

Weiß wie Kalk, rot wie Blut Schon seit dem Paläolithikum kultivieren Menschen in Europa das Pigment Röt

Wertvolles am Meeresgrund Millionen Tonnen begehrter Metalle lagern in den Tiefen der Ozeane

Von schwimmenden Boten zu Bits und Bytes Dokumente der Kommunikation einst und jetzt im Museumsarchiv

KULTUR & TECHNIK



Schätze der Erde

Mineralische Rohstoffe sind Grundlage
von Fortschritt und Wohlstand

HIRMER



KAUFINGERSTRASSE 28
80331 MÜNCHEN
HIRMER.DE



Liebe Leserin,
lieber Leser,

neben der Landwirtschaft betreiben Menschen seit Urzeiten Bergbau. Auf etwa 45 000 Jahre datieren Archäologen die Ngwenya-Mine in Swasiland. Sie gilt derzeit als die älteste Mine der Erde. Abgebaut haben unsere steinzeitlichen Vorfahren damals Hämatit (Fe_2O_3), auch als Rot-eisenerz bezeichnet. Sie nutzten es zur Herstellung eines roten Pigments, das zur Bemalung des Körpers, aber auch von Höhlen genutzt wurde. Beginnend in der Steinzeit, über die Bronzezeit und die Eisenzeit ist die Nutzung von Bodenschätzen eng verknüpft mit der kulturellen und technischen Entwicklung der Menschheit.

Schon die Ägypter und später die Römer trieben mit großem Sachverstand Stollen in Felsen, pumpten Wasser ab, sicherten Gänge und ersannen Möglichkeiten, das gewünschte Metall aus dem Gestein zu lösen. Für Mensch und Umwelt war diese Arbeit höchst gefährlich – im Gegensatz zu unserer Zeit allerdings war der Bedarf an Rohstoffen noch überschaubar. Erst seit dem 20. Jahrhundert ist er explodiert, und vor allem in den armen Ländern dieser Erde werden ganze Regionen dem Bergbau geopfert.

Alle endlichen Schätze der Erde, über die wir Ihnen in diesem Magazin berichten, können Sie an der einen oder anderen Ecke im Deutschen Museum wiederfinden. Lassen Sie sich also zu einer etwas anderen Exkursion durchs Haus inspirieren: Beginnend im Nachbau der Höhle von Altamira, deren kraftvolle Zeichnungen ohne den Abbau von Röteln gar nicht möglich gewesen wären, über die Brillenherstellung weiter zu Kernkraftwerken und Urannutzung, hinunter zu Dampfmaschinen und Kohleschiffen, abbiegen in die Meerestechnik und am Ende einen Abstecher tief ins Bergwerk. Den genauen Überblick finden Sie ab Seite 6.

Wenn Sie anschließend aufmerksam alle Beiträge studieren, wird Ihnen sicher auffallen, dass ein sehr wichtiger Rohstoff auf unserer Exkursion durchs Museum fehlt: Sand. Der, den wir zum Bauen brauchen, wird nämlich zur Mangelware. Glücklicherweise hat der Sand zum Bau des neuen Deutschen Museums Nürnberg noch gereicht – in das wir Sie ab Ende des Jahres einladen werden. Und auch die Zukunft unseres Hauses auf der Museumsinsel ist hinsichtlich des noch notwendigen Baumaterials gesichert, auch wenn zahlreiche unliebsame Überraschungen dazu geführt haben, dass manches nicht wie geplant bereits jetzt fertiggestellt werden konnte.

An dieser Stelle möchte ich Ihnen meinen Dank aussprechen, für die Treue, die Sie trotz alledem unserem Museum halten. Danke auch dafür, dass Sie sich von der leider notwendig gewordenen Erhöhung des Mitgliederbeitrags nach zwölf Jahren der Stabilität nicht haben abschrecken lassen. Ihre Unterstützung ist sowohl für die *Kultur & Technik*-Redaktion wie für alle Beschäftigten ein Ansporn, das Deutsche Museum auch für die nachfolgenden Generationen als Anziehungspunkt zu gestalten und immer wieder neu zeitgemäße Formen der Wissensvermittlung zu finden.

Ich wünsche Ihnen ein gutes und erlebnisreiches
neues Jahr 2020

Ihr

Wolfgang M. Heckl
Generaldirektor des Deutschen Museums



6

Kreuz und quer führen wir Sie zu verschiedenen Rohstoffen, unter anderem auch in die Ausstellung Energietechnik.

10

Mit Röteln schufen Menschen in der Steinzeit eindrucksvolle Malereien.



15

Lesesteine aus Bergkristall ermöglichten Fehlsichtigen im Mittelalter das Lesen.

18

Das Unternehmen »Wismut« gehörte zu Zeiten der DDR zu den weltweit größten Uranproduzenten.



26

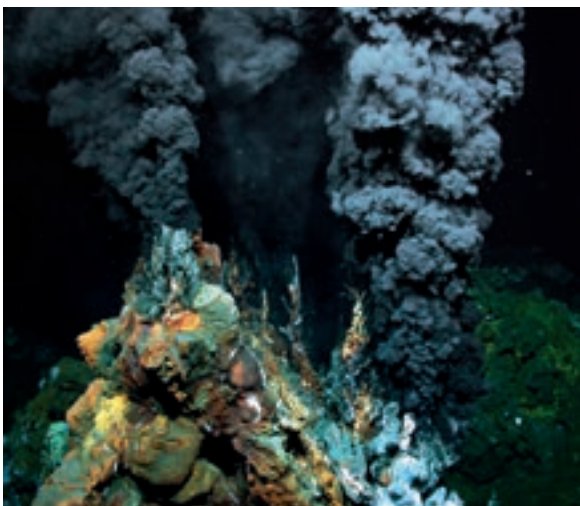
Kohle war der Brennstoff der Industrialisierung.

33

Kostbarkeiten aus der Bibliothek präsentiert Helmut Hilz ab 2020 wieder regelmäßig. Den Auftakt macht die Geschichte der Übersetzung von Agricolas *De re Metallica*.



*Bibliophile
Kostbarkeiten*



36

Das Meer steckt voller wertvoller Rohstoffe. Das Interesse an ihrer Förderung wächst.

58

Das Archiv des Deutschen Museums gewährt Einblick in Originalobjekte der Kommunikation.



SCHÄTZE DER ERDE

- 6** **Kreuz und quer**
... durchs Deutsche Museum | **Von Sabrina Landes**
- 10** **Rot wie Blutstein**
Rötel und andere Farbpigmente | **Von Hannah Schnorbusch**
- 15** **Mineralien mit Durchblick**
Eine kleine Geschichte der Brille | **Von Melanie Jahreis**
- 18** **Uran für den Frieden**
Der Aufstieg des DDR-Staatskonzerns Wismut | **Von Frank Dittmann**
- 26** **Verheizt**
Kohle, Schiffe, Menschen | **Von Jörn Bohlmann**
- 33** **Bibliophile Kostbarkeiten und ihre Geschichte**
Georgius Agricolae *De re Metallica* | **Von Helmut Hilz**
- 36** **Wertvolles am Meeresgrund**
Rohstoffabbau in der Tiefsee | **Von Daniela Menge**
- 44** **Mangelware Sand**
Das wichtigste Material für die Bauindustrie wird knapp | **Von Christian Rauch**

MAGAZIN

- 54** **Mit Flugzeugen gegen den Hunger**
50 Jahre Luftbrücke von Biafra | **Von Robert Kluge**
- 58** **Von schwimmenden Boten, Bits und Bytes**
Tag der Archive im Deutschen Museum | **Von Wilhelm Füll**
- 62** **Deutsches Museum intern**
Meldungen und Termine

STANDARD

- 3** **Editorial**
- 50** **MikroMakro**
Die Seiten für junge Leser
- 66** **Vorschau, Impressum**

Erdfarben waren wohl die ersten Rohstoffe, die gesammelt wurden. Mit ihnen schufen Menschen der Steinzeit in Höhlen verborgene Kunstwerke. Im Deutschen Museum hat man eines der berühmtesten nachgebaut. Hier – in der Altamirahöhle – beginnt unser kleiner, ganz und gar unvollständiger, aber darum nicht minder spannender Rundgang durch eine Welt der Rohstoffe. Von Sabrina Landes, Fotos: Heike Geigl



www.deutsches-museum.de/ausstellungen/lageplan

Farbensehen

Ebene 2: Altamirahöhle

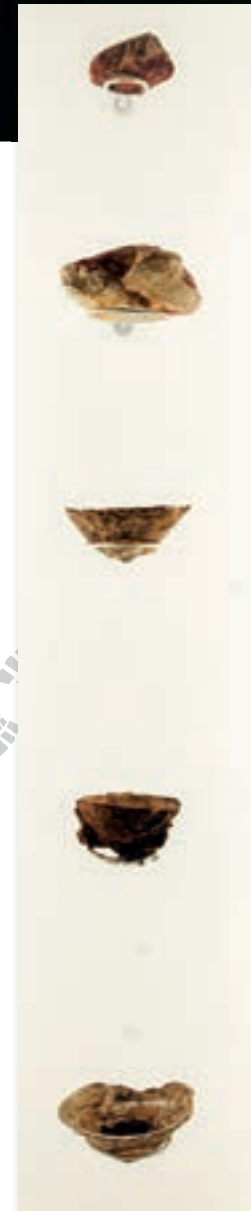


In den 1960er Jahren ließ das Deutsche Museum eine detailgetreue Replik der Malereien der Altamirahöhle anfertigen. Hier im 2. Stock beginnt der Spaziergang durchs Museum. Am Eingang empfängt sie das Tropfen von Höhlenwasser, und möglicherweise nehmen Sie sogar einen kühlen Lufthauch wahr. Sobald sich die Augen an das Dunkel gewöhnt haben, können Sie die prachtvollen Zeichnungen an der Decke bewundern: Ein Pferd, Hirschkühe und Bisons sind neben abstrakten Zeichen abgebildet.

Um die Originalzeichnungen der Höhle in Spanien nicht zu beschädigen, entwickelte das Deutsche Museum sogar ein eigenes Verfahren, um berührungsfrei eine Kopie anfertigen zu können. Dazu wurden die Deckenreliefs zunächst fotogrammetrisch vermessen, ein Schichtlinienplan erstellt, der wiederum in einem dreidimensionalen Gipsmodell umgesetzt wurde. In einem weiteren Schritt wurde eine Negativform aus Silikonkautschuk gegossen in der der Steinguss erstellt werden konnte. Anschließend wurde die Decke originalgetreu mit Ockererden und Kohleschwarz bemalt.



Wenn Sie sich an den Malereien satt gesehen haben, finden Sie rundum noch zahlreiche Informationen zu der Geschichte der Altamirahöhle. Gezeigt werden auch Abbildungen von steinzeitlichen Gefäßen, in denen die Farben angerührt wurden.



Mit Liebe zum Detail haben die Künstler der Steinzeit die Höhlenwände ausgestaltet.



Eine Brillenpresse von 1960, Glaswürfel als Ausgangsmaterial und verschiedene historische Brillen werden unter anderem gezeigt.

Durchblicken

Ebene 2: Glas und Keramik

Von der Altamirahöhle gehen Sie am Flugsimulator vorbei durch die Ausstellung Keramik direkt in die Glastechnik. Hier finden Sie einige interessante Anschauungsobjekte zur Geschichte der Brille. Ein Bergkristall erin-

nert an die Ursprünge der Sehhilfe. Besser zu bearbeiten war später Glas, an das hohe Qualitätsanforderungen gestellt werden. Es muss absolut blasen- und schlierenfrei sein, um als Brillenglas genutzt werden zu können. Eine Brillenpresse aus den 1960er Jahren verdeutlicht die Entwicklung hin zur industriellen Herstellung. Heute werden Brillen auch aus hochwertigen Kunststoffen gefertigt.

Blick in die Brennkammer eines Druckwasserreaktors.



Auftanken

Ebene 1: Energietechnik

Von der Glasabteilung zurück ins Treppenhaus und dort hinunter in den 1. Stock. Durch die Museumsgeschichte und die Akademiesammlung führt der Weg zur Energietechnik. Im hinteren Teil der Ausstellung finden Sie ausführliche Informationen zu einem mittlerweile höchst umstrittenen Rohstoff: Uran.

In der DDR wurde Uran von 1946 bis 1989 in großem Umfang gefördert. Vertiefen Sie in der Ausstellung Ihr Wissen über die Geschichte der technischen Nutzung der Kernkraft. Eindrucksvoll ist der originalgetreue Nachbau eines Druckwasserreaktors. Der Schnitt durch die massive Betonwand und das Reaktor-druckgefäß gibt den Blick auf die Brennelemente und Regelstäbe im Reaktorkern frei.

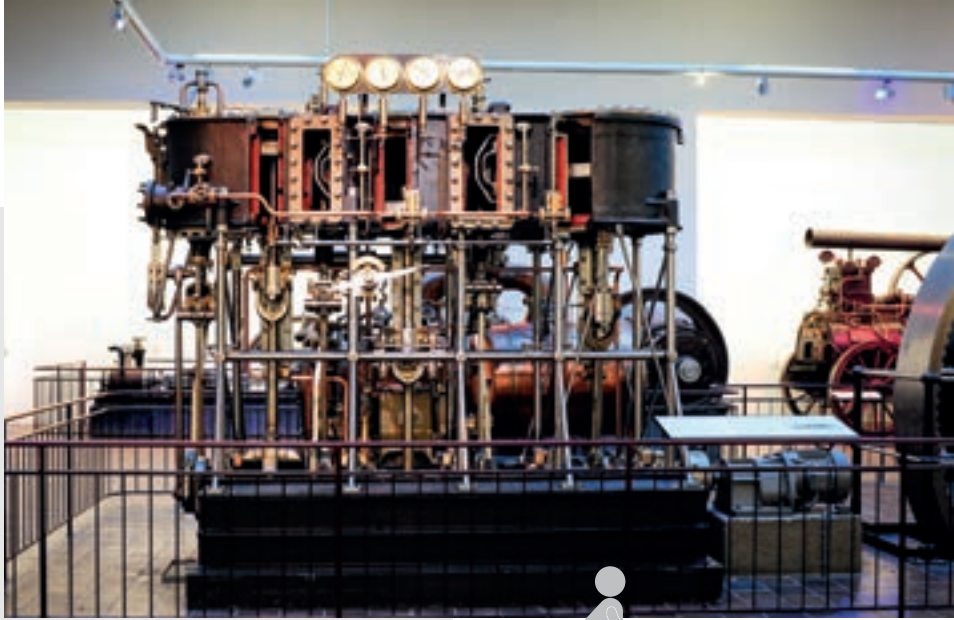


Rechts im Bild eine Zippe-Gaszentrifuge, die zur Anreicherung des Kernbrennstoffs Uran-235 dient.

Dampfplaudern

Ebene 0 und -1: Kraftmaschinen und Schifffahrt

Nach der Kernkraft spazieren wir zurück ins Erdgeschoss. Einen kurzen Abstecher sollten Sie zu den Kraftmaschinen machen. Dort sehen Sie eine alte Schiffsdampfmaschine von 1883, mit der bereits 1885 die ersten Torpedoboote für die Kriegsmarine ausgerüstet wurden. Als Energieträger diente Kohle, als der Rohstoff, der die Industrialisierung ermöglichte. Von hier geht es zur Geschichte der Schifffahrt, in der der Dampf eine große Rolle spielte. Anfangs kombinierte man den neuen Antrieb noch mit Segeln. Vom Parterre geht es noch einmal abwärts zu weiteren Modellen im Untergeschoss.



Oben: Schiffsdampfmaschine von 1883. Darunter verschiedene Dampfschiffmodelle.

Unten: Blick in die Ausstellung Meeresforschung und Tauchtechnik.



Abtauchen

Ebene -1: Meeresforschung

Von den Schiffen geht es geradewegs weiter in die Tiefen der Meere. Hier informiert ein eigener Bereich über die derzeit viel diskutierten Möglichkeiten der Erschließung maritimer Rohstoffe. Auf einer meerblauen Präsentierscheibe sehen Sie die begehrten Mineralien, deren gezielter Abbau allerdings einen immensen technischen Aufwand erfordern würde.

Die ansprechend gestaltete Ausstellung lässt Sie auch optisch eintauchen in den Zauber der Ozeane und fasziniert mit erstaunlichen Einblicken – wie sie beispielsweise das goldschimmernde Innenleben eines Schwarzen Rauchers dank eines Spiegels bietet. Spannend auch die Entwicklung unterschiedlicher Tauchgeräte und tiefseetauglicher Fahrzeuge, ohne die die Erforschung des Meeresbodens gar nicht möglich wäre.

Tiefschürfen

Ebene 0: Bergwerk

Der Zugang zum Bergwerk befindet sich am Ende der Garderobe im Parterre. Also geht es aus der Schifffahrtabteilung erst einmal wieder nach oben, und dann treppab in den Bauch der Erde. Schummrig funzelt das Licht, tiefer und tiefer geht es an Felswänden entlang, bis der erste Stollen auftaucht.

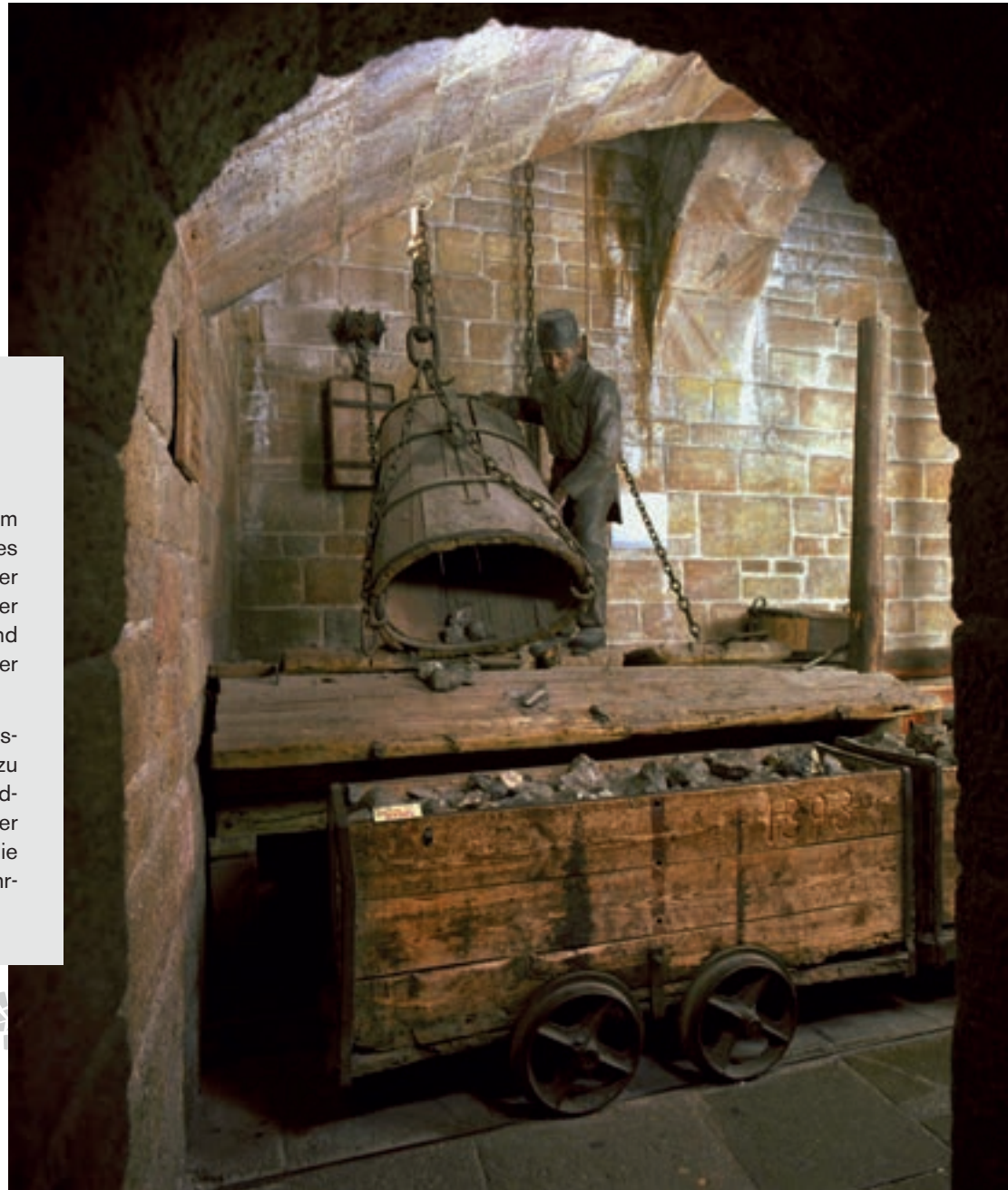
Rechts und links sind Bergarbeiter mit Arbeitsgeräten beim Abbau von Erz, Salz und Kohle zu sehen. Die Förderung im Schacht, unterschiedliche Vortriebstechniken und Methoden der Entwässerung werden gezeigt. Hier wird die mühselige Arbeit der Bergleute vom 16. Jahrhundert bis heute erlebbar.



Bild oben:

Die Treppe ins Bergwerk.

Bild rechts: Ein Bergmann entleert eine Fördertonne in einen bereitstehenden Wagen.



Anzeige

Think! Store

80469 MÜNCHEN – VIKTUALIENMARKT, Reichenbachstraße 2
93047 REGENSBURG-ALTSTADT, Untere Bachgasse 11
10623 BERLIN, S-BHF SAVIGNYPLATZ, Else-Ury-Bogen 598
www.think-schuh.com

Wir suchen:

Freundliche Verkäuferin Voll-/und Teilzeit

5€
Gutschein

*gültig bis zum 29.02.2020, einzulösen auf die aktuelle HW 19 Kollektion, nicht mit anderen Aktionen kombinierbar, keine Barablöse

Think!
for your self.





Rot wie Blutstein

Schon seit dem Paläolithikum kultivieren Menschen in Europa das Pigment Rötöl. Von Hannah Schnorbusch

Im Zentrum Kantabriens im Norden Spaniens liegt die berühmte Höhle von Altamira. Rotbraune Bisons und Pferde verschiedenster Größe in Braun-, Rot- und Gelbtönen, ein über zwei Meter langer Hirsch, Handabdrücke und abstrakte Symbole schmücken die Höhlenwände.

1875 entdeckte die neunjährige Tochter Don Marcelino Sanz de Sautolas in einer Höhle auf dem Grundstück ihres Vaters die damals ältesten bekannten Malereien der Menschheit. Der spanische Adelige Sanz de Sautuola, der bei der Weltausstellung in Paris 1851 zum ersten Mal prähistorische Objekte aus Höhlen in Südfrankreich gesehen hatte, erkannte die Malereien als paläolithisch und veröffentlichte seine Entdeckung 1880 in einem Band zu prähis-

torischen Funden in der Provinz Santander. Ein Großteil seiner Zeitgenossen zweifelte die Echtheit der Malereien jedoch an.

Erst nach der Entdeckung weiterer Höhlenmalereien (u.a. Le Mouthe, Combarelles, Font de Gaume), erneuten systematischen Grabungen in der Höhle ab 1902 und der Veröffentlichung des französischen Prähistorikers Émile de Cartailhac, *Les cavernes ornées de dessins. La grotte d'Altamira, Espagne. Mea Culpa d'un sceptique*, wurde sich die Fachwelt zunehmend der Bedeutung der Höhle bewusst.

Bei den Grabungen ab 1902 wurden zwei unterschiedliche Schichten ausfindig gemacht: Die jüngere Schicht war

Nur noch für Experten zugänglich sind die kunstvollen Zeichnungen in der Altamirahöhle im spanischen Santillana del Mar.

Man differenziert die natürlichen Farbmittel in drei Gruppen: anorganische Pigmente (z. B. Röteln), organische Pigmente (z. B. Indigo) und organische Farbstoffe (z. B. Purpur). Die wichtigsten Qualitätskriterien sind die Deckkraft, die UV-Beständigkeit und die Mischfähigkeit mit Bindemitteln. Für die anorganischen Pigmente gilt im Allgemeinen: Umso höher der Brechungsindex, desto besser deckt die Farbe.

Abgesehen von der Verwendung von Holzkohle für die schwarzen Linien der Konturen- und Binnenzeichnungen wurden in der Höhle von Altamira anorganische Pigmente verwendet. Besonders charakteristisch für die Höhle von Altamira, wie generell für die paläolithische Kunst, ist der Einsatz von Rottönen.

Für rötliche Farbtöne benötigte man Hämatit, was übersetzt »Blutstein« heißt. Hämatit ist ein Eisen(III)-oxid in Korundstruktur mit der Zusammensetzung Fe_2O_3 . Reiner Hämatit ist weltweit verbreitet und findet sich in großen Mengen in sedimentären Lagerstätten, wo er in nieren- oder traubenförmigem Aggregat (»Glaskopf«) in gangförmigen Lagerstätten und in metamorphen Gesteinen vorkommt. Verbindet sich das Eisen(III)-Oxid in der Natur mit Ton- oder anderen Mineralen so ergibt das den sogenannten Rotocker oder Röteln (auch »Roter Bolus«, »Sinopia«, »Englisch Rot«, etc. genannt). Ocker ist ein Mineralgemisch aus Tonerde und wasserhaltigem Eisenoxidhydrat, das in den Varianten Goethit (FeOOH), Limonit und Brauneisenstein vorkommt.

Zum Weiterlesen

H. Meller, Chr.-H. Wunderlich, F. Knoll, *Rot – Die Archäologie bekennt Farbe*.

5. Mitteldeutscher Archäologentag vom 04. bis 06. Oktober 2012 in Halle (Saale). Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle 10 (Halle 2013)

Margareta Benz-Zauner, *Altamira – Höhlenmalerei der Steinzeit*, München 2012

sehr kohlehaltig und enthielt Werkzeuge aus dem Magdalénien (14 000–12 000 v. Chr.). Darunter lag eine sehr tonhaltige Schicht aus dem Solutréen (17 000–14 000 v. Chr.).

Die damals vorgenommene Datierung der zwei Schichten konnte 1990 bei einer erneuten Untersuchung einiger Fundstücke und Materialien mit der Radiokarbonmethode bestätigt werden. Zusätzlich wurden drei Bisons von der Decke, die Farbspuren aus Holzkohle enthielten, radiokarbondatiert (1. Bison: 13 570 +/-190; 2. Bison: 13 940 +/-170; 3. Bison: 14 330 +/-190 Jahre alt). In beiden Schichten fand man Farbkümpfen, Stifte aus rotem und gelbem Ocker, Holzkohle, weißgrauen Mergel und Reste von roter, gelber und weißgrauer Farbpaste in Muschelschalen.

KOPIE DER HÖHLE IM DEUTSCHEN MUSEUM

Der wachsende Besucherandrang in der Höhle von Altamira wurde mit den Jahren zunehmend zu einem konservatorischen Problem, da Höhlenwände und Malereien sehr empfindlich auf Wärme und Feuchtigkeit reagieren. Anfang der 1960er Jahre fertigte das Deutsche Museum eine erste material- und formgetreue Kopie der Höhle an. Noch heute kann man die Höhlenkopie im Deutschen Museum bewundern.

1979 wurde das Forschungszentrum Altamira (Centro de Investigaciones y Museo Altamira) eingerichtet, seit 1985 sind die Wandmalereien in die Liste des Weltkulturerbes der UNESCO aufgenommen. 2001 wurde vor Ort die naturgetreueste Nachbildung der Höhle eröffnet, die mit modernsten Methoden die gesamte Wohnhöhle und den gesamten davon abzweigenden sogenannten Saal des Bisons wiedergibt. Sie ist aus konservatorischen Gründen nur noch kleinen Gruppen nach Voranmeldung zugänglich.



Bild oben: Nachbildung einer Tierzeichnung nach einem Original aus der Höhle von Le Trois Frères, Montesqui-Avantes, Ariège, Frankreich. Die Originalzeichnung entstand um 13 000 v. Chr.

Bild unten: Schwarze Kuh und Pferde um 14 000 v. Chr.



Der Abbau von Verwitterungsprodukten von Eisenerzen zur Nutzung als rotes Pigment reicht in älteste Zeit zurück. Auf den ältesten Untertagebergbau Europas stieß man 1956 auf der griechischen Insel Thasos. Thasos war im Paläolithikum noch keine Insel, sondern Teil des Festlandes, da der Meeresspiegel gut 100 Meter tiefer lag. Nördlich von Limenaria, am Tzines-Hang entdeckte man per Zufall bei einer Sprengung eine Grube, die zum Abbau von Rotocker genutzt worden zu sein schien. Knochenfunde von einer Saigaantilope ließen eine Datierung etwa 20 000 Jahre vor unserer Zeit vermuten, als die Saigaantilope noch in Europa ansässig war. Bei den späteren Untersuchungen konnte die ¹⁴C-Datierung eines Knochens (20 350 ± 160 BP) sowie Knochenfunde von Auerochsen und Equiden diese frühe Datierung bestätigen.

In den 1980er und 1990er Jahren untersuchte die Ephorie von Kavalla gemeinsam mit dem Geologischen Dienst (IGNE) und dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum die Rötelergrube, zudem fanden sich weitere Gruben, die darauf schließen lassen, dass in dem gesamten Bergbauggebiet von Tzines in bis zu 20 Gruben Rotocker abgebaut wurde. In der 7 Meter langen, bis zu 3 Meter breiten Grube fand man insgesamt über 400 Steinwerkzeuge, Hirschgeweihspitzen, Knochen und Flint. Besonders in den Bereichen, wo gestoßen wurde, konzentrierten sich die Funde. An den Firsten fanden sich Bearbeitungsspuren, die durch den Einsatz der Hirschgeweihkeile entstanden waren. Die Keile trieb man mit der Hilfe von Klopsteinen ins Gestein. Bei der Untersuchung einer weiteren Grube zeigte sich, dass nicht immer die gleichen Techniken zur Gewinnung verwendet wurden. Hier fehlten beispielsweise die Hinweise auf die Bearbeitung mit Geweihkeilen, man trug den Rohstoff also offenbar direkt mit den Klopsteinen ab.

Der pudrige Rötler wurde an den Wänden der Hohlräume des Hämatits abgetragen. Der Farbton des Pigments variiert in Abhängigkeit zur Korngröße und Korngrößenverteilung: Je geringer die Korngröße, desto weniger schwärzlich-violett und desto hellroter bis orange der Farbeindruck. Man konnte also durch die Variation des Abriebs mit dem gleichen Ausgangsmate-

rial unterschiedliche Farbtöne erzeugen. Das gewonnene Pulver wurde zum Teil in ausgehöhlte Hirschgeweihstangen gefüllt, von denen man Fragmente gefunden hat. Abgesehen von dem Transport in Geweihen wurde die gesammelte Rohfarbe wohl in Tierhäuten zu ihrem Einsatzort transportiert. Dort wurde sie vor der Verwendung zunächst gesäubert und dann eventuell mit anderen Mineralien vermischt. Als Bindemittel fungierten wohl Kalk, Tierfett, vermutlich auch Speichel und Urin sowie, wie aus Schriftquellen hervorgeht, Wasser, Pflanzensäfte oder Blut. Die genauen Zusammensetzungen der Farben lassen sich aufgrund der Vergänglichkeit ihrer Bestandteile nicht mehr rekonstruieren. Aufgetragen wurde die Farbe entweder direkt mit den festen Pigmentstücken, mit dem Finger, mit Pinseln, Stempeln und Bürsten oder mit Blasrohren aus Knochen.

