

Luxusgut und Massenware Zur Geschichte der Abteilung Glastechnik im Deutschen Museum

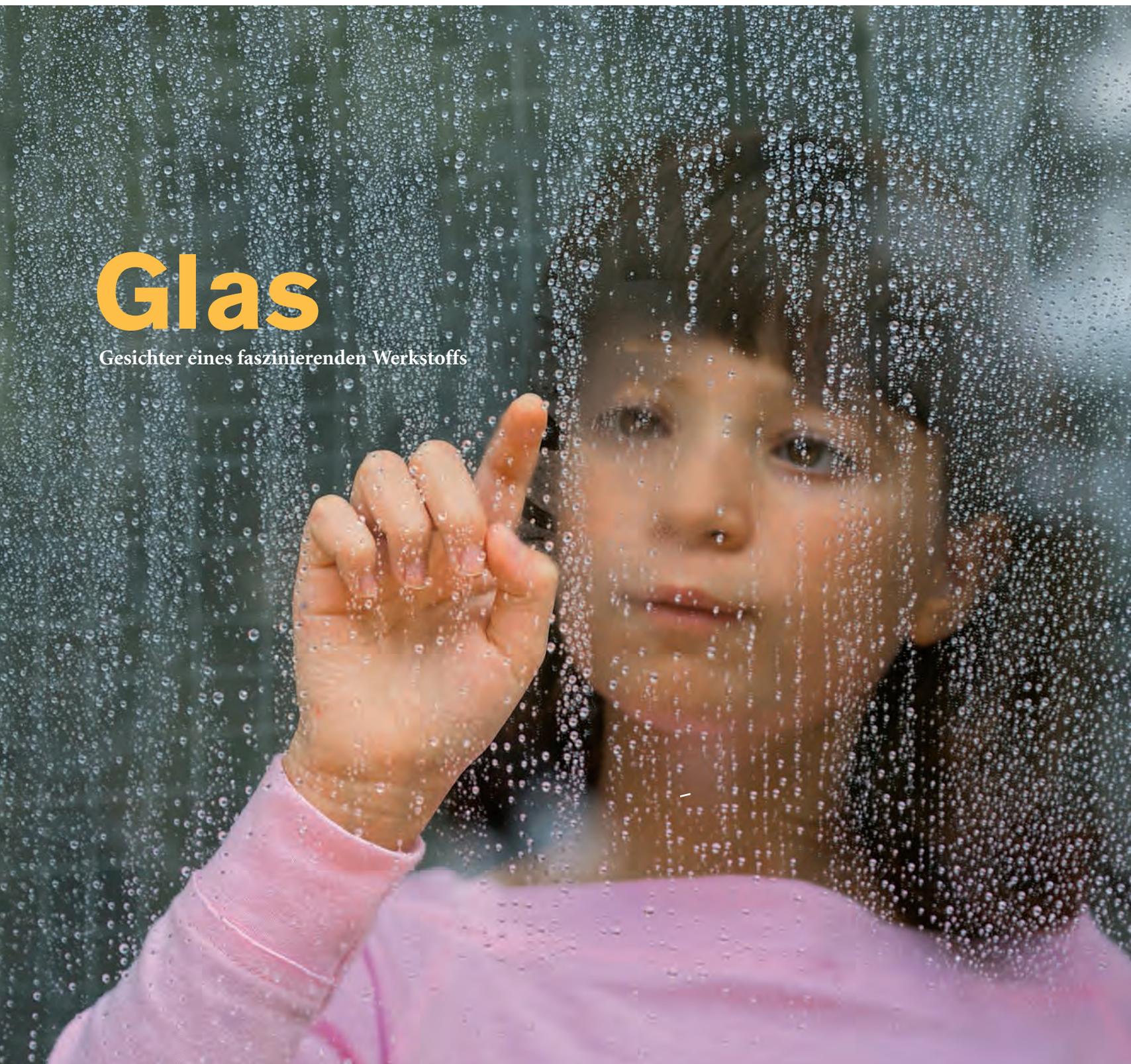
Die Glasstadt Im thüringischen Lauscha sind Glasmacher und Glasbläser seit Jahrhunderten zu Hause

Eine Arche Noah der Dinge Die Kunstkammer von Athanasius Kircher war Museum und Theater in Einem

KULTUR & TECHNIK

Glas

Gesichter eines faszinierenden Werkstoffs





Werner Kinnebrock

Was macht die Zeit, wenn sie vergeht?

Wie die Wissenschaft die Zeit erklärt



beck^{ische}
reihe

160 Seiten mit 4 Abbildungen und 2 Tabellen. Paperback € 12,95
ISBN 978-3-406-63042-2

„Was macht die Zeit, wenn sie vergeht?“ So fragte der große Physiker Albert Einstein den großen Mathematiker Kurt Gödel auf ausgedehnten Spaziergängen in seinen letzten Jahren in Princeton. In wunderbar verständlicher Sprache gibt dieses Buch Antworten auf unsere elementaren Zeit-Fragen: Wie alt ist das Universum? Verläuft die Zeit in Sprüngen? Wann begann überhaupt die Zeit? Hat die Zeit ein Ende? Und die Frage aller Fragen: Was ist die Zeit?

Marc Wittmann

Gefühlte Zeit

*Kleine Psychologie des
Zeitempfindens*



beck^{ische}
reihe

192 Seiten mit 11 Abbildungen. Paperback € 12,95
ISBN 978-3-406-63835-0

Warum benötige ich stets mehr Zeit, als ich geplant habe? Können wir unser Zeitgefühl beeinflussen? Stimmt der Satz: „Zeit ist Geld“? Vergeht die Zeit schneller, wenn man älter wird? Hängt Erfolg davon ab, dass man warten kann?

Psychologie und Hirnforschung ist es in den letzten Jahren gelungen, unseren Zeitsinn weitgehend zu enträtseln. Der Leser des Buches erfährt, wie unser Gehirn wirklich tickt und dass der Umgang mit der Zeit für Erfolg im Leben wichtiger ist als etwa der IQ.

C.H.BECK
www.chbeck.de



**Liebe Leserin,
lieber Leser,**

»Glück und Glas – wie leicht bricht das«, mahnt ein melancholisch stimmendes Sprichwort. Wie gut, dass Glas heute zwar immer noch durchsichtig ist, aber dank ausgeklügelter Rezepturen und Herstellungsverfahren viele andere Werkstoffe an Festigkeit übertrifft.

Kürzlich sah ich einen sehr humorvollen Spot für das neue iPad. Tochter und (ergrauter) Vater in der Küche. Die Tochter: »Sag mal, Papa, wie kommst du eigentlich mit dem neuen iPad zurecht?« Der Vater: »Gut!«, während er ungerührt Gemüse auf dem Pad schneidet, um dieses anschließend – unter den entsetzten Augen der Tochter – in die Geschirrspülmaschine zu stellen. Möglicherweise würde das Gerät das heiße Bad nicht überstehen, die Zweitnutzung als Küchenbrettchen hingegen dürfte ihm wenig anhaben. Kratz- und bruchfeste Spezialgläser sind schon seit einigen Jahren Standard und findige Glashersteller haben mittlerweile Scheiben entwickelt, die nicht nur hauchdünn, sondern auch biegsam sind.

Seit Jahrtausenden stellen Menschen Glas her – Glasfunde gibt es schon aus dem alten Ägypten. Wie viele andere Materialien und Produkte boomt Glas allerdings erst seit der Industrialisierung der Herstellungsverfahren. Vorher konnten sich allenfalls Könige oder reiche Kaufleute Glaswaren leisten. Die Erfindung von Maschinen zur Produktion von Flach- oder Hohlgläsern machte das einstige Luxusgut für jeden erschwinglich. Die Ausstellung »Glastechnik« im Deutschen Museum demonstriert unter anderem die Entwicklung von Techniken, die dazu beigetragen haben, dass Glas aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken ist.

Viel verdanken wir Naturwissenschaftler der stetigen Verbesserung von Glas. Ohne gläserne Linsen keine Mikroskopie, ohne Prismen keine Erkenntnisse über Licht und Farben. Wo immer Sie hinschauen im Deutschen Museum – Glas findet sich in nahezu jeder Abteilung.

Man sollte meinen, dass dieser allgegenwärtige Werkstoff bis ins Detail erforscht und beschrieben ist. Doch weit gefehlt! Für Physiker und Chemiker ist der transparente Stoff nach wie vor ein spannendes Forschungsfeld. Kaum einer kennt diesen Bereich besser als der renommierte Glasforscher Professor Helmut A. Schaeffer, der versucht, Ihnen mit seinem Beitrag (ab Seite 30) einen Einblick in die materialwissenschaftlichen Grundlagen zu vermitteln. Warum ist Glas durchsichtig? Warum zerbricht ein Glas, das ich fallen lasse, während das Glasfaserkabel auf Rollen gewickelt werden kann? Das sind nur einige Fragen, die auch unsere Besucher immer wieder stellen und auf die es leider keine einfache Antwort gibt.

Aber keine Sorge, allzu akademisch werden wir in diesem Magazin nicht. Schließlich ist Glas ja vor allem auch ein ästhetisches Material – da soll der Genuss beim Lesen nicht zu kurz kommen. Tauchen Sie ein und lassen Sie sich überraschen!

Herzlichst Ihr

Wolfgang M. Heckl
Generaldirektor



6
Bierflaschen waren Anfang des 20. Jahrhunderts noch als Eigentum der Brauerei gekennzeichnet.

12
Obsidian, ein natürliches Glas, entsteht in Vulkanen. In der Steinzeit nutzten Menschen Bruchstücke aus Obsidian als Werkzeug.



14
An einem eigenem Stand im Deutschen Museum zeigen Glasbläser ihre Kunst.



26
Feinste Glasfasern lassen sich sogar zu Kleidern weben. Die moderne Kommunikationstechnik nutzt Glasfaserkabel zum schnellen Transport von Nachrichten.



36
Glas in MikroMakro: Seit wann nutzen Menschen Glas? Wie werden Produkte aus Glas hergestellt? Wie entsteht ein Spiegel?



48
Seit Jahrhunderten haben nicht nur Ingenieure und Naturwissenschaftler zum technischen Fortschritt beigetragen. Auch Theologen und Priester waren höchst erfinderisch.



52
Die Miniaturisierung der elektrischen Uhr begann in den 1950er Jahren. Hier ein Quarz-Marinechronometer.



WERKSTOFF GLAS

- 6** **Luxusgut und Massenware**
Glas im Deutschen Museum | Von Margareta Benz-Zauner
- 12** **Gefrorene Blitze und Lava-Gläser**
Glasformationen in der Natur | Von Caroline Zörlein
- 14** **Die Glasstadt**
Lauscha in Thüringen | Von Beatrix Dargel
- 21** **Die Poesie der Transparenz**
Gläserne Kunstwerke | Von Christina Schroeter-Herrel
- 26** **Vom Engelshaar zum Nachrichtenkabel**
Über den Siegeszug der Glasfaser | Von Bernhard Franz
- 30** **Was ist Glas?**
Eine kleine Materialkunde | Von Helmut A. Schaeffer

MAGAZIN

- 40** **Mythos »Original«**
Der Experimentiertisch des Physikers Max von Laue | Von Michael Eckert
- 42** **Eine Arche Noah der Dinge**
Die Welt des Universalgelehrten Athanasius Kircher | Von Alexander Klein
- 48** **Geistliche mit Geistesblitzen**
Jacob Christian Schäffer und Claude Chappe | Von Eckart Roloff
- 52** **Strombetriebene Zeitmesser**
Von der elektrischen Großuhr bis zur Quarzarmbanduhr | Von Lucien F. Trueb

STANDARD

- 3** **Editorial**
- 36** **MikroMakro**
Die Seiten für junge Leser
- 57** **Deutsches Museum intern**
59 Neues aus dem Freundes- und Förderkreis
- 64** **Schlusspunkt**
- 66** **Vorschau, Impressum**



Der Quecksilberdampf-Gleichrichter für elektrische Leistungen bis 600 Volt, 500 Ampère und 300 Kilowatt ist ein zentrales Exponat in der Abteilung »Starkstrom« des Deutschen Museums. Er wurde 1936 von Apparatebauern des Spezialglasunternehmens Jenaer Glaswerk Schott & Gen. für die AEG hergestellt.

Luxusgut und Massenware

Glas in den verschiedensten Variationen gehörte von Anfang an zum Deutschen Museum. Gläserne Objekte sind in allen Abteilungen des Hauses präsent. Eine eigene Abteilung »Glastechnik« gibt es allerdings erst seit 1990. Von Margareta Benz-Zauner

Als ein Werkstoff, der für viele technische Anwendungen unverzichtbar ist, kommt Glas im Deutschen Museum überall vor, etwa als zentraler Bestandteil von optischen Instrumenten der Abteilung »Physik«, bei Geräten der Elektrotechnik, bei den Laborgefäßen in den Abteilungen »Chemie« und »Pharmazie«.

Die quantitativ umfangreichsten und historisch wohl auch bedeutendsten Glasbestände des Deutschen Museums finden sich da, wo die besonderen Eigenschaften des Werkstoffes zum Tragen kommen. Sie werden hier allerdings meist als Selbstverständlichkeit vorausgesetzt. Nur in Einzelfällen werden sie in diesen Abteilungen thematisiert, etwa in der Akademiesammlung bei den Glasprismen, mit denen Joseph von Fraunhofer erstmals die optischen Eigenschaften von Gläsern systematisch untersucht hat.

Die heutige Abteilung »Glastechnik«

Die Erklärung, warum sich dieser Werkstoff für so viele Anwendungen in Naturwissenschaft und Technik eignet, findet der Besucher in der Abteilung »Glastechnik« (Bereich »Spezialglas«). Das Konzept der Glasausstellung konzentriert sich jedoch auf eine andere Frage. Nämlich die nach der Herstellung von Glas, die wiederum unmittelbar mit der Frage nach der Formgebung verknüpft ist. Es geht in erster Linie also um die Entwicklung der Herstellungstechniken von Hohlglas und von Flachglas. Hier steht der Alltagsgebrauch von Glas im Vordergrund. Im täglichen Leben begegnet man Glas heute noch weit häufiger als in den technischen Anwendungen: in Trinkgläsern, Flaschen und Konservenbehältern, in den Fenstern unserer Wohnräume, den Glasfasaden moderner Bürogebäude, den Windschutzscheiben von Kraftfahrzeugen – und man nimmt es in diesen Funktionen oft nicht einmal wahr, schließlich will man hindurchschauen und interessiert sich in der Regel für das, was dahinter zu sehen ist oder sich im Glas befindet.

Herstellung von Hohlglas

Bei der Allgegenwart des unscheinbaren durchsichtigen Materials ist aber auch klar, dass es sich bei gläsernen Gegenständen des Alltags um Massenprodukte handelt, vielfach sogar um Wegwerfartikel, die – angesichts überquellender Glascontainer – im Übermaß vorhanden zu sein scheinen.



Pfand-Bierflaschen. Rechts eine Flasche der Brauerei Volbracht Anfang des 20. Jahrhunderts: Mit dem aufgeprägten Schriftzug reklamierte die Brauerei die Flasche unmissverständlich als ihr »Eigentum«, legte also offensichtlich großen Wert darauf, dass sie wieder zurückgebracht wurde, um neu befüllt zu werden. Heute sind die Flaschen genormt und werden von verschiedenen Brauereien befüllt. Im Pfandsystem kommt aber noch zum Ausdruck, dass der Verbraucher nur den Inhalt einer Mehrwegflasche und nicht diese selbst erwirbt.

Indem die Ausstellung den Weg von der handwerklichen zur industriellen Herstellung nachzeichnet, erklärt sie, wie die hohen Stückzahlen der kostengünstigen Massenfertigung zustande kommen. Im Bereich »Hohlglas« wird diese Entwicklung durch die historische Reihe von Flaschenblasmaschinen dargestellt, die seit Anfang des 20. Jahrhunderts in der Automatisierung des handwerklichen Prozesses die Produktion schrittweise von vier Flaschen pro Minute auf mehr als das Hundertfache beschleunigt haben und weitere Steigerungen der Produktivität nur noch durch die Einsparung von Material erreichen können: mit den seit den 1970er Jahren hergestellten leichtgewichtigen Einwegflaschen.



Heutige Einweg-Bierflasche: Gegenüber den Pfandflaschen, die mit dicker Wandstärke und entsprechendem Gewicht rund 50 Transportzyklen (von der Brauerei zum Verbraucher und wieder zurück zur Neubefüllung) überdauern, sind Einwegflaschen leichtgewichtig. Zu ihrer Herstellung wurde das Press-Blas-Verfahren entwickelt (im Unterschied zum bis dahin üblichen Blas-Blas-Verfahren). Die Vorform wird nicht geblasen, sondern gepresst. Die dadurch erzielte größere Gleichmäßigkeit der Wandstärke erlaubt es, beim Fertigblasen sehr dünnwandige Flaschen herzustellen. Das spart Material und somit auch Energiekosten, die Flaschen sind damit jedoch zum buchstäblich zum Wegwerfprodukt geworden.



Zur Herstellung von Fensterglas bliesen Glasmacher früher zunächst große, bis zu 25 Kilogramm schwere Hohlformen aus. Nach dem Erkalten wurden die Endkappen abgesprengt und die Zylinderwand der Länge nach aufgeschnitten. Durch erneutes Erwärmen wurde die Zylinderwand weich und ließ sich zur rechteckigen Fläche ausbreiten.

Herstellung von Flachglas

Die Industrialisierung der Flachglasherstellung verlief weniger geradlinig, denn die handwerkliche Fertigung von flachen Fensterscheiben ist umständlich. Sie erfolgt über den Umweg einer geblasenen Hohlform, aus der erst im nächsten Schritt die flache Form gewonnen wird. Fensterscheiben waren bis in die ersten Jahrzehnte des 20. Jahrhunderts entsprechend klein und dennoch teuer. Eine kostengünstige Massenfertigung von Fensterscheiben war in der Mechanisierung des handwerklichen Verfahrens nicht möglich, denn es erlaubte weder eine nennenswerte Vergrößerung der Scheibenformate noch eine wesentliche Beschleunigung des zeitlich versetzten Produktionsprozesses. Erst die Abkehr vom Vorbild des handwerklichen Verfahrens eröffnete den Weg zu den entscheidenden Erfindungen. Seit den 1920er Jahren wurde Fensterglas nach dem Fourcault'schen Ziehverfahren in einem kontinuierlichen Prozess als flaches Band direkt aus der Schmelze geformt. Die eigentliche Revolution des 20. Jahrhunderts war jedoch das Floatverfahren, das in den 1950er Jahren entwickelt wurde. Dabei fließt die Glasschmelze in ein

Bad aus flüssigem Zinn, breitet sich dort wegen seiner spezifischen Dichte – ähnlich wie Öl auf Wasser – gleichmäßig aus und wird, vom »kalten Ende« aus gezogen, zum unendlichen Band geformt. Eine Anlage produziert auf diese Weise täglich bis zu 10 Kilometer Flachglas (jeweils 6 Meter lange Tafeln bei einer Normbreite von 3,21 Metern).

Da Floatglas, im Unterschied zum Fourcault'schen Ziehglas, vollkommen eben und verzerrungsfrei ist, eignet es sich auch für alle Anwendungen, die Spiegelglasqualität erfordern, z. B. für Windschutzscheiben von Kraftfahrzeugen. Solche besonders anspruchsvollen Flachgläser mussten bis dahin in aufwendigen Schleif- und Poliervorgängen »veredelt« werden und waren daher wesentlich teurer als »normales« Fensterglas. Mit dem Floatverfahren verbilligten sich die Automobilverglasungen, die im Lauf des 20. Jahrhunderts zunehmende Bedeutung in der Gesamtproduktion von Flachglas erlangt hatten, schlagartig. Das Floatglasverfahren setzte sich seit den 1960er Jahren schnell durch, heute werden 95 Prozent des Flachglases im Floatverfahren hergestellt. Die heutige Architektur wäre ohne dieses Verfahren wohl nicht denkbar,



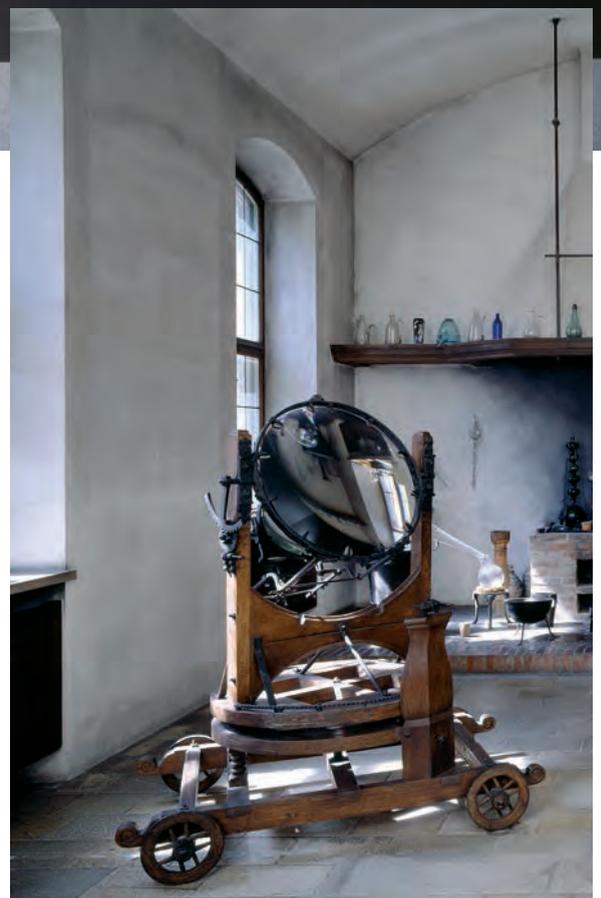
ebenso wenig die Schnelligkeit, mit der sich in jüngster Zeit das Gesicht unserer Städte und das Design der Kraftfahrzeuge verändern.

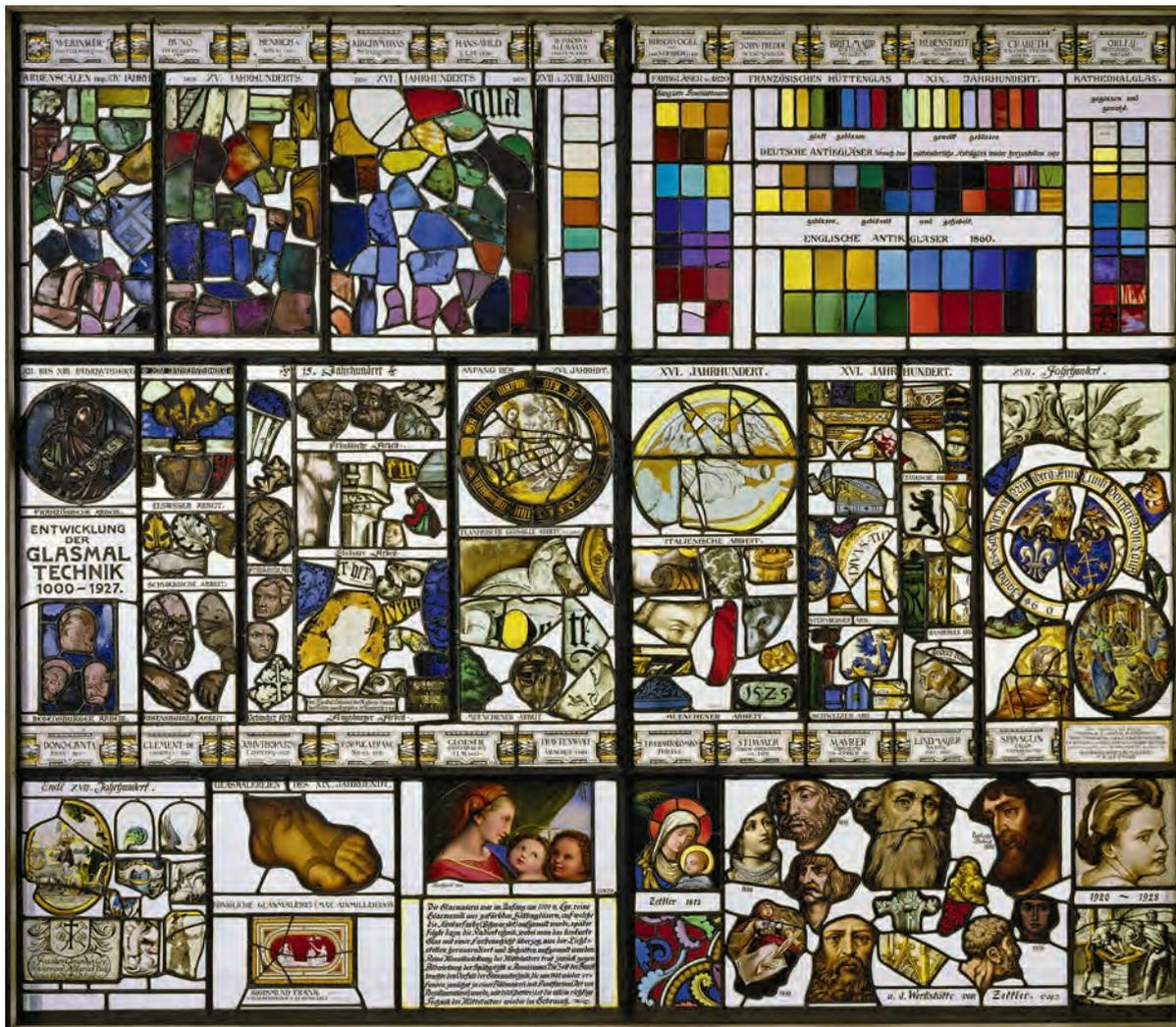
Schwerpunkte früherer Glasausstellungen

Mit dem Ansatz, Glas und seine Herstellung vom Alltagsbrauch aus zu thematisieren, orientiert sich das Deutsche Museum an der gesellschaftlichen Bedeutung dieses Werkstoffes. Das gilt nicht nur für die heutige Glasabteilung, sondern trifft auch auf die älteren Ausstellungen zu, die das Material Glas thematisiert haben. Sie fanden sich unter dem Dach von verschiedenen Abteilungen, standen damit in jeweils anderen Zusammenhängen und setzten andere Schwerpunkte. In den unterschiedlichen Gewichtungen spiegelt sich ein geradezu diametraler Wandel in der Wertschätzung von gläsernen Gegenständen: vom kostbaren Luxusgut zum Alltagsgegenstand bis hin zum kurzlebigen Massenprodukt – dessen Material indessen so langlebig ist, dass es beliebig oft ohne Qualitätsverluste recycelt werden kann.

Beim heute üblichen Floatglasverfahren fließt die Glasschmelze kontinuierlich auf flüssiges Zinn, breitet sich dort aus und wird vom Kühl-ofen aus als unendliches flaches Band gezogen. Die Oberflächen sind vollkommen eben und glatt, so dass die Scheiben verzerrungsfreie Spiegelglasqualität besitzen.

Bild rechts: Eine Tschirnhaus-Brennlinse dominierte den Nachbau eines chemischen Laboratoriums aus der Zeit Lavoisiers in der alten Abteilung »Chemie«.





Eine einzigartige Lehrtafel der Kunstgeschichte ist dieses Glasmalerei-Tableau, das 1906 von der Glasmalereiwerkstatt Zettler aus originalen Scherben historischer Glasfenster für das Deutsche Museum zusammengestellt und 1928 ergänzt wurde.

Nirgends sonst kann man die Stile der verschiedenen Epochen so direkt miteinander vergleichen.

Glas als Material der Malerei

In den ersten Ausstellungen, die das Deutsche Museum 1906 »provisorisch« in der Maximilianstraße zeigte (in den Räumen des heutigen Völkerkundemuseums), präsentierte es Glas als Material der Kunst. Die Abteilung »Reproduktionstechniken« (Vorläufer der heutigen Abteilung »Drucktechnik«) begann damals mit dem Thema »Malerei« und ging dabei ausführlich auf die Glasmalerei in Form von farbigen Glasfenstern ein. Prunkstück der Ausstellung war ein großes Tableau zur Geschichte dieser Kunst. Es bestand aus originalen Fragmenten, die Sammler dem Deutschen Museum gestiftet hatten und die von der Münchner Glasmalereiwerkstatt Zettler (der heutigen F. X. Mayer’schen Hofkunstanstalt) so zusammengefügt worden waren, dass sie die Entwicklung vom 11. bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts zeigten. Eine einzigartige Lehrtafel, an der die Techniken der verschiedenen Epochen im unmittelbaren Vergleich studiert werden können.

Glas als Material zum Bauen

Im 1925 auf der Isarinsel neu errichteten Museumsgebäude gab es in der Abteilung »Baumaterialien« (heute das Fachgebiet »Bauwesen«) einen Raum »Glas«. Seine Decke

war mit Glasmosaiken nach Entwürfen César Kleins geschmückt, der Boden besaß einen Belag aus Glasbausteinen. Auch das Glasmalerei-Tableau von 1906 kam wieder zum Einsatz. Es war deshalb passgenau (auf das jetzige Format von zwei auf drei Meter) umgearbeitet und von der Zettler’schen Werkstatt um ein Feld zur jüngsten Vergangenheit der Glasmalerei ergänzt worden. Glas als Material der Kunst spielte in dieser Ausstellung also immer noch eine wichtige Rolle.

In dem Raum, der Glas als Baumaterial thematisierte, zeigte man das Fenster zur Glaskunstgeschichte jedoch zusammen mit Beispielen für »normale« Fenster, die von den Berliner Glasmalerei- und Mosaikwerkstätten Puhl und Wagner und ihrer Münchner Filiale in unterschiedlichen Ausführungen – als Butzenscheiben und als Zylinderglas mit farbigen Dekorvarianten und verschiedenen Rahmungen – zusammengestellt wurden. Es ist gewiss kein Zufall, dass in den 1920er Jahren die Anwendungen von Glas in der Architektur in den Vordergrund rückten. Es ist die Zeit, in der sich das Fourcault’sche Ziehverfahren für Fensterglas durchsetzte, ebenso wie die Zeit des Bauhauses (1919 gegründet), das lichtdurchflutete Räume, Transparenz und Klarheit propagierte (siehe Abb. Seite 11 oben links).



DIE AUTORIN

Dr. Margareta Benz-Zauner
ist Kuratorin der Abteilung »Glastechnik« im Deutschen Museum.



Glas in der Chemie

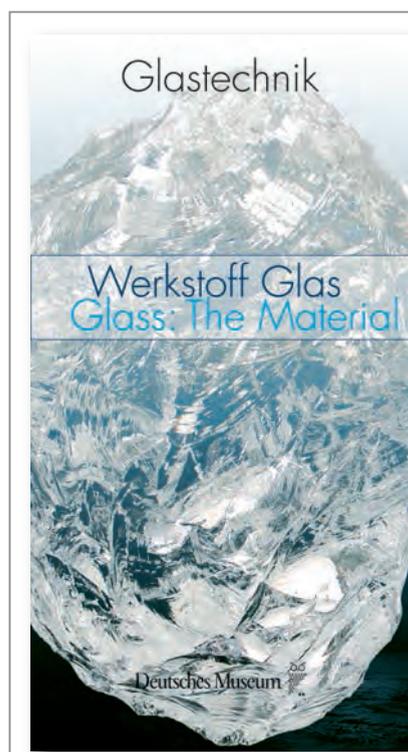
In den 1950er Jahren wurde in den Räumen der Abteilung »Baumaterialien«, die nach dem Zweiten Weltkrieg nicht wiederhergestellt wurde, die Abteilung »Chemische Technologie« eingerichtet. Nun stellte das Deutsche Museum Glas in den Zusammenhang der Chemie, die in der Zeit des Wiederaufbaus eine tragende Säule des »Wirtschaftswunders« war. In dieser Zeit modernen Bauens und zunehmender Automobilisierung wuchs die Nachfrage nach Fachglas in verzerrungsfreier Spiegelglasqualität, deren Herstellung damals immer noch mehrere zeitintensive Veredelungsschritte erforderte. Erst 1959 gelang die anlagentechnische Umsetzung des 1952 erfundenen Floatglasverfahrens, genau im Jahr der Eröffnung der Glasausstellung, die daher die einzelnen Stufen des aufwendigen Prozesses noch ausführlich darstellte: sowohl mit Modellen zu den historischen Verfahren als auch mit einem eindrucksvollen Triptychon, das Günter B. Voglsamer nach Fotos von der zeitgenössischen Spiegelglasfertigung im Glad-

Bild links: Der 1928 eröffnete Raum Glas in der Abteilung »Baumaterialien« mit der Fensterfront (rechts), in der die Herstellung von Flachglas nach dem Mondglas- und dem Zylinderglasverfahren dargestellt war.

Bild rechts: Bis zur Erfindung des Floatglasverfahrens war es sehr aufwendig, Glas in Spiegelglasqualität herzustellen. Die Ausstellung von 1959 machte mit Modellen und einem Gemälde-Triptychon von Günter B. Voglsamer die Abfolge der einzelnen Schritte nachvollziehbar.



becker Flachglaswerk gemalt hat. So schön diese Gemälde und die anderen Beispiele aus den früheren Ausstellungen auch sind, in der heutigen Ausstellung haben sie keinen Platz gefunden. Das mag man bedauern, gemessen am Grundsatz des Deutschen Museums, den Besucher und seinen Gebrauch des Werkstoffs in den Blick zu nehmen, ist es aber konsequent. Die dargestellten Themen spielen keine Rolle mehr für sein Leben, sie sind mittlerweile historisch. Und mit den großen Formaten, die diesen Objekten zu ihrer Zeit zugemessen worden waren, hätten sie bei einer Einreihung in die technischen Entwicklungsschritte falsche Gewichtungen gesetzt. Gleichwohl bleiben sie aufschlussreich, wenn man nach dem Wandel der gesellschaftlichen Bedeutung von Glas fragt. Sie sind somit höchst interessante Forschungsgegenstände und bilden darüber hinaus Bezugsgrößen, wenn es gilt, die Schwerpunkte für künftige Ausstellungen zu fassen. ■■



Neuerscheinung

Band 1 der Reihe *Glastechnik im Deutschen Museum* ist erschienen. Damit ist die Neuauflage des Ausstellungsführers komplett, die sich auf die vier ersten Bände der Reihe erstreckt und die Gelegenheit nutzt, die Inhalte der Ausstellung sowohl zu aktualisieren als auch umfassender zu behandeln. Der erste Band bezieht sich auf den Bereich »Werkstoff Glas« der Abteilung Glastechnik, der im Rundgang durch die Ausstellung den Auftakt bildet. Mit der physikalisch-chemischen Erklärung der Struktur von Glas, den werkstoffwissenschaftlichen Ausführungen seiner Eigenschaften und den verfahrenstechnischen Besonderheiten der Glasherstellung ist das Buch zum Einführungsbereich der Ausstellung der grundlegende Band der Reihe.

Herausgegeben von Helmut A. Schaeffer, Roland Langfeld und Margareta Benz-Zauner mit Beiträgen von Reinhard Conradt, Gerhard Heide, Klaus Heide, Roland Langfeld, Thomas Lentes, Martin Letz, Reiner Mackh, Thomas Pfeiffer, Helmut A. Schaeffer, Christina Schroeter-Herrel, James R. Varner, Karl Zirkelbach

zweisprachig deutsch / englisch, Verkaufspreis 16 Euro

Gefrorene Blitze und Lava-Gläser

Gläserne Strukturen entstehen durch das Zusammenspiel von großer Hitze und plötzlicher Kälte. Voraussetzungen, die auch in der Natur existieren. Bei Vulkanausbrüchen, Blitz- oder Meteoriteneinschlägen bilden sich vielfältige Glasformationen. Von Caroline Zörlein

Ob Weinkaraffen, Fensterscheiben oder Brillengläser – sie bestehen aus durchsichtigem Glas. Das ist meist einer der ersten Gedanken an den zerbrechlichen, aber unglaublich harten Werkstoff: seine Transparenz. Dabei kann Glas durch den Zusatz von verschiedenen Mineralien alle möglichen Farben annehmen. In der Natur gibt es sogar pechschwarze Verwandte, sogenannte Obsidiane, die beispielsweise vulkanischen Ursprungs sind.

