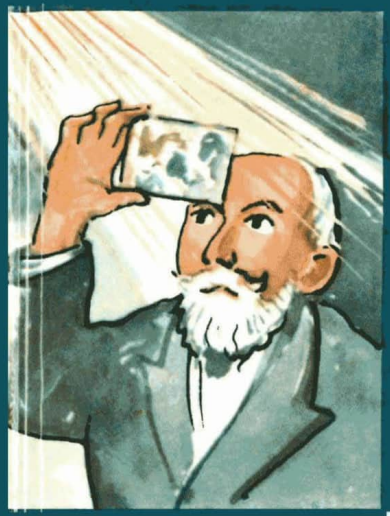
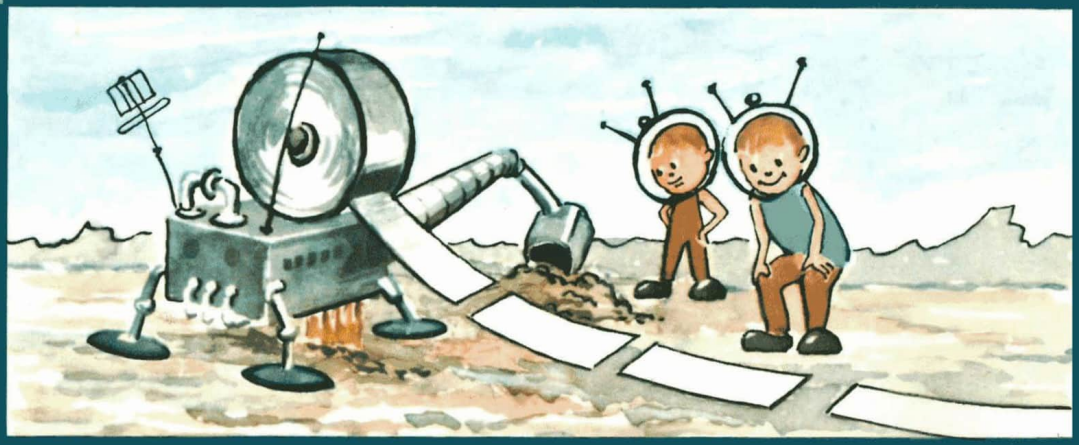
Venetzkij



Erzählungen über Metalle



Venetzkij · Erzählungen über Metalle

VEB DEUTSCHER VERLAG
FÜR GRUNDSTOFFINDUSTRIE
LEIPZIG

Erzählungen über Metalle

Von Ing. Sergej Iosifovič Venetzkij

3., durchgesehene Auflage

Mit 121 Bildern

Lizenzausgabe von der 1. Auflage der Originalausgabe mit Genehmigung des Verlages »Metallurgia«, Moskau

© Издательство »Металлургия«, 1970
Венецкий, Сергей Иосифович
»Рассказы о металлах«
Первое издание

Übersetzung aus dem Russischen und Bearbeitung der deutschsprachigen Ausgabe: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Hans-Joachim Eckstein und Oberlehrer Emil Eckstein

Dem fotomechanischen Nachdruck liegt die 2. Auflage zugrunde.
Aus technischen Gründen ergab sich das Erfordernis, sowohl von gegebenen Textänderungen und Ergänzungen als auch der Korrektur der Maßeinheiten abzusehen.

Der Verlag

ISBN 3-342-00324-3

3., durchgesehene Auflage
© Deutschsprachige Ausgabe: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1976
überarbeitete Auflage: © VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1988
VLN 152-915/85/88
Printed in the German Democratic Republic
Fotomechanischer Nachdruck: INTERDRUCK Graphischer Großbetrieb, III/18/97
Bilder und graphische Gestaltung: G. A. Žegin
Redaktionsschluß: 20. 2. 1987
LSV 3309
Bestell-Nr.: 541 097 8
02300

Über dieses Buch

Viele Jahrhunderte schon nutzt der Mensch die Metalle. Sie halfen ihm, die Kräfte der Natur zu beherrschen, ihre Geheimnisse zu ergründen und vortreffliche Maschinen und Mechanismen zu schaffen.

Reich und interessant ist die Welt der Metalle. Unter ihnen findet man viele »alte Bekannte«, wie Kupfer, Eisen, Blei, Quecksilber, Gold, Silber, Zinn. Die »Freundschaft« des Menschen mit diesen Metallen dauert schon Tausende von Jahren. Es gibt aber auch Metalle, die uns erst in den letzten Jahrzehnten bekannt wurden.

Die Eigenschaften der Metalle sind wunderbar und vielfältig. Quecksilber z. B. wird selbst bei Frost nicht fest, Wolfram hingegen behält seine Festigkeit auch bei sehr hohen Temperaturen. Lithium könnte ein ausgesprochener Schwimmer sein. Seine Dichte ist etwa halb so groß wie die des Wassers, und es kann nur mit Mühe untergetaucht werden. Osmium dagegen ist der Champion unter den Schwermetallen. Silber leitet ohne große Hemmungen den elektrischen Strom, Titan scheint das nur mit Widerwillen zu tun. Seine elektrische Leitfähigkeit ist 30mal niedriger als die von Silber. Eisen trifft man auf Schritt und Tritt an, aber Holmium ist in der Erdrinde in solch geringen Mengen vorhanden, daß schon ein Körnchen dieses Metalls sehr teuer ist; reines Holmium kostet mehrere hundertmal soviel wie Gold.

Aber so verschieden die Eigenschaften dieser Elemente auch sind, zählen sie doch auf Grund ihrer Verwandtschaft alle zur großen Familie der Metalle. Über das Schicksal einiger ihrer wichtigsten Vertreter und über ihre »schöpferische Anwendung« wird in diesem Buch erzählt.

Der Autor hat sich nicht zur Aufgabe gestellt, dem Leser systematische Angaben über jedes einzelne der beschriebenen Metalle darzubieten, sondern hat in mühevoller Kleinarbeit überlieferte Geschichten, Historie und teilweise sagenhafte Schilderungen, die mit der Entdeckung der Metalle, ihren Entdeckern und ihrer Zeit in Zusammenhang zu bringen sind, zusammengetragen.

Die Geschichte der Metalle ist reich an interessanten Fakten und unterhaltsamen Episoden, die zum Teil romantisch, zum Teil humoristisch, aber manchmal auch tragisch sind. Den Leser damit bekanntzumachen, das ist das Ziel dieses Buches. Es ist für Wißbegierige bestimmt. Der Autor hofft, daß es nicht nur die Jungen und Mädchen interessiert, sondern auch diejenigen, die nicht mehr die Schulbank drücken, aber jede Gelegenheit nutzen, um ihr Wissen zu vervollkommnen.

Inhalt

Das leichteste der leichten Metalle – Lithium 9
Das Metall des kosmischen Zeitalters – Beryllium .. 18
Kämpfer gegen die Müdigkeit – Magnesium 27
Silber aus Ton – Aluminium 35
Sohn der Erde – Titan 46
Vitamin V – Vanadium 56
Härter als Glas – Chrom 64
Der ewige Begleiter des Eisens – Mangan 73
Der große und rastlose „Arbeiter" – Eisen 81
Quelle der friedlichen Strahlen – Kobalt 94
„Kupferteufel" – Nickel 103
Das älteste und verdienstvollste – Kupfer 111
„Die Bekleidung der Uranstäbe" – Zirkonium 121
Das 41. – Niob 130
Der Gefährte des Eisens – Molybdän 138
Ein Vertreter der Edlen – Silber 146
„Fest" aber... weich – Zinn 157
Das „in Qualen" Geborene – Tantal 165
Lichtspendendes Wolfram 171
Hinter drei Schlössern – Platin 179
König der Metalle – Metall der Könige – Gold 187
„Silbernes Wasser" – Quecksilber 201
Das Verderben Roms – Blei 209
Der Brennstoff des 20. Jahrhunderts – Uran 217

Das leichteste der leichten Metalle – Lithium

Li

Exkursion in das vergangene Jahrhundert · Heilendes Wasser aus Karlovy Vary · Aufbewahrung im Vaselinbad · Schwimmwesten für Flieger · In der Bedrängnis geboren · Ein bemerkenswertes Ausstellungsstück · Bessere Akkumulatoren · Trinkt man Glas? · Brennt der Zucker? · Die erste Geige in der Kerntechnik · Der Neutronenschlucker · Lithium gegen Lithium · Hervorragender »Kernkitt« · Kristalle aus Süddakota · Sesam, öffne dich!

Lithium ist in der Reihe der Elemente des periodischen Systems von D. I. Mendelejew das erste der Metalle. 1967 war der 150. Jahrestag seiner Entdekkung. Dieses Jubiläum brachte seine zunehmende Bedeutung zum Ausdruck und zeigte, daß es auf Grund seiner hervorragenden Eigenschaften in der modernen Technik vielseitig verwendet werden kann. Trotzdem nehmen Spezialisten an, daß keineswegs alle Anwendungsmöglichkeiten dieses Elements erkannt sind. Sie sagen ihm noch eine große Zukunft voraus.

Wenden wir uns aber zunächst dem vergangenen Jahrhundert zu, und werfen wir einen Blick in das ruhige Laboratorium des schwedischen Chemikers Arfvedson im Jahre 1817. Der Wissenschaftler hatte zum soundsovielten Male das Mineral Petalit analysiert, welches in einem Bergwerk unweit von Stockholm gefunden worden war. Immer und immer wieder überprüfte er das Ergebnis der Analyse, aber jedes Mal ergab die Summe aller Komponenten nur 96%. Wo waren die vier Prozent verlorengegangen? Oder sollte vielleicht ...? Ja, es gab keinen Zweifel, das Mineral enthielt irgendein unbekanntes Element. Arfvedson führte Versuch um Versuch durch, und schließlich hatte er das Ziel erreicht: die Entdeckung eines neuen Alkalimetalls. Da das neue Element im Unterschied zu seinen »nächsten Verwandten« nicht in organischen Produkten, sondern zum ersten Mal in einem Mineral gefunden wurde, entschloß sich der Wissenschaftler, dieses Metall Lithium zu nennen (»lithos« – im Griechischen: der Stein).

Bald darauf fand Arfvedson das Element auch in anderen Mineralen, und der bekannte schwedische Chemiker Berzelius entdeckte es in den Mineralwässern von Karlovy Vary und Mariánské Lázne. Auch die Quellen des bekannten Kurortes Vichy in Frankreich haben auf Grund ihres Gehaltes an Lithiumsalzen eine hohe balneologische Wirksamkeit.

1855 gelang es dem deutschen Chemiker Bunsen, und unabhängig von ihm dem englischen Physiker Matthiessen, durch Elektrolyse geschmolzenen Lithiumchlorids reines Lithium zu erhalten. Es erwies sich als ein weiches, silbrig-weißes Metall, nur halb so schwer wie Wasser. Lithium ist das leichteste unter den Metallen; Aluminium ist fünfmal, Eisen fünfzehnmal und Osmium vierzigmal schwerer.

Sogar bei Zimmertemperatur reagiert Lithium energisch mit dem Stickstoff und dem Sauerstoff der Luft. Legt man ein Stück Lithium in ein gläsernes Gefäß und verschließt dieses mit einem Korken, so bindet das Metall alle darin enthaltene Luft an sich, und im Gefäß entsteht ein Vakuum. Der atmosphärische Druck preßt dann den Korken so stark in das Gefäß, daß es nur sehr schwer möglich ist, ihn herauszuziehen. Lithium aufzubewahren ist deshalb nicht einfach. Natrium beispielsweise kann leicht in Benzin oder Kerosin aufbewahrt werden, bei Lithium ist dieses Verfahren nicht anwendbar. Das Metall taucht auf und verbrennt. Um Produkte aus Lithium aufzubewahren, umgibt man sie gewöhnlich mit Vaselin oder Paraffin. Der Ablauf von Reaktionen wird auf diese Weise verhindert.

Noch aktiver reagiert Lithium mit Wasserstoff. Kleine Mengen Metalls können ein riesiges Gasvolumen an sich binden: In einem Kilogramm Lithiumhydrid sind 2800 Liter Wasserstoff enthalten.

Im zweiten Weltkrieg wurden Tabletten aus Lithiumhydrid (das ist die Verbindung des Lithiums mit Wasserstoff) von amerikanischen Fliegern als transportable Wasserstoffquellen benutzt, die sie bei Notlandungen auf dem Meer verwendeten. Unter der Einwirkung von Wasser zerfallen diese Tabletten sofort. Mit dem entstehenden Wasserstoff werden Rettungsgeräte, z. B. aufblasbare Boote, Schwimmwesten oder Signalkugelantennen, gefüllt.

Die Eigenschaft der Lithiumverbindungen, außerordentlich viel Feuchtigkeit aufzunehmen, ist der Grund für viele Anwendungsgebiete – z. B. für die Reinigung der Luft in Unterseebooten, in Atmungsfiltern und in Klimaanlagen.

Erste Versuche zur industriellen Anwendung des Lithiums wurden zu Anfang unseres Jahrhunderts durchgeführt. Vorher wurde es im Verlauf von fast 100 Jahren hauptsächlich in der Medizin als Mittel gegen Gicht bzw. Rheumatismus angewendet.

Während des ersten Weltkrieges hatte Deutschland großen Mangel an Zinn, einem für die Industrie dringend notwendigen Metall. Weil das Land nicht über eigene Zinnrohstoffe verfügte, mußten die Wissenschaftler schnell einen Ersatz für dieses Metall suchen. Mit Hilfe des Lithiums wurde dieses Problem erfolgreich gelöst. Eine Legierung von Blei mit Kalzium, Natrium und Lithium erwies sich als ein ausgezeichnetes Antifriktionsmaterial.