Die französischen Archäologen C. Couraud und A. Laming-Emperaire konnten bei ihren Untersuchungen zu den Malereien der Höhle von Lascaux (18000 – 17000 B.P.) Ende der 1970er Jahre 23 Farbtöne differenzieren. Abgesehen von sechs Schwarztönen und einem Weiß stammen alle Farben aus dem Bereich der warmen Farben des hohen Wellenbereichs (790–560 nm), während keine kalten Farben aus dem niedrigen Wellenbereich (560–390 nm), also beispielsweise kein Grün oder Blau, zum Einsatz kamen. Die Farbe Rot scheint eine besondere Bedeutung gehabt zu haben. Besonders evident und von der Forschung auch stets besonders betont ist die Assoziation mit Blut, die auch zu der vielfältigen Verwendung des Rötels im Grabkontext passt. Aus dem Mittelpaläolithikum sind Rötelstücke als Grabbeigaben belegt, Verstorbene und Gräber sind teilweise mit Rotocker bestreut. Aus dem Jungpaläolithikum ist das Einfärben von Grabgruben, Leichnam und Totengewändern mit Ocker in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht, Todesumständen und vermutlich Status des Verstorbenen bekannt. Die sogenannte Ockergrabkultur ist sogar nach dem Pigment benannt. Gemeint sind damit bestimmte Hügelgräber des Äneolithikums und der frühen und mittleren Bronzezeit im osteuropäischen Steppenraums, für die die Verwendung von Ocker ein charakteristisches Merkmal ist. Häufig bedeckte der Ocker Verstorbene(n) oder die Grabsohle.



Zurück nun aber zu den Bisons im spanischen Altamira. Zuletzt hat eine neue Datierung die Fachwelt in Aufruhr versetzt: In den Höhlen von Maltravieso (Caceres), La Pasiega (Puente Viesgo, Kantabrien) und Cueva (Ardales, Andalusien) wurden Proben von Kalzitkruste, die sich zum Teil auf den Höhlenwänden und Malereien abgelagert hat, entnommen und mit Hilfe der Uran-Thorium-Methode datiert: Sie sind zwischen 64000 und 66000 Jahre alt.

Abgesehen von der Tatsache, dass kaum zu glauben ist, dass sich die Malereien sich über einen so langen Zeitraum an den Höhlenwänden erhalten konnten, bedeutet das, dass hier offenbar nicht, wie bisher angenommen, die ersten Menschen am Werk waren, sondern Neandertaler. Dazu passt auch die Entdeckung von Siedlungsresten des frühen Neandertalers, die man in den 1980er Jahren in

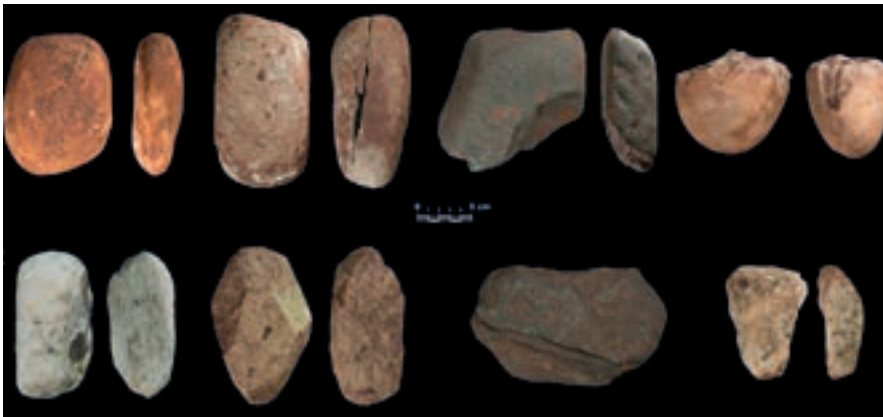
Beide Bilder: Archäologen vor dem Mundloch und im Inneren der Rötelgrube auf Thasos. Einen Film zum aktuellen Forschungsstand finden Sie hier: www.youtube.com/watch?v=JanGNfweY_o





Stein mit Spuren von Rotocker aus den Rötelschichten auf Thasos.

Bild unten: Verschiedene Werkzeuge, gefunden bei Grabungsarbeiten auf Thasos.



den südlichen Niederlanden in Maastricht-Belvédère freilegte. An einer von insgesamt acht Fundstellen, die in das Interglazial (200 000–250 000 B.P.) datiert werden, fand man Spuren von Rotocker sowie eine Konzentration von Holzkohlepartikeln und verbrannte Feuersteine. Eventuell wurde an dieser Stelle also Ocker erhitzt und so verflüssigt. Zu welchem Zweck der flüssige Rötel dann genutzt wurde, ob zum Bemalen von Höhlen oder als Neanderthaler-Schminke, darüber können wir nur spekulieren. Eines steht jedoch außer Frage: Kaum ein Bodenschatz wird schon seit so unvorstellbar langer Zeit kultiviert, wie der Rötel. ■■



DIE AUTORIN

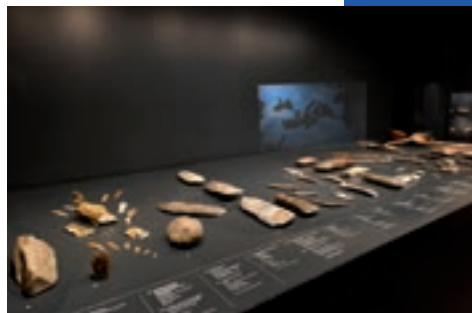
Hannah Schnorbusch hat Klassische Archäologie, Philosophie und Kunstgeschichte in München und Rom studiert. Sie arbeitet als wissenschaftliche Hilfskraft am Deutschen Archäologischen Institut in Madrid.

DEUTSCHES BERGBAUMUSEUM BOCHUM

Das Ruhrgebiet war bis in die 1970er Jahre Zentrum der Schwerindustrie in Deutschland. Heute sind die alten Zechen und Stahlwerke weitgehend stillgelegt. Freizeitparks und Industriedenkmäler sind entstanden. Bei einem Wochenendausflug in den »Pott« ist der Besuch im Bergbaumuseum ein Muss. Das weltweit größte montanhistorische Museum wurde in den letzten Jahren renoviert und präsentiert seit 2019 in sowohl ästhetisch wie auch didaktisch ansprechend gestalteten Räumen die Geschichte des Bergbaus seit der Steinzeit. Die Ausstellung beginnt mit einem ausführlichen Blick auf die frühe Nutzung von Pigmenten. Eine (rundum empfehlenswerte) Führung können Sie hier buchen:

Besucherservice Telefon: +49 (234) 5877 126 (außer montags), service@bergbaumuseum.de

Weitere Informationen finden Sie unter: www.bergbaumuseum.de



Spektakulär präsentiert sich der Eingang des Bergbaumuseums Bochum, das von einem gigantischen Fördergerüst überragt wird. Im Bild oben sind steinzeitliche Werkzeuge zu sehen.



Beryll wird heute vor allem als Schmuckstein verwendet. In seiner reinen Form ist er glasklar und durchsichtig. Im Mittelalter fertigte man aus dem harten Mineral »Lesesteine«.

Mineralien mit Durchblick



Es gibt sie in unterschiedlichsten Formen und Farben, für die verschiedensten Anlässe, sie ist so vielfältig – wie wir Menschen selbst. Aber spulen wir die Zeit zunächst ein paar hundert Jahre zurück und wagen gemeinsam einen Blick in die Geschichte eines wunderbaren Hilfsmittels. Von Melanie Jahreis

Knapp 45 Millionen Deutsche sind auf dieses Hilfsmittel angewiesen – 25 Millionen davon täglich. Und die Tendenz ist steigend. Ich persönlich kann mich auch zu dem Kreis zählen, denn ohne diese ausgeklügelte Erfindung, hätte ich diesen Abschnitt bis hier hin gar nicht schreiben können. Haben Sie erraten worum es geht? Glasklar – es geht um die Brille! Der Mathematiker und Physiker Archimedes († 212 v. Chr.) soll schon in der Antike die Brechungsgesetze von Linsen untersucht haben. Während seiner Arbeit trug er an seinem Kopf stets einen befestigten Kristall zur Sehkorrektur. Allerdings fand seine Erfindung

damals keine Nachahmung. Im 11. Jahrhundert beschrieb der Mathematiker und Optiker Alhazen († ca. 1040) die vergrößernde Wirkung einer Glaskugel – ohne jedoch seine Erkenntnis in irgendeiner Weise praktisch zu nutzen. Erst über zweihundert Jahre später brachten es die Dichter Konrad von Würzburg († 1287) und Albrecht von Scharfenberg († um 1270) auf den Punkt. So schrieb Konrad von Würzburg: »Er hat in sich die große und gewaltige Art, [...] sofern ihn jemand dünn schliffe und auf die Schrift halten wollte, der sähe durch ihn die kleinen Buchstaben größer scheinen.« Für Albrecht von Scharfenberg wird



Aus Bergkristallen wurden im Mittelalter einfache Lesesteine gefertigt, die wie eine Lupe funktionierten.



Die Nietbrille, die im 13. Jahrhundert erfunden wurde, ähnelt bereits heutigen Brillen. Sie wurde allerdings nicht auf die Nase gesetzt sondern mit der Hand vor die Augen gehalten.

die Sehhilfe in seiner Dichtung sogar zur Familienangelegenheit: »Einen seiner Söhne nannte er Parille nach dem Steine. Damit das Verlangen der Augen da hindurchgehe. Er macht groß aus klein. Aus kleinen Tugenden machte er die großen.« Mit dieser Namensgebung untermauert er den Lebensweg des »Parille« und seine Entwicklung. Wahrscheinlich ist dies auch die älteste Schrift im deutschen Sprachraum, in dem die Brille jemals genannt wird. Allerdings handelt es sich hierbei noch lange nicht um die

Brille, wie wir sie heute kennen, denn im Mittelalter erleichterten einfache Lesesteine den Menschen das Lesen. Gefertigt wurden sie aus Bergkristallen.

Der Bergkristall ist eine Varietät des Quarzes. Und Quarz gibt es ja als zweithäufigstes Mineral der Erdkruste wie »Sand am Meer« – nur nicht den Bergkristall, denn dieser bildet sich vor allem in Höhlen und Gebirgen. Dafür gibt es ihn aber überall auf der Welt. In Deutschland beispielsweise in den Alpen und im Fichtelgebirge. Er besticht durch seinen glasklaren Glanz und seine transparente Anmutung. Doch was so rein und leicht aussieht, ist tatsächlich steinhart – denn nach der Mohs'schen Härte-skala erreicht er ganze sieben von zehn Punkten – und ist damit ein richtig harter Brocken. Im Mittelalter gab man sich dennoch größte Mühe, ihn zu bearbeitenden und nach schweißtreibender Handarbeit entstand der ein oder andere Lesestein für die zunehmend lesewütige Bevölkerung.

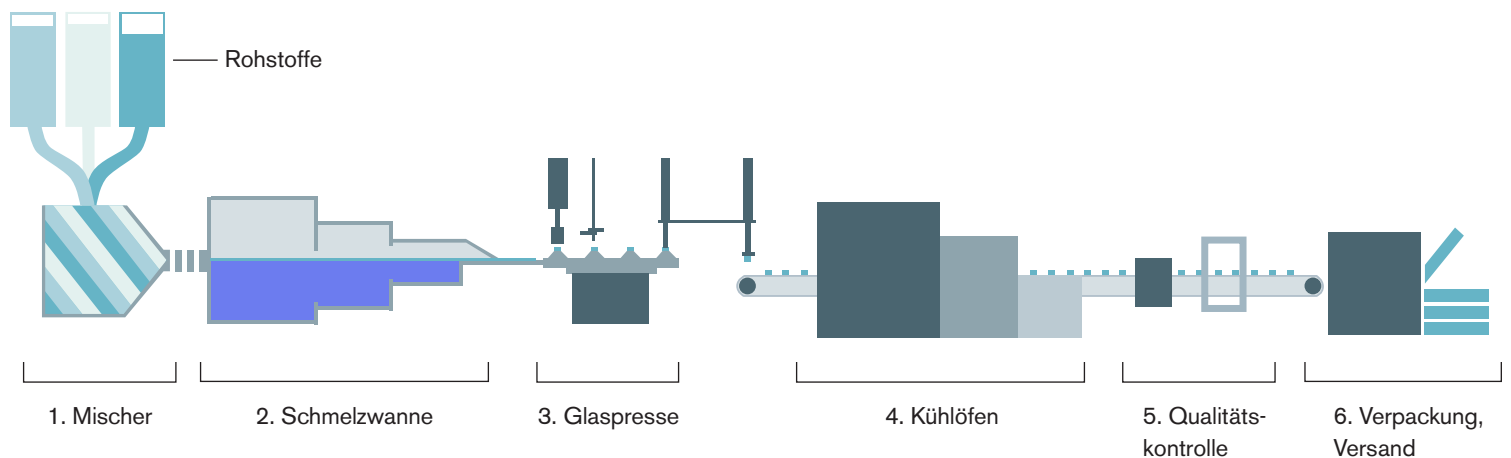
Wie wurde der Lesestein zur Brille?

Dies ist bis heute noch nicht ganz geklärt. Bekannt ist aber, dass die Brille wohl gegen Ende des 13. Jahrhunderts erfunden wurde. Ihren Namen hat sie von ihrem Vorfahren dem Lesestein, denn früher benannte man alle klaren Kristalle nach dem lateinischen Wort »beryllus«. Über die »Berrille« oder auch »Parille« entstand die heute gebräuchliche Bezeichnung »Brille«. Die ersten Brillen waren bügellos und besaßen Linsen, die aus Kristall gefertigt wurden. Da die Linsen konvex geschliffen waren, konnten sie aber nur weit- oder alterssichtigen Menschen einen klaren Durchblick verschaffen.

Die älteste uns bekannte Brille stammt aus der Zeit um 1350. Ihre Gläser wurden damals aus Glasbrocken geschliffen. Den offiziellen Beruf des Brillenmachers gab es aber erst hundert Jahre später: Im Jahr 1478 wurde in Nürnberg erstmals das Bürgerrecht des »Parillenmachers« vergeben – den Zuschlag bekam Jakob Puhlmaier. Wenig später setzte die Stadt dem Ganzen noch die Krone auf: 1535 erließ sie die erste Brillenmacherordnung ihrer Zeit.

Im 18. Jahrhundert übernahm allerdings England die Führung in der Produktion von optischen Gläsern. Die Engländer kannten damals nur Kron- und Flintglas. Kron-

DIE HERSTELLUNG MODERNER BRILLEN



Glas wurde schon seit Jahrhunderten aus Sand, Kalk und Pottasche erzeugt. Flintglas wurde hingegen erst im 18. Jahrhundert entwickelt. Es ist ein bleihaltiges Kristallglas, das ebenfalls zur Herstellung von Brillengläsern genutzt wurde. Mitte des 19. Jahrhunderts punktet wiederum Deutschland, denn in der Nähe von Hannover begann 1861 die industrielle Fertigung von Brillengläsern. Zunächst wurden Presslinge hergestellt, die leicht und schnell zu schleifen waren. Dazu wurden Glastafeln gepresst oder gezogen, zu Quadern gebrochen, nochmals erwärmt und in ihre Form gepresst. Dieses Verfahren war allerdings nicht sehr wirtschaftlich. Daher entwickelten Glashütten in der Mitte des 20. Jahrhunderts das heutige Direktverfahren, bei dem die Presslinge unmittelbar aus der Schmelze gefertigt werden.

Sehhilfen für den Massenmarkt

Die Schmelze für optische Gläser enthält neben Quarz, Alkali- und Erdalkalioxiden meist Bor- und Aluminiumoxide. Seit etwa 1930 werden auch Oxide von Niob, Lanthan, Zirkon oder Tantal zugesetzt. Bis in die 1990er Jahre spielte zudem Bleioxid für Gläser mit hoher Lichtbrechung eine große Rolle. Dieses wird heutzutage zunehmend durch Niob-, Titanoxide und Verbindungen mit Seltenen Erden ersetzt. All diese Rohstoffe werden zusammen erhitzt und sorgfältig gemischt, damit das Brillenglas später blasen- und schlierenfrei ist.

Die fertige Glasschmelze wird dann in eine beheizte Form gepresst. Darin erstarrt das geschmolzene Glas gleichmäßig, so dass keine Spannungen entstehen. Nach einer kurzen Kühlzeit kann der Preßling fertig aus der Form genommen werden. Am Ende erfolgt noch die Qualitätskontrolle: Mit dem Auge, mit Messinstrumenten und mit elektronischen Geräten werden die gekühlten Preßlinge stichprobenartig untersucht. Das Gewicht, die Krümmung und die Mittendicke müssen haargenau stimmen, die optischen Eigenschaften wie Brechzahl und Streuung müssen passen und die Zahl der Einschlüsse, Blasen,

Schlieren und Spannungen sollte auf ein Minimum reduziert sein – strenge Qualitätskriterien, wie bei keinem anderen Glas.

Durch das Direktverfahren können Brillengläser heute kostengünstig und in Masse hergestellt werden. Doch bevor sie ihren letzten Platz in einem Brillengestell einnehmen dürfen, bekommt jedes einzelne Glas noch seinen letzten Schliff und eine Politur – alles nur für eine bestmögliche Lichtführung der Linsen.

In der Brille, wie wir sie heute kennen, steckt also jede Menge Forschung und Know-how. Einen Meilenstein dazu legte Otto Schott, der Begründer der modernen Glaswissenschaft und Glastechnologie. Er analysierte systematisch, welche Auswirkungen neue chemische Stoffe in der Schmelze auf die Eigenschaften der Gläser haben. Zudem erfand er neue Technologien, die es ermöglichten, eine völlig homogene Schmelze herzustellen und die Fertigprodukte spannungsfrei auskühlen zu lassen.

Heute ist die Brillenindustrie so ausgereift, dass mit den verschiedensten Rohstoffen eine Vielzahl an unterschiedlichen Brillentypen hergestellt werden können – zum Beispiel Sonnenbrillen. Sie schützen unsere Augen vor schädlicher UV-Strahlung, da der Glasschmelze Mischungen von Oxiden, wie beispielsweise aus Eisen, Kobalt und Mangan, zugegeben werden. Auch phototrope Gläser schützen unsere Augen vor gefährlicher Strahlung. Diese Gläser färben sich je nach Helligkeit unterschiedlich stark ein und geben dem Auge dadurch den jeweils besten Blendschutz. Ihre Lichtempfindlichkeit beruht auf feinverteilten Silberionen im Glas, die dadurch entstehen, weil der Schmelze Silbersalze und Metallverbindungen von Chlor und Brom zugegeben werden.

In meinen Augen ist sie wahrhaft ein Glanzstück der Wissenschaft – die Brille – auch wenn meine Brille nicht aus mineralischem Glas besteht und auch keinen Blendschutz hat. Sie besteht, wie die meisten Brillengläser heute, aus Kunststoff, aber das ist eine andere Geschichte. ■■

Moderne Brillengläser werden aus einer ausgeklügelten Mischung unterschiedlicher Mineralien hergestellt.



DIE AUTORIN

Melanie Jahreis
ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Technik. Als freie Autorin schreibt sie für den C. H. Beck Verlag und für das Institut für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht.

Uran für den Frieden



Der Aufstieg der »Wismut« ist eng verknüpft mit dem Kalten Krieg und dem damit verbundenen Hunger nach spaltbarem Uran. Bis 1989 war die »Wismut« zum drittgrößten Uranproduzent der Erde aufgestiegen. In die Beseitigung der Folgen des Abbaus wurden seit der Wende Milliarden investiert. Von Frank Dittmann

Bis zum Zusammenbruch der DDR war die Sowjetisch Deutsche Aktiengesellschaft (SDAG) Wismut ein Staat im Staate. Das auch als »16. Bezirk« bezeichnete Unternehmen besaß eine separate Polizei, mit der »Gebietsleitung Wismut« eine eigene SED-Parteioorganisation, die den Rang einer SED-Bezirksleitung hatte, eine eigenständige Industriegewerkschaft Wismut, eigene Fußballklubs und mit der Wismut-HO ein privilegiertes Sonderversorgungssystem, in dem Produkte zu kaufen waren, die es im normalen Handel kaum oder gar nicht gab. Hinzu kamen eigene Kultureinrichtungen, gut ausgestattete Krankenhäuser, moderne Sportanlagen und Ferieneinrichtungen in attraktiven Gegenden der DDR.

1989 war die Wismut der größte europäische und weltweit der drittgrößte Uranproduzent nach den USA und Kanada. Das im Unternehmen geförderte Uran ging ausschließlich in die Sowjetunion. Die Gesamtproduktion im Zeitraum 1946 bis 1990 lag bei 231 000 Tonnen Urankonzentrat, sogenannter Yellow Cake. Die DDR lieferte somit etwa ein Drittel des im sowjetischen Einflussbereich geförderten Urans. Dafür mussten über eine Milliarde Tonnen Gestein aus dem Berg geholt werden, von dem der größte Teil auf riesigen Halden landete. Dass die Förderkosten weit über den internationalen Preisen lagen, war bereits seit längerem bekannt. Allerdings war Uran im Kalten Krieg ein militärstrategisch wichtiger Rohstoff, bei dem Verfügbarkeit stets viel höher bewertet wurde als die Produktionskosten.

Nach der Wiedervereinigung trat das Bundeswirtschaftsministerium in die Rechtsnachfolge der SDAG Wismut ein. Das Unternehmen stellte den produktiven Uranbergbau ein und wandte sich der Sanierung der umfangreichen Altlasten zu.

Pechblende, Uran und die Kernspaltung

Die Geschichte des Elements Urans ist eng mit dem sächsisch-böhmischen Erzgebirge verbunden. So wurden von den 1898 bekannten 21 Uranmineralien 14 erstmals im Erzgebirge aufgefunden und beschrieben. Ein im Erzgebirge wichtiges Mineral war die Pechblende (Uraninit, chemisch Uran(IV)-oxid – UO_2). Das Element Uran gehört zu den Schwermetallen. Entdeckt wurde es 1789 von Martin



Uraninit, bekannt auch als »Pechblende«, gefunden in Oberschlema. Auf dem Uraninit befinden sich Spuren von Uran, erkennbar an den hellen – im UV-Licht leuchtenden Stellen.

Bild links: In der umfangreichen Kunstsammlung der Wismut befand sich auch das Ölgemälde *Uran* des Malers Hans Hattop (1924–2001), das dieser ganz im Stil des sozialistischen Realismus gemalt hatte. Der Künstler hatte selber einige Jahre bei der Wismut gearbeitet.

Heinrich Klaproth (1743–1817), der als Apotheker in Berlin arbeitete und daneben als Professor für Chemie u. a. an der Berliner Artillerieschule sowie am Berg- und Hütteninstitut lehrte. Klaproth benannte das aus der Pechblende von Johanngeorgenstadt in Sachsen isolierte Element nach dem Planeten Uranus, der acht Jahre zuvor (1781) von Friedrich Wilhelm Herschel (1738–1822) entdeckt worden war. Zunächst nutzte man das Element vor allem zur Herstellung von Farbpigmenten für die Glas- und Porzellanindustrie. Hauptproduktionsort war dabei St. Joachimsthal, das heutige Jáchymov in Tschechien.

Heute ist Uran vor allem wegen seiner Radioaktivität bekannt. Dies beschreibt die Eigenschaft von Atomen, spontan ionisierende Strahlung auszusenden. 1898 hatte das französische Wissenschaftlerpaar Marie Curie (geb. Skłodowska, 1867–1934) und Pierre Curie (1850–1906) diese Bezeichnung für das zwei Jahre zuvor von Antoine Henri Becquerel (1852–1908) entdeckte Phänomen geprägt. Für ihre Arbeiten erhielten alle drei Wissenschaftler 1903 den Nobelpreis für Physik. Gemeinsam mit ihrem Mann Pierre, der 1906 bei einem Unfall ums Leben kam, entdeckte Marie Curie in den Aufbereitungsrückständen der Pechblende aus Joachimsthal auch die Elemente Polonium und Radium. 1911 erhielt sie dafür den Nobelpreis für Chemie.



Die Übersicht zeigt die zahlreichen Lager- und Betriebsstätten der Wismut.

Die Entdeckung der Kernspaltung

Radioaktive Strahlung hat ihre Ursache im Atomaufbau. Ein Atomkern besteht aus positiv geladenen Protonen – bei Uran sind das 92 – und elektrisch neutralen Neutronen. Beide Teilchen haben etwa die gleiche Masse, und die Summe ihrer Anzahl ergibt die Massenzahl. Atomkerne eines Elements besitzen die gleiche Anzahl von Protonen, können sich aber in der Neutronenzahl unterscheiden; man spricht von verschiedenen Isotopen. Das in der Natur am häufigsten vorkommende Uranisotop U-238 besitzt 92 Protonen und 146 Neutronen. Die hohe Massenzahl führt zu einer Instabilität der Uran-Atomkerne: Sie können spontan in andere Elemente zerfallen. Dabei ist der Zerfall ein statistischer Prozess, der mit der Halbwertszeit beschrieben wird. Das ist die Zeit, nach der die Hälfte aller Atomkerne des jeweiligen Isotops zerfallen ist. Die Halbwertszeit kann je nach Element und Isotop zwischen Bruchteilen einer Sekunde und mehreren Milliarden Jahren liegen.

Zerfallen relativ viele Kerne in kurzer Zeit, spricht man von Kernspaltung. Diese wurde bei Experimenten entdeckt, die Otto Hahn (1879–1968), Fritz Straßmann (1902–1980) und Lise Meitner (1878–1968) 1938 am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Berlin durchgeführt hatten. Als österreichische Jüdin war Meitner im Sommer 1938 aus Deutschland emigriert, stand aber mit Hahn in engem schriftlichem Kontakt. Anfang Januar 1939 lieferten sie und ihr Neffe Otto Frisch (1904–1979) die kernphysikalische Erklärung und berechneten, dass bei der Kernspaltung große Energiemengen frei werden.

Unabhängig voneinander bestätigten bald Forscher aus Frankreich und den USA, dass bei einer Kernspaltung auch Neutronen entstehen, die dann in Form einer Kettenreak-

tion weitere Atomkerne spalten könnten. Ende 1942 wies Enrico Fermi (1901–1954) – ein italienischer Physiker und Nobelpreisträger von 1938, der aufgrund der 1938 erlassenen antisemitischen Gesetze in seinem Heimatland mit der Familie in die USA emigriert war – mit dem »Chicago Pile« die Möglichkeit einer solchen Kettenreaktion nach.

Dies sollte zur schrecklichsten Vernichtungswaffe führen, die die Menschheit je entwickelt hatte und die mit den Atombombenabwürfen auf Hiroshima und Nagasaki am 6. und 9. August 1945 auch eingesetzt wurde. In der Folge setzte die UdSSR alles daran, das amerikanische Atombombenmonopol zu brechen, was mit dem erfolgreichen Test einer sowjetischen Atombombe am 29. August 1949 im kasachischen Semipalatinsk gelang. Damit wurde Uran im Kalten Krieg zu einem wichtigen militärstrategischen Rohstoff.

Die »wilden Jahre«

Die Sowjetunion hatte zwar bereits 1943 ihr Atombombenprojekt begonnen, dabei aber nicht systematisch nach Uran gesucht. Nach den Atombombenabwürfen auf Japan im August 1945 wurde sich Stalin und die politische Führung der sogenannten Uranlücke (Rainer Karlsch) bewusst. Mit Hochdruck gingen Geologen im eigenen Land und im neuen Machtbereich der Sowjetunion auf die Suche nach Uranerzlagerstätten.

Neben geringen Uranvorkommen in Mittelasien, Bulgarien, Rumänien und Polen sicherte man sich im November 1945 über einen Geheimvertrag den Zugriff auf die Lagerstätten im tschechischen Jáchymov (St. Joachimsthal). Man vermutete auch Vorkommen in Sachsen, aber deren Ergiebigkeit war unklar. Dort existierte vor dem Zweiten Weltkrieg keine direkte Produktion von



Uran, sondern das Schwermetall wurde im Zusammenhang mit anderen Erzen gewonnen.

Unmittelbar nach dem Abzug der Amerikaner aus Sachsen und Thüringen Mitte 1945 begannen sowjetische Experten mit geologischen Untersuchungen und fanden Uranvorkommen in Johanngeorgenstadt, Oberschlema und Schneeberg. Da Deutschland unter Besatzungsrecht stand, waren hier die rechtlichen Hürden viel niedriger als in der souveränen Tschechoslowakei.

Im Mai 1946 beschloss der Ministerrat der UdSSR die Ausbeutung der sächsischen Uranvorkommen. Am 10. Mai 1947 wurde in Moskau die Wismut als Sowjetische (auch Staatliche) Aktiengesellschaft (SAG) gegründet, deren deutscher Zweig einen Monat später in Aue ins Handelsregister eingetragen wurde. Die Wismut unterstand direkt der sowjetischen Verwaltung und diente – wie zu dieser Zeit auch andere sowjetische Aktiengesellschaften – zur Durchsetzung von Reparationsansprüchen.

Auf der Grundlage des Besatzungsrechts übernahm die UdSSR 1947 die Bergverwaltungen Johanngeorgenstadt, Schneeberg, Oberschlema, Annaberg, Lauter und Marienberg sowie das Erzaufbereitungswerk in Pechtelgrün als Reparationsleistung. Mitte 1949 dehnte sich das Arbeitsgebiet der Wismut nach Thüringen aus, wo ebenfalls Uranerze gefunden worden waren. Nach Kriegsende übernahmen sowjetische Militäreinheiten die Organisation der Aufschluss- und Schürfarbeiten und richteten Sperrgebiete ein.

Da die sowjetische Führung das Uranerz dringend brauchte, übte sie großen Druck auf die Leitung der SAG

Bild links: »Gummibahnhof« hieß der zentrale Busbahnhof vor dem Schacht 66 in Schlema. Aus dem ganzen Erzgebirge und dem Vogtland kamen hier um 1960 die Arbeiter an.

Bild rechts: Mittels einer Seilbahn wird Abraum auf die im Tal liegende Halde bei Aue transportiert. (Aufnahme von 1956)

Wismut aus. Während 1946 bereits mehr als 15 Tonnen Uran gefördert worden waren, stieg die Menge 1947 auf ca. 150 Tonnen. Drei Jahre später waren es bereits 1225 Tonnen. Diese Steigerung war Ergebnis höchster Prioritätensetzung: Aus der gesamten Sowjetischen Besatzungszone (wurden Arbeitskräfte zum Teil zwangsverpflichtet und Ausrüstung zusammengetragen. So rekrutierte man in den ersten Jahren mehrere zehntausend Arbeiter für die Wismut – von Oktober 1946 bis Dezember 1947 über 43 590 Arbeitskräfte – unabhängig davon, ob sie bergtauglich waren oder nicht, darunter auch Frauen für Übertagearbeiten.

Oft wurde das Erz aus Mangel an Geräten unter primitiven Bedingungen abgebaut und der Arbeits- und Gesundheitsschutz sträflich vernachlässigt. Die extremen Bedingungen führten zu einer hohen Fluktuation. Der daraus resultierende Mangel an Arbeitskräften wiederum zwang zu Zugeständnissen, wie hohe Löhne, einer Sonderversorgung – bei Übererfüllung der Norm erhielten die Bergleute »Stalinpakete«, d. h. zusätzliche Lebensmittel – bis hin zur Tolerierung von Straftaten. Diese »wilden Jahre« griff der 1958 fertiggestellte DEFA-Film *Sonnensucher* auf. Regie führte Konrad Wolf, der Bruder des langjährigen Chefs des DDR-Auslandsgeheimdienstes Markus Wolf. Allerdings erschien die realistische Darstellung des Uranbergbaus, wo Freiwillige und Zwangsverpflichtete aller Couleure, erfahrene Bergleute, sowjetische Ingenieure, deutsche Ex-Nazis und Kommunisten zusammentrafen, zu kritisch, so dass der Film zunächst verboten wurde und erst 14 Jahre später in die DDR-Kinos kam.