Das Grundrezept für Gläser ist vergleichsweise einfach: Man benötigt Sand oder Gestein, sehr hohe Temperaturen und eine schockartige Abkühlung. Diese Voraussetzungen können durch unterschiedliche Ereignisse entstehen: Vulkanaktivität, Meteoriten- oder Blitzeinschläge. Genau wie die künstlich hergestellten haben auch die natürlichen Gläser den typischen amorphen Aufbau. Er kommt dadurch zustande, dass die Minerale des Gesteins in der kurzen Zeit zwischen Schmelze und Abkühlung keine Zeit haben, auszukristallisieren. Es bildet sich eine erkaltete Flüssigkeit mit einer Nahordnung, aber keiner Fernordnung. Je nach chemischer Zusammensetzung des Gesteins variiert auch die Farbgebung der natürlichen Gläser.

Obsidiane entstehen in Vulkanen: Geschmolzenes Gestein aus unterschiedlichen Bereichen des Erdinnern wird an die Oberfläche befördert. Saure Lava, die reich an Kieselsäure ist und aus Bereichen der ansonsten festen Erdkruste stammt, erstarrt relativ schnell an der Erdoberfläche. Die Farbe des dabei entstehenden, natürlichen Glases hängt vor allem von den zusätzlichen Mineralien und den Oxidationszuständen der Metalle ab. Obwohl der Gehalt an farbloser Kieselsäure relativ hoch ist, sind Obsidiane meist schwarz, grau, dunkelgrün oder -braun gefärbt, teilweise auch rötlich. Der Grund



Geboren in Vulkanen: Obsidiane bilden sich, wenn geschmolzenes Gestein extrem schnell wieder abkühlt.



DIE AUTORIN

Dr. Caroline Zörlein ist Chemikerin und arbeitet als Wissenschaftsjournalistin in München.

sind fein verteilte Hämatit- oder Magnetitminerale, also eisenhaltige Verbindungen. Im Gegensatz dazu sind die ebenfalls kieselsäurereichen Granite eher helle Gesteine.

Obsidian war bereits bei den Steinzeitmenschen ein begehrtes Material, das sich gut zur Herstellung von Werkzeugen wie scharfen Messern und Pfeilspitzen eignete. Zudem sind zahlreiche Beispiele kultischer Verwendungen oder als Schmuck bekannt.

Weil amorphe Substanzen, wie auch Obsidiane, einen energetisch günstigeren kristallinen Zustand anstreben, beobachtet man bei älterem Gesteinsglas die sogenannte Entglasung: Dabei kristallisieren im Innern des Glases fein verästelte Kristalle (Mikrolithe) oder radialstrahlige Kristalle, die Sphärolithe, aus. Dadurch entstehen auf der schwarzen Oberfläche besonders interessante Zeichnungen, die an Schneeflocken erinnern.

Gekochte Lava

Ein weiteres natürliches Glas vulkanischen Ursprungs ist Bimsstein – auch wenn es auf den ersten Blick ganz anders aussieht. Bimsstein ist ein helles, aus kieselsäure- und gasreicher Lava schaumig erstarrtes Gesteinsglas. Er bildet sich, wenn die zähflüssige Lava mit ihren eingeschlossenen Gasen an die Erdoberfläche gelangt. Dabei fällt der Druck plötzlich ab, die Lava »kocht« sozusagen auf und erstarrt dann sehr schnell. Der erkaltete Bimsstein ist eine Art poröses Glas.

Hohe Temperaturen, die Gesteine zum Schmelzen bringen, entstehen auch durch Meteoriteneinschläge. Man unterscheidet Impaktgläser, die am Ort des Einschlags gefunden werden, und Tektite. Diese einige Zentimeter großen Glasstücke bilden sich ebenfalls beim Auftreffen großer Meteorite



Das milchig-gelbe Wüstenglas wurde schon vor Tausenden von Jahren gerne als Schmuckstein eingesetzt. Das Glas besitzt einen hohen Quarzanteil und bildete sich wahrscheinlich durch einen Meteoriteneinschlag.



In der Vergangenheit wurden Bruchstücke aus schwarzem Obsidianglas oft als Pfeilspitzen oder Messerklingen verwendet.

auf der Erde. Das geschmolzene irdische Gestein wird jedoch bis zu einige Hundert Kilometer weggeschleudert. Auch bei der Entstehung des Nördlinger Ries, das vor 15 Millionen Jahren durch einen kilometergroßen Meteoriten verursacht wurde, ging ein »Glasregen« größtenteils über dem heutigen Tschechien nieder. Die dort gefundenen Tektite sind grüne bis bräunliche Glasstücke.

Ein Skarabäus aus Wüstenglas

Auch das milchig-gelbe bis fast farblose Libysche Wüstenglas entstand mit hoher Wahrscheinlichkeit durch einen Meteoriteneinschlag. Es ist aufgrund des hohen Quarzanteils von 98 Prozent transparenter als andere natürliche Gläser. Dieses Glas wurde bereits früh von Menschen gesammelt, bearbeitet und als scharfe Klingen und Faustkeile verwendet. Im alten Ägypten galt das Wüstenglas als sehr wertvoll – es findet sich beispielsweise, geformt als Skarabäus, auch auf einem Tutanchamun-Pektoral.

Und es gibt noch eine weitere Geburtsstätte für Glas: Blitzeinschläge. Jeden Tag gehen Millionen Blitze auf der Erde nieder – jeder mehrere Tausend Grad Celsius heiß. Zwar schlagen nicht alle bis zum Boden durch, aber wenn ein Blitz zufällig auf Sand trifft, entstehen interessante Gebilde: Bei den hohen Temperaturen schmelzen die Körner sehr schnell und erkalten rasch. Weil der Blitz seine Form gewissermaßen beibehält, entstehen hohle Röhren, die oftmals auch verzweigt sind. Entlang des Einschlagkanals des Blitzes bildet sich Glas. Diese Blitzröhren heißen Fulgurite – nach dem lateinischen Wort *fulgur* für Blitz. Sie weisen Durchmesser von etwa zwei Zentimetern auf und können mit Gabelungen sogar mehrere Meter lang werden. Die Farbe der Fulgurite hängt stark von der Zusammensetzung der Böden ab und reicht von Schwarz über Grün bis Weiß. Das Röhreninnere ist meist sehr glatt mit feinen Bläschen, während die Außenseite eher raue Strukturen besitzt. Auch wenn diese Glasart weniger nützlich ist als die Vulkan- und Meteoritengläser, so zeigt sie doch die vielfältigen Ursprünge der Naturgläser. ■■



Die Sandröhren sind innen hohl und glasartig. Solche Fulgurite entstehen, wenn Blitze in sandhaltige Böden einschlagen.

Zum Thema

www.comphys.ethz.ch/mediawiki/index.php/Nat%C3%BCrliches_Glas

Dorfmühle („Durfmühl“)



Hier befindet sich eines der drei ältesten, noch existierenden Häuser Lauscha's. Herzog Johann Casimir von Sachsen-Coburg erteilte 1601 die Genehmigung für den Bau einer Mahlmühle.

In der Dorfmühle wurden mit der Kraft des Wassers aus dem Lauscha-Bach Rohstoffe für die Dorfglashütte und später auch Mehl für die Lauschaer Bevölkerung gemahlen. Außerdem war sie zeitweise auch Schneidemühle. Eigens dafür war an der Rückseite des Hauses ein etwa 150 m langer Mühlgraben angelegt. Die Mühle war mehrfach verpachtet und wurde später endgültig durch die Lauschaer Glasmeister verkauft. Seit 1867 befindet sie sich im Besitz der Familien und Nachfahren des „altn Elis“ (Karl Friedrich Elias Böhm), des Jakob Böhm, des „Mühl'n's Karl (Karl Böhm), und des „Mühl'n's Ernst“ (Ernst Bätz) und wurde bis 1960 als Bäckerei und Konditorei geführt.

Lauscha

Links: Hinweistafel mit historischem Foto am Haus der ehemaligen Dorfmühle.

Rechts: Vom Fenster des Museums für Glaskunst aus sind die typischen Häuser aus schwarz-grauem Schiefer zu sehen.

Die Glasstadt

Fadendekor und Farbmontagen, Neonleuchtschriften, Liebigkühler oder Glasaugen, Schreibfedern oder Perlen. Glas in all seiner Vielfalt. Glasbläser aus Lauscha in Thüringen geben am Glasbläserstand des Deutschen Museums vor den Augen der Besucher einen Einblick in diese jahrhundertealte Handwerkskunst. Von Beatrix Dargel



Zweimal täglich findet im Deutschen Museum das Schauglasblasen am Glasbläserstand statt. Man kann den Glasbläser bei der Arbeit beobachten, Fragen stellen und die ausgestellten Glas Kunstwerke kaufen.



Verbindungen zwischen dem Deutschen Museum und dem traditionsreichen Glasbläserstädtchen Lauscha gibt es seit langem. In einer Festschrift von 1935 zum 100-jährigen Jubiläum der Firma Ludwig Müller-Uri aus Lauscha in Thüringen, der »ersten und ältesten Anstalt Deutschlands für künstliche Menschaugen«, findet sich schon ein Verweis auf das Deutsche Museum in München: »So blühte das Unternehmen rasch auf, zumal die Kunstfertigkeit der Meister sehr vielseitig war, an kunstvollen Pokalen, Humpen, Römern und Fadenstengelgläsern in wundervollen Ausführungen. Man kann heute noch derartige Kunsterzeugnisse aus Lauscha im Deutschen Museum in München, Berlin, Coburg, Prag und im Britischen Museum in London bewundern, und staunend muß man anerkennen, welche künstlerische Produkte die damalige Zeit schon herausbrachte.«

Bewundern lassen sich auch heute, im Jahr 2012, kunstfertige Glasprodukte, die vor den Augen der Besucher aus aller Welt am Glasbläserstand auf der Museumsinsel entstehen. Im Deutschen Museum wird Glasbläserei vor der Lampe demonstriert, eine der beiden klassischen Arbeitstechniken handwerklicher Glasherstellung. Der Glasbläser verarbeitet Rohre oder Stäbe vor einem auf dem Tisch befestigten Brenner, der sogenannten Glasbläserlampe. Ein typisches handwerkliches Produkt, das man vor der Lampe herstellen kann, ist eine Glasschreibfeder.

Gläserne Schreibfedern und Hohlglasgefäße

Schreibfedern aus Glas wurden in Thüringen in kleinen Manufakturen hergestellt. Ältere Museumsbesucher kennen das Schreiben mit Glasfedern möglicherweise von früher her, als Mangel an Metallfedern bestand. Glasbläser Frank Liebmann ist von der besonderen Qualität dieses Schreibgeräts überzeugt: »Eine Glasschreibfeder ist ein faszinierender Artikel, das merkt man auch an der Resonanz der Besucher. Der filigrane Glasstift wirkt ästhetisch, lässt sich angenehm anfassen und der Stift schreibt auch wirklich.« Die Spitze der Glasfeder wird aus einem Glasstab mit Längsrillen gefertigt, in denen die Tinte aufgrund der Kapillarwirkung haftet. Ein solcher Glasstab kann nur von Hand gezogen werden. Der Glasmacher staucht einen etwa fußballgroßen Posten geschmolzenen Glases in eine Form, den sogenannten Stern. Diese Form

Die gläsernen Schreibfedern sind ein beliebtes Mitbringsel vom Glasbläserstand. Es schreibt sich gut mit so einer Schreibfeder! Tinte gibt es auch zu kaufen, sogar in einem feinen Tintenglas vom Glasbläser.

Weitere Informationen

Museum für Glaskunst Lauscha
Oberlandstraße 10
98724 Lauscha
Öffnungszeiten:
Dienstag bis Sonntag
11.00 – 16.00 Uhr
www.glasmuseum.lauscha.de

Farbglashütte Lauscha
www.farbglashuette.de

Glaszentrum Lauscha
www.glaszentrum-lauscha.de

Lauscha – Zentrum der
Thüringer Glaskunst
www.lauscha.de

Täglich 11.30 und 14.00 Uhr
finden Vorführungen am
Glasbläserstand des Deutschen
Museums statt. Die Termine
für Sondervorführungen finden
Sie im Dreimonatsprogramm
oder unter:
www.deutsches-museum.de

ist innen gezackt, so erhält der Glaskörper an seiner Außenseite die Rillen. Nach nochmaligem Aufwärmen im Glasofen wird der Posten von zwei Glasmachern allmählich in die Länge gezogen, nicht selten über eine Strecke von mehr als 20 Metern, je nach Größe des Postens. Dabei bleiben die Rillen erhalten. Nach dem Erkalten werden die Stäbe auf etwa einen Meter Länge geschnitten und dienen als Rohmaterial für die Federspitze.

Beim Verarbeiten und Verschmelzen von Glasrohren und Stäben spielt es durchaus eine Rolle, aus welcher Glashütte das Ursprungsmaterial stammt. Zum einen wegen der unterschiedlichen Verarbeitungstemperatur und Härtezeit (man spricht von »kurzen« und »langen« Gläsern), auf die sich der Glasbläser bei der Arbeit vor der Lampe einstellen muss. Außerdem haben die Gläser aus verschiedenen Glashütten in der Regel auch unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten und können dann nicht miteinander verschmolzen werden. Selbst bei vorsichtigem Abkühlen würde das Glas unweigerlich platzen, weil sich eine Glassorte stärker als die andere zusammenziehen würde.

Beim Schauglasblasen versteht es Frank Liebmann, große und kleine Besucher in den Bann dieser jahrhundertealten Handwerkstechnik zu ziehen. Fesselnd erzählt er vom Glas. Die Zuschauer lernen diesen alltäglichen Werkstoff von einer ganz anderen Seite kennen.

Glasbläser und Glasmacher

Frank Liebmann aus dem thüringischen Lauscha ist regelmäßig im Deutschen Museum, um seine Kunst zu zeigen. Nun schickte mich die Redaktion in die Heimat der Glasblä-

Der Bahnhof in Lauscha im Frühjahr 2012. An einem Feiertag um die Mittagszeit ist hier nicht viel los. Eine Zugverbindung nach Lauscha gibt es seit dem Jahr 1886. In den Jahren von 1912 bis 1914 wurde das Bahnhofsgebäude gebaut, das derzeit renoviert wird.



serfamilie Liebmann: in die Stadt Lauscha im Thüringer Schiefergebirge mit seinen dichten Nadelwäldern und den tiefen Tälern. Der Thüringer Wald und Lauscha zählen in Mitteleuropa zu den bedeutendsten Zentren für Glas. Bis in das 12. Jahrhundert reicht die Glasherstellung zurück. Lauscha ist weit über die Grenzen Thüringens und Deutschlands hinaus als ein Zentrum des Glashandwerks bekannt. Christbaumkugeln, Schmuck, Trinkgläser und hochwertige Glasaugen werden hier auch heute noch hergestellt. Mit dem Zug komme ich in dem kleinen Städtchen an. Es ist neblig, der Frühling lässt sich Zeit – und die alten Häuser wirken im trüben Licht noch etwas grauer. Eine gläserne Klinke öffnet die Tür zum Museum für Glaskunst.

Perlen und Glasaugen, Christbaumschmuck und unterschiedliche Trinkgläser sind hier zu sehen. Ein Raum zeigt eine historische Lampenglasbläse. Das vor 250 Jahren entwickelte Verfahren ist auch heute noch gebräuchlich in der Glasbläse. Auf einer Texttafel lese ich: »In der Glashütte werden Röhren (hohl) und Stäbe (massiv) aus Glas gezogen. Dieses vorgefertigte Material erhitzen die Glasbläser an einem Arbeitstisch mit Hilfe eines Gasgebläsebrenners. In früheren Zeiten handelte es sich dabei um eine Öllampe, daher der Name. Sie bringen das Glas in einen zähflüssigen Zustand. Das Glas kann nun in der Flamme entweder frei geblasen und geformt oder in kleine Negativformen, die Modeln, eingblasen werden.«

Das kleine Museum zeigt Thüringer Glas in seiner ganzen Vielfalt, von der Vergangenheit bis zur Gegenwart. Die Ausstellungen dokumentieren die Entwicklung des Handwerks ebenso wie das unterschiedliche Kunstverständnis der Jahrhunderte. Neben mundgeblasenen Kostbarkeiten sind Gläser und Gefäße mit starker Wandung zu sehen, die im Ofen geschmolzen wurden. Eine thüringische Spezialität ist das »Waldglas«, das im Mittelalter als Urtyp des »Thüringer Glases« aus den einheimischen Rohstoffen Sand, Kalk und Holzasche geschaffen wurde. Eisenoxid im Sand sorgt für die typische Grünfärbung. Auch heute sind Glaswaren aus Waldglas beliebt.

Entwicklung der Lampenglastechnik

Tag und Nacht musste der Ofen mit der Glasschmelze früher mit Holz befeuert werden. Wäre er nachts ausgegangen, hätte



Die historische Aufnahme vom 6. August 1914 zeigt den Bahnhof in Lauscha bei der Einweihung der Bahnstrecke Lauscha-Ernstthal. Ein Ereignis, das sich die Lauschaer nicht entgehen ließen.



Das Waldglas in der typischen Grünfärbung mit den eingeschlossenen Luftbläschen, früher ein Glas für arme Leute, ist heute eine begehrte Rarität.

man am nächsten Tag einen festen Glasblock vorgefunden, der nicht wieder weich geworden wäre. Man überlegte daher, die gerade zu bearbeitende Glasmenge mit einer kleineren Energiequelle zu erhitzen. Eine Öllampe brachte die Wärmeenergie direkt an den Arbeitstisch. Der Glasbläser saß mit einem gebogenen Metallrohr im Mund vor der Lampe und pustete Luft auf die Flamme. Durch den zusätzlichen Sauerstoff wurde die Arbeitstemperatur der Flamme erhöht. Mit dieser einfachen Methode begannen einige Glasbläser zu experimentieren. Sie schmolzen zum Beispiel ganz kleine Glasperlen. Später befestigte man unter dem Tisch einen fußbetriebenen Blasebalg aus Leder. Damit stand ein stärkerer und gleichmäßigerer Luftstrom zur Verfügung, der nun größere Werkstücke gestattete. Heute arbeitet der Glasbläser mit Sauerstoff aus Druckflaschen und kann dadurch die Wärmeentwicklung genauer steuern.

Die Temperatur der Flamme bestimmt die Oberflächenspannung des flüssigen Glases. Zu einem großen Teil besteht die Handwerkskunst des Glasbläfers darin, die entscheidenden Bereiche seines Werkstücks genau so weit zu verflüssigen, dass die Oberflächenspannung das Glas in die gewünschte Form zwingt.

Im Vergleich zur Lampenglastechnik ist die Arbeit direkt vor dem Glasofen die historisch ältere Arbeitstechnik. Der Arbeiter, der mit der Stahlpfeife am Glasofen arbeitet, wird als Glasmacher bezeichnet. Das Glas für sein Werkstück entnimmt er dem »Hafen« – ein temperaturfestes Gefäß aus Keramik, das sich monatelang in der Hitze des Glasofens befindet und die Glasschmelze bereithält. An der Farbglashütte Lauscha, dem ehemaligen Zentrum der Glasverarbeitung in Lauscha, ist so ein alter Hafen aufgestellt: 150 Kilogramm wiegt er und hat vier Monate lang Tag für Tag 1500 Grad Celsius Hitze ausgehalten.

Wie entsteht ein Glasrohr?

Basis vieler Glasprodukte sind Glasstäbe. Der Glasmacher in der Glashütte entnimmt dazu mit seiner Glasmacherpfeife, einem Stahlrohr mit Mundstück, geschmolzenes Glas aus dem Hafen. Ein zweiter Glasmacher kommt dazu, setzt vom anderen Ende mit der Pfeife an dem zähflüssigen Glastropfen an. Jetzt laufen beide Glasmacher unter ständigem Drehen des langsam abkühlenden Glasstranges rückwärts auseinander, wobei nur einer von ihnen bläst und dadurch ein Glasrohr mit möglichst gleichmäßiger Wandung erzeugt. Die ursprüngliche Glaskugel wird dabei über eine Strecke von 30 bis 40 Metern gestreckt. Teilweise wurden von Glasmachern Rohrzüge von mehr als 80 Metern realisiert.

Durch langes Ausziehen entsteht das Ausgangsmaterial, das der Glasbläser später weiterverarbeiten kann, zum Beispiel vor der Lampe der Schauwerkstatt. Glasrohre zur Bearbeitung beim Glasbläser werden heute allerdings fast ausschließlich maschinell gezogen, dabei entstehen akkurat profilierte Glasrohre aus verschiedenen Glasmischungen und in allen Stärken. Die maschinelle Herstellung lohnt jedoch nur bei größerer Stückzahl.

Glaskugeln aus Lauscha für die Welt

Christbaumschmuck ist ein Hauptgeschäft der Glasbläser aus Lauscha. Im Museum für Glaskunst ist zum Ursprung des Baumschmucks auf einer Tafel zu lesen: »Wie alles begann... Es war wohl ein armer Glasbläser, der es sich nicht leisten konnte, den Weihnachtsbaum, wie damals üblich, mit echten Früchten und Nüssen zu schmücken. So kam er auf die Idee, um seine Kinder zu erfreuen, diese in Glas nachzuformen

und bunt zu bemalen. Aus dieser Idee entstand ab 1847 ein Handwerkszweig, der bis heute das Leben in Lauscha prägt. Denn ein Sonneberger Spielwarenhändler nahm Lauschaer Christbaumschmuck um 1880 in sein Sortiment auf und bot es in den Läden von Woolworth in Amerika an.« Seit dieser Zeit gilt Lauscha als Ursprungsort des gläsernen Christbaumschmucks. Doch Lauscha ist nicht nur für seine Weihnachtsdekorationen bekannt. Hier verfeinerten Glashandwerker auch die Kunst der Glasaugenproduktion.

Tisch im Museum für Glaskunst. Es scheint, als habe der Glasbläser seinen Arbeitsplatz nur kurz verlassen.



Christbaumschmuck in Heimarbeit um 1900

Nicht jeder konnte sich eine eigene Werkstatt leisten, und oft stand der Arbeitstisch mit Blasebalg in der Wohnstube. Für den in Heimarbeit hergestellten Christbaumschmuck wurde eine Glaskugel verflüssigt und als freie Form geblasen oder in die zweiteilige Modelform gegeben und zugeklappt. Der Glasbläser blies das Glas in der Form. Mit Silbernitrat wurden die durchsichtigen Kugeln anschließend gefüllt und ausgeschwenkt. Reste der Flüssigkeit wurden herausgelassen, so dass die Kugeln von innen her verspiegelt waren. Diese Arbeit ebenso wie das Bemalen der Kugeln übernahmen die Frauen. Zum Trocknen wurden die Kugeln und Figuren auf Nagelbretter gesteckt, die auf Eisengestellen unter der Decke hingen. Das Leben bei den Heimarbeitern spielte sich auf engstem Raum ab. Manchmal lagen in einer Kiste die fertigen Kugeln, in einer anderen die Kinder und um Ostern herum auch mal kleine Ziegen. Vögel in Käfigen pfften und jubilierten, animiert durch das Rauschen des mit Fußpedal bedienten Blasebalgs zur Unterhaltung der arbeitenden Familie. Von früh bis spät mühten sich die Christbaumschmuckmacher für ihr karges Einkommen. Die fertigen Christbaumkugeln wurden in Kartons verpackt und auf Körbe geladen. Sogenannte Botenfrauen holten die Glaswaren ab und brach-

ten sie zum Zug nach Sonneberg, wo Verleger die Waren übernahmen, um sie in aller Welt zu verkaufen.



Glasbläserstube mit geschmücktem Weihnachtsbaum und moderner Beleuchtung.



Ein geschickter junger Mann

Um das Jahr 1830 gelang es mit Hilfe von Kryolithglas endlich, ein einigermaßen widerstandsfähiges Glas für Glasaugen zu entwickeln. Kryolith (Natriumhexafluoroaluminat) ist ein Trübungsmittel für Glas. Zusätze wie Kryolith verändern nicht nur die Farbe von Glas, sondern sollen oft auch dessen Eigenschaften beeinflussen: Sie machen Glas weicher oder härter, umweltverträglicher oder schmutzresistenter.

Der Lauschaer Ludwig Müller-Uri galt als besonders begabter Hersteller künstlicher Augen für Puppen und Plüschtiere. 1832 war der Augenarzt Professor Dr. Heinrich Adelman aus Würzburg auf Müller-Uri aufmerksam geworden. Er »lenkte dessen Aufmerksamkeit auf die eigenartige Fabrikation der Kunstaugen für Menschen und fand bei dem intelligenten jungen Mann soviel Verständnis und eine so große Geschicklichkeit, daß er bereits 1835 im Stande war, mit seinem Erzeugnis dem Pariser Fabrikat die Spitze zu bieten« (Festschrift vom Jahr 1935 zum hundertjährigen Jubiläum der Firma Ludwig Müller-Uri, Seite 6). Seit dieser Zeit gelang es den Lauschaer Glasbläsern, weltweit anerkannte und begehrte Augenprothesen herzustellen.

Hans Liebmann ist Spezialist für Glasaugen. Ich besuche ihn in seiner Werkstatt. Eingerichtet mit dem Nötigen, Glasbläserarbeitsplatz, Ablagetisch und Regal, in dem die Kartons mit den Glasaugen aufgestapelt sind. Hans Liebmann setzt

Viele kleine Kartons stehen im Regal, alle mit unterschiedlichen Augenfarben. Hier sind einige sorgsam einzeln gelagerte Glasaugen, noch in Kugelform (Halbfertigprodukte), zu sehen. Diese Glasaugen, kunstvoll hergestellt von Hans Liebmann, werden später vom Okularisten weiterverarbeitet.

sich und ich sehe, wie ein Glasaugen entsteht. Geduldig erläutert er den Herstellungsprozess: »Viele Arbeitsschritte sind notwendig, bis aus einem Rohr ein Glasaugen wird. Dazu kommt die Anfertigung der Fäden, der sogenannten Zeichenstifte.« Die Glasstäbe zum Zeichnen fertigt sich der Glasbläser selbst an. Er zieht dazu ganz feine Fäden. Eine Vielzahl dieser Fäden, bestehend aus ungefähr 30 Einzelfarben, bilden einen Zeichenstift. Jeder Glasbläser verwendet für die Herstellung seiner Glasaugen einen eigenen »Stiftkasten«.

Ein unscheinbares Glasrohr wird mit der Flamme in der Mitte erwärmt. Der Glasbläser nimmt sich ein Stück vom Rohr und formt daraus eine Kugel. Zu den Enden hin nimmt die Temperatur ab. Bei etwa 600 Grad Celsius läuft das Kryolithglas milchig an, so dass es dem natürlichen Augapfel ähnelt. Auf diese Kugel wird ein dunkler Farbpunkt getupft, auf dem die Iris gestaltet wird. Die verschiedenen Einzelfarben der gläsernen Zeichenstifte bilden ein schillerndes Spektrum auf dem weißen Grundkörper. Ein kleines Sternchen wird aufgesetzt. Das imitiert den weißen Kranz rund um die Pupille. Unmittelbar am Pupillenrand wird ein leichtes Violett gesetzt. Das markiert den Bereich des Ringmuskels im gesunden Auge, der für die Steuerung der Pupillengröße verantwortlich ist. Nach jedem Arbeitsgang werden die verschiedenen Glasschichten ineinander geschmolzen. Abschließend wird ein Tropfen Kristallglas als Hornhaut aufge-



Seit über 20 Jahren stellt der Glasbläser Hans Liebmann in seiner Werkstatt in Lauscha künstliche Augen her. Konzentration und eine ruhige Hand sind da wichtig. Mindestens einmal im Jahr demonstriert Liebmann diese Technik am Glasbläserstand im Deutschen Museum.



Arbeitsplatz in der Werkstatt im Haus von Hans Liebmann in Lauscha.

ker in einer GmbH zusammen. Andere zogen es vor, wieder selbstständig zu arbeiten. Die Absatzmärkte auf dem Gebiet der ehemaligen DDR und im Ausland konnten teilweise übernommen und sogar erweitert werden. Prothetiker aus Lauscha gingen nach Norwegen, Kroatien und bis nach China, um dort Glasaugen anzupassen und einzusetzen.

Stadt der Glasbläser

Zurück zu unserem Ausgangspunkt – dem Städtchen Lauscha. Entstanden ist der Ort mit dem Bau einer Glashütte. Im Jahr 1597 erteilte Herzog Johann Casimir von Sachsen-Coburg den Glasmeistern Hans Greiner und Christoph Müller die Konzession für eine »Dorfglashütte«. Die erste Hütte stand am heutigen Auslauf einer Sprungschanze, die es damals noch nicht gab. Genau dort verlief die Grenze zum Herzogtum Sachsen-Coburg. Aufgrund der Grenznahe gab es Streitigkeiten, so dass die Glasmeister ihre Hütte in das heutige Stadtzentrum, den heutigen Hüttenplatz, verlegten. In der Nähe dieser Hütte wurde im Jahr 1601 eine Mahlmühle, die »Dorfmühle« gebaut, 1621 wurde das Brau- und Schankrecht erteilt.

setzt, ein komplizierter Vorgang, bei dem die Pupille komplett abgedeckt wird, aber auch kein Zehntelmillimeter darüber hinaus laufen darf. Überflüssiges Kristallglas kann wieder abgenommen werden. Zum Schluss kühlt das Glasauge langsam ab.

Ein Glasauge in Kugelform, wie von Hans Liebmann gefertigt, ist ein sogenanntes Halbfertigprodukt. Die individuelle Anpassung der Prothese am Patienten nimmt ein Augenprothetiker vor. Einige dieser Okularisten greifen auf halbfertige Glasaugen zurück, die sie anschließend weiterverarbeiten, andere stellen die Augenprothese komplett selbst her. Jede Augenprothese ist ein Unikat mit exakt angepasster Größe. Form und Machart sind abhängig von Erkrankungszustand, Lidschluss, Zustand der Augenhöhle und anderen Details, zum Beispiel, ob der Augapfel noch vorhanden ist. Es gibt doppelwandige und einschalige Augenprothesen, die aufgesetzt werden. Je nach Beanspruchung kann so ein Glasauge ein bis drei Jahre halten. Die aggressive Tränenflüssigkeit zersetzt im Lauf der Zeit die Glasoberfläche, hinzu kommen Schmutzpartikel aus der Luft.

Vor dem Zweiten Weltkrieg hatte jeder Augenprothetiker in Lauscha seinen eigenen Kundenstamm. In der DDR wurden die Handwerker dann in volkseigenen Betrieben zusammengeschlossen. Nur wenige arbeiteten damals eigenständig. Nach der Wiedervereinigung schlossen sich einige Handwer-

Glasurmeln

Einst waren Glasurmeln, auch »Mermeln« oder »Märbeln« genannt, ein Modestück. In der Farbglashütte Lauscha gab es einen eigenen Automaten zu deren Herstellung. Von Hand wäre die Herstellung viel zu teuer gewesen. In den Automaten wurde von oben zähflüssiges Glas eingefüllt.

Eine eingebaute Schere portionierte das Rohmaterial, welches dann über Spiralen als Kugel geformt wurde. Die noch warmen Kugeln rollten serpentinenartig, ähnlich einer Murbelbahn, nach unten und kühlten langsam ab. Wärme und Kälte sind relativ, so auch bei den Kugeln, die am Ausgang des Murbelabyrinths in einen Eimer fielen.

Wer allzu ungeduldig auf seine Murmel wartete, durfte seinen Hut über den Eimer halten – die Murmel brannte ein Loch durch den Hut.



Glasurmeln um 1900 in Lauscha von Hand gefertigt im Museum für Glaskunst.



Nur zwei mal sechs Wochen pro Jahr wurde in der Glashütte gearbeitet. Den Rest des Jahres benötigten die Glasmacher, um den Brennstoff aus den Wäldern zu holen. Rings um die Hütte stapelten sie die riesigen Berge von Holz, die nötig waren, um das Feuer für die Glasherstellung zu unterhalten.

Von Lauscha, ausgehend von der Hütte auf dem Hüttenplatz, wurden weitere Glashütten in der Umgebung und in ganz Europa gebaut. 300 Jahre lang war die zentral gelegene Glashütte in Betrieb. 1903 wurde die Hütte allerdings abgerissen, da sie den Verkehr behinderte und den neuen technologischen Vorgaben nicht mehr genügte.

1853 nahm die heute noch existierende Farbglashütte ihren Betrieb auf und produzierte farbige Röhren und Stäbe. Hier wurden auch die Glasmurmeln (siehe Kasten Seite 19) hergestellt. Die Farbglashütte, einst wichtigste Produktionsstätte des Ortes, ist nicht mehr ausgelastet und dient vor allem als Schauglashütte mit Besichtigungsmöglichkeit und Ausstellungs- und Verkaufsfläche. Dass das Handwerk – der billigen Konkurrenz zum Trotz – dennoch lebendig bleibt, garantiert die ebenfalls in Lauscha ansässige Berufsfachschule Glas. Hier lernen angehende Glasbläser, Christbaumschmuck und künstlerische Glasprodukte zu gestalten oder Kunststücken herzustellen.

Tradition sichert Zukunft

Bis in die 1970er Jahre florierte der Handel mit Glaskunst aus Lauscha. Urlauber kamen, um die Glaswaren zu bestaunen und zu kaufen. Später ging der Absatz der handgefertigten Gläser gravierend zurück, Billigprodukte kamen auf den Markt. Heute aber gibt es wieder zahlreiche Produzenten von Christbaumschmuck in Lauscha. Ihre Kunden finden sie auf den zahlreichen Märkten in Deutschland.

Das Geheimnis ihres Erfolgs? Arbeitsmittel und Rohmaterialien zur Glasherstellung gibt es heutzutage überall, und ein Arbeitsplatz für einen Glasbläser lässt sich mit geringem Aufwand einrichten. Dennoch sind Glaswaren aus Lauscha wieder begehrt: Ihr Trumpf liegt in der Tradition, in gut gehüteten, nur innerhalb der Familie oder an Freunde weitergegebenen Arbeitstechniken und in der hohen handwerklichen Fertigkeit. ■■

Vor der Farbglashütte in Lauscha liegen rote Steine in einem großen Gefäß. Es sind Reste der letzten Glasmelze in einem »Hafen«. Eine Tafel liefert dem Besucher die folgende Erläuterung: »Der neue Hafen steht jetzt an seinem Platz. 168 Stunden in einem speziellen Ofen von 20 Grad Celsius auf 1100 Grad Celsius aufgetempert, ist er dann so »heiß«, den Platz des alten Hafens einzunehmen. Der Tag- und Nachtkreislauf des Schmelzens und Glasmachens ist schon in Gang gesetzt – nicht lange, und der nächste Hafen steht hier.«



DIE AUTORIN

**Dipl. Ing. (FH)
Beatrix Dargel**,
studierte Garten- und Landschaftsarchitektur an der FH Erfurt. Seit 2001 arbeitet sie in München als Fach- und Fotojournalistin für Gartenthemen, Architektur, Technik, Modellbau, Luftfahrt und Luftbilder.

RADSPIELER

Seit 1841

macht

Wohnungen

schön!

Möbel

aus eigener Werkstatt

und von führenden

zeitgenössischen Herstellern,

Einrichtungen,

Stoffe, Geschirr und Glas,

Teppiche.

F. Radspieler & Comp. Nachf.

Hackenstraße 7

80331 München

Telefon 089/235098-0

Fax 089/264217

mail@radspieler-muenchen.de

www.radspieler.com

Georg Hinz,
Das Kunstammerregal, 1666,
Kunsthalle Hamburg.

Die Poesie der Transparenz

Die besonderen Eigenschaften von Glas haben lange vor unserer Zeitrechnung Künstlerinnen und Künstler inspiriert. Von Christina Schroeter-Herrel



An einem Junitag des Jahres 1583 verweilt der Blick des Landgrafen Wilhelm IV. von Hessen-Kassel in seiner Silberkammer nicht wie sonst auf den aus edlen Materialien gefertigten Pokalen oder dem wohlgeformten Tafelsilber, auch nicht auf den silbernen Schalen oder den exotischen Raritäten. Er mustert mit Neugier das jüngste Ergebnis der venezianischen Glasmacher, die er vor kurzem an seinen Hof geholt hat. Seit einigen Tagen demonstrieren sie ihm bereits verschiedene Proben ihrer Glaskunstfertigkeit. Nun betrachtet er kritisch das neue Werk, einen großen Deckelpokal im Stil der berühmten venezianischen Gläser, die derzeit allseits an den europäischen Königs- und Fürstenhöfen sowie in wohlhabenden bürgerlichen Kreisen Bewunderung finden. Die aufwendige Form, die Dünnwandigkeit und die reizvoll in die Wandung der Kupa eingeschmolzenen feinen weißen Glasfäden à la Façon de Venise gefallen ihm. Der Landgraf ist sicher: Sein neuestes Sammlungsstück wird auch die Bewunderung seiner kunstinteressierten Gäste, denen er gelegentlich seine Schätze vorführt, finden ...