Von diesem Zeitpunkt an wurden Lithiumlegierungen immer mehr in der Technik eingesetzt. Bekannt sind Lithiumlegierungen mit Aluminium, Beryllium, Kupfer, Zink, Silber und anderen Elementen. Eine besonders große Perspektive eröffnete sich den Legierungen des Lithiums mit einem

anderen Leichtmetall, dem Magnesium. Diese Legierungen haben wertvolle Konstruktionseigenschaften: Sie sind leichter als Wasser, wenn sie weniger als 50% Magnesium enthalten. Es ist bereits gelungen, einige Legierungen ähnlicher Zusammensetzung zu schmelzen. Leider sind sie nicht beständig, sie oxydieren leicht an Luft. Wissenschaftler arbeiten jetzt daran, eine Zusammensetzung und die dazu notwendige Technologie der Erzeugung zu finden, die eine ausreichende Beständigkeit dieser Legierung gewährleistet. Auf der Ausstellung der Errungenschaften der Volkswirtschaft der Sowjetunion in Moskau wurden bereits Proben einer Lithium-Magnesium-Legierung gezeigt, die über längere Zeit nicht anläuft. Infolge seiner hohen Reaktionsfähigkeit, seiner niedrigen Schmelztemperatur und der geringen Dichte seiner Verbindungen ist Lithium besonders geeignet für die Entgasung, die Desoxydation und die Modifizierung in der Schwarz- und Buntmetallurgie. Bei der Produktion von Aluminium bewährt sich das Lithium erfolgreich als Prozeßbeschleuniger. Der Zusatz von Lithiumverbindungen in den Elektrolyt erhöht die Produktivität der Aluminiumelektrolyse um 22 bis 30 Prozent. Dabei kann die sonst erforderliche Temperatur des Bades um mehr als 30 Grad gesenkt werden; 7 bis 8 Prozent des Energiebedarfs werden dadurch eingespart.

Früher bestand der Elektrolyt von basischen Akkumulatoren nur aus Natronlauge. Nach Zugabe einiger Gramm Lithiumhydroxid erhöhte sich die Lebensdauer des Akkumulators um das Zweifache. Außerdem wurde der Bereich der Betriebstemperaturen erweitert: Er

entlädt sich nicht bei Erhöhung der Temperatur auf plus 40 Grad Celsius und friert auch nicht bei minus 20 Grad Celsius ein. Ein lithiumfreier Elektrolyt gestattet solche Versuche nicht.

Einige organische Verbindungen des Lithiums bewahren ihre physikalischen Eigenschaften auch über ein weites Temperaturintervall. Dadurch ist es möglich, sie als Grundlage für Schmiermaterialien einzusetzen, die vor allem in der Militärtechnik Anwendung finden. Schmiermittel, in denen Lithium enthalten ist, werden für Mehrzweckfahrzeuge in der Antarktis eingesetzt, um Streifzüge in das Innere des Kontinents durchzuführen, wo die Temperaturen bis auf minus 60 Grad Celsius absinken.

Einer der Helden des Films »Limonaden-Joe« – einer lustigen Parodie auf Hollywoodschlager – verspeiste den Whisky mitsamt den Gläsern. Natürlich nicht, wird jeder denken, der diese Zeilen liest. Aber er irrt sich! Es zeigt sich nämlich, daß sich gewöhnliches Glas in Wasser löst. Natürlich

nicht in solchem Maße, wie beispielsweise Zucker, aber es löst sich dennoch. Genaueste analytische Waagen zeigen, daß wir zusammen mit einem Glas Tee ungefähr ein zehntausendstel Gramm Glas mittrinken. Aber wenn beim Schmelzen des Glases eine Prise der Salze des Lanthans, Zirkons oder Lithiums zugesetzt wird, verringert sich seine Löslichkeit auf den hundertsten Teil. Es wird sogar äußerst widerstandsfähig gegenüber Schwefelsäure.

Die Wirkung des Lithiums im Glas beschränkt sich nicht auf die Verringerung seiner Löslichkeit. Lithiumgläser sind durch wertvolle optische Eigenschaften, gute thermische Beständigkeit, hohen spezifischen Widerstand und geringe dielektrische Verluste gekennzeichnet. Lithium ist besonders in Gläsern enthalten, aus denen Fernseh-Kinoskope gefertigt werden. Wenn man gewöhnliches Fensterglas in einer Schmelze von Lithiumsalzen behandelt, bildet sich auf ihm eine dichte Schutzschicht. Dadurch wird das Glas bei erhöhter Temperatur doppelt so fest und widerstandsfähig. Geringe Zusätze des gleichen Elements (0,5 bis 1,5 %) setzen die Erweichungstemperatur der Gläser wesentlich herab.

Schon seit langem ist der Tautropfen Symbol für die Durchsichtigkeit. Aber auch Gläser, die durchsichtig sind wie Tau, genügen der modernen Technik nicht. Für die Optik werden Materialien benötigt, die nicht nur die dem Auge sichtbaren Strahlen des Lichtes, sondern auch unsichtbare, z. B. ultraviolette Strahlen durchlassen. Mit Hilfe gewöhnlicher Teleskope können die Astrophysiker die Strahlen einiger weit entfernter Galaxen nicht auffangen. Von allen bekannten Materialien für optische

Geräte weist Lithiumfluorid die höchste Durchlässigkeit für ultraviolette Strahlen auf. Optische Linsen aus Monokristallen dieses Stoffes erlauben also den Forschern, wesentlich tiefer in die Geheimnisse des Universums einzudringen.

Eine nicht geringe Rolle spielt Lithium bei der Produktion spezieller Glasuren, Emaillen, Farben, hochwertiger Porzellane und Fayencen. In der Textilindustrie wird eine Verbindung dieses Elementes für das Bleichen und Beizen der Gewebe verwendet, eine andere für ihre Färbung. Die Salze des Lithiums sind den Pyrotechnikern gut bekannt. Sie sind es, die den Leuchtkugeln und Leuchtspurengeschossen eine helle, blaugrüne Spur verleihen. Auf den pyrotechnischen Eigenschaften des Lithiums beruht auch folgender Trick: Versuchen Sie, mit einem Streichholz ein Stück Zucker anzuzünden. Es wird Ihnen nicht gelingen. Der Zucker schmilzt, aber er brennt nicht. Wenn Sie vorher den Zucker mit etwas Tabakasche einreiben, wird er leicht mit einer schönen blauen Flamme entflammen oder auflodern. Die Erklärung liegt im folgenden: Im Tabak sind wie in vielen anderen Pflanzen ziemlich »große Mengen« Lithium enthalten. Bei der Verbrennung der Tabakblätter verbleibt ein Teil dieser Verbindungen in der Asche. Diese sind es dann auch, die dieses einfache Kunststückchen ermöglichen.

Alles, was bisher erwähnt wurde, handelt von zweitrangigen Fähigkeiten des Lithiums. Es weist aber eine ganze Reihe noch wichtigerer Eigenschaften auf. Die Atom- und Kerntechnik ist heute Hauptverbraucher für Lithium, und es spielt dort allmählich die »erste Geige«.

Wissenschaftler stellten fest, daß der Kern des Isotops Lithium 6 durch Neutronen leicht zerstört werden kann. Das Lithium wird instabil, wenn der Kern ein Neutron einfängt, und es zerfällt. Es bilden sich zwei neue Atome, das leichte Edelgas Helium und der seltene überschwere Wasserstoff Tritium. Bei sehr hohen Temperaturen vereinigen sich die Atome des Tritiums und des anderen Wasserstoff-Isotops, des Deuteriums. Dieser Prozeß wird von der Abgabe einer riesigen Energiemenge begleitet, die als thermonukleare Energie bezeichnet wird. Eine besonders energische thermonukleare Reaktion vollzieht sich beim Neutronenbeschuß von Lithiumdeuterid, welches das Isotop Lithium 6 enthält. Dieser farblose, feste Stoff wirkt als Kernbrennstoff in Lithiumreaktoren, die eine Reihe von Vorteilen im Vergleich zu den Uranreaktoren aufweisen. Lithium ist leichter zu beschaffen und billiger als Uran. Bei der Reaktion mit Lithium bilden sich keine radioaktiven Spaltprodukte, und der Prozeß ist leichter regulierbar.

Das verhältnismäßig hohe Vermögen von Lithium 6, langsame Neutronen einzufangen, ist die Grundlage seiner Anwendung als Regulator für die Reaktion, die in Uranreaktoren abläuft. Dank dieser Eigenschaft findet das Isotop auch Anwendung in Schutzschirmen gegen radioaktive Strahlung. Es ist nicht ausgeschlossen, daß Lithium 6 sehr bald als Neutronenfänger in atomaren Flugapparaten eingesetzt wird.

Ähnlich wie die anderen Alkalimetalle wird Lithium auch als Wärmeträger in Kernkraftwerken verwendet. Hier kann das leichter verfügbare Lithiumisotop 7 verwendet werden (sein Anteil im natürlichen Lithium beträgt ungefähr 93 %). Dieses Isotop kann im Unterschied zu seinem

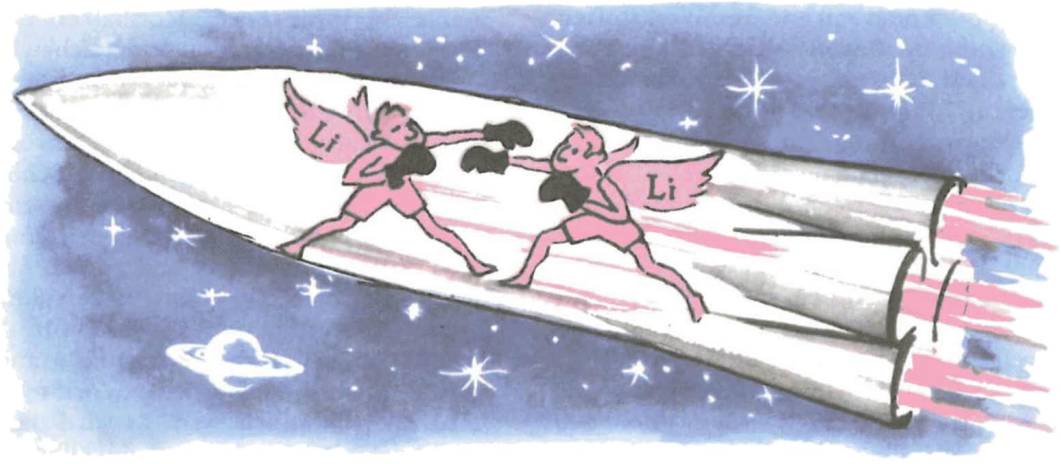
leichteren Bruder nicht als Rohstoff für die Produktion von Triterium eingesetzt werden, es ist deshalb für die thermonukleare Technik nicht interessant. Aber in der Rolle des Wärmeträgers ist es sehr nutzbringend. Dabei kommen ihm seine hohe Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit, das große Temperaturintervall im flüssigen Zustand (von 180 bis 1336 °C), die geringe Zähigkeit und die geringe Dichte zugute.

In neuester Zeit erhebt die Raketentechnik ernste Ansprüche auf das Lithium. Viel Energie ist notwendig, um die Erdanziehung zu überwinden und in den kosmischen Raum zu gelangen.

Die Rakete, die das Raumschiff mit dem ersten Kosmonauten der Welt, Juri Gagarin, auf eine Orbitalbahn brachte, hatte sechs Triebwerke mit einer Gesamtleistung von 20 Millionen Pferdestärken. Diese Leistung entspricht der von etwa 20 Wasserkraftwerken der Größe von Dnjeproges.

Die Auswahl des Raketentreibstoffes stellt dabei ein Problem von außerordentlicher Wichtigkeit dar. Vorerst rechnet man immer noch das Kerosin, das mit flüssigem Sauerstoff oxydiert wird, zu den effektivsten Brennstoffen. Die Explosionswärme dieses Brennstoffs beträgt 2300 kcal/kg (im Vergleich dazu entstehen bei der Explosion von 1 kg Nitroglyzerin, einem der stärksten Explosivstoffe, nur 1480 kcal/kg).

Eine große Zukunft hat der Einsatz metallischer Brennstoffe. Die Theorie und die Verfahren zur Nutzung von Metallen als Brennstoff für Raketentriebwerke wurden erstmalig vor 50 Jahren von den bekannten sowjetischen Wissenschaftlern N. W. Kondratjuk und F. A. Zander ausgearbeitet. Eines der geeignetsten Metalle hierfür ist das Lithium. Bei der Verbrennung von 1 kg dieses Metalls werden 10 270 kcal



erzeugt. Einen größeren Heizwert hat lediglich das Beryllium. In den USA wurden Patente über feste Raketentreibstoffe veröffentlicht, die 51 bis 68 Prozent metallisches Lithium enthalten.
Geradezu paradox erscheint es, daß während der Arbeit eines Raketentriebwerkes Lithium als Schutzmittel gegen Lithium dient. Das Metall wird einerseits als Brennstoff für die Entwicklung sehr hoher Temperaturen genutzt, andererseits haben lithiumhaltige keramische Materialien, z. B. Stupalit, eine hohe thermische und Hitzebeständigkeit. Sie werden auf die Oberfläche der Düsen- und Verbrennungskammer aufgebracht, um sie vor der zerstörenden Wirkung des Lithiumbrennstoffes zu bewahren.
Heute verfügt die Technik über eine große Menge verschiedenartiger synthetischer hochpolymerer Werkstoffe, die mit Erfolg an Stelle von Stahl, Messing, Glas usw. eingesetzt werden. Aber die Technologen haben bisweilen große Schwierigkeiten, wenn bei der Fertigung verschiedener Teile eine Verbindung der Polymere untereinander oder mit anderen Werkstoffen notwendig ist. Das neue fluorhaltige Polymer »Teflon« – ein idealer antikorrosiver Überzug – konnte bis in die jüngste Zeit keine Anwendung finden, weil es sich schlecht mit Metallen verbinden ließ. Kürzlich haben sowjetische Wissenschaftler eine originelle Technologie der Kernschweißung von Polymeren mit verschiedenen Werkstoffen ausgearbeitet. Auf die zu überziehende Oberfläche bringt man eine geringe Menge von Lithium- oder Borverbindungen auf, die gewissermaßen als »Kernkitt« wirksam werden. Bei der Bestrahlung dieser Schichten mit Neutronen werden zahlreiche punktförmige Kernreaktionen ausgelöst, die von einer starken Energieabgabe begleitet sind. Diese Reaktionen laufen im Bruchteil einer milliardstel Sekunde ab. Dank der hohen Energie werden Mikrobereiche des Materials kurzzeitig auf Temperaturen von einigen hundert, teilweise von mehr als tausend Grad Celsius erwärmt. Diese kurze Zeit genügt, um die Moleküle angrenzender Schichten miteinander zu verbinden. Es entsteht also eine Kernschweißung.
In der Regel sind Elemente, die in der linken oberen Ecke des Periodensystems stehen, in der Natur weit verbreitet. Aber zum Unterschied von der Mehrheit seiner Nachbarn – Natrium, Kalium, Magnesium, Kalzium, Aluminium, die auf unserem Planeten sehr häufig vorkommen – ist das Lithium ein vergleichsweise seltenes Element. Sein Anteil in der Erdrinde beträgt lediglich 0,0065 Prozent. In der Natur werden etwa 20 Mineralien gefunden, die dieses wertvolle Element enthalten. Die wichtigste natürliche Verbindung des Lithiums ist Spodumen. Kristalle dieses Minerals, in ihrer Form Holzbalken oder Eisenbahnschwellen ähnlich, erreichen bisweilen gigantische Ausmaße. In Süddakota (USA) wurde ein Kristall gefunden, der länger war als 15 Meter. Seine Masse wurde auf 30 bis 50 Tonnen geschätzt. Schöne smaragdgrüne oder rosaviolette verschiedenartige Spodumene, die halbedelsteinartigen Minerale Hiddenit und Kurzit, fand man in amerikanischen Lagerstätten. Große Bedeutung als Rohstoff für die Produktion von Lithium können granitische Pegmatite haben, deren Vorräte nahezu unerschöpflich sind. Es wird damit gerechnet, daß in einem Kubikkilometer

Granit 112 000 Tonnen Lithium eingeschlossen sind. Das wäre 30mal mehr, als zur Zeit in allen kapitalistischen Ländern gefördert wird. Neben Lithium enthalten die Granitlager Niob, Tantal, Zirkon, Thorium, Uran, Neodym, Praseodym, Zäsium und noch viele andere seltene Elemente. Heute sind Wissenschaftler damit beschäftigt, Methoden zu suchen, die es den Menschen erlauben, die »Vorratskammer Granit« zu öffnen. Eines Tages wird es ihnen gelingen!