Bild links: Mit dem »Schacht-Express« fahren die Kumpel 120 Meter unter Tage (1956).

Bild rechts: Erzhaltiges Gestein wird mit dem Abbauhammer aus dem Fels gesprengt (1956).



Ende der 1940er Jahre wurde die Absicherung der Wismutbetriebe infolge des Kalten Krieges schrittweise verstärkt. 1949 hatten nämlich US-Geheimdienste durch Analysen von Erzproben aus Johanngeorgenstadt realisiert, dass sie die Fördermöglichkeiten von Uran in Sachsen und Thüringen unterschätzt hatten. Die gesamte Region im sächsischen Erzgebirge und in Teilen Thüringens unterlagen einer strengen Überwachung. Einzelne Schächte und Betriebe wurden zu »Objekten« zusammengefasst, die aus Gründen des Geheimnisschutzes Nummern erhielten. Ab Herbst 1949 beschäftigte das Unternehmen keine Arbeitskräfte aus den Westzonen mehr. Zusätzlich zu sowjetischen Wacheinheiten entstand eine Bergpolizei, die bereits kleinste Sicherheitsvergehen mit drakonischen Strafen belegte.

Bald wurde der Unternehmensleitung der Wismut klar, dass die Arbeitskräfte, die man dringend brauchte, mit Zwangsmaßnahmen nicht in benötigter Anzahl und Qualität zu bekommen und zu halten waren. Auch die Betriebsräte und Gewerkschaftsgruppen setzten sich energisch für die Verbesserungen der Arbeitsbedingen und der sozialen Verhältnisse ein. 1947 lief ein bescheidenes Wohnungsbauprogramm an. Hinzu kam, dass der Durchschnittslohn in der Wismut AG stets beträchtlich über dem Durchschnittslohn in der DDR-Industrie lag. Anfangs gab es Sach-, später Geldprämien für Normübererfüllung oder langjährige Betriebszugehörigkeit. In den Anfangsjahren stand die Förderung von Uranerz an oberster Stelle. Neben der Vernachlässigung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes für die Bergleute führte das zu Umwelt- und Bergschäden. So war etwa der Ort Schlema durch den oberflächennahen Abbau um mehr als sechs Meter abgesunken; in den Häusern zeigten sich große Risse. Im Mai 1952 musste der gesamte Ortskern abgebrochen werden. Eine ähnliche Situation war auch in Johanngeorgenstadt entstanden, wo im Stadtgebiet gleichzeitig bis zu 12 Bergbaubetriebe arbeiteten. Auch hier drängte die Wismut ab 1951 auf eine Umsiedlung der Bewohner der Altstadt und den Abriss der dortigen Gebäude.

Zum Weiterlesen

Franz Kirchheimer, *Das Uran und seine Geschichte*. Stuttgart 1963

»Natürlich müssen wir zahlen«. In: *Der Spiegel* 1990, H. 47, S. 145-149

Reimar Paul, *Das Wismut-Erbe*. Göttingen 1991

Rainer Karlsch, *Uran für Moskau. Die Wismut – eine populäre Geschichte*. Berlin 2007

Chronik der Wismut. CD-ROM. Chemnitz 1999

Rudolf Boch, Reiner Karlsch (Hrsg.), *Uranbergbau im Kalten Krieg. Die Wismut im sowjetischen Atomkomplex*. 2 Bde. Berlin 2011

25 Jahre Wismut. Sonderausgabe Dialog. Mitarbeiterzeitung der Wismut GmbH Nr. 90, 2016

Internetseite der Wismut: www.wismut.de

Da in der näheren Umgebung aber keine Möglichkeit zur Unterbringung der Menschen existierte, wurde 1952 mit dem Aufbau eines neuen Stadtgebiets begonnen, was wiederum die Wirtschaft der DDR belastete.

Die SDAG Wismut von 1953 bis 1990

Zu Beginn der 1950er Jahre hatten die UdSSR und die DDR vereinbart, die SAG Wismut in die Sowjetisch-Deutsche Aktiengesellschaft Wismut (SDAG) umzuwandeln. Die DDR hatte hier kaum Spielraum, da die Sowjetunion nicht bereit war, den Zugriff auf die Uranlagerstätten aufzugeben. Im Ergebnis wurde die SAG Wismut im November 1953 aufgelöst und am 21. Dezember 1953 die Sowjetisch-Deutsche Aktiengesellschaft (SDAG) Wismut in Karl-Marx-Stadt/Chemnitz – die Umbenennung der Stadt erfolgte im Mai 1953 – gegründet. Die SDAG Wismut übernahm alle Vermögenswerte der vorherigen SAG Wismut, ohne jedoch die Rechtsnachfolge anzutreten. Das Aktienkapital war auf zwei Milliarden Mark festgesetzt, das die DDR und die UdSSR je zur Hälfte besaßen. Allerdings musste die DDR ihren Aktienanteil in Raten von der UdSSR kaufen. Das Unternehmen bestand bis 1991.

Ein Abkommen vom Dezember 1962 ermöglichte es nun der DDR, über Preise für das Uran zu verhandeln. Der zunächst bis Ende 1973 gültige Vertrag wurde später verlängert und sollte schließlich bis zum Ende der SDAG 1991 in Kraft bleiben. Bis zu Beginn der 1960er Jahre waren die Preise festgesetzt; so entsprachen sie z. B. von 1954 bis 1957 der Hälfte der Selbstkosten. Die Differenz zwischen Preis und Kosten musste vom DDR-Staatshaushalt getragen werden.

In den 1950er Jahren stellte die Betriebsleitung der Wismut nicht mehr die kurzfristige Ausbeute in den Vordergrund, sondern einen auf längere Sicht effektiven Bergbau. Hatte die Beschäftigtenzahl 1953 ihren Höhepunkt von knapp 133 000 erreicht, sank sie bis 1962 auf etwa 45 000 und blieb bis Ende der 1980er Jahre auf diesem Niveau. Umfangreiche Modernisierungsmaßnahmen führten in



Uran-Schlamm bei Seelingstädt (Thüringen) wird in ein Absetzbecken gepumpt. Solche Becken mussten nach 1990 aufwendig saniert werden.

den 1950er Jahren zur Erhöhung der Produktivität und zur Verbesserung der Arbeitssituation. In den Anfangsjahren hatte man eine Vielzahl kleiner Lagerstätten ohne Rücksicht auf Kosten abgebaut. Nun wurden etwa bei Ronneburg und Niederschlema moderne Schachtanlagen abgeteuft. Auch die Erzaufbereitung wurde modernisiert, etwa – nach der Betriebsaufnahme der Aufbereitungsanlage 1951 in Crossen (seit 1996 Stadtteil von Zwickau) – durch die Eröffnung eines modernen Aufbereitungsbetriebs auch in Seelingstädt. Die Anlage ging 1961 in Betrieb und verarbeitete Erze aus allen Lagerstätten, insbesondere aber aus dem nahen Ronneburger Erzfeld.

Seit den 1960er Jahren verfügte die Wismut über technische Anlagen, die vergleichbar mit ähnlichen Bergbauunternehmen weltweit waren. Nachdem man 1967 neue bedeutende Uranlagerstätten in Königstein (Sächsische Schweiz) aufgeschlossen hatte, setzte man nach dem konventionellen Abbau ab Mitte der 1980er Jahre moderne Laugungsverfahren ein. Dabei wird das Erz mit Schwefelsäure aufgeschlossen und das Uran aus dem Schachtwasser abgetrennt. Ziel war es, die Kosten der Uranproduktion auf das Weltmarktniveau zu senken.

Obwohl der Bergbaubetrieb in Königstein in den 1980er Jahren kostengünstig war, konnte die Wismut nicht zu Weltmarktpreisen produzieren, einerseits weil diese sanken und sich andererseits die Förderbedingungen verschlechterten. Dies soll beispielhaft an den Energiekosten gezeigt werden. So stieg wegen der Bewetterung und aufwendigen Kühlung immer tieferer Schächte der Jahresgesamtennergieverbrauch von 1970 bis 1987 auf 140

Prozent. Im Abbauggebiet Niederschlema–Aue–Alberrode etwa befanden sich die tiefsten Bergwerke – die tiefste Sole lag bei 1800 Metern! Aufgrund zu hoher Produktionskosten stellte 1989, also bereits vor der politischen Wende, die Grube »Willy Agatz« in Freital bei Dresden, den Betrieb ein. Hier hatte man zwischen 1952 und 1989 uranhaltige Steinkohlen gefördert. Bereits zum Ende der DDR wurde klar, dass die Umstrukturierungen der Wismut viel Geld kosten würden.

Der Stellenwert der Wismut in der DDR-Wirtschaft ist als durchaus ambivalent anzusehen. So war sie eines der größten Industrieunternehmen der DDR, besaß aber auch viele Parallelstrukturen. Bis 1954 musste die DDR die Kosten für den Abbau von Uranerz allein tragen, danach zumindest teilweise. Dabei war der Aufbau großer Bergbauanlagen in meist ländlich geprägten Gebieten mit seiner Infrastruktur, der notwendigen Energieversorgung, dem erforderlichen Wohnraum und den Sozial- und Kultureinrichtungen mit erheblichen Aufwendungen verbunden. Zugleich avancierte etwa in Ostthüringen die Wismut zum Hauptarbeitgeber und die gesamte Infrastruktur war praktisch auf das Unternehmen ausgerichtet. Hatten die Belange der Wismut in den Anfangsjahren noch weitgehend Vorrang, wurde die SDAG später enger in die DDR-Wirtschaft eingebunden und erbrachte auch Leistungen außerhalb der eigentlichen Aufgabenbereiche. So übernahm z.B. der »Zentrale Geologische Betrieb« der Wismut Erkundungs- und Bohrleistungen für andere Bergbaubetriebe sowie für die Wasserwirtschaft der DDR. Der Baubetrieb der Wismut baute landesweit Wohn- und

Im Zuge der Stilllegung und anschließenden Sanierung der Uranabbaugebiete wurden unter anderem eigene Anlagen zur Reinigung des Wassers gebaut.



Kultureinrichtungen, der betriebseigene Fahrzeugreparaturbetrieb produzierte Spezialgeräte, etwa Pistenraupen, und Teile für die Nutzfahrzeugproduktion. Der Betrieb für Bergbauausrüstung Aue wiederum lieferte Maschinen für andere Bergbaubetriebe der DDR.

Nicht zuletzt spielte die Wismut eine große Rolle für das gesellschaftliche Leben der jeweiligen Regionen bis weit in die Familien hinein, selbst solcher, in denen niemand bei der Wismut beschäftigt war – von der Kinderbetreuung über den Sport, Kunst und Kultur bis zur Erholung, Bildung und medizinischen Betreuung.

Die Wismut GmbH ab 1991

Nach der politischen Wende einigten sich 1990 die DDR und die UdSSR darauf, den produktiven Uranerzbergbau der SDAG Wismut bis zum Ende des Jahres 1990 einzustellen. Das Unternehmen war mit seinen Kosten auf dem Weltmarkt ohnehin nicht konkurrenzfähig. Wie der *Spiegel* im November 1990 berichtete, lagen diese beim 4,5-Fachen der Marktpreise.

Im Zuge der Wiedervereinigung am 3. Oktober 1990 gingen die DDR-Anteile der SDAG Wismut auf das vereinigte Deutschland über, vertreten durch das Bundesministerium für Wirtschaft. Ein Staatsvertrag zwischen der Bundesrepublik und der UdSSR vom Mai 1991 regelte, dass die sowjetische Seite ihre Anteile unentgeltlich an die Bundesrepublik überschrieb, sich dafür aber nicht an Sanierungsmaßnahmen beteiligen musste. Im Dezember 1991 schließlich trat das »Wismut-Gesetz« in Kraft, das die Umwandlung der SDAG in eine bundeseigene GmbH regelte.

Aufgabe des neuen Unternehmens war es, die Wismut-Standorte in einer ökologisch sinnvollen Weise zu sanieren und dadurch für die Menschen in den betroffenen Regionen akzeptable Umwelt- und Lebensverhältnisse zu schaffen. Dies war eine gewaltige Aufgabe angesichts der 1400 Kilometer offenen Grubenbaue in Sachsen und in Thüringen, der über 300 Millionen Kubikmeter Haldenmaterial und der 160 Millionen Kubikmeter radioaktiver Schlämme in dicht besiedelten Gebieten. Eine besondere Herausforderung stellte die Sanierung der Absetzbecken in den Aufbereitungsanlagen Crossen bei Zwickau und Seelingstädt dar. Unter einer Wasserschicht lagerte hier ein viele Meter

Zeitzeugenberichte

Karl-Heinz Bommhardt, *Uranbergbau Wismut 1946-1990 in der sowjetischen Besatzungszone und in der DDR*. Bad Langensalza 2011

ders., *Die Wismut am Königstein: Uranbergbau in der Sächsischen Schweiz. Ein unbekanntes Kapitel*. Berlin 2015

Boris Laschkow, *Auf Uran-suche hinter der Elbe. Sowjetische Geologen bei der Wismut*. Witzschdorf 2013

Günter Dücke, *Wismut-geschichten – Uran und Menschen: Sowjetische Bergbauspezialisten erzählen*. Witzschdorf 2018

mächtiges Gemisch aus ausgelaugtem Uranerz und Chemikalien. Nun galt es, die angrenzenden Regionen vor dem möglichen Eintrag von Schadstoffen aus den Halden und Absetzanlagen durch Staub bzw. Sickerwasser zu bewahren.

Die Bundesregierung sagte für dieses weltweit einmalige Projekt Haushaltsmittel in Höhe von 13 Milliarden DM für einen Zeitraum von 10 bis 15 Jahren zu. Allerdings waren Anfang der 1990er Jahre keine Kosten für die Sanierung jener Bereiche des Uranerzbergbaus vorgesehen, die 1990 nicht der SDAG Wismut zugeordnet werden konnten – was einen Großteil der Hinterlassenschaften aus den 1950er und 1960er Jahren vor allem in Sachsen betraf. Durch eine Vereinbarung zwischen dem Bund und dem Freistaat Sachsen konnte dieses Problem ab 2003 gelöst werden.

Kurbad statt giftiger Schlammbecken

Bis 2012 standen 78 Milliarden Euro für die Sanierung von Altstandorten zur Verfügung. Im Frühjahr 2013 wurde die Summe um 138 Millionen aufgestockt. Projektträger war auch hier die Wismut, die mindestens 50 Prozent der Mittel an Fremdfirmen vergeben sollte, um die wirtschaftliche Entwicklung der jeweiligen Regionen zu unterstützen. Mit einem weiteren Zweiten Verwaltungsabkommen wurde am 5. Juli 2019 schließlich die vollständige Sanierung der sächsischen Wismut-Altstandorte besiegelt. Für den Zeitraum von 2021 bis 2035 sagten Bund und Freistaat Sachsen noch einmal 229 Millionen Euro zu.

Die neue Wismut GmbH musste sich auch mit den gesundheitlichen Folgen des langjährigen Uranbergbaus beschäftigen. Ein großes Problem waren Berufskrankheiten wie die Silikose, die durch den feinen Staub ausgelöst wird, der beim Bohren, dem Transport und der Bearbeitung von quarzreichen Erzen und Nebengesteinen entsteht. So hatte man in den Anfangsjahren des Uranbergbaus aufgrund fehlender technischer Ausrüstung sowie mangelnder Sensibilisierung der oft unerfahrenen Bergleute auf das Nassbohren verzichtet. Erst ab Mitte der 1950er Jahre wurden



in der Wismut das Trockenbohrverbot sowie eine effektive Wetterführung konsequent umgesetzt. Trotzdem blieb Quarzstaub an vielen Arbeitsstellen bis zur Produktionseinstellung 1990 ein Gesundheitsrisiko.

An zweiter Stelle der Berufskrankheiten stand der durch ionisierende Strahlung ausgelöste Lungenkrebs. Beim Zerfall von Uran entsteht das radioaktive Edelgas Radon, das weiter zu radioaktiven Isotopen des Schwermetalls Polonium zerfällt. Wenn es an Staubeilchen haftet, kann es sich in der Lunge absetzen und das Gewebe durch radioaktive Strahlung schädigen – bekannt als Schneeberger Krankheit. Radon kann sich auch in Kellerräumen u.a. sammeln und dann auch nicht im Bergbau arbeitende Personen gefährden. Auch diese Gesundheitsgefährdung wurde in den ersten Jahren der Uranproduktion kaum beachtet. Erst Mitte der 1950er Jahre begann man radioaktive Belastung zu messen; die Messwerte wurden allerdings aus Geheimhaltungsgründen meist den für die Anerkennung von Berufskrankheiten zuständigen Ärzten nicht zugänglich gemacht. Oft wurden die Ursachen solcher Erkrankungen auch nicht erkannt, arbeiteten doch in der Frühzeit viele Arbeiter nur relativ kurz bei der Wismut.

Wer heute nach Schlema kommt, das sich seit 2005 »Kurbad« nennt, kann die früheren Halden kaum noch ausmachen. Wo einst das Schlammbecken war, spielen heute Touristen Golf. Die Spitze der Kegelhalde ist abgetragen. Seit Juli 2019 ist die renaturierte Haldenlandschaft Bad Schlema sowie der Schachtkomplex 371 in Hartenstein sogar Bestandteil des UNESCO-Welterbes »Montanregion Erzgebirge/Krušohorí«. Die beiden Standorte Haldenlandschaft Schlema und Schacht 371 in Hartenstein dokumentieren die Uranerzgewinnung in dieser traditionsreichen Bergbauregion.

Angesichts der Dimension ist es doch erstaunlich, wie dieses wahrscheinlich aufwendigste und teuerste Sanierungsprojekt in der Geschichte der Bundesrepublik fast unbemerkt von der breiten Öffentlichkeit in Deutschland realisiert wurde und auch weiterhin wird. ■■

Das Radonbad Schlema war noch in den 1930er Jahren ein bedeutendes Heilbad. Ab 1949 musste der Ort dem sich ausbreitenden Uranabbau durch die Wismut weichen. Nach der Wende wurde der Kurbetrieb reaktiviert und ab 1998 wieder aufgenommen.



DER AUTOR

Dr. Frank Dittmann
ist Kurator für Energietechnik, Starkstromtechnik und Automation am Deutschen Museum.

RADSPIELER

Seit 1841

*Radspieler –
damit
Einrichten
Freude
macht!*

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

Verheizt

Kohle, Schiffe, Menschen



Kohle war der Brennstoff der Industrialisierung. Damit wurden die Dampfmaschinen auf dem Land und auf dem Wasser betrieben. Die expandierende Dampfschiffahrt ermöglichte es, Waren und Menschen schneller und sicherer zu transportieren. Von Jörn Bohlmann

Johanna Schopenhauer (1766–1838), Tochter einer wohlhabenden Kaufmannsfamilie, Mutter der bekannten Schriftstellerin Adele und des Philosophen Arthur Schopenhauer, ging achtzehnjährig, ganz den Gepflogenheiten höherer Kreise ihrer Zeit entsprechend, eine Konvenienzehe ein. Diese ermöglichte ihr einen gehobenen Lebensstil, zu welchem neben der Teilnahme an literarischen Salons auch zahlreiche Reisen zählten. So bereiste Frau Schopenhauer unter anderem zweimal Großbritannien – und veröffentlichte ihre Erlebnisse im Jahre 1818 unter dem Titel *Reise durch England und Schottland*. Ihre eindringlichen und teilweise recht ironischen Schilderungen der Insel und ihrer Bewohner prägten das deutsche Bild des Vereinten Königreiches über viele Jahrzehnte. Zugleich legen ihre Erinnerungen ein Zeugnis über die Auswirkungen der Industrialisierung ab, die in England des ausklingenden 18. Jahrhunderts ihren Anfang nahmen und

neben massiver Umweltverschmutzung auch desolate Arbeitsbedingungen für einen Großteil der Bevölkerung mit sich brachten. Als Johanna Schopenhauer und ihr Gefolge den seinerzeit modernen Industriestandort Manchester erreichten, erlebte sie diesen als »dunkel und vom Kohlendampfe eingeräuchert«. Eher vermittelte die Stadt den Eindruck »einer ungeheuren Schmiede oder sonst einer Werkstatt [...] Arbeit, Erwerb, Geldbegier scheinen hier die einzige Idee zu sein [...], auf allen Gesichtern stehen Zahlen, nichts als Zahlen.«

Einen besonderen Eindruck machte der Besuch eines unterirdischen, teils von Grundwasser überschwemmten Kohlenbergwerkes, welches die deutsche Reisegesellschaft mittels einfacher Kähne befuhr. »Der Eingang zu diesem Reiche der Unterwelt ist imposant: ein großes Tor, in einen senkrecht steilen, majestätisch hohen Felsen eingehauen. Wir bestiegen einen langen schmalen Kahn, der sonst zum

Englische Kohlearbeiter
bereiten sich 1933 auf den
Winter vor: Die Kohle wird
von einem Schiff verladen.

Kohlentransporte dient; [...] so schifften wir hinab auf der schwarzen, stillen Flut [...] Nach einer Viertelstunde verschwand jeder Schein des goldenen Tageslichts, kalt, düster, unheimlich war es um uns her. An der ersten Mine kletterten wir aus dem Kahne. Eine Menge gewölbter Gänge in verschiedenen Richtungen durchkreuzten sich hier, alle so niedrig, daß man nur mit Mühe ganz gebückt durchkriechen kann. Die Kohlen liegen ganz frei da und wurden von halbnackten, bald knienden, bald auf dem Rücken liegenden Männern mit einer Bergmannshaue losgebrochen. Die Arbeit schien uns [...] nicht ohne Gefahr, und viele Menschen verlieren hier ihr Leben.«

Kohle – Brennstoff der Industrialisierung

Ganz unbestritten, Kohle war der Brennstoff der Industrialisierung. Das neue Zeitalter, welches das Gesicht des Vereinten Königreiches prägte, griff im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts auf die Länder des Deutschen Bundes über. In den deutschen Landen begann die Industrialisierung im Ruhrgebiet, wo bereits seit dem Mittelalter Kohle gefördert wurde. In der Mitte der 18. Jahrhunderts siedelten sich schließlich größere Eisenhütten an. Sie waren für die Verhüttungen von Erzen und die Produktion von Roheisen auf Koks angewiesen, welcher aus Kohle gewonnen wurde. Wie in England führte auch in Deutschland die Einführung der Dampfmaschinen zu einem wahren Paradigmenwechsel im Kohlebergbau. Denn mit der Maschinenkraft ließen sich Kräfte konzentrieren, die mit Göpeln nicht zu bewerkstelligen waren. Im deutschen Bergbau kamen ab dem ersten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts Dampfmaschinen zum Abpumpen des Grundwassers zum Einsatz, welches zuvor die unterirdischen Gänge der Zechen überflutete. Durch das Dränieren der Schächte gelang nun das Vordringen in Fördertiefen, die zuvor nicht zu erschließen waren. Nun konnte eine gut zu verkoksende Fettkohle abgebaut werden, so dass den Eisenhütten reichlich Brennstoff zur Produktion von Roheisen zur Verfügung stand. Und die Produktion von Roheisen war notwendig, um weitere Dampfmaschinen, Schienen, Lokomotiven und Eisenbahnwaggons herzustellen. Denn ab 1835 verkehrten in den Ländern des Deutschen Bundes zunehmend mehr Eisenbahnen. Diese, die bereits von Friedrich II. (1712–

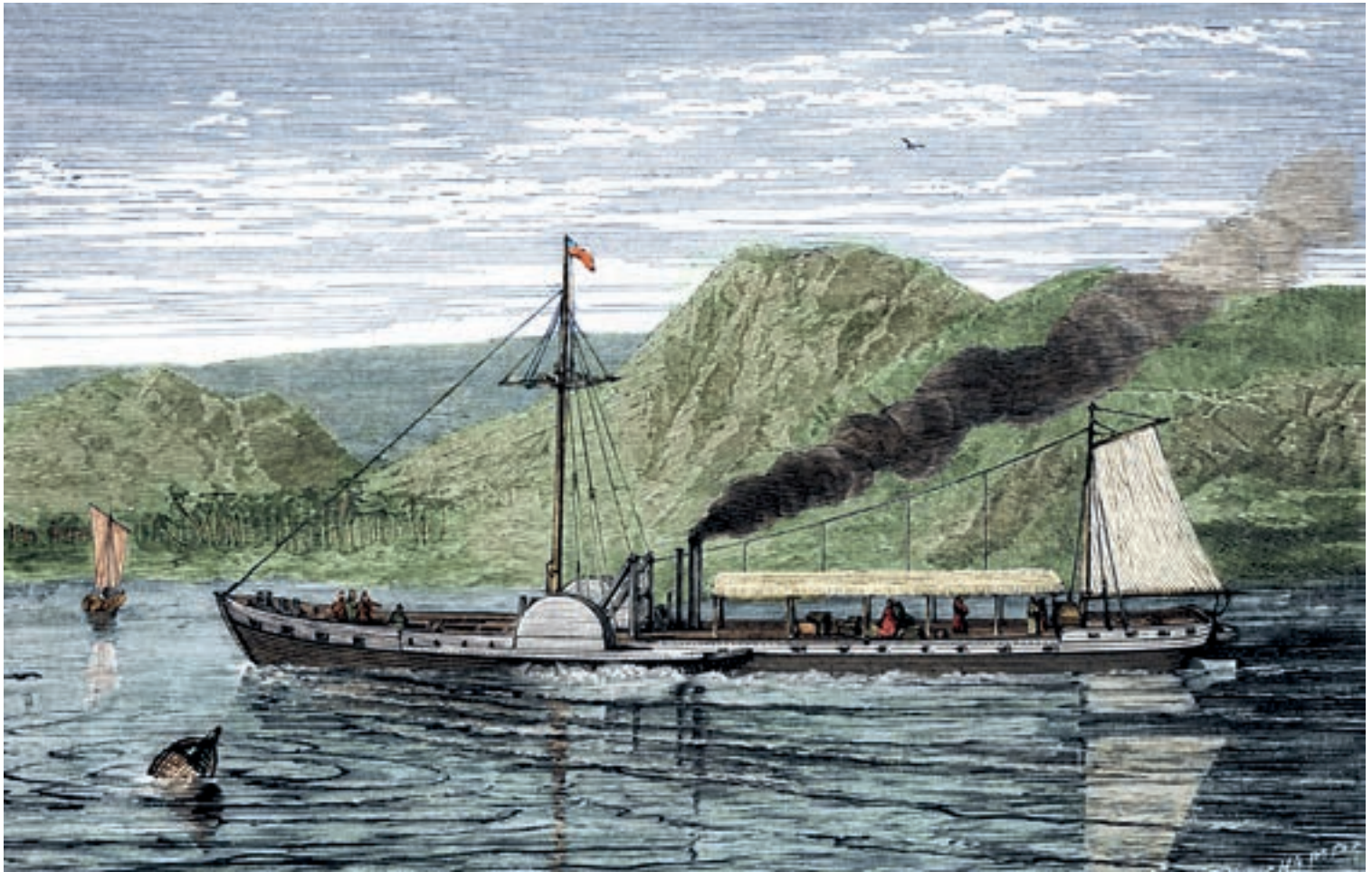


1786) veranlasste Schiffbarmachung der Ruhr, steigende Förderzahlen im Kohlebergbau und Verhüttung, und die Gründung des Deutschen Zollvereins 1834, die mit einer Vereinheitlichung von Währungen, Maßen, Gewichten in den Ländern des Deutschen Bundes und nicht zuletzt einer einheitlichen Uhrzeit einhergingen, gab dem Rad der Industrialisierung zusätzlichen Schwung.

In diesen Zeiten des Wachstums stieg zwischen 1850 und 1900 die Bevölkerungszahl in Deutschland von knapp 36 Millionen auf 56 Millionen Menschen. Zunehmende Verstädterung, wachsende Industriestandorte und eine bemerkenswerte Steigerung industrieller Produktion wa-

Bild oben: Kinderarbeit im Bergwerk. (Aus: *Über die Beschäftigung der Kinder in den englischen Fabriken und Bergwerken*, Holzstich in *Illustrierte Zeitung*, Nr. 66, Leipzig 1844)

Bild unten: Anschauungstafel für Schulkinder: »Bergleute bei der Arbeit« (Holzstich koloriert um 1885).



Das erste kommerzielle Dampfschiff auf dem Hudson River in New York legte im Jahr 1807 die 150 Meilen von New York nach Albany mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 5 Meilen pro Stunde zurück. Das Schiff besaß zwei Schaufelräder, die von Dampfmaschinen angetrieben wurden.

ren die Folge. Damit einher ging ein stetig wachsender In- und Export, um einerseits Industriegüter ins Ausland zu verkaufen und andererseits Rohwaren und Lebensmittel zu importieren. Große Teile des In- und Exports wurden von Schiffen bewegt. Dienten anfänglich Segelschiffe zum überseeischen Transport, griff die Technik der kohlebefeuerten Dampfmaschinen bald auch auf die Schifffahrt über. Vermehrt tauchten damit Dampfschiffe in Häfen, an Küsten und auf den Weltmeeren auf.

Industrialisierung der Schifffahrt

Die frühen Dampfschiffe wurden über seitlich am Rumpf angebrachte Schaufelräder angetrieben. Als erstes erfolgreich eingesetztes Dampfschiff gilt gemeinhin die North River Steamboat des amerikanischen Ingenieurs Robert Fulton (1765–1815). Der 1807 auf dem Hudson River zwischen New York und Albany pendelnde Schaufelraddampfer war das erste Dampfschiff, das seinen Liniendienst nicht nur verlässlich, sondern vor allem auch für den Reeder gewinnbringend bediente. Ab diesen Zeitpunkt verlief die Industrialisierung der Schifffahrt ähnlich atemberaubend wie an Land. Sie erreichte nur dreißig Jahre später, 1837, im Vereinten Königreich England neue Meilensteine, als dort die Great Western vom Stapel lief. Dieses für den transatlantischen Linienverkehr zwischen England und der amerikanischen Ostküste konzipierte Passagierschiff

entstammte der Feder des Eisenbahningenieurs Isambard Brunel (1806–1959). Die Great Western bemaß bei knapp elf Meter Breite eine Länge von 65 Metern. Zur Sicherheit wurde das Schiff mit vier Masten und einer Hilfsbesegelung versehen. Als Hauptantrieb dienten jedoch zwei zweizylindrige Dampfmaschinen, die, von vier Dampfkesseln befeuert, ihre Kraft auf seitlich am Rumpf montierte Schaufelräder brachten.