Der Werkstoff Glas reizte die Kunsthandwerker und Künstler im Verlauf der Kunstgeschichte immer wieder zur Erprobung neuer Einsatzmöglichkeiten zur Realisierung ihrer Ideen. Neben der rein funktionalen Nutzung des Glases



Becher aus Goldrubinglas mit Deckel von Johannes Kunckel. Ausgestellt in der Schatzkammer der Münchner Residenz.

waren auch die Suche nach ganz besonders gestalteten, luxuriösen Objekten und die Umsetzung künstlerischer Visionen von Bedeutung.

So wie Landgraf Wilhelm IV. hatten sich viele weltliche Herrscher der Erfahrung der Glasmacher versichert. Aufgabe der neu gegründeten Glashütten war es, neben Gebrauchsgläsern guter Qualität auch elegante, aufwendig gestaltete Werke für die opulente Tafelkultur und Sammlungsstücke für die Kunstkammern zu fertigen. Zahlreiche Gemälde, wie zum Beispiel das »Kunstammerregal« von Georg Hinz aus dem Jahr 1666, zeigen Hohlgläser, eingereiht in das Ensemble von Preziosen, die in ihrer Vielfalt, Rarität und Kostbarkeit das Herz der wohlhabenden, gebildeten Sammler der Zeit erfreuten.

Goldrubinglas für den Kurfürsten

Von dem Glasmacher und Alchimisten Johannes Kunckel (1638–1703) versprach sich der Kurfürst Johann Georg II. von Sachsen (1613–1680) gar Wunder. Er erhoffte sich von Kunckel nichts Geringeres als die Fertigung edler Materialien wie Rubine und Gold mit Hilfe »unedler« Rohstoffe. Im Dienste des Kurfürsten Friedrich Wilhelm von Brandenburg (1620–1688) gelang Kunckel unter anderem durch Verbesserungen alter Rezepturen die Fertigung von Goldrubinglas.



Im Regensburger Dom können Besucher zahlreiche original erhaltene mittelalterliche Glasfenster bewundern. Die Fenster der Westfassade (im Bild) stammen aus dem 19. Jahrhundert.

Wie hoch die Wertschätzung der Leistungen Kunckels – auch in Zusammenhang mit der Weiterentwicklung des Farbglases – durch den Kurfürsten war, belegt die Schenkung der Pfaueninsel bei Potsdam an Kunckel. Auf die Frage nach dem Sinn der Experimente auf der Insel antwortete Kunckel nach dem Tod seines Förderers Friedrich Wilhelm folgendermaßen: »Der hochselige Herr Kurfürst war ein Liebhaber von seltenen und kuriosen Dingen und freute sich, wenn etwas zustande gebracht wurde, was schön und zierlich war. Was dieses genützt hat, diese Frage kann ich nicht beantworten.«

Die besondere Wertschätzung des Glases, weit über seine Funktion als Gebrauchsgegenstand hinaus, zeigte sich bereits in der Frühzeit der Glaskunstgeschichte. Glasobjekte in verschiedener Verwendung und Gestalt waren über Jahrhunderte hinweg, oftmals aufgrund ihrer symbolischen Bedeutung, geschätzt.

Bereits in der griechischen, römischen und keltischen Antike finden sich Glasperlenketten als Grabbeigaben. Über das Schmückende hinaus hat hier die Glasperle die schützende Rolle eines Amulettes eingenommen. Amphoren- und fläschchenförmige kleine Glasgefäße, die wertvolle duftende Essenzen enthielten, sind Zeichen des luxuriösen Lebensstils der Verstorbenen und zugleich kostbare Gaben, die mit ihrer schönen Gestaltung und dem duftenden Inhalt die Götter gnädig stimmen sollten.

Transparenz in der christlichen Ikonographie

Einige Jahrhunderte später spielte das Glas eine bedeutende Rolle im Dienste der anschaulichen, christlichen Glaubensvermittlung und forderte dabei die Phantasie der Künstler heraus. So entstehen zum Beispiel gläserne Reliquienbehälter. Die kostbaren Reliquien in ihrem Inneren sind geschützt und zugleich können die Gläubigen hineinblicken. Für das Karlsreliquiar im Domschatz zu Halberstadt nutzten die Künstler im 13. Jahrhundert einen seltenen, byzantinischen Glasbecher und gaben damit zugleich einen politischen Hinweis.

Große Chancen zur Realisierung künstlerischer Visionen boten sich – trotz der Abhängigkeit von den finanziellen und inhaltlichen Vorgaben der mächtigen kirchlichen Auftraggeber – ab dem Mittelalter bei den Entwürfen und der Umsetzung der umfangreichen Kirchenfenster, vor allem für die großen gotischen Kirchenbauten. Nun diente das Glas zur eindringlichen Übermittlung inhaltlicher Botschaften. Licht, Leuchten, Transparenz sind Begriffe, die sich in biblischen Texten häufig als Metaphern finden. »Und das Licht scheint in der Finsternis und die Finsternis hat's nicht ergriffen« (Joh. 1,5). »Der Herr ist mein Licht und mein Heil!« (Ps. 27,1). »Laß leuchten über uns das Licht Deines Antlitzes« (Ps. 4,7).

Flachglas wurde innerhalb dieser Zeitspanne der europäischen Kulturgeschichte zum bedeutenden Träger erzählerischer Bildvisionen der Künstler. Die Eigenschaften des Glases, wie Lichtdurchlässigkeit, Lichtbrechung und Intensivierung der Farbwirkung, nutzten sie bravourös zum Versinnbildlichen biblischer Botschaften. Die Glasscheiben trennen den profanen Außenraum von dem kontemplativen Innenraum. Die großen Glasflächen boten den Malern hervorragende Möglichkeiten, das Wort der Bibel bildlich umzusetzen, die Betrachter zur Auseinandersetzung einzuladen und zugleich dem Innenraum einen festlichen Charakter zu verleihen. Selbst diejenigen Kirchenbesucher, die des Lesens nicht mächtig waren, verstanden die Bildsprache der Glasfenster.

Sinnbild für das Zarte, Verletzliche

Auch außerhalb des religiösen Kontextes setzten sich die Künstler schon früh mit den reizvollen, scheinbar widersprüchlichen Eigenarten des Materials Glas in ihrer Malerei auseinander. Die Durchsichtigkeit oder Opakheit, die Refle-



Stilleben aus dem Haus der Julia Felix in Pompeji, um 70 n. Chr., Nationalmuseum Neapel.

xionen, die Zartheit und Zerbrechlichkeit, aber auch Stabilität sowie die Verformbarkeit benutzten sie für ihre ästhetischen wie inhaltlichen Zielsetzungen. Und sie wählten das Motiv des Glases gerne zur Demonstration ihrer illusionistischen Meisterschaft.

Bei einem Wandbild aus dem Haus der Julia Felix in Pompeji (Nationalmuseum Neapel) wählte der Künstler um 70 n. Chr. die Darstellung einer großen Fußglasschale, gefüllt mit zahlreichen Früchten. Kein anderes Gefäß hätte auf vergleichbare Weise den Blick auf die schönen, reifen Früchte und deren farbiges Zusammenspiel ermöglichen und doch die einzelnen Früchte zu einem Ganzen zusammenhalten können. Der Wandmaler dokumentierte mit dem gewählten Bildmotiv den Reichtum der Hausbesitzerin und wandte Kompositionselemente an, die formal wie inhaltlich auch in Gemälden späterer Zeit Bedeutung haben sollten.

In den Stilleben des 16. und 18. Jahrhunderts verweisen die minutiös dargestellten Hohlgläser der Zeit auf der einen Seite auf die opulente Lebensführung der Wohlhabenden. Auf der anderen Seite dienten die Motive als Sinnbilder. So können die realistisch wiedergegebenen Spiegelungen an den Wandungen der Gläser als Aufforderung zur Reflexion über die eigene Person des Betrachters im Dialog zwischen »innen und außen« auch übertragen gedeutet werden. Das Motiv eines Trinkglases oder einer Glasschale wurde als Symbol für

das Gefäß des Lebens eingesetzt. Ein umgestürztes oder zerbrochenes Glas diente auch als Hinweis auf die Fragilität und Vergänglichkeit des Lebens. Und mit seinem Glanz und der Transparenz eignete sich das Glas als Metapher für Reinheit und Unschuld oder ganz allgemein das Ideelle und Geistige.

Die Optimierung der Glasschmelze im Verlauf des 17. Jahrhunderts ermöglichte die Fertigung von Hohlgläsern, die durch eine stärkere Festigkeit bei Erhöhung der Klarheit eine gute Voraussetzung für die Umsetzung von Glasgravuren schuf. Damit konnten die Glaswandungen von Pokalen, Schalen, Kelchgläsern und Bechern für die Dekorationen der Glasschneider und Schleifer bestens genutzt werden. Manche der geschnittenen und geschliffenen Motive gingen weit über das »nur« Dekorative hinaus. Mythologische, emblematische Szenen griffen unter anderem Darstellungen der zeitgenössischen Druckgrafik auf, arrangierten jedoch Motive neu. Manche der Meister setzten die Rundung der Hohlgläser und deren Durchsichtigkeit gezielt für die Bildwirkung ein. Die Wandung wurde dann zum effektvollen dreidimensionalen Bildträger, bei dem die Darstellungen von Vorder- und Rückseite bei der Betrachtung verschmelzen oder beim Drehen des Glases die Bildszenen, gleich dem Abspulen einer Filmrolle, den Verlauf einer Geschichte erzählen.

Vase »La Carpe« von Emile Gallé (1846–1904).



Innerhalb der Kunstgeschichte waren in Zusammenhang mit der Nutzung von Glas die Grenzen zwischen Dekorativität, Funktionalität und Kunst immer wieder fließend. Ende des 19. und dann vor allem im 20. Jahrhundert erhielt die Auseinandersetzung der Künstler mit dem Glas neue Qualität: Je vielfältiger das Material Anwendung in unserem Alltag fand, desto mehr entdeckten es auch Künstlerinnen und Künstler für sich.

In der Zeit des Jugendstils versuchten Künstler wie Emile Gallé (1846–1904) mit ihren Werken aus Glas unter anderem Impressionen einzufangen und poetische Gedanken zum Ausdruck zu bringen. Sie schufen symbolistische Kunstwerke. In den 1910/1920er Jahren setzten die Künstler des Weimarer Bauhauses und der Gruppe De Stijl um Joseph Albers und Theo van Doesburg ihre konstruktivistischen Ideen mit Flachglas um. In den visionären Schriften und Werken von Paul Scheerbart und Bruno Taut wird der Einsatz des Glases zum Symbol einer zukunftsweisenden Haltung, einer neuen Kultur.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts und verstärkt in der zweiten Hälfte suchten Künstlerinnen und Künstler nach neuen Wegen abseits der Zweidimensionalität und unabhängig von den tradierten gegenständlichen Darstellungsweisen. Dabei erhielt auch der Werkstoff Glas eine neue Bedeutung. Die dritte documenta in Kassel 1964 zeigte die Abteilung »Licht und Bewegung«, und Heinz Mack (*1931), Mitglied der Künstlergruppe ZERO, thematisierte mit seinen Skulpturen und Reliefs aus Metall und Glas die Dynamik des Lichtes und der Zeit. Immaterialität und Spiritualität, die Beziehung zwischen Licht, Raum und Zeit waren bei ihm und den anderen ZERO-Künstlern zentrale Themen. Daniel Spoerri (*1930), Joseph Beuys (1921–1986) und viele andere Künstler setzten Glas in den 1960er Jahren für ihre individuellen, künstlerischen Botschaften ein.

Eine moderne Bewegung für Glaskunst

»Das Glasbewußtsein unserer Tage ist von Technologie und Wissenschaft bestimmt. Das kann nicht die ganze Wahrheit, Realität sein. Dem Rationalen muss Irrationalität entgegengesetzt werden, der Geraden die Spirale, dem Kreis die Kugel... Wir müssen unseren Anspruch deutlich machen, der aus der Kreativität, der aus der Kunst kommt«, forderte



Erwin Eisch, Vasenobjekt, 1962; modelgeblasen, verformt. Partiieller Überfang und Auflagen, Kunstpalast Düsseldorf, Dauerleihgabe Städtische Galerie Schloss Oberhausen.

Erwin Eisch (*1927), einer der Väter der sogenannten Studioglasbewegung, die ebenfalls in den 1960er Jahren entstand. Ein Teil der Künstler dieser sich bald in der gesamten westlichen Welt ausbreitenden Bewegung empfand es als wichtig, unabhängig von den Zwängen einer großen Glasblütte, selbst am eigenen Glasofen im Atelier arbeiten zu können. Die Entwicklung eines kleinen Studioglasofens sollte diesen Wunsch Realität werden lassen.

Harvey K. Littleton (*1922) war einer der Ersten, der seine Ideen mittels eines solchen Ofens, innerhalb eines Glasworkshops 1962 im Toledo Museum of Art, umsetzte. Dominick Labino (1910–1987) entwickelte den Ofen weiter und erleichterte damit einer neuen Generation von Künstlern die Realisierung ihrer künstlerischen Visionen mit Glas im eigenen Studio.

Vorwiegend frei geblasenes Glas in organischen Formen bestimmte in den 1970er Jahren viele Werke der Künstler der Studioglasbewegung. Das Prozesshafte, Experimentelle spielte dabei ebenfalls eine Rolle. »Glassmaking was wide



Mario Merz (1925–2003) in einem seiner Iglu-Objekte, Berlin 1972.

open [...]. Hot glass slipped through the air, pulled and stretched. There was music and the furnaces were roaring [...] and everyone was working in concert [...]. It was this material that hadn't been widely explored as an artist's medium. Everything was possible, and there was so much to be discovered. There were no rules. You could do anything you wanted«, erinnerte sich die amerikanische Künstlerin Toots Zynsky, die an der Pilchuck Glass School, Stanwood Washington in Toledo, eng mit den amerikanischen Gründervätern der Studioglasbewegung zusammenarbeitete.

Zwischen den 1950er und den 1990er Jahren entwickelte sich in der Glaskunst weltweit eine immense Vielfalt gestalterischer und inhaltlicher Ansätze. Dabei stand die Arbeit am eigenen Studioofen schon längst nicht mehr im Zentrum. Die Künstler verwandten eine Vielzahl unterschiedlicher Verarbeitungs- und Veredlungstechniken wie Schneiden, Schleifen, Fusing, Laminieren, Sandstrahlen, Siebdruck oder Glasmalerei. Setzten die einen auf eher konstruktive, mathematisch-rational erscheinende Konzepte, konzentrierten sich andere auf die Symbolik und erzählerische Kraft des Glases. Wieder andere faszinierte die Option der Formbarkeit des heißen Werkstoffes und dessen Sprache.

Metapher für die Fragilität der Existenz

Innerhalb der zeitgenössischen Kunst wird Glas mittlerweile so selbstverständlich genutzt wie andere Werkstoffe auch. Es scheint, als käme das Glas bevorzugt dann zum Einsatz, wenn es den Künstlerinnen und Künstlern um das Sichtbarmachen konzeptioneller Gedanken und um die Auseinandersetzung mit dem Existenziellen geht. Matt Mullican (*1951) setzt in verschiedenen Werken seit Ende der 1990er Jahre farblose Glaskugeln ein, die mit schwarzen Zeichen versehen sind. Die Kugeln sind als Modelle der Welt, als Symbole

der Schöpfung deutbar, die durch ein rätselhaftes System von Piktogrammen bestimmt zu sein scheinen. Das Glas ist dabei als Hinweis auf die Fragilität der Welten deutbar.

Mario Merz (1925–2003) verwendete Glasscheiben in zahlreichen seiner igluartigen Installationen und schuf damit Sinnbilder für sein Unbehagen gegenüber dem manchmal allzu optimistischen Fortschrittsglauben der Gegenwart und seinen Glauben an die Kraft der Natur. Mona Hatoum (*1952) legte in ihrem Werk »Nature mort aux grenades« aus dem Jahr 2006 Handgranaten aus farbigem Glas auf einen metallenen Operationstisch. In ihrer Installation setzte sich die aus Beirut stammende Künstlerin mit dem Themenkomplex der persönlichen Verletzlichkeit und des Einflusses institutioneller Macht auseinander. Im Werk von Thomas Huber (*1955) wird das Glasgefäß zur Metapher für den Sinngehalt bildnerischen Schaffens. Maria Roosen (*1957) schafft unter anderem surreal anmutende, gläserne körperliche Objekte, die irritierend und befremdlich den Raum erobern und um Themenkomplexe wie Liebe, Leidenschaft und Vergänglichkeit kreisen.

»Wir erkennen und nehmen Dinge anhand ihrer Oberflächen wahr, müssen uns aber fragen, inwieweit diese Schichten, die wir fühlen und sehen, real sind oder nicht. Die Oberfläche ist der Raum zwischen Empfindsamkeit und Materialität«, äußerte der japanische Künstler Kohei Nawa (*1975) und lässt seine Überlegungen in figurative Skulpturen münden, die aus kleinen Glasperlen mit unterschiedlichen Durchmessern zusammengesetzt sind.

Wenn der heutige Kunstconnoisseur in seiner privaten Kunstsammlung die Augen über seine Schätze schweifen lässt, ist es nicht unwahrscheinlich, dass der Blick auf einem Werk verweilt, bei dem Glas eine inhaltliche oder ästhetisch tragende Rolle spielt. Sicher bewundert der Sammler dabei nicht an erster Stelle die Reize des Werkstoffes, sondern vielmehr die Fertigkeit der Künstlerinnen oder Künstler, neue Visionen eindringlich, eigenwillig und berührend vermittelt zu haben.

Das Glas hat eine lange Tradition als Bedeutungsträger in der Kunst, und einiges deutet darauf hin, dass es gerade für die Umsetzung innovativer, expressiver Ideen eine aufregende Zukunft haben wird. ■■■



DIE AUTORIN

Dr. Christina

Schroeter-Herrel

ist Vorsitzende des Fachausschusses V »Glasgeschichte und -gestaltung« der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft. Sie arbeitet als Kunsthistorikerin und Kunstmarktexpertin bei der Deutschen Bank AG. Ihre Vorträge und Publikationen widmen sich folgenden Themenkomplexen: Zeitgenössische Kunst, Kunstmarktentwicklungen sowie Glaskunstgeschichte.



Aschenputtels Traum:
Die amerikanische Schau-
spielerin trägt 1967 ein Kleid
ganz aus glitzerndem Glas.
Auch der Sonnenschirm
besteht aus Glasfasern.

Vom Engelshaar zum Nachrichtenkabel

Begriffe wie »Glaswolle«, »Glasfaser«, »Glasfaserkabel« sind uns allen geläufig. Dennoch machen wir uns selten klar, dass sie tatsächlich wie der Name besagt, aus Glas bestehen. Von Bernhard Franz

Als Engelshaar wurden im 18. Jahrhundert dünne Glasfäden bezeichnet, die Glasbläser unter anderem auf Wochenmärkten zur Demonstration ihrer Kunstfertigkeit vor Publikum herstellten. Sie schmolzen Glasstäbe über einer Flamme und zogen sie schnell in die Länge. Dabei kühlt das Glas wieder ab und erstarrt. Man erhält auf diese Weise eine Faser, deren Dicke von der Zuggeschwindigkeit abhängt. Verwendet man zwei Glasstäbe mit unterschiedlichem Wärmeausdehnungskoeffizienten und verschmilzt sie so miteinander, dass sie sich nicht mischen, dann wellt sich die dünne Glasfaser beim Erkalten. Dieser Effekt beruht darauf, dass das eine Glas weniger stark schrumpft als das andere. Unter der entstehenden Spannung krümmt sich die Faser, vergleichbar einem gekräuselten Geschenkband.

Dünne Glasfasern besitzen eine hohe Elastizität und Biegsamkeit, sie brechen bei richtiger Behandlung nicht und können ähnlich wie Wolle oder Baumwolle zu Garnen gesponnen und sogar zu Textilien gewebt werden. Um die hierzu benötigten langen Fasern zu erhalten, begann man im 19. Jahrhundert, die Glasschmelze kontinuierlich durch eine lochartige Spinndüse zu einer Faser auszuziehen. Erste Beispiele für Glasgewebe sind ein mit Glasfäden durchwirktes Leinentuch, mit dem der Sarg Napoleons I. ausgelegt war, sowie Wandtapeten und Gewänder. In Wien wurde 1866 eine Glasspinmanufaktur gegründet. Sie stellte aus den Glasfäden Kappen, Brautschleier und Perücken her. So fand das Engelshaar seinen Weg auf die Häupter irdischer Persönlichkeiten.

Aus der Alltagserfahrung kennt man Glas als ein zerbrechliches Material. Es besitzt theoretisch jedoch eine recht hohe Zugfestigkeit, die in der Praxis abhängig ist von der Güte der Glasoberfläche. Der Glaser nutzt dies, indem er die Glasscheiben zum Schneiden anritzt. Selbst große Scheiben brechen an der verletzten Oberfläche mühelos, weil der Glaskern kaum zur Festigkeit beiträgt. Der oberflächliche Riss breitet sich unter Zugspannung schnell durch das Glas aus und teilt die Glasscheibe. Vergleicht man einen Glasstab mit einem



Schon im 19. Jahrhundert begann man mit der Produktion haarfeiner Glasfasern, die sogar zu Garnen versponnen werden konnten. Die Haarlocken (oben) stammen aus der Objektsammlung des Deutschen Museums.

Glasfaserbündel, so hat das Bündel eine in der Summe größere Oberfläche, jede einzelne Faser aber eine sehr kleine Oberfläche. Die Verletzungswahrscheinlichkeit dieser kleinen Oberfläche ist jeweils sehr gering. Für die Zugfestigkeit des Faserbündels ist das Brechen einer kleinen Zahl von Fasern zusätzlich nicht entscheidend, da die verbleibenden Fasern die Kräfte aufnehmen.

Ein Faserbündel besitzt folglich eine größere Zugspannung als ein solider Glasstab mit gleicher Querschnittsfläche.

Im Verbund mit anderen Materialien, die eine geringe Zugfestigkeit, aber eine höhere Elastizität als Glas besitzen, erhält man Werkstoffe, die die Vorteile beider Ausgangsstoffe vereinen. Von großer Bedeutung sind hier die glasfaserverstärkten Kunststoffe (GFK), die in den 1930er Jahren entwickelt wurden. Sie werden unter anderem für Leiterplatten, Rohre, Heizöltanks und im Sportbootbau verwendet. Auch die Rotorblätter von Windkraftanlagen werden oft aus GFK-Materialien hergestellt.

Für die Herstellung von großen Bauteilen, wie die genannten Rotorblätter oder auch Öltanks, werden Lagen von Glasfasergeweben oder -vliesen mit Epoxidharzen getränkt, in eine Form gepresst und erwärmt, bis der Kunststoff so weit ausgehärtet ist, dass die Teile entnommen werden können. Es ist auch möglich, sehr kurze Glasfasern mit flüssigem Kunststoff zu vermengen und die Masse direkt in Pressformen zu füllen. Durch die direkte Formgebung müssen die Teile kaum noch bearbeitet werden. Werden GFK-Bauteile dennoch geschnitten oder geschliffen, entstehen dabei gesundheitsgefährdende Stäube.

Zur Herstellung der Glasfasern selbst gibt es verschiedene Methoden. Sie unterscheiden sich im Wesentlichen darin, ob mehr oder weniger lange und ungeordnete Fasern, ähnlich wie bei Wolle, entstehen oder Endlosfäden. Das von Friedrich Rosengarth im Jahr 1930 bei der Firma Hager entwickelte und nach dem Unternehmen benannte Hager-Verfahren beruht auf dem gleichen Prinzip wie die Herstellung von Zu-



Der Glasstab, bestehend aus Kern und Mantel, dient als Vorform einer Quarzglasfaser. Für die Fertigung wird die Vorform mit der Spitze nach unten aufgehängt und erwärmt, bis das Glas schmilzt.

ckerwatte aus flüssigem Zucker. Die Glasschmelze wird auf eine schnell rotierende Scheibe getropft, fließt durch die Fliehkraft zum Rand der Scheibe und wird von dort weggeschleudert. Die dabei gebildeten dünnen Fasern erstarren in der Luft und werden ungeordnet wie Watte der Anlage entnommen.

Im Jahr 1933 wurde von der Owens Illinois Glass Corporation, Toledo USA, ein Düsenblasverfahren zur Herstellung von Glasfasern patentiert. In diesem Verfahren werden durch elektrisch beheizte Metaldüsen dünne Glasstränge geformt. Unterhalb der Düsen werden diese Glasstränge durch überhitzten Dampfdruck schnell zu dünneren Fäden zerfasert. Im Jahr 1951 wurde von dem französischen Unternehmen Saint-Gobain eine Kombination der beiden etablierten Verfahren patentiert. Die von der Scheibe geschleuderten Fäden werden durch einen starken Luft- bzw. Abgasstrom weiter auf Durchmesser von fünf Mikrometern verkleinert. Dieses sogenannte TEL-Verfahren zeichnet sich durch einen größeren Durchsatz aus, so dass es heute das dominierende Herstellungsverfahren für ungeordnete Glasfasern ist.

Zum Schutz der Faseroberflächen und zur Verbesserung der Hafteigenschaften werden die Glasfasern im Luftstrom mit einer Schlichte (z. B. Ölen oder Silanen) besprüht, um sie bei der weiteren Verarbeitung und dem Einsatz vor Bruch zu schützen. Die einzelnen Fasern verbinden sich zu einem Vlies, das weiter verdichtet und zu Matten geformt werden kann. Diese Matten aus Glaswolle besitzen eine hohe Isolierfähigkeit und gute Flexibilität, überdies sind sie nicht entflammbar. Sie haben als Dämmmaterial deshalb im Baugewerbe einen Marktanteil von mittlerweile über 50 Prozent.

Gespinnste und Gewebe

Sollen aus Glasfasern Textilien oder Gewebe hergestellt werden, so müssen die Fasern endlos lang sein, um sie geordnet aufspulen zu können. Dazu wird noch heute wie im 19. Jahrhundert flüssiges Glas aus Düsen gezogen. Heute sind es Platinwannen mit bis zu 4000 Bohrungen, aus denen endlose Glasfäden mit Durchmessern zwischen 5 und 23 Mikrometern treten. Abhängig von der späteren Verwendung werden unterschiedlich viele (200 bis 2000) Endlosfasern zu einem Faden gebündelt, der dann auf eine Spule gewickelt wird. Je nach Anwendung wurden verschiedene Glaszusammensetzungen

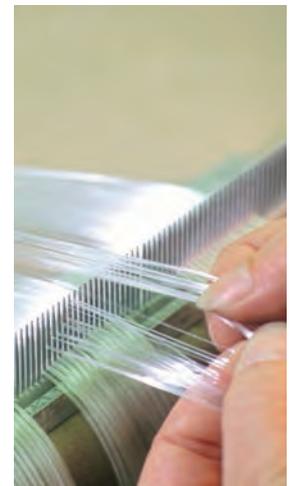
für Fasern entwickelt. Am meisten verbreitet ist die sogenannte E-Glasfaser, die aus einem Aluminium-Borosilikatglas besteht und sich gut für die Verstärkung von Kunststoffen und für den Einsatz in elektronischen Bauteilen eignet.

Lichtleitende Fasern

Für den Einsatz von Glasfasern in der Nachrichtentechnik hingegen sind Zusammensetzungen entscheidend, mit denen sich definierte optische Eigenschaften erzielen lassen. In diesem heute weit verbreiteten Anwendungsgebiet wird Licht durch die Glasfaser geleitet. Die Idee selbst ist nicht neu: Bereits der britische Physiker John Tyndall (1820–1893) versuchte, Licht in einem Wasserstrahl zu leiten. Er nutzte dabei das Prinzip der Totalreflexion: Trifft Licht von einem Material kommend auf eine anderes mit kleinerem Brechungsindex, so verlässt das Licht ab einem bestimmten Auftreffwinkel das Material nicht, sondern es wird vollständig an der Grenzfläche reflektiert. Eine Glasfaser muss folglich aus zwei verschiedenen Gläsern bestehen: einem inneren Kernglas mit einem höheren Brechungsindex und einem ummantelnden Glas mit geringerem Brechungsindex. Wird Licht mit einem nicht zu großen Winkel in das innere Glas gestrahlt, wird es bis zum Ende des Lichtwellenleiters transportiert.

Schon in den 1950er Jahren wurden solche Lichtleitfasern hergestellt. In Endoskopen spielen sie bis heute zum Ausleuchten und Fotografieren schwer zugänglicher Räume eine große Rolle. Die Entfernungen, über die das Licht in diesen frühen optischen Glasfasern ohne Dämpfungsverluste geleitet werden konnte, waren damals aber noch sehr gering. Selbst bei sehr hochwertigen optischen Gläsern verliert das Licht nach einer Faserlänge von etwa einem Meter 50 Prozent seiner Intensität. Aus diesem Grund schien es zunächst unmöglich, Glasfasern in der Telekommunikation einsetzen zu können.

1966 aber postulierten Charles Kuen Kao und George Hockham, Forscher des amerikanischen Unternehmens Corning Glass, dass die optische Nachrichtentechnik nur eine Frage der ausreichenden Reinheit des Glases sei. Heute liegen die Verunreinigungen im parts-per-billion-Bereich, d. h. auf eine Milliarde kommt ein Teilchen einer Verunreinigung). Man verwendet hochreines, synthetisches Quarzglas, das in einem speziellen Verfahren hergestellt wird. Es wird nicht geschmolzen, sondern bei noch höheren Temperaturen aus der



Dünnste Glasfaserstränge werden für die Weiterverarbeitung passend angeordnet.



Beim Einsatz von Multifaserbündeln für die Datenübertragung, zum Beispiel von Bildern aus Videokameras, die an Roboterarmen befestigt sind, ist vor allem Flexibilität gefragt. Das ein Millimeter dünne Bündel besteht aus 380 Fasern à 0,05 Millimeter Durchmesser und lässt sich mit einem Radius von fünf Millimetern um Kurven biegen.

Gasphase kondensiert, von den lichtabsorbierenden Sauerstoff-Wasserstoff-Verbindungen befreit und anschließend blasenfrei gesintert.

Dank der hohen Reinheit dieser Quarzgläser erreichen noch etwa 10 Prozent der eingestrahnten Energie das Ende einer 50 bis 70 Kilometer langen Glasfaser. Für die Überwindung größerer Strecken muss das abgeschwächte Signal immer wieder verstärkt werden. Es existieren verschiedene Verstärkungsverfahren. Eines beruht auf stimulierter Emission (Erbium-Verstärkungsfasern), ein anderes auf dem festkörper-physikalischen Phänomen des »Raman-Effekts«. Für den Laien am verständlichsten ist ein elektronisches Verfahren, bei dem das ankommende Licht in ein elektrisches Signal umgewandelt wird. Nach der Umwandlung kann es von Rauschen befreit werden, bevor es durch eine Laserdiode wieder in ein optisches Signal überführt und somit erneut auf die Reise gebracht wird.

Datenverlust in engen Kurven

Durch die Transformationen der optischen Signale in elektrische und wieder zurück wird die Datenübertragung verlangsamt, so dass dieses Verfahren nur angewandt wird, wenn die Signalqualität es unwwwwwwweeedssbedingt erforderlich macht. Die Strecken, die das Licht in einer Glasfaser zurücklegen kann, bevor es so weit abgeschwächt ist, dass Sensoren es nicht mehr registrieren können, hängen nicht nur vom Material ab, sondern auch von der Verlegung der Glasfaser.

Wird die Faser zum Beispiel um eine Ecke gebogen, kann der Strahl an dieser Stelle unter einem Winkel kleiner als dem Winkel der Totalreflexion auftreffen und die Glasfaser verlassen. So kann es zu Datenverlust bei der Übertragung kommen, wenn die Glasfaser unsachgemäß verlegt wurde. Neueste Generationen von Glasfasern können durch die Verwendung spezieller Brechzahlprofile im Kern, die Gläser mit besonders niedrigen Brechungsindizes benötigen, Licht noch um sehr kleine Biegungen lenken. Man spricht in diesem Fall von biegeunempfindlichen Fasern (BIF).

Tausende Kilometer lange Fasern

Die Herstellung von Glasfasern für die Nachrichtentechnik ähnelt eher der Produktion von Engelshaar als der von Glas-



Über Glasfaserkabel werden Informationen weltweit sekundenschnell übertragen.

wolle oder Textilglasfasern. Wie beim Engelshaar verwendet man zwei unterschiedliche Gläser. Beim Engelshaar wurden Gläser mit verschiedenen Wärmeausdehnungskoeffizienten aneinandergelagert. Für die Nachrichtentechnik werden Gläser mit speziellen Brechungsindizes ineinandergesteckt verwendet. Einen solchen aus Kern und Mantel bestehenden Glasstab, von dem die Glasfaser abgezogen wird, nennt man Vorform. Ihre Größe hat seit den Anfängen der optischen Nachrichtentechnik immer weiter zugenommen. Heutige Vorformen haben ein Gewicht von über hundert Kilogramm und erlauben Faserlängen von mehreren Tausend Kilometern.

Für die Faserfertigung wird die Vorform vertikal aufgehängt. Das untere Ende der Form wird erwärmt, bis das Glas schmilzt. Ein Faden bildet sich, wenn das Glas von der Form tropft. Dieser Faden wird durch Rollen und Walzen geführt und mit konstanter Geschwindigkeit vom Stab abgezogen. Der Kern solcher Fasern (sogenannte Single-Mode-Fasern) hat einen Durchmesser von ca. neun Mikrometern, der Gesamtdurchmesser liegt bei 125 Mikrometern. Zum Schutz vor Brüchen wird die Glasfaser mit flüssigem Kunststoff beschichtet, der mit UV-Licht gehärtet wird. Am Ende der Anlage, die zwischen 20 und 30 Meter Höhe haben kann, wird die Faser auf eine Trommel aufgewickelt.

Die so gewonnenen Fasern werden zu Kabeln kombiniert. Je nach Anwendung enthält ein Kabel heute zwischen zwei und 864 einzelnen Glasfasern.

Sie stellen die Verbindung zwischen Regionen, Ländern und Kontinenten her. Der Einsatz von Glasfaserkabeln hat die Geschwindigkeit und den Umfang der weltweiten Kommunikation in einem bis dahin nicht für möglich gehaltenen Maß gesteigert. Die Übertragung von Licht ist nicht nur schneller als die von Elektronen in Kupferkabeln, sondern durch die Verwendung von verschiedenen Wellenlängen können auch mehrere Signale gleichzeitig auf der Glasfaser transportiert werden, so dass mit einer Faser eine deutlich größere Übertragungskapazität zur Verfügung steht. ■



DER AUTOR

Dr. Bernhard Franz

Studium der Physik an der Justus Liebig Univ. Gießen, Promotion in Physikalischer Chemie. Seit 2007 bei Heraeus Quarzglas. Erst Tätigkeit in der Entwicklung, dann Produktmanagement, beides mit Fokus auf Quarzglas für die Halbleiterindustrie. Seit Januar 2012 Marketing Manager für Telekommunikationsfasern der Heraeus Quarzglas.



Was ist Glas?

Glas ist ein ungewöhnlich vielseitiger Werkstoff. Seine chemischen und physikalischen Eigenschaften faszinieren Wissenschaftler, sein Anwendungsspektrum bereichert unser Leben. Von Helmut A. Schaeffer

Glas gehört zu den anorganischen, nicht-metallischen Werkstoffen und wird mit dieser Definition sowohl gegenüber den Metallen als auch gegenüber organischen Materialien wie Kunststoffen und Hochpolymeren abgegrenzt.