Das Metall des kosmischen Zeitalters – Beryllium

Be

Märchen werden Wahrheit · Die Smaragdgruben der Königin Kleopatra · »Er ist grün, rein, heiter und zart« · Die Schätze der mexikanischen Gräber · Das Geheimnis der Inkas · Eine folgenschwere Revision · Ein einmaliger Stein kehrt nach Rußland zurück »Grüner Morgen und blutiger Abend« · Das »verwundete« Ausstellungsstück · Die sensationelle Mitteilung des Chemikers Vauquelin · Der »Ruhestörer« im System · Ein »Urteil« wird revidiert · Helfer der Raumfahrt · Eine ungewöhnliche Bestellung · Die Vereinigung der Leichtesten · Der Bremsstoff für Neutronen · Der Schall bricht Rekorde · Die Atom»nadel«

Beryllium ist eines der bemerkenswertesten Elemente und von erheblicher praktischer Bedeutung.
Der berühmte sowjetische Wissenschaftler A. E. Fersman schrieb vor 50 Jahren: »Die Beherrschung des Luftraumes, die kühnen Flüge der Flugapparate und Raumschiffe wären nicht möglich ohne Einsatz der Leichtmetalle. Es läßt sich jetzt schon absehen, daß zu den gegenwärtig in der Luft- und Raumfahrt verwendeten Metallen Aluminium und Magnesium noch Beryllium hinzukommen wird. Dann werden Flugzeuge mit Geschwindigkeiten von tausenden Kilometern in der Stunde fliegen.
Die Zukunft dem Beryllium!
Geochemiker, sucht neue Lagerstätten!
Chemiker, lernt, dieses leichte Metall von seinem Sputnik, dem Aluminium, zu trennen!
Technologen, stellt die leichtesten Legierungen her, die nicht in Wasser untertauchen, die hart sind wie Stahl, elastisch wie Gummi, beständig wie Platin und dauerhaft wie ein Edelstein!
Es kann sein, daß diese Worte märchenhaft klingen, aber wurden nicht viele Träume vor unseren Augen Wirklichkeit?
Gehören sie heute nicht schon zum Alltag?
Wir vergessen, daß uns noch vor 70 Jahren Radio und Tonfilm wie phantastische Märchen erschienen!
Beryllium ist wirklich ein Metall der Zukunft!
Im Periodensystem findet man wenige Elemente, deren Geschichte so weit in die Vergangenheit zurückgreift, wie die des Berylliums.
Vor etwa zwei Jahrtausenden förderten in der Wüste Nubiens, wo sich die bedeutendsten Smaragdgruben der Königin Kleopatra befanden, Sklaven wunderbare Kristalle dieses grünen Steines. Kamelkarawanen brachten die Smaragde zu den Küsten des Roten Meeres, und von dort gelangten sie an die Höfe der mächtigsten Fürsten Europas, des Nahen und Fernen Ostens, der byzantinischen Imperatoren, der persischen Schahs, der chinesischen Kaiser und der indischen Maharadschas.
Mit prächtigem Glanz, reiner Färbung, wunderschönem Farbenspiel, bald sattgrün, fast dunkel, bald hell funkelnd, bezauberte der Smaragd zu allen Zeiten den Menschen.
Der römische Imperator Nero liebte es, durch einen großen geschliffenen Smaragdkristall die Kämpfe der Gladiatoren zu betrachten.
»Er ist grün, rein, heiter und zart wie das Gras des Frühlings.« So schrieb A. I. Kuprin über den Smaragd.
Mit der Entdeckung Amerikas wurde in der Geschichte des grünen Steines eine neue Seite geschrieben. In den Gräbern und Kirchen Mexikos, Perus und Kolumbiens entdeckten die Spanier ungeheure Mengen großer dunkelgrüner Smaragde. Im Laufe einiger Jahre hatten die Eroberer diese Kunstdenkmäler mit ihren märchenhaften Schätzen ausgeplündert. Lange aber blieb ihnen der Ort verborgen, wo dieser wunderschöne Edelstein zutage gefördert wurde. Erst in der Mitte des 16. Jahrhunderts gelang es den Eroberern Amerikas, das Geheimnis der Inkas zu lüften und zu den Smaragdgruben Kolumbiens vorzudringen. Dieser Smaragd beherrschte wegen seiner Schönheit das Juweliergeschäft bis zum 19. Jahrhundert. Im

Jahre 1831 fand der Pechsieder Maxim Koshewnikow im Uralgebirge, nicht weit von dem kleinen Fluß Tokowaja, beim Holzsammeln den ersten Smaragd in Rußland. Die großen hellgrünen Smaragde des Urals fanden schnell Anerkennung bei den Juwelieren in aller Welt.
1834 wurde an einem der Fundorte im Ural ein riesiger, herrlicher Smaragd mit einer Masse von 2226 g gefunden. Der Direktor der Grube, Kakowin, konnte sich von dem märchenhaften Stein nicht trennen. Er ließ nichts von dem Fund verlauten und bemühte sich, den Smaragd sicher zu verstekken. Trotzdem mußten Gerüchte über den einmaligen Fund nach Petersburg gelangt sein, denn von dort wurde überraschend eine Revision veranlaßt. Der Stein wurde schnell gefunden und in die Hauptstadt gebracht. Der unrechtmäßige Besitzer und Liebhaber des Smaragdes kam ins Gefängnis, wo er Selbstmord verübte.
In Petersburg gelangte der Stein aber noch nicht in den Staatsschatz. Zuerst war er im Besitz des Grafen Perowski, von dort kam er in die Hände des Fürsten Kotschubei. Nach der Zerstörung der Besitzungen Kotschubeis im Jahre 1905 gelangte der Smaragd nach Wien. Von der russischen Regierung mußte er für eine hohe Geldsumme zurückgekauft werden. Heute schmückt der Wunderstein die Kollektion des mineralogischen Museums der Akademie der Wissenschaften in Moskau.
Der Smaragd ist eines der zahlreichen Minerale des Berylliums. Der bläulichgrüne, der Farbe des Meeres gleichende Aquamarin, der kirschrosafarbene Rosaberyll, der weingelbe Heliodor und der gelblichgrüne, schlangenfarbene Beryll,

der reinstem Wasser gleichende Phenakit und der zartblaue Euklas, der durchsichtig grüne Chrysoberyll und seine wunderbare Abart Alexandrit – zartgrün am Tage und Karmesinrot bei künstlicher Beleuchtung (»grüner Morgen und blutiger Abend«, so beschrieb ihn N. S. Leskow bildlich) – dies sind nur einige, aber vielleicht die berühmtesten Vertreter der Familie der berylliumhaltigen Edelsteine.

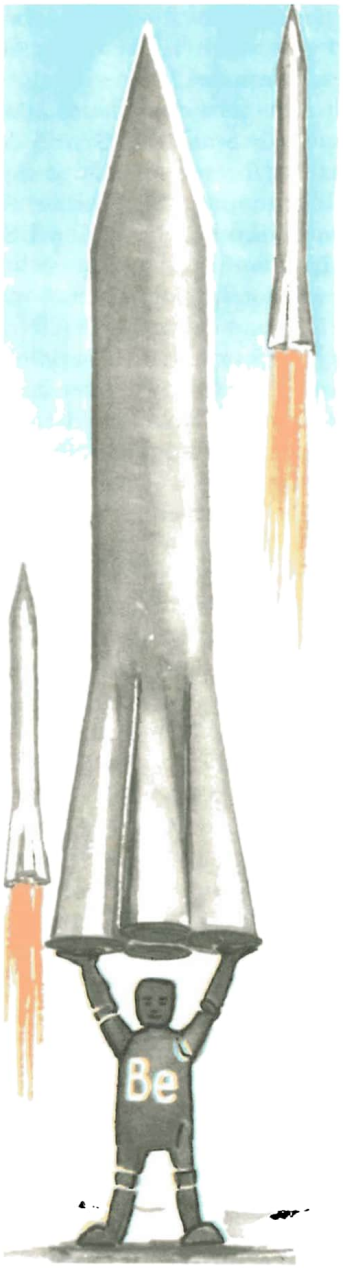
Industrielle Bedeutung hat von ihnen nur der Beryll, der ungefähr fünf Prozent Beryllium enthält (im Mittel kommen auf eine Tonne Erdreich nur 3,5 g dieses Elements). In der Natur trifft man auf Kristallgiganten des Berylls. Viele wiegen mehr als zehn, einige über hundert, manche sogar über tausend Kilogramm. Die Länge des bisher größten Fundes beträgt etwa 9 Meter. Im Bergbaumuseum von Leningrad gibt es ein interessantes Ausstellungsstück – einen Beryllkristall von 1,5 Meter Länge. In der Winterblockade 1942 durchschlug ein Geschoß das Dach des Gebäudes und explodierte im Hauptsaal. Splitter beschädigten den Kristall erheblich. Er konnte seitdem in der Ausstellung nicht mehr gezeigt werden. Durch jahrelange sorgsame Restaurierungsarbeit gelang es, dem wertvollen Stein seine ursprüngliche Form und Schönheit wiederzugeben. Heute erinnern nur noch zwei verrostete Geschoßsplitter an das Ereignis, die in einer Platte aus durchsichtigem Kunststoff eingefaßt sind. Eine Schrifttafel weist auf das Schicksal dieses Ausstellungsstückes hin.

Es ist nicht verwunderlich, daß nicht nur Liebhaber von Kostbarkeiten, sondern auch Chemiker den berylliumhaltigen Edelsteinen von jeher große Aufmerksamkeit schenkten.

Im 18. Jahrhundert war der Wissenschaft das Element noch nicht bekannt. Viele Forscher versuchten den Beryll zu analysieren. Anfänglich gelang es jedoch keinem, das in ihm enthaltene neue Metall zu entdecken. Es verbarg sich hinter dem »Rükken« des Aluminiums und dessen Verbindungen. Viele Eigenschaften dieser beiden Elemente haben eine erstaunliche Ähnlichkeit. Natürlich gibt es auch Unterschiede. Diese wurden zuerst von dem französischen Chemiker Louis Nicolas Vauquelin bemerkt, der am 15. Februar 1798 in der französischen Akademie die sensationelle Mitteilung machte, daß im Beryll und im Smaragd eine neue »Erde« enthalten sei, die sich in ihren Eigenschaften von Tonerde bzw. Aluminiumoxid unterscheidet.

Vauquelin schlug vor, das entdeckte Element wegen des süßlichen Geschmacks seiner Salze »Gluzinium« zu nennen (im Griechischen: glykeros = süß). Heute hat sich diese Bezeichnung nur in Frankreich erhalten, während in anderen Ländern für das Element der Name Beryllium über-

nommen wurde, der auf einem Vorschlag der bekannten Chemiker M. Klapproth und A. G. Ekeberg beruht.
Die Ähnlichkeit von Beryllium und Aluminium bereitete D. J. Mendelejew bei der Aufstellung des Periodensystems der Elemente große Schwierigkeiten. In der Mitte des 19. Jahrhunderts wurde Beryllium wegen seiner Ähnlichkeit mit Aluminium zu den dreiwertigen Metallen mit einem Atomgewicht von 13,5 gezählt. Folglich hätte es im Periodensystem den Platz zwischen Kohlenstoff und Stickstoff einnehmen müssen. Aus dieser Sachlage resultierte Verwirrung über die gesetzmäßigen Unterschiede der Eigenschaften der Elemente. Die Richtigkeit des Gesetzes der Periodizität wurde in Zweifel gestellt. Mendelejew, der von der Unantastbarkeit seiner Idee überzeugt war, vermutete eine falsche Bestimmung des Atomgewichts des Elementes Beryllium und kam zu der berechtigten Annahme, daß dieses Element mit magnesiumähnlichen Eigenschaften zweiwertig sein müsse. Er setzte deshalb Beryllium in die zweite Gruppe und korrigierte das Atomgewicht auf 9. Bald darauf erfolgte die Bestätigung durch die schwedischen Chemiker L. F. Nilson und O. Pettersson, die anfangs von der Dreiwertigkeit des Berylliums fest überzeugt waren. Ihre sorgfältigen Forschungen zeigten, daß das Atomgewicht dieses Elementes 9,1 ist. So wurde mit Hilfe des »Ruhestörers« Beryllium das Periodensystem als eines der berühmtesten Gesetze der Chemie bestätigt.
Die Bestimmung und die erste Anwendung dieses Elements ähneln in vieler Beziehung denen anderer Metalle. 1828 wurde es von F. Wöhler und A. A. Bussy zum ersten Mal in freier Form erhalten. Aber erst nach sieben Jahrzehnten gelang es dem Franzosen P. Lebeau, reines metallisches Beryllium durch Elektrolyse geschmolzener Salze herzustellen. Kein Wunder, daß noch am Anfang unseres Jahrhunderts in den Nachschlagewerken der Chemie das Beryllium als Element ohne praktische Bedeutung gekennzeichnet wurde.
Die stürmische Entwicklung der Wissenschaft und Technik im 20. Jahrhundert führte dazu, daß die Chemiker dieses offensichtlich ungerechte Urteil überprüften. Die genaue Untersuchung von reinem Beryllium zeigte, daß dieses Metall erstaunliche Eigenschaften aufweist. Als eines der leichtesten Metalle zeichnet es sich durch eine bedeutende Festigkeit aus. Sie kann größer sein als die von Konstruktionsstählen. Beryllium hat auch eine höhere Schmelztemperatur als Magnesium und Aluminium. Die Verknüpfung günstiger Eigenschaften macht Beryllium heute zu einem wichtigen Werkstoff für die Raumfahrt. Teile von Flugzeugen, die aus Beryllium gefertigt werden, sind 1,5mal leichter als Aluminiumteile. Ausgezeichnete Temperaturleitfähigkeit, eine hohe Wärmekapazität und Warmfestigkeit ermöglichen es, Beryllium und seine Verbindungen als Werkstoff in der kosmischen Technik und als Wärmeschutzmaterial zu verwenden. Nach Mitteilung der amerikanischen Presse bestanden Spitze und Boden des kosmischen Raumschiffes Friendship-7, mit welchem John Glenn seinen Orbitalflug ausführte, aus Beryllium.
Berylliumteile, die sich durch eine hohe Genauigkeit und Stabilität ihrer Abmessung auszeichnen, werden in Gyroskopen verwendet. Das sind Geräte, die zum