Der Rumpf der Great Western war aus Holz gebaut, zusätzlich erhielt dieser über größere Teile eine Verstärkung durch Eisenplatten. Der Great Western folgte rund zwanzig Jahre später, 1858, die Great Eastern. Dieses Passagierschiff gilt als Gigant und sprengte alle technischen Maßstäbe seiner Zeit. Wie die Great Western entstammte auch die Great Eastern der Feder Isambard Brunels. Sagenhafte 211 Meter lang war der Koloss, bei einer Breite von knapp 24 Meter Breite. Weil ein so großes Schiff nicht mehr aus Holz zu bauen war, wurde der Rumpf aus genieteten Eisenplatten zusammengefügt. An sechs Masten konnte eine Hilfsbesegelung gefahren werden, als hauptsächlicher Antrieb dienten jedoch zwei, von insgesamt zehn Kesseln befeuerte Dampfmaschinen. 8300 PS Leistung erbrachten diese, die ihre Kraft nicht nur auf zwei gigantische, seitlich montierte Schaufelräder von 17 Metern Durchmesser übertrugen, sondern zusätzlich auch noch einen Heckpropeller antrieben. Für nicht weniger als 4000 Passagiere war der Schiffs-

gigant ausgelegt. An Bord waren Auswanderer, die den kargen Lebensumständen ihrer, unter der Industrialisierung ächzenden Heimat den Rücken zukehrten und auf eine bessere Zukunft in Amerika hofften. Mit ihrem Gigantismus setzte die Great Eastern in der Schifffahrt viele neue Maßstäbe. Unter anderem hielt sie bis 1901 den Rekord, das größte je gebaute Schiff gewesen zu sein. Aber nicht nur das. Mit ihrem doppelwandigen Rumpf überstand sie 1862 das Auflaufen auf einem Riff. Eine Neuerung, die mit Sicherheit eine Katastrophe verhinderte. Indes, nur wenige Jahre nach ihrer Indienststellung als Passagierschiff wurde die Great Eastern im Jahre 1865 zum Kabelleger umfunktioniert. Damals galt es, das erste transatlantische Unterwasserkabel zu verlegen; 4200 Kilometer von Irland nach Neufundland. Gigantische Ausmaße, für welche die Great Eastern wie geschaffen war.

Wie so oft beim Prozess der Industrialisierung, kamen auch für die Schifffahrt viele richtungsweisende Impulse aus England. Unter anderem lief in Bristol im Jahre 1843, also 15 Jahre vor der Great Eastern, das erste seegehende Dampfschiff ohne Schaufelradantrieb vom Stapel: die Great Britain. Sie wurde von zwei Dampfmaschinen von zusammen 500 PS angetrieben, welche ihre Leistung mittels eines sechsflügeligen Propellers ins Wasser brachten. Wiederum handelte es sich um ein Passagierschiff, und wiederum war der Konstrukteur des Schiffes kein anderer als Isambard Brunel.

Dienten als Schiffsantrieb anfänglich relativ einfache Niederdruckdampfmaschinen, kamen Dank ihrer relativen Kompaktheit und Platzersparnis bald oszillierende Dampfmaschinen zum Einsatz. Um Dampfkessel nicht mit salzhaltigem Seewasser zu verunreinigen und damit eine übermäßige Bildung von Kesselstein zu verhindern, stellte die Einführung von Oberflächenkondensatoren im Jahre 1859 eine Verbesserung dar. Genauso wie der Bau von Hochdruckdampfkesseln sowie die Entwicklung von Mehrfach-Expansionsdampfmaschinen, welche den Dampfdruck in mehreren Zylindern hintereinander auszunutzen wussten. Ab 1870 kamen Mehrfach-Expansionsmaschinen zum Einsatz, die mit Dampfdrücken von bis zu zwölf Atmosphären arbeiteten. Zur Freude der Reeder reduzierte die neue Technik den Kohleverbrauch

um bis zu 40 Prozent, verglichen zu den zuvor verwendeten Compound-Maschinen. Dadurch sanken nicht nur die Kosten für den Brennstoff, sondern zusätzlich wurde durch den geringeren Verbrauch wertvoller Frachtraum frei. Was die Wirtschaftlichkeit der Schiffe um ein Weiteres erhöhte.

Eine industrielle Neuerung stellte auch der Schiffbau dar. Dessen Herstellung wurde ab 1884 derart rentabel, dass Neubauten aus Holz oder Eisen nicht mehr aufgelegt wurden. Aus Stahl ließen sich Schiffe bauen, die bis zu 30 Prozent leichter waren als Holz- oder Eisendampfer vergleichbarer Größe. Was wiederum die Frachtraten erhöhte. Alles Neuerungen, die in England und Schottland ihren Anfang nahmen.

Ab dem späten 19. Jahrhundert begannen endlich auch deutsche Werften mit den Entwicklungen im Vereinten Königreich Schritt zu halten. Unter anderem konkurrierte das Deutsche Reich mit den Engländern darum, mit immer größeren und luxuriösen Schiffen die schnellsten transatlantischen Überfahrten zu absolvieren. Dabei stießen die Mehrfach-Expansionsdampfmaschinen ungefähr zu Beginn des 20. Jahrhunderts an ihre technischen Grenzen. So lief 1902 für den Norddeutschen Lloyd der Schnelldampfer Kaiser Wilhelm II. von Stapel, dessen vier Vierfach-Expansionsmaschinen ganze 40 000 PS leisteten. 7000 Tonnen Kohle mussten täglich verfeuert werden, um dem Schiff eine Geschwindigkeit von knapp 24 Knoten



Die Olympic war ein Schwesterschiff der Titanic. Ihre Jungfernfahrt führte sie 1911 von Southampton nach New York. 29 Dampfkessel trieben zwei Vierzylinder-Verbundmaschinen und eine Parsons-Turbine an. Damit erreichte die Olympic eine Höchstgeschwindigkeit von 23 Knoten (43 km/h).

ENTSTEHUNG IN DEN TIEFEN DER ERDE

Der Rohstoff Kohle ist vor Millionen von Jahren entstanden, große Teile davon im Erdzeitalter des Karbons. Ursprünglich handelte es sich um organisches Material wie etwa Farne, die in Sümpfen versanken. Dort entwickelten sie sich in einem speziellen chemischen Prozess zu Torf. Anschließend lagerten sich Sedimentschichten über die Sümpfe, die durch ihre Masse großen Druck ausübten. Dadurch trat das Wasser aus dem Torf aus. Im nächsten Schritt entstand aus dem Material Braunkohle. Bei andauerndem Prozess bildete sich Steinkohle und darauffolgend Anthrazit. Während heutige Steinkohlevorkommen zum Großteil im Karbon entstanden sind, gehen die jüngeren Braunkohlevorkommen auf das Tertiär zurück. Die Qualität des Rohstoffs steigt mit dem Alter und der Tiefe, in der er in der Erde liegt. Demnach ist Steinkohle hochwertiger als Braunkohle.



Blick in den Heizraum eines Schnelldampfers.

(44 km/h) zu verleihen. Womit die technischen Grenzen der Kolbendampfmaschinen erreicht waren.

Um mit Dampfmaschinen höhere Schiffsgeschwindigkeiten zu erreichen, sorgte wiederum ein britischer Ingenieur für einen Durchbruch: Charles Parson (1854–1931). Statt Kolbendampfmaschinen setzte Parson auf Dampfturbinen, was im Jahre 1897 zu einem vollen Erfolg wurde. Bis zu ein Drittel effektiver erwiesen sich Parsons Turbinenanlagen. Jedoch fanden die Dampfturbinen bei der britischen Marine nicht den Anklang, den Parson sich erhoffte. Um deren Aufmerksamkeit zu erlangen, ersann der Erfinder eine Idee, die wir heute als einen gelungenen »PR-Gag« bezeichnen würden. Hierfür ließ Parson ein etwas über 30 Meter langes, nur drei Meter breites Schnellboot bauen, welches als Antrieb mit einer dreistufigen Parson-Dampfturbinenanlage erhielt. Derart ausgestattet, erreichte das Schnellboot, auf den sinnigen Namen »Turbinia« getauft, eine Geschwindigkeit von 34 Knoten, also rund 64 km/h. Das waren Geschwindigkeiten zu Wasser, die bis dahin vollkommen unerreicht waren. Der Öffentlichkeit präsentierte Parson seine Turbinia dann während einer Flottenparade anlässlich des 60. Thronjubiläums ihrer Majestät Königin Victoria im Jahre 1897. In Spithead, einem ehrwürdigen Flottenstützpunkt der englischen Kriegsmarine, brauste Parson unangemeldet mitten in die feierliche Parade zu Ehren ihrer Majestät Königin hinein. Die Turbinia raste, einer wilden Hummel gleich, um die englischen Kriegsschiffe herum und fuhr locker auch den Schnellbooten ihrer Majestät davon. Ein voller Erfolg, der Parson nicht nur die Aufmerksamkeit der Admiralität, sondern auch

der Königin sicherte – und gute Verdienste dank lukrativer Rüstungsaufträge dazu.

Den englischen und deutschen Schiffskonstrukteuren und Reedern kam die neue Turbinentechnik beim Wettstreit um das Blaue Band, die schnellste Atlantiküberquerung luxuriöser Passagierschiffe, sehr gelegen. Für diesen Wettstreit, aber auch beim ertragreichen Transport von Auswanderern in die neue Welt, die auf den Schnelldampfern im Zwischendeck möglichst rasch nach Amerika kommen wollten, liefen im Vereinten Königreich nach der Jahrhundertwende Schiffe vom Stapel, deren Namen noch heute groß klingen: Lusitania und Mauretania (beide 1907), Olympic (1911) oder Titanic (1912). In Deutschland wurden die Schnelldampfer im Wettstreit um das Blaue Band auf Namen wie Kronprinz Wilhelm (1901), Imperator (1913) oder Vaterland (1914) getauft. Letzteres gilt als größtes jemals mit Kohlefeuerung betriebenes Dampfschiff der Geschichte. Ein Gigantismus, welcher der Schifffahrt ihren vormaligen Schrecken nahm und ihr einen Nimbus von Glanz, Eleganz und Prunk beibrachte. Dass mit der Industrialisierung und Technisierung der Schifffahrt mittels Dampfmaschinen jedoch auch ein Arbeitsfeld geschaffen wurde, welches den Seeleuten einen elendigen Broterwerb bescherte, soll dabei nicht übersehen werden.

Kohletrimmer und Heizer

Bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts rekrutierte die Schifffahrt ihren Nachwuchs zumeist von den Küstenbewohnern des Landes. Seefahrt, das bedeutete bis dahin den Betrieb von Segelschiffen, deren Manövrieren ein grundlegendes

Verständnis von u. a. Wind, Wetter und Meeresströmungen voraussetzen. Ein Grundverständnis, mit welchem die Menschen der Küsten ganz selbstverständlich aufwuchsen und deren Broterwerb oft von der Seefahrt abhing. Auf Segelschiffen lernten sie das Handwerk der Seefahrt von der Pike auf, indem sie sich vom Jungmann und Leichtmatrosen zum Vollmatrosen oder Bootsmann hinaufarbeiteten. Begabten Seeleuten stand oft auch eine nautische Karriere offen. Dies änderte sich mit der zunehmenden Anzahl von Dampfschiffen zusehends. Denn die immer größeren Dampfschiffe hatten einen erhöhten Bedarf an Personal, vor allem für Arbeiten unter Deck, die nur wenig Aufstiegschancen bargen: in den Kesselanlagen der Schiffe. Benötigt wurden vor allem Männer in den neuen Berufen Kohlentrimmer und Heizer.

Den Transport des Brennstoffs von ihren Lageräumen an Bord zu den Feuerungen der Heizkessel übernahmen die sogenannten Kohlentrimmer oder Kohlenzieher. Was sich einfach liest, gestaltete sich an Bord der Dampfer als ein knüppelharter Job. Denn nicht nur, dass die Bunkerräume häufig relativ weit von den Heizkesseln entfernt und die zurückzulegenden Wege entsprechend weit waren. Zudem waren diese Transportwege zumeist extrem eng gebaut. Stauraum sollte so weit wie möglich der Ladung vorbehalten bleiben. Ganghöhen von weniger als eineinhalb Meter waren keine Seltenheit, spärliche und notdürftige Beleuchtung die Regel. Zudem lagen Bunker und Heizraum nicht notwendigerweise auf einer Ebene, so dass Schubkarren oder geschulterte Säcken häufig auf- und abwärts transportiert und balanciert werden mussten. Hinzu kam der Seegang, der die Schiffe schlingern, rollen und schaukeln ließ. Die Arbeit in den Kohlebunkern war besonders gefährlich, wenn die geschüttete Kohle ins Rutschen geriet. Dass der permanente Kohlenstaub nicht nur unangenehm, sondern auch gesundheitsgefährdend war, kümmerte die Wenigsten. Wie viel Kohle die Kohlentrimmer in einer Wache, also innerhalb von vier Stunden zu transportieren hatten, war neben der Qualität des Brennstoffes zudem stark von der Größe der Dampfmaschinen abhängig. Für die Arbeit auf größeren Dampfschiffen, die mit Mehrfach-Expansionsdampfmaschinen ausgestattet waren, transportierte ein Kohlentrimmer innerhalb von

vier Stunden bis zu vier Gewichttonnen Kohle. In Säcken zu je einem Zentner gerechnet, entspricht dies 80 Säcken in der Stunde bzw. alle drei Minuten einen Sack.

Angesichts solch harter Arbeitsbedingungen schufteten als Kohlentrimmer zumeist junge Männer, die mit der Beschäftigung oft nur eine Überfahrt nach Amerika suchten. Versteckte Auswanderer, die sich eine reguläre Überfahrt auch nur im Zwischendeck in der dritten Klasse in die neue Welt nicht leisten konnten. Üblich war auch eine Beschäftigung von Zuchthäuslern, die in der Seefahrt einen gewissen Freiraum sahen und oft sicherlich auch auf eine Möglichkeit zum Desertieren hofften.

Aber nicht nur die Arbeit der Kohlentrimmer war ein hartes Brot, sondern auch die der Heizer. Denn diese hatten für eine gleichmäßige Befuerung der Dampfanlagen zu sorgen. Im Laufe einer vierstündigen Wache hatten die Heizer die Feuerstellen, wofür sie die Verantwortung trugen, zu unterhalten. Regelmäßig musste Kohle auf die bis zu drei Meter tiefen Brennroste geschaufelt und anfallende Asche und Schlacke entfernt werden. Hierfür bedienten sich die Heizer einer langen und entsprechend schweren Eisenstange, der sogenannten Schleuße, mit welcher die beim Verbrennen anfallenden Schlacke aufgebrochen wurde, um diese aus der Feuerstelle zu entnehmen. Unter Volllast mussten die Feuerstellen circa alle drei bis vier Minuten neu befüllt und regelmäßig mit der Schleuße aufgebrochen werden, damit die anfallende Schlacke vom Feuerrost fiel. Bei der Verantwortung für mehrere Feuerungen, arbeiteten die Heizer ununterbrochen, um die Kohlen in die Öfen zu schaufeln, welche die Kohlentrimmer heranschafften.

Eine besonders schwere und gefährliche Tätigkeit der Heizer stellten die Wartungsarbeiten der Feuerstellen und Flammenrohe dar, durch die das zu erhitzende Kesselwasser direkt über die Brennkammern lief. Durch den Dauerbetrieb schlugen diese häufig leck. Zwecks Reparatur wurden die betreffenden Feuerungen und Kessel stillgelegt, damit ein Mann in den Feuerraum, auf das Feuerrost kriechen konnte. Um sich nicht an den oft noch heißen Rohren und Metallteilen zu verbrennen, wickelten sich die Männer in nasse Tücher, bevor sie in die schmutzigen, heißen und schlecht belüfteten Feuerungen krochen; über ihnen



Matrosen der Kaiserlichen Marine im Heizraum der Panzerfregatte SMS König Wilhelm, die im Mai 1878 nach einer Kollision im Ärmelkanal mit 284 Mann Besatzung sank.

ein gigantischer und lecker Kessel heißen Wassers. Undichte Stellen mussten gedichtet und Ablagerungen abgeklopft werden, um einen wirtschaftlichen Betrieb der Kesselanlage sicherzustellen. Oft standen die zu reinigenden Kessel noch unter Restdampf, so dass Verbrennungen und Hitzeschläge bei dieser unmenschlichen Arbeit keine Seltenheit waren. Das andauernd anfallende Entfernen von Unmengen Asche und Schlacke und ihre Entsorgung über Bord, wobei die Kohlentrimmer den Heizern zu helfen hatten, stellten gegenüber der Kesselwartung eine bedeutend leichtere Tätigkeit dar. Auch, wenn es sich wiederum im wahrsten Sinne des Wortes um eine Drecksarbeit handelte.

Eine kaum erträgliche Dauerbelastung lag in der permanenten Hitze. 40 bis 50 Grad Celsius waren übliche Temperaturen in den Kesselräumen. Befuhren die Dampfschiffe tropische Gewässer, erreichten die Temperaturen vor den Kesseln oft auch 60 bis 70 Grad Celsius. 1884 untersuchte ein deutscher Arzt an Bord eines Schiffes der kaiserlichen Kriegsmarine die Arbeitsbedingungen unter Deck. Dabei notierte er, dass ein nur bis 70 Grad Celsius reichendes, vor der Feuerung angebrachtes Thermometer nur wenige Sekunden nach Öffnen der Klappe sprang. Und dabei mussten die Heizer doch andauernd die Klappen vor den Feuerungen öffnen, um ihre Arbeit erledigen zu können. Überkochende Kesselanlagen, berstende Rohrleitungen und natürlich permanente Verbrennungsgefahr stellten alltägliche Gefahrenmomente dar.

Wie groß der Bedarf an Kohlentrimmern und Heizern war, wird am Beispiel des im Jahre 1900 in Dienst gestellten Transatlantik-Passagierdampfer La Lorraine der französischen Reederei Compagnie Générale Transatlantique deutlich. Auf dem rund 170 Meter langen Schnelldampfer, einer der größten seiner Zeit, mussten vierzylindrigen Dreifach-Expansionsdampfmaschine befeuert werden, die zusammen rund 22000 PS Leistung erbrachten. Von der über 377 köpfigen Besatzung waren ganze 218 Menschen als Heizer und Kohletrimmer beschäftigt, die in einem Drei-Wachen-System ihren Dienst versahen.

In der strengen Bordhierarchie standen die Kohlentrimmer noch hinter den Heizern und damit ganz unten. Heizer konnte werden, wer sich als Kohlentrimmer verdient gemacht und einige Kenntnis über den sicheren Be-

trieb der Feuerungs- und Kesselanlagen erworben hatte. Häufig desertierten vor allem von deutschen Schiffen Kohlentrimmer und Heizer, bei denen es sich um heimliche Auswanderer oder Zuchthäusler handelte. Um das Desertieren zu verhindern, setzten die Reeder und Schiffsführungen auf strenge Disziplin.

In den 1890er Jahren waren die Zustände und Arbeitsbedingungen an Bord deutscher Dampfschiffe derart desolat geworden, dass sie gar zum Gegenstand einer mehrjährig anhaltenden Debatte im Reichstag wurden. Denn an Bord deutscher Dampfschiffe stieg die Selbstmordrate gerade unter Kohlentrimmern in einem Maße, dass selbst englische Journale davon berichteten. Unter den Heizern war sie noch doppelt so hoch. Angesichts der Reichstagsdebatte und der »Einmischung« englischer Medien sahen sich deutsche Reeder in ihrer heimatischen Fachpresse zu einem rechtfertigenden Statement genötigt, welches 1895 erschien. Dort hieß es unter anderen, bei den Schiffsbesatzungen handele es sich eben nicht um eine »zum Kaffeetrinken zusammengekommene Gesellschaft von Humanitätsduslern«. Vielmehr seien viele Kohlentrimmer »weggelaufene Leute«, die nicht nur unfähig, sondern generell unlustig zur Arbeit seien. »Wenn es [...] also mitunter vorkommen wird, dass Vorgesetzte in der Maschine, deren Blut durch die umgebende Wärme stark erhitzt ist, solchen arbeitsträgen Leuten in scharfer Tonart die eingegangenen Verpflichtungen klarmachen, worauf der auf diese Weise Gerügte, der schon lange des Lebens überdrüssig war, in einem Anfall von Niedergeschlagenheit oder Melancholie über Bord springt, so ist keineswegs die ihm zu Theil gewordene Behandlung daran Schuld, sondern sein eigenes, stark zerrüttetes Gemüth, das eine wohlverdiente Rüge nicht ertragen kann.« Dass sich angesichts solcher Haltungen die Arbeitsbedingungen an Bord deutscher Dampfer nur langsam änderten, belegt der 1906 publik gewordene Fall des Heizers Wilhelm Messeling. Dieser erbrachte krankheitsbedingt die geforderte Leistung nicht, weshalb er von seinen Vorgesetzten zuerst geohrfeigt und mit einer Schaufel geschlagen wurde. Als er im Heizraum schließlich zusammenbrach, wurde er als Simulant beschimpft und vor den Kesseln totgetreten. ■■



DER AUTOR

Dr. Jörn Bohlmann

ist Ethnologe, gelernter Segelmacher und Holzbootsbauer. Er arbeitete viele Jahre im Handwerk, fuhr mehrere Jahre zu See und lebte 18 Jahre im skandinavischen Ausland. Von 2016 bis 2018 war er Kurator für Schifffahrt im Deutschen Museum. Er ist derzeit an der Wossidlo-Forschungsstelle für europäische Ethnologie/Volkskunde an der Universität Rostock tätig.



Georgius Agricola

und das Deutsche Museum

1926 regte Conrad Matschoß, Vorstandsmitglied des Deutschen Museums, an, Agricolas »De re metallica« ins Deutsche zu übersetzen. Um Mittel zur Finanzierung des Projekts einzuwerben wurde die bis heute tätige Agricola-Gesellschaft gegründet. Von Helmut Hilz



Bild links: Der originale Holzdeckeleinband mit Lederüberzug und den für die Zeit typischen Buckeln und Schließen.

Daneben das Titelblatt der 1557 als *Vom Bergwerck* erschienenen deutschen Ausgabe von *De re metallica* mit dem Signet des Basler Druckhauses Froben.

Es ist aus heutiger Sicht kaum vorstellbar, dass es einmal einen US-Präsidenten gab, der gemeinsam mit seiner Frau ein umfangreiches technisches Werk aus dem Lateinischen ins Englische übersetzte. Doch genau dies tat Herbert Clark Hoover (1874–1964), der von 1929 bis 1933 Präsident der Vereinigten Staaten war. Hoovers Amtszeit fiel mit dem Höhepunkt der Weltwirtschaftskrise zusammen, deren Auswirkungen er durch große Bauprojekte zu bekämpfen versuchte. Vor seinem Einstieg in die Politik hatte Hoover sehr erfolgreich als Bergbauingenieur gear-

beitet. Mit seiner Tätigkeit wuchs auch sein Interesse an der Geschichte des Bergbaus. Dieses teilte er mit seiner Frau Lou Henry Hoover (1874–1944), der ersten promovierten Geologin der USA. Gemeinsam begannen sie 1907 mit der Übersetzung des bekanntesten Werks zum Berg- und Hüttenwesen, Georgius Agricolas *De re metallica*, aus dem Lateinischen ins Englische. 1912 erschien die kommentierte Übersetzung in einer Auflage von 3000 Exemplaren in der britischen Hauptstadt London, wo die Hoovers bis 1917 lebten.

Zum Weiterlesen

Friedrich Naumann, *Georgius Agricola*, Chemnitz 2018.

Hans Prescher, Otfried Wagenbreth, *Georgius Agricola – seine Zeit und ihre Spuren*, Leipzig 1994.



1912 erschien die von Herbert Clark Hoover und Lou Henry Hoover gefertigte englische Übersetzung von Agricolas *De re metallica*. Das Foto zeigt Hoover 1929 als neugewählten Präsidenten der USA zusammen mit seiner Frau. (Quelle:)

Georgius Agricola (1494–1455) war einer der ersten technischen Fachautoren und gleichzeitig auch einer der erfolgreichsten. Der Humanist hat im Verlauf seines Lebens rund fünfzehn Schriften veröffentlicht. Die meisten davon wurden in Basel in der berühmten Druckerwerkstätte Froben gedruckt. Das berühmteste Werk des Autors, *De re metallica* (s. a. *Kultur & Technik* 2006, Heft 2, S. 46–47), erschien 1556 und damit ein Jahr nach dessen Tod. Agricola hat darin als erster das Berg- und Hüttenwesen systematisch behandelt und mit *De re metallica* das bedeutendste Werk zur Technik in der frühen Neuzeit verfasst. Die Verwendung von Maschinen, der Einsatz der Wasserkraft, die Förderung, die Pumpenanlagen, die Bewetterung und die Hüttenbetriebe bilden zentrale Inhalte des Buches. Von den Künstlern Hans Rudolf Manuel Deutsch (1525–1571) und Zacharias Specklin (1530–1576) wurden für das Buch insgesamt 292 Holzschnitte angefertigt, die die verschiedenen angewandten Verfahren anschaulich darstellen.

Erfolgreiches Standardwerk

Nach der lateinischen Erstausgabe von 1556 kamen in den Jahren 1561, 1621 und 1657 drei weitere lateinische Ausgaben heraus. Schon 1557 erschien die von dem Basler Professor Philipp Bech (1521–1560) gefertigte Übersetzung ins Deutsche, der 1580 und 1621 zwei weitere Ausgaben folgten. 1563 kam eine italienische Ausgabe auf den Markt, 1569 folgte eine spanische Teilübersetzung und Teile des Werks wurden Mitte des 17. Jahrhunderts sogar ins Chinesische übertragen. Es blieb bis zum Ende des 18. Jahrhunderts das wichtigste Buch zum Berg- und Hüttenwesen und war in vielen Sammlungen zu finden. Mit dem technischen Wandel in der Bergbautechnik im Zuge der Industrialisierung verlor Agricolas Buch zwar seine Bedeutung für die Bergbaupraxis, blieb jedoch für histori-

sche Arbeiten die wichtigste Quelle und war vor allem für das Selbstbild der Bergbauexperten weiterhin von zentraler Bedeutung.

Alle an der Geschichte des Berg- und Hüttenwesens Interessierten konnten seit 1912 auf die moderne Hoover'sche Übersetzung zurückgreifen. Verfügt doch für die Lektüre des lateinischen Originals nur die wenigsten über ausreichende Sprachkenntnisse. Ebenso stellte auch die 1557 erschienene deutsche Übersetzung vor große Herausforderungen. Der Technikhistoriker Theodor Beck (1839–1917) hatte deshalb schon in seinem 1900 erschienenen Werk *Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaus* eine moderne Übersetzung gefordert: »Leider ist diese Übersetzung in einem so gräulichen Deutsch geschrieben, dass der Urtext für Jeden, der auch nur halbwegs lateinisch gelernt hat, verständlicher ist. Bei dem großen kulturhistorischen Werthe, den dieses Werk Agricolas unstreitig hat, wäre daher sehr zu wünschen, dass eine neue deutsche Übersetzung veranstaltet würde.«

Becks Aufforderung hatte keine unmittelbaren Folgen. Seit dem Erscheinen der Hooverschen Übersetzung wurde das Fehlen einer modernen deutschen Übersetzung von den historisch Interessierten jedoch umso deutlicher empfunden. Diese Übersetzung wurde zu Ende der 1920er Jahre schließlich in Angriff genommen und ist mit dem Deutschen Museum aufs Engste verknüpft.

Conrad Matschoß (1871–1942) – Technikhistoriker, Direktor des Vereins Deutscher Ingenieure und Mitglied im Vorstandsrat des Deutschen Museums – schlug im Februar 1926 bei einer Sitzung im Deutschen Museum vor, Agricolas Werk endlich in ein modernes, lesbares Deutsch zu übersetzen. Ein Vorschlag, der letztlich »hooverinspiert« war, störte Matschoß doch vor allem die Tatsache, dass es nur eine moderne englische Übersetzung gab.

Die übrigen Mitglieder des Vorstandsrats, allen voran Oskar von Miller, stimmten dem Vorschlag zu. Um die Finanzierung der nun beschlossenen Übersetzung sicherzustellen, schlug Miller die Gründung einer »Agricola-Gesellschaft beim Deutschen Museum« vor. Deren Aufgabe war es, die nötigen Mittel zu sammeln. Miller stellte unmittelbar 4000 Reichsmark zur Verfügung und steht am Beginn einer Reihe von Sponsoren der Übersetzung. Bis

Bilder v.l.n.r.: Der Holzschnitt zeigt die Arbeit in einer Glas-hütte. Es wurde dort nicht nur hart gearbeitet, sondern auch gefeiert und gespielt.

Das Titelblatt der Hoover'schen Übersetzung.

Die »Agricola-Gesellschaft beim Deutschen Museum« brachte 1928 die deutsche Neuübersetzung von *De re metallica* auf den Markt.



zum Frühjahr 1927 wurden von 26 Privatpersonen, Unternehmen und Verbänden insgesamt 44.200 Reichsmark für das Projekt zur Verfügung gestellt.

Die »Agricola-Gesellschaft« übertrug die Schriftleitung dem an der Bergakademie Freiberg in Sachsen lehrenden Professor der Metallhüttenkunde und Elektrometallurgie Carl Wilhelm Anton Schiffner (1865–1945). Neben ihm waren mit Paul Knauth, Friedrich Schumacher, Emil Trepow und Erich Wandhoff vier weitere Freiburger Professoren an der Übersetzung beteiligt. Mit Ernst Darmstaedter (München), Wilhelm Pieper (Magdeburg) und Victor Tafel (Breslau) konnten zusätzlich drei nicht in Freiberg tätige Fachleute für die Arbeiten gewonnen werden. Dieses achtköpfige Team teilte sich die Übersetzung der insgesamt zwölf Kapitel auf. Übersetzt wurde aus dem lateinischen Original, die deutsche Übersetzung aus dem Jahr 1557 wurde nicht herangezogen.

Die Arbeit schritt sehr zügig voran und konnte bereits 1928 abgeschlossen werden. Anlässlich der Feier zum 25jährigen Jubiläum des Deutschen Museums wurde von Conrad Matschoß offiziell der Abschluss des Projekts verkündet. Unter dem Titel *Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen* wurde die Übersetzung von der Reichsdruckerei in Berlin in 2500 Exemplaren gedruckt. Interessierte konnten zwischen einer Ausgabe in Halbpergament für 45 Reichsmark und einer Ausgabe in Ganzpergament für 75 Reichsmark wählen. Abgesehen von der Bindung waren die zwei Ausgaben aber identisch, beide waren auf hochwertigem Büttenpapier gedruckt. Der Preis war stolz, betrug doch zu dieser Zeit der Jahresverdienst etwa eines bayerischen Studienrats nur rund 7500 Reichsmark. Doch lagen bereits 1400 Vorbestellungen vor und der Absatz der ersten Auflage entwickelte sich trotz des Ausbruchs der Weltwirtschaftskrise in den Folgejahren sehr zufriedenstellend.

Die zum Zweck der Finanzierung der Übersetzung gegründete »Agricola-Gesellschaft beim Deutschen Muse-

um« aber wurde auf Millers Vorschlag hin nicht aufgelöst. Ziel sollte es sein, weitere für die Technik wichtige Werke zu übersetzen. Gedacht wurde konkret an die *Experimenta nova* von Otto von Guericke (1602–1686). Trotz des Fortbestehens der Gesellschaft konnte jedoch bis zum Beginn des Zweiten Weltkriegs kein weiteres Übersetzungsprojekt verwirklicht werden. Zum 50jährigen Jubiläum des Deutschen Museums erschien im VDI-Verlag schließlich 1953 eine zweite Auflage der Agricola-Übersetzung in einer Auflage von 2000 Exemplaren. 1961, 1977 und 1978 brachte der in Düsseldorf ansässige Verlag weitere Auflagen auf den Markt.

Die von der »Agricola-Gesellschaft« betreute deutsche Übersetzung wirkte wie eine Initialzündung für eine große Anzahl weiterer deutscher Ausgaben in den Folgejahrzehnten, darunter auch solche in Taschenbuchformat. Im Verlauf des 20. Jahrhunderts wurde *De re metallica* auch noch in eine Reihe weiterer Sprachen übersetzt, so ins Tschechische, Russische, Japanische, Spanische, Ungarische und Französische. Die vom Deutschen Museum ausgehende moderne, deutsche Übersetzung hat damit die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit Agricolas Werk ebenso gefördert wie dessen internationale Bekanntheit in breiteren, technisch interessierten Kreisen.