Zu den außergewöhnlichen Eigenschaften des Glases zählt seine optische Transparenz. Daraus resultieren vielfältige Anwendungen, sei es für Linsen und Objektive, für Architektur- und Automobilglas oder für Glasfasern in der Telekommunikation als Basis unseres Internets.

Silikatgläser und insbesondere Borosilikatgläser besitzen eine hohe chemische Beständigkeit gegenüber Wasser, Säuren und organischen Flüssigkeiten. Glas ist daher das ideale Verpackungs- oder Behältermaterial für Lebensmittel, Pharmazutika und Chemikalien. Darüber hinaus bewirkt die hohe Dichtigkeit des Glases eine Undurchlässigkeit für Gase wie Sauerstoff und Kohlendioxid und verschafft diesem Werkstoff einen entscheidenden Vorteil gegenüber Kunststoffen. Natürliche Gläser (dazu zählen u. a. Obsidiane) sind teilweise einige Millionen Jahre alt, weisen also eine extrem hohe Beständigkeit auf. Kein anderer Werkstoff erreicht diese Langlebigkeit. Folglich können entsprechend zusammengesetzte Gläser auch zur Einbindung toxischer und radioaktiver Abfallstoffe eingesetzt werden.

Gläser zeichnen sich durch vorteilhafte thermische Eigenschaften aus. Ihre Wärmeleitfähigkeit ist wesentlich geringer als die der Metalle, ebenso ihre thermische Längenausdehnung. Somit besitzen Glaswerkstoffe eine hohe thermische Formstabilität. Spezielle Glaskeramiken der Schott AG weisen sogar eine »Nullausdehnung« auf, so etwa Zerodur® für Teleskopspiegelträger und Ceran® für Kochflächen.

Grundsätzlich leiten Gläser den elektrischen Strom nicht, sie zählen deshalb zu den elektrischen Isolatoren. Ihre hohen spezifischen elektrischen Widerstände sind mit denen von Keramiken und Kunststoffen vergleichbar. In den mechanischen Eigenschaften jedoch unterscheiden sich Gläser signifikant von anderen Werkstoffen. Sie verhalten sich spröde-elastisch, d. h. sie versagen nach einer elastischen Dehnung unter Zugspannung schlagartig.

Die theoretisch erreichbare Festigkeit von Gläsern unterscheidet sich nur unwesentlich von jener der Metalle (Glas besitzt einen hohen Elastizitätsmodul), die praktische Festigkeit von Glas hängt jedoch maßgeblich vom Zustand

der Glasoberfläche ab (Kratzer, Risse). Organische Werkstoffe wie »Acrylglas« (PMMA) oder Polycarbonat (PC) besitzen einen um den Faktor 10 bis 20 geringeren Elastizitätsmodul als Glas. Dies ist ein wesentlicher Grund dafür, dass sie nicht als Front- oder Heckscheiben in Autos eingesetzt werden – sie können keinen Beitrag zur Steifigkeit der Karosserie leisten.

Die Festigkeit von Glaswerkstoffen kann erheblich gesteigert werden, wenn in ihre Oberflächen gezielt Druckspannungen eingebracht werden. Ein Beispiel ist das von der Firma Corning Inc. hergestellte Gorilla®-Glas, das als hochfestes dünnes Displayglas (0,4 und 0,7 Millimeter) in Mobiltelefonen, Laptops und Flachbildschirmen eingesetzt wird.

Glas wird somit in zahlreichen Anwendungen zum Schlüsselwerkstoff, der letztlich erst die Realisierung technischer Innovationen ermöglicht.

Ist Glas eine Flüssigkeit?

Es ist unmittelbar ersichtlich, dass Glasschmelzen als zähe (viskose) Flüssigkeiten anzusehen sind. Nicht unmittelbar nachvollziehbar ist die Aussage, dass es sich bei auf Zimmertemperatur abgekühlten Glasprodukten um feste Flüssigkeiten handelt.

Während beispielsweise Wasser beim Abkühlen auf 0 °C zu Eis kristallisiert und dabei seine ungeordnete Flüssigkeitsstruktur zugunsten einer regelmäßigen Anordnung der Wassermoleküle im Eiskristall verliert, zeichnet sich Glas dadurch aus, dass es während des gesamten Abkühlvorganges nicht auskristallisiert. Der feste Zustand des Glases entspricht daher dem einer »eingefrorenen« Flüssigkeit.

Die erste wissenschaftliche, thermodynamisch begründete Erklärung dieses Glaszustandes geht auf G. Tammann (1861–1938) im Jahre 1933 zurück. Die Thermodynamik befasst sich mit den Energieinhalten der verschiedenen Aggregatzustände (fest, flüssig und gasförmig). Der feste kristalline Zustand ist der energetisch niedrigste und somit der stabilste. Jedes aus Materie bestehende System ist daher bestrebt, dieses niedrigste Energieniveau einzunehmen. Was hindert Glas daran, diesen energetisch stabilen Zustand zu erreichen?

Bei thermodynamischen Betrachtungen wird die Einflussgröße »Zeit« nicht berücksichtigt, deshalb gibt es auch keine Voraussage, wie lange es dauert, bis der energetisch stabilste

Zum Thema

H. Scholze, *Glas – Natur, Struktur und Eigenschaften*, Berlin/Heidelberg u. a. 1988.

A. K. Varshneya, *Fundamentals of Inorganic Glasses. Society of Glass Technology*, Sheffield 2006.

Einen Durchmesser von vier Metern hat der Teleskopspiegelträger aus Zerodur®-Glaskeramik, der in einem Werk der Schott AG gegossen wurde.



Zustand erreicht ist. Im Rahmen der Thermodynamik wird also nichts über die Kinetik, d. h. über die Geschwindigkeit der Bewegungsabläufe von Atomen und Molekülen, ausgesagt.

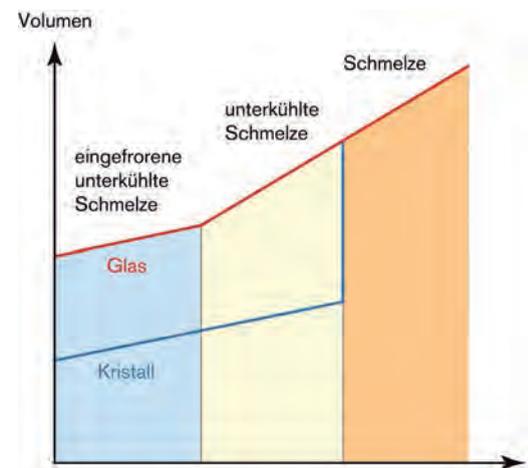
Der Glaszustand ist Ausdruck dieses Dilemmas. Glas möchte den energetisch stabilsten Zustand einnehmen. Dieser ist jedoch nicht erreichbar, da die Zähigkeit der Glasschmelze beim Abkühlen extrem stark ansteigt und damit eine Umlagerung der Moleküle zu Kristallen unmöglich wird. Man kann auch sagen: Die Kinetik »bremst« die Thermodynamik aus. Glas ist folglich im thermodynamischen Sinne als »eingefrorene«, »unterkühlte« Flüssigkeit anzusehen und befindet sich gegenüber dem kristallinen Zustand nicht im thermodynamischen Gleichgewicht (Abb. 1). Daraus kann abgeleitet werden, dass der Glaszustand nicht stabil ist, da er nur temporär – für praktische Anwendungen aber ausreichend lange – davon abgehalten wird, in den kristallinen Zustand überzugehen.

Da der Einfriervorgang zeitabhängig ist, besteht eine Abhängigkeit der Glastransformationstemperatur von der Abkühlgeschwindigkeit (Abb. 2). Erreicht diese hohe Werte wie z. B. bei der Herstellung von Glasfasern, erfolgt das Abbiegen von der Gleichgewichtskurve (Unterkühlungskurve) bei einer wesentlich höheren Temperatur als bei extrem langsamer Abkühlung (beispielsweise beim Köhlen optischer Gläser). Daher ist die Bestimmung der Glastemperatur T_g in einer speziellen Messvorschrift mit Angabe der Abkühl- und Aufheizgeschwindigkeit festgelegt.

Die Struktur, die bei hoher Abkühlgeschwindigkeit, also bei höheren Temperaturen, eingefroren wird, besitzt eine »offenere Anordnung« (also ein größeres Volumen) als die bei niedrigeren Temperaturen eingefrorene. Durch langsames Aufheizen schnell abgekühlter Gläser kann dieser Volumeneffekt veranschaulicht werden (Abb. 2). Die Aufheizkurve stimmt nicht mit der Abkühlkurve überein, sondern flacht vor Erreichen der ursprünglichen Einfriertemperatur ab (es können sogar negative Ausdehnungskoeffizienten auftreten; die Steigung der Volumen-Temperatur-Kurve entspricht der thermischen Ausdehnung) und mündet bei einer niedrigeren Einfriertemperatur in die Gleichgewichtskurve. Die offenere Struktur des schnell abgekühlten Glases kann sich also beim langsamen Aufheizen umordnen und verdichten. Somit gilt generell, dass Glaseigenschaften von der thermischen Vorgeschichte abhängen.

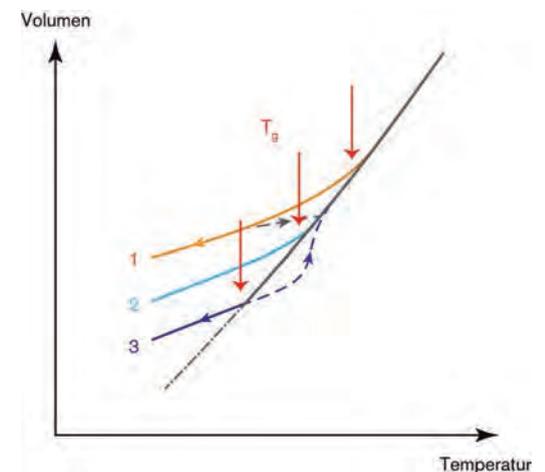
Volumen des Glases in Abhängigkeit von der Temperatur

Abb. 1: Das Volumen der Glasschmelze nimmt beim Abkühlen (in der Abb. von rechts nach links) nicht sprunghaft ab, wie bei Kristallen, sondern allmählich. Bei einer bestimmten Temperatur ändert sich die Steigung der Kurve und verläuft dann nahezu parallel zur Eigenschaftskurve des Kristalls. Diese Temperatur des Abbiegens wird Glastemperatur (T_g – auch Einfrier- oder Transformationstemperatur) genannt. Unterhalb der Glastemperatur gilt Glas als fest und verhält sich wie ein spröde-elastischer Festkörper.



Volumenänderungen als Funktion unterschiedlicher Abkühl- und Aufheizgeschwindigkeiten

Abb. 2:
 (1) Schnelle Abkühlung und langsame Aufheizung
 (2) Gleiche Abkühl- und Aufheizgeschwindigkeit
 (3) Langsame Abkühlung und schnelle Aufheizung



Strukturelle Beschreibung des Glaszustandes

Viele Materialien – sogar Metalle (metallische Gläser) – lassen sich bei entsprechend hoher Abkühlgeschwindigkeit (10^6 bis 10^8 °C pro Sekunde) in den glasigen Zustand überführen. Auch aus der Gasphase können Substanzen in glasiger Form abgeschieden werden. Einige Materialien sind besonders geeignet, glasig zu erstarren (auch bei geringen Abkühlgeschwindigkeiten einige Grad Celsius pro Minute). Dazu zählen insbesondere oxidische Verbindungen auf der

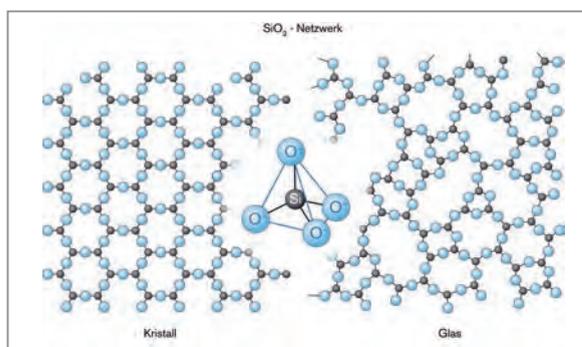


Abb. 3: Schematische zwei-dimensionale Darstellung von Quarz und Quarzglas (schwarz: Silizium, blau: Sauerstoff). Am Beispiel des Siliziumdioxids ist der Unterschied zwischen einem SiO_2 -Kristall (Quarz) und einem SiO_2 -Glas (Quarzglas oder Kieselglas) schematisch aufgezeigt. Eine Baueinheit besteht aus einem SiO_4 -Tetraeder; die Tetraeder bilden im Quarz regelmäßige dreidimensionale 6er-Ringe, während sich im Quarzglas diese regelmäßige Anordnung nicht ausbilden kann.

Die Kristallit-Hypothese

Die Kristallit-Hypothese (1921) geht auf den russischen Wissenschaftler A. A. Lebedev (1893–1969) zurück. Sie besagt, dass Gläser aus einer Anhäufung von kleinen, geordneten Bereichen (Mikrokristalliten) bestehen. Dabei soll die Ordnung eines Mikrokristalls im Zentrum am größten sein, nach außen hin aber abnehmen. Die Kristallite sind somit durch eine amorphe Zwischenschicht verbunden. Als Kristallitdurchmesser werden ca. 1,5 Nanometer angenommen. Diese Abmessung entspricht nur wenigen SiO_4 -Baueinheiten, und es ist fragwürdig, ob noch von einem Kristallgitter gesprochen werden kann.

Zumindest aber steht die Kristallit-Hypothese nicht im Widerspruch zur Röntgenstrukturanalyse, denn eine derart feinkristalline Struktur würde ebenfalls »röntgenamorph« erscheinen, das heißt keine scharfen Linien im Röntgenspektrum aufweisen.

Netzwerk-Hypothese

Das im Jahr 1932 von W. H. Zachariasen (1906–1979) entwickelte Modell beruht auf der Vorstellung, dass sich beispielsweise bei einem Siliziumdioxid-Glas die SiO_4 -Tetraeder zu einem dreidimensionalen, statistisch ungeordneten Netzwerk verknüpfen.

Der wesentliche Unterschied zwischen einem kristallinen und einem glasigen Netzwerk liegt in der Symmetrie und in der Periodizität, die bei Ersterem vorhanden sind, bei Letzterem aber fehlen. Ansonsten wird angenommen, dass die chemischen Bindungskräfte im Glas sich nicht wesentlich von denen im entsprechenden Kristall unterscheiden.

Zachariasen hat empirische Regeln für die Glasbildung von Oxidsystemen aufgestellt. Sie besagen, dass die Koordinationszahl des Kations (A) 3 oder 4 beträgt, dass das Sauerstoffion nicht an mehr als zwei Kationen gebunden sein darf und dass die Verknüpfung der Sauerstoff-Polyeder über gemeinsame Ecken (sogenannte Brückensauerstoffe) erfolgt. Diese Bedingungen werden von den Oxiden vom Typ AO_2 , A_2O_3 und A_2O_5 erfüllt, damit sind die klassischen Glasbildner (Netzwerkbildner) SiO_2 , B_2O_3 und P_2O_5 erfasst.

Der Einbau von Metalloxiden (sogenannte Netzwerk-wandler wie Li_2O , Na_2O , K_2O , CaO , MgO etc.) in die Netzwerkbildnerstrukturen setzt den Vernetzungsgrad herab.

Basis von Siliziumdioxid (SiO_2), Bortrioxid (B_2O_3) oder Phosphorpentoxid (P_2O_5) – sogenannte Glasbildner –, also Silikate, Borate und Phosphate.

Diese Systeme bestehen in ihrer kristallinen Struktur aus periodisch angeordneten Ring- oder Kettenstrukturen von identischen Molekül-Baueinheiten. Bei der Abkühlung können sich komplexe Kristallstrukturen häufig nicht aus der Schmelze bilden, da die Zeit nicht ausreicht, um die Umlagerung der Baueinheiten zu ermöglichen. Die Kristallisation wird dann unterdrückt, die Struktur der eingefrorenen Flüssigkeit (Schmelze) bleibt erhalten.

Unterschiedliche Vorstellungen der Struktur

Die Röntgenstrukturanalyse von Gläsern zeigt, dass beispielsweise bei Silikatgläsern die Anordnung um das Siliziumatom dieselbe ist wie bei kristallinen Silikaten, nämlich tetraedrisch in Form von SiO_4 -Baueinheiten. Es existiert also dieselbe Nahordnung wie im Kristall, aber keine für die kristalline Struktur typische Fernordnung (siehe Abb. 3).

Die Existenz einer Nahordnung ist charakteristisch für oxidische Gläser, sie gehören daher nicht zu den »amorphen« Substanzen – die durch eine völlige Abwesenheit von Ordnungsstrukturen gekennzeichnet sind. Die Charakterisierung nicht kristalliner (amorpher, glasiger) oder teilkristalliner Strukturen (Quasikristalle) ist nach wie vor eine der Herausforderungen der Festkörperphysik.

Die experimentelle Schwierigkeit, Ordnungsstrukturen in Gläsern zu erfassen, hat dazu geführt, dass sich unterschiedliche Vorstellungen zur Struktur des Glases entwickelten. Historisch am interessantesten sind die Kristallit- und die Netzwerk-Hypothese.

Dadurch werden im Netzwerk größere Hohlräume gebildet, in die sich die Netzwerkwandler-Kationen einlagern. Die mitgeführten Sauerstoffionen (Trennstellensauerstoffe) nehmen die freien Ecken der getrennten Polyeder ein (Abb. 4 und 5).

Die geringere Vernetzung führt zu einer Verminderung der Schmelztemperatur und der Viskosität. Nur dadurch wird die Herstellung von Silikatgläsern bei Temperaturen von 1300 bis 1400 °C ermöglicht; SiO₂ (Quarzsand) schmilzt erst bei über 2000 °C. Alkalioxide werden daher auch als Flussmittel bezeichnet.

Reale Glasstrukturen

Die modernen, vielfältigen experimentellen Möglichkeiten, auch nicht kristalline Strukturen zu untersuchen, zeigen auf, dass Gläser weder so statistisch regellos aufgebaut sind, wie es die Netzwerk-Hypothese postuliert, noch in kleinen Bereichen eine derart hohe Ordnung aufweisen, wie es die Kristallit-Hypothese annimmt. Reale Glasstrukturen enthalten meist Merkmale beider Hypothesen, wobei die Netzwerk-Vorstellung weitgehend zutrifft. Häufig liegen jedoch Ordnungszustände vor, die über die Nahordnung hinausgehen. Abhängig von der chemischen Zusammensetzung können in Gläsern Entmischungen auftreten. Diese Phänomene sind auf die Bildung einheitlicher Baugruppen im Sinne stabiler chemischer Verbindungen zurückzuführen, sie äußern sich als tröpfchenförmige Mikroheterogenitäten in einer Hauptglasphase oder als eine gegenseitige Durchdringungsstruktur (spinodale Entmischung) zweier unterschiedlich zusammengesetzter Gläser.

Die Mikrophasen befinden sich häufig in einem »vorkristallinen« Zustand auf dem Weg zur Kristallbildung. Oft sind sie bei entsprechender Temperaturbehandlung die Auslöser (Keime) einer unerwünschten Auskristallisation (Entglasung) oder einer gewünschten Kristallisation für die Herstellung von Glaskeramiken.

Auf einer spinodalen Flüssig-flüssig-Entmischung basiert die Herstellung des sogenannten Vycor®-Glases. Das Ausgangssystem für dieses Glas ist ein Natrium-Borosilikatglas, das sich durch geeignete Wärmebehandlung in eine SiO₂-reiche und in eine Natrium-Borat-Phase entmischt. Da sich beide Phasen durchdringen, lässt sich die säurelösliche Borat-Phase entfernen, während eine säureunlösliche, mikropo-

röse, aus 96 Prozent bestehende SiO₂-Phase erhalten bleibt. Sie wird bei ca. 1000 °C zu einem dichten Glas gesintert.

Vycor®-Glas kann als Ersatz für Quarzglas aufgefasst werden, mit dem Vorteil einer wesentlich geringeren Schmelztemperatur. Ferner lassen sich im porösen Zustand Farboxide einlagern und einsintern, die zu einem Farbglas mit einer chemischen Beständigkeit führen, die vergleichbar mit der von Quarzglas ist. Eine direkte Herstellung von farbigem Quarzglas ist dagegen nicht möglich, da sich bei Schmelztemperaturen von 2000 °C Farboxide zersetzen.

Viskoelastisches Verhalten von Glas

Makroskopisch verhält sich die Glasschmelze oberhalb der Glastemperatur T_g wie eine Flüssigkeit – vergleichbar mit Honig – charakterisiert durch die stark temperaturabhängige Viskosität (Newton'sche Flüssigkeit); bei Temperaturen unterhalb T_g verhält sie sich jedoch wie ein spröde-elastischer Festkörper (Hooke'scher Körper), charakterisiert durch den Elastizitätsmodul E.

Im Temperaturbereich um T_g zeigt Glas ein viskoelastisches Verhalten, vergleichbar mit einem knetbaren Teig. Dies lässt sich modellhaft durch die Hintereinanderschaltung einer Feder (Federkonstante E) und eines Stoßdämpfers (Dämpfungskonstante η) veranschaulichen, dem sogenannten Maxwell-Körper (Abb. 6).

Es lässt sich ableiten, dass in Abhängigkeit von der Dauer einer externen Einwirkung (mechanische Spannungen) zeitlich verzögerte Auswirkungen (Dehnungen) hervorgerufen werden – man spricht von einer Nachwirkungs- oder Relaxationserscheinung.

In erster Näherung lässt sich die zeitliche Verzögerung (Relaxationszeit) durch das Verhältnis $\tau = \eta/E$ berechnen. Je nach Dauer der Experimentier- bzw. Observationszeit (im Verhältnis zur Relaxationszeit) überwiegt das viskose oder das elastische Verhalten des Glases.

Eine kurzzeitige, schlagartige Krafteinwirkung auf den Maxwell-Körper aktiviert nur die Feder, nicht dagegen den trägen Stoßdämpfer. Selbst ein Glasschmelzstrang, der mit einer Schlagschere durchtrennt wird, verhält sich spröde-elastisch und hinterlässt kurzzeitig eine Bruchfläche. Im anderen Extremfall aktiviert eine Langzeit-Krafteinwirkung selbst bei einem festen Glas den viskos wirkenden Stoßdämpfer und

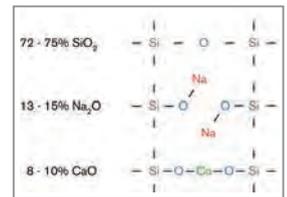


Abb. 4: Schematische Darstellung der SiO₂-Netzwerkspaltung durch Netzwerkwandler-Kationen in einem Kalknatron-Silikatglas.

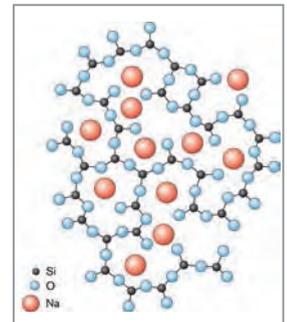


Abb. 5: Struktur eines Natrium-Silikatglases.

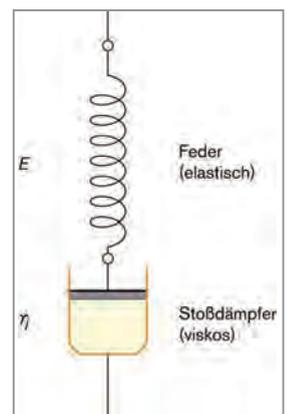


Abb. 6: Maxwell-Körper; Veranschaulichung des viskoelastischen Verhaltens von Glas.



Die Glasprismen von Joseph von Fraunhofer sind ausgestellt in der Akademiesammlung des Deutschen Museums.

»Montes fluxerunt a facie Domini ...«

»Die Berge ergossen sich vor dem Herrn ...«
(Ri 5, 5)

führt zu einem Verformungsprozess (bei Zimmertemperatur allerdings erst nach ca. 30 Milliarden Jahren!). Das Verhältnis von Relaxationszeit zu Beobachtungszeit wurde vom niederländischen Glaswissenschaftler J. V. Stevels als Deborah-Zahl (DZ) definiert unter Bezug auf die Prophetin des Alten Testaments (Buch der Richter 5, 5), die sich die Berge vor dem Herrn (d.h. die Beobachtungszeit wird unendlich groß, somit

$DZ = \tau/t_{ob} \ll 1$) viskos fließend vorstellen konnte. Die Legende, dass jahrhundertalte Kirchenfensterscheiben durch viskoelastisches Fließen am unteren Rand dicker als am oberen seien, ist damit widerlegt. Die mittelalterlichen Glasscheiben konnten häufig nicht völlig planparallel hergestellt werden, so findet man Scheiben mit einem dickeren Rand sowohl nach oben als auch nach unten eingebaut. ■

Glas – ein Werkstoff mit vielen Eigenschaften

Die Flüssigkeitsstruktur des Glases ist die Voraussetzung für die einzigartige Vielfalt der Glasherstellung:

- (1) In den bei Schmelztemperaturen niedrig viskosen Glasschmelzen lassen sich Zusatzoxide gut lösen und daher homogen verteilen; somit wird eine Vielzahl von Glaszusammensetzungen (allein 200 verschiedene optische Gläser) mit einem großen Spektrum an Eigenschaften (optischen, thermischen, elektrischen und chemischen) ermöglicht.
- (2) Wie bei keinem anderen Werkstoff lässt sich eine derartige Vielfalt von Formgebungsverfahren realisieren. Die stark temperaturabhängige Viskosität des Glases erlaubt, über die Verarbeitungstemperatur die für jede Art der Formgebung optimale Verarbeitungviskosität einzustellen. So kann Glas durch Blasen, Gießen, Walzen, Schleudern, Ziehen oder Pressen geformt werden. Da Glas nach der Herstellung seine Flüssigkeitsstruktur beibehält, ergeben sich hieraus weitere herausragende Eigenschaften:
 - (a) Die eingefrorene Struktur einer Flüssigkeit führt zu isotropen, also richtungsunabhängigen Eigenschaften. Somit ist Glas der optische Werkstoff par excellence.
 - (b) Die Flüssigkeitsstruktur zeichnet sich durch die Abwesenheit von Inhomogenitäten und Korngrenzen (wie etwa bei Metallen) aus. Feuerpolierte Glasoberflächen sind so ein ideales Substratmaterial für Funktionsschichten (u. a. Spiegel, Antireflexschichten, Wärmeschutzschichten), da sie lediglich eine »atomare« Rauigkeit aufweisen.
 - (c) Die Flüssigkeitsstruktur lässt sich durch Flüssig-flüssig-Entmischungen oder durch partielles Auskristallisieren modifizieren. Dabei entstehen Gläser mit kristallin-glasigem Mikrogefüge – die Glaskeramiken, die zu einer Ausweitung des Eigenschaftsspektrums führen.



DER AUTOR

**Prof. Dr. rer. nat.,
Dr.-Ing. habil.,
Dr.-Ing. E. h.
Helmut A. Schaeffer**
wirkte als Professor für
Werkstoffwissenschaften an
der Universität Erlangen-
Nürnberg (1982–2002)
sowie als Geschäftsführer
der Deutschen Glastechni-
schen Gesellschaft und
der Hüttentechnischen Ver-
einigung der Deutschen Glas-
industrie (1985–2003).

DAS GLÜCK VOM GLAS

Ob Glühbirne, Fensterscheiben, Brillen oder Spiegel – Glas zählt zu den wichtigsten Materialien unseres Alltags. Denn es vereint viele praktische und vor allem sehr verschiedene Eigenschaften: Es ist durchsichtig, sehr hart, scharfkantig und langlebig, zugleich aber auch zerbrechlich. Auch Wissenschaft und Technik setzen auf Spezialgläser in allen Formen, Farben und Größen – von riesigen Teleskopspiegeln bis zu winzigen Kristallen. Denn der durchsichtige Stoff lässt sich veredeln und wird dadurch zum Beispiel hitzebeständig, bruchsicher, glatt oder selbstreinigend – die Liste der möglichen Glaseigenschaften ist lang. Und sein Potenzial ist sicher noch nicht ausgeschöpft.

Von Caroline Zörlein und Ulrike Feigl





Ein gläserner Leuchter aus den Glaswerkstätten von Murano bei Venedig.

Eine kurze Glasgeschichte

Nicht nur der Mensch kann Glas herstellen, sondern auch die Natur. Natürliches Glas entsteht, wenn sich beispielsweise Lava besonders schnell abkühlt. Das Ergebnis ist zwar nicht durchsichtig, wie wir es heute kennen, aber die Steinzeitmenschen nutzten die scharfkantigen Splitter, um Waffen oder Werkzeuge herzustellen, oder einfach als Schmuck.

Bis Glas künstlich hergestellt werden konnte, dauerte es noch eine Weile. Das erste »richtige« Glas in Form von Perlen und Glasuren erzeugten vermutlich die Ägypter um 3.500 vor Christus – und das war ebenfalls nicht durchsichtig. Diese Eigenschaft kam erst ein paar Tausend Jahre später hinzu, als die Schmelztechnik weiterentwickelt wurde. Bald danach gab es die ersten Glasfenster. Die ältesten erhaltenen Glasfenster stammen aus römischen Badeanstalten. Sie waren etwa im alten Rom großer Luxus, weil sich nicht jeder so etwas leisten konnte. Auch der römische Kaiser Nero war begeistert von dem neuen Material: Er kaufte einen ägyptischen Glasbecher für den Wert von 7.800 Kilogramm Silber.

Billiger wurden die Produkte erst, als neue Verarbeitungsmethoden entwickelt wurden, zum Beispiel das Glasblasen: Dabei wird ein zäher, heißer Glasklumpen mit einem Metallrohr aufgenommen und wie eine Seifenblase aufgepustet. So ließen sich Vasen oder Becher herstellen. Die Kunst der Glasherstellung wurde in den ersten Jahrhunderten nach Christus in Westeuropa und im Mittelmeerraum bekanntgemacht. Sogar bis nach China wurden Glaswaren verbreitet. Immer größere Glasschalen und -gefäße wurden hergestellt und neue Produktionsverfahren entwickelt. Später, im Mittelalter bis ins 17. Jahrhundert, kam das beste Glas aus Venedig: Es war kristallklar, farblos und glänzend.

Vom Handwerk zum Fließband

Lange Zeit war die Glasproduktion ein Handwerk, bei dem immer nur einzelne Stücke gefertigt wurden. Erst etwa im 19. Jahrhundert entwickelte man Techniken zur automatisierten Produktion. Zu dieser Zeit begannen Wissen-



Der Glaskelch des ägyptischen Pharaos Thutmosis III. gilt als das älteste Glasgefäß der Welt. Es wurde 1450 vor Christus hergestellt. Ausgestellt ist er im Ägyptischen Museum in München.

schaftler, Glas genau zu untersuchen und zu verbessern, wie die zwei deutschen Forscher Otto Schott und Ernst Abbé. Mit diesem Wissen ließen sich spezielle Gläser entwickeln, die gegen große Hitze oder Druck beständig waren oder Licht besonders gut bündeln konnten. Um 1900 wurde die Herstellung von Glasplatten, auch Flachglas genannt, und Hohlglas, wie Röhren, Kugeln oder Schüsseln, automatisiert. Besonders das sogenannte Floatglas-Verfahren ist heute von großer Bedeutung. 95 Prozent der weltweiten Flachglasproduktion beruhen darauf: Dabei fließt die Glasschmelze aus einer Wanne in die Floatkammer, in der sich ein Bad aus flüssigem Zinn befindet.

Ähnlich wie Öl auf Wasser breitet sich die Schmelze vollkommen eben und gleichmäßig auf der Zinnoberfläche aus. Vom kälteren Ende her, wo das Glas bereits fest geworden ist, wird es wie von einem Fließband gezogen und anschließend in einem Kanal abgekühlt. Erst dann wird es in einzelne Scheiben geschnitten. Die Floatglas-Anlagen sind entsprechend groß – manche bis zu einem Kilometer lang.

INS GLAS GESCHAUT

Nimm 60 Teile Sand, 180 Teile Asche aus Meerespflanzen, 5 Teile Kreide – und Du erhältst Glas.« So lautet das älteste bekannte Glasrezept aus dem Jahre 650 vor Christus. Werden diese Zutaten bei 1.400 Grad Celsius geschmolzen, zeigt die Schmelze nach dem Erkalten ein besonderes Merkmal: Sie ist durchsichtig. Und dieses Phänomen hat das Leben der Menschen stark beeinflusst. Warum Glas transparent ist, hängt vor allem mit dem Licht zusammen. Genau genommen ist Glas nämlich genauso »durchsichtig« wie jeder andere Stoff. Nur weil das Material das für den Menschen sichtbare Sonnenlicht passieren lässt, wirkt es für unsere Augen transparent.

Aber es gibt noch andere Sorten von Lichtwellen wie zum Beispiel Infrarotwellen, die von warmen Gegenständen ausgesendet werden. Für diese Wärmestrahlung sind Glasscheiben eine unüberwindbare Barriere. Könnten unsere Augen also nur Infrarotwellen wahrnehmen, wäre Glas für uns undurchsichtig.

Quarzsand, Soda und Pottasche sind die wichtigsten Rohstoffe zur Glasherstellung.

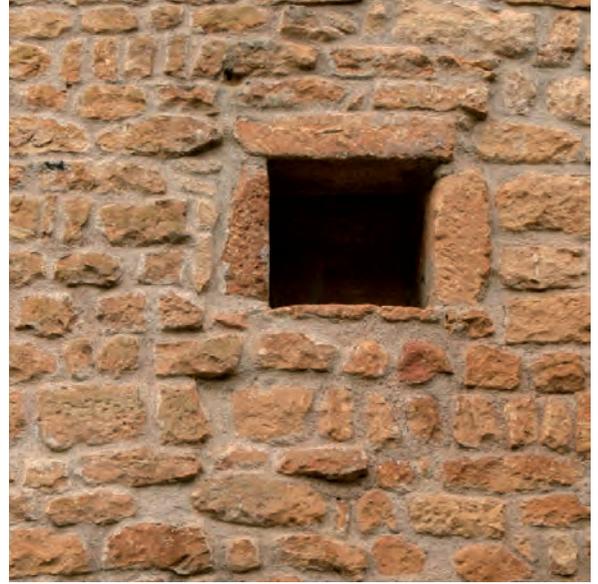
Vom Windloch zum gläsernen WOLKENKRATZER

H heute sind Fensterscheiben nichts Besonderes – früher waren sie purer Luxus. Fensterscheiben wurden jahrhundertlang mit der Glasmacherpfeife geblasen, aufgeschnitten und flach ausgewalzt. Es gab nur kleine Scheiben oder einfache, runde Butzenscheiben mit einem Durchmesser von bis zu 15 Zentimetern. Sie haben in der Mitte eine Erhöhung, den Butzen oder Nabel. Aus dem englischen Wort für Fenster – window – lässt sich ableiten, dass damit lediglich ein »Windloch« gemeint ist, also eine kleine Öffnung in der Hauswand. Um Kälte und Wind abzuhalten, wurden die Löcher lange mit Pergament oder Leinen verhängt, damit ein wenig Licht ins Hausinnere drang.