Orientierungs- und Stabilisierungssystem von Raketen, kosmischen Raumschiffen und künstlichen Sputniks gehören.
Für seine Verwendung in der kosmischen Technik hat Beryllium noch eine besondere Eigenschaft: Bei seiner Verbrennung entstehen enorme Wärmemengen, 15 000 kcal/kg. Deshalb kann Beryllium als Komponente von Raketentreibstoff mit hohem Energiegehalt eingesetzt werden. Für den Flug zum Mond mit dem Raumschiff »Surveyor« war ein Brennstoff mit Zusätzen dieses Materials vorgesehen.
Legierungen des Kupfers mit Beryllium, die Berylliumbronzen, werden in der Luftfahrt erfolgreich angewendet. Aus ihnen werden Teile gefertigt, die folgende Eigenschaften aufweisen: hohe Festigkeit, große Ermüdungs- und Korrosionsfestigkeit, Beibehaltung der Elastizität in einem breiten Temperaturintervall, hohe elektrische und Wärmeleitfähigkeit. Mehr als 1000 Teile moderner Großflugzeuge werden aus diesen Legierungen gefertigt. Dank ihrer hohen Elastizität wird Berylliumbronze als ausgezeichnetes Federnmaterial verwendet. Federn aus diesen Bronzen ermüden fast nicht. Sie überstehen bis zu 20 Millionen Lastwechsel.
Mit der Produktion von Federn steht eine interessante Episode aus dem zweiten Weltkrieg in Verbindung. Die Rüstungsindustrie Hitlerdeutschlands verfügte nicht über berylliumhaltige Rohstoffe. Die Weltproduktion dieses strategisch wichtigen Metalls lag fast vollständig in den Händen der Vereinigten Staaten von Amerika. Die Faschisten versuchten, durch eine List in den Besitz von Berylliumbronze zu kommen. Die Einfuhr sollte illegal über Schweden erfolgen. Die schwedischen »Uhrma-

cher« bestellten bei amerikanischen Firmen riesige Mengen der wertvollen Legierung. Diese hätten ausgereicht, den Bedarf an Uhrfedern in der ganzen Welt für mindestens 500 Jahre zu decken. Der Hinterhalt wurde zwar erkannt, aber die neuen Schnellfeuerkanonen der faschistischen Luftwaffe konnten dennoch mit Federn aus Berylliumbronzen ausgestattet werden.

Eine »Berufskrankheit« vieler Metalle und Legierungen ist die Ermüdung, d. h., Teile, die unter wechselnder Belastung stehen, werden im Laufe der Zeit zerstört. Schon geringe Zusätze an Beryllium im Stahl wirken sich gegen Ermüdung günstig aus. Während Automobilfedern aus gewöhnlichem Kohlenstoffstahl schon nach 800 000 bis 850 000 Stößen brechen, ertragen die gleichen Federn aus Stahl mit etwas »Beryllium-Vitamin« 14 Millionen Stöße.

Beim Zusammenschlagen von Stahl mit Stein oder Metall entstehen Funken. Diese treten aber nicht beim Aufschlag von Berylliumbronzen auf. Deshalb verwendet man diese bevorzugt zur Herstellung von Geräten, die bei explosionsgefährdeten Arbeiten eingesetzt werden, wie in Schächten, auf Erdölfeldern oder in Sprengstoffwerken.

Beryllium beeinflußt sehr wesentlich auch die Eigenschaften von Magnesium. So verhindert bereits ein hundertstel Prozent Beryllium die Entflammbarkeit von Magnesiumlegierungen beim Schmelzen und Gießen, d. h. bei etwa 700 Grad Celsius. Außerdem wird die Korrosion der Magnesiumlegierungen sowohl an Luft als auch in Wasser wesentlich verringert. Eine große Zukunft haben offensichtlich Legierungen des Berylliums mit Lithium. Die Vereinigung dieser beiden leichtesten Metalle könnte zu Legierungen führen, die auf dem Wasser schwimmen.

Beryllium ist ein ausgezeichnetes Desoxydationsmittel für Stahl, auf Grund des hohen Preises wird es aber für diesen Zweck noch nicht genutzt. Der Preis für ein Kilogramm Beryllium beträgt in den USA etwa 1 000 Dollar, das übersteigt wesentlich die Kosten von Tantal, Niob, Zirkon oder Silber.

Die Metallurgen fanden für Beryllium noch eine andere wichtige Verwendung. Die Sättigung der Oberfläche von Stahlteilen mit Beryllium, die sogenannte »Beryllisation«, erhöht ihre Härte sowie die Korrosions- und Verschleißfestigkeit bedeutend.

Wichtige Verwendungsmöglichkeiten hat das Beryllium weiterhin in der Röntgentechnik, da seine Durchlässigkeit für Röntgenstrahlen besser ist als bei allen

anderen an Luft beständigen Metallen. Die »Fenster« für Röntgenröhren werden heute ausschließlich aus Beryllium hergestellt. Ihre Durchlässigkeit ist 17mal größer als die der früher verwendeten Aluminiumfenster.

Beryllium spielte bei der Erforschung der Natur, des Aufbaues des Atoms und seines Kerns eine wichtige Rolle. Schon zu Beginn der 30er Jahre entdeckten die deutschen Physiker W. Bothe und G. Becker die sogenannte Berylliumstrahlung, indem sie Beryllium mit Alphateilchen bombardierten. Obwohl von geringer Intensität, hat diese Strahlung ein so hohes Durchdringungsvermögen, daß sie von Bleischichten mit einigen Zentimetern Dicke nicht abgeschirmt werden kann. Die Ursache fand 1932 der Engländer Chadwick. Es handelte sich um einen Strom elektrisch neutraler Teilchen, deren Masse etwa gleich der Masse eines Protons ist. Die neuen Teilchen wurden Neutronen genannt. Die Abwesenheit elektrischer Ladungen erlaubt es den Neutronen, leicht in den Kern der Atome anderer Elemente einzudringen. Auf diese Weise ist das Neutron ein effektives Geschoß der »atomaren Artillerie«. Heute werden Neutronenstrahlen in großem Umfang für die Auslösung von Kernreaktionen angewendet.

Die Erforschung der atomaren Struktur des Berylliums zeigte, daß für sie ein geringer Einfangquerschnitt für Neutronen und ein großer Streuungskoeffizient charakteristisch sind. Dank dieser Eigenschaften bremst Beryllium die »schnellen Neutronen« auf die Geschwindigkeit der bei Kernreaktionen nützlich wirksamen »langsamen Neutronen«. Von allen festen Werkstoffen zählt Beryllium zu den besten Bremsstoffen für Neutronen. Reaktormäntel aus Beryllium reflektieren Neutronen wie ein Spiegel das Licht und verhindern ihr Entweichen aus der aktiven Zone des Reaktors. Es hat selbst bei sehr hohen Temperaturen große Beständigkeit gegen Bestrahlung.

Alle diese hervorragenden Eigenschaften machen Beryllium zu einem der wichtigsten Elemente der Kerntechnik. Für die Wissenschaft ist die akustische Leitfähigkeit dieses Metalls von besonderem Interesse. In Luft beträgt die Geschwindigkeit des Schalls 330 m/s, in Wasser 1450 m/s, in Stahl 5000 m/s. Beryllium aber hält den Rekord mit 12 500 m/s.

Viele wertvolle Eigenschaften hat auch das Berylliumoxid. Es ist hochfeuerfest (seine Schmelztemperatur beträgt 2570 °C) und zeichnet sich durch eine außerordentliche chemische Beständigkeit und große Wärmeleitfähigkeit aus. Deshalb wird es als Material für die Auskleidung von Induktionsöfen und für die Anfertigung von Tiegeln zum Schmelzen verschiedener Metalle und Legierungen verwendet. Das Erschmelzen von Beryllium im Vakuum wird z. B. in Tiegeln aus reinem Berylliumoxid durchgeführt, die dabei keinerlei Wechselwirkung mit dem Metall zeigen. Dieses Material wird auch als Grundkomponente für die Hüllen der wärmetauschenden Elemente in Atomreaktoren eingesetzt. Die wärmeisolierenden Eigenschaften des Berylliumoxids können möglicherweise auch bei der Erforschung der tieferen Schichten unseres Planeten genutzt werden. Es existiert bereits ein Projekt für die Gewinnung von Proben des Erdmantels aus einer Tiefe bis zu 32 km mit Hilfe einer sogenannten »Atomnadel«. Diese Einrichtung stellt einen Minia-

turatomreaktor dar, der in ein wärmeisolierendes Futter aus Berylliumoxid eingeschlossen ist.
Verhältnismäßig lange schon wird Berylliumoxid in der Glasindustrie verwendet. Sein Zusatz erhöht die Festigkeit, die Brechungszahl und die chemische Beständigkeit des Glases. Die Einführung von Berylliumoxid oder anderer Berylliumverbindungen erlaubt es, Spezialgläser mit hoher Durchlässigkeit für alle Strahlen des Spektrums – vom ultravioletten bis zum infraroten Bereich – herzustellen.
Die prophetischen Worte des bedeutenden Wissenschaftlers A. E. Fersman haben sich bewahrheitet.
Die Forschung benötigte eine relativ kurze Zeit, um die in das Beryllium gesetzten Erwartungen zu erfüllen. Aus einem relativ unbekannten und seltenen Element ist heute ein wichtiges Metall des 20. Jahrhundert geworden.

Kämpfer gegen die Müdigkeit – Magnesium

Mg

Probleme der Alchimisten · Sie suchten den Stein der Weisen und fanden ... · Die Wahrheit liegt im Wasser · Es endet ohne Feuerwerk · Ein Streichholz genügt · In den unteren Schichten des Erdmantels verborgen · Schätze des Meeres · Neptun kann beruhigt sein Jeder gibt seinen Anteil · Unter schweren Bedingungen · Ein weites Arbeitsfeld für die Metallurgen · Das Bild erscheint sofort · »Nicht erschrecken, ich fotografiere!« · Feste Eierschalen · Es droht der Infarkt · »Wünschen Sie einen Sohn oder eine Tochter?« · Neues Feuerfestmaterial · Große Aufgaben in der Zukunft

Eines der Hauptprobleme, mit denen sich im Mittelalter die Jünger der noch in den Kinderschuhen steckenden Wissenschaft in den alchimistischen Laboratorien herumschlugen, war die Suche nach dem berüchtigten »Stein der Weisen«. Mit seiner Hilfe hofften sie, das Geheimnis des Goldmachens aus unedlen Metallen zu finden. Sie suchten dabei in verschiedenen Richtungen. Die einen schlugen vor, zu diesem Zweck Blei zu verwenden. Es sollte bis zum Erscheinen des »roten Löwen« erhitzt werden (das heißt bis zum Schmelzpunkt). Sodann war es zu kochen in weinsaurem Alkohol. Andere wiederum meinten, als Rohstoff für die Produktion des »Steins der Weisen« eigne sich am besten der Harn von Lebewesen. Eine dritte Gruppe suchte die Wahrheit im Wasser.

Am Ende des 18. Jahrhunderts befaßte sich ein englischer Alchimist, offensichtlich ein Anhänger der letztgenannten Richtung, mit diesem Problem. Bei der Verdampfung von Quellwasser aus der Nähe der Stadt Epsom erhielt er zwar nicht den erstrebten Wunderstein, dafür aber ein Salz, das einen bitteren Geschmack hatte und abführende Wirkung zeigte. Einige Jahre später stellte man fest, daß es bei der Reaktion mit »festem Laugensalz« (so wurden damals Soda und Pottasche genannt) ein leichtes, lockeres, weißes Pulver bildet. Das gleiche Pulver erhielt man beim Glühen eines Minerals, das in der Nähe der griechischen Stadt Magnesia gefunden wurde. Wegen dieser Übereinstimmung wurde das Epsomsalz »weiße Magnesia« genannt.

1808 analysierte der junge englische Wissenschaftler Sir Humphrey Davy die weiße Magnesia, und er entdeckte ein neues Element, das er Magnesium nannte. Eine

Feier aus Anlaß der Entdeckung begleitete noch kein Feuerwerk, weil zu dieser Zeit noch nicht bekannt war, daß der Neuling unter den Metallen ausgezeichnete pyrotechnische Eigenschaften aufweist. Magnesium ist ein sehr leichtes silberweißes Metall. Es ist fast 5mal leichter als Kupfer und 4,5mal leichter als Eisen. Sogar Aluminium, das »geflügelte Metall«, ist um 1,5mal schwerer als Magnesium. Die Schmelztemperatur des Magnesiums liegt nicht sehr hoch, etwa bei 650 Grad Celsius. Unter normalen Bedingungen ist das Schmelzen von Magnesium jedoch ziemlich schwierig, da es sich im schmelzflüssigen Zustand leicht entzündet und sofort mit blendendheller Flamme verbrennt. Um Metallpulver zu entflammen, genügt ein brennendes Streichholz.