Drückte sich die enge Verbindung der »Agricola-Gesellschaft beim Deutschen Museum« mit dem Münchner Technikmuseum in der unmittelbaren Nachkriegszeit noch in deren Benennung aus, so wurde diese enge Kooperation 1960 im Zuge einer rechtlichen Neuordnung gelöst. Die Gesellschaft, die ihre Wurzeln im Deutschen Museum hat, trägt heute den Namen »Georg-Agricola-Gesellschaft für Technikgeschichte und Industriekultur e.V.« und ist in Deutschland eine der wichtigsten wissenschaftlichen Vereinigungen auf diesem Feld. ■■



DER AUTOR

Dr. Helmut Hilz

Der Sozial- und Wirtschaftshistoriker leitet seit 1998 die Bibliothek des Deutschen Museums.

Wertvolles am Meeresgrund

Tief im Ozean lagern große Vorkommen wertvoller Erze mit vielen Millionen Tonnen begehrter Metalle und Industrieminerale. Für die steigende Nachfrage nach Konsumgütern, Spezialmaschinen oder Elektromobilität werden für die Herstellung diese Metalle benötigt. Die Meere könnten sie liefern. Anders als an Land hinterlässt der Rohstoffabbau in der Tiefsee keine Wunden in der Landschaft-oder ist nur keiner da, der sie sehen kann?

Von Daniela Menge

Hintergrundbild: Manganknollen auf dem Meeresboden in der Clarion-Clipper-ton-Zone.

Bild rechts: Mikroskopische Aufnahme eines Massivsulfids. Neben Manganknollen und Kobaltkrusten findet man im Meer auch Massivsulfide. Sie bestehen aus Schwefelverbindungen, die am Meeresboden »massive« Ablagerungen bilden, daher der Name. Massivsulfide entstehen an heißen ozeanischen Quellen. Sie enthalten Kupfer, Silber, Gold und Zink. (Siehe Seite 41 ff.)

Mineralische Rohstoffe wie Sand oder Kies werden schon seit Jahrzehnten aus küstennahen Gebieten des Meeres gefördert. Die steigende Nachfrage nach High-Tech-Anwendungen wie Laptops, Smartphones oder Elektroautos, in denen viele spezielle Metalle verbaut sind, steigert das weltweite Interesse an mehr Rohstoffen aus marinen Lagerstätten, die in der Tiefsee liegen. Für die nächsten Dekaden planen Staatsregierungen und Industriekonzerne, hunderte Millionen metallhaltiger Mineralien aus dem Ozean zu fördern. Doch gerade die Tiefsee ist ein schwieriges Abbaugelände. Sie ist zu weiten Teilen unbekannt, das unwegsame Gelände ist nur mit hohem technischem Aufwand zu beproben, und es herrscht ein enormer Druck und eine absolute Dunkelheit.

Zurzeit fokussiert sich ein mögliches Abbauszenario auf drei verschiedene metallhaltige Rohstoffvorkommen: lose auf dem Boden liegende Manganknollen, Kobaltkrusten an Seebergen und Massivsulfide, die sich an heißen Tiefseequellen bilden. Die Lagerstätten kommen im Ozean an sehr unterschiedlichen Stellen vor und theoretisch könnten sie durch ihre Größen die Vorkommen an Land deutlich übertreffen. Praktisch ist die Menge der tatsächlich am Meeresgrund abbaubaren Rohstoffe heute jedoch noch schwer abzuschätzen, da je nach Meeresregionen und Gebieten die Zusammensetzung der Metalle und deren Konzentration stark variiert.

Wem gehört die Tiefsee?

Meere sind keine weißen Flecken auf der Landkarte, in ihnen gilt das Seevölkerrecht der Vereinten Nationen. Dem internationalen Seerechtsübereinkommen sind 160 Länder beigetreten und es wurden Behörden geschaffen, die unter anderem alle Nutzungsarten der Meere regeln. Befindet sich ein Rohstoffvorkommen innerhalb von 200

Seemeilen vor der Küste eines Staates, in der sogenannten ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ), kann das jeweilige Land darüber frei verfügen und eigene Nutzungsbedingungen für den Abbau aufstellen. Viele der wirtschaftlich interessantesten Rohstoffvorkommen liegen weit außerhalb der Küsten und damit auf internationalem Territorium, auch Hohe See genannt. Sie genießt als »gemeinsames Erbe der Menschheit« einen besonderen Status, da sie keinem Land gehört. Verwaltet wird die Hohe See zum Wohl und Nutzen aller Menschen von der Internationalen Meeresbodenbehörde ISA (International Seabed Authority) mit Sitz in Jamaika, die 1994 im Auftrag der Vereinten Nationen gegründet wurde.

Um eine unkontrollierte Besitzergreifung der Ressourcen nach dem Prinzip »first come, first serve« zu verhindern, vergibt die Behörde Abbaulizenzen in internationalen Gewässern. Denn die Tiefsee ist der letzte unentdeckte Fleck der Erde, sie ist in weiten Teilen noch nicht erforscht und Meeresbiologen befürchten, dass durch den Bergbau große Bereiche nachhaltig gestört würden. Zum Wohle der Menschheit und zum Schutz der Artenvielfalt in der Tiefsee handelt die Behörde Regelungen aus.

Manganknollen

Die kartoffelförmigen Manganknollen, die zu den vielversprechenden Metalllagerstätten und mineralischen Rohstoffvorkommen im Ozean gehören, liegen wie hingestreut in 3500 bis 6500 Meter auf dem Tiefseeboden lose auf. Die polymetallischen Knollen kommen in riesigen Flächen in Bereichen des Pazifiks, des indischen Ozeans und in anderen weiten Tiefseeebenen vor und enthalten neben sehr viel Mangan und Eisen begehrte Metalle wie Nickel, Kupfer und Kobalt.



Die Knollen entstehen, indem sie aus dem Meer- oder Porenwasser gelöste Metallverbindungen aufnehmen und um einen Keim, beispielsweise einen herabgesunkenen Haifischzahn ablagern. Der Prozess findet aber extrem langsam statt, der Durchmesser einer Manganknolle wächst in einer Million Jahren nur um 10 bis 20 Millimeter. Damit gehören sie wie Erdöl nicht zu den nachwachsenden Rohstoffen und ihre Vorkommen sind endlich.

Deutschland hat sich bei der internationalen Meeresbodenbehörde bereits 2001 eine Lizenz für ein 75 000 m² großes Gebiet zur Erkundung von Manganknollen zwischen Mexiko und Hawaii gesichert. Vor Ablauf der Lizenz muss der Abbau beginnen oder die Lizenz läuft aus. Das Gebiet liegt in der sogenannten Clarion-Clipperton-Zone und ist in etwa so groß wie Bayern. 10 bis 15 Kilogramm Knollen lagern dort pro Quadratmeter am Boden die zukünftig



Eine Manganknolle samt Meeresbewohner wird vom Boden »geerntet«.

geerntet werden könnten. Für einen gerechten Ausgleich der Länder verpflichtet sich jeder Lizenznehmer ein weiteres Gebiet der gleichen Größe für ein Entwicklungsland mit weniger technischen Know-how zu erkunden. In den letzten 10 Jahren ist weltweit die Erkundung und die technische Vorbereitung für den Abbau und die Verarbeitung vorangeschritten.

Technik für Manganknollen

Zuerst werden die Felder von einem Schiff aus mithilfe eines Fächerecholots geortet. Anhand der Rückstreudaten und Tiefendaten des Lots lassen sich Sediment und Knollen voneinander unterscheiden und dadurch die Verteilungsdichte der Knollen am Boden bestimmen. Mit dieser Methode kann das ganze Lizenzgebiet effizient erfasst und einer ersten Bewertung unterzogen werden.

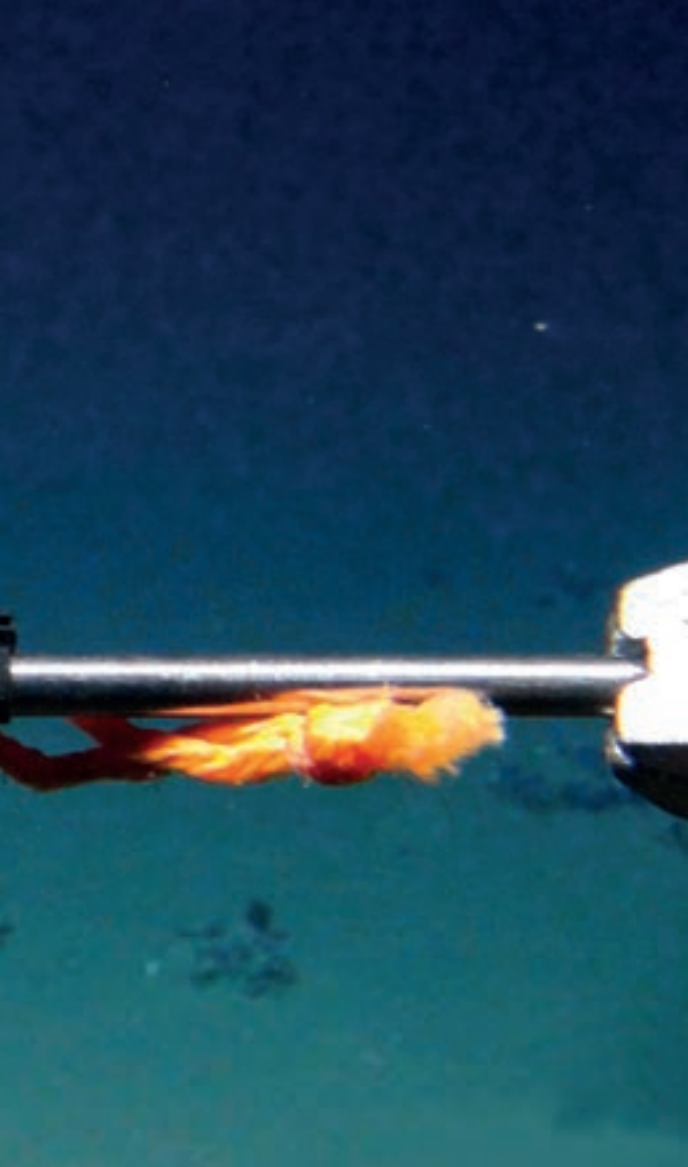
Sind die Felder gefunden, ist der Abbau des Rohstoffs an sich theoretisch simpel: Raupenähnliche Fahrzeuge könnten sie nach Art eines gewöhnlichen Kartoffelroders vom Meeresboden aufsammeln, wenn möglich ohne Sediment. Was einfach klingt, bedarf aber einer komplexen Technik, denn die Knollen müssen über ein Lufthebeverfahren oder mittels Pumpen über eine Distanz von bis zu 6000 Metern an die Wasseroberfläche transportiert und auf Bunkerschiffe verladen werden. Neben dem Sedimentproblem gibt es weitere Herausforderungen: Der Meeresboden ist

oft unwegsam, aber der Kollektor muss sich gut bewegen können und darf nicht einsinken. Zudem ist gefordert, dass die Geräte komplikationslos laufen, da in der Tiefsee eine Wartung von Geräten extrem schwierig ist.

In Europa hat die Belgische Firma DEME-GSR einen hydraulischen Kollektorprototyp konstruiert, der 2017 im belgischen Lizenzgebiet erfolgreich in 5000 m Wassertiefe getestet wurde. Die Firma plant bis 2023 einen Kollektor im industriellen Maßstab herzustellen, wenn die ökologischen Folgen vertretbar sind. Aber wissen wir genug über den Lebensraum Tiefsee, um die Folgen eines Abbaus abschätzen zu können?

Der Einfluss auf die marine Flora und Fauna

Manganknollen entstehen auf der alten ozeanischen Kruste in der Tiefsee. Dort existiert eine ungewöhnliche Lebenswelt deren Fauna sich extrem langsam reproduziert. Dabei besiedeln den weichen Meeresboden und die harten Knollen unterschiedliche Tierarten. Bleibt beim Durchpflügen das Sediment am Boden erhalten, könnten Schlammbewohner wie Fadenwürmer zurückkehren. Größere Tiere wie Schwämme, Kaltwasserkorallen oder Anemonen besiedeln jedoch hartes Material. Beim Auflesen der Knollen werden die Tiere entweder mit eingesammelt oder den Entkommenen fehlen die Haltepunkte zum Wiederbesiedeln. Auch die Ausbreitung von aufge-



wirbelten Sedimentpartikeln im Wasser kann ein großes Problem für die Organismen sein, beispielsweise weil sie abgedeckt werden könnten.

Ein erster Rodungstest aus den 1980er Jahren eines Bereichs am Meeresboden vor Peru zeigt eindrücklich die langfristigen Auswirkungen: Mit einer umgebauten Pflugggge wurden damals zehn Quadratkilometer des Meeresbodens durchpflügt und über Jahre die Veränderung dokumentiert. Selbst heute ist das Ökosystem nach dem Umpflügen nach 40 Jahren nicht zu seinem Ursprungszustand zurückgekehrt. 2015 vermaßen, kartierten und fotografierten Forscherinnen und Forscher die Spuren von 1989. Sie nutzten dafür das autonome Unterwasserfahrzeug AUV ABYSS des Forschungsinstituts GEOMAR. Die Bilder wurden zu einem Fotomosaik zusammengesetzt. Es war die größte fotografische Vermessung, die bis dato in der Tiefsee durchgeführt wurde.

Wenn in Zukunft große Maschinen den Meeresboden des Pazifiks nach Manganknollen durchpflügen, gehen Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen davon aus, dass die betroffenen Tiefsee-Ökosysteme mindestens über ein halbes Jahrhundert verändert wären.

Lohnende Ernte?

Damit sich ein mariner Manganknollenbergbau heute wirtschaftlich lohnt, müssten nicht nur die Metalle, son-

dern alle Teile der Knolle genutzt werden. Mangan ist jedoch keine Mangelware, an Land decken viele abbaufähige Manganknollen den Bedarf ab. Momentan müsste der manganhaltige Abfall noch als Sondermüll teuer entsorgt werden. Ob die bei der Aufbereitung zurückbleibende Schlacke anderweitig, z.B. für den Straßenbau im großen Maßstab genutzt werden kann, ist nicht geklärt.

In einigen küstennahen Gebieten ist der Gehalt an Spuremetallen und Seltenen Erden in den Manganknollen höher als in der Tiefsee. Hier würde sich ein Abbau am ehesten lohnen. Die Herauslösung von ein paar Tausend Gramm der Metalle pro Tonne Manganknollen ist jedoch generell technisch kompliziert und selbst bei erhöhten Metallgehalt wirtschaftlich im großen Maßstab noch nicht rentabel.

Tatsächlich ist das Thema nicht neu und der Abbau von Manganknollen wurde im großen Stil schon in den 1970er Jahren erwogen. Im Kalten Krieg musste der Abbau von Manganknollen sogar als Alibi für eine ganz anders geartete Operation des amerikanischen Geheimdienstes herhalten: Offiziell als Testfahrt zum Sammeln von Manganknollen unterwegs, nutzten die Amerikaner ein extra gebautes Spezialschiff als Tarnung für die Bergung eines gesunkenen russischen U-Boots. Das Schiff hatte einen im Rumpf versteckten riesigen Greifarm, der durch eine Klappe herabgelassen werden konnte. Obwohl die argwöhnischen

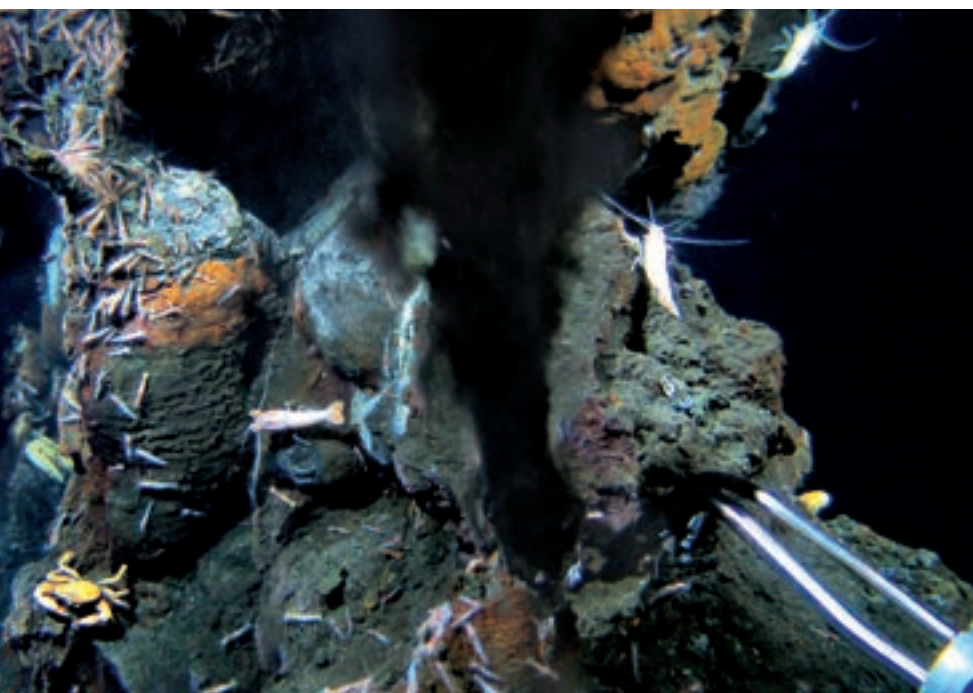
Das Bild ist eine Animation – doch genauso könnten einmal Roboter aussehen, die den Meeresboden systematisch nach wertvollen Rohstoffen absuchen.



Eine dicke Kruste aus Kobalt bedeckt den Stein, der an der Westküste Afrikas gefunden wurde.

Bild Mitte: Ein Forschungsschiff in der Tiefsee.

Bild unten: Mit einem dünnen Rohr wird von einem schwarzen Raucher voller Garnelen und Krebse Fluid zur späteren Untersuchung aufgesaugt. Zudem wird die Temperatur gemessen.



Russen vor Ort waren, glückte das Ablenkungsmanöver, da niemand ein Schiff zur Ernte von Manganknollen je gesehen hatte.

Kobaltkrusten

Kobaltkrusten sind nicht nur stark mit Kobalt angereichert, sondern enthalten je nach Vorkommen eine erhöhte Konzentration an Seltenen Erden und Spurenmetallen, wie beispielsweise Titan, Kupfer, Platin Tellur oder Wolfram. Im Zeitalter der Informationstechnologie finden bei komplexen technischen und industriellen Prozessen diese Elemente Verwendung z. B. in Stromkabeln, Autos, Medizin, Metalllegierungen oder in Dünnschicht-Solarzellen.

Bei Kobaltkrusten sind die metallhaltigen Ablagerungen direkt mit dem Fels verbunden und diese liegen an den Hängen unterseeischer Seeberge. Die bis zu 26 Zentimeter harte Krusten besitzen eine nach innen vergrößerte poröse Oberfläche wie ein Schwamm wodurch sich vermehrt Metallverbindungen aus dem Wasser ablagern können.

Während die Zusammensetzung der einzelnen Manganknollen in einem großen Gebiet sehr ähnlich ist, unterscheiden sich Kobaltkrusten nicht nur ozeanweit sondern auch lokal stark voneinander.

Artenreiche Fauna an Seebergen

Seeberge weisen eine hohe Artenvielfalt von auf, da sie von Meeresströmungen umflossen werden. Das nährstoffreiche Wasser zieht auch große Fische am Ende der Nahrungskette wie Haie und Tunfische an, was sie ebenso für die Fischerei interessant macht. Auch hier ist die Fauna am Meeresgrund sehr artenreich aber die Tiere zeugen nur wenige Nachkommen. Meeresbiologen haben herausgefunden, dass sich die Artenzusammensetzung der Fauna bei unterschiedlichen Unterwassergebirgen stark unterscheiden. Nur wenige dieser Lebensräume sind im Detail erforscht.

Wie Manganknollen kommen Kobaltkrusten in riesigen Mengen vor. Insgesamt vermuten Experten im Ozean 33.000 Seeberge, wobei die ergiebigsten Vorkommen im Westpazifik liegen. 3000 km westlich von Japan liegt die sogenannte Primäre Krustenzone (PCZ), in der sich sehr alte und damit dicke Krusten befinden. Man schätzt ihre

Menge dort auf 7,5 Milliarden Tonnen, was einen Abbau interessant machen könnte.

Anders als Manganknollen liegen die meisten Vorkommen jedoch in küstennahen Gebieten verschiedener Inselstaaten, weshalb nicht die Internationale Seebodenbehörde, sondern die lokalen Regierungen zuständig sind. Aus diesem Grund sind internationale Regelungen zum Schutz der Ökosysteme schwieriger einzuführen.

Fehlende Technik

Die Planung eines Abbauszenarios geht bis heute nicht über Konzeptstudien hinaus. Es gibt noch keine geeignete Technik für den Abbau, zudem ist nicht viel über die einzelnen Lagerstätten bekannt. Viele allgemeine Basisinformationen wie eine Analyse von Krusten, Tiefenmessungen oder Untersuchungen der Fauna fehlen, denn Beprobungen an den Krusten sind wesentlich schwieriger durchzuführen als an Manganknollen. Während sich die Knollen mit dem Kastengreifer leicht und schnell an Bord holen lassen, müssen die Gesteinsproben der Kobaltkrusten aufwändig herausgebohrt werden. Dieser Prozess ist sehr kostenintensiv und erfordert einen hohen technischen Aufwand.

Um die Krusten großflächiger zu untersuchen ließen sich Gammastrahlungsdetektoren benutzen. Diese werden heute bereits an Land bei der Vermessung von Gesteinsschichten eingesetzt. Jedoch sind Geräte, die zentimetergenau messen und präzise zwischen Fels und Kruste unterscheiden können, noch nicht entwickelt.

Fachleute schätzen, dass für einen wirtschaftlichen Abbau jährlich mehr als 1 Million Tonnen Kobaltkrustenmasse gefördert werden müsste. Dazu müssten leistungsfähige Raupenfahrzeuge mit einer Art Meißel an Seeberghängen die Krusten abtrennen können. Mit den bisherigen Methoden sind die Krusten nicht wirtschaftlich abzubauen.

Massivsulfide

Als 1979 die ersten heißen Quellen von Massivsulfiden im Pazifik entdeckt wurden, war dies eine Sensation. Heute weiß man, dass sie aus Schwefelverbindungen bestehen und weltweit in vielen vulkanisch aktiven Gebieten, hauptsächlich aber an den Plattengrenzen in Wassertiefen von

Zum Weiterlesen

Spektrum Kompakt »Rohstoffe – Wertvolle Elemente, Minerale und Seltene Erden«, Heidelberg 2019

Im Internet

themenspezial.eskp.de/rohstoffe-in-der-tiefsee/inhalt-937105

www.bgr.bund.de/DE/Themen/MarineRohstoffforschung/marinerohstoffforschung_node.html

worldoceanreview.com/wor-3

www.geomar.de/service/kommunikation



Unsere Schule ein unbequemer – fröhlicher Ort



- Weil wir uns verpflichten, einander zu respektieren.
- Weil gegenseitiges Vertrauen stark macht.

- Weil alle ermutigt werden, die Freiheit des Einzelnen in unserer Gemeinschaft zu schützen.
- Weil junge Menschen sich selbst entdecken, ihre Gaben und Fähigkeiten entfalten.
- Weil wir den Widerspruch erwarten.
- Weil alle ermutigt werden, Bindungen einzugehen und Verpflichtungen wahrzunehmen.
- Weil uns Fehler helfen, Stärken weiterzuentwickeln.
- Weil wir im Interesse unserer Schüler auch dem Missbrauch von Macht und Einfluss entgegenreten.
- Weil wir den Mut haben, miteinander fröhlich zu sein.



www.derksen-gym.de

**ELTERNINFORMATIONSSABENDE
für die 5. Klasse 2020/2021**

**am Dienstag, 28. Januar 2020, 19 Uhr
und Mittwoch, 04. März 2020, 19 Uhr.
Intensive Beratung und Vorbereitung auf den
Übertritt ins Gymnasium.**



60 JAHRE



SEIT 1959

KLEINES PRIVATES LEHRINSTITUT

DERKSEN

GYMNASIUM

SPRACHLICH • NATURWISS.–TECHNOLOG.
STAATL. ANERKANNT • GEMEINN. GMBH

Pfingstrosenstraße 73 • 81377 München
Telefon 089/780707-0 • Fax 089/780707-10



Mit riesigen Maschinen sollen Bodenschätze im Ozean abgebaut werden.

1000 bis 4000 Metern vorkommen. Ihre typischen Schloten werden schwarze Raucher genannt und enthalten sehr viel Bunt-, Edel-, und Sondermetalle, wie Kupfer und Zink, Gold und Silber aber auch Indium, Tellur, oder Wismut. Obwohl aus den Schloten bis zu 400 Grad heißes Wasser strömt und absolute Dunkelheit herrscht, sind sie von einer Vielzahl von Organismen besiedelt. Dabei galt bei ihrer Entdeckung in den 70er Jahren die Tiefsee noch als öde und leer.

Schwarze Raucher entstehen, indem Ozeanwasser ständig durch Risse in den obersten Kilometern des Meeresbodens zirkuliert. Heiße Magmen unter dem Meeresgrund heizen das dort zirkulierende Wasser auf über 400 °C auf. Beim Aufsteigen bahnt es sich einen Weg durch Risse und Spalten im Grundgestein und löst dabei Metalle wie Eisen und Mangan aus der Ozeankruste. Als schwarzer »Rauch« schießt es aus dem Meeresboden, wird durch das kalte Ozeanwasser abgeschreckt und die gelösten Metalle fallen aus und bilden Schloten. Die Konzentrationen der Metalle in den einzelnen Vorkommen unterscheiden sich stark, dadurch können auch weiße oder graue Raucher vorkommen.

Im Hinblick auf eine zukünftige Nutzung sind heute Vorkommen von über 2,5 Millionen Tonnen Massivsulfiden interessant. Forscher und Forscherinnen versuchen zu verstehen, warum die Vorkommen so unterschiedlich sind und wie die geochemische und mineralogische Zusam-

mensetzung der Schloten ist. Dadurch könnten sie zukünftig Hinweise geben, wo sich eine Suche nach bestimmten Vorkommen mit erhöhten Gehalten an z.B. Kupfer, Zink und Gold lohnen könnte.

Spezielle Technik für die Tiefe

Für die weitere Erforschung hat Deutschland im indischen Ozean ein Lizenzgebiet erworben. Dort wird im sogenannten Edmond-Feld für die großflächige Erkundung der Massivsulfide ein Spezialgerät eingesetzt, welches von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) zur hochauflösenden Kartierung des Meeresbodens entwickelt wurde. Die tiefgeschleppte Vermessungsplattform HOMESIDE kann mit verschiedenen Sensoren bestückt werden. Hauptbestandteil ist ein akustisches Fächerlot. Die Plattform wird von einem Forschungsschiff geschleppt, während die Daten über ein Kabel in Echtzeit auf das Schiff übertragen werden. Weitere Sonden messen elektrische Leitfähigkeits-, Temperatur-, Tiefen- und Schallgeschwindigkeit und die Daten werden für die Erstellung eines digitalen Geländemodells genutzt. Sogar die bis zu 80 Meter hohen Rauchfahnen der Schloten lassen sich durch den gemessenen Temperaturunterschied in der Wassersäule darstellen.

Ein weiteres Gerät erkundet die Informationen unterhalb des Meeresbodens, die nicht mit einem Fächerlot darzustellen sind. Dies kann das elektromagnetische Mess-

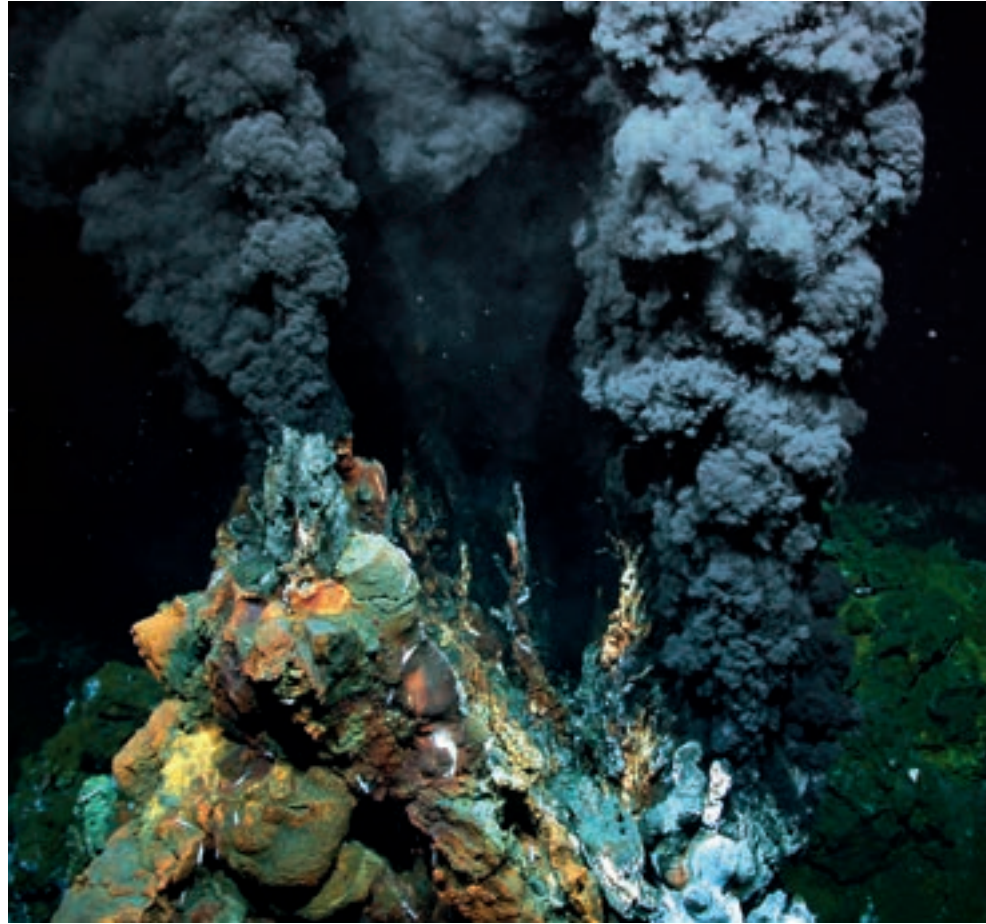
gerät, der GOLDEN EYE-Profiler, es liefert physikalische Schlüsselparmeter und Strukturdaten von aktiven und fossilen Hydrothermallagerstätten mit einer Sondierungstiefe von ca. 20 Meter. Aufgrund der Metallgehalte sind die Lagerstätten sehr gute elektrische Leiter, zu deren Erfassung sich auch in der Tiefsee elektromagnetische Spulensysteme besonders eignen. In dem Gerät erzeugt eine große Induktionsspule mit knapp 3,5 Metern Durchmesser ein magnetisches Wechselfeld, welches elektrische Wirbelströme in leitfähige Materialien induziert.

Über dieses Gerät lässt sich die Verteilung aktiver und fossiler Hydrothermallagerstätten in ca. 3000 Meter Wassertiefe sehr genau darstellen. Zudem werden Zink- und Kupferkonzentrationen sowie die Ausdehnung und die Dicke der Massivsulfidkörper abgebildet. Die Daten lassen sich als Planungsgrundlage zukünftiger Erkundungsbohrungen nutzen.