Bis ins Mittelalter gab es Fensterscheiben nur in den Häusern reicher Leute oder in öffentlichen Gebäuden. Und die durchsichtigen Scheiben waren auch wesentlich kleiner als heute, höchstens einen Meter lang und breit. Größere Flächen hat man einfach aus mehreren Einheiten zusammengesetzt. So entstanden auch die Glasbilder von Kirchenfenstern. Heutzutage gibt es große und kunstvolle Gebäude aus Glas, wie die Louvre-Pyramide in Paris oder das chinesische Nationaltheater in Peking. Ein besonderes Beispiel für Baukunst mit Glas steht auf der chinesischen Insel Taiwan: das »Taipei 101«, wie es nach der Anzahl seiner Stockwerke kurz genannt wird. Es ist mehr als 500 Meter hoch und mit



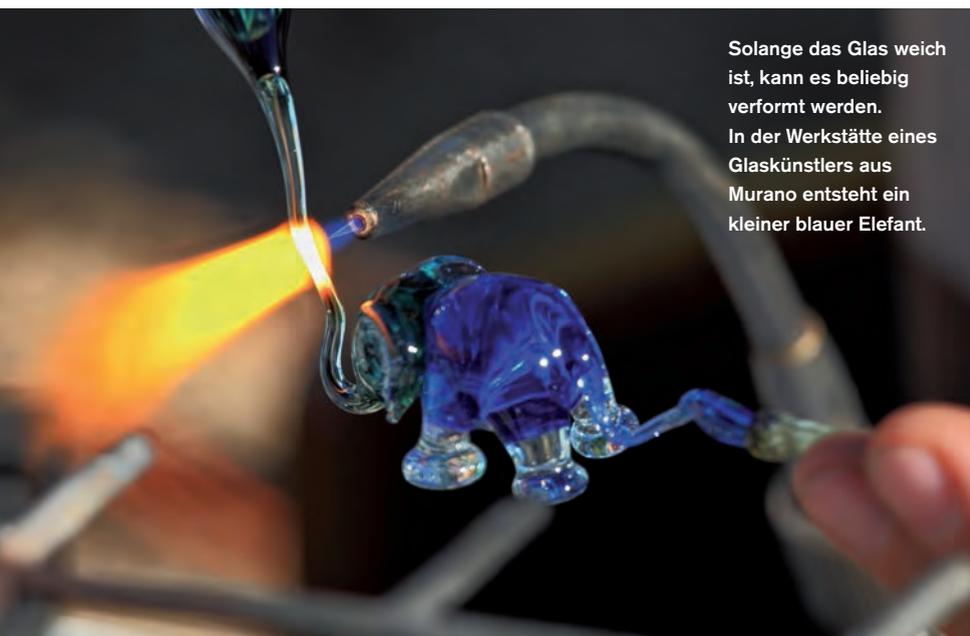
Das »Taipei 101«, wie es nach der Anzahl seiner Stockwerke kurz genannt wird. Es ist mehr als 500 Meter hoch.



120.000 Quadratmetern Glas verkleidet – eine Fläche so groß wie 20 Fußballfelder. Und dieses Hochhaus muss einiges aushalten, denn Erdbeben und Wirbelstürme sind in Taiwan nicht selten. Um diesen Naturgewalten zu trotzen, mussten sich die Baumeister etwas ausdenken: Sie verankerten das Gebäude mit 557 Pfeilern aus Stahlbeton im Boden. Zudem soll ein riesiges Pendel, das im Inneren des Turms aufgehängt ist, die Bewegungen des Hochhauses ausgleichen. Außerdem sind die Glasscheiben beweglich angebracht, damit sie nachgeben, wenn ein starker Wind gegen sie bläst.

Glas ist ziemlich vielseitig. Aus dem einfachen Fensterglas ist mittlerweile ein Hightech-Produkt geworden: Moderne Glasfassaden sind Windschutz, Sonnenblende, Schallschutz und Klimaanlage zugleich. Das funktioniert durch »intelligente« Beschichtungen, die je nach Temperatur das komplette Sonnenlicht durchscheinen lassen oder die wärmende Strahlung abschirmen. Es gibt auch Glas, das sich automatisch verdunkelt, sobald die Sonne zu stark ist – so heizen sich die Innenräume nicht zu schnell auf.

ERSTARRTE SCHMELZEN



Solange das Glas weich ist, kann es beliebig verformt werden. In der Werkstätte eines Glaskünstlers aus Murano entsteht ein kleiner blauer Elefant.

O b farbige Kirchenfenster, Panzerglas oder kunstvoll geschwungene Vasen – gemeinsam ist ihnen der sogenannte Glaszustand. Wissenschaftler waren anfangs sehr überrascht, dass sie im Glas keine weiträumig geordnete Struktur entdeckten, wie sie es von Kristallen gewohnt waren. Denn Glas ist kein Paradebeispiel für einen Feststoff, sondern es zeigt auch Eigenschaften einer Flüssigkeit. Auf der einen Seite ist Glas zerbrechlich – und auf der anderen Seite aber auch langlebig und sehr biegsam: Stark erhitzt lässt es sich in die unterschiedlichsten Formen bringen.

Man bezeichnet Glas deswegen auch als erkaltete Flüssigkeit. Im Gegensatz zu Kristallen, die über weite Bereiche geordnete Strukturen von Atomen und Molekülen aufweisen, sprechen Experten bei Glas von einem sogenannten amorphen Feststoff: Zwar gibt es Molekül-Inseln und eine Mischung von gut und weniger gut geordneten Bereichen. Dennoch sind ihre Plätze nicht fest vergeben: Theoretisch können die Glasmoleküle wie in einer Flüssigkeit überall hinwandern. Sie sind also in einem Zustand zwischen fest und flüssig hängen geblieben und immer noch in Bewegung, wenn auch extrem langsam.

SPIEGLEIN, SPIEGLEIN

Dass die Menschen ihr eigenes Ebenbild sehen konnten, hat sie schon immer fasziniert. Der erste Spiegel war wahrscheinlich eine glatte Wasseroberfläche. Und in der Vergangenheit hat man alles versucht, die Spiegelung nachzuahmen: Man behalf sich mit spiegelnden Steinen, später mit glänzenden Metalloberflächen. Schon die alten Ägypter kannten Handspiegel aus polierter Bronze. Im Mittelalter kamen die ersten Glasspiegel auf. Dabei wurde eine Glasseite mit einer dünnen Schicht aus Zinn überzogen und dann mit Quecksilber begossen. Auf diese Weise entsteht Amalgam, eine chemische Verbindung der beiden Metalle, die eine gut reflektierende Oberfläche besitzt.

In der Barockzeit des 17. Jahrhunderts wurden die königlichen Schlösser teilweise großzügig mit Spiegeln ausgestattet: Die Herrscher genossen den hellen Glanz des Materials, das den Räumen eine neue Pracht verlieh. Vor allem Ludwig XIV. von Frankreich, auch bekannt als der Sonnenkönig, ließ in seinem Schloss von Versailles einen Saal mit 300 Spiegeln auskleiden. Diese erste Spiegelgalerie wurde in ganz Europa nachgeahmt.

Bis Mitte des 19. Jahrhunderts war die Spiegelherstellung eine ziemlich ungesunde Angelegenheit: Denn das verwendete Quecksilber bildet sehr giftige Dämpfe. Dann erfand der Chemiker Justus von Liebig die Verspiegelung mit Silber, was die Arbeitsbedingungen der Handwerker erheblich verbesserte. Allerdings war der Quecksilber-Spiegel noch länger bei den Frauen sehr beliebt, weil er die damals moderne Gesichtsbilse zur Geltung brachte. Erst als diese Spiegel verboten wurden, setzten sich die neuen Silberspiegel durch.

Im Schloss Versailles ließ der französische König Ludwig XIV. einen ganzen Saal mit Spiegeln auskleiden (Bild unten). Der bayerische König Ludwig II. baute diesen Saal nach: Im Schloss Herrenchiemsee kannst du ihn besichtigen.



MITMACHEN UND GEWINNEN! Wir verlosen wieder schöne Bücher.

Rätselfragen:

Wie entsteht natürliches Glas?

- a) wenn Lava sehr schnell abkühlt
- b) wenn Wasser langsam abkühlt
- c) es gibt kein natürliches Glas

Mit welchem Verfahren werden heute Fensterscheiben hauptsächlich hergestellt?

- a) Glasblasen
- b) Floatanlagen
- c) Auswalzen

Woher stammte im Mittelalter das edelste Glas?

- a) aus Berlin
- b) aus Venedig
- c) aus New York

Sende deine Lösung per E-Mail an:

mikromakro@publishnet.de

oder per Post an: Redaktion »MikroMakro«,
Günderodestraße 24, 81827 München

Einsendeschluss ist der 15. August 2012.

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

Lösungen des Rätsels aus Kultur & Technik 2/2012

Welche Fischart gilt in der Nordsee als überfischt?

Antwort b: der Kabeljau

Welche Energie nutzt die Monte-Rosa-Hütte?

Antwort a: Sonnenenergie

Gewinner aus Kultur & Technik 2/2012

Adrian Pitschel, Andreas Fabian Reiter, Judith Jenne



Als »Laue-Apparatur« wird dieser Experimentiertisch den Besuchern des Deutschen Museums präsentiert. Max von Laue aber hat an diesem Tisch nie gearbeitet. Auch die Anordnung ist nicht original, sondern wurde rekonstruiert.

Laue, es handelt sich dabei um Wellen, dann sollten sich, wenn diese von in einem Kristall regelmäßig angeordneten Atomen ausgesandt werden, die für Wellen typischen Überlagerungen (Interferenzen) zeigen. Er überredete einen Assistenten Sommerfelds (Walter Friedrich) und einen Doktoranden Röntgens (Paul Knipping), ein solches Experiment durchzuführen.

Wellen und Gitter

Sommerfeld hielt jedoch nichts von Laues Idee, denn es gab schwerwiegende physikalische Einwände dagegen. Tatsächlich zeigten die ersten Versuche auch keinerlei Interferenzmuster. Erst als Friedrich und Knipping den Versuch etwas abwandelten, zeigten sich Punktemuster. Sie kamen anders zustande, als sich das Laue gedacht hatte, bewiesen aber dennoch, dass es sich bei Röntgenstrahlen um Wellen handeln musste. Gleichsam nebenbei war damit auch klar, dass Kristalle aus einem regelmäßigen Gitter von Atomen bestanden. Man konnte die Laue'sche Methode also auch dazu benutzen, um die Gitterstruktur von Kristallen näher zu erforschen.

Laue wurde für diese Entdeckung 1914 mit dem Physiknobelpreis ausgezeichnet. Da war es nicht verwunderlich, dass Oskar von Miller, der Gründer des Deutschen Museums, bald ein Auge auf das Experiment warf. Röntgenstrahlen sollten im Deutschen Museum in einem Raum über »elektrische Strahlen« museal aufbereitet werden. »In dieser Abteilung fehlt uns noch die erste, von Ihnen und Herrn Dr. Knipping verwendete Versuchsanordnung zur Erzeugung der Interferenzbilder an Kristallen mittels Röntgenstrahlen«, schrieb Oskar von Miller am 19. Januar 1920 an Walter Friedrich als dem verantwortlichen Experimentator des Entdecker-Trios.

Friedrich war nach dem Ersten Weltkrieg nicht mehr Assistent von Sommerfeld, sondern Privatdozent am Institut für Physik der Universität Freiburg. Er erklärte sich aber trotzdem »gerne bereit«, dem Museum zu der Apparatur zu verhelfen. Er wollte die Einzelteile, so schrieb er dem Museumsgründer, »soweit sie noch vorhanden sind«, von München nach Freiburg transportieren lassen, wo er die Apparatur wieder in ihren Originalzustand von 1912 bringen wollte. Dies war jedoch nur noch teilweise möglich, denn die ursprünglich benutzte Apparatur war längst durch eine ver-

Mythos »Original«

Max von Laue (1879–1960) war theoretischer Physiker.

Wie kommt es, dass eine Experimentierapparatur seinen Namen trägt und zu den Meisterwerken des Deutschen Museums zählt? Von Michael Eckert

Die Geschichte des »Laue-Experiments« begann vor hundert Jahren im Institut für theoretische Physik an der Universität München, wo sich ein Kreis von ambitionierten Theoretikern – darunter auch Max von Laue – um Arnold Sommerfeld scharte. Eine der großen Herausforderungen für die Physiker jener Jahre galt den Röntgenstrahlen. Handelte es sich dabei um Wellen oder Teilchen? Im Frühjahr 1912 hatte Laue eine Idee, wie man dieses Rätsel lösen konnte. Wenn man Atome mit Röntgenstrahlen beschießt, emittieren diese ihrerseits Röntgenstrahlen. Angenommen, so sagte sich



Der Physiker Max von Laue erhielt für seine Entdeckung der Beugung von Röntgenstrahlen durch Kristalle den Nobelpreis für Physik.

besserte Anordnung ersetzt worden. Nur das für die Feinjustierung benötigte Goniometer, mit dem der Kristall für die Durchstrahlung in verschiedene Richtungen gedreht werden konnte, und die zugehörigen Beobachtungs- und Ablesevorrichtungen überdauerten diese Veränderungen. Darauf wollte Adolf Kratzer, der nach dem Ersten Weltkrieg Sommerfelds Assistent geworden war, auch 1920 nicht verzichten, da man es für künftige Röntgenstrukturanalysen noch brauchen konnte. Bis alles zur Zufriedenheit der Physiker im Sommerfeld-Institut erledigt war, dauerte es noch über ein Jahr. Erst im August 1921 quittierte der Museumsgründer den Empfang »dieses historisch wichtigen und sehr erwünschten Apparates, der eine besondere Zierde unserer Gruppe ›Elektrische Strahlen‹ bilden wird«. Zuvor hatte das Museum dem Sommerfeld'schen Institut für das Goniometer einen Ersatz besorgt. Am 10. November 1921 bestätigte Sommerfeld dem Deutschen Museum auch noch den Emp-

fang »eines Tisches, einer Tafel Walzblei und eines Röhrenböckchens als Ersatz für den dem Deutschen Museum überlassenen Laue-Apparat«.

Was danach im Deutschen Museum als »Originalapparatur« der Versuchsanordnung aus dem Jahr 1912 gezeigt wurde, war also nur eine aus noch erhaltenen Originalteilen zusammengesetzte Rekonstruktion der ursprünglichen Versuchsanordnung. »Die Original-Röntgenröhre ist zerbrochen«, heißt es im Exponatbogen. »Die hier gezeigte Röhre wurde dem Depot des Deutschen Museums entnommen.«

Die Apparatur wurde dennoch zu einer Ikone der modernen Röntgenstrukturanalyse. Sie erregte so großes Interesse, dass im Sommer 1987 davon sogar einige Teile entwendet wurden. »Die Gegenstände sind für sich genommen – selbst als Souvenir – wertlos«, so machte der Kurator der Physikabteilung den Diebstahl an der »Laue-Apparatur, Inv.-Nr. 57245« aktenkundig. »Das historische Original ist jedoch beträchtlich geschädigt.« Die gestohlenen Teile wurden danach in der Werkstatt des Deutschen Museums nachgebaut und stillschweigend ersetzt.

Irreführung der Betrachter

Für den Besucher heute ist die »Laue-Apparatur« also noch weniger als damals ein Original. Wer diese bei einer Ausstellung außerhalb des Deutschen Museums bewundert, bekommt zudem nur eine Nachbildung zu sehen. Von den Nobelpreisexponaten im Deutschen Museum wurden nämlich Replikat hergestellt, um damit die Nachfrage für externe Ausstellungen zu befriedigen. Dass diesem Exponat der Name des Theoretikers Max von Laue anhaftet, der nie damit experimentiert hat und bei seiner Entdecker-Idee von falschen Voraussetzungen ausging, führt den Betrachter noch mehr in die Irre. Die »Laue-Apparatur« symbolisiert somit nicht nur den Mythos einer Jahrhundert-Entdeckung, sondern auch die Probleme, die mit ihrer musealen Aufbereitung in einem Museum von »Meisterwerken« entstehen. ■

Zum Thema

Michael Eckert, *Disputed discovery. The beginnings of X-ray diffraction in crystals in 1912 and its repercussions.* In: *Acta Crystallographica A* 68 (2012), S. 30-39.



DER AUTOR

Dr. Michael Eckert

ist Physikhistoriker am Forschungsinstitut des Deutschen Museums. In den letzten Jahren galt seine Arbeit einer Biografie des theoretischen Physikers Arnold Sommerfeld, die 2013 erscheinen wird.



Athanasius Kircher war einer der großen Universalgelehrten der Barockzeit. 1651 richtete er eine Kunstkammer ein, die Museum und Theater in einem war. Bald war die Kircher'sche Sammlung in aller Munde, nicht zuletzt durch geschickte Werbemaßnahmen Kirchers. Von Alexander Klein

Eine Arche Noah der Dinge

Kaum ein anderes Museum der Frühen Neuzeit wurde schon in der Epoche seiner Entstehung so sehr zum Mythos wie die Kunstkammer des jesuitischen Universalgelehrten Athanasius Kircher (1602–1680). Sie befand sich im Jesuitenkolleg zu Rom, einem Gebäude, das heute noch existiert. Stolz schrieb Kircher im Jahre 1672, in ganz Europa habe sein Museum eine solche Bekanntheit erlangt, dass jeder Fremde es unbedingt gesehen haben müsse, wenn er sich rühmen wolle, in Rom gewesen zu sein. Kircher selbst trug zum Mythos seines Museums wesentlich bei. Seine Berühmtheit als Gelehrter nutzend, machte er auf eine geschickte, geradezu modern anmutende Weise Werbung für seine Bücher. Neben den Mitgliedern der Royal Society in London zählte auch Gottfried Wilhelm Leibniz zu den eifrigen Lesern von Kirchers Werken. Seine europäische Prominenz kam auch der Bekanntheit seines Museums zugute.

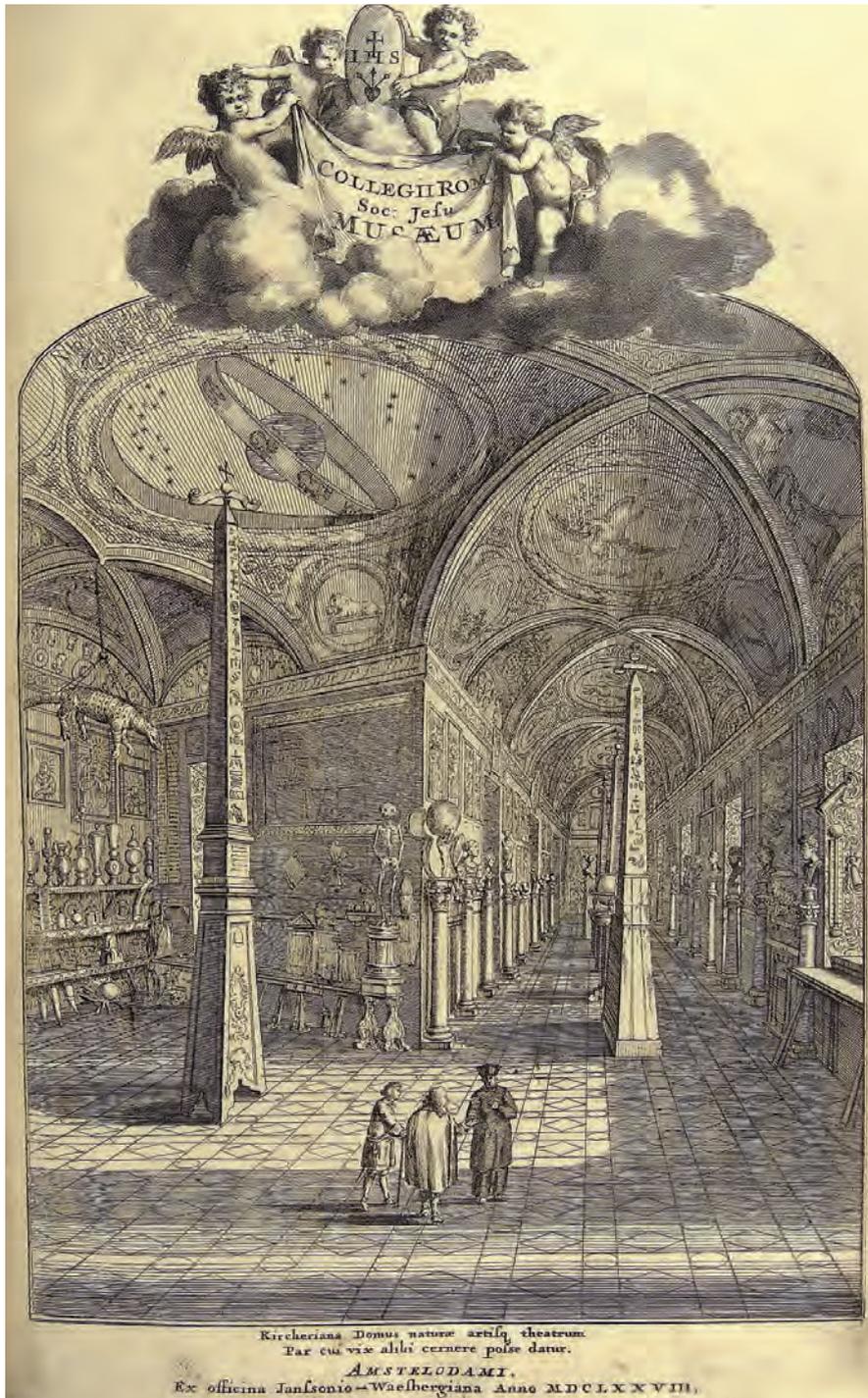
Als besonders bedeutend für den Ruf des Museums sollte sich das Buch eines Schülers von Kircher erweisen: das 1678 veröffentlichte *Musaeum Celeberrimum* des Georgius de Sepibus. Dieses Werk, das Kirchers Museum ausführlich beschrieb, erschien zu einem Zeitpunkt, als es in seiner ursprünglichen Form gar nicht mehr existierte. Schon 1672 war es gegen den Willen Kirchers verlegt und stark verkleinert worden. Das Frontispiz des Buches stellt die Kunstkammer als monumental und geräumig dar und zeigt Kircher persönlich samt zweier Besucher verschwin-

dend klein in den Räumen des Museums. Es ist typisch für die Museumsdarstellungen dieser Zeit, dass oberhalb der Sammlungsräumlichkeiten eine Szene mit Engeln und Wolken gezeigt wird, so dass die Kunstkammer selbst als ein Übergang zwischen irdischer und himmlischer Sphäre erscheint.

Wie aber verhielt es sich mit der realen Kunstkammer Kirchers, die als räumliches Dispositiv nur einige Jahre, von 1651 bis 1672, existierte? Nur ein Teil der Räume lässt sich so rekonstruieren, dass sich von ihnen ein klares und deutliches Bild gewinnen lässt. Anders als das Frontispiz dies vermuten lässt, war das Museum recht klein und befand sich wahrscheinlich im zweiten Stock des Jesuitenkollegs. Insgesamt wird das Kircher'sche Museum nicht größer als 100 Quadratmeter gewesen sein. Ein circa 25 Meter langer, in fünf Raumeinheiten unterteilter Korridor mündete in einen breiteren Raum. Nach oben hin wurde die Kunstkammer durch Kreuzrippengewölbe abgeschlossen. Deckenfresken stellten das geozentrische Weltbild dar. Kircher unterschied drei verschiedene Bereiche des Universums: die Welt der Archetypen jenseits der Sinne, die siderische Welt der Sterne und schließlich die sublunare Welt, die sich aus den Elementen Feuer, Wasser, Erde und Luft zusammensetzte.

Die Sammlung des Museums verkörperte die sublunare Welt; die siderische Welt war in den Gemälden der Decke dargestellt. Die Welt der Archetypen schließlich war dem

Der Jesuit Athanasius Kircher lehrte und forschte am Collegium Romanum im Rom.



ten Formulierungen lautete, durch geheime Knoten verbunden. Die heute noch erhaltenen, circa 1,5 Meter hohen Modelle ägyptischer Obelisken, die zu Kirchers Sammlung gehörten und in der Mitte der fünf Ausstellungsbereiche des Museums standen, holten Aspekte des Makrokosmos in den Mikrokosmos des Museums hinein. Sie taten dies auf zweierlei Art und Weise, denn sie verwiesen auf die Obelisken, die in Rom zur Zeit Kirchers zu sehen waren, und sie verwiesen auf deren Herkunftsland Ägypten. Das »Draußen« der Welt wurde im Museum zu einem »Dringen«. Sogar die Zeit wurde in Kirchers Museum zu einem Bestandteil der Ausstellung. Eine Sonnenuhr in der Nähe des Museumseingangs zeigte die Zeit in allen Gegenden an, wo der Jesuitenorden tätig war. Die Uhr war als Olivenbaum gestaltet. Die Wurzeln des Baums bildeten ein römisches Zifferblatt; in den Zweigen befanden sich Zifferblätter, welche die Zeit in den jesuitischen Niederlassungen auf der ganzen Welt anzeigten. Das Gesamtbild der Schatten, welche die Sonnenuhr warf, ergab das Kürzel IHS, das sowohl für Jesus Christus als auch für die Societas Iesu stand. Dieses Kürzel wanderte im Laufe des Tages über die gesamte Uhr, das heißt über die gesamte Welt. Auf diese Weise visualisierte Kircher den Anspruch des katholischen Glaubens auf Weltgeltung.

Gleich hinter dem Eingang der Kunstkammer befand sich das erste Schlüsselexponat – ein drehbarer Medaillenschrank mit sechs Tafeln für Medaillen und Münzen aus zwölf Kaiserreichen, auf dem sich ein Skelett befand. Auf Regalen und Bänken waren Muscheln, Hörner und ein Sägefischrostrum aufgestellt. In einem silbernen Kästchen bewahrte Kircher die Bernsteininkluse einer Eidechse auf. Auch der Unterkiefer sowie ein Rückgratwirbel eines Pottwals zählten zu den gesammelten Naturalia. Wie in allen bedeutenden Kunstkammern, so durfte auch hier ein Krokodil nicht fehlen – das von der Decke hing. Ferner besaß Kircher zwei Mumien, diverse Sarkophage, die Fragmente eines Nilstandmessers, ein japanisches Schwert, ein Kleid der Nakota-Indianer, einen mit Fransen aus Muschelzähnen bestickten Gürtel der Kiriri-Indios aus Brasilien, eine Hängematte aus Mexiko, einen Olfant aus Sierra Leone und viele andere Objekte aus fernen Ländern. Eine Ordnung der Objekte nach eindeutigen und trennscharfen Kriterien gab es in Kirchers Kunstkammer allenfalls ansatzweise. Unterscheidungen nach Objektgattun-

Menschen nicht unmittelbar zugänglich, doch konnte die Seele ihr näherkommen, wenn sie sich auf den Weg zur Wahrheit begab. Kircher verstand seine Kunstkammer als einen solchen Weg – sie war im Grunde genommen ein Bekehrungsprojekt, das auf einer Engführung von Naturwissenschaft und Theologie beruhte.

Alles ist mit allem verbunden

Wie viele frühneuzeitliche Kunstkammern beruhte auch das Museum Kirchers auf der Vorstellung, dass der Makrokosmos der Schöpfung sich im Mikrokosmos einer Sammlung widerspiegeln konnte. Für Kircher war alles in allem enthalten, und alles erschien mit allem, wie eine seiner berühmtes-

Im Jahr 1678 veröffentlichte Giorgius de Sepibus, ein Schüler Athanasius Kirchers, das Buch *Romani Collegii Societatis Jesu Musaeum Celeberrimum*. Das Frontispiz des Buches zeigt einen verklärenden Blick in die Kunstkammer Kirchers.

gen – zum Beispiel Gemälde und Musikinstrumente – wurden neben solchen verwendet, die sich auf Alter, Herkunft, Häufigkeit der Objekte oder auf ihre Stellung im Universum bezogen.

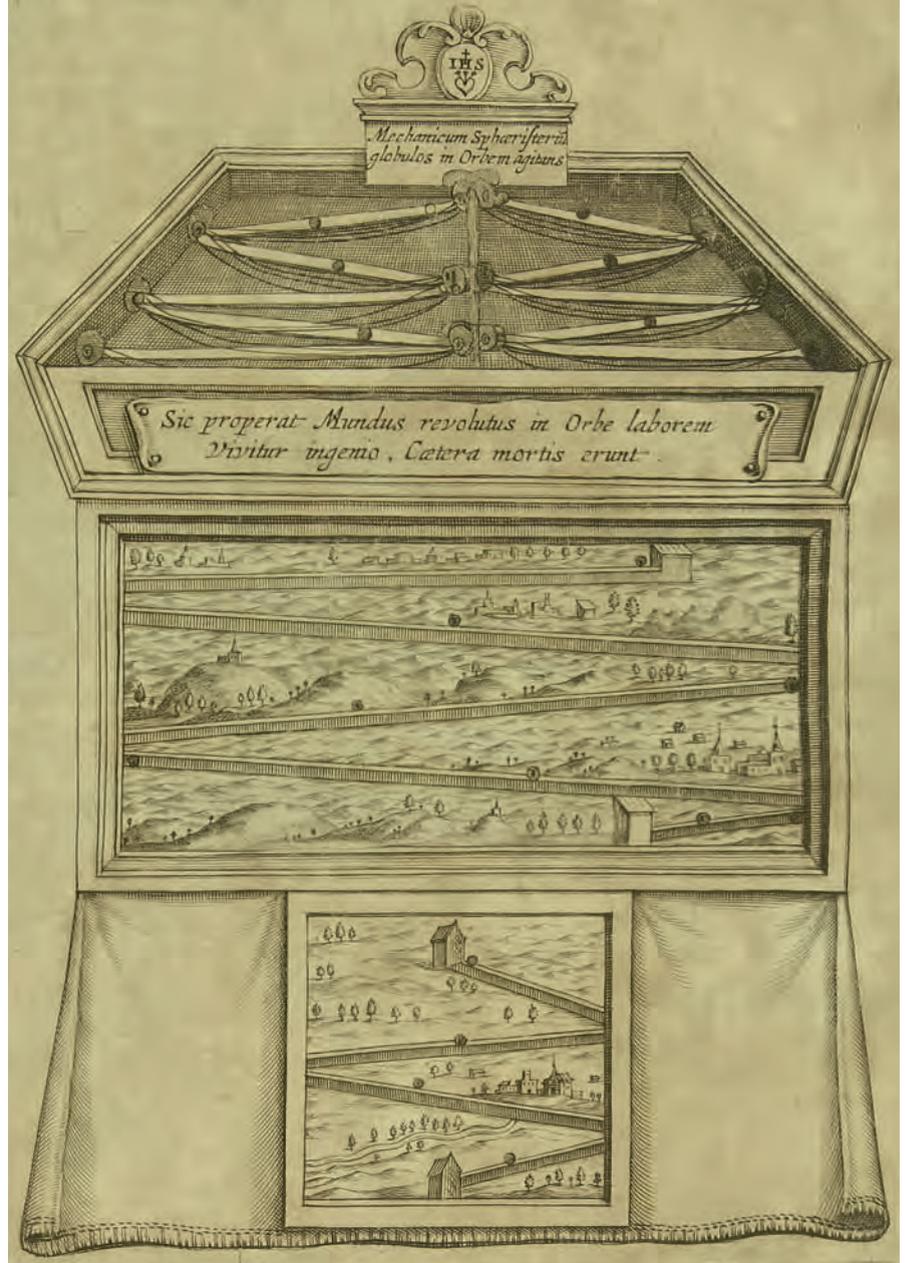
Auf der Suche nach der gemeinsamen Sprache

Das Interesse an der außereuropäischen Welt, das sich in Kirchers Sammlung manifestierte, hatte drei Gründe: Als Universalist wollte er die ganze, dem Menschen zugängliche Schöpfung in seiner Kunstkammer vertreten sehen, zweitens hatte er eine Leidenschaft für Kuriositäten, das heißt für das Seltene, Ungewöhnliche und im weitesten Sinne Merkwürdige, drittens war er als Jesuit natürlich von missionarischem Eifer erfüllt und sammelte Informationen vor allem über solche Völker, die noch nicht katholisch waren.

Ähnlich wie die sammelnden Fürsten seiner Zeit verstand Kircher seine Kunstkammer als seine persönliche Schöpfung, in der sich die Schöpfung Gottes widerspiegelte. Er selbst fühlte sich als Schöpfer – in dem Sinne, wie Noah der Bibel als Schöpfer galt. Für die Gelehrten der Frühen Neuzeit war Noah der Inbegriff des Sammlers, gewissermaßen ein Sammler-Schöpfer. Darüber hinaus war Noah auch ein Gelehrter. Seine Gelehrtheit war von seiner Sammlerexistenz nicht zu trennen, denn er konnte seine Aufgabe, die Tiere der Erde zu sammeln und zu retten, nur dadurch erfüllen, dass er die Natur genau studierte und nicht nur Dinge, sondern auch Wissen sammelte.

Die Arche Noah galt daher als ideale Kunstkammer, der jeder Sammler nachzueifern hatte. Es entsprach den Verpflichtungen, die sich aus dem Vorbild Noah ergaben, dass Sammeln für Kircher nicht nur ein passives Empfangen, sondern auch ein aktives Gestalten war. Das Frontispiz des *Museaeum Celeberrimum* zeigt an zentraler Stelle in den Museumsregalen eine Skulptur des Herkules, der die Welt trägt. Herkules nimmt die Aufgabe des Atlas wahr und verschmilzt gewissermaßen mit ihm.

In der Ikonografie der Frühen Neuzeit steht Herkules für das aktive, Atlas dagegen für das kontemplative Leben. Beide Lebensideale verbinden sich in der Skulptur und werden zum Symbol für eine Sammlungsphilosophie, die sowohl auf passiv-empfangendem Sammeln als auch auf aktiv-gestaltendem Ausstellen beruht.



Mechanische Demonstration mit Kugellaufinne.

Die Kircher'sche Kunstkammer war ihrem Wesen nach ein sprachliches Unterfangen. Sprache hatte nach Auffassung vieler Gelehrter der Frühen Neuzeit eine materielle, dingliche Grundlage. Wie viele Sammler strebte Kircher danach, eine Art Alphabet der Dinge zusammenzustellen und das Universum sprachlich nachzuschöpfen. Das Versammeln der Dinge sollte eine Annäherung an die Ursprache Adams ermöglichen, wodurch man sich erhoffte, die babylonische Diversifizierung der Sprachen rückgängig zu machen und eine Sprache zu schaffen, die jeder Mensch verstehen konnte. Die Gelehrten der Zeit sahen die gesamte Welt als einen Text an. Kircher glaubte, er könne diesen Urtext der Welt lesen, und fasste sein Museum als eine Art Lesemaschine auf – die allerdings nur er bedienen konnte.

Jeder Besuch des Museums brachte die Dinge, die im Museum versammelt waren, im wahrsten Sinne des Wortes zum Sprechen. Die Sprachlichkeit des Kircher'schen Museums trat auch dadurch zutage, dass es ein Theater war, ein Theater der Dinge. Und Kircher selbst machte in seinem Museum Theater – angefangen damit, dass er, wenn sein Besucher ein Empfehlungsschreiben überreichte, seine rechte Hand auf sein Herz legte. Wie jedes Theater, so hatte auch das Kircher'sche Museum ein Publikum. Es bestand durchweg aus handverlesenen



Hydraulische Demonstration
mit archimedischer Schraube.

Leuten wie Prinzen, Kardinälen und Gelehrten, die Kircher persönlich besuchten. Kircher war von populärwissenschaftlichen Bestrebungen, die es durchaus schon im 17. Jahrhundert gegeben hat – man denke an die museumstheoretischen Ausführungen von Leibniz –, weit entfernt. Die meisten der ausgestellten Exponate setzten eine gewisse Gelehrtheit voraus und konnten nur für gebildete Menschen überhaupt verständlich sein.

Auf viele seiner Zeitgenossen wirkte der jesuitische Gelehrte Ende des 17. Jahrhunderts wie ein zu spät Geborener. Denn in mancherlei Hinsicht nahm er die Entwicklung der zeitgenössischen Naturwissenschaften nur oberflächlich zur Kenntnis und vertrat Positionen, deren Unhaltbarkeit immer deutlicher wurde. So hielt er an der geozentrischen Weltansicht fest – an die Möglichkeit eines Vakuums in der Natur glaubte er nicht. Denker wie Descartes ignorierte er. Andererseits hatte sein Denken durchaus auch Züge, die zukunftsweisend waren. Dies trifft vor allem auf die große Bedeutung zu, die Erfahrung und Beobachtung in seinem Denken und bei der Konzeption seines Museums einnahmen.