Bei der Verbrennung des Magnesiums entstehen viel Wärme und ultraviolette

Strahlung. Vier Gramm dieses »Brennstoffes« genügen, um ein Trinkglas voll Eiswasser zum Sieden zu bringen.
An Luft wird Magnesium bald matt, weil es sich mit einer Oxidhaut überzieht. Dieser Überzug dient als zuverlässiger Panzer, der das Metall vor weiterer Oxydation schützt. Magnesium ist sehr aggressiv, es entzieht leicht Sauerstoff und Chlor aus vielen Oxiden und Chloriden und ist beständig gegen die Einwirkung von Soda, Ätznatron, Benzin, Kerosin und Mineralöl. In Meeres- und Mineralwasser löst es sich jedoch auf. Mit kaltem Wasser reagiert es fast nicht, verdrängt aber aus heißem Wasser energisch den Wasserstoff.
Die Erdrinde hat einen reichlichen Anteil an Magnesium, mehr als 2,3 Prozent. Lediglich sechs der Elemente aus dem Periodensystem von Mendelejew finden sich in der Natur in noch größeren Mengen. Die Wissenschaftler meinen, daß besonders in den tieferen Schichten der Erdrinde der Gehalt an diesem Element besonders hoch ist. Magnesium kommt in fast 200 bekannten Mineralen vor. Natürlich können nicht alle von ihnen als Rohstoff für dieses Metall verwendet werden. Die größte industrielle Bedeutung haben Magnesit, Dolomit und Carnallit.
Für die Magnesiumproduktion sind zwei industrielle Verfahren bekannt: das thermische und das elektrolytische. Im ersten Fall wird das Magnesium unmittelbar aus dem Oxid als Folge der Einwirkung eines Reduktionsmittels (Kohlenstoff, Aluminium, Silizium usw.) gewonnen. Dieses Verfahren ist zwar einfach, jedoch ist die Elektrolyse geschmolzener Magnesiumsalze, hauptsächlich die von Magnesiumchlorid, das bedeutendste Verfahren zur industriellen Gewinnung von Magnesium. Auf diesem Wege wird ein sehr reines Metall mit mehr als 99,99 Prozent Magnesium gewonnen.
Nicht nur die Erdrinde ist reich an Magnesium, sondern auch die Ozeane und Meere haben unerschöpfliche und sich ständig ergänzende Vorräte. In einem Kubikmeter Meerwasser sind etwa 4 Kilogramm Magnesium enthalten. In den Gewässern der Ozeane und Meere sind mehr als $6 \cdot 10^{16}$ Tonnen dieses Elementes gelöst.
Um welche gewaltige Menge es sich hier handelt, soll ein Beispiel verdeutlichen. Seit Beginn unserer Zeitrechnung sind etwas mehr als 60 Milliarden ($6 \cdot 10^{10}$) Sekunden vergangen. Wenn in den ersten Tagen unserer Ära die Menschen mit der Förderung von Magnesium aus Meereswasser begonnen hätten, so müßten sie in jeder Sekunde eine Million Tonnen Magnesium gewonnen haben, um die Vorräte des Meeres bis zum heutigen Tage aufgebraucht zu haben.
Bis jetzt braucht Neptun noch nicht um seine Schätze zu bangen! Selbst während des zweiten Weltkrieges, als die Magnesiumproduktion den höchsten Stand erreichte, wurden aus dem Meereswasser nicht mehr als 80 000 Tonnen Magnesium je Jahr (und nicht in der Sekunde!) gewonnen. Die Technologie seiner Gewinnung ist einfach. Das Meereswasser wird in großen Tanks mit Kalkmilch vermischt, die aus Meeresmuscheln hergestellt wird. Als Ergebnis bildet sich sogenannte »Magnesiamilch«. Diese wird dann in Magnesiumchlorid umgewandelt. Die Trennung vom Chlor erfolgt durch Elektrolyse. Unlängst projektierte eine japanische Firma eine Fabrik für die komplexe Ausnutzung

von Meereswasser. Nach den geplanten Werten erhält man bei der Verarbeitung von vier Millionen Liter Wasser 108 Tonnen Kochsalz, 2,2 Tonnen Glaubersalz, 16,7 Tonnen Chlor und 15,9 Tonnen Magnesium. Außerdem kann die Fabrik drei Millionen Liter Trinkwasser und eine große Menge Sole für die Produktion von kaustischer Soda abgeben.

Auch das Wasser von Magnesiumchlorid enthaltenden Salzseen ist eine Quelle für Magnesium. In der UdSSR gibt es derartige Magnesiumvorräte auf der Krim und in anderen Gebieten.

Jetzt wissen wir bereits, was Magnesium ist und wie es gewonnen wird. Wofür aber wird dieses Element, wozu werden seine Verbindungen verwendet?

Seine geringe Dichte könnte dieses Metall zu einem ausgezeichneten Konstruktionswerkstoff machen. Da das reine Magnesium aber sehr weich ist, kann der Konstrukteur nur Legierungen dieses Metalls verwenden. Besonders häufig wird Magnesium mit Aluminium, Zink und Mangan legiert. Alle diese Komponenten leisten einen Beitrag zu den allgemeinen Eigenschaften der Legierung: Aluminium und Zink erhöhen die Festigkeit, Mangan erhöht die Korrosionsbeständigkeit, und Magnesium verleiht der Legierung die geringe Dichte. Teile aus Magnesiumlegierungen sind um 20 bis 30 Prozent leichter als Aluminiumlegierungen und 50 bis 75 Prozent leichter als Gußeisen und Stähle.

Magnesiumlegierungen können noch weitere Zusätze von Elementen, die ihre Warmfestigkeit und Plastizität erhöhen und ihre Oxydationsfähigkeit verringern, enthalten. Dazu gehören zum Beispiel Beryllium, Kalzium, Zer, Lithium, Thorium und Zirkonium.

Magnesium hat aber auch »Feinde«, zu

denen Eisen, Silizium und Nickel zu zählen sind, die seine Korrosionsbeständigkeit verschlechtern.
Breite Anwendung finden Magnesiumlegierungen im Flugzeugbau. 1935 wurde in der UdSSR das Flugzeug »Sergo Ordshonikidse» gebaut, das fast zu 80 Prozent aus Magnesiumlegierungen bestand. Das Flugzeug durchlief erfolgreich alle Erprobungen und war lange Zeit unter schwierigen Betriebsbedingungen im Einsatz.
Raketen, Teile von Kernreaktoren, Teile von PKW-Motoren, Tanks für Benzin und Öl, Waggons, Autobusse, leichte Maschinen, Räder, Ölpumpen, Abbauhämmer, pneumatische Bohrer, Foto- und Kinoapparate, Ferngläser und viele andere Geräte und Geräteteile werden aus Magnesiumlegierungen gefertigt.
Eine große Rolle spielt Magnesium in der Metallurgie. Es wird als Reduktionsmittel bei der Produktion einer Reihe von Metallen verwendet (Vanadium, Chrom, Titan, Zirkon). Die Einführung von Magnesium in flüssiges Gußeisen modifiziert diesen Werkstoff, d. h., es verbessert seine Struktur und erhöht die mechanischen Eigenschaften. Gußstücke aus modifiziertem Gußeisen können mit Erfolg Schmiedeerzeugnisse aus Stahl ersetzen. Außerdem kann Magnesium als Desoxydationsmittel für Stahl und Legierungen verwendet werden (es verringert den Gehalt an Sauerstoff, der in diesen Metallen eine schädliche Auswirkung hat).
Wie allgemein bekannt ist, beginnen die üblichen Radioröhren erst dann normal zu arbeiten, wenn sie bis 800 Grad Celsius erhitzt sind. Wenn wir einen Radioempfänger oder einen Fernsehapparat (der noch mit Röhren bestückt ist) einschalten, dauert es eine gewisse Zeit, bis die Musik ertönt oder der Bildschirm aufleuchtet. Um diesen Nachteil der Röhren zu beseitigen, schlugen polnische Wissenschaftler vor, die Katoden mit Magnesiumoxid zu überziehen. Die neuen Röhren arbeiten sofort nach dem Einschalten. Heute werden vorwiegend Transistoren verwendet.
Die Eigenschaft des Magnesiums, in Form von Pulver, Draht oder Band mit weißer, blendender Flamme zu verbrennen, wird in der Kriegstechnik weitgehend angewendet, z. B. für die Herstellung von Beleuchtungs- oder Signalraketen, für Leuchtkugeln, für Leuchtspurmunition und Brandbomben.
Vor wenigen Jahren noch war dieses Metall auch den Fotografen sehr vertraut. Personen, die durch eine Blitzlichtaufnahme ihr Konterfei der Nachwelt erhalten wollten, wurden auf das grelle Licht des Magnesiums mit den Worten vorbereitet: »Bitte nicht erschrecken, ich fotografiere!«

Magnesium hat auch in der Biologie eine große Bedeutung. Es ist der chemisch-zentrale Bestandteil des Chlorophylls (Blattgrüns). Das Chlorophyll vermag das Kohlendioxid der Luft und des Wassers unter Mitwirkung der Energie des Sonnenlichts in organische Verbindungen (Kohlehydrate) umzuwandeln. Die Kohlehydrate sind die Grundlage für die Ernährung von Mensch und Tier. Diesen Vorgang nennt man Fotosynthese. Er ist mit dem Freiwerden von Sauerstoff aus den Blättern verbunden.

Das Chlorophyll enthält zwei Prozent dieses Elementes. Wieviel ist das? Urteilen Sie selbst! Die gesamte Menge an Magnesium im Chlorophyll der Pflanzen beträgt etwa 100 Milliarden Tonnen! Magnesium ist aber in allen lebenden Organismen enthalten. Ein menschlicher Körper, der 60 Kilogramm wiegt, enthält etwa 25 Gramm Magnesium.

Vor einigen Jahren machten Wissenschaftler der Universität Minnesota (USA) Eierschalen zum Objekt ihrer Forschungsarbeiten. Sie stellten fest, daß die Schalen um so fester sind, je höher ihr Gehalt an Magnesium ist. Wenn die Zusammensetzung des Geflügelfutters geändert wird, kann also die Festigkeit der Eierschalen erhöht werden. Diese Feststellung ist für die Landwirtschaft sehr wichtig, denn allein im Staate Minnesota überschreiten die jährlichen Verluste durch Eibruch eine Million Dollar. Niemand kann sagen, daß diese Arbeit der Wissenschaftler »nicht die Eierschalen wert« war.

Magnesium wird in großem Umfang auch in der Medizin verwendet. Wir erinnerten schon an das »englische Salz«, das Magnesiumsalz der Schwefelsäure (schwefelsaure Magnesia), das als isotonische Lösung ein zuverlässiges und schnellwirkendes Abführmittel ist. Magnesiumperoxidatum mit einem Mindestgehalt von 25 Prozent reinem Magnesiumoxid wird bei erhöhtem Säuregehalt des Magensaftes, bei Sodbrennen und Säurevergiftungen verwendet.

Die Statistik zeigt, daß bei Bewohnern warmer Klimazonen Krämpfe der Blutgefäße seltener anzutreffen sind als bei den Bewohnern kalter Zonen. Es ist bekannt, daß durch intravenöse und intramuskuläre Injektionen mit Magnesiumsulfatlösungen Verkrampfungen und Spasmen gelöst werden können.

Obst- und gemüsereiche Nahrung erhöht den Vorrat an Magnesiumsalzen im Organismus. Besonders reich an Magnesium sind Aprikosen, Pfirsiche und Rotkraut. Arteriosklerose und andere Herzkrankheiten sind dort seltener, wo die Nahrung besonders reich an Magnesium ist. Das ist vor allem in Asien der Fall.

Tierversuche ungarischer Wissenschaftler bestätigen die Tatsache, daß Mangel an Magnesium im Organismus die Neigung zu Infarkten erhöht. Eine Gruppe von Hunden erhielt Nahrung, die reich war an Magnesiumsalzen, eine andere Gruppe bekam magnesiumarmes Futter. Es zeigte sich, daß sich die letzteren einen Herzinfarkt »erarbeiteten«.

Sehr häufig werden Störungen des Herzmuskels bei nervösen, leicht erregbaren Menschen beobachtet. Es wird damit erklärt, daß im Moment der Reizung im Organismus befindliches Magnesium »verbrennt«. Französische Biologen nehmen an, daß Magnesium den Medizinern im Kampf gegen die Übermüdung, eine der ernstesten Krankheiten des 20. Jahrhunderts, helfen wird. Forschungen ergaben, daß im Blut übermüdeter Menschen weniger Magnesium enthalten ist als im Normalzustand. Selbst geringe Abweichungen der Magnesiumkurve von der Norm beeinflussen den Gesundheitszustand.

Vor nicht allzulanger Zeit entdeckten französische Biologen einen interessanten Einfluß einiger chemischer Elemente auf das Geschlecht der Nachkommenschaft. Ein Überschuß an Kalium in der Nahrung der Mutter führte dazu, daß sie bevorzugt männliche Nachkommen gebar. Wenn ein Überschuß an Kalium und Magnesium in der Nahrung vorhanden war, waren die Nachkommen vornehmlich weiblichen Geschlechts. Es ist möglich, daß die Ärzte schon bald für die werdenden Mütter spezielle Speisekarten ausarbeiten, die die Geburt eines Jungen oder eines Mädchens auf Bestellung garantieren. Aber vorerst wird es nötig sein, den besonderen Einfluß bestimmter Elemente auf den Menschen nachzuweisen, denn die beschriebenen Beobachtungen beziehen sich bisher nur auf Kühe.

Das Anwendungsgebiet von Magnesium-

verbindungen ist nicht nur die Medizin. Magnesiumoxid wird auch in der Gummiindustrie, bei der Produktion von Zement und feuerfesten Steinen angewendet. Unlängst erarbeitete eine kanadische Firma eine Technologie für die Erzeugung des neuen feuerfesten Materials »Yukon«, das sehr beständig ist gegen die Einwirkung von Schlacken und hohe Festigkeit sowie geringe Porosität aufweist. Die Hauptkomponente dieses neuen Materials ist Magnesiumoxid hoher Reinheit.

Magnesiumperoxid wird für das Bleichen von Geweben verwendet. Magnesiumsulfat findet in der Textil- und Papierindustrie als Bleichmittel Verwendung. Wäßrige Lösungen von Magnesiumchlorid sind Voraussetzung für die Herstellung von Magnesiazement, Steinholz und anderen synthetischen Materialien. Magnesiumkarbonat dient zur Herstellung wärmeisolierender Materialien.