Um zukünftige Ressourcenpotenziale von Massivsulfiden sowie Manganknollen global einzuschätzen, werden sie aufgrund von geologischen Beprobungen und Beobachtungen der wenigen bis jetzt bekannten Vorkommen hochgerechnet. Zunehmend interessant werden beispielsweise gerade Elemente wie Gold und Kupfer für den Digitalisierungsmarkt und für grüne Technologien und ein Abbau rückt näher.

Zukünftiger Meeresbergbau

Generell lässt sich feststellen, dass für alle drei Rohstoffarten sich heute ein mariner Abbau aus wirtschaftlichen Gründen nicht lohnt. Noch reicht die Förderung von Rohstoffen auf den Kontinenten aus, um uns mit Metallen zu versorgen und Geowissenschaftler gehend davon aus, dass an Land noch viele unentdeckte, förderungswürdige Lagerstätten existieren. Voraussichtlich wird der marine Abbau auch in Zukunft nicht den Landbergbau ersetzen können. Aber der Landbergbau birgt auch viele Nachteile: Während Nickel, Kupfer und Kobalt in den Ressourcen am Meeresgrund gemeinsam in einem Vorkommen enthalten sind, benötigt man an Land für die Förderung der gleichen Metalle drei verschiedene Gebiete. Riesige Mengen Abraum müssen dafür bewegt und irgendwo gelagert werden, es müssen Städte, Stra-



Ein sogenannter
Schwarzer Raucher am
Mittelatlantischen Rücken in
2900 Metern Tiefe

ßen und Schächte angelegt werden. Manche Länder haben katastrophale personelle Abbaustandards, sie kämpfen mit Bürgerkrieg oder der Abbau steht in Konkurrenz mit dem Regenwald, der dadurch von der Abholzung bedroht ist. Schwierigkeiten gibt es beispielsweise mit dem Kobaltabbau im Kongo. Die dortigen Kobaltvorkommen sind global unverzichtbar für die Herstellung von wieder aufladbaren Batterien und damit für Handys, Laptops oder Tablets. Auch Deutschland ist von dieser Rohstoffquelle abhängig.

Der Meeresbergbau wäre für viele Länder interessant, weil er sie von anderen Staaten unabhängig machen würde, weder größere Infrastruktur bedürfe, noch die Bevölkerung beeinträchtigt wäre. Die Nachteile eines Meeresbergbaus liegen vor allem in den ökologischen Folgen: Bei einem Abbau würden in der Tiefsee riesige Gebiete beeinflusst, was Auswirkungen auf große Ökosysteme haben wird. Genaues muss deshalb unbedingt vorher erforscht werden.

Länder können in Zeiten von Rohstoffknappheit aneinandergeraten. Daher ist es sinnvoll, sich rechtzeitig Gedanken über die zukünftige Rohstoffversorgung zu machen.

Noch hat der marine Bergbau nicht begonnen. Dadurch stehen die Chancen gut, dass gemeinschaftlich gesetzliche Grundlagen und Umweltstandards von allen Staaten eingeführt werden können. Dies gilt zumindest für die Tiefsee im großen Ozean. ■■



Die Autorin

Daniela Menge

ist seit 2018 Kuratorin für Schifffahrt und Meeres-technik am Deutschen Museum. Neben dem Schreiben über das Meer konzipiert sie mit ihrem Team die neue Dauerausstellung.

Sand gibt es auf der Erde in rauen Mengen. Da aber vor allem die Baubranche immer mehr Sand benötigt, kommt es weltweit zu langen Transporten und illegalem Raubbau. Forscher suchen nach Alternativen für den Sand aus Meeren und Flüssen. Sie versuchen Wüstensand bautaughlich zu machen oder forcieren eine Kreislaufwirtschaft, um Recycling im Bauwesen zu fördern.

Von Christian Rauch

Einer der größten Seen der Welt, der Victoriasee im Herzen Afrikas, ist etwa so groß wie Bayern. Auf seinem Grund lagern große, Millionen Jahre alte Sandvorkommen. Seit Jahren baggern und saugen ausländische Firmen diesen Sand aus dem See. Eine offizielle Erlaubnis haben sie meist nicht. Genauso wenig wie die meisten Lastwägen, die an Marokkos Küsten ganze Sandstrände abtransportieren. In Indonesien versanken Dutzende unbewohnte Inseln durch Sandabbau im Meer. Ausgebagerte Flüsse in Thailand und Kambodscha führen weniger Wasser, was die Lebensgrundlagen von Menschen und Tieren bedroht. Und in Indien mussten Journalisten sterben, da sie über die Machenschaften der Sandmafia berichtet hatten.

Was macht Sand so wertvoll, dass wegen ihm Gesetze gebrochen, die Umwelt zerstört und gar Menschen getötet werden? Sand ist der am meisten gebrauchte feste Rohstoff unserer Welt. Er findet sich in Bauwerken und Straßen, Computerchips, Putzmitteln und Kosmetika, in Lebensmitteln und Zahnpasta, Smartphone-Bildschirmen, Autos und Flugzeugen. Meist nicht in Reinform als Körnchen, aber verarbeitet in Beton, Asphalt, Glas, Solarzellen oder Elektronikbausteinen.

Mangelware Sand



Sand besteht aus Körnern mit einer Größe von 0,063 bis maximal zwei Millimetern. Sandkörner sind damit kleiner als Kies aber größer als Schluff. Damit ist Sand geologisch aufgrund seiner Korngröße definiert. Die chemische bzw. mineralische Zusammensetzung von Sandkörnern kann sich je nach Region unterscheiden. Vielfach ist jedoch Quarz enthalten, der aus Kristallen von Siliziumdioxid SiO_2 zusammengesetzt ist. Das Halbmetall Silizium ist hier mit Sauerstoff verbunden.

Aber auch die Feldspate, in denen Kristalle anderer Mineralien vorkommen, können in Sand enthalten sein. Die Kristallstrukturen in den Sandkörnern machen Sand besonders widerstandsfähig. Veränderliche elektrische Leitfähigkeit (durch Dotierung) macht Silizium aus dem



Luftaufnahme einer Sand- und Kiesgrube in Belgien.

Sand für die moderne Elektronik unverzichtbar. Vor allem aber verleihen die harten Sandkörnchen den Baustoffen Beton, Asphalt, aber auch Ziegeln, Lehm- oder Sandkalksteinen die stabilen Eigenschaften, die man zum Bauen braucht. So besteht Beton größtenteils aus Sanden, Kiesen, Zement und Wasser. Ebenso ist viel Sand in Mörtelprodukten gebunden oder in mineralischen Bodenaufbauten, wie dem Zementstrich. Ein gewöhnliches Einfamilienhaus benötigt somit bereits 200 Tonnen Sand, für einen Kilometer Autobahn sind es 30 000 Tonnen. Und so verschlingt die Bauindustrie weltweit den Löwenanteil der Sandförderung. Insgesamt werden von der Menschheit jährlich 40 bis 50 Milliarden Tonnen Sand verbraucht. Mindestens 70 Milliarden Dollar ist der globale Handel

mit Sand etwa wert. Und allein mit dem jährlichen Sandverbrauch des Bausektors ließe sich eine 27 Meter hohe und 27 Meter breite Mauer am gut 40 000 Kilometer langen Erdäquator entlang ziehen – so hat es das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) errechnet.

Nun gibt es viel Sand auf der Erde. Quarz und Feldspat sind die am häufigsten vorkommenden Mineralien der Erdkruste. Über Jahrmillionen haben die Meere, Flüsse und Seen dieses Gestein zerkleinert und zermahlen und riesige Mengen Sand abgelagert. Doch in den letzten zehn Jahren hat der weltweite Bauboom neue Rekorde erzielt. Besonders schnell wachsende Staaten im asiatischen Raum benötigen große Mengen Beton – und damit auch Sand. So verbaute China allein in den drei Jahren von 2011 bis 2013



828 Meter misst das höchste Gebäude der Welt, der Burj Khalifa in Dubai. Für den Wolkenkratzer mit 160 Stockwerken wurden mehr als 330 000 Kubikmeter Beton verbaut.

mehr Beton als die USA im gesamten 20. Jahrhundert. In die rasant wachsende 12-Millionen-Metropole Bangalore in Indien fahren täglich über 10 000 mit Sand beladene Lkw. In Dubai in den Vereinigten Arabischen Emiraten verschlang das höchste Gebäude der Welt, der berühmte, 830 Meter hohe Wolkenkratzer Burj Khalifa nicht weniger als 330 000 Kubikmeter Beton. Zum Bau künstlicher Inseln schüttete man in Dubai überdies mehrere 100 Millionen Tonnen Sand auf.

Für die Megabauprojekte wird der Sand wo immer möglich auf der Welt abgebaut. Bausand in Dubai kommt oft aus dem viele Tausend Kilometer entfernten Australien – der Schiffstransport ist vergleichsweise günstig. Da der reiche und schnell wachsende Stadtstaat Singapur enorme Mengen von Sand aufkauft, haben Nachbarländer wie Malaysia, Kambodscha, Vietnam und Indonesien ihre Sandexporte zumindest eingeschränkt oder gar gestoppt. Doch auf illegalen Kanälen wird Sand weiterhin transportiert. Das zeigt schon die Diskrepanz von Singapurs Handelszahlen: Über 20 Jahre soll Singapur 517 Millionen Tonnen Sand importiert haben, doch die Nachbarländer geben für den gleiche Zeitraum einen Export von 637 Millionen Tonnen nach Singapur an. Damit kamen 120 Millionen Tonnen Sand wohl inoffiziell auf dem Inselstaat an. Und auch in anderen Teilen der Welt befeuert die Nachfrage illegalen Ab- und Raubbau.

Deutschland deckt seinen Sandverbrauch seit jeher aus heimischen Quellen. Vor allem im norddeutschen Tiefland sowie in Flusstälern wie dem Rhein kommen Sand und Kies mit Mächtigkeiten von bis über 100 Metern vor. Der Sand-

und Kiesabbau werde allerdings schwieriger, räumt Harald Elsner ein, der bei der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover die nationale strategische und wirtschaftliche Bedeutung mineralischer Rohstoffe im Blick hat. »Die Genehmigungsverfahren dauern, wegen immer höherer Auflagen immer länger. Und Grundbesitzer, vor allem Landwirte, sind aufgrund der niedrigen Zinsen immer weniger bereit, ihre Flächen zu verpachten oder zu verkaufen.« Gleichzeitig steigt nach einem Rückgang im letzten Jahrzehnt der Verbrauch von Sand und Kies in Deutschland in den letzten Jahren wieder an.

Den Grund sieht Elsner in der zunehmenden Nachfrage nach Wohnraum, Gewerbeimmobilien sowie der Sanierung von Brücken und Verkehrswegen. Mehrere Tonnen Sand und Kies verbraucht jeder Deutsche mittlerweile rechnerisch pro Jahr. Und auch wenn Megabauprojekte wie in den asiatischen Staaten hierzulande fehlen, renommierte Bauwerke wie die Elbphilharmonie in Hamburg verschlingen schon mal gut 60 000 Kubikmeter Beton. Mehr Import wird allerdings nicht nötig sein. Nur in den unmittelbaren Grenzbereichen zur Schweiz, zu Dänemark, Polen und den Beneluxländern handelt Deutschland mit Sand. Was Elsner allerdings beobachtet, ist, dass die Transportwege länger werden. Mittlerweile fahren Lkws die mit Baurohstoffen wie Sand beladen sind, im Schnitt rund 100 Kilometer durch die Gegend – vor einigen Jahren waren es noch durchschnittlich 15 Kilometer. Auf der Schiene wird nach Ansicht des Experten viel zu wenig transportiert. Mancherorts werden Bauvorhaben verzögert, weil zumindest für einige Tage oder Wochen die Baurohstoffe fehlen. Vor allem in Südbayern rund um München herrscht ein Mangel an Sand. Hier investieren manche Kieswerke in Maschinen, um ihre größten Korngrößen in Sand zu brechen.

So wird das Thema Sandverbrauch auch hierzulande immer stärker thematisiert. In Deutschland wie auch weltweit sind Forscher auf der Suche nach Alternativen. Für etliche afrikanische und asiatische Länder böte sich auf den ersten Blick Wüstensand an. Doch der taugt in natürlichem Zustand nicht als Baustoff. Denn seine Körner sind, anders als die meist scharfkantigen Sandkristalle aus Meeren, Flüssen und Seen, rund geschmiegelt. Zudem sind die Wüstensandkörnerchen alle etwa gleich groß, während

der Sand aus Gewässern aus unterschiedlichen Größen besteht, also eine optimale Größenverteilung aufweist, um sich gut zu verdichten. Die gleich großen runden Wüstensandkörner lassen sich jedoch nur schlecht verdichten und weisen ungleich mehr Hohlräume zwischen den Körnern auf, die mit viel Zement gefüllt werden müssen. Sie sind »schlecht kompaktierbar«, sagen Experten. Die kantigen Sandkörnerchen aus dem Wasser ordnen sich hingegen durch die unterschiedlichen Größen und fraktalen Formen dichter an. Damit können sie Druckkräfte sehr gut von Korn zu Korn weiterleiten. Und das mit einem geringeren Einsatz von Zement – dem »Kleber« im Beton.

Um den Mangel beim Wüstensand zu beheben, kam der promovierte Chemiker Helmut Rosenlöcher aus Weißenfels in Sachsen-Anhalt vor einigen Jahren auf die Idee, Wüstensand zu feinem Steinmehl zu mahlen und das Pulver anschließend mit Bindemitteln und Wasser zu erbsengroßen Pellets zu pressen. »Das ist ein wenig, als wenn man Schnee zu einem kleinen Schneeball rollt«. Werden diese Pellets anschließend mit Zement und Wasser in Mischern verarbeitet, entsteht Beton. »Dieser fertige Wüstensandbeton ist sogar etwas leichter als Standardbeton, etwa 2200 bis 2300 Kilogramm pro Kubikmeter, verglichen mit 2500 Kilogramm«, betont Rosenlöcher. Dennoch habe er sich als ebenso fest und robust herausgestellt. Bei der Betonherstellung aus den Wüstensandpellets kommt ein weiteres von Rosenlöcher entwickeltes Mischverfahren zum Einsatz, in welchem die einzelnen Komponenten in Hochgeschwindigkeitsmischern zu werthaltigen Betonen aufgearbeitet werden. Der Vorteil des Verfahrens besteht auch darin, dass weniger Zement für die Herstellung der Betone benötigt wird. So lassen sich nach Aussage Rosenlöchers im Vergleich zur konventionellen Betonherstellung Kosten sowie CO₂-Emissionen einsparen. Zusammen mit Leopold Halser gründete er die in München angesiedelte Firma Multicon, die die patentierten Technologien nun weltweit vertreibt. In Dubai soll bis Ende 2020 mit Partnerfirmen eine erste Anlage entstehen, die dann täglich über 2000 Tonnen Wüstensand in Bausand verwandelt. Auch in Ägypten, Saudi-Arabien und Kuwait besteht nach Angaben des Unternehmens großes Interesse an der Technologie der Betonherstellung aus Wüstensand.



Ein Kahn, beladen mit Sand tuckert über den Mekong in Vietnam.

Ein anderes deutsches Unternehmen, PolyCare aus Thüringen, hat ebenfalls eine Technologie entwickelt, um Wüstensand für Bauvorhaben nutzbar zu machen. Die Firma setzt anstelle von Zement Kunstharze ein, um den Wüstensand zu Polymerbeton zu binden, der leichter und stabiler ist als normaler Zementbeton. Bei Windhoek in Namibia eröffnete die Firma 2019 eine erste Pilotfabrik, mit der Häuser für Arme aus Wüstensand entstehen.

Bedenken gegen die Nutzung von Wüstensand gibt es bisher nicht. »Mit der Verwendung des Wüstensandes, der ja in großen Mengen vorhanden ist, wird man in jedem Fall dem unkontrollierten Raubabbau von Sand aus den Weltmeeren und der verantwortungslosen Zerstörung von Fauna und Flora erst einmal Einhalt gebieten können«, ist Rosenlöcher überzeugt. »Das macht uns auch ein wenig stolz, dass wir mit unserer Technologie einen bedeutsamen Beitrag zum Umweltschutz leisten können. Langfris-

GIBT ES MEHR STERNE WIE SAND AM MEER?

Die Frage, ob es mehr Sandkörner auf der Erde gibt oder mehr Sterne im Universum, hilft zwar nicht das Ressourcenproblem zu lösen, doch Wissenschaftler, Künstler und Journalisten versuchen, die Frage immer wieder aufs Neue zu beantworten. Mal gewinnt der Sand, mal gewinnen die Sterne.

Hinsichtlich des Sands bestimmt zunächst mal die Korngröße, wie viele Sandkörner in einen Kubikmeter Volumen passen. Bei grobem Sand (Korngröße ein Millimeter) sind es etwa: 1000 Millimeter durch 1 Millimeter = 1000 in der Länge, 1000 hoch 3 = 1 Milliarde im Volumen. Bei fünfmal feinerem Sand sind entsprechend über 100 Milliarden Sandkörner in einem Kubikmeter enthalten. Da nun allein der sandbedeckte Teil der Sahara eine Fläche von Hunderten Milliarden Quadratmetern umfasst und der Sand eine Dicke von 0,1 bis über 100 Meter haben kann (eher feiner Sand angenommen), müsste die Zahl der Sandkörner mindestens in die Trilliarden (10 hoch 21) gehen. Nun gibt es neben anderen Wüsten, die aber alle kleiner als die Sahara sind, noch die Sandstrände an den Meeren. Da die Universität von Hawaii die Zahl der Sandkörner an den Stränden im Trillionenbereich beziffert hat, sollte die Gesamtzahl aller Sandkörner auf der Erde keinesfalls höher als ein zweistelliger Trilliardenbetrag sein. Die Zahl der Sterne im Universum wird üblicherweise auf rund 70 Trilliarden geschätzt (mehrere Hundert Milliarden Sterne in einer Galaxie wie der Milchstraße multipliziert mit mehreren Hundert Milliarden Galaxien). Da dies aber nur die Zahl der gegenwärtig wissenschaftlich erfassbaren Sterne ist und man mittlerweile noch sehr viel mehr Sterne im Universum vermutet, müssten die Sterne die Sandkörner nun doch geschlagen haben – aber genau beweisen kann es niemand.



Ein Gebäude, das komplett aus wiederverwendbaren oder wiederverwertetem Material gebaut ist, steht vor der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt bei Zürich. Es dient als Prototyp für die Möglichkeiten nachhaltigen Bauens.

tig muss man natürlich prüfen, ob die Verwendung von Wüstensand als Baustoff ökologische Auswirkungen hat.«

Dirk Hebel sieht es kritisch, Wüstensand in Bausand zu verwandeln. »Ich finde es bedenklich ein weiteres Ökosystem anzugreifen«, sagt der Professor für Nachhaltiges Bauen am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Hebel beschäftigt sich seit zehn Jahren intensiv mit dem Thema Sand und war unter anderem längere Zeit in Äthiopien und Singapur tätig. »Ich setze mich für eine Kreislaufwirtschaft in der Baubranche ein. Benutzen wir beim Bauen endlich sortenreine wiederverwertete und wiederverwendbare Materialien, um den Abbau von »frischen« Rohstoffen wie Sand unnötig zu machen.«

Wie ein Bauwerk der Kreislaufwirtschaft aussehen kann, zeigt Hebel zusammen mit Werner Sobek und Felix Heisel an der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) in Dübendorf bei Zürich. Dort steht die »Urban Mining and Recycling Unit«, eine Wohneinheit, die komplett sortenrein aus wiederverwendbaren oder -verwertbaren Materialien entstanden ist. Diese Materialien haben größtenteils schon einmal einen Lebenszyklus als Produkt durchlaufen oder sind kompostierbar. So besteht die Tragkonstruktion der Wohneinheit aus unbehandeltem Vollholz. In den Wänden und -decken verzichtete man zugunsten von Steck- und Schraubverbindungen auf nichtnachhaltige Klebeverbindungen.

Nichts wurde ausgeschäumt, lackiert oder behandelt. Funkgesteuerte Lichtschalter machen Leitungen in den Wänden überflüssig. Eine Tischplatte ist aus alten Tetrapaks gefertigt, die Paneele für die Küchenarbeitsplatte und die Wände in einem der Badezimmer sind aus rezyklierten

Glasflaschen, die Dämmung besteht unter anderem aus alten Jeans. Die Teppichböden werden vom Hersteller später zurückgenommen und als Rohstoff für neue Teppiche verwendet. Alles Material kann nach Gebrauch wieder in den Kreislauf eingespielt werden, es muss nicht entsorgt oder zerstört werden. Auch den Pavillon im »Mehr.WERT. Garten« auf der Bundesgartenschau 2019 in Heilbronn hat Hebel mit Studierenden und Kollegen vom KIT und der 2hs Architekten und Ingenieur PartGmbH konzipiert und gebaut. Dort kommt der Stahl für die Tragstruktur aus einem alten Kohlekraftwerk, die Glasscheiben von Fassade und Dach sind aus einer Glaskeramik aus Altglas. Die Materialien für die Möbel stammen aus der Gelben Tonne und die Steine für den Kiesbelag am Boden sind klein geschredderte Porzellanscherben.

Noch aber sind der »Mehr.WERT.Garten« und die Dübendorfer Wohnung, die Studenten momentan auf Alltagstauglichkeit testen, Exoten unter den menschlichen Behausungen. Weltweit arbeitet die Bauindustrie linear und verbraucht Unmengen an frischem Material, darunter vor allem Sand und Kies. Selbst in Deutschland wird von den Abfällen die beim Bau, bei der Sanierung oder später beim Abriss entstehen wenig wiederverwertet. Denn von den über 200 Millionen Tonnen Bauabfällen die hierzulande jährlich anfallen, landet ein großer Teil wieder im Boden, um Gruben zu verfüllen aber auch in stillgelegten Steinbrüchen und auf Deponien. Gut 70 Millionen Tonnen werden recycelt. Davon aber fließt wiederum nur ein kleiner Teil in neuen hochwertigen Asphalt und Beton. So sieht die Bilanz recycelter Stoffe in der Bauindustrie am Ende bescheiden aus. 2016 kamen von den über 560



Ein Thüringer Unternehmer hat ein System entwickelt, um vorgeformte, günstige Bausteine aus Sand oder Schutt zu gießen. Als Bindemittel dient Polyesterharz. Das abgebildete Haus entsteht in Namibia.

Millionen Tonnen Sand und Kies, die in Deutschland neu verbaut wurden, nur gut zehn Prozent aus recyceltem Bauabfall. Da viele Auftraggeber, auch der öffentlichen Hand, Vorbehalte gegen Recyclingbeton haben, hält sich die Nachfrage in Grenzen. Überdies darf im Recyclingbeton bisher nur ein kleinerer Teil recycelter Bauschutt enthalten sein – mehr als die Hälfte muss frisch sein.

Neben recyceltem Bauschutt könnte recyceltes Altglas als Zuschlagsstoff im Beton dienen und Sand als Ressource ersetzen. Probleme bereiten kann hier aber die sogenannte Alkali-Kieselsäure-Reaktion. Denn die Alkalien im Zement reagieren mit einem Teil des Glases zu einem Alkali-Kieselgel. Nimmt dieses Wasser auf, quillt es auf und kann am Beton außen zu Netzrisbildung, Ausblühungen und Abplatzungen führen – man spricht dann auch vom »Betonkrebs«. Problemlos einsetzbar ist feingemahlene Recyclingglas übrigens, um Sandstrände wieder aufzufüllen. Dies wird unter anderem an Küsten in Florida praktiziert.

Für Dirk Hebel ist die gegenwärtige Situation meilenweit entfernt von einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft. »Dabei müssten wir nur anders konstruieren, also sortenreine und einfach demontierbare Konstruktionsprinzipien anwenden«, sagt der Experte. »Das heißt, dass in jedem Konstruktionsschritt das entsprechende Material so eingesetzt wird, dass es später wieder verwendet oder verwertet werden kann, ohne Einschränkungen. Wir müssen Materialbanken für die Zukunft aufbauen.« Dafür müsse die Ressourcenfrage stärker in der Ausbildung von Architekten und Ingenieuren verankert und die Politik für das Thema sensibilisiert werden. Dort stoßen Hebel und seine Kollegen durchaus vermehrt auf offene Ohren,

auch weil die Politik vor der Herausforderung steht mehr Wohnungsbau mit mehr Klima- und Umweltschutz in Einklang zu bringen. »Eine Kreislaufwirtschaft spart enorme Mengen an CO₂«, stellt Hebel klar. »Und weil auch auf neue Materialien nicht verzichtet werden kann, sollten diese vermehrt aus nachwachsenden Quellen stammen, und nicht aus endlichen Lagern abgebaut oder gewonnen werden.« Nachwachsende Baumaterialien könnten unter anderem Werkstoffe aus Pilzmyzel sein, die Hebel in Karlsruhe erforscht. Pilze zersetzen abgestorbenes organisches Material und durchdringen mit dünnen Fäden die Substanz auf der Suche nach Nährstoffen. Dieses Gewebe ist bei richtiger Behandlung sehr stabil und erlaubt es, neuartige organisch basierte Baustoffe herzustellen. Auf der Biennale of Architecture and Urbanism 2017 im südkoreanischen Seoul waren unter dem Titel »Beyond Mining« erste gebaute Strukturen aus diesen Bausteinen zu sehen. Geforscht wird von Experten schließlich auch an den Fasern von Bambus, Hanf oder Flachs, die mit organischen Bindemitteln verbunden, zu sehr zugfesten Baustoffen verarbeitet werden können, ähnlich einem Baustahl.

Will man zukünftig Sand sparen, reicht pure Forschung aber nicht aus. Die Politik wird – ähnlich wie beim Klimaschutz – um mehr gesetzliche Vorgaben nicht herumkommen. So hat das Umweltbundesamt jüngst vorgeschlagen, eine Primärbaustoffsteuer auf Kies, Sand und Naturgips einzuführen, die Recyclingbaustoffe wettbewerbsfähig macht. In Dänemark wurden Steuern auf den Verbrauch von Meeressand erhoben, der daraufhin deutlich zurückging. Und im westafrikanischen Senegal bestraft die nationale Umweltpolizei jeden hart, der illegal Sand abbaut. ■■



DER AUTOR

Dipl.-Ing. Christian Rauch ist freier Journalist für Zeitungen und Zeitschriften. Schwerpunkte: Wissenschaft/Technik sowie Reise und Tourismus.

Unsere Schatzkammer

Millionen von Jahren hat es gedauert, in denen sich unter der Erdkruste all die Metalle, Gesteine, Flüssigkeiten und Gase gebildet haben, die wir heute nutzen, um Energie zu erzeugen, zu telefonieren oder Häuser zu bauen. Der Haken an der Sache: Die Menge all dieser Stoffe ist begrenzt. Wir sollten daher sparsam damit umgehen. Von Sabrina Landes



Californium 252
1 Million Euro/Gramm
Eingesetzt bei Ölbohrungen

Gold
35 Euro/Gramm
Für Hightechgeräte, Schmuck oder Devisen



Painit
241 000 Euro/Gramm
Für Luxus-Schmuck

Die wertvollsten Rohstoffe der Erde (Preis pro Gramm und wofür es verwendet wird)

Platin
37 Euro/Gramm
In Katalysatoren und als Schmuck



Reine Diamanten
52 000 Euro/Gramm
Für Forschung, Technik und Schmuck



Tritium
24 000 Euro/Gramm
Leuchtet in Notausgangsschildern



Das Bild oben zeigt chinesische Bergleute bei der schweren Arbeit in einer Goldmine. Auch auf dem Foto rechts sieht man Minenarbeiter, die Gold in Tansania abbauen. Um an das Edelmetall zu gelangen, muss das goldhaltige Gestein mit giftiger Zyanidlösung begossen werden.



Schmutziges Gold

Gold gilt seit Jahrtausenden als Zeichen für Reichtum und Wohlstand. Vor etwa 6000 Jahren wurde in Ägypten die erste Goldwaschanlage errichtet. Heute kommt der Großteil des Goldes aus China. Dort wird es in riesigen Minen im Tagebau abgebaut. Um an das wertvolle Edelmetall zu kommen, muss es erst aus dem Gestein herausgelöst werden. Dazu benötigt man große Mengen an Zyanid – eine hochgiftige Substanz. Das Gestein wird zunächst gesprengt, dann zermahlen und anschließend wochenlang mit Zyanidlösung begossen. Dadurch lösen sich die winzigen Goldspuren aus dem Gestein. Zurück bleibt eine große Menge an giftiger Schlacke und vergiftetem Boden. Menschen und Tiere atmen giftige Dämpfe ein, Flüsse und Seen werden verseucht.

Wissenschaftler in Australien forschen an umweltschonenderen

Alternativen. Eine erste Lösung haben sie im Sommer 2019 der Öffentlichkeit präsentiert: Statt giftiges Zyanid zu nutzen, empfehlen sie den Einsatz von Thio-sulfat. Das ist eine Schwefelverbindung, mit der man ebenfalls das Gold aus dem Stein waschen könnte. In einem ersten Versuch hat sich das Verfahren schon bewährt und soll nun weltweit durchgesetzt werden.



Der Zwerg Alberich verteidigt das Rheingold und herrscht mit harter Hand über das Zwergenvolk der Nibelungen.

Zwergenmärchen

Kleine Fabelwesen sind in Märchen und Sagen Hüter der Schätze der Erde. Mal sind sie friedlich und hilfsbereit, wie die sieben Zwerge der Gebrüder Grimm, mal böse und hinterlistig, wie der Zwerg in »Schneeweißchen und Rosenrot« oder das »Rumpelstilzchen«. Klar aber ist, die meisten arbeiten und wirken im Inneren der Erde und sind – von Berufs wegen – Bergleute.

Den ersten Bericht über Zwerge hat man in der *Lieder-Edda* gefunden. Das ist eine Sammlung von Liedern über altisländische Helden und Götter. In diesem Werk gibt es eine Erzählung vom »Dvergatal«, in der die Namen von über 60 Zwerge genannt werden. Viele Fantasyautoren, wie zum Beispiel J.R. Tolkien, greifen in ihren Büchern diese Namen auf, die für unsere Ohren geheimnisvoll klingen: Nori (der Winzige), Wit (der Kluge) oder Andwari (der Vorsichtige). Berühmt geworden ist auch der Zwerg

Alberich aus dem germanischen *Nibelungenlied* – vor allem durch den Komponisten Richard Wagner. In der vierteiligen Oper *Der Ring der Nibelungen* raubt Alberich das Rheingold und herrscht dank eines magischen Rings und einer Tarnkappe über das Zwergenvolk der Nibelungen.

Die Sprache der Bergleute

Viele Rohstoffe werden bis heute »unter Tage« in Bergwerken gefördert. Bei dieser gefährlichen und schweren Arbeit war es wichtig, dass man sich gegenseitig half. Bergleute entwickelten sehr früh (um 1300) eine eigene Fachsprache, die sogenannte Bergmannssprache, mit besonderen Wörtern und Ausdrücken, die bis heute angewendet werden.

Arschleder	Ein meist lederner Schutz für das Gesäß
Blindschacht	Ein Schacht der im Berg endet
Gedinge	Ein Arbeitsvertrag im Bergbau, der genau festlegt, welche Leistung zu erbringen ist
Geleucht	Grubenlampe
Hunt	Förderwagen
Kumpel	Arbeitskollege
Pingen	Gruben, die für den Tagebau ausgehoben werden
Schicht	Tägliche Arbeitszeit
Schlagwetter	Explosion im Bergwerk
Stempel	Eine Stütze, damit der Schacht nicht einstürzt
Teufe	Tiefe



Jugendliche Bergarbeiter in einer Coltanmine im Kongo.