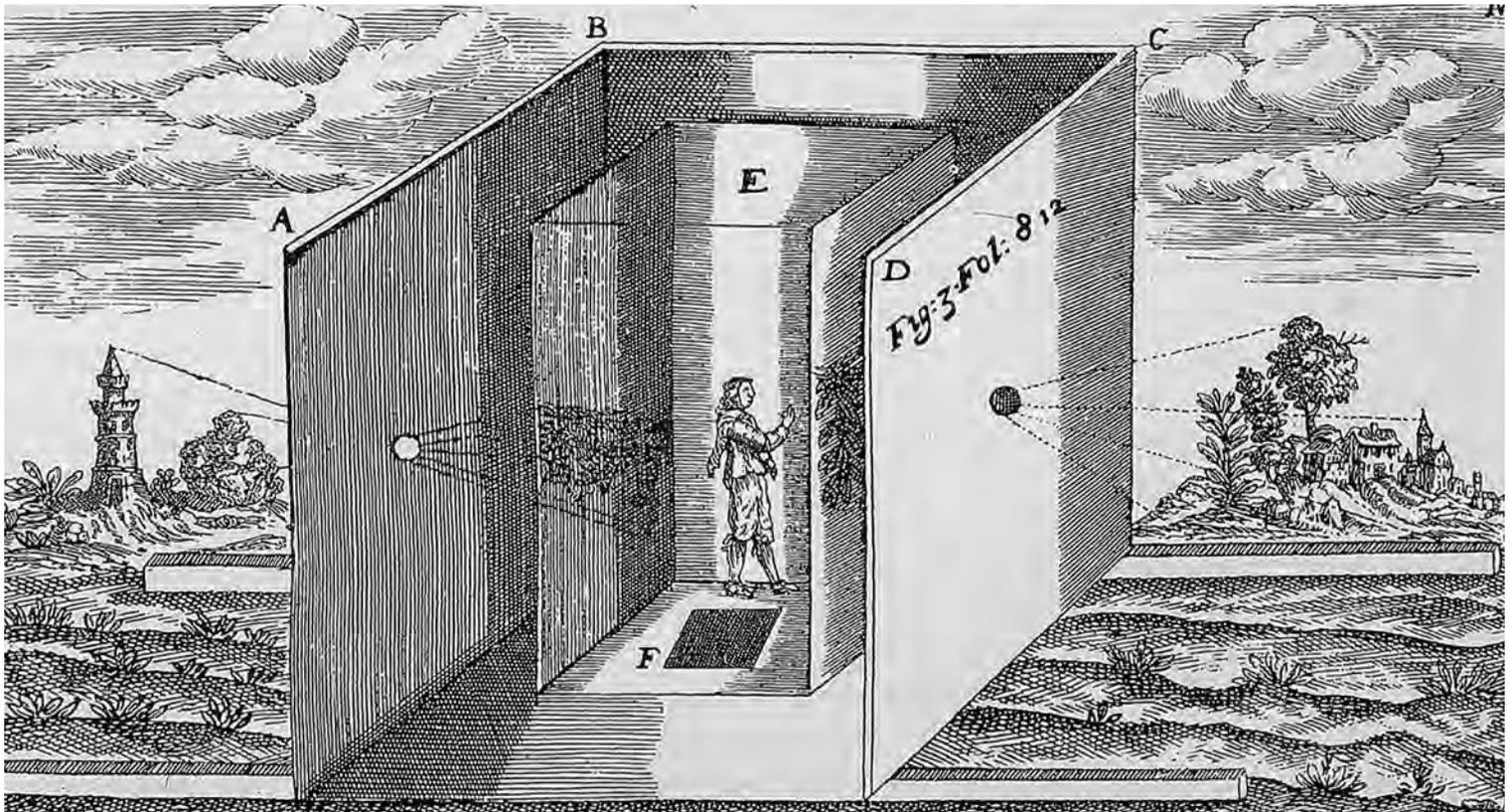
Die berühmtesten Objekte in Kirchers Kunstkammer waren Apparate, die, wenn man sie bediente, natürliche Phänomene zeigten. Unter diesen Apparaten befanden sich ma-

thematische, astronomische, optische, alchemistische und vor allem magnetische Geräte, ferner Perpetua mobilia, Musikinstrumente, hydraulische Maschinen und Kugelspiele. Dies war im 17. Jahrhundert nichts Neues. Schon im Mittelalter hatten vor allem fernöstliche und arabische Länder aufwendige Apparate dieser Art hervorgebracht. Neu allerdings war der Anspruch auf Welterklärung, der hinter den Kircher'schen Geräten stand.

Zu den berühmtesten Demonstrationsapparaten Kirchers zählte das »Delphische Orakel«: Es bestand im Wesentlichen aus einem Sprechrohr, das in einer Statue verborgen war. Das Sprechrohr stellte eine akustische Verbindung der Kunstkammer mit dem Erdgeschoss des Jesuitenkollegs her. Der Kunstkammerbesucher hörte Melodien, die aus der Statue selbst zu kommen schienen, bis Kircher erklärte, dass die Töne im Erdgeschoss erzeugt wurden. Dieser Apparat, der in einer damals schon uralten Tradition der Sprechautomaten stand, hatte auch einen erzieherischen Zweck: Er sollte dem Besucher den illusionären, betrügerischen Charakter heidnischer Praktiken vor Augen halten.

Es war der Hauptzweck der Apparate, beim Besucher einen Zustand der ungläubigen Verblüffung angesichts des Wahrgenommenen zu erzeugen, der durch Kirchers Erläuterungen in ein Verstehen überführt wurde. Das Museumstheater Kirchers machte den Aha-Effekt zum emotionalen und rationalen Angelpunkt des Museumsbesuches. Weniger die Apparate selbst als die von ihnen demonstrierten Wirkungen sollten gezeigt werden. Erstmals in der Geschichte des Museums gab es nun immaterielle Exponate, das heißt Effekte, die allesamt auf Bewegung und Veränderung in der sichtbaren Welt beruhten.

Optische Täuschungen waren besonders wichtige immaterielle Exponate. Ein weiterer Apparat Kirchers zeigte den auferstandenen Christus als Spiegelung in der Luft. Ein Porträt des Papstes Alexander VII. war als anamorphotisches Spiegelbild realisiert – ein Reliefbild, das je nach Betrachtungswinkel eine andere Ansicht präsentierte. Ferner gab es einen katroptischen Kasten. Sah der Besucher in ihn hinein, so erblickte er schier unendliche Säulenreihen, einen reich mit Speisen gedeckten Tisch sowie Schätze und Geld. Die Darstellung des Geldes war angeblich so realistisch, dass einige Besucher danach griffen.



Transportable Camera
obscura in Zimmergröße,
in: Athanasius Kircher,
Ars magna lucis et umbrae,
Rom 1646.

Indem er das Wirkungsgeflecht der Natur zeigte, wollte Kircher den menschlichen Geist dazu anspornen, Christus nachzufolgen und in höhere Sphären des Seins aufzusteigen. Es ging für Kircher nie allein um das beobachtbare Phänomen, sondern mehr noch um die religiöse Wahrheit, die sich dahinter zu verbergen schien. So verwiesen in Kirchers Augen die zahlreichen Lampen der Sammlung auf das göttliche Licht, und die vielen Magneten demonstrierten die göttliche Schöpferkraft. Letztlich ging es ihm darum, die schöpferische Kraft Gottes in all ihrer Vielfalt darzustellen. Insofern war sein Museum ein Instrument angewandter Theologie.

Besonders deutlich wurde dies in Kirchers Interpretation der Camera obscura. Diese war für ihn nicht einfach nur ein physikalischer Apparat, sondern eine Darstellung der Seele, die sich auf den Weg zu Gott macht. Das einfallende Licht wird in der Camera obscura bis auf einen Punkt reduziert. Nach Überwindung dieses Punktes wird das Licht durch den Menschen gewissermaßen zum zweiten Mal erschaffen und erzeugt ein Abbild. Im übertragenen Sinne bedeutete dies, dass sich die Gottähnlichkeit des Menschen in der Kenntniss der Natur und ihrer technischen Beherrschung erwies. Im übertragenen Sinne war Kirchers gesamte Kunstkammer eine einzige Camera obscura.

Kircher fasste sein Museum aber auch als einen magischen Ort auf. Magie war für ihn das Hervorrufen ungewöhnlicher und verblüffender Effekte durch natürliche Ursachen. Nach seiner Auffassung war es nur Gott möglich, Ereignisse zu bewirken, die zur natürlichen Ordnung im Widerspruch standen. Aus diesem Grund hielt er Magie für etwas Natürliches und Notwendiges. Allerdings unterschied

er zwischen guter und schlechter Magie. Gute Magie war die Magie Adams.

Diese Magie setzte Kircher bei seinen Versuchen und Demonstrationen ein. In seiner Sicht der Dinge war es beispielsweise Magie, dass Asbest kein Feuer fing, wenn es den Flammen ausgesetzt war, und dass ein Magnet Metall anzog. Schlechte Magie arbeitete zwar mit natürlichen Effekten, verbarg aber deren wahre Ursachen vor den Menschen und führte sie in die Irre. Für Kircher war der Magnetismus die wichtigste Manifestation der Magie. Er war die Kraft, welche die Welt zusammenhielt und ordnete. Dem entsprechend war Magnetismus das Kernthema seines Museums – und auch das wichtigste immaterielle Exponat. Die Kraft des Magneten war für Kircher eine direkte Emanation göttlichen Wesens. Kircher hielt Gott für den zentralen Magneten aller Dinge («deus rerum omnium centralis magnes»). Es entsprach diesem Denken, dass er die Heilige Dreifaltigkeit mit der Natur des Magneten gleichsetzte: Seine anziehende Kraft entspreche dem Vater, seine ordnende Kraft dem Sohn und seine verbindende Kraft dem Heiligen Geist. Der Besucher des Museums konnte, wenn er die magnetischen Apparate beobachtete, zum Zeugen dieser göttlichen Kraft werden. Wie von Geisterhand bewegte sich eine kleine Darstellung des Daedalus im Labyrinth des Minotaurus, angetrieben von einem Magneten. Eine andere, gleichfalls magnetische Vorrichtung zeigte, wie Christus, auf dem Wasser schreitend, Petrus vor dem Ertrinken rettete. Hier war die Vermengung von Spektakel und theologischer Botschaft besonders deutlich: Der Betrachter sollte die Kraft des Glaubens und der göttlichen Liebe sehend begreifen.



Ein Museum als Theater

Unter den Exponaten Kirchers erregte eine Uhr besonderes Aufsehen, die beim ersten Fenster des Museumskorridors aufgestellt war. Der zentrale Teil der Uhr war als Sonnenblume gestaltet. Er stand auf einer Korkfläche, die in Wasser schwamm. Am Kopf der Blume war ein metallener Zeiger befestigt, der die Uhrzeit anzeigte. Die Stunden des Tages waren von einem Ring mit Zifferblatt abzulesen, der den Kopf der Sonnenblume umgab. Die Betrachter der Uhr realisierten erst durch die Erläuterungen Kirchers, dass die Bewegung des Zeigers nicht auf einen natürlichen Gleichklang zwischen der Sonne und der Uhr zurückzuführen war, sondern auf die Wirkung eines Magneten. Schon 1633 hatte Kircher eine solche Uhr der Öffentlichkeit vorgestellt und zunächst verschwiegen, dass ein Magnet sie antrieb. Nicht zuletzt aufgrund dieser werbestrategisch geschickten Zurückhaltung von Information war die Uhr in der Gelehrtenwelt Europas lebhaft diskutiert worden.

Die in heutigen Technikmuseen vorhandene Erfahrung beim Bau von Exponaten für Ausstellungen lehrt, dass Apparate, wie Kircher sie bauen ließ, in praktischer Hinsicht große Probleme aufwerfen. Dies gilt vor allem für solche, in denen Wasser eingesetzt wird, zumal dann, wenn sich, was bei Kirchers Apparaturen häufig der Fall gewesen zu sein scheint, das Wasser nicht in einem geschlossenen Kreislauf befindet. Werden die Versuchsapparaturen nicht permanent gewartet, so kommt es zu unerwünschten Begleiterscheinungen wie Korrosion, Schimmel und Algenbewuchs. Außerdem besteht immer die Gefahr von Dichtungsproblemen. Die heute zur Verfügung stehenden Techniken, mit denen dies

Magnetische Uhr
in Form einer
Sonnenblume.

Zum Thema

Angela Mayer-Deutsch,
Das Musaeum Kircherianum,
Zürich 2010.

Paula Findlen (Hg.),
*Athanasius Kircher. The Last
Man Who Knew Everything*,
New York/London 2004.

Joscelyn Godwin, *Athanasius
Kircher's Theatre of the World.
The Life and Work of the Last
Man to Search for Universal
Knowledge*, Rochester/
Vermont 2009.



DER AUTOR

Dr. Alexander Klein

ist Historiker und arbeitet als wissenschaftlicher Autor, Ausstellungsmacher und Reiseleiter. Im Deutschen Museum realisierte er 1992 die Dauerausstellung »Umwelt«; anschließend leitete er das Ausstellungsprojekt »Der Mensch« im Deutschen Hygiene-Museum in Dresden. Zurzeit arbeitet Klein an einem Buch zur Geschichte des Museums.

verhindert werden kann, standen Kircher nicht zu Gebote. Es ist davon auszugehen, dass einige Apparate Kirchers, beispielsweise die Figur, die verschiedene, trinkbare Flüssigkeiten ausspeien konnte, der doppelköpfige, Wasser speiende Adler oder der Bergkristallkelch, von dem ein Vogel Wasser trank, das anschließend eine Schlange wieder ausspie, wenn überhaupt, dann nur hin und wieder ihren Effekt demonstrierten.

Ein bedeutender Teil der Kircher'schen Versuche – die ja ohnehin nur von ihm selbst bedient wurden – wird nicht permanent aktivierbar gewesen sein. Vielmehr ist anzunehmen, dass man sie allenfalls punktuell, auf Anfrage zusammensetzte. Dies passt zum Befund, dass die Besuche der Kunstkammer detailliert vorbereitet wurden und einer von Kircher selbst stammenden Dramaturgie folgten, die seine Person in den Mittelpunkt stellten. Das Musaeum Kircherianum war ein auf die Wünsche Kirchers zugeschnittenes Bündel von Vorführungsmöglichkeiten, die je nach Besuch unterschiedlich aktualisiert wurden.

An frühneuzeitlichen Bemühungen, Kirchers Versuche nachzuahmen, fehlte es nicht. Sie hatten aber wenig Erfolg. Insofern wäre es unzutreffend, die Vorführungen Kirchers als Experimente zu sehen. Wesentliches Merkmal eines Experiments ist seine Wiederholbarkeit unabhängig von der Person, die das Experiment durchführt. Kirchers Vorführungen waren Theaterstücke – zwar beliebig oft aufführbar, aber nur von einem Einzigem, nämlich von Kircher, weil nur er den »Text« kannte. Das Musaeum Celeberrimum war die Bühne, auf der das Stück von der Allmacht Gottes gegeben wurde, und Kircher allein war der Autor und Regisseur dieses Stücks. Insofern trieb er die Vorstellung der Renaissance, dass ein Museum ein Theater sei, auf eine subjektivistische Spitze. Sein Bemühen aber, den Phänomenen auf den Grund zu gehen, sie zu rationalisieren und gewissermaßen hinter die Kulissen des Offensichtlichen zu gelangen, erscheint wie eine Vorwegnahme aufgeklärter Wissenschaft – auch wenn es heute wissenschaftlicher Gepflogenheit widersprechen mag, Aufklärung und jesuitische Theologie in einem Atemzug zu nennen. ■■



Geistliche mit Geistesblitzen

Jacob Christian Schäffer und Claude Chappe waren Theologen. In ihrer Freizeit tüftelten sie an technischen Innovationen, so wie zahlreiche ihrer Kollegen, von denen einige zu Ruhm und Ehre gelangten, andere aber – oft zu Unrecht – vergessen sind. Von Eckart Roloff

Auf etwas lange Gesuchtes stoßen, etwas ganz Neues erfinden oder entdecken, dadurch Träume wahr werden lassen – das gehört zum anregendsten und aufregendsten Tun des Menschen. Das wird bewundert, das fasziniert, das bringt Fortschritt und Ruhm. Doch woher rekrutieren sich Erfinder und Entdecker? Heute denkt man zuerst an einflussreiche Ingenieure, Physiker, Chemiker, Mediziner oder Astronomen. Doch auch Mönche und Äbte, später Priester und Pfarrer haben einiges zum Fortschritt beigetragen.

Heute mögen wir erstaunt sein, dass es Gottesmänner auf solchen Gebieten zu etwas brachten, doch so merkwürdig ist das nicht. Schon die Mönche des Mittelalters waren vielseitig und innovativ. Sie schufen Handschriften, Karten und Glocken. Sie rodeten Wälder, züchteten Pflanzen, bestellten Felder, bauten Mühlen, Dämme und Kanäle. Ihre Kultur bestand auch darin, durch neue Techniken Land zu kultivieren und zu besiedeln. Sie wirkten mit an Kapellen und Kathedralen, sie kelterten Wein, brauten Bier und verstanden sich ebenso wie Nonnen auf heilsame Kräuter. Ihre Zeiten waren nicht finster und rückständig.

Auf den ersten Blick scheinen die Felder Technik und Religion unvereinbar zu sein. Doch vieles ist ihnen gemeinsam. Beide Welten leben mit Gesetzen, kennen Skepsis und Ablehnung ebenso wie Anhänger und Anreger. Man kann an eine Religion, einen Schöpfer glauben; man kann – ausschließlich oder außerdem – technikgläubig sein. Und wenn die Technik scheitert (an die man zunächst glaubte) und die »Titanic« untergeht, dann spielt etwas so Weltliches wie die Bordkapelle eben »Näher, mein Gott, zu Dir«.

Peter Burke sieht die Spannweite wissenschaftlichen Tuns zu Recht als »Interaktion zwischen Außenseitern und Establishment, zwischen Laien und Fachleuten«. Im Buch *Papier und Marktgeschrei* schreibt der englische Kulturhistoriker: »Es gibt ein Wechselspiel zwischen Innovation und Routine, Beweglichkeit und Erstarrung, inoffiziellem und offiziellem Wissen.« Dieser Austausch samt Konkurrenz, Rivalität und unterschiedlichen Ansätzen befördert neues Denken.

Die Geschichte kennt viele Fälle, in denen nicht nur Spezialisten etwas in ihrem Fach schufen, sondern auch Amateure und Angelernte abseits ihrer ursprünglichen Ausbildung. So beschreibt Buchers *Illustrierte Geschichte der Erfindungen*, wie ein Astronom eine Taucherglocke fabrizierte, ein Schauspieler den ersten Getreidemäher, ein Tierarzt den Luftreifen.

Aus der beeindruckenden Reihe tüftelnder Theologen seien zwei näher vorgestellt: Jacob Christian Schäffer und Claude Chappe. Die beiden stehen für ein Kontrastprogramm. Der eine ein protestantischer Pfarrer, der sogar Superintendent wurde, 1718 geboren, ein extrem vielseitiger Naturforscher und Techniker, heute fast ganz vergessen. Der andere ein französischer Abbé, Jahrgang 1763, in seinem Heimatland Frankreich durchaus noch bekannt. Viele Straßen und Schulen sind dort nach ihm benannt. Einige Verbände befassen sich mit ihm, Museen und Briefmarken erinnern an ihn.

Ein kreatives Multitalent

Beginnen wir mit Jacob Christian Schäffer. Wer hat je von ihm gehört? Zu seiner Zeit war der Pfarrer berühmt, ein Dutzend

In der Abteilung Drucktechnik des Deutschen Museums erinnert die Nachbildung einer Schreibstube aus dem 10.–12. Jahrhundert an die Arbeit der Mönche in Klöstern.

Jacob Christian Schäffer entwarf 1767 diese erste mechanische Waschmaschine mit ihren zahlreichen Details.

Akademien in halb Europa führte ihn als Mitglied. Er schrieb zahlreiche wegbereitende Bücher, aber schon bald nach seinem Tod – 1790 in Regensburg – verlieren sich seine Spuren.

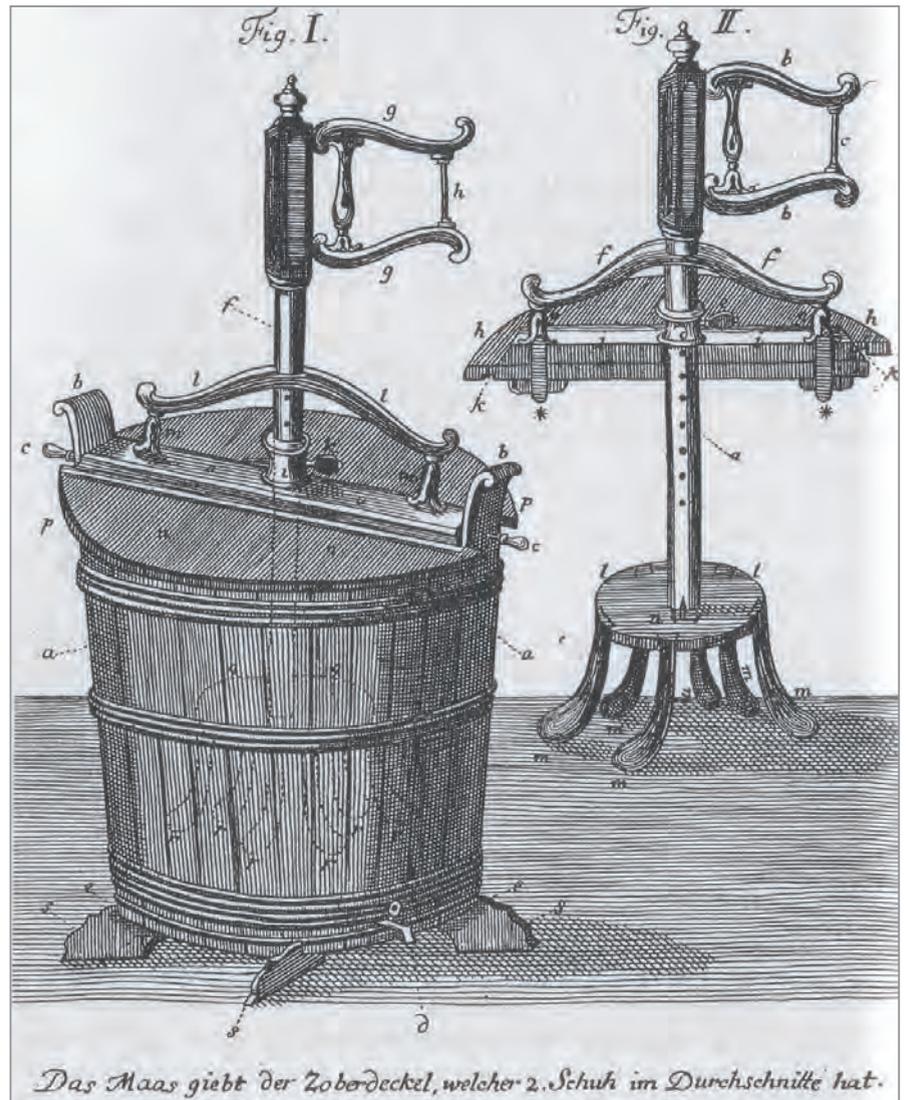
Geboren wird Schäffer im Städtchen Querfurt im heutigen Sachsen-Anhalt als Sohn eines Pfarrers, der früh stirbt. Fortan wächst er neben vielen Geschwistern in ärmlichen Verhältnissen auf. Als Achtzehnjähriger geht er nach Halle, um dort Theologie zu studieren. Er schafft nur wenige Semester und ist froh, in Regensburg eine Stelle als Hauslehrer für die Kinder eines Kaufmanns zu finden.

Als sein Arbeitgeber stirbt, verschlechtert sich Schäffers Lage erneut. Er besinnt sich auf die Theologie, wird in der Gemeinde der Neupfarrkirche aktiv, predigt dort, findet Zuspruch und bekommt 1741 eine feste Stelle – trotz seines abgebrochenen Studiums und obwohl er »viele einheimische Kandidaten überspringen musste«, so ein Biograf. Man stelle sich vor: Da kommt einer aus dem Norden nach Bayern, hat nicht einmal fertig studiert – und wird eingestellt!

Fern seines Amtes beginnt Schäffer sich ab 1750 vor allem mit botanischen und zoologischen Studien zu befassen. In wenigen Jahren wird er vom Laien ohne jegliche Vorkenntnisse zum Fachmann. Er erforscht die Gegend rund um Regensburg gründlich und verfasst Schriften, deren Titel uns heute zum Schmunzeln bringen, etwa *Die eingebildeten Würmer in Zähnen*, *Der krebsartige Kiefenfuß* und *Der Gichtschwamm mit dem grünschleimigen Hute*.

»Er füllt seine Nebenstunden mit dem Studium der Natur aus und teilte seine Entdeckungen dem Publikum von Jahr zu Jahr mit«, schreibt 1824 der bayerische Historiker Clemens Alois Baader. Auch technische Abläufe faszinierten ihn: Auf der Suche nach Papier aus Pflanzenfasern stößt er 1766/67 auf Holzbottiche, die er zum Stampfen benötigt. Diese Gefäße bringen ihn während seiner jahrelangen Versuche mit Papier noch auf eine ganz andere Idee: In den Holzbottichen ließe sich doch auch Wäsche einweichen und säubern.

Schäffer bittet einen Regensburger Schreiner, einen Prototyp anzufertigen mit Deckel, Spindel, Waschklöppel, Ringen, Kurbel, Seilen, Scheiben und Stangen. 1767 schreibt Schäffer dazu eine Publikation mit dem verlockenden Titel *Die bequeme und höchstvortheilhafte Waschmaschine. Wie solche in den damit gemachten Versuchen bewährt gefunden und*

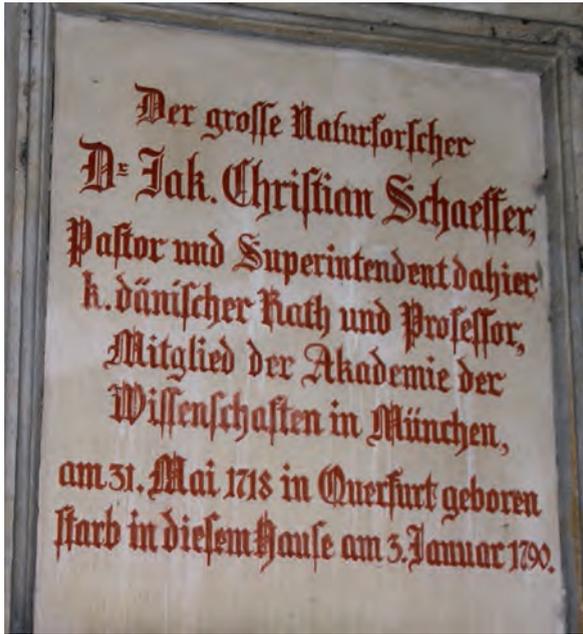


Jacob Christian Schäffer, porträtiert 1786 in Regensburg von Gottfried Valentin Mansinger.

damit dieselbe umso sicherer und nützlicher gebraucht werden könne hin und wieder abgeändert und verbessert werden.

Abgeändert und verbessert – ja, er tüftelt immer wieder an dieser Maschine. Schon 1768 erscheint sein »dritter und letzter Nachtrag zum Gebrauche und Nutzen der Regensburgerischen Waschmaschine«. Der enthält neben Verbesserungen und Ratschlägen etwas, das für Technikhistoriker und Diffusionsforscher von höchstem Interesse sein dürfte: Etliche Nutzer der Maschine (unter anderem aus Amsterdam, Zürich, Kassel, Göttingen und Leipzig) berichten, wie sie mit ihr zurechtkommen und was noch Probleme macht. Kein Zweifel: Hier begegnen wir frühen Warentests und einem praxisnahen Erfahrungsaustausch über Produkte, wie es ihn heute auf vielen Internetforen gibt.

Mindestens sechzig dieser Maschinen wurden handgefertigt, einige andernorts nachgebaut. Noch 1840 sowie 1862 haben Fachblätter die kaum veränderten Modelle als sehr brauchbar gelobt. Doch ihrem Erfinder war es nicht vergönnt, damit bis heute in Erinnerung zu bleiben. An seinem Geburtshaus in Querfurt (Kirchplan 7) und am Wohn- und Sterbehause in Regensburg (Pfarrergasse 5) gibt es zwar Gedenktafeln, doch nur zwei Museen bewahren Informationen



Diese Tafel am Haus Pfarrergasse 5 in Regensburg erinnert an den Erfinder und Naturforscher Jacob Christian Schaeffer, der hier 1790 verstarb.

über Schäffers Arbeiten. Das Naturkundemuseum Regensburg besitzt einige wenige Exponate, und das Mielmuseum Gütersloh zeigt einen Nachbau der Schaeffer'schen Waschmaschine. Selbst heutige Spezialschriften über wichtige Erfindungen im Allgemeinen und über Waschmaschinen im Besonderen verschweigen seinen Namen fast immer.

Wie bereits erwähnt, war Schaeffer auch als Papieringenieur tätig. Er wollte weg von den Lumpen und Hadern, die knapp und teuer geworden waren. Rund acht Jahre lang experimentierte er mit Fasern aus Schwarzpappeln, Wollgras, Bohnenblättern, Stroh, Mais, Kartoffeln, Brennnesseln, Disteln, Weinreben, Hopfen, Tannenzapfen und Aloe. Sechs Bücher schrieb er dazu. Sie waren so fundiert, dass der amerikanische Experte Dard Hunter (1883–1966) urteilte: Schaeffer war »der Pionier, der mehr als irgendeiner seiner Vorgänger für die Papiertechnik getan hat«. Doch in vielen deutschen Bänden zur Papier- und Technikgeschichte wird Schaeffers Name unterschlagen. Der Papierhistoriker Wilhelm Sandermann (1902–1994) hat einmal formuliert: »Es ist unverständlich, dass dieser große Genius, dieser deutsche Linné, der Regensburger Humboldt, nahezu in Vergessenheit geraten konnte. Bei uns ist sein Name nicht einmal im *Großen Brockhaus* vermerkt, in den USA hingegen in der entsprechenden *Colliers Encyclopedia* sehr wohl.«

Pionier der Nachrichtentechnik

Nun zu Chappe und nach Frankreich. Wie werden heutzutage Nachrichten übermittelt? Vokabeln wie Digitalfunk, ISDN, SMS und Glasfaser deuten auf die Techniken unserer Zeit. Vor rund 200 Jahren hieß das Schlagwort optische Telegrafie. Einer von denen, die daran mitwirkten, den Neuigkeiten Flügel zu verleihen, war Claude Chappe, ein Franzose aus Brulon bei Le Mans. Er steht für einen Markstein in der Medientechnik (und für die Politik via Medien). Dieser Chappe, Sohn eines Beamten, geboren an Weihnachten 1763,

war von Haus aus kein Mechaniker oder Ingenieur. Er war katholischer Geistlicher, ein Abbé. Seine Schulzeit hatte er an einem Jesuitenkolleg in La Flèche zugebracht.

In seinen Lebensläufen heißt es, Chappe habe sich der Kirche zugewandt und zum Priester ausbilden lassen. Er wurde Abbé commendataire. Dem Telegrafie-Historiker Paul Charbon zufolge erhielt Chappe zwei kirchliche Stipendien. Doch nachdem die Kirche infolge der Revolution viel an Bedeutung und Besitz verloren hatte, nutzt er diese Alternative: Da er naturwissenschaftlich und technisch äußerst interessiert ist, experimentiert er in seinem kleinen Labor und publiziert im *Journal de Physique*.

1791, erst 28 Jahre alt, befasst er sich zusammen mit seinen drei Brüdern mit einer wahrhaft wegweisenden Technologie: der Fernübertragung von Meldungen. Gut sichtbare Masten, platziert auf den Türmen von Kirchen, Schlössern und Burgen, sollen dabei helfen. Wenn man dort optische Signale installiert, die am nächsten Turm zu erkennen sind, und sie weitergibt an einen dritten, vierten Turm... – da muss sich doch bei guter Sicht etwas übermitteln lassen, oder?

Vom Schloss Brulon aus gelingt den vier Brüdern 1791 die erste Übertragung ins 14 Kilometer entfernte Parce. Zu den frühesten Botschaften gehört der Satz: »Wenn Sie Erfolg haben, werden Sie bald von Ruhm bedeckt sein.« Ein Jahr später stellt Chappe dem Nationalkonvent nicht nur einen einzelnen Telegrafen vor – genannt Semaphor, Zeichenträger –, sondern den Plan für eine komplette Linie. Sein Bruder Ignace war soeben Mitglied der Gesetzgebenden Versammlung geworden und ließ sich gern als Lobbyist instrumentalisieren. Er forcierte die Verbreitung der Erfindung. Schließlich behauptete der Abbé, sein Verfahren könne Frankreichs Truppen im Ausland noch am selben Tag eine Order der Regierung übermitteln. Das war doch etwas! »Kaum zu glauben, aber der Telegraf war rascher als der Schnellzug TGV«, stellte ein Journalist unserer Zeit fest.

Der Konvent stimmt dem nicht gerade billigen Unternehmen rasch zu. Die Zeit drängt. Frankreich liegt im Krieg gegen Preußen und Österreich. Da sind fixe Meldungen gefragt. Eine 70 Kilometer lange Strecke wird schon von April 1793 an aufgebaut. Und im Juli 1794 beginnt die Linie über 225 km von Paris bis Lille mit 23 Stationen. Kurz danach folgt Spektakuläres: Die vorsichtshalber codierte Meldung von der

Zum Thema

Eckart Roloff,
*Göttliche Geistesblitze.
Pfarrer und Priester als
Erfinder und Entdecker.*
2. Auflage, Weinheim 2012.



Um 1800 entstand das Modell eines optischen Telegrafen nach Chappe, das im Deutschen Museum gezeigt wird.



DER AUTOR

Dr. Eckart Roloff

leitete von 1988 bis 2007 das Wissenschaftsressort des *Rheinischen Merkur*. Roloff ist Herausgeber mehrerer Fachbücher zur Journalistik, Autor zahlreicher Beiträge in Büchern und Fachzeitschriften sowie Träger des Theodor-Wolff-Preises und des Lilly Schizophrenia Reintegration Award.

Rückeroberung der Stadt Le Quesnoy bei Lille erreicht schon eine Stunde danach das 170 km entfernte Paris. Damit ist eröffnet, was wir heute eine Datenautobahn nennen, wenigstens eine mechanische.

Man bejubelt Chappes einfaches und praktisches System – die Kombination vieler Durchbrüche. Bald darauf werden Verbindungen netzartig von Paris aus angelegt. Ein Endpunkt ist beispielsweise das Dach des Straßburger Münsters. Die Linie Paris-Straßburg umfasst 44 Türme und hat einige besonders hohe Pfosten, groß wie Schiffsmasten – schließlich muss sie die Vogesen überwinden. Dort sind heute noch Rudimente der Anlagen zu finden.

Obwohl Kirchenmann, setzt Chappe nicht auf die sprichwörtlichen Zeichen und Wunder, sondern nur auf Zeichen. Und wenn seine Technik wegen hoher Kosten Probleme macht, verlegt er sich auf das, was heute *double use* heißt: Er kann sich auch friedliche Nachrichtenhändler, Kaufleute und Banken als Nutzer vorstellen und schlägt zusätzlich vor, Lotteriergebnisse durch die Luft zu übertragen. Chappe wurde damit jedoch nicht glücklich. Stets ging es um Zeitdruck, Neider und viel Geld. War es auch die unheilige Allianz von Kriegs- und Nachrichtentechnik, die er als früherer Abbé nicht aushielt? Wir wissen es nicht. Am 23. Januar 1805 nahm sich der depressiv Gewordene in Paris das Leben. »Ich habe mir nichts vorzuwerfen«, notierte er in einem hastigen Abschiedsbrief. Gemeint waren damit offenbar seine Konkurrenten. Chappes Grab findet sich auf dem berühmten Friedhof Père Lachaise in Paris.

Wie sieht seine Novität im Einzelnen aus? Zur weithin sichtbaren Anlage gehört ein etwa fünf Meter hoher Mast. Daran wird ein drehbarer Balken T-förmig aufgehängt, der »régulateur«. An dessen Enden befindet sich je ein einarmiger, ebenfalls drehbarer Flügel, der »indicateur«. Über mechanische Rollen, Kurbeln und Seilzüge kann man den régulateur in vier, jeden indicateur in sieben verschiedene Positionen bringen. Damit sind sieben mal sieben mal vier, also insgesamt 196 Stellungen möglich, gut für Buchstaben und Zahlen. Die Telegrafenposten erkennen sie durch ihre Fernrohre auch über Kilometer hinweg. Der Zeitgewinn war enorm: Für ein längeres Telegramm von Paris nach Lille, bisher durch reitende Boten übermittelt, waren nicht mehr 24 Stunden nötig, sondern nur noch eine. In einem Lexikon-

Beitrag von 1925 heißt es sogar, eine Nachricht von Straßburg nach Paris habe knapp sechs Minuten beansprucht.