Zum Schluß sei noch auf das große Anwendungsfeld des Magnesiums in der organischen Chemie hingewiesen. Pulverförmiges Magnesium wird für das Unschädlichmachen wichtiger organischer Stoffe, z. B. Alkohol und Anilin, eingesetzt. Große Bedeutung haben organische Magnesiumverbindungen, in welchen das Magnesiumatom unmittelbar mit dem Kohlenstoff verbunden ist. Ferner werden Magnesiumhalogenide, die Chlor, Brom oder Jod enthalten, in großem Umfang in der synthetischen Chemie verwendet. Ihre bedeutende Rolle läßt sich daran ermessen, daß 1912 der französische Chemiker Victor Grignard für bahnbrechende Arbeiten auf diesem Gebiet den Nobelpreis erhielt.

Der Wirkungsbereich des Magnesiums in der Natur und in der Volkswirtschaft ist also äußerst vielseitig. Es ist aber wahrscheinlich noch zu früh, von diesem Element zu sagen: »Alles, was es kann, hat es schon geleistet.« Es sind die Voraussetzungen geschaffen, um dem Element Magnesium auch für die Zukunft noch ein weites Betätigungsfeld zu erschließen.

Silber aus Ton – Aluminium

Al

Tiberius beseitigt eine Gefahr · Experimente verzögern sich · Das luxuriöse Kamisol des Monarchen · Die Sensation der Pariser Ausstellung · Bankett am Hof des Imperators · Das kühne Projekt Napoleons III. · Die neuen Uniformen der Kürassiere · Aluminium überall · Mendelejew erhält ein Geschenk · Die Klagen der Bewohner von ... · Die Suche von »Kumpanen« · Wilm glaubt seinen Augen nicht · Die fliegenden Holzkisten verschwinden · Ein Exponat ändert den Paß · »Echo I« reflektiert Radiosignale · »Aluminat taucht in den Abgrund« · Die Russische Troika · Auf Mars und Mond

Der Historiker Plinius der Ältere berichtete über ein interessantes Ereignis, das sich vor fast zwei Jahrtausenden zugetragen hat. Vor dem römischen Imperator Tiberius erschien einst ein Unbekannter. Als Geschenk überreichte er dem Herrscher eine von ihm angefertigte Schale aus einem Metall, das wie Silber glänzte, aber außerordentlich leicht war. Der unbekannte Meister erzählte, daß er imstande wäre, dieses bisher unbekannte Metall aus lehmiger Erde herzustellen. Tiberius erwies sich in diesem Augenblick als undankbarer, grausamer und »kurzsichtiger« Herrscher. Aus Furcht, das neue Metall könnte mit seinen vorzüglichen Eigenschaften die in der Staatskasse aufbewahrten Gold- und Silberschätze entwerten, ließ er dem Erfinder den Kopf abschlagen und seine Werkstatt zerstören, damit jedem die Lust vergehe, sich mit der Produktion des »gefährlichen« Metalls zu befassen. Die Gefahr war vorbei – leider für lange Zeit.

Erst im 16. Jahrhundert, also nach etwa 1500 Jahren, wurde eine neue Seite in der Geschichte des Aluminiums geschrieben. Dies tat der berühmte deutsche Arzt und Naturforscher Paracelsus (sein vollständiger Name war Paracelsus Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim). Bei der Untersuchung verschiedener Mineralien und des Alauns stellte Paracelsus fest, daß das Alaun das Oxid eines bisher nicht bekannten Metalls enthält.

Dieses Oxid ist das bekannte Aluminiumoxid und wurde Tonerde genannt. Das Alaun, für welches sich Paracelsus interessierte, war seit alter Zeit bekannt. Nach Überlieferungen des griechischen Historikers Herodot, der im 5. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung lebte, verwendeten es die alten Völker für das Färben ihrer Gewebe und zur Festigung der Farben. Sie nannten es Alumin. Die erste Erwähnung über die Gewinnung von Alaun im alten Rußland geht auf das 8. bis 9. Jahrhundert zurück. Dort verwendete man es auch für das Färben von Geweben und bei der Herstellung von Saffianleder. Im westlichen Europa wurde es ebenfalls schon im Mittelalter gewonnen.

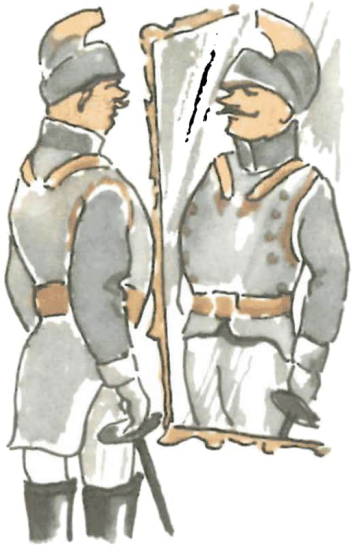
Im Jahre 1754 gelang es dem deutschen Chemiker A. S. Marggraf, die »Alaunerde«, über die 200 Jahre vorher Paracelsus geschrieben hatte, zu extrahieren. Noch einige Jahrzehnte vergingen, bis der englische Chemiker Sir Humphrey Davy versuchte, das Metall zu erhalten, das sich im Alaun verbarg. Im Jahre 1807 gelang es ihm, durch Elektrolyse von Laugen das Natrium und das Kalium zu entdecken. Die Zerlegung von Tonerde mit Hilfe des elektrischen Stroms erreichte er aber nicht. Ähnliche Versuche unternahm einige Jahre danach der Schwede J. J. Berzelius. Seine Arbeiten waren ebenfalls nicht von Erfolg gekrönt. Trotzdem entschieden sich die Wissenschaftler, dem »unerreichbaren Metall« einen Namen zu geben. Berzelius nannte es zuerst Alumin. Davy gab ihm später den Namen Aluminium.

Erst im 19. Jahrhundert fand der unbekannte Meister aus dem alten Rom seinen Nachfolger. Es war der dänische Forscher H. C. Oersted, der metallisches Aluminium erhielt. Im Jahre 1823 veröffentlichte er in einer dänischen Zeitschrift einen Artikel, in dem er mitteilte, daß er bei seinen Versuchen »ein Stück Metall in Farbe und Glanz ähnlich dem Zinn« erhalten habe. Da die chemische Zeitschrift wenig verbreitet war, blieb die Mitteilung von Oersted fast unbe-

merkt. Selbst Wissenschaftler, die Arbeiten zur Elektrolyse aufnahmen, maßen seiner Entdeckung wenig Bedeutung bei. Als zwei Jahre später der junge, aber schon bekannte deutsche Chemiker Wöhler nach Kopenhagen kam, teilte ihm Oersted mit, daß er nicht beabsichtige, die Versuche zur Herstellung von Aluminium fortzusetzen. Nach Deutschland zurückgekehrt, beschäftigte sich Wöhler sofort mit diesem Problem, für das er sich schon immer interessierte. Bereits am Ende des Jahres 1825 veröffentlichte er seine Methode zur Gewinnung des neuen Metalls. Zunächst erlaubte dieses Verfahren jedoch nur die Herstellung von Aluminium in Form stecknadelgroßer Körner. Aber der Wissenschaftler setzte seine Experimente solange fort, bis er schließlich ein Verfahren ausgearbeitet hatte, mit dem die Erzeugung von Aluminium in kompakter Form möglich war. Dazu benötigte er allerdings 18 Jahre.

Zu dieser Zeit hatte das Metall bereits eine gewisse Popularität erlangt. Da es nur in geringen Mengen hergestellt werden konnte, übertraf sein Preis den von Gold. Aluminium zu beschaffen war damals keine einfache Sache. Es war deshalb kein Wunder, daß ein europäischer Herrscher, der einen Staatsrock mit Aluminiumknöpfen trug, auf die Herrscher geringschätzig herabsah, denen es noch nicht gelungen war, den gleichen Luxus zu treiben. Ihnen blieb nichts anderes übrig, als den glücklichen Besitzer zu beneiden und auf bessere Zeiten zu hoffen. Zu ihrer großen Freude brauchten sie nicht lange zu warten. Schon im Jahre 1855 wurde auf der Weltausstellung in Paris »Silber aus Lehm« als große Sensation vorgestellt. Es waren Platten und

Blöcke aus Aluminium, die der französische Wissenschaftler und Industrielle H. E. Sainte-Claire Deville hergestellt hatte. Folgende Ereignisse waren dem vorausgegangen: Der damalige französische Herrscher war Napoleon III. »Der kleine Neffe des großen Onkels«, wie er genannt wurde, liebte es sehr, den Leuten blauen Dunst vorzumachen. Er gab einst ein Bankett, auf dem die Mitglieder der Herrscherfamilie und einige bevorzugte Gäste die Ehre hatten, mit Aluminiumlöffeln und -gabeln zu essen. Die einfacheren Gäste waren gezwungen, mit gewöhnlichen goldenen oder silbernen Bestecken vorlieb zu nehmen. Natürlich waren sie gekränkt, die Freude am Essen war ihnen verdorben. Aber wie war es zu ändern, wenn es selbst dem Herrscher nicht möglich war, jeden Gast



mit einem Aluminiumbesteck zu versorgen!
Bald aber entwickelte Napoleon III. ein kühnes Projekt, das ihm Ruhm und Ehre versprach, vor allen Dingen aber dazu angetan war, die Herrscher anderer Länder neidisch werden zu lassen. Der Imperator beschloß, seine Soldaten mit Rüstungen aus Aluminium auszustatten. Er gewährte Deville außerordentliche Mittel, um ein Verfahren zur Erzeugung großer Mengen von Aluminium zu finden. Deville gelang es, auf der Basis der Experimente von Wöhler eine entsprechende Technologie auszuarbeiten. Das von ihm hergestellte Metall war jedoch noch immer sehr teuer. Deshalb kamen die französischen Soldaten nicht dazu, die versprochenen Rüstungen auszuprobieren. Nur des Kaisers Kürassiere prunkten in funkelnagelneuen Aluminiumkürassen.

In dieser Zeit wurde auch das Devillesche Silber als Ausstellungsstück in der Weltausstellung gezeigt. Das Aluminium wurde dadurch weltbekannt, aber es wurde davon nicht billiger. Tatsache ist, daß schon damals fortschrittliche Menschen feststellten, daß Knöpfe und Kürasse lediglich unwesentliche Episoden in der Geschichte des Aluminiums sind. Als N. G. Tschernischewski zum ersten Mal Aluminiumteile sah, rief er begeistert aus: »Diesem Metall gehört eine große Zukunft! Vor Ihnen, Freunde, liegt das Metall des Sozialismus«. In seinem Roman »Was tun?«, der im Jahre 1863 erschienen ist, zeichnet er ein Bild von den Möglichkeiten der Aluminiumverwendung beim Bau und bei der Einrichtung eines Hauses. Als er diese vorausschauenden Zeilen schrieb, war Aluminium in erster Linie ein Juweliermetall. Als 1889 D. I. Mendelejew in London weilte, wurde ihm zum Zeichen der Anerkennung seiner Verdienste ein wertvolles Geschenk überreicht – eine Waage aus Gold und Aluminium.
Sainte Claire Deville entwickelte außerordentliche Aktivitäten. In einer kleinen französischen Stadt baute er die erste Aluminiumfabrik der Welt. In diesem Betrieb entwickelten sich jedoch während des Schmelzprozesses viele schädliche Gase, die die Atmosphäre verschmutzten. Die Einwohner, die um ihre Gesundheit fürchteten und sie nicht dem technologischen Fortschritt opfern wollten, wandten sich mit einer Beschwerde an die Regierung. Die Fabrik mußte zuerst in einen Vorort von Paris und später nach Südfrankreich umgesiedelt werden. In dieser Zeit war es für viele Wissenschaftler schon klar, daß das von Deville angewendete Verfahren

trotz größter Bemühungen keine Perspektive haben würde. Chemiker anderer Länder setzten die Suche fort. Im Jahre 1865 schlug der russische Wissenschaftler M. N. Beketow ein interessantes Verfahren vor, das bald in Aluminiumfabriken Frankreichs und Deutschlands angewendet wurde. Übrigens schrieb der Direktor der deutschen Fabrik, R. Graetzel, sich selbst die Entdeckung dieses Verfahrens zu und suchte um Auslandspatente nach. Er erhielt jedoch überall eine Absage. Lediglich in England, wo es zur damaligen Zeit mit der wissenschaftlichen Ethik nicht so genau genommen wurde, erhielt er ein Patent. Deutsche Fachleute bestätigten, daß in Graetzels Fabrik das Aluminium nach dem von Beketow empfohlenen Verfahren hergestellt wurde.

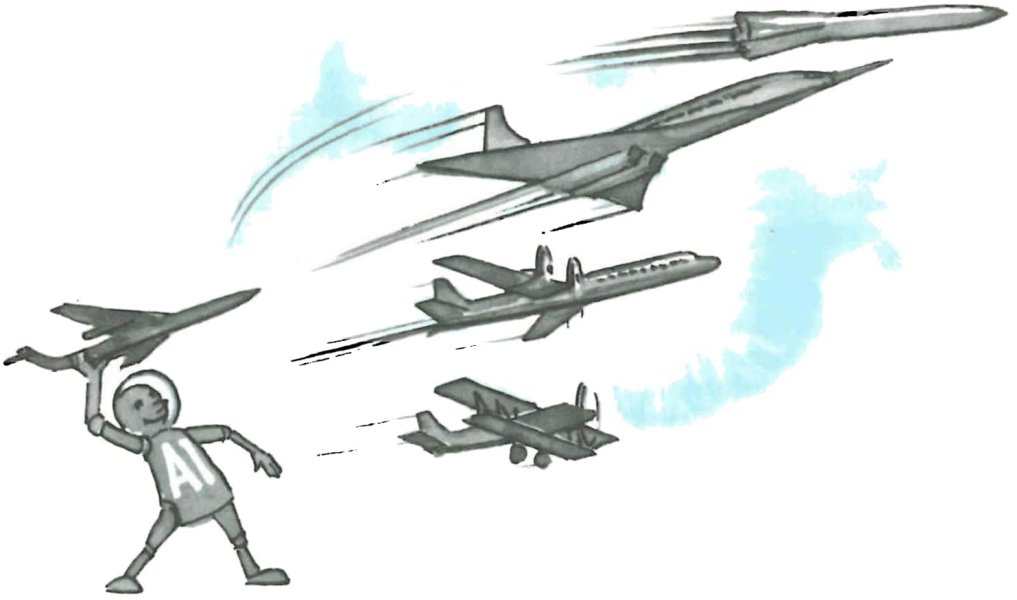
Ein Eckpunkt in der Geschichte des Aluminiums war das Jahr 1886, als unabhängig voneinander der amerikanische Student Ch. M. Hall und der französische Ingenieur P. T. M. Héroult ein elektrolytisches Verfahren zur Erzeugung dieses Metalls ausarbeiteten. Diese Idee war nicht neu. Schon 1854 hatte der deutsche Wissenschaftler R. W. Bunsen den Gedanken ausgesprochen, daß man Aluminium durch Elektrolyse aus seinen Salzen erhalten könne. Aber es vergingen mehr als 30 Jahre, bis diese Idee praktisch verwirklicht wurde. Weil das elektrolytische Verfahren einen großen Energiebedarf hat, wurde die erste Fabrik zur Aluminiumelektrolyse in Europa in Rheinhausen in der Schweiz gebaut. Dieser Ort liegt in der Nähe des Rheinfalles, einer billigen Energiequelle für elektrische Energie.