Die Geschichte von Lucas und Beamer kannst du nachlesen bei geolino: www.geo.de/geolino/mensch/6366-rtkl-bolivien-kinderarbeit-im-bergwerk



Grubenkinder



Jahrhundertlang wurden Kinder auch in Europa im Bergbau eingesetzt. Sie waren klein und wendig und man konnte sie durch schmale Stollen schicken. Grubenjungen mussten allerlei Hilfsarbeiten leisten. Die Scheidejungen hatten die Aufgabe, das Erz aus dem Gestein herauszutrennen. Die Arbeit war körperlich sehr anstrengend, laut und staubig. Erst 1839 wurde die Kinderarbeit in Preußen eingeschränkt: Kinder zwischen neun und 16 Jahren durften nun nur

noch zwischen fünf Uhr morgens und 21 Uhr abends arbeiten. Außerdem sollten sie fünf Stunden am Tag zur Schule gehen. 1904 wurde die Kinderarbeit dann im ganzen Deutschen Reich geregelt: Erst ab 13 Jahren durften Kinder arbeiten. Seit 1960 gibt es in Deutschland das Jugendschutzgesetz, das Kinderarbeit verbietet.

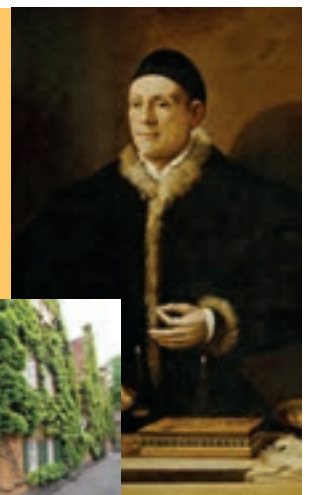
In zahlreichen Ländern der Erde ist Kinderarbeit noch an der Tagesordnung. Die Familien sind oft darauf angewiesen, dass ihre Kinder zum Familieneinkommen mit beitragen. Auch in Bergwerken werden Kinder nach wie vor eingesetzt. In Bolivien zum Beispiel, wo die Brüder Lucas (14) und Beamer (10) schuften. 6500 Kinder arbeiten in der Mine von Cerro Rico (Reicher Berg) mitten in den Anden. Sie hämmern tiefe Löcher in die Felswände und stecken dann Dynamitstangen hinein, um den harten Fels zu sprengen. Oder im afrikanischen Kongo, wo Kinder Gestein und Schlamm waschen, um das Metall Coltan abzutrennen und anschließend in schwer beladenen Säcken ins nächste Dorf zu tragen.

Coltan ist ein Gemisch aus zwei Erzen: Columbit und Tantalit. Es wird bei der Herstellung von Smartphones benötigt. Auf der Internetseite *Make It Fair* kannst du dich darüber informieren, wo und wie dein Smartphone hergestellt wurde. germanwatch.org/de/stichwort/makeitfair

Beten für den reichsten Mann der Erde

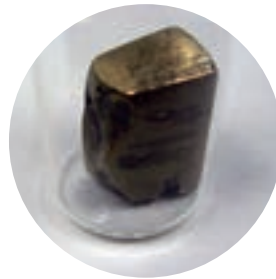
Der Augsburger Kaufmann Jakob Fugger (1459–1525) war unvorstellbar vermögend. Neben ihm würde selbst ein Bill Gates arm aussehen. Bis zu seinem Lebensende erwirtschaftete er ein Vermögen von heute umgerechnet 400 Milliarden Euro. Bekannt sind die Fugger vor allem als Kaufleute. Doch Jakob Fugger investierte auch erfolgreich in den Bergbau. Er besaß Rechte an Bergwerken in ganz Europa. Dort wurden Kupfer, Silber, Gold oder Eisenerz gewonnen. In Spanien ließ Jakob Fugger Quecksilber und Zinnober abbauen. All diese Rohstoffe konnte er mit seiner Handelsflotte weltweit verkaufen.

Um nicht aufgrund seines Reichtums einst an der Himmelspforte abgewiesen zu werden, ließ Jakob Fugger in Augsburg eine Siedlung für Bedürftige bauen. Bis heute können arme Menschen in den Reihenhäuschen der Fuggerei für eine geringe Miete wohnen. Jakob Fugger hatte allerdings ein paar Bedingungen mit der Vergabe der Wohnungen verknüpft: Die Mieter mussten katholisch und »ehrbar« sein und einer Arbeit nachgehen. Dreimal täglich, so sein weiterer Wunsch, müsse für das Seelenheil der Familie Fugger gebetet werden.





Neodym wird für viele unterschiedliche Zwecke genutzt. Beispielsweise steckt es in Supermagneten, die du an den Kühlschrank pinnen kannst.



Supermagnete

Sie haben geheimnisvolle Namen: Scandium, Lanthan, Terbium oder Neodym. Und ohne sie würden viele technische Geräte nicht oder nicht so gut funktionieren. Alle vier sind

Metalle aus der Gruppe der »Seltene Erden«, von denen es weitere 13 gibt. Insgesamt also 17 »Seltenerdmetalle«, die allerdings ganz und gar nicht selten sind. Warum der verwirrende Name? Das liegt an der Entdeckungsgeschichte dieser Metalle: Als »Erden« bezeichnete man früher alle Oxide. Und auf das Wort »Selten« kam man, weil sich die ersten dieser Elemente in seltenen Mineralien fanden.

Um das Jahr 1800 herum erhielt der schwedische Chemiker Johan Gadolin einen rötlichen Stein, aus dem ein zweiter, schwarzer Stein herauszuwachsen schien. Gadolin untersuchte das schwarze Gebilde und stellte fest, dass es sich dabei um ein bislang unbekanntes Element (das ist ein Stoff, der durch chemische Verfahren nicht weiter zerlegt werden kann) handelte. Er nannte es »Ytterite«. Später erhielt es den Namen seines Entdeckers: Gadolin.

In den folgenden Jahren entdeckten Mineralogen und Chemiker weitere bislang unbekannte Metalle, mit ganz besonderen chemischen Eigenschaften. Neodym beispielsweise. Das Element wurde von dem österreichischen Chemiker und Physiker Carl Auer von Welsbach (1858–1929) gefunden.

Heute baut man mit Hilfe von Neodym sogenannte Supermagnete. Dazu werden die drei Elemente Neodym, Eisen und Bor miteinander vermischt und durch bestimmte chemische und physikalische Verfahren miteinander verbunden. In einem luftleeren Raum (Vakuum) wird diese Mischung einem Magnetfeld ausgesetzt – so dass sich die Kristalle magnetisch ausrichten. Damit ist der Supermagnet fertig und kann für viele unterschiedliche Zwecke genutzt werden. Zum Beispiel in Generatoren zur Stromerzeugung, beim Bau von Möbeln, in Elektromotoren oder – ganz einfach – als kleiner Helfer in der Küche: Denn auch die bunten Magnete, die den Einkaufszettel am Kühlschrank festhalten, sind aus Supermagnetstoff gemacht.



Neodym benötigt man aber auch zur Herstellung von medizinischen Lasergeräten, die beispielsweise bei kosmetischen Behandlungen zur Entfernung von Muttermalen oder Warzen eingesetzt werden.

www.obermenzinger.de

**ENTSPANNT
IN EINER GUTEN
ATMOSPHERE
LERNEN.**

**INFOABEND
28. 01. 2020
19 - 21 Uhr
Freseniusstr. 47**

**TAG DER
OFFENEN TÜR
13. 03. 2020
14 - 17 Uhr**

- Unterricht auf Deutsch oder bilingual
- Zwei-Pädagogen-Prinzip
- Wirtschaftswissenschaftlicher Zweig ab 8. Klasse
- ABiplus® – Berufsausbildung parallel zum Abitur
- Individuelle Förderung in familiärer Atmosphäre



Staatlich anerkanntes Ganztagsgymnasium

**OBERMENZINGER
GYMNASIUM**

EINE EINRICHTUNG DER MÜNCHNER SCHULSTIFTUNG ERNST v. BORRIES

www.ueberreiter.de

**WIR KÜMMERN UNS
UM DICH BIS ZU
DEINEM ABITUR.**

**INFOABENDE
05. 03. 2020
07. 05. 2020
19:00 Uhr
Pariser Str. 30**

- Aufnahmegespräch statt Notenschnitt
- Intensive Hausaufgabenbetreuung
- Sportklassen von der 5. bis zur 7.
- Aufnahme während des Schuljahres möglich – auch für Realschüler



Staatlich genehmigtes Ganztagsgymnasium

**DR. FLORIAN ÜBERREITER
PRIVATGYMNASIUM**

EINE EINRICHTUNG DER MÜNCHNER SCHULSTIFTUNG ERNST v. BORRIES



Beladung einer Douglas DC-7 mit Hilfsgütern der Caritas in Sao Tomé.



Die Bilder der von den Folgen der Mangelernährung gezeichneten »Biafra-Babys« gingen um die Welt und lösten eine Welle der Hilfsbereitschaft aus.

Vor 50 Jahren ereignete sich im westafrikanischen Biafra eine der schlimmsten Hungerkatastrophen der jüngeren Geschichte. Über die größte zivile Versorgungsoperation mit Flugzeugen und die zweitgrößte nach der Berliner Luftbrücke wurden Zehntausende Tonnen Lebensmittel eingeflogen.

Von Robert Kluge

Mit Flugzeugen gegen den Hunger

Nigeria erklärte 1963 seine Unabhängigkeit von der britischen Kolonialmacht. Bald darauf flammten bis dahin unterdrückte Stammesrivalitäten auf, die nach einem Putschversuch und Zehntausenden Opfern von Massakern 1967 in der Sezession der südlich gelegenen Provinz Biafra ihren vorläufigen Höhepunkt erlebten. Das Gebiet von der Größe Bayerns wurde vom Stamm der Igbo dominiert. Nach den Pogromen in anderen Landesteilen waren Tausende von ihnen in ihr Heimat-

gebiet geflüchtet. Dessen Gouverneur und späterer Präsident Oberst Ojukwu hatte bereits im Vorfeld heimlich Waffen beschafft, die nun von hoch bezahlten Glücksrittern mit altersschwachen Transportflugzeugen eingeflogen wurden, damit sich die Igbo mit ihrer Hilfe gegen die viel stärkere Armee der Zentralregierung zur Wehr setzen konnten. »Die Welt sucht nach Beweisen für Völkermord an unserem Volk«, sagte er, »aber Völkermord kann man erst beweisen, wenn er vollbracht ist. Also ist

die Suche nach dem Beweis zugleich das Todesurteil für unser Volk.« Dem wollte er zuvorkommen.

Inoffizielle Unterstützung erhielt Biafra durch Frankreich, Portugal und Israel, während die Zentralregierung in Lagos auf diskrete Hilfe aus Großbritannien und der Sowjetunion bauen konnte. Waren die einen am Ölreichtum des Landes interessiert, so wollten die anderen allgemein ihren Einfluss in Afrika vergrößern. Bis zum Ausbruch der Stammesrivalitäten war daneben übrigens auch die bundesdeutsche Luftwaffe in Aufbau- und Logistikaufgaben für die Nigerian Airforce (NAF) eingebunden.

Biafras Waffeninventar bestand neben wenigen Hubschraubern und Transportern auch aus je zwei Bombern der Typen B-25 und A-26 aus der Zeit des Zweiten Weltkriegs, die jedoch nur wenige Einsätze fliegen konnten, ehe sie der überlegenen nigerianischen Flak bzw. den vorwiegend von ägyptischen und britischen Söldnern geflogenen Iljuschin 28 und MiG-17 der NAF zum Opfer fielen. Die Luftüberlegenheit ermöglichte der nigerianischen Zentralregierung schnell eine Blockade des kleinen Biafra, akuter Mangel an Lebensmitteln war die fatale Folge. Bis Mai 1968 büßte die Provinz neben der Hauptstadt Enugu ein Drittel ihres Territoriums ein, am 24. Mai fiel der wichtige Hafen Port Harcourt, über den bis dahin neben Lebensmitteln und Waffen auch das einzige Exportgut Erdöl verfrachtet werden konnte.

Währenddessen waren die Medien weltweit bald voll mit Bildern von hohlwangigen, vom Hunger gezeichneten »Biafra-Kindern« mit großen Augen, dünnen Beinchen und aufgeblähten Bäuchen, Symptomen für akuten Eiweiß- und Vitaminmangel. Zum ersten Mal nahm die Welt über Presse, Funk und Fernsehen direkt teil am Leid der Welt. Auch angesichts des eigenen wachsenden Wohlstands appellierten die erschreckenden Bilder an das Gewissen und lösten vor allem in Europa und Nordamerika eine enorme Spendenbereitschaft aus.

Die offiziellen internationalen Reaktionen auf die Notlage der Zivilbevölkerung waren hingegen zwiespältig. Die Vereinten Nationen unter ihrem Generalsekretär U Thant bewerteten die eskalierende humanitäre Krise als innere Angelegenheit Nigerias und verweigerten eine Beteiligung an entspannenden Maßnahmen. Ähnlich sahen das viele

ationale Regierungen und die Organisation für Afrikanische Einheit. Auf der anderen Seite forderte die Weltöffentlichkeit nun Unterstützung. Etwa 30 Nichtregierungsorganisationen (NGO) reagierten darauf und begannen schon kurz nach Ausbruch der Feindseligkeiten, materielle Hilfe auf allen zunächst noch möglichen Wegen zu senden. Als die Blockade durch die Zentralregierung in Lagos einsetzte, blieb nur noch eine Luftbrücke, deren Flüge zunächst unter der Ägide des Internationalen Komitees vom Roten Kreuz (IKRK) standen und später vom Hilfsverbund skandinavischer Kirchen »Nordchurchaid« sowie der deutschen Caritas und dem Diakonischen Werk unterstützt wurden.

Feuerwehr im VW

Der kleine Flughafen der Insel Sao Tomé, seinerzeit eine portugiesische Kolonie, wurde ab Mitte 1968 auf Betreiben des irischen Paters Anthony Byrne, des Leiters des katholischen Sozialdienstes in Biafra, zur Basis für die gemeinsamen Anstrengungen der christlichen Verbände, das von dort gut 600 Kilometer entfernte Biafra zu versorgen, während das IKRK von der damals spanischen



Jakob Ringler hat die Hilfsgüterlogistik für die Caritas gemanagt. Das Bild zeigt ihn vor seinem Abflug am Münchner Flughafen.

Im Auftrag der »Joint Church Aid« flog eine DC-6 von Sao Tomé nach Biafra.



Eine Lockheed Constellation wird mit Lebensmitteln bepackt. Jeder Sack musste von Hand verladen werden, da das Flugzeug keine Frachttüren hatte.



Zum Weiterlesen

Michael I. Draper, *Shadows - Airlift and Airwar in Biafra and Nigeria 1967–1970*, Aldershot 1999

Flugzeug Profile Nr. 4, Bölkow Junior /Saab MFI-9 /MFI-15 Safari /MFI-17 Supporter

Ralph Herrmanns, Carl Gustaf von Rosen, *Förlags AB Wilken*, Höganäs 1983

Sterling Seagrave, *Die Glücksritter*, Amsterdam 1982

Pierre Schmitt, *Du MFI au Bölkow Junior*, Aviation et Pilote Nr. 326, 2001

Internet:

Federation of American Scientists, *Biafra War* www.fas.org/man/dod-101/ops/war/biafra.htm

Gunnar Haglund, *Operation Biafra Babies*, www.nigerdeltacongress.com/oarticles/operation_biafra_babies.htm

Heli von Rosen, *Carl Gustaf von Rosen – An Airborne Knight-Errant*, Stockholm 2016

Insel Fernando Po (350 km) und zunächst auch Cotonou/Benin (ca. 500 km) aus flog. Auf Sao Tomé entstand eine logistische Basis mit improvisierten Lagerkapazitäten, die vor allem auf dem Seeweg, seltener auch dem Luftweg befüllt wurde.

Der ehemalige Logistikmanager der Caritas, Jakob Ringler, beschreibt seine damals entstandenen Fotos: »Die Bedingungen waren primitiv, denn die meisten Flugzeuge hatten keine Frachttüren, so dass jeder Sack von Hand verladen werden musste. Wartung und teilweise auch größere Reparaturen mussten unter einfachsten Bedingungen unter der Äquatorsonne von Sao Tomé durchgeführt werden. Die Ersatzteilbeschaffung war schwierig, denn auf der Insel gab es kein Telefonnetz, keinen Fernschreiber, nur eine komplizierte Radiostation. Luftpost kam nur einmal pro Woche über Lissabon. Etwa alle 14 Tage gab es einen Shuttleflug aus Europa mit wertvollen Hilfsgütern, Medikamenten, Personal, Ersatzteilen und zuweilen auch kompletten Triebwerken, die mit Canadair CL-44 Swingtail geliefert wurden. Die Flughafeninfrastruktur war bescheiden – die Piste kurz, mit geringer Tragfähigkeit, die Feuerwehr bestand aus einem VW-Bus der Kirchenhilfe. Dennoch flogen Martinair und Transavia auch mit DC-8 und Boeing 707 ein. Schiffe brachten Hilfsgüter aus Europa, Südafrika und Nordamerika, darunter Stockfisch, Milchkpulver und sogenanntes CSM, eine Mais-Soja-Milchkpulver-Mischung der Unicef. Da der Hafen viel zu klein war, mussten die Lieferungen meist auf Reede gelöscht, und die Fracht auf Schuten umgeladen werden. Ein großes Getreidelager im Hafen musste noch vor der

Regenzeit überdacht werden. Die deutsche Caritas hatte ein Lagerhaus aus Fertigteilen geliefert, dessen riesige Betonplatte ganz ohne Hilfsmittel gebaut wurde. Daneben gab es auf Sao Tomé auch ein von der österreichischen Caritas errichtetes Kinderhospital samt Kinderdorf, das von irischen Schwestern und Ärztinnen betrieben wurde. Die Kinder wurden in erbärmlichem Zustand aus Biafra ausgeflogen und erst nach vollständiger Erholung zurückgebracht.«

Der Blockadebrecher aus Schweden

Zur improvisierten Straßenpiste von Uli flogen nun von Hilfsorganisationen gecharterte Frachter bis zu über 300 Tonnen Hilfsgüter pro Nacht ein – am 7. Dezember 1968 sogar die Rekordmenge von 353 546 Kilogramm: Insgesamt sollen bis Ende 1969 81 000 Tonnen mit 7300 Flügen nach Biafra transportiert worden sein.

Doch im August 1968 wurde die Lage extrem kritisch, nachdem die nigerianische Zentralregierung über radargelenkte Flakbatterien auf Schiffen verfügen konnte, die aus sowjetischen Beständen stammten. Diese neue Bedrohung gesellte sich zur ohnehin allgegenwärtigen Gefahr des Abschusses durch die NAF oder durch nervöse Biafraner, so dass sich im August 1968 trotz hoher Prämien kaum noch Piloten für die gefährlichen Flüge fanden.

Freiwilliger Blockadebrecher wurde ein Charterpilot der schwedischen Transair (im Einsatz für die deutsche Caritas), Graf Carl Gustaf von Rosen, der seine DC-7 im Tiefflug unterhalb des Radars nach Uli steuerte. Die Sache Biafras machte er danach aufgrund des dort selbst gesehe-



Wie ein »fahrender Ritter« stand Carl Gustav Rosen im Dienste verschiedener Herren. Für Kaiser Haile Selassie baute er ab 1945 die äthiopische Luftwaffe auf und schulte Piloten auch auf schwedischen Trainingsflugzeugen des Herstellers Saab. Das Bild zeigt ihn in einer zum Transportflugzeug umgebauten Propellermaschine in Biafra.

nen Leides zu seiner eigenen. In den Folgemonaten betrieb er eine private diplomatische Offensive u. a. auch bei der UNO – vergeblich. Hier wirkte das Trauma aus der Kongo-krise ab 1960 stark nach. Schließlich musste er erkennen, dass die Versorgungsflüge allein das Überleben der Kinder nicht sichern können, da es immer wieder zu Terrorangriffen der nigerianischen Airforce-Piloten auf zivile Lager kam.

Nachdem am 5. Juni 1969 eine deutlich mit dem Roten Kreuz versehene DC-7 abgeschossen wurde, wobei die vierköpfige Besatzung starb, stellte das IKRK seine ohnehin bereits knappen Hilfsflüge ganz ein – nur die NGOs flogen weiter.

Graf von Rosen war inzwischen davon überzeugt, dass die Luftbrücke aktiv geschützt werden müsse. Unterstützt von schwedischen Freunden ließ er einige Leichtflugzeuge des Typs Malmö Flygindustri MFI-9 in Frankreich mit Schussbehältern für je 12 ungelenkte Raketen bewaffnen und nach Gabun bringen. Als »Biafra Babies« oder »Minicoin« (Mini-counter insurgency, Aufstandsbekämpfer) bezeichnet, hatte die kleine Flotte aus zunächst fünf, später neun Flugzeugen einigen Erfolg darin, die Iljuschins und MiGs der NAF am Boden zu bekämpfen.

Die Einsätze der »Biafra Babies« konnten das Ende der kleinen Republik trotz aller verzweifelte Anstrengungen zwar nicht aufhalten, erlaubten aber Dutzende von zusätzlichen Hilfsflügen nach Uli. Mitte Januar 1970 erfolgte schließlich die Kapitulation Biafras nach 920 Tagen Belagerung. Zu diesem Zeitpunkt drängten sich die neun Millionen Bewohner auf nur noch 2000 Quadratkilometern. Hervorgehoben werden muss, dass es nach dem Zusammenbruch keine Vergeltungsmaßnahmen vonseiten der nigerianischen Zentralregierung gegeben hat: Staatspräsident Yakubu Gowon, selbst bekennender Christ, hatte in seinen Ansprachen stets zwischen den unmittelbaren Anhängern Oberst Ojukwu und der Masse der Igbos differenziert und einen fairen Umgang mit den Aufständischen gefordert.

Mit über 7000 Flügen und 80 000 Tonnen Hilfsgütern war die Luftbrücke nach Biafra die größte zivile Anstrengung dieser Art und die zweitgrößte nach der Berliner Luftbrücke nur 20 Jahre zuvor. Nicht auszuschließen ist, dass

vereinzelt auch Waffen unter die Hilfsgüter geschmuggelt wurden – Belege, dass dies in großem Stil geschehen sei, gibt es nicht. Eigene, von den Igbo bezahlte Waffentransporte jedoch hat es auf dem Luftweg und vor allem in der Frühphase des Krieges durchaus gegeben.

Den Hungertod von Zivilisten, vor allem Kindern, hatte die nigerianische Zentralregierung seinerzeit bewusst und billigend als eine legitime »Kriegswaffe« in Kauf genommen. Etwa 100 000 Soldaten und bis zu zwei Millionen Zivilisten, davon mindestens die Hälfte Kinder, starben im nigerianischen Bürgerkrieg zwischen 1967 und 1970.

Die Luftbrücke hat wahrscheinlich einer Million Kindern das Leben gerettet, und viele Menschen haben dazu mit Tatkraft und Sachverstand, teilweise auch unter Einsatz ihres Lebens beigetragen. ■■

Dieser Beitrag wäre ohne die großartige Unterstützung von Heli und Eric von Rosen sowie Jakob Ringler nicht möglich gewesen. Ihnen gilt mein aufrichtiger und herzlicher Dank! R.K.



DER AUTOR

Dr. Robert Kluge, langjähriger Luftfahrtjournalist und als Slawist Osteuropa-Experte, leitet derzeit das Projekt der neuen Dauerausstellung »Moderne Luftfahrt« am Deutschen Museum.

DER RESSOURCENFLUCH

Ressourcenfluch nennt man die zahlreichen negativen Folgen, die Reichtum an natürlichen Rohstoffen für ein Land haben kann. So ist die wirtschaftliche Entwicklung solcher Länder paradoxerweise oft schwächer, als in an Rohstoffen ärmeren Staaten. Die Gründe sind vielfältig: Einkünfte aus Rohstoffexporten erhöhen den realen Wechselkurs der Landeswährung und lassen das produzierende Gewerbe seine Wettbewerbsfähigkeit einbüßen, was bis zur völligen Deindustrialisierung führen kann. Zudem kann der gestiegene Wechselkurs die Regierung verleiten, billige Kredite aufzunehmen und das Land hoch zu verschulden.

Eine Diktatur als Regierungsform und die damit meist einhergehende Korruption können weitere Faktoren sein, die dem Wohlstand der breiten Bevölkerung entgegenstehen. Politische Instabilität, ethnische Spannungen und damit verbundene bewaffnete Konflikte wie Sezessions-, Bürger- und Grenzkriege jedoch sind meist die Hauptgründe für das Elend solcher Länder. Rohstoffkriege, oft in Form von Stellvertreterkriegen, wie auch im Fall Nigerias oder des Kongo werden dann meist auf dem Rücken der ärmsten Bevölkerungsschichten ausgetragen, die auch als »Kanonenfutter« vorhalten müssen, um irgendwie ein Überleben zu sichern.

61a
also zeil die boten an den see vber die muren
vnd legen sollich liden bruch an.



Bote mit Schwimmreifen,
ca. 1480.

Vom schwimmenden Boten zu Bits und Bytes

Jahrhundertlang stellten Boten schriftliche Nachrichten zu. Die an den Empfänger adressierten Briefe wurden in verschlossenen, meist versiegelten Umschlägen persönlich überbracht. Heute läuft die schriftliche Kommunikation überwiegend digital und mehr oder weniger verschlüsselt über E-Mails, WhatsApp, Twitter oder andere Kurznachrichtendienste. Mit den äußeren Formen hat sich auch das Schreiben von Nachrichten verändert. Anlässlich des »Tags der Archive« am 7. März 2020 gibt das Archiv des Deutschen Museums anhand von Originaldokumenten einen Einblick in die Kommunikation einst und jetzt. Von Wilhelm FÜBI

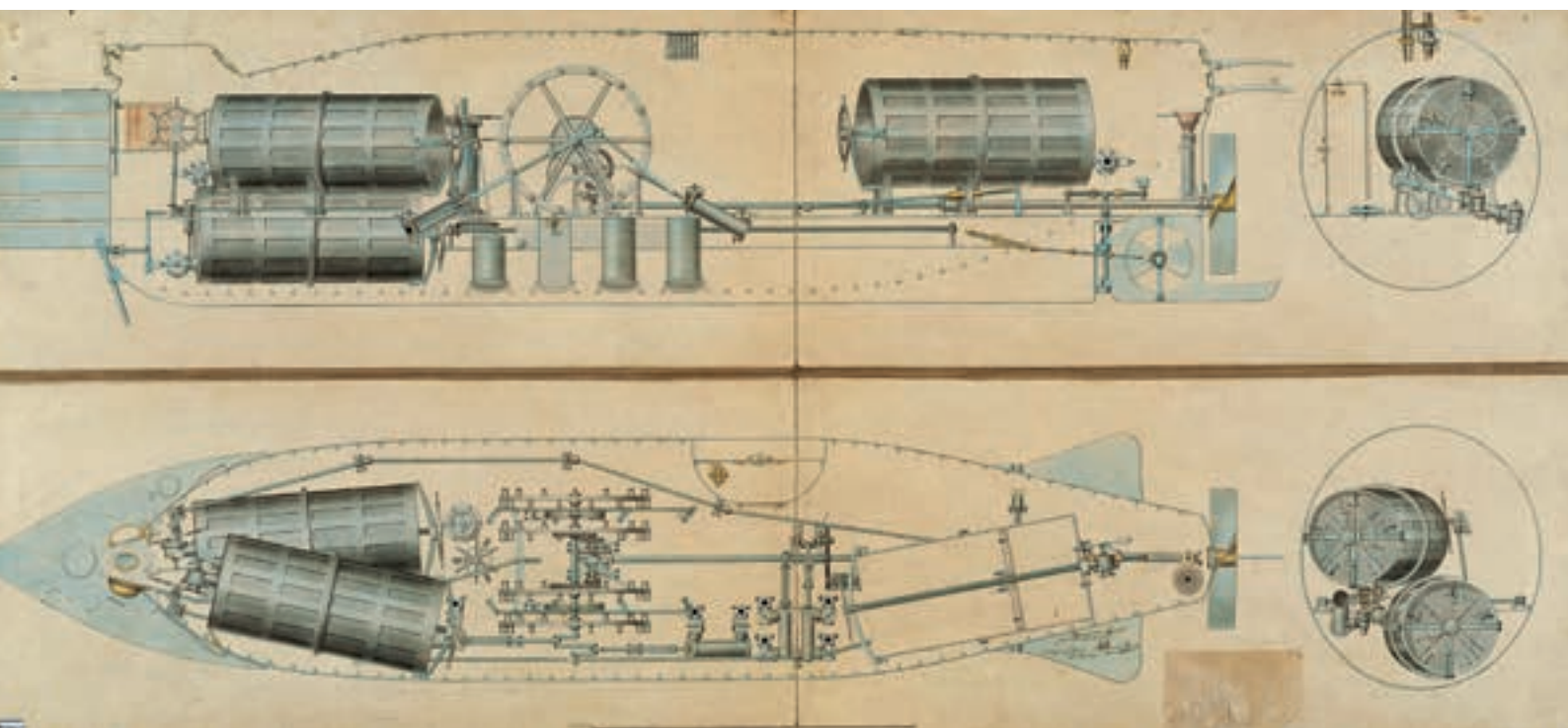
Der Schwimmende Bote ist ein eindrucksvolles Beispiel dafür, dass Kommunikation nicht nur im privaten Bereich wichtig war und ist. Das Blatt stammt aus einem fragmentarisch erhaltenen wehrtechnischen Manuskript, einer sogenannten Bellifortis-Handschrift, von ca. 1480. Es zeigt, dass die Nachrichtenübermittlung eine wichtige Voraussetzung für militärische Unternehmungen ist. Gezeichnet ist ein Mann, der eine Botschaft über ein Gewässer transportieren muss. Den versiegelten Brief hält er mit ausgestrecktem Arm aus dem Wasser heraus. Der Bote ist mit einer sogenannten Gugel bekleidet, einer kapuzenartigen Kopfbedeckung mit angesetztem Kragen. Um den Körper trägt er eine Art Schwimmreifen mit Ventil. Diesen bläst der Bote auf, um ein Entweichen der Luft und sein Untergehen im See zu verhindern. In dem beigegeführten Text heißt es: »also geht die Bottn an den see über die wasser vnd legten sollich lidren bruch an«. Bei dem »lidren bruch« handelt es sich um eine lederne, ge-



Wilhelm Bauer mit einem Taucher, 1861.

gerbte Hose. Das Besondere der Darstellung ist, dass die Hose offensichtlich direkt mit einem Schwimmreifen vernäht ist. Mit wasserdichter Schwimmhose und Schwimmhilfe konnte der Mann seine schwierige Botenpflicht erfüllen.

Briefe werden zu allen Zeiten und an allen möglichen Orten geschrieben. Der wohl erste »Un-terwasserbrief« der Weltgeschichte findet sich ebenfalls im Archiv des Deutschen Museums. Er stammt von dem U-Boot-Pionier Wilhelm Bauer (1822–1875) und ist an dessen Eltern und Brüder gerichtet. Geografisch präzise lokalisiert Bauer seinen Standort mit »Kronstadt den 12ten Juni 1856 Im Hyponautischen Apparat bei 15 F[us]s Tiefe, horicontal fahrent in N:N:Ost«. Bauer befand sich also auf einer Tauchfahrt im russischen Marinehafen Kronstadt bei Sankt Petersburg rund 4,50 Meter unter der Wasseroberfläche. Dass sich Bauer dabei Zeit für einen sauber geschriebenen Brief genommen hat, zeugt davon, dass er in seinen Tauchapparat *Seeteufel* großes Vertrauen hatte. Sein Schreiben sollte aber auch, wie es auf dem Blatt heißt,



Entwurfszeichnung
Wilhelm Bauers für den
»hyponautischen Apparat«,
1855. Nach diesem Modell
wurde der *Seeteufel* in
St. Petersburg gebaut.

ein »Beweis des errungenen Zieles« sein. Unterschrieben hat Bauer mit der Bezeichnung »Submarine-Ingenieur«.

Bauer experimentierte seit 1850 mit verschiedenen Tauchbooten. Mit seiner ersten Version, dem *Brandtaucher*, ging er im Februar 1851 beim ersten Tauchversuch unter. Erfolgreicher waren seine Experimente in Russland mit dem neu konstruierten *Seeteufel*. Dieser hatte eine Länge von immerhin 16,3 Metern und konnte bis zu 15 Meter tauchen. Zwischen 1855 und 1858 unternahm Bauer damit über 130 Tauchfahrten, bevor der *Seeteufel* wegen eines Bedienungsfehlers sank.

In Briefwechseln von Wissenschaftlern werden vielfältige Informationen zu Forschungsprojekten und Personen ausgetauscht, bisweilen aber auch heftige Dispute ausgetragen. Ein markantes Beispiel ist die »Haber-Staudinger-Kontroverse«, wie sie Margit Szöllösi-Janze genannt hat, zwischen den Chemikern Fritz Haber (1868–1934) und Hermann Staudinger (1881–1965), die beide später mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurden. Anlass war keine Auseinandersetzung um fachliche Fragen. Sie entzündete

sich vielmehr an zwei Artikeln Staudingers in der Zeitschrift des Roten Kreuzes bzw. in *Die Naturwissenschaften*. Hierin hatte er seinem Kollegen, ohne ihn beim Namen zu nennen, eine Mitverantwortung für die Entwicklung von Sprengstoffen bzw. Senfgas und deren Einsatz im Ersten Weltkrieg vorgeworfen. Während Staudinger von einem moralischen und pazifistischen Standpunkt her argumentierte, schob Haber die Verantwortlichkeit für den Einsatz von Massenvernichtungswaffen der Politik, dem Militär und dem vagen Völkerrecht zu. Letztlich schrieb er sauerlich und pointiert: »Sehr geehrter Herr College. Ich bitte um Erlaubnis, mich schriftlich zu verabschieden«. Zwar versuchte Staudinger in seiner Antwort darauf hinzuweisen, dass »gerade wir Chemiker in Zukunft die Verpflichtung haben, auf die Gefahren der modernen Technik aufmerksam zu machen, um so für eine friedliche Gestaltung der europäischen Verhältnisse zu wirken, da ein nochmaliger Krieg in seinen Verheerungen fast unausdenkbar wäre.« Der Bruch zwischen beiden war jedoch irreparabel.

Neue Herausforderungen für Archive

Heute werden den Archiven nicht nur Informationen auf Papier übergeben, sondern zunehmend auch in digitaler Form: Disketten mit unterschiedlicher Zollgröße, CD-ROMs, Festplatten, Dokumente und Dateien in den verschiedensten Formaten, aber auch Software und spezifische Anwendungen. Sie stellen die Archive vor neue Herausforderungen. In den letzten Jahren gab es im Archiv des Deutschen Museums leider schon Fälle, in denen beispielsweise der passwortgeschützte Rechner eines Wissenschaftlers nicht geknackt werden konnte oder ein Computer mit wichtigen Aufzeichnungen bereits vor der Übergabe entsorgt war. Insofern ist es positiv, wenn mit einem Nachlass auch digitale Daten übergeben werden. In einer der jüngsten Übernahmen, dem wissenschaftlichen Nachlass des Physikers Paul Kienle (1931–2013), ist ein Stapel von Sticks vorhanden, auf denen E-Mails, Vorträge und Fotografien gespeichert sind. Sie konnten problemlos gesichert werden. Bei den digitalen Daten und deren Langzeitspeicherung stehen die Archive dennoch vor neuen Herausforderungen, die letztlich nur im Verbund gelöst werden können.

Tag der Archive 2020

Wie immer präsentieren sich beim »Tag der Archive« im Deutschen Museum auch andere Einrichtungen. So lockt die Bayerische Staatsbibliothek mit illustrierten Künstlerautografen, also Briefen, die mit Zeichnungen versehen sind. Sie stammen von bekannten und manchmal zu Unrecht vergessenen Künstlern des 19. und 20. Jahrhunderts: Franz von Pocci, Wilhelm und Hermann von Kaulbach, Hans von Marees, Alfred Kubin, Ernst Penzoldt, Emil Orlik, Olaf Gulbransson und Olga Cordes. Das Archiv der Akademie der Bildenden Künste München stellt das breite Spektrum der Kommunikation zwischen Studierenden und Akademieleitung bzw. der Öffentlichkeit während der Studentenrevolte 1968/69 vor: Plakate, Flugblätter, Fotografien, Korrespondenz sowie zeitgenössisches Filmmaterial. Das Archiv der Technischen Universität München wiederum eröffnet am Beispiel der umfassend erhaltenen Korrespondenz des Nobelpreisträgers für Chemie, Hans Fischer (1881–1945), einen noch wenig bekannten Ein-



Datenträger aus dem Nachlass des Physikers Paul Kienle (1931–2013).

blick in die Geschichte der Technischen Hochschule im Nationalsozialismus. Zahlreiche Schreiben, darunter Feldpost- und Kriegsgefangenenbriefe, zeugen von Fischers intensiven Bestrebungen, seine Mitarbeiter vom Wehrdienst freistellen zu lassen und für die Forschung zurückzugewinnen. ■■



DER AUTOR

Dr. Wilhelm Füßl
ist Historiker und Leiter
des Archivs des Deutschen
Museums.

Samstag, 7. März 2020, 10 bis 17 Uhr

Bibliotheksgebäude, Sonderausstellungsraum
Eintritt frei

TAG DER ARCHIVE IM DEUTSCHEN MUSEUM

**Kommuniziert! Botschaften aus Kunst,
Wissenschaft und Technik**

Ausstellung, Präsentationen und Filme
Magazinführungen:

10 Uhr | 12 Uhr | 14 Uhr | 16 Uhr

Zu Gast:

Archiv der Akademie der Bildenden Künste München
Bayerische Staatsbibliothek
Technische Universität München, TUM-Archiv

Publikationspreis des Deutschen Museums für das Jahr 2018

Am 12. November 2019 verlieh Generaldirektor Heckl im Rahmen eines Festakts die Publikationspreise für vorbildliche Veröffentlichungen, die im Vorjahr am Deutschen Museum oder an den mit diesem kooperierenden Universitätsinstituten entstanden sind.



V.l.n.r.: Fabienne Huegenin, Wolfgang M. Heckl, Ulrike Leutheusser, Helmut Trischler und Stefan Esselborn.

Die Jury, Prof. Dr. Helmut Trischler, Prof. Dr. Wolfgang M. Heckl, Ulrike Leutheusser und Prof. Dr. Karin Nickel, hatte die beiden Preisträger in ihrer Sitzung vom 16. September 2019 einstimmig ausgewählt. Die Gründe für ihre Entscheidung finden sich in den folgenden Laudationes:

Dr. Fabienne Huguenin, wissenschaftliche Mitarbeiterin des Projekts Deutsches Museum Digital, erhält den Forschungspreis für ihren Katalog *Porträtmalerei zwischen Wissenschaft und Technik. Die Sammlung des Deutschen Museums*. (München, Deutsches Museum, 2018, 456 S., 267 Abb.) »Viele seiner Besucherinnen und Besucher, Mitglieder und Freunde meinen das Deutsche Museum gut zu kennen. Und doch hält der Wissenskosmos des Museums auch für solche Connaissances immer wieder Überraschungen bereit. Wer wüsste schon, dass die Museumssammlungen Porträts aus der Hand so berühmter Malerfürsten wie Lenbach, Stuck, Kaulbach, Defregger und Schwind enthalten? Komplementär zum Technikgemälde-Katalog von Eva A. Mayring dokumentiert Dr. Huguenin den umfangreichen Bestand an Porträts meist berühmter Wissenschaftler und Ingenieure und ordnet ihn souverän in Bildwissen-

schaft und Museumsgeschichte ein. Deutlich wird dabei die didaktische Funktion der Gemälde, dienten sie doch primär der Aufgabe, die im Museum ausgestellten Entdeckungen und Erfindungen biografisch zu illustrieren.

Detaillierte Beschreibungen der Dargestellten und Künstler, von Beschriftung und Rahmung, Provenienz und Erhaltungszustand machen den vorbildlichen Katalog in Verbindung mit hochwertigen Abbildungen zu einem wissenschaftlichen Standardwerk und zu einem großen Lesevergnügen. Wir wünschen diesem buchstäblich gewichtigen Katalog eine möglichst große Verbreitung.«

Dr. Stefan Esselborn, wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Technikgeschichte der TUM erhält den Forschungspreis für sein Buch *Die Afrikaexperten. Das Internationale Afrikainstitut und die europäische Afrikanistik, 1926–1976*. (Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht, 2018, 406 S.) »Post-colonial Studies sind en vogue, und das ist gut so. Wie die aktuellen Diskussionen um die Restituierung des kolonialen Erbes zeigen, fehlt es noch vielfach an Grundlagenforschung, um die vorschnell politisierten Debatten auf eine solide wissenschaftliche Basis zu stellen. Eine solche Grundlagenstudie liefert Dr. Esselborn auf vorzügliche Weise. Mit dem Mitte der 1920er Jahre gegründeten Internationalen Afrikainstitut beleuchtet er die inhärenten Spannungen des Versuchs der europäischen Mächte, Afrika verstehen zu wollen: buchstäblich, indem das Institut afrikanische Sprachen übersetzte und afrikanische Kulturen in europäische Denkschemata und Wertemuster übertrug; konzeptionell, indem es wissenschaftliches Wissen über Afrika in politisches und öffentliches Handlungswissen transferierte. Als nach dem Zweiten Weltkrieg die Dekolonialisierung die weltpolitische Großwetterlage dramatisch veränderte, geriet Europa in Afrika auch wissenschaftlich in die Defensive. Der Aufstieg der afrika-bezogenen Area Studies in den USA drängte die europäische Afrikanistik spätestens in den 1970er Jahren an den Rand, und die langfristigen Folgen dieser Marginalisierung zeigen sich heute deutlicher denn je, wenn es erneut darum geht, Afrika im Kontext der Debatten um die Restituierung des kulturellen Erbes zu verstehen. Afrikaexperten lautet der Titel des Buches – ein solcher ist Dr. Esselborn ganz gewiss auch selbst.« ■■



Eine spannendes Programm für die ganze Familie bot das Deutsche Museum Bonn bei der 1. Nacht der Technik.



»Nachts im Museum«

Die 1. Nacht der Technik Bonn/Rhein-Sieg im Deutschen Museum Bonn

Technik sehen, verstehen und erleben. Spannend, interaktiv und überraschend. Mit dieser Erfolgsformel haben die Kölner Bezirksvereine des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) und des Verbands der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (VDE) die Nacht der Technik zu einer der bedeutendsten Technikveranstaltungsreihen im Rheinland gemacht. Zehn Jahre nachdem sie erstmals in Köln stattfand, ist die beliebte Veranstaltung auch in Bonn und dem Rhein-Sieg-Kreis angekommen. Unter den 32 Einrichtungen und Unternehmen, die am 8. November ihre Türen für die Besucher öffneten, war auch das Deutsche Museum Bonn, das zeitgleich als eine zentrale Anlaufstelle für das Programm diente.

»Prof. Technikus und Prof. K. Wumm« eröffneten mit ihrem Mitmachvortrag »Kaum zu glauben!« das bunte Programm für Nachtschwärmer. Eine Show zum Staunen und Schmunzeln für Familien rund um die ganz normalen technischen Unglaublichkeiten des Alltags, die zur Ausstellung »IST DAS MÖGLICH?« kaum besser passen konnte. Denn diese ebenfalls äußerst unterhaltsame Experimentierausstellung geht auf witzige Weise den Fragen nach, die man sich oft über ganz alltägliche Dinge und Materialien stellt. Diese besondere Veranstaltung war ein schönes Beispiel für die Zusammenarbeit des Deutschen Museums Bonn mit dem Verein WISSENSchaf(f)t SPASS und seinen Mitgliedern, wie dem VDI-Bezirk Köln und der Telekom-Stiftung, die die Sonderausstellung mit ihrer Förderung ermöglicht hat. ■■

DEUTSCHES MUSEUM BONN

► Sonderausstellungen:

bis zum 23. Februar 2020

IST DAS MÖGLICH?

Eine Experimentier-Ausstellung für Kinder, Jugendliche und Familien

Über die Tauglichkeit von Dingen und Materialien, die wir im Alltag nutzen, denken wir kaum nach. Was wäre, wenn wir uns auf ihre Funktionsfähigkeit nicht verlassen könnten? Wenn das Klopapier immer im falschen Moment reißen würde oder gleich ganze Bauwerke einstürzten? All diesen und anderen Fragen geht die vom LVR-Industriemuseum konzipierte Ausstellung auf unterhaltsame und witzige Weise nach.

► Vorträge/Veranstaltungen

26. Januar 2020, 11.00 bis 15.00 Uhr

Generalprobe für den RoboCup Junior

in Kooperation mit der CJD Christophorusschule Königswinter

► Führungen

samstags jeweils 15.00 Uhr, sonn- und feiertags jeweils 12.00 Uhr und 15.00 Uhr

bis einschließlich 20.02.2020:

»Exponate à la carte«

ErlebnisFührung zu ausgewählten Exponaten der Dauerausstellung »Forschung und Technik in Deutschland nach 1945« und/oder zur aktuellen Sonderausstellung
Kosten: 3,- Euro pro Teilnehmer zzgl. Museumseintritt; dienstags, mittwochs, donnerstags (nicht an Feiertagen), jeweils 15.00 Uhr

Sonderführung »Das ist möglich! Materialien im Einsatz«

Die Führung richtet sich vor allem an Erwachsene und verbindet die Höhepunkte der Sonderausstellung »IST DAS MÖGLICH?« mit herausragenden Objekten der Dauerausstellung. Eintritt im Museumseintritt enthalten

Kostenlose Führungen für Mitglieder des Deutschen Museums:

21.01. 11.00 Uhr Treibhauseffekt...Ozonloch...Kyoto – Ökologietechnik

18.02. 11.00 Uhr Ist das möglich? – Führung durch die Sonderausstellung

17.03. 11.00 Uhr Was die Welt im Innersten zusammenhält –
Physik der kleinsten Teilchen

► Kinder- und Jugendprogramme

bis einschließlich 23.02.2020:

Familienworkshop zur Ausstellung »IST DAS MÖGLICH?«:

»Knistern, Rascheln, Falten« Bauen und Forschen mit Papier geeignet für Kinder von 4 bis 10 Jahren gemeinsam mit ihren begleitenden Erwachsenen; samstags, jeweils um 14.00 Uhr, sonn- und feiertags, jeweils um 11.00 Uhr; keine Anmeldung erforderlich und möglich; Kosten: 3,- Euro pro Teilnehmer zzgl. Museumseintritt

FerienÜberraschung: »Pulverisiert«

Wir tüfteln in der Experimentierküche mit Pulvern und erleben faszinierende Alltagschemie; dienstags und donnerstags in den NRW-Schulferien, jeweils von 14.00 bis 16.00 Uhr. Offenes Angebot, Kosten: Museumseintritt

TüftelTag: Experimentieren, Knobeln und Entdecken für die ganze Familie

Ungewöhnliche und unterhaltsame Einblicke in die Welt der Naturwissenschaft und Technik bieten an den TüftelTagen unsere MitmachAngebote und Experimente für jedes Alter. Vorkenntnisse sind nicht erforderlich, nur Spaß und Freude am Entdecken und Erforschen. Sonn- und feiertags, jeweils von 13.00 bis 16.00 Uhr, offenes Angebot, Kosten: Museumseintritt

Artur Fischers erste Erfindung

Am 31. Dezember 2019 wäre der geniale Tüftler Artur Fischer (1919–2016) 100 Jahre alt geworden. Dem Deutschen Museum war er besonders verbunden. Es war für ihn ein Ort der Inspiration. Und eine Möglichkeit zu großzügigem Engagement. Das Kinderreich beispielsweise gäbe es nicht ohne Artur Fischer.

Von Gerrit Faust



»Eine Erfindung wie eine automatische Hutabnehmemaschine ist ein Unsinn, obwohl sie eine Erfindung ist, denn sie nützt der Allgemeinheit nichts«, erklärte Artur Fischer einmal. Er erfand Dinge, die das Leben erleichtern sollten. Über 1000 Patente hat er in seinem langen und produktiven Leben eingereicht und über allem Erfolg seinen Humor und sein Interesse vor allem an der nachkommenden Generation nicht verloren.

Artur Fischers erste Erfindung war ein krachender Fehlschlag. Er wollte ein Leichtflugzeug bauen, bestehend aus ein paar Brettern und einer Kurbel. Doch so sehr er auch kurbelte, das Ding hob einfach nicht vom Boden ab. Zu Fischers Entlastung muss gesagt werden: Der Fehlschlag ist 90 Jahre her, und der Bub Artur war da erst zehn Jahre alt.

Später gab es dann kaum noch Fehlschläge – weit mehr 1000 Erfindungen sind es am Ende geworden. Der große Erfinder, Mäzen und »Dübelkönig« wäre am 31. Dezember 2019 hundert Jahre alt geworden. Er war damit fünfeinhalb Jahre älter als das Ausstellungsgebäude des Deutschen Museums. Fischer hat viel für das Museum getan. So viel, dass er einiger wenigen war, die im Deutschen Museum ihren Geburtstag feiern durften.

Der Generaldirektor des Deutschen Museums, Wolfgang M. Heckl, erzählt gern die Geschichte, dass der »vielleicht größte deutsche Erfinder« Fischer öfter ins Museum kam, um sich Anregungen zu holen – und dann ins nebenan gelegene Patentamt eilte, um seine Erfindungen anzumelden. Bis ins hohe Alter fuhr Fischer mit seiner schwarzen Ledertasche mit dem Zug nach München. »Er hat mir erzählt, dass er ohne die Inspirationen im Deutschen Museum seinen Lebensweg nicht hätte gehen können«, sagt Heckl. Und Fischer revanchierte sich großzügig für diese Inspiration. Er zahlte es »seinem« Museum heim. Er gab nicht nur Geld, sondern half auch ganz praktisch. Vor allem die Kinder lagen dem Unternehmer am Herzen. Das Kinderreich des Deutschen Museums, das pro Jahr rund 200 000 junge Besucher anzieht, gäbe es ohne Fischers Engagement nicht.

Ein paar seiner Erfindungen dürfte jeder von uns schon einmal in Händen gehalten haben. Den Fischer-Dübel natürlich, aber auch das Fischertechnik-Spielzeug. Seine erste Erfindung, einen Feueranzünder, den es direkt nach dem Krieg brauchte, weil Streichhölzer noch Mangelware waren, dürften ihm vor allem die Raucher gedankt haben. Heute befindet sich dieser Feueranzünder übrigens im Deutschen Museum in Bonn. Auch der Synchronblitzverschluss für Fotoapparate wurde 1949 von Artur Fischer

erfunden. Der gelernte Schlosser wollte seine Tochter in ihrem engen Kinderzimmer fotografieren lassen, ohne durch das damals übliche Blitzpulver des Atems beraubt zu werden oder gar den Dachstuhl in Brand zu setzen. Schon kurze Zeit später baute er eine Fabrik in seiner Heimat Tumlingen und stellte exklusiv für Agfa Blitzgeräte her.

Seine nächste große Erfindung war dann der Dübel. Und diese Erfindung hat ihn groß gemacht. Heckl beschreibt das so: »Eine Erfindung ist ja nur dann wirklich eine große Tat, wenn sie es schafft, erfolgreich den Markt zu durchdringen. Das hat der Dübel geschafft.« Fischers Dübel hat die Welt verändert. Erfunden hat ihn der Schwabe eher beiläufig – an einem Samstagnachmittag. Und weil er viel leichter und auch einfacher zu handhaben war als die damals üblichen Eisendübel, wurde er ein Riesen-Erfolg. Bis heute werden täglich mehr als 15 Millionen Dübel in den Fischerwerken produziert. Das Plastik der Dübel wurde dann auch der Grundstoff für seine andere große Erfindung – die Fischertechnik. Auch die fand ihren Weg ins Deutsche Museums – in die Ausstellung »Technisches Spielzeug«.

Nach dem Versuch mit dem Flugzeug ist Fischer noch ein weiteres Mal gescheitert. Jemand hatte sich in den Kopf gesetzt, Hotelgäste mit einer »Eierköpfmaschine« zu beglücken, weil die Hotelgäste mit dem kunstgerechten Öffnen eines Frühstückseis offenkundig überfordert waren. Indes erzählt der große Erfinder selbst: »Der Verbrauch an gekochten Eiern war gewaltig, ihr Verzehr gesundheitsschädigend und der Erfolg gleich Null.« Denn: »Die Hühner taten uns nicht den Gefallen, gleich große Eier zu legen.« Bei zu kleinen Eiern flogen die abgetrennten Eispitzen wie Geschosse durch den Raum. Der zuständige Prüfer des Patentamts kommentierte ungnädig: »Das ist keine Erfindung – nicht einmal eine handwerkliche Maßnahme!« Erst kurz vor seinem Tod gelang es Fischer, das Problem mit dem Eierköpfen zu lösen – mit einer einfachen Halterung, die aussieht wie ein Serviettenring.

Am Ende kommt es nämlich oft auf die genial einfachen Lösungen an – und darauf, nicht irgendetwas zu erfinden, sondern etwas, das die Menschen auch tatsächlich brauchen. ■■

Ein Meilenstein für das Jahrhundertprojekt

Das Deutsche Museum erhält für die Generalsanierung vom Freistaat und vom Bund weitere 300 Millionen Euro.

Der Haushaltsausschuss des Bundestages hat beschlossen, weitere Mittel in Höhe von weiteren 150 Millionen Euro für die Modernisierung des Deutschen Museums bereitzustellen. Parallel dazu stockt auch der Freistaat Bayern als Zuwendungsgeber seinen Anteil für die Zukunftsinitiative in gleicher Höhe auf. »Wir freuen uns sehr über diese Neuigkeiten. Das ist ein Meilenstein für unser Jahrhundertprojekt. Und wir danken allen Beteiligten für dieses Zeichen des Vertrauens und der Wertschätzung gegenüber der Institution Deutsches Museum«, sagt Wolfgang M. Heckl, Generaldirektor des Deutschen Museums.

In diesem Jahr war offenbar geworden, dass sich die Ziele des Projekts mit den ursprünglich zugesagten Mitteln nicht verwirklichen lassen. Überproportionale Preissteigerungen im Baugewerbe, unvorhersehbare Mängel in der Bausubstanz und Schwierigkeiten beim Bauen im denkmalgeschützten Bestand hatten das Deutsche Museum mit erheblichen Kostensteigerungen belastet. Hinzu kam in diesem Frühjahr die Insolvenz des beauftragten Architekturbüros, die dem Museum erhebliche Verzögerungen und Mehrkosten bescherte. Das vorhandene Budget von 445 Millionen Euro hätte somit nicht mehr gereicht, um nach Fertigstellung des ersten Realisierungsabschnittes auch den zweiten Teil des Gebäudes und der Ausstellungen vollumfänglich zu modernisieren. »Die Zusage für die zusätzlichen Mittel ermöglicht jetzt, unser Großprojekt angemessen zu vollenden«, sagt Generaldirektor Heckl erleichtert. Bayerns Wissenschaftsminister Bernd Sibler hatte sich sowohl auf Bundesebene als auch in der Bayerischen Staatsregierung für die Bewilligung der Mittel eingesetzt. ■■



Die Finanzierung der Zukunftsinitiative ist auch weiterhin gesichert.

Werden Sie Mitglied im Freundes- und Förderkreis 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:

Nicole Waldburger-Wickel

Tel. 089 / 28 74 84 21 • info@ffk-deutsches-museum.de

www.ffk-dm.de



Gute Ideen sind gefragt,
damit die Energiewende
bis 2050 gelingt.

Energie der Zukunft

Das Ziel ist mehr als ehrgeizig: Bis 2030 will Deutschland seine Treibhausgasemissionen um mindestens 55 Prozent reduzieren. Damit dies gelingt, müssen alle Bereiche des Wirtschaftens, des Konsums und der Lebensführung innerhalb der nächsten Jahre so umgestaltet werden, dass deutlich weniger CO₂-Emissionen entstehen. Die Zeit drängt, und alle gesellschaftlichen Akteure sind gefordert, sich an dem derzeit stattfindenden Diskurs um die bestmöglichen Alternativen zu Kohle, Öl, Gas und Atom zu beteiligen. Aus diesem Grund setzen wir mit dieser Aus-

gabe die in *Kultur & Technik* 1/2017 (*Die Energiedebatte*) begonnene Serie zum Thema Energie fort. Wir erleben derzeit eine rasante Entwicklung neuer Technologien, die wir Ihnen in einem Überblick vorstellen werden. Dazu gehört die Frage nach Transport und Speicherung von Energie ebenso wie die derzeit neu entflammte Debatte um die Nutzung der Wasserstofftechnologie.

Welche Veränderungen erwarten uns in der Arbeitswelt? Welche Jobs werden wegfallen, welche neu entstehen? Wie sollen notwendige Maßnahmen politisch durchgesetzt werden? Die »Energiewende« verlangt lokales und globales Handeln. Können wir von anderen lernen? Wie gestaltet China die Zukunft seiner Energieversorgung, welche Konzepte verfolgen die Staaten des afrikanischen Kontinents? Wie gewohnt, wird ein Blick in die Geschichte nicht fehlen, und auch diesmal laden wir Sie anschließend zu einem »kreuz&quer«-Rundgang in die Ausstellungen des Deutschen Museums ein.

Es grüßt bis dahin
Sabrina Landes

Impressum

Das Magazin
aus dem Deutschen Museum

44. Jahrgang

Herausgeber: Deutsches Museum München
Prof. Dr. Wolfgang M. Heckl
Museumsinsel 1, 80538 München
Postfach 80306 München
Telefon (089) 21 79-1
www.deutsches-museum.de

Gesamtleitung: Dr. Kathrin Mönch (Deutsches Museum)
Dr. Stefan Bollmann (Verlag C.H.Beck, verantw.)

Redaktionsleitung: Sabrina Landes | publishNET, Hofer
Straße 1, 81737 München, redaktion@publishnet.org

Redaktion: Birgit Schwintek, Inge Kraus, Andrea Bistrich

Verlag: Verlag C.H.Beck oHG, Wilhelmstraße 9, 80801 München; Postfach 400340, 80703 München, Telefon (089) 381 89-0, Telefax (089) 381 89-398, www.chbeck.de

Redaktioneller Beirat: Dr. Frank Dittmann (Kurator Energietechnik, Starkstromtechnik, Automation), Gerrit Faust (Leiter Presse- und Öffentlichkeitsarbeit), Melanie Jahreis, Dr. Kathrin Mönch (Verlagsleitung), Dr. Christian Sicka (Kurator Astronomie, Planetarium, Atomphysik, Zeitmessung), Prof. Dr. Elisabeth Vaupel (Forschungsinstitut)

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

Anzeigen: Bertram Mehling (verantw.), Verlag C.H.Beck oHG, Anzeigenabteilung, Wilhelmstr. 9, 80801 München; Postfach 400340, 80703 München; Disposition, Herstellung, Anzeigen, technische Daten: Telefon (089) 381 89-604, Telefax (089) 381 89-589. Zurzeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 36.

Repro: Rehbrand Medienservice GmbH, Hauptstraße 1, 82008 Unterhaching

Druck, Bindung und Versand: Holzmann Druck GmbH & Co. KG, Gewerbestraße 2, 86825 Bad Wörishofen

Bezugspreis 2020: Jährlich 29,- Euro
Einzelheft 8,90 Euro, jeweils zuzüglich Versandkosten

Weitere Informationen: Deutsches Museum, Mitgliederservice, Museumsinsel 1, 80538 München, Telefon (089) 21 79-310, mitgliederinfo@deutsches-museum.de, www.deutsches-museum.de/mitgliederservice

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

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

Abo-Service: Telefon (089) 381 89-679

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

ISSN 0344-5690



Verschenken Sie ein Museum!

Sie sind auf der Suche nach einem besonderen Präsent?
Mit einer Geschenkmemberschaft verschenken Sie
ein ganzes Museum.

Das Anmeldeformular sowie weitere Informationen erhalten Sie unter
www.deutsches-museum.de/mitgliederservice
oder bei Ihrer Mitgliederbetreuung: Tel. 089 / 2179-310, mitgliederinfo@deutsches-museum.de



Deutsches Museum



Museumsinsel 1, München · Tel. 089 / 2179-1 · täglich 9–17 Uhr · www.deutsches-museum.de



Aus dem Französischen
von Sabine Reinhardus.
180 S., 4 Abb. Geb.
€ 19,95
978-3-406-74195-1

Jedes der fünfunddreißig kurzen, erhellenden und unterhaltsamen Kapitel erklärt einen grundlegenden Begriff der Hirnforschung anhand einer ungewöhnlichen Geschichte. Leicht zu lesen, vollständig und extrem lehrreich: das erste Buch, das den Leser zum Gehirnversteher macht.



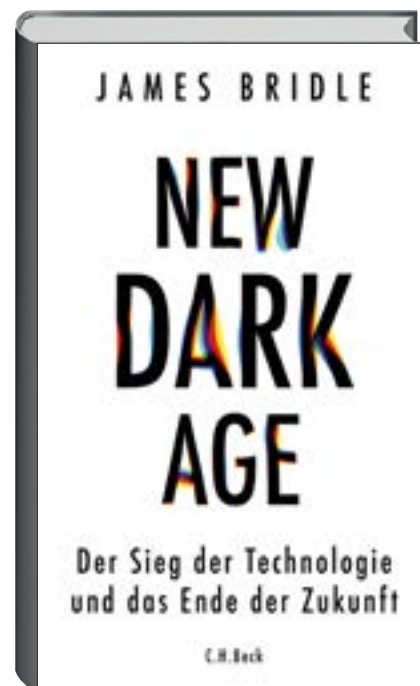
Aus dem Englischen
von Jens Hagedstedt.
478 S., zahlr. Abb. Geb.
€ 28,-
ISBN 978-3-406-74093-0

«Scale» ist ein großes Ideen-Buch, das uns neue Welten erschließt, ein intellektuelles Abenteuer, das bislang unverknüpfte Perspektiven und Wissensgebiete miteinander verbindet. Es zeigt, welche universalen Gesetzmäßigkeiten unserem biologischen und sozialen Leben zugrunde liegen.



Aus dem Niederländischen
von Bärbel Jänicke.
219 S., 40 Abb. Geb.
€ 18,-
978-3-406-73951-4

«Stefan Buijsman ist Dr. Dr. Sheldon Lee Cooper aus der Sitcom «The Big Bang Theory», aber mit viel größeren sozialen Fähigkeiten und einer Intelligenz weit über dem Durchschnitt.» *Svenska Dagbladet*



Aus dem Englischen
von Andreas Wirthensohn.
320 S., 25 Abb. Geb.
€ 25,-
978-3-406-74177-7

«Der britische Künstler und Autor James Bridle ist mit seinem Buch «New Dark Age» zum Popstar der Digitalisierungskritik geworden.» *Zeit online, Tobi Müller*

C.H. BECK
WWW.CHBECK.DE