Das gesamte französische Netz umfasste etwa 550 Stationen und 4000 Kilometer. Die optischen Telegrafen blieben rund 60 Jahre in Betrieb, dann wurden sie langsam von elektrischen abgelöst. In etlichen Museen und Ausstellungen wurde und wird daran erinnert. In Deutschland befasst sich heute die »Interessengemeinschaft Optischer Telegraph in Preußen« mit dem Thema.

Der kriegsstrategische Vorzug dieser Technik entgeht anderen nicht. Linien entstehen auch von Spanien über Skandinavien bis Russland. In Preußen wird 1832 mit der Linie Berlin-Magdeburg-Köln-Koblenz begonnen. Zwischen 1833 und 1852 konnte man auf dem Koblenzer Schloss den 61. und letzten Balkentelegrafen dieser Linie gut sehen.

Von Chappes Erfindung war man auch in Bayern fasziniert. »Ordensangehörige hatten wesentlichen Anteil an der Etablierung des neuen Wissenschaftszweiges, der einen Umbruch im abendländischen Denken einleitete«, schreibt der Arzt und Technikhistoriker Alfons Thewes. Er erinnert daran, dass es am Ammersee (wohl auch auf dem hoch gelegenen Kloster Andechs) und anderswo im Alpenvorland optische Telegrafen gab.

Der Augustinerchorherr Michael Rummelsberger (1759–1831) hat sich bei deren Einrichtung besonders hervor getan. Im Kloster St. Mang bei Füssen war es der Benediktinerpater Basilius Sinner (1745–1827), dem es dieser Durchbruch angetan hatte. Er publizierte 1795 sogar die *Beschreibung eines Telegraphen*, den er als Modell in der dortigen Bibliothek installiert hatte. Sinner entwickelte zudem einen Code, der 44 Buchstaben und Ziffern bilden half.

In seinem Buch *Medien-Pioniere* schreibt der Journalist Michael Köhler: »Den Anfang unter den neueren Medienpionieren machte ein Priester. Er wollte hoch hinaus und weit weg. Chappe steht am Wendepunkt in der Geschichte der Nachrichtentechnik. Menschen-, Militär- und Gedankenbewegungen sind nun einholbar, übermittel- und lenkbar. Das Politische ist durchschaubar geworden. [...] Seit Chappe können Nachrichten nahezu in Echtzeit kursieren. Sie koppeln sich ab von Schreibern, Sprechern, Mündern und Papieren.«

Schäffer und Chappe – zwei Beispiele für schöpferische Geistliche, deren Ideen über ihre Epoche hinausweisen. ■■

Strombetriebene Zeitmesser

Die ersten elektromechanischen Armbanduhren wurden in den 1950er Jahren gebaut. Die Stimmgabeluhr – bereits mit Transistor – wurde 1960 lanciert, während der kommerzielle Durchbruch der Quarzuhr in ihrer heutigen Ausführung in den 1970er Jahren erfolgte. Wenig bekannt ist die Tatsache, dass es schon Mitte des 19. Jahrhunderts elektrisch angetriebene Großuhren gab. Ihre Miniaturisierung führte über zahlreiche Irrungen, Wirrungen und technische Sackgassen zu den heutigen mikroelektronischen Zeitmessern. Von Lucien F. Trueb

Eine der weltweit ersten elektrischen Uhren: die Magnetpendeluhr von 1845, gebaut von Alexander Bain. Der aus Schottland stammende, äußerst kreative Bain baute nur einige wenige elektrische Großuhren, jede davon war ein technisches Unikat.

Auslöser des äußerst komplexen, sich über eineinhalb Jahrhunderte hinziehenden technischen Entwicklungsprozesses von der elektromechanischen Großuhr zur quartzesteuerten elektronischen Armbanduhr war der Schotte Alexander Bain (1811–1877), der 1841 eine Magnetpendeluhr patentieren ließ. Bei diesem ältesten elektrischen Zeitmesser ging es darum, den klassischen Gewichts- oder Federantrieb durch elektromagnetische Kräfte zu ersetzen. Das naheliegende elektrische Aufziehen von Gewichten oder Federn versuchte Bain schon gar nicht: Es ging ihm um ein ganz neues technisches Konzept, das einem Tabubruch gleichkam.

Der äußerst kreative Bain wollte nämlich den Oszillator der Uhr – also Pendel oder Unruh – mit einem periodisch eingeschalteten Elektromagneten anschieben bzw. abstoßen, damit er ständig schwingen konnte. Der Oszillator diente gleichzeitig als Steuerorgan für den Kontakt des Elektromagneten und als Motor, der das Uhrwerk antrieb. Nun gehörte



Elektromechanisches Armbanduhrenwerk der amerikanischen Elgin, Kaliber 722, oben die Batterie. Diese Konstruktion erwies sich als zu wenig robust, die mächtige Elgin ging daran zugrunde.

es seit dem 16. Jahrhundert zum Dogma des Uhrmachers, dass Pendel oder Unruh möglichst ungestört schwingen sollten. Bains Nutzung des Pendels als Motor widersprach dem klassischen Ideal des Freischwingers; es zeigte sich jedoch, dass auch auf diese Weise sehr genaue Uhren gebaut werden konnten.

Eine Magnetpendeluhr steht und fällt mit Magneten, die sich ein- und ausschalten lassen, d. h. mit stromdurchflossenen Spulen, die Hans-Christian Ørsted (1777–1851) um 1820 erstmals verwirklichte. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass man damals nur über Primärbatterien als Quellen elektrischer Energie verfügte. Sie waren kostspielig, enthielten unangenehme Chemikalien und mussten regelmäßig gewartet werden – doch es gab nichts anderes. Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts, nach der Erfindung des elektrischen Generators, wurden Netzstrom und die damit aufladbaren Akkumulatoren auf breiter Basis verfügbar.

Der Taktgeber als Motor

Bei Bains erster Version einer elektromechanischen Uhr war auf dem Pendelstab ein kreisbogenförmiger Permanentmagnet befestigt. Bei jeder Schwingung schloss das Pendel kurzzeitig den Kontakt einer eisenlosen Spule, in die der voll ausgelenkte Permanentmagnet eintauchte. Aufgrund des sich bei eingeschalteter Spule bildenden Magnetfelds wurde das Pendel durch abstoßende magnetische Kräfte impulsartig mit Energie versorgt. So konnte es ständig schwingen und das Uhrwerk antreiben. Bain erfand mehrere Varianten seiner elektrischen Pendeluhr. Eine davon steht heute im Deutschen Uhrenmuseum Furtwangen und gehört dort zu den wertvollsten Exponaten.

Wie bereits erwähnt, war das Pendel bei Bains Konzept gleichzeitig Taktgeber und Antriebsmotor. Die Übertragung dieser Erfindung auf die Unruh, die ein Drehpendel nach Huygens ist, war naheliegend. Auch in diesem Fall wurde der Oszillator zum Motor, den man als Unruhmotor bezeichnet. Der Erfinder war wiederum Alexander Bain, der dafür 1847 ein Patent erhielt. Bei einem solchen Motor wirken Kräfte zwischen den auf der Unruh befestigten Eisenstücken bzw. Permanentmagneten und einer feststehenden Spule. Alter-

nativ kann eine von der Unruh getragene, periodisch stromführende Spule mit festen Permanentmagneten oder mit einer Eisenarmatur wechselwirken.

Die verschiedenen Varianten des Unruhmotors waren in den ersten Dekaden des 20. Jahrhunderts in elektrischen Pendületten und Weckern anzutreffen; ein gutes Beispiel ist die um 1910 in London gebaute Eureka-Uhr.

Auch die sog. Nachspannwerke waren weit verbreitet: es handelte sich um mechanische Werke, deren Werkfeder mit einem Elektromotor aufgezogen wurde. Großuhren mit Synchronmotor, deren Taktgeber der Generator im Elektrizitätswerk war, setzten sich in den 1920er Jahren in den USA durch. Deutschland folgte erst im folgenden Jahrzehnt, als die Frequenz des Wechselstroms landesweit auf 50 Hertz vereinheitlicht wurde.

Unmittelbar nach dem Zweiten Weltkrieg entwickelten die amerikanische Elgin und die französische LIP auf der Basis des Unruhmotors in lockerer Zusammenarbeit die ersten elektromechanischen Armbanduhren. Hamilton in den USA gelang unabhängig davon derselbe Durchbruch. Die neuen Uhren wurden Anfang der 1950er Jahre vorgestellt und kamen 1957/1958 auf den Markt.

Die Erfindung der Stimmgabeluhr

Die Entwicklung elektromechanischer Armbanduhren beunruhigte Arde Bulova, CEO und Hauptaktionär der amerikanischen Bulova Watch, zutiefst. Dem in seiner Schweizer Fabrik tätigen Elektroingenieur Max Hetzel (1921–2004) gab er 1953 den Auftrag, einen Bericht zu den neuen elektrischen Uhren zu schreiben. Hetzel fand, dass sie außer einer Gangreserve von einem vollen Jahr und der Elimination der nicht-linear wirkenden Werkfeder keine signifikanten Vorteile gegenüber der mechanischen Armbanduhr aufwiesen.

In seinem Bericht erwähnte Hetzel auch, dass man mit einer transistorgesteuerten Stimmgabel als Oszillator und Motor eine viel genauere elektrische Armbanduhr bauen könnte. Aus dieser Idee wurde Ende 1953 ein Patent; 1960 erfolgte die kommerzielle Lancierung der »Accutron« von Bulova mit einer bei 360 Hertz schwingenden Stimmgabel. Dieses technische Konzept (das von Hetzels Diplomarbeit an

der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich inspiriert worden war) überzeugte jedermann, doch war Bulova beim Verkauf von Patentlizenzen äußerst zurückhaltend.

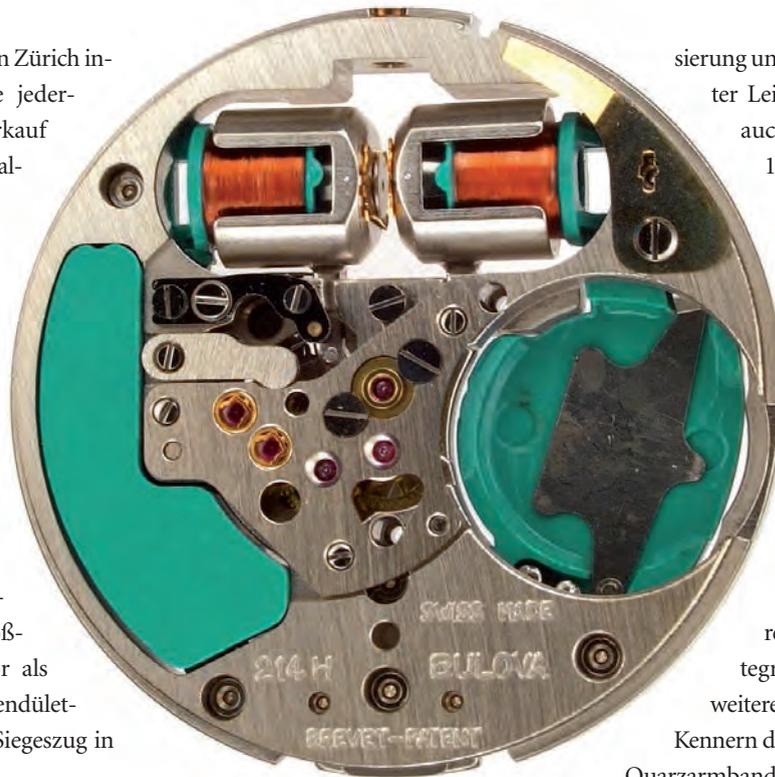
Auch wenn man die Stimmgabeluhr infolge der patentrechtlichen Situation nicht nachbauen konnte, so zeigte doch die Accutron, dass der hochpräzisen elektronischen Uhr ganz offensichtlich die Zukunft gehörte. Doch aufgrund des Bulova-Monopols war man gezwungen, etwas anderes, möglichst noch Besseres zu entwickeln. Die Quarzarmbanduhr war naheliegend: Großuhren mit einem Quarzresonator als Oszillator gab es seit 1929, Quarzpendületen und -wecker begannen ihren Siegeszug in den 1960er Jahren.

Quarz als Oszillator

Die ersten Quarz-Zeitmesser wurden 1929 in den USA gebaut; in den frühen 1930er Jahren folgten Deutschland, Großbritannien, Frankreich und Japan. Man nutzte dabei die piezoelektrischen Eigenschaften des Quarzkristalls, der mit einer zeitlich sehr konstanten Frequenz zum Schwingen gebracht werden kann. Diese Frequenz liegt im Kilohertz- bis Megahertzbereich und muss elektronisch auf ein Hertz dividiert werden, um ein Uhrwerk anzutreiben.

Nur Observatorien und Forschungsinstitute konnten sich diese kleiderschrankgroßen Instrumente leisten, doch bedeuteten sie einen enormen Fortschritt. Die klassische astronomische Zeitbestimmung aufgrund des Transits heller Sterne durch den Meridian war auf die Zehntelsekunde genau. Doch schon die ersten Quarz-Großuhren konnten mühelos die Tausendstelsekunde messen, mit etwas größerem Aufwand beim Thermostatisieren des Quarzresonators sogar die Zehntausendstelsekunde.

Die Weiterentwicklung dieser Instrumente verlief wie immer bei elektronischen Geräten im Sinne der Miniaturi-



Bulova Accutron Stimmgabeluhr Kaliber 214, von Max Hetzel in Biel entwickelt. Nur der oberste Teil der Stimmgabel ist hier unter den Spulen sichtbar.

sierung und Verbilligung, bei gleichzeitig verbesserter Leistung. So bauten sowohl Longines als auch Omega in der Schweiz Anfang der 1950er Jahre tragbare, akkumulatorbetriebene Röhrenquartzuhren für die Sportzeitmessung, die routinemäßig die Tausendstelsekunde erfassen. Sie hatten die Größe eines heutigen Mikrowellenofens.

Dank dem Transistor konnte die Quarzuhr weiter verkleinert werden. So lancierte Patek Philippe 1960 den elektronischen Marinechronometer Chronotome C mit einem Volumen von 2,4 Litern. Die 1959 erfundene und in den 1960er Jahren kommerziell verfügbar werdende integrierte Schaltung ermöglichte einen weiteren Quantensprung der Miniaturisierung. Kennern der Materie war es nunmehr klar, dass eine Quarzarmbanduhr technisch machbar war.

Während man in der Schweiz, in Japan und in den USA in einem Schritt Quarzarmbanduhren entwickelte, ging man im Hochschwarzwald behutsamer vor. Dort war man ohnehin auf Wecker sowie Tisch- und Wanduhren spezialisiert und spielte in dieser Produktkategorie weltweit eine führende Rolle. In diesem Fall musste die Quarzuhr in Bezug auf das Volumen nicht ganz so weit miniaturisiert werden wie bei den Nachbarn im Süden und in Übersee.

Ende der 1960er und Anfang der 1970er Jahre beherrschte ein halbes Dutzend Schwarzwälder Unternehmen die Quarztechnik. Parallel dazu reizte man die Kunststofftechnik und die automatische Montage bis ans Limit aus, um der fernöstlichen Konkurrenz preislich Paroli zu bieten. Letztlich war das alles umsonst: Billigprodukte können trotz perfekter Automatisierung fast nur in Billiglohnländern hergestellt werden. Schlecht bezahlte Menschen kosten weniger als Computer und Roboter.

Technischer Triumph und wirtschaftliche Krise

Die Entwicklung der weltweit ersten Quarzarmbanduhren gelang Schweizer Ingenieuren und Physikern im Sommer

1967 am Centre Electronique Horloger (CEH) in Neuchâtel.

Wenige Wochen später erreichte ein japanisches Team bei Seiko dasselbe Ziel. Nicht weniger als acht technisch andersartige Konzepte von Quarzkalibern wurden in den folgenden Jahren in Deutschland, Frankreich, Japan, in der Schweiz und in den USA vorgestellt. Den kommerziellen Durchbruch dieser neuartigen Zeitmesser verdanken wir Seiko in Japan. Sie lösten in den 1970er Jahren eine für die europäische Uhrenindustrie äußerst schwerwiegende Krise aus, die Zehntausende von Arbeitsplätzen kostete.

Um die Krise zu überwinden, musste ein grundlegender Paradigmenwechsel von der Mikromechanik zur Mikroelektronik vollzogen werden. Doch schon Ende der 1980er Jahre waren die Schweiz, Deutschland und Frankreich der chinesisch gewordenen Konkurrenz im Bereich der preiswerten Quarzuhren nicht mehr gewachsen. In der Schweiz verzog sie sich darum in den Hoch- und Höchstpreissektor, wo die Herrenmodelle fast ausschließlich mit äußerst kostspieligen mechanischen Werken ausgestattet sind. In Deutschland wurde die einst florierende Uhrenindustrie bis auf kleine (aber feine) Reste im Luxussektor vernichtet. In Frankreich begnügt man sich heute mit dem Design der Ausstattung und lässt Uhren auf dieser Basis komplett in China fertigen.

Zeit mit Zahlen

Als Anfang 1968 über die ersten schweizerischen und japanischen Quarzarmbanduhren berichtet wurde, war dies für den amerikanischen Uhrenhersteller Hamilton Watch Co. in Lancaster (Pennsylvania) ein echter Schock. Es wurde den Hamilton-Managern gleich klar, dass die Schweiz und Japan nicht mehr einzuholen waren. Nun hatte man aber beim Bau futuristisch anmutender elektronischer Großuhren für Stanley Kubricks Film »Space Odyssey« erste Erfahrungen mit der Digitalanzeige gemacht. Eine Quarzarmbanduhr mit Leuchtdiodenanzeige ließe sich relativ kurzfristig verwirklichen, denn sie brauchte keine mechanisch bewegten Teile.

Erste Prototypen wurden für Hamilton von der Elektronikfirma Electro/Data in Dallas (Texas) gebaut und 1970 den Medien vorgestellt. Die weitere Entwicklung und die Produktion übernahm die »Time Computer«-Division von Hamilton. Diese erste elektronische Digital-Armbanduhr wurde von den amerikanischen Medien zur Weltsensation hochsti-



Quarz-Marinechronometer Chronotome C von Patek Philippe (1961). Dieses Navigationsinstrument galt als weltweit führend und wurde von der chinesischen Kriegsmarine getreulich nachgebaut.

liert. Zahlreiche gekrönte und ungekrönte Häupter bestellten ihren »Time Computer« mit der Marke »Pulsar« gleich nach der Pressekonferenz: Bis zur Lieferung mussten sie zwei Jahre warten.

Infolge der hohen Stromaufnahme der Leuchtdioden gab die Pulsar die Zeit (Stunden und Minuten) nur auf Knopfdruck an, und zwar jeweils während 1,25 Sekunden. Bei längerem Drücken auf den Knopf erschienen fortlaufend die Sekunden. Im Prinzip war man mit der Pulsar Meister der eigenen Zeit. Allerdings verfieng dieses Argument nur so lange, bis man die Uhr beim Tragen schwerer Gegenstände ablesen wollte. Die »Auto Command« Funktion, dank welcher ab 1975 die Anzeige auch durch eine ruckartige Bewegung des Handgelenks eingeschaltet wurde, löste dieses Problem.

Time Computer garantierte, daß die Pulsar mindestens zehnmal genauer war als alle anderen, damals verfügbaren Uhren. Der Preis war mit 2100 US-Dollar extravagant hoch, dennoch war die erste Serie bald ausverkauft. Tiffany und Neiman-Marcus machten den größten Umsatz, es hagelte Bestellungen für Tausende von Exemplaren. Die Pulsar wurde zum Kultobjekt, man riss sich um jedes Stück. Auf das Massivgoldmodell folgten Ausführungen mit vergoldetem Gehäuse (1275 Dollar) und mit Stahlgehäuse zu 275 Dollar. Die Pulsar-Patentlizenz wurde den damals wichtigsten japa-



Als preiswerte, aber qualitativ hochwertige Einweguhr (mit austauschbarer Batterie) konzipiert, kam 1983 die modische »Swatch« auf den Markt. Sie revolutionierte die elektronische Uhrentechnik und das Uhren-Marketing.

nischen Uhrenherstellern verkauft, nämlich Citizen, Sanyo, Seiko und Toshiba.

Doch im Lauf weniger Jahre verblasste das Kultobjekt-Image der Pulsar; verschiedene amerikanische Elektronikunternehmen wie Fairchild, Hughes Aircraft, Microma, National Semiconductor und Texas Instruments begannen mit der Massenproduktion von viel billigeren Digitaluhren mit Leuchtdioden, etwas später mit permanent aktiven Flüssigkristallanzeigen (LCD). Davon wurden 1976 bereits 30 Millionen verkauft, ein Jahr später waren es 42 Millionen. Die Pulsar-Produktion, die von 1972 bis 1975 bis auf ein Maximum von 150 000 Stück pro Jahr angestiegen war, ging auf dramatische Weise zurück; 1977 wurden noch 10 000 Stück gebaut, worauf Time Computer die Produktion einstellte.

Die Digitaluhr wurde zum Wegwerfartikel. Zeitweise gab es in den USA zwischen 20 und 30 Uhrenproduzenten mit eigenen LED- und LCD-Digitalmodulen, die sich einen mörderischen Konkurrenzkampf lieferten. Doch der Preiskrieg zwischen den amerikanischen Herstellern war erst ein Vorgeschmack auf das, was Ende der 1970er Jahre kommen sollte. Die Preise kollabierten nämlich richtiggehend, als zuerst Japan, bald danach auch Korea, Taiwan und Hongkong auf breiter Basis in das Geschäft mit Digitaluhren einstiegen, vor allem des LCD-Typs. Dies führte letztlich zu einstelligen Ladenpreisen – bei einem Produktionspreis, der 1986 auf weit unter einen Dollar gesunken war.

Eher besser war die Situation bei dem mit Zeigern – also analog – anzeigenden Quarzwerk mit seinem kaum noch verbesserbaren technischen Konzept. Heute werden davon Jahr für Jahr etwa eine Milliarde Stück produziert. Der weitest- aus größte Teil davon kommt aus China, der Rest aus den Philippinen, Japan, der Schweiz und Indien.

Wende mit der Swatch

Für die an der »Quarzkrisen« fast zugrunde gegangene Schweizer Uhrenindustrie drehte der Wind 1983 dank der als Modeartikel konzipierten Kunststoffuhr Swatch. Das revolutionäre Konzept einer nicht reparierbaren Uhr mit präzisions-spritzgegossenem Kunststoffgehäuse hatten zwei junge Ingenieure entwickelt. Das Marketing war auf Jugendlichkeit und Lebensfreude zentriert. Es gipfelte mit der Riesenswatch, deren Gehäusedurchmesser 16,2 Meter betrug,

das Armband war 100 Meter lang. Sie hing 1984 äußerst werbewirksam an einem Frankfurter Hochhaus.

Das nachhaltig Entscheidende bei der Swatch war nicht nur die äußerst einfache Konstruktion, sondern der wirtschaftliche Zwang, die Montage vollständig zu automatisieren. Diese Entwicklung kostete einen hohen, zweistelligen Millionenbetrag, doch machte sie sich in hohem Maß bezahlt. Das Konzept wurde nämlich sehr bald auf konventionelle, massenproduzierte Quarzwerke übertragen, mit enormem Gewinn an Produktivität und Qualität.

Im Bereich der konventionellen Quarzuhren gab es seit den 1980er Jahren nur drei nennenswerte Innovationen. Einmal das in der Schweiz produzierte, thermokompensierte Quarzwerk, das als elektronischer Chronometer zertifiziert wird. Verlangt wird ein Gang von $\pm 0,07$ Sekunde pro Tag, man darf aber $\pm 0,02$ Sekunde pro Tag erwarten. Dazu kommen Funk-Quarzarmbanduhren, die sich einmal alle 24 Stunden mit einem Zeitzeichensender synchronisieren: Sie werden in Deutschland, Japan und China gebaut, Junghans war der Pionier.

Die »perfekte« Uhr, die überall auf der Welt in jeder Zeitzone völlig selbstständig die korrekte Lokalzeit einstellt, wurde 2012 von Seiko unter dem Namen »Astron GPS Solar« lanciert. Ihr äußerst empfindlicher Empfänger sichert überall auf der Welt die Verbindung mit vier Satelliten des GPS-Navigationssystems. Auf dieser Basis »weiß« die Uhr immer, wo sie sich auf dem Globus befindet. Für jeden geografischen Koordinatenbereich ist die zutreffende Zeitzone gespeichert. Die Anzeige des Stundenzeigers (und des Datums) ist demzufolge immer und überall richtig, ohne dass man jemals etwas einstellen müsste. Minute und Sekunde stimmen ohnehin, dafür sorgt die Synchronisierung mit den Atomuhren der GPS-Satelliten. Dank Solarzellen und langlebigem Lithium-Ionen-Akkumulator gibt es zudem keinen Batteriewechsel. ■■



DER AUTOR

Dr. Lucien Trueb studierte Chemie an der ETH Zürich. Er arbeitete mehr als zehn Jahre lang als Materialwissenschaftler in den USA, bevor er sich – wieder in der Schweiz – dem Wissenschaftsjournalismus zuwandte.

Ausstellung

In der Ausstellung »Zeitmessung« des Deutschen Museums finden Sie neben zahlreichen historischen und aktuellen Uhren aller Art auch Instrumente zur Messung sehr langer und sehr kurzer Zeiten.



Deutsches Museum



INTERN

- **Museumsinsel**
Reise in den Mikrokosmos
Von der Idee zur Erkenntnis
Bibliotheksrecherche
Neue Schriftenreihe: Preprint
- **Neues aus dem Freundes- und Förderkreis**
- **Flugwerft Schleißheim**
100 Jahre Flugplatz Schleißheim
- **Deutsches Museum Bonn**
Sonderausstellung Heinrich Hertz
- **Meinungen und Kommentare**



Museumsinsel

Verkehrszentrum

Flugwerft Schleißheim

Alle aktuellen Veranstaltungen
finden Sie in unserem
Quartalsprogramm.

MUSEUMSINSEL Ausstellung bis 15. September 2012

Fotografien von Manfred Kage

Reise in den Mikrokosmos

Anlässlich der Verleihung des Kulturpreises der Deutschen Gesellschaft für Photographie (DGPh) an den Fotografen Manfred P. Kage am 2. Juni 2012 zeigt das Deutsche Museum eine Auswahl aus seinem Werk. Im Rahmen der Kabinett-Ausstellungen »Reise in den Mikrokosmos. Fotografien von Manfred Kage« sind noch bis 15. September 2012 Bilder von einem der Hauptakteure der Mikrofotografie zu sehen.

Als Grenzgänger zwischen Wissenschaft und Kunst ist es Kage im Besonderen zu verdanken, dass die wissenschaftliche Fotografie auch im künstlerischen Umfeld wahrgenommen wird. Manfred Kage verbindet Chemie und Mikrobiologie mit visueller Kunst. Das Mikroskop dient ihm als verbindendes Element. Zunächst setzte er es traditionell für Abbildungen von kristallinen Strukturen oder Kleinstlebewesen ein, erkannte aber schon bald grenzüberschreitend dessen künstlerisch wirksames Potenzial, das ihm zu visuellen Abenteuern verhalf und unter dem Begriff »Science Art« etabliert wurde.

Eine Eigenschaft, die Kage besonders auszeichnet, ist sein ständiges Interesse an technischen Neuerungen, die der Erweiterung der Mikroskopie und der Perfektionierung der Bild- und Videopräsentation gelten. So entwickelte er 1957 den »Polychromator«, einen Spezialfilter, mit dem von einer monochromen Kristallformation endlos viele Farbvariationen erzielt werden können – dies alles bei hervorragender Schärfe. Zu den Meilensteinen seiner Karriere zählen auch seine Mikroaufnahmen von Mondgestein der Apollo-Mission von 1969. Acht Jahre später gelang es ihm erstmals, Aufnahmen am Rasterelektronenmikroskop farbig wiederzugeben. Mit der Aufnahme einer Ameise, die ein Zahnrad wie einen Armreif vorzeigt, gewann das Ehepaar Kage 2006 den Fotowettbewerb »Bilder der Forschung«.



Mit dieser Aufnahme einer Ameise, die mit einem kleinen Zahnrad geschmückt ist, gewannen Manfred und Christina Kage 2006 den Wettbewerb »Bilder der Forschung«.

Der Kulturpreis zeichnet bedeutende Leistungen im Bereich der Fotografie aus. Er besteht aus einer Urkunde sowie einer von Prof. Ewald Mataré gestalteten, goldgefassten optischen Linse und wird neben dem Dr.-Erich-Salomon-Preis als höchste Auszeichnung der Deutschen Gesellschaft für Photographie seit 1959 jährlich vergeben. Träger sind unter anderem Klaus Honnef, Stephen Shore, Wolfgang Tillmans, Stephen Sasson, Ed Ruscha, Prof. F. C. Gundlach, Lennart Nilsson, Bernd und Hilla Becher, Henri Cartier-Bresson und Man Ray.

MUSEUMSINSEL Sonderausstellung 13. Juli bis 26. August, Galerie im Zentrum Neue Technologien



Von der Idee zur Erkenntnis

Wissenschaft und Forschung haben zunehmenden Einfluss auf unser Leben. Doch wie entstehen aus wissenschaftlichen Fragen Forschungsprojekte und daraus schließlich Wissen, das für Wissenschaft und Gesellschaft erschlossen werden kann? Mit der Sonderausstellung »Von der Idee zur Erkenntnis« stellt die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) herausragende Forschungsprojekte vor, die sie im Rahmen ihrer Einzelförderung unterstützt. Exemplarisch für viele andere Vorhaben zeigen sie die Vielfalt aktueller Forschungsthemen und die kreativen Wege, die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bei ihren Arbeiten beschreiten.

Wissenschaft und Forschung tragen die Gesellschaft und den Wohlstand in unserem Land. Die Ergebnisse wissenschaftlicher Arbeit sind Grundlage für gesellschaftliche, wirtschaftliche und politische Entwicklungen und Entscheidungen. Doch wie gewinnt die Forschung neue Erkenntnisse? Wie entstehen aus wissenschaftlichen Ideen und Fragen Forschungsprojekte und daraus schließlich Wissen, das unseren Alltag und unsere Welt mitgestaltet?

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft unterstützt als größter Forschungsförderer in Deutschland jährlich rund 20 000 Projekte, die von einzelnen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern oder kleinen Gruppen aus allen wissenschaftlichen Disziplinen durchgeführt werden. Diese Einzelförderung gibt ihnen die Freiheit und Flexibilität, auch unkonventionelle und risikoreiche Vorhaben zu verfolgen und so die Forschung voranzubringen.

FREUNDES- UND FÖRDERKREIS Deutsches Museum e.V.

Bunt und erfolgreich

Seit einem Jahr gibt es nun die »Bunten Touren für Groß und Klein«. Jetzt wird das Angebot für Kinder erweitert – mit Hilfe des Freundes- und Förderkreises Deutsches Museum.

»Was, das Kinderreich hat jetzt sechs Stockwerke?«, ruft ein begeistertes Kind vor der Info-Tafel über die »Bunten Touren« im Kinderreich. Präziser und knapper hätten wohl auch die Museumspädagogen den Sinn ihrer Initiative nicht zusammenfassen können, nämlich Familien mit Kindern im Alter von vier bis acht Jahren anhand eines eigens entwickelten Leitfadens spezielle Stationen im Deutschen Museum zu erschließen. Die Idee zu den »Bunten Touren für Groß und Klein« entstand, als man das erfolgreiche Kinderreich konzipierte und darüber nachdachte, wie wohl die Verbindung zwischen dem Reich für die kleinsten Museumsbesucher und dem restlichen Museum aussehen könnte. Seit vergangenem Sommer gibt es nun diese »Bunten Touren« und sie sind derart erfolgreich, dass sie mit finanzieller Unterstützung des Freundes- und Förderkreises Deutsches Museum nun schon in eine erste Erweiterungsphase gehen. Die Idee dahinter ist denkbar einfach: Eltern oder Großeltern sollen selbstständig mit ihren Kindern und Enkelkindern auf Entdeckungstour

durchs Museum gehen können, nicht bloß im Rahmen diverser Sonderführungen. Dabei helfen ihnen die nach museumspädagogischen Gesichtspunkten für Kinder und Kleinkinder entwickelten Touren zu den jeweiligen interaktiven Stationen in den unterschiedlichsten Abteilungen des Hauses. Bunte Flyer, die im Kinderreich angeboten werden, bieten Orientierung und erklären in knappen und verständlichen Worten, was hinter den Experimenten und Beobachtungen steckt, zu denen die »Bunten Touren« einladen. Etwa beim Thema Wasser.

Haben die Kleinen erst einmal im Kinderreich alles rund um das Wasser entdeckt, können sie mit den sie begleitenden Erwachsenen und dem blauen Flyer »Wasser« in die Abteilung Schifffahrt gehen und dort Schiffsformen testen oder sich auf dem Deck eines großen Dampfers wähen und den Geräuschen des Meeres lauschen. Neun für Kinder und Kleinkinder taugliche interaktive Stationen haben die Mitarbeiter der Bildungsabteilung des Deutschen Museums ausfindig gemacht und in ihre »Bunten Touren« integriert,



Unterhaltsame und lehrreiche Touren durchs Museum für Kinder mit Eltern: eine Infotafel zeigt die Stationen.

etwa in den Abteilungen Physik, Astronomie oder Musikinstrumente. Nun sollen fünf weitere Stationen konzipiert und erdacht werden.

Schon die Titel der Touren klingen verlockend: »Alles aus Glas« in der Abteilung Glastechnik, »Woher kommt die Energie?« in der Energietechnik, sowie »Geschöpft, gefaltet, beschrieben« in der Abteilung Papiertechnik und zwei Touren im Verkehrszentrum »Unterwegs im Stadtverkehr« und »Wie die Kutsche auf die Schiene kam«.

200000 jährliche Besucher hat das Kinderreich, durch die »Bunten Touren« ist es zweifelsohne noch attraktiver geworden. *Monika Czernin*

Hexerei? Mit einem Theremin kann man Musik machen, ohne das Instrument dabei zu berühren. Bei den »Bunten Touren« erfahren Kinder, wie das funktioniert.

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 / 21 79 - 314
Fax 089 / 21 79 - 425
c.koschmieder@
deutsches-museum.de

Fly-in 2012

**Oldtimer der Lüfte in der
Flugwerft Schleißheim
Samstag, 21. Juli / Sonntag 22. Juli**

Das Fly-in steht heuer ganz im Zeichen zweier Jubiläen.

100 Jahre Flugplatz Schleißheim: Anlässlich des 100-jährigen Jubiläums des Schleißheimer Flugplatzes soll die Anfangszeit der Fliegerei wieder aufleben. Eingeladen sind Oldtimer aus der Gründungszeit des Flugplatzes, ob flugfähig oder im Rohbau. Für eine zeitgenössische Kulisse sorgen die entsprechenden Landfahrzeuge und historische Uniformen.



50 Jahre Bundespolizei-Fliegerstaffel Oberschleißheim: Halb so alt ist die Fliegerstaffel Oberschleißheim der Bundespolizei. Sie feiert ihr 50-jähriges Bestehen mit einer Ausstellung ihrer Hubschrauber und Demonstrationen typischer Einsätze.

An beiden Tagen werden das Absetzen von Fallschirmspringern, Windenübungen, Rettungsdemonstrationen und Feuerlöschübungen vorgeführt.

Darüber hinaus wird eine große Anzahl historischer und seltener

Flugzeuge erwartet. Sie sind auf dem Freigelände der Flugwerft zu Gast, man kann sie aus der Nähe betrachten, filmen und fotografieren. Wer selbst abheben will, kann mit der Ju 52 oder dem Doppeldecker An-2 mitfliegen.

Pflichttermin für Liebhaber alter Flugzeuge ist das alljährliche »Fly-in« der Flugwerft Schleißheim. Zum hundertjährigen Geburtstag gibt es zahlreiche Attraktionen und Überraschungen für die Besucherinnen und Besucher.



Benefizkonzert

»Ein Reigen durch die Luftfahrtgeschichte« 30. September 2012, 19.30 Uhr, Einlass ab 18 Uhr

Vorverkauf ab 25. Juli. Karten zu 15 und 18 Euro (ermäßigt 8 Euro), bei Schreibwaren am Schloss, Freisinger Str. 11, Tel. 089/3150103 und Conny's Fotoecke, Margaretenanger 1, Tel. 089/31577642 in Oberschleißheim.

Das Münchner Bundespolizeiorchester spielt Stücke aus den vergangenen Jahrzehnten. Das Konzert wird in Zusammenarbeit mit der Gemeinde Oberschleißheim veranstaltet. Den Erlös teilen sich die Oberschleißheimer Tafel und die Stiftung Mayday, die in Not geratene Luftfahrer und ihre Angehörigen unterstützt.

Lesung

6. Oktober 2012, 19.30 Uhr

Einlass ab 18 Uhr

Geschichten vom Fliegen

von Antoine de St-Exupéry

Es liest der bekannte Schauspieler Francis Fulton-Smith, musikalisch begleitet vom Stephan-Holstein-Duo.

Die Lesung wird in Zusammenarbeit mit der Gemeinde Oberschleißheim veranstaltet. Vorverkauf ab 25. Juli 2012. Karten von 20 bis 28 Euro (ermäßigt 15 Euro) bei Schreibwaren am Schloss und Conny's Fotoecke in Oberschleißheim.

Bibliotheksrecherche am Computer

Von Grund auf erklärt

Sie möchten sich mit der Recherche im Internet vertraut machen? Sie wollen Erfahrungen mit modernen Online-Katalogen von Bibliotheken sammeln? Lassen Sie sich's zeigen: Wir demonstrieren Ihnen von Grund auf, wie Sie sich am Computer auf den Benutzeroberflächen heutiger Bibliothekskataloge zurechtfinden und effektiv Literatur suchen können.

Wann? Am Freitag, 31. August um 15 Uhr

Wo? Treffpunkt im Foyer der Bibliothek des Deutschen Museums

Eine Anmeldung ist nicht erforderlich

Ansprechpartner für Rückfragen:

Benedikt Marchand, Tel. 21 79 - 226

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



Tipps und Tricks

Sie möchten wissen, wie Sie Ihre Bibliotheksrecherche verbessern können, beispielsweise

- effektiv mit Schlagworten suchen
- nach Zeitschriftenaufsätzen recherchieren
- übergeordnete Kataloge für die Suche nutzen?

Dann sind Sie hier richtig. Die Veranstaltung baut auf die Einführung »Bibliotheksrecherche am Computer – von Grund auf erklärt« auf, kann aber natürlich von jedem Interessierten besucht werden.

Wann? Wahlweise am Freitag, 7. September, um 15 Uhr oder Mittwoch, 5. September, um 10 Uhr

Wo? Treffpunkt im Foyer der Bibliothek des Deutschen Museums

Anmeldung ist nicht erforderlich.

Ansprechpartner für Rückfragen:

Benedikt Marchand, Tel. 21 79 - 226,

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

26. April 2012 bis 13. Januar 2013



Heinrich Hertz vom Funkensprung zur Radiowelle

Heinrich Hertz (1857–1894) war einer der herausragenden Physiker an der Schwelle vom 19. zum 20. Jahrhundert und gilt als wichtiger Wegbereiter der modernen Physik. Vor allem sein experimenteller Nachweis elektromagnetischer

Wellen, aber auch die erste systematische Untersuchung des Fotoeffekts und die ersten Arbeiten mit Kathodenstrahlen sind bahnbrechende Leistungen der experimentellen Physik. Hertz' Werk ist bis heute aktuell, denn seine Vorarbeiten ermöglichten schon kurz nach seinem Tod die technische Nutzung der elektromagnetischen Wellen für die Kommunikationstechnik vom Rundfunk bis zum Mobiltelefon.

Begleitpublikation zur Ausstellung:

Zur Sonderausstellung ist eine reich bebilderte Begleitpublikation erschienen, die im Museumsshop für 9,50 Euro erworben werden kann.

Internetseite zur Ausstellung:

Unter www.heinrichhertz.de steht eine Fülle zusätzlicher Informationen und aktueller Neuigkeiten zur Ausstellung bereit.

Angebot für Kinder und Familien:

Als »Hertz-Detektive« können sich Kinder und auch Familien auf die Spur von Heinrich Hertz machen. Ein Doppel(S)pass zwischen einem Detektiv-Rätselbogen und der Ausstellung erschließt auf unterhaltsame und informative Art Leben und Werk von Heinrich Hertz für alle, die schon lesen können. Schulklassen aufgepasst: Warum nicht mal eine außergewöhnliche Physikstunde im Deutschen Museum Bonn erleben? In der Sonderausstellung gibt es jede Menge zu entdecken. Ausstellungsinhalte und Demonstrationen sind für den Physikunterricht mit unterschiedlichem Anspruchsgrad hochgradig anschlussfähig. Erleben Sie, wie der Funke überspringt!

Informationen unter Tel. 02 28 / 30 22 56 (Di–Fr, 14.00–17.00 Uhr)

Begleitprogramm Heinrich Hertz

In unserer »HzCachingTour« wird der Stadtraum von Bonn in die Ausstellung real und digital einbezogen. Die »HzCachingTour« – also »HertzCachingTour« – funktioniert wie eine Schnitzeljagd, die den realen Stadtraum mit digitalen Geschichten verbindet. Verschiedene Stationen, die alle mit dem Leben oder Werk von Heinrich Hertz verknüpft sind, müssen gesucht und gefunden werden. An den Stationen selbst können historische Aufnahmen, Vergangenes und Aktuelles zu Hertz digital per Smartphone abgerufen werden. Alles, was dazu benötigt wird, ist ein internetfähiges Mobiltelefon und eine passende App, die QR-Codes einlesen kann. Dann geht es los! Mehr unter:

www.heinrichhertz.de

PUBLIKATIONEN IM DEUTSCHEN MUSEUM

Die neue Schriftenreihe

Im Herbst 2010 wurde im Deutschen Museum eine neue Schriftenreihe *Deutsches Museum PREPRINT* aufgelegt. In erster Linie handelt es sich um eine Online-Reihe. Jedes Heft steht in elektronischer Form auf unseren Internetseiten unter »Publikationen der Forschung« und kann dort kostenfrei als PDF heruntergeladen werden. Die in kleiner Auflage gedruckten, in der Deutschen Nationalbibliothek verzeichneten und über reguläre ISSN-Nummern verfügbaren Paperback-Hefte im DIN-A4-Format werden nicht verkauft, sind aber in einschlägigen Bibliotheken direkt oder per Fernleihe erhältlich. Von Dorothee Messerschmid-Franzen

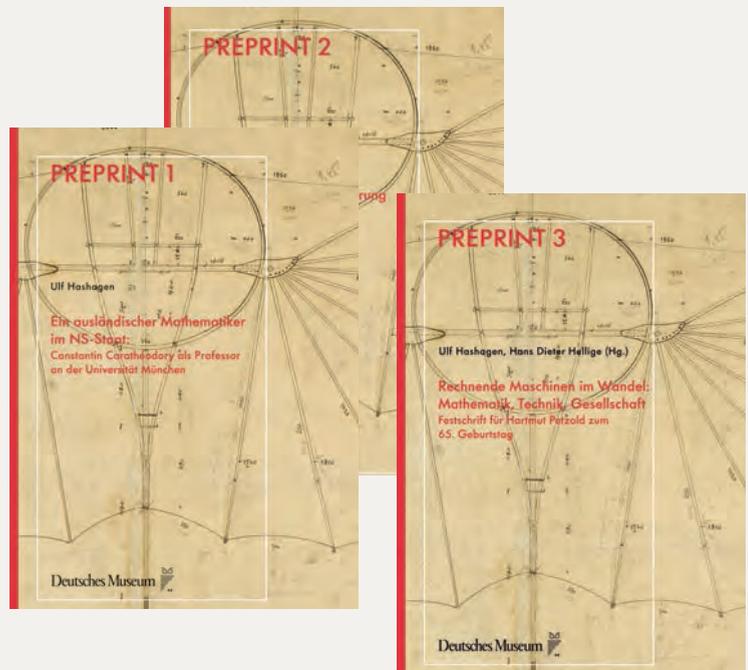
In der Preprint-Reihe finden jene Aktivitäten des Deutschen Museums ihren Niederschlag, für die bisher eine geeignete Plattform fehlte. Rasch, unaufwendig und flexibel können insbesondere Mitarbeiter des Museums und Gastwissenschaftler hier Artikel, Essays und kleinere Monografien veröffentlichen. Darüber hinaus sollen Quelleneditionen oder Sammelbände mit Museumsbezug publiziert werden, etwa Proceedings von Tagungen, die im Deutschen Museum stattgefunden haben – und last but not least vor allem auch Restaurierungsberichte, Sammlungs- und Ausstellungskonzepte sowie Sammlungs- und Ausstellungsdokumentationen. Die elektronische Publikationsform ist dabei besonders für multimediale Formate geeignet, wie Film- und Tonaufnahmen, Grafiken oder Bilder. Durch die Ausweisung als »Preprints« wird die Reihe bewusst für Zwischenergebnisse offengehalten, wenn gleich hier, wie in Preprints anderer wissenschaftlicher Einrichtungen auch, natürlich auch manch große »Endergebnisse« veröffentlicht werden sollen. Die dem Deutschen Museum angemessene Qualität der Bände sichert ein hausinternes Schriftleitungsgremium unter Federführung von Dr. Andrea Lucas sowie ein gründliches Lektorat. Ein halbes Dutzend Hefte ist in Vorbereitung und wird in nächster Zeit erscheinen.

Ulf Hashagen

Ein ausländischer Mathematiker im NS-Staat: Constantin Carathéodory als Professor an der Universität München, München 2010.

Im Mittelpunkt der Studie steht der 1924 an die Universität München berufene und hier bis zu seinem Tod im Jahr 1950 tätige griechische Mathematiker Constantin Carathéodory, der mit seinen Arbeiten u. a. zur Variationsrechnung und Funktionentheorie zu den führenden europäischen Mathematikern seiner Generation zählt. Ausgehend von Carathéodory geht die Studie der generellen Frage nach der Stellung ausländischer Wissenschaftler

und deren Handlungsoptionen im nationalsozialistischen Deutschland nach. Dabei werden insbesondere Carathéodorys Verhaltensweise vor dem Hintergrund des Schicksals seiner »nichtarischen« Mathematikerkollegen in München, sein Agieren innerhalb der Institutionen Universität und Akademie, sein Auftreten als Repräsentant der deutschen Mathematik im Ausland und schließlich seine Haltung zur Entnazifizierung in der Nachkriegszeit analysiert.

**Gerhard Filchner**

Geschichte und Restaurierung eines Leitexponats: Das Flugzeug CASA 2.111B in der Flugwerft Schleißheim, München 2011.

Mit dem Erwerb der CASA C-2.111B im Jahr 1973 ist das Deutsche Museum im Besitz eines Exponats, das einen bedeutenden Bestandteil der deutschen Luftfahrtgeschichte darstellt. Seit 1992 ist es in der Flugwerft Schleißheim, der Außenstelle für Luft- und Raumfahrt des Deutschen Museums, zu besichtigen. Durch die lange ungeschützte Lagerung im Freien musste sich das Flugzeug jedoch einer gründlichen Restaurierung unterziehen, die sich über einen Zeitraum von fast zehn Jahren (2000–2009) erstreckte. Der Bericht beschreibt die Entstehungsgeschichte des Flugzeugmusters, die individuelle Geschichte des Exponats und gibt eine Zusammenfassung der durchgeführten Restaurierungsarbeiten.

Ulf Hashagen, Hans Dieter Hellige (Hg.)

Rechnende Maschinen im Wandel: Mathematik, Technik, Gesellschaft. Festschrift für Hartmut Petzold zum 65. Geburtstag, München 2011.

Hartmut Petzold, dem der vorliegende Sammelband gewidmet ist, gilt in der internationalen Community der Computerhistoriker wie in

der deutschen Technikgeschichte als einer der führenden Vertreter seiner Zunft. Als zentrale Bezugsperson der deutschen Rechengere-, Rechenmaschinen- und Computergeschichte gehörte er jener Generation von Kuratoren im Deutschen Museum an, die dem Idealbild des forschenden Kurators als weltweit anerkannter Spezialist für die von ihm betreuten Sammlungsgebiete sehr nahe kamen. Mit seiner 1985 erschienenen Dissertation *Rechnende Maschinen: Eine historische Untersuchung ihrer Herstellung und Anwendung vom Kaiserreich bis zur Bundesrepublik* begründete er die moderne Technikgeschichtsschreibung der Informatik in Deutschland. Bis heute ist diese Arbeit ein Standardwerk. Die in diesem Sammelband zusammengestellten Vorträge, die anlässlich des »Abschiedskolloquiums« für Hartmut Petzold gehalten wurden, fügen sich thematisch in den Rahmen seiner Dissertation und seiner später veröffentlichten Arbeiten ein.

Die Publikationen aus der Reihe »Preprint« können Sie auf den Internetseiten des Deutschen Museums als PDF herunterladen:
www.deutsches-museum.de

Meinungen und Kommentare von Leserinnen und Lesern



Leserbrief zum Titelbild 2/2012

Ein aufmerksamer Leser (leider ohne Namen, die Unterschrift ließ sich nicht entziffern) aus Berlin »stolperte« wortwörtlich über die Titel­füße unserer letzten Ausgabe. Zugegeben, das Herz eines Grafikers muss bluten, wenn Objekte »ge­kontert« (gespiegelt)

werden, ohne den Schatten zu korrigieren. Wir bedanken uns über die humorvoll vorgebrachte kreative Kritik und geloben reumütig Besserung! Biergarten ist eine gute Idee. Hoffen wir auf viele sonnige Tage!

Mit herzlichen Grüßen nach Berlin
Die Redaktion

Leserbrief zum Beitrag »Nikola Tesla« von Erik Eckermann

Kultur & Technik 2/2012 veröffentlichte von mir einen Leserbrief. Leider haben sich zwei Fehler eingeschlichen, welche mich quasi in die Richtung eines zumindest zerstreuten Geistes darstellen: Einem Esel hält man eine Lockrübe vor das Maul und nicht vor die Mail; und im Satz mit der Esoterik wurde beim letzten Wort ein d eingespargt, wird statt wir wäre besser gewesen. Aber sei's drum.

Mit einem erneuten Durchkauen der Geschichte hätte ich nicht gerechnet, man stelle sich vor, eine angeblich 1,8 m lange Antenne fängt die Energie des Motors von 55 kW ein. Netto, die Energie für den Konverter kommt noch hinzu.

Ein Heißwasserkocher mag eine Leistung von 2 kW haben, das wären dann über 27 Wasserkocher, welche von einer »Antenne« gespeist werden können. Und das an jeder Stelle auf dem Globus. Das Gejammer über den »Energiesmog« wäre groß. Übrigens, von einer Österr.-Serbischen Armee (Seite 49, 1. Spalte) hatte ich vorher keine Ahnung, ich war immer der Ansicht, Serbien wäre Kriegsgegner im 1. Weltkrieg gewesen. Man lernt doch nie aus.

Peter Knoll



Leserbrief zur Titelgeschichte »Die Zukunft des Grünen« von Frank Uekötter

»Stell Dir vor, es geht um die Umwelt, und alle wissen Bescheid! Obwohl Ihre Titelgeschichte so verheißungsvoll beginnt, folgt zu existenziell wichtigen Themen unserer Zeit wenig Substanzielles, und der interessierte Leser fragt sich am Ende irritiert, ob der Autor vielleicht selber nicht Bescheid weiß!

Zum Thema E 10: Agro-Kraftstoffe sind keine Option für die Zukunft! Um z. B. Weizen mit 1,0 kcal Energieinhalt zu erzeugen, müssen 2,2 kcal aufgewendet werden. In der Gesamtbilanz hat Agro-Sprit eindeutig einen negativen Klimaeffekt, in dem Beitrag wird dagegen E 10 geradezu verharmlost.

Kein Hinweis, dass Flugwirtschaft, Stromerzeuger und Autoindustrie besser nicht von einer in Zukunft sicheren »Bio«-Energie träumen sollten! Die weltweit erzeugte Biomasse wird bei unserem heutigen Lebensstil niemals ausreichen. Nur aus Abfallstoffen gewonnen ist Agro-Sprit eine Option – und muss darum immer ein Nischenprodukt bleiben!

Der kollabierte Wald sei den Insekten zum Opfer gefallen. Die aber konnten erst so verheerend wirken, weil die Rahmenbedingungen stimmten und der Wald wohl schon stark geschädigt war! Die Zusammenhänge in der Natur sind

eben oft sehr komplex. Für die einfachen Probleme wurden schnell Lösungen gefunden, viele alte Probleme sind geblieben. Die qualifizierte Arbeit der Umweltbewegungen bleibt also gerade heute unverzichtbar, verdient unsere Unterstützung und darf nicht, wie dem Beitrag zu entnehmen, einfach weichgespült werden!

Jörg Hemptenmacher

MikroMakro für Erwachsene!

An eurem Magazin gefallen mir die MikroMakro-Seiten besonders. Generell würde ich mir auch einen Abschnitt etwa in der Art »Technik für Laien« wünschen, denn manchmal habe ich schon den Eindruck, dass die Zielgruppe der Artikel ausschließlich Akademiker mit abgeschlossenem naturwissenschaftlichen Studium sind.

Schade, denn eigentlich ist das Deutsche Museum doch für alle gedacht. Müssen Informationen dazu immer so sperrig daherkommen oder geht es nicht auch mal für Erwachsene ähnlich »locker-flockig« wie im MikroMakro-Bereich?

Ja, und auch ich würde mir wieder die Terminübersicht wünschen, die Veranstaltungshinweise fand ich immer sehr hilfreich.

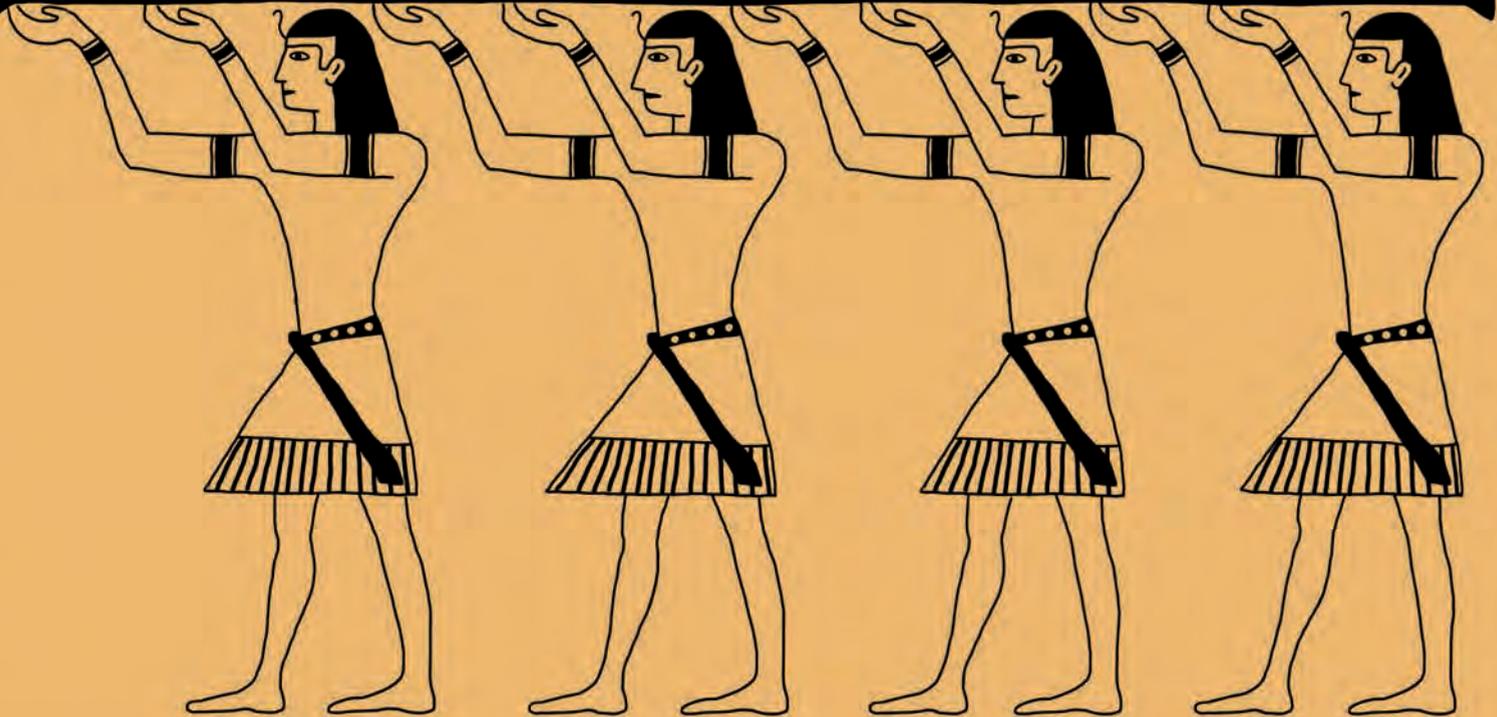
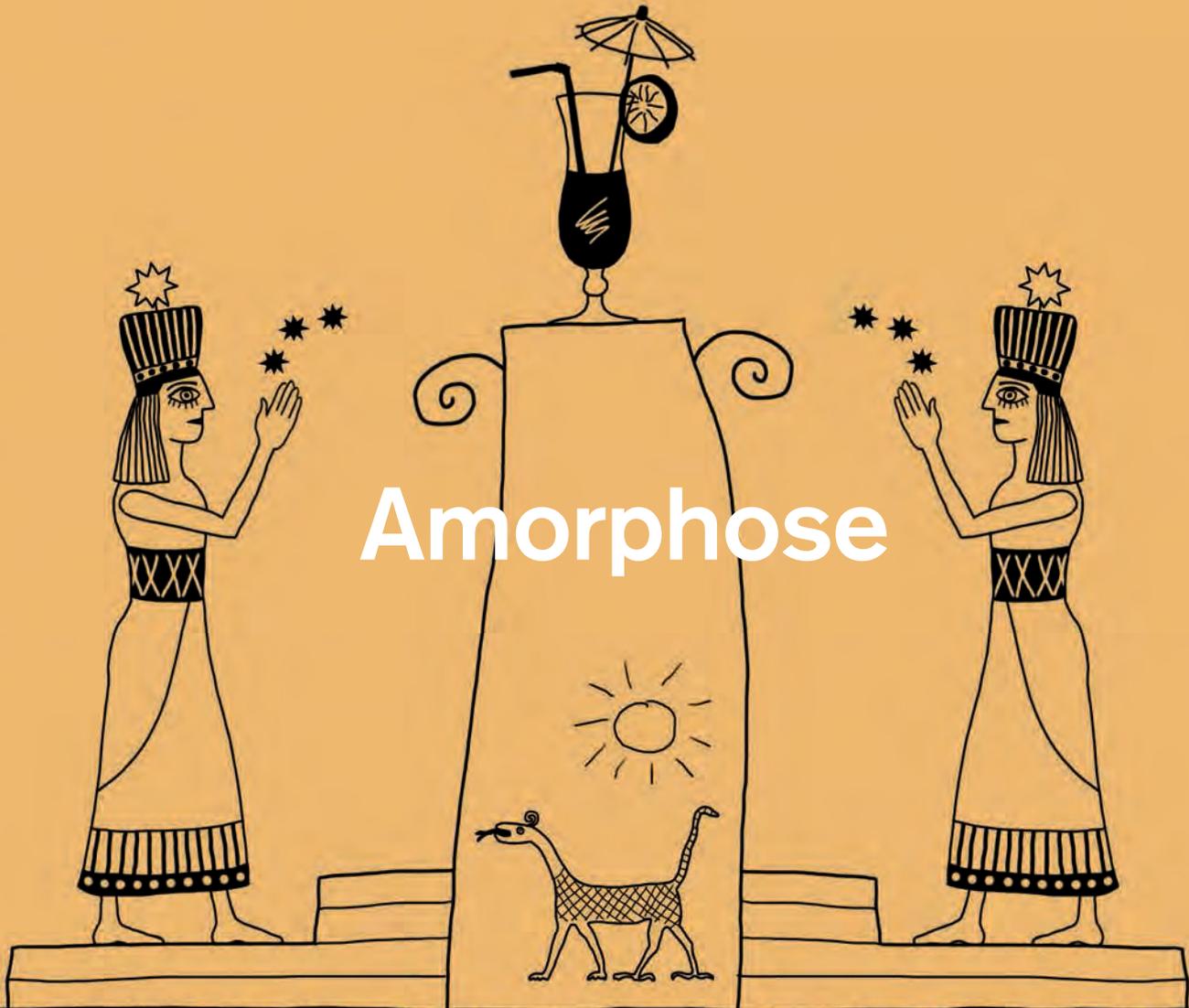
A. Faber

Wir freuen uns über Ihre Meinungen zum Magazin. Ein Anspruch auf Abdruck eines Leserbriefs besteht allerdings nicht. Die Redaktion behält sich die Auswahl und ggf. auch Kürzung vor. Die Beiträge geben nicht die Meinung der Redaktion wieder.

Ihren Leserbrief schreiben

Sie bitte an:
Redaktion *Kultur & Technik*
Günderodestraße 24,
81827 München oder
kute@publishnet.de

Amorphose



Wenn es heiß ist, kann ich nicht denken. Oder nur wirres Zeug. Das bedeutet zwar nicht unbedingt, dass ich denken kann, wenn es kalt ist, aber immerhin besteht bei Kälte wenigstens der Hauch einer Chance, dass mir irgendein Gedanke kommt.

Von Konrad Adenauer wird ja berichtet, dass er, um besser arbeiten zu können, seine Füße in eine Wanne kalten Wassers zu tauchen pflegte. Stellt Angela Merkel, während sie am Schreibtisch sitzt und zum Beispiel einen unbotmäßigen Minister in die Wüste schickt, ihre Füße in einen Kübel mit Eiswürfeln? Vielleicht. Und hätte daher also auch ich – zumindest im Prinzip – das Zeug zum Bundeskanzler? Es waren so diese Art von Überlegungen, die mir durch den Kopf döselten, während ich komatös in einem Liegestuhl auf der Terrasse der Villa Ombrone lag und mir die toskanische Sonne aufs Hirn brannte.

Fräulein Schröder zieht es ja, seit sie wieder zurück ist, ständig in die Ferne. »Lass uns doch mal wieder nach Italien fahren«, hatte sie gesagt, »ich muss in den Süden, wo die Sonne scheint und der Oleander blüht«. Ich hatte gedacht, dass Italien rein wärmetechnisch zumindest besser ist als Tunesien oder Brasilien, und nicht Nein gesagt. »Ist es nicht seltsam«, sagte ich zu Fräulein Schröder neben mir, während ich mit zusammengekniffenen Augen die Gläser meiner Sonnenbrille putzte, »dass die Fundamente unserer Wissenschaften und unserer Technik unter der gleißenden Sonne Arabiens entwickelt wurden, in Ur und Uruk, in Babylon und Assur, im alten Ägypten.« Fräulein Schröder murmelte etwas, das ich als Zustimmung deutete, und blätterte eine Seite ihres Romans um. Ihre Haut glänzte vor Sonnenöl, die Luft darüber flimmerte und ich nippte an meinem lauwarmen Campari.

»Ist doch merkwürdig«, sagte ich, »dass die guten Ideen nicht von den Eskimos stammen. Bei denen ist es schön kühl. Denen hätte doch auch mal etwas einfallen können.« »Mhm«, sagte sie nach einer Weile und blätterte eine weitere Seite um. »Ich meine, hätten die Sumerer oder Assyrer zum Beispiel das Glas nicht erfunden, dann müsste ich meinen Campari wahrscheinlich immer noch aus einem Ochsenhorn trinken.« Der Schweiß rann mir den Hals hinunter und dann den Rücken, mein T-Shirt klebte mir am Leib. »Andererseits, die Eskimos brauchten natürlich gar kein Glas oder so was. Die konnten sich den Schnee ja direkt mit der Hand in den Mund schieben.« »Mhm«, sagte Fräulein Schröder und blätterte um. Ich hatte es längst aufgegeben, die Fliegen, die vor meinem Gesicht schwirrten, sich auf meiner Stirn niederließen, sich an meinem Schweiß labten, vertreiben zu wollen. Ab und zu machte ich zwar eine müde Handbewegung, aber es kamen immer nur noch mehr von ihnen.

»Ich glaube, den Eskimos verdankt die Menschheit eigentlich nur die Erfindung des Iglus. Im Inuktitut, das ist die Sprache der Eskimos, bedeutet ›Iglu‹ ja nichts anderes als ›Wohnung‹.« »Aha«, sagte Fräulein Schröder und blätterte um. »Interessant, nicht wahr?« Fräulein Schröder blickte kurz

auf. »Unsere Ferienwohnung hier wäre für einen Eskimo also gewissermaßen ein Ferieniglu.« Ich schlug mit der Hand auf meinen Oberschenkel, auf dem sich eine Mücke niedergelassen hatte. Die Haut brannte dort jetzt noch ein bisschen mehr als zuvor. Die Mücke steuerte inzwischen meine Wade an. – »Äh, ja. So ungefähr.« Die Frage verwirrte mich ein wenig angesichts der riesigen Kakteen am Hang, der Agaven, der Olivenbäume. Auf einen Swimmingpool jedoch blickte ich leider nicht, denn es gab keinen.

Um mir das geleerte Glas wieder zu füllen und ein paar neue Eiswürfel hineinfallen zu lassen, hätte ich mich bewegen müssen. Ich dachte aber, wenn ich mich jetzt bewege, dann wird jede noch in mir verbliebene Restflüssigkeit augenblicklich aus meinen Poren dringen, wird auf der Stelle verdampfen und der kläglichste, staubige Rest wird über die Felder und Olivenhaine wehen und auf immer verschwinden. »Du wolltest nicht zufällig gerade ins Haus gehen und irgendetwas holen?«, fragte ich sacht meine Gefährtin. »Mhm«, murmelte es wieder und eine weitere Seite wurde umgeschlagen. »Könntest du mir dann bitte etwas zu trinken mitbringen und bei dieser Gelegenheit auch gleich den Sonnenschirm etwas verrücken?«

Ich lag in einer Pfütze. Mein Blut dürfte den Siedepunkt inzwischen erreicht haben. Vielleicht kochte es auch bereits. Fräulein Schröder rührte sich nicht weiter und ich starrte gebannt auf meinen Unterarm. Das Brodeln in den Venen müsste man doch eigentlich sehen können. Ich glaubte, einige Blasen unter der Haut zu entdecken.

»Ich weiß jetzt«, sagte ich nach einer regungslosen Weile, »warum die Assyrer das Glas erfunden haben und nicht die Eskimos. Es waren genau genommen die assyrischen Frauen und sie haben es auch eigentlich gar nicht erfunden. Sie haben einfach ihre Männer in der Sonne sitzen lassen. Bei 600 Grad sind die dann geschmolzen und konnten zu Flaschen, Gläsern, Aschenbechern und Öllämpchen weiterverarbeitet werden.« »Mhm«, kam es aus der Schröder'schen Richtung. Ich sah sie vor mir, die rohen Glasbarren, die einmal stolze Krieger waren, wie sie vor dreieinhalbtausend Jahren auf Schiffe verladen wurden und ihren Weg über Euphrat und Tigris bis in die Levante und von dort an alle Küsten des Mittelmeers nahmen, und ich sah die schwarzen Witwen von Babylon und Assur, die nun endlich ihre Ruhe hatten und Kriminalromane lesen konnten, Tausende von Tontafeln in sumerischer Keilschrift.

Dann hörte ich plötzlich, wie ein Buch zugeklappt wurde, wie sich jemand erhob und wie wenig später etwas seinen Schatten auf mich warf. Jemand drückte mir ein kühles Getränk in die Hand, und wenn ich mich nicht irre, dann nahm jemand meine Beine und stellte sie in eine Wanne mit eisigem Wasser. ■■

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 hängen geblieben, arbeitet als Lehrer, Dozent und freier Autor.



Extrembergsteiger und Wissenschaftler haben einige Gemeinsamkeiten: Sie denken und wagen das vermeintlich Unmögliche, überschreiten Grenzen, um Neuland zu erkunden. Die Mühen des Aufstiegs und die Gefahr von Rückschlägen nehmen sie dabei in Kauf.

Think Big!

Wissenschaftliche Megaprojekte wie der Teilchenbeschleuniger CERN in Genf, die Europäische Südsternwarte in Chile oder SETI@home sprengen die räumlichen und zeitlichen Dimensionen klassischer Forschung. Sie beeindruckt durch die schiere Menge an Beteiligten ebenso wie durch ihre internationale Ausdehnung und den grundsätzlichen Ansatz.

In der Schweiz suchen Wissenschaftler mit riesigen Detektoren nach Teilchen, deren Existenz bisher nur theoretisch vorhergesagt wurde. Weltweit stellen Menschen brachliegende Kapazitäten ihrer Rechner zur Verfügung, damit Wissenschaftler nach außerirdischer Intelligenz suchen oder komplexe Proteinstrukturen entschlüsseln können.

Wie leben und arbeiten Wissenschaftler, die im Kontrollraum des ATLAS den geheimnisvollen Higgs-Teilchen hinterherjagen? Was bewegt Menschen, sich weltweit im Dienste der Wissenschaft zu vernetzen – als winzige Punkte in einem riesigen, scheinbar unüberschaubaren Netz? Wer hat die Fäden in der Hand? Diesen und vielen anderen Fragen gehen unsere Autoren in der Herbst-Ausgabe des Magazins nach.

Impressum

Das Magazin aus dem Deutschen Museum

36. 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 für diese Ausgabe: Dr. Margareta Benz-Zauner

Redaktion: Sabrina Landes (Leitung), Andrea Bistrich,
Manfred Grögler (Korrektur), Birgit Schwintek (Grafik),
Bärbel Bruckmoser (Produktion), Gündelstraße 24,
81827 München, Telefon (089) 12 11 67-12,
E-Mail: kute@publishnet.de, www.publishnet.de

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

Wissenschaftlicher Beirat: Dr. Frank Dittmann
(Kurator Energietechnik, Starkstromtechnik, Auto-
mation), Dr. Johannes-Geert Hagmann (Kurator
Physik, Geodäsie, Geophysik), Dr. Nina Möllers (For-
schungsinstitut), PD Dr. Elisabeth Vaupel (For-
schungsinstitut), Bernhard Weidemann (Leiter
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit)

Herstellung: Bettina Seng, Verlag C.H.Beck

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

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

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

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

Bezugspreis 2012: Jährlich 26,- €;
Einzelheft 7,80 €, jeweils zuzüglich Versandkosten

Für Mitglieder des Deutschen Museums ist der Preis
für den Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag ent-
halten (Erwachsene 52,- €, Schüler und Studenten
32,- €). Erwerb der Mitgliedschaft: schriftlich beim
Deutschen Museum, 80306 München. **Für Mitglieder
der Georg-Agricola-Gesellschaft** zur Förderung der
Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik
e. V. ist der Preis für den Bezug der Zeitschrift im Mit-
gliedsbeitrag enthalten. Weitere Informationen:
Georg-Agricola-Gesellschaft, Institut für Wissen-
schafts- und Technikgeschichte, TU Bergakademie
Freiberg, 09596 Freiberg, Telefon (03731) 39 34 06

Bestellungen von Kultur & Technik über jede Buch-
handlung und beim Verlag. **Abbestellungen** mindes-
tens sechs Wochen vor Jahresende beim Verlag.
Abo-Service: Telefon (089) 3 81 89 - 679

Die Zeitschrift erscheint vierteljährlich. Sie und
alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen
sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung
außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechts-
gesetzes bedarf der Zustimmung des Verlags. Der
Verlag haftet nicht für unverlangt eingesandte Bei-
träge und Bilddokumente. Die Redaktion behält
sich vor, eingereichte Manuskripte zu prüfen und
gegebenenfalls abzulehnen. Ein Recht auf Abdruck
besteht nicht. Namentlich gekennzeichnete Bei-
träge geben nicht unbedingt die Meinung der Red-
aktion wieder.

ISSN 0344-5690