In diese Periode gehört auch noch ein anderes wichtiges Ereignis. Am Ende der 80er Jahre arbeitete der Chemiker K. J. Bayer in Rußland ein Verfahren zur Produktion von Tonerde, dem wichtigsten industriellen Rohstoff für die Aluminiumerzeugung, aus. Der Bayer-Prozeß fand schnell Anerkennung in der gesamten Welt und behielt große Bedeutung bis in unsere Tage. Die Produktion des Aluminiums stieg sehr schnell, und der Preis des Metalls, das noch kurz vorher Seltenheitswert gehabt hatte, sank beträchtlich. Während 1854 ein Kilogramm noch 1200 Rubel kostete, war der Preis bereits am Ende des 19. Jahrhunderts auf einen Rubel gefallen. Es versteht sich, daß das Metall für die Juweliere nun jegliches Interesse verlor;

dafür fesselte es die Aufmerksamkeit der industriellen Welt, die an der Schwelle großer Ereignisse stand. Es begann eine stürmische Entwicklung des Maschinenbaus, der Automobilindustrie und bald auch der Luftfahrt. Für sie speziell spielte Aluminium eine ganz besondere Rolle.

1893 erschien in Moskau ein Buch des Ingenieurs M. Shukow unter dem Titel »Aluminium und seine Metallurgie«. Darin schrieb der Autor: »Aluminium ist berufen, einen führenden Platz in der Technik einzunehmen und wenn nicht alle, so doch viele der gewöhnlichen Metalle zu ersetzen.« Für eine so kühne Behauptung gab es Gründe. In der Tat waren schon damals außerordentliche Eigenschaften des »Silbers aus Lehm« bekannt. Aluminium ist eines der leichtesten Metalle. Es ist dreimal leichter als Kupfer und 2,9mal leichter als Eisen. In der Leitfähigkeit für den elektrischen Strom und für die Wärme wird es lediglich von Silber, Gold und Kupfer übertroffen. Unter gewöhnlichen Bedingungen weist dieses Metall eine hinreichende chemische Beständigkeit auf. Die hohe Plastizität des Aluminiums erlaubt es, Folien mit einer Dicke bis zu drei Mikrometer zu walzen bzw. es zu spinnwebfeinen Drähten zu ziehen. Eintausend Meter dieser Drähte wiegen nur 27 Gramm und haben in einer Streichholzschachtel Platz. Lediglich seine Festigkeit läßt zu wünschen übrig. Dieser Umstand regte auch die Wissenschaftler an, darüber nachzudenken, wie man Aluminium ohne Verlust seiner wertvollen Eigenschaften fester machen könne.

Es ist schon lange bekannt, daß die Festigkeit vieler Legierungen häufig wesentlich höher ist als die der reinen Metalle, aus denen sie zusammengesetzt sind. Darum suchten die Metallurgen nach solchen Legierungselementen, die sich mit Aluminium vereinigen und ihm zu höherer Festigkeit verhelfen. Bald hatte die Suche Erfolg. Wie so oft in der Wissenschaft, spielte der Zufall eine entscheidende Rolle. Erzählen wir aber der Reihe nach: Am Anfang des 20. Jahrhunderts stellte der deutsche Chemiker Wilm eines Tages eine Legierung her, in welcher außer Aluminium noch Kupfer, Magnesium und Mangan enthalten waren. Die Festigkeit dieser Legierung war höher als die von reinem Aluminium. Wilm meinte, daß die Legierung durch Abschrecken noch fester werden könne. Er erwärmte einige Proben der Legierung auf etwa 600 Grad Celsius und steckte sie dann ins Wasser. Die Abschrekkung erhöhte die Festigkeit der Legierung merklich. Da aber die Resultate sehr stark schwankten, zweifelte Wilm an der Brauchbarkeit der Prüfeinrichtung und an der Genauigkeit der Messung. Mehrere Tage



prüfte der Forscher sorgfältig die Apparatur. Die Proben lagen unberührt auf dem Tisch, bis die Prüfeinrichtung wieder einsatzbereit war. Wilm setzte seine Untersuchung fort, und er traute seinen Augen kaum: Die Messung zeigte, daß die Festigkeit der Proben fast um das Doppelte gestiegen war. Wieder und wieder führte er den Versuch durch, und jedesmal konnte er sich davon überzeugen, daß seine Legierung nach dem Abschrecken im Verlaufe von fünf bis sechs Tagen immer fester wurde. So wurde eine bedeutsame Erscheinung entdeckt: die natürliche Aushärtung von Aluminiumlegierungen nach dem Abschrecken.Wilm wußte damals noch nicht, was im Metall während des Prozesses vorging, aber er suchte und fand auf experimentellem Weg die optimale Zusammensetzung der Legierung und das günstigste Verfahren der Wärmebehandlung. Er erhielt ein Patent und übergab es bald einer deutschen Firma, die 1911 zum erstenmal die Legierung unter dem Namen Duralumin (aus dem Französischen: dur = fest, hart) auf den Markt brachte.

Das erste Flugzeug aus Duralumin wurde im Jahre 1919 gebaut. Von diesem Zeitpunkt an war das Schicksal des Aluminiums mit der Luftfahrt verbunden. Es verdient mit Recht die Bezeichnung »geflügeltes Metall«, entwickelten sich doch mit Hilfe der Aluminiumlegierungen aus den primitiven Holzkisten der Vergangenheit die gigantischen Großflugzeuge der Gegenwart. In jenen Jahren reichte das Aluminiumaufkommen noch nicht für die Produktion vieler Flugzeuge; leichte Typen wurden deshalb weiterhin aus Holz gebaut.

In Rußland befaßte sich anfangs nur die Fabrik für Buntmetalle in Koltschuginsk

mit der Herstellung von Aluminiumlegierungen. Sie produzierte in geringen Mengen eine dem Duralumin ähnliche Legierung. Nach der Oktoberrevolution stand vor der Sowjetunion die Aufgabe, eine leistungsfähige Aluminiumindustrie aufzubauen. Zu Beginn des Jahres 1929 wurden in Leningrad im Betrieb »Roter Wähler« Versuche zur Erzeugung von Aluminium durchgeführt. Geleitet wurden sie von P. P. Fedotjew, einem bekannten Wissenschaftler, mit dessen Namen viele Seiten der Geschichte des »geflügelten Metalls« verknüpft sind. Am 27. März 1929 wurden die ersten acht Kilogramm metallischen Aluminiums erzeugt. Die Leningrader Presse bemerkte damals: »Der erste Aluminiumblock muß als Denkmal einer der größten Errungenschaften der sowjetischen Technik erhalten bleiben.«

Einige Aluminiumproben, die danach in dem Betrieb hergestellt wurden, überreichten Werktätige des Betriebes dem 5. Allunionsrätekongreß. Die erfolgreichen Versuche gestatteten es, den Aufbau der Wolchowskier und Dnjeprowskier Aluminium-Werke in Angriff zu nehmen. 1932 erfolgte die Inbetriebnahme des ersten Werkes und ein Jahr später die des zweiten. In diesen Jahren wurden bedeutende Vorkommen von Aluminiummineralen im Ural entdeckt.

Interessant ist die Vorgeschichte der Entdeckung. Im Jahre 1930 besuchte der junge Geologe N. A. Karshawin das Museum eines Bergwerkes im Ural. Seine Aufmerksamkeit wurde auf ein Ausstellungsstück gelenkt, das die Unterschrift trug »Schlechtes Eisenerz – Eisengehalt 21%«. Den Geologen überraschte die Ähnlichkeit dieser Probe mit dem aluminiumreichen Tonerdemineral Bauxit. Er analysierte das unbekannte Mineral und überzeugte sich, daß das »arme Eisenerz« ein ausgezeichneter Aluminiumrohstoff war. Dort, wo die Probe gefunden worden war, begannen geologische Erkundungen, die sehr bald von Erfolg gekrönt waren. Auf der Basis dieser Lagerstätten wurde das Ural-Aluminiumwerk gebaut und einige Jahre danach (schon während des Krieges) das Werk in Bogoslow. Dieser Betrieb nahm an einem historischen Tag seine Produktion auf, am 9. Mai 1945, dem Tag des Sieges über den Hitlerfaschismus. Heute produzieren viele Werke in der UdSSR das »geflügelte Metall«. Der Bedarf wächst ständig. Hauptverbraucher für Aluminium ist heute bei weitem nicht mehr die Luftfahrt, sondern die Elektrotechnik, wo es für die Übertragung elektrischer Energie eingesetzt wird, das Bauwesen, das Verpackungswesen und andere Bereiche der Volkswirtschaft. Trotzdem nimmt das Aluminium unter den Metallen, die für den Flugzeug- und Raketenbau verwendet werden, den ersten Platz ein.

Aus Aluminiumlegierungen bestanden die Hüllen der ersten sowjetischen künstlichen Sputniks der Erde, desgleichen die Außenhaut der amerikanischen Raketen »Vanquard« und »Titan«, die für den Start der amerikanischen Satelliten in den Weltraum verwendet wurden. Das gilt auch für die späteren kosmischen Raumschiffe. Aus Aluminiumlegierungen werden verschiedene Details der kosmischen Apparate, die Konsolen, Chassis, Futterale und Grundkörper für viele Instrumente und Geräte, gefertigt. 1960 starteten die USA die Sonde »Echo 1«, bestimmt für die Reflexion von Radiosignalen. Dieser Apparat stellt eine

Kugel von etwa 30 m Durchmesser dar, auf deren plastischer Hülle eine dünne Aluminiumschicht aufgebracht ist. Trotz der sehr bedeutenden Abmessungen hat dieser Satellit nur eine Masse von etwa 62 Kilogramm. Eine Folie aus reinstem Aluminium dient auch als Fluoreszenzschirm, angebracht an einem Satelliten für die Erforschung der Abstrahlung von geladenen Teilchen aus der Sonne.

Als die amerikanischen Astronauten Armstrong und Oldrin auf dem Mond landeten, breiteten sie auf dessen Oberfläche solche Folien aus und setzten sie zwei Stunden lang der Einwirkung der von der Sonne ausgehenden Teilchenstrahlung aus. Bei ihrer Rückkehr nahmen sie neben diesen Folien auch Mondgestein mit, das sie in spezielle Aluminiumkörbe verpackt hatten.

Das Aluminium »beteiligt« sich nicht nur an den Ausflügen in kosmische Höhen, sondern auch bei der Eroberung der Meerestiefen. Vor einigen Jahren wurde in Amerika das ozeanographische Unterseeboot »Aluminaut« gebaut, das bis in Tiefen von 4600 Meter vordringen kann. Dieses Supertauchboot wurde nicht aus Stahl, wie allgemein angenommen wird, sondern aus Aluminium hergestellt.

In Frankreich wurde ein riesiger Ozeandampfer mit einer Wasserverdrängung von mehr als 50 000 Tonnen und einer Länge von 315 Meter vom Stapel gelassen, der in der Lage ist, 2000 Passagiere zu transportieren. Die Schiffsaufbauten, Beiboote und Möbel dieses Kolosses sind aus Aluminium gefertigt.

Die Anwendungsgebiete von Aluminium erweitern sich ständig. In den Nachkriegsjahren wurden in den USA Listen der Waren angefertigt, die aus Aluminium hergestellt sind. Etwa 2000 Bezeichnungen enthielt diese Aufstellung.

Ein sehr wichtiger Verbraucher dieses Metalles ist die elektrotechnische Industrie. Hochspannungsleitungen, Wicklungen für Motore und Transformatoren, Kabel, Lampensockel, Kondensatoren und viele andere Teile werden aus Aluminium gefertigt.

Ein geschätztes Material ist Aluminium auch im Transportwesen. In der UdSSR wird am Projekt eines Eisenbahnsuperexpreß gearbeitet. Die Form dieses zukünftigen Zuges, der den poetischen Namen »Russische Troika« trägt, erinnert an den Rumpf eines modernen Flugzeuges. Er wird mit der Geschwindigkeit einer startenden TU dahinjagen. Die Konstrukteure haben vorgeschlagen, die Karosserien dieses Expreßzuges aus Aluminium herzustellen. Versuchskarosserien wurden schon der Prüfung unterzogen. Sie wurden mit einer Kraft von $2 \cdot 10^6$ Newton gepreßt,

starken Vibrationen und anderen extremen Prüfungen ausgesetzt. Das Metall hielt allen Belastungen stand. Der Tag ist nicht mehr fern, an dem die »Russische Troika« ungestüm durch das weite russische Land rasen wird.

Aluminium hat eine hohe Korrosionsbeständigkeit. Es verdankt sie einer äußerst dünnen, etwa 1/10 000 mm dicken Oxidhaut, die auf seiner Oberfläche entsteht und wie ein Panzer das Metall vor weiterem Angriff des Sauerstoffs schützt. Wenn diese Schutzschicht nicht wäre, würde sich die Aluminiumfolie an Luft selbst entzünden und mit blendender Flamme verbrennen. Der rettende Panzer ermöglicht es, daß Aluminiumteile jahrzehntelang wertvolle Dienste leisten, sogar in aggressiver Umgebung.

Wissenschaftler unserer Zeit entdeckten noch eine überaus wertvolle Eigenschaft des Aluminiums: Es zerstört keine Vitamine. Deshalb werden Apparate für die Molkerei-, Zucker-, Konditorwaren- und Bierindustrie aus Aluminium gefertigt.

Eine feste Position eroberte sich dieses Metall auch im Bauwesen. Bereits 1890 wurde in einer amerikanischen Stadt zum erstenmal Aluminium für den Bau eines Wohnhauses verwendet. Noch nach einem halben Jahrhundert befanden sich alle Aluminiumteile in einem ausgezeichneten Zustand. Das erste Aluminiumdach, hergestellt im Jahre 1897, steht ohne Reparatur bis zum heutigen Tag.

Auf dem Gelände des Moskauer Kremls wurde aus Aluminium und Kunststoff der herrliche Kongreßpalast erbaut. Allgemeine Bewunderung rief der Pavillon der Sowjetunion auf der Brüsseler Weltausstellung im Jahre 1958 hervor, eine Konstruktion aus Glas und Aluminium. Belgische Zeitungen nannten ihn »Palast des Sozialismus«. Auf der Spitze eines 30 Meter hohen Aluminiummastes wehten die olympische und die französische Flagge während der Winterspiele in Grenoble. Auch beim Bau von Brücken, Gebäuden, hydrotechnischen Objekten, Hangars ... – überall findet das wunderbar leichte Metall Anwendung.

In der Metallurgie wird Aluminium häufig für die Entfernung des Sauerstoffs aus dem Stahl angewandt. Aluminiumkörper sind der Grundbestandteil von Thermitgemischen, die man in aluminothermischen Prozessen zur Erzeugung vieler Legierungen benötigt.

Aluminium ist auch in der Philatelie anzutreffen. 1955 gab die Ungarische Volksrepublik ungewöhnliche Briefmarken heraus. Sie waren aus Aluminiumfolie in einer Dicke von 0,009 mm hergestellt. Später erschienen solche Marken auch in anderen Ländern.

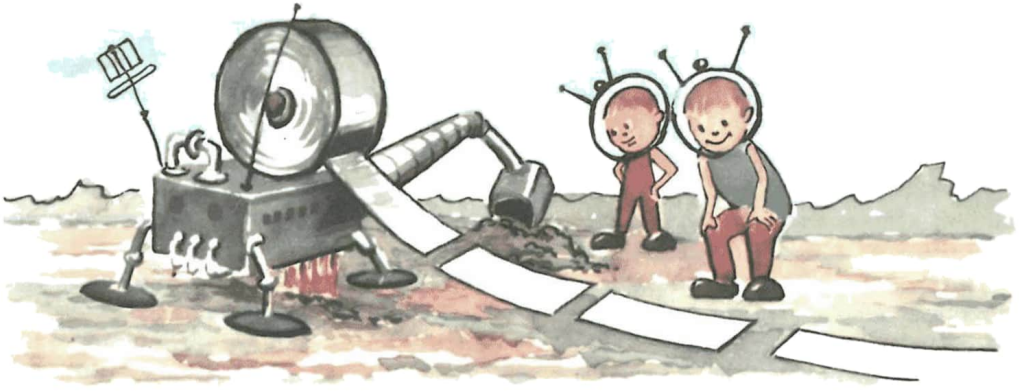
In neuester Zeit stellt man aluminisiertes Gewebe her. Es ist auf einer Seite mit einer Aluminiumschicht bedeckt und hat eine ausgezeichnete Eigenschaft: Es »versteht« sowohl zu erwärmen als auch abzukühlen. In Zimmern mit Vorhängen aus diesem Gewebe bleibt es im Sommer kühl, da sie die Wärmestrahlen reflektieren. Im Winter muß man die Vorhänge wenden, dann strahlen sie die Ofenwärme ins Zimmer zurück. In Kleidern aus solchem Material braucht man weder Hitze noch Kälte zu fürchten. Um sich vor den glühenden Sonnenstrahlen zu schützen, muß die Metallschicht nach außen getragen werden. Wenn es kalt ist, wendet man das Kleidungsstück, dann schickt das Metall die

Körperwärme zurück. Touristen, Geologen, Fischer und alle, die der sengenden Sonne und Wind und Wetter ausgesetzt sind, werden den Wert von Jacken und Zelten aus solchen Geweben schätzen lernen. In heißen Gegenden wird es eine große Nachfrage nach solchen aluminisierten Kappen, Panamahüten, Mänteln oder Schirmen geben. Metallisierte Kleidung wird dem Stahlgießer die Arbeit erleichtern, und den Feuerwehrleuten kann sie in ihrem harten Kampf mit den Flammen beistehen.

Besondere Aufmerksamkeit widmen Wissenschaftler und Ingenieure in jüngster Zeit der Herstellung neuer Materialien, der sogenannten Schaummetalle. Die Technologie des Schaumaluminiums, des Erstlings in dieser bemerkenswerten Familie, ist bereits ausgearbeitet. Das neue Material ist erstaunlich leicht: ein Kubikzentimeter einer bestimmten Art von Schaumaluminium wiegt nur 0,19 Gramm. Kork, das Symbol für Leichtigkeit, ist nicht imstande, mit diesem Material zu konkurrieren. Er ist 25 bis 30 Prozent schwerer. Nach Erzeugung des Schaumaluminiums wird man sich mit der Herstellung von Schaumberyllium, Schaumtitan und vielen anderen erstaunlichen Materialien befassen.

Der bekannte utopische Schriftsteller Herbert Wells beschreibt in seinem Roman »Krieg der Welten« eine Maschine, mit deren Hilfe die Marsbewohner Aluminium produzierten: »Zwischen Sonnenuntergang und dem Erscheinen der Sterne stellte diese geschickte Einrichtung nicht weniger als 100 Platinen Aluminium unmittelbar aus Tonerde her.«

Die Natur hat dafür gesorgt, daß die Menschen an diesem wunderbaren Metall keinen Mangel haben. Als Bestandteil der Erdrinde wird Aluminium an Menge nur von Sauerstoff und Silizium übertroffen. Sein Vorkommen ist bedeutender als das der anderen Metalle. Mit Aluminiumrohstoffen sind wir versorgt. Es ist Aufgabe der Ingenieure und Wissenschaftler, die Verfahren zur Herstellung des »geflügelten Metalls« zu vervollkommnen und neue Anwendungsgebiete zu finden.



Ti

Eine Rakete wird am Himmel »befestigt« · Hera oder Titania? · Titanische Aufgabe · Fehler über Fehler · Zu Hunter kommt der Erfolg · Ein Tropfen Wermut im Freudenbecher · Ironie ist hier nicht angebracht · Befreiung aus der Gefangenschaft · Keine ernsthafte Korrosion · Monument in Genf · In der Umarmung des Sauerstoffs · Bergwerk im »Meer der Ruhe« · Die Folter lüftet Geheimnisse

Am 18. August 1964 startete vor Tagesanbruch auf dem Friedensprospekt in Moskau eine kosmische Rakete. Sie sollte weder den Mond noch die Venus erreichen. Ihr Auftrag war jedoch nicht weniger ehrenvoll: Für immer am Moskauer Himmel »befestigt«, soll der silberglänzende Obelisk durch die Jahrhunderte daran erinnern, daß ein sowjetischer Mensch als erster den Weg in den kosmischen Raum gefunden hat.

Die Schöpfer dieses Denkmals hatten lange darüber nachgedacht, welches Verkleidungsmaterial sie für das hervorragende Monument verwenden sollten. Glas, Kunststoff und nichtrostender Stahl waren in die Überlegungen einbezogen, aber wieder verworfen worden. Nach sorgfältigen Experimenten entschied man sich dafür, den Obelisk mit polierten Titanblechen zu verkleiden. Warum erhielt Titan diesen »ehrenvollen Auftrag«, unseren Nachkommen von den Heldentaten unserer Zeitgenossen zu berichten?

Titan wird nicht zufällig das »ewige« Material genannt. Bevor aber auf die Eigenschaften dieses Metalles näher eingegangen wird, wollen wir seine Biographie kennenlernen.

Menachine hatte 1791 der englische Chemiker und Mineraloge W. Gregor das neue Element genannt, das er im Mineral Menaccanit gefunden hatte. Als 1795 der deutsche Chemiker Martin H. Klapproth dieses Element zum zweitenmal entdeckte, diesmal im Mineral Rutil, gab er ihm den schöneren, aber auch verpflichtenden Namen »Titan«. Die Herkunft dieser Bezeichnung wird unterschiedlich erklärt. Die einen bringen sie mit der großen Verbreitung des Titans in der Erdrinde (0,6 %) in

Verbindung, da in der griechischen Mythologie die Söhne der Erdgöttin Gea als »Titanen« bezeichnet wurden. Andere wiederum meinten, Klapproth habe diesen Namen zu Ehren der Elfenkönigin Titania gewählt. Als sich nach zwei Jahren herausstellte, daß Gregor und Klapproth ein und dasselbe Element entdeckt hatten, bestätigte man dafür den stolzen Namen »Titan«.

Die Entdeckung eines Elements bedeutet jedoch nicht, es in reinem Zustand erhalten zu haben. Sowohl Gregor als auch Klapproth gelang es nur, eine chemische Verbindung des Titans, das Titandioxid, als weißes kristallines Pulver darzustellen. Reines Titan zu gewinnen, erwies sich als eine wahrhaft titanische Aufgabe. Ihrer nahmen sich viele bekannte Chemiker des vergangenen Jahrhunderts an, aber alle erlitten Mißerfolge. Eine Zeitlang schien es, als wären die Versuche des englischen Wissenschaftlers W. H. Wollastone von Erfolg gekrönt. Als er im Jahre 1823 Kri-

stalle untersuchte, die er in metallurgischen Schlacken gefunden hatte, gelangte er zu der Schlußfolgerung, daß sie nichts anderes als reines Titan sein müßten. 33 Jahre später stellte der deutsche Chemiker F. Wöhler fest, daß es sich bei diesen Kristallen um Verbindungen des Titans mit Stickstoff und Kohlenstoff, keineswegs aber um freies Titan gehandelt hat.

Viele Jahre wurde der Standpunkt vertreten, das erste metallische Titan sei 1825 von dem bekannten schwedischen Wissenschaftler J. Berzelius durch Reduktion von Kaliumtitanfluorid mit metallischem Natrium erhalten worden. Heute muß jedoch festgestellt werden, daß sich der damalige Präsident der schwedischen Akademie geirrt hatte. Bei einem Vergleich seines Produktes mit Titan zeigte sich ein wesentlicher Unterschied. Reines Titan löst sich schnell in Flußsäure, das metallische Titan von Berzelius dagegen widerstand dieser Einwirkung. Titan ist auch vielen anderen Säuren gegenüber beständig.

Erst im Jahre 1875 gelang es dem russischen Wissenschaftler D. K. Kirilow, metallisches Titan zu gewinnen. Seine Resultate veröffentlichte Kirilow in der Broschüre »Forschungen über das Titan«. Unter den Bedingungen des zaristischen Rußlands bestand jedoch für diese Untersuchungen kein Interesse, sie blieben deshalb unbemerkt.

1887 erhielten die Schweden L. F. Nilson und O. Pettersson durch Reduktion von $TiCl_4$ mit metallischem Natrium in einer hermetisch abgeschlossenen Stahlbombe ein verhältnismäßig reines Produkt mit etwa 95 Prozent Titan. Der nächste Schritt auf dem Wege zu reinem Titan wurde 1895 von dem französischen Chemiker Henry Moissan getan, der Titandioxid mit Hilfe von Kohlenstoff im Lichtbogenofen reduzierte und das auf diese Weise gewonnene Metall einer mehrmaligen Raffination unterzog. Sein Titan enthielt nur noch zwei Prozent Beimengungen, in der Hauptsache Kohlenstoff.

Schließlich gelang es dem amerikanischen Chemiker M. A. Hunter, der das Verfahren von Nilson und Pettersson vervollkommnete, einige Gramm verhältnismäßig reinen Titans herzustellen. Dieses Ereignis wurde in den verschiedenen Ländern entsprechend gewürdigt. Deshalb schreiben viele auch heute noch Hunter und nicht Kirilow die Priorität zu, zum erstenmal Titan in reiner Form erhalten zu haben.

Die Bezeichnung »reines Titan« stellt allerdings eine gewisse Übertreibung dar, denn es waren stets einige zehntel Prozent Beimengungen darin enthalten. Das Resultat einiger Jahrzehnte Forschungsarbeit enthielt also noch immer einen Wermutstropfen im Freudenbecher. Diese Beimengungen verursachten eine unliebsame Sprödigkeit des Metalls und verhinderten die Möglichkeit seiner mechanischen Bearbeitung. Dadurch kam Titan in den Ruf, ein unbrauchbares Metall zu sein, untauglich für jede praktische Verwendung. Es versteht sich, daß Titan mit einer solchen Charakteristik noch lange nicht entsprechend seinen tatsächlichen Eigenschaften zum Einsatz gelangte.

Im Jahre 1908 schlugen amerikanische und norwegische Chemiker vor, anstelle von Bleiweiß Titandioxid zu verwenden. Das Titanweiß übertrifft die Bleifarbe im Hinblick auf seine Qualität und ist im Gegensatz zum Bleiweiß völlig unschädlich für den menschlichen Organismus. Aus

der Medizin ist ein Fall bekannt, daß eine Person fast 0,5 Kilogramm Titandioxid auf einmal zu sich genommen hat, ohne daß sich nachteilige Folgen ergeben haben sollen.

Titandioxid wird zum Färben von Leder und Geweben sowie bei der Herstellung von Glas, Porzellan und Email verwendet. Es wurden aber auch andere Titanverbindungen dafür eingesetzt. Die Fähigkeit des Titanchlorids, intensive künstliche Nebel zu bilden, wurde im ersten Weltkrieg in großem Umfang genutzt.

Landwirte und Gärtner schützen mit Titanchlorid die Pflanzen vor Frühfrost.

Wie wir jedoch noch hören werden, kann das Titan durchaus »das Recht« für sich in Anspruch nehmen, auch verantwortungsvollere und interessantere Aufgaben zu lösen. 1965 gelang es den holländischen Wissenschaftlern A. E. van Arkel und J. H. de Boer, aus $TiCl_4$ mit Hilfe eines glühenden Wolframdrahtes reines Titan zu erhalten. Die Feststellungen von Hunter über die Sprödigkeit des Titans konnten keiner Kritik mehr standhalten, denn der von van Arkel und de Boer gewonnene Werkstoff wies eine hohe Plastizität auf. Er konnte kaltverformt werden wie Eisen, man konnte ihn zu Blechen, Bändern und Folien walzen und zu feinsten Drähten ