 89-398, www.chbeck.de

Redaktioneller Beirat: Dr. Frank Dittmann (Kurator Energie-
technik, Starkstromtechnik, Automation), Gerrit Faust
(Leiter Presse- und Öffentlichkeitsarbeit), Dr. Johannes-
Geert Hagmann (Kurator Physik, Geodäsie, Geophysik),
Prof. Dr. Elisabeth Vaupel (Forschungsinstitut)

Herstellung: Bettina Seng, Verlag C.H.Beck oHG

Anzeigen: Bertram Götz (verantwortlich), Verlag C.H.Beck
oHG, Anzeigenabteilung, Wilhelmstr. 9, 80801 München;
Postfach 400340, 80703 München; Bärbel Schott, Telefon
(089) 3 81 89-606, Telefax (089) 3 81 89-599. Zurzeit gilt
Anzeigenpreisliste Nr. 32, Anzeigenschluss: sechs Wochen
vor Erscheinen.

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

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

Versand: Kessler Druck+Medien GmbH & Co. KG, Michael-
Schäffer-Straße 1, 86399 Bobingen

Bezugspreis 2016: Jährlich 26,- Euro
Einzelheft 7,80 Euro, jeweils zuzüglich Versandkosten

Für Mitglieder des Deutschen Museums ist der Preis für
den Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten
(Erwachsene 52,- Euro, Schüler und Studenten 32,- Euro).
Erwerb der Mitgliedschaft: schriftlich beim Deutschen Mu-
seum, 80306 München.

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

Bestellungen von Kultur & Technik über jede Buchhand-
lung und beim Verlag. Abbestellungen mindestens sechs
Wochen vor Jahresende beim Verlag.

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

Die Zeitschrift erscheint vierteljährlich. Sie und alle in
ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urhe-
berrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der
engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes bedarf der
Zustimmung des Verlags. Der Verlag haftet nicht für
unverlangt eingesandte Beiträge und Bilddokumente.
Die Redaktion behält sich vor, eingereichte Manuskrip-
te zu prüfen und gegebenenfalls abzulehnen. Ein Recht
auf Abdruck besteht nicht. Namentlich gekennzeichnete
Beiträge geben nicht die Meinung der Redaktion
wieder.

ISSN 0344-5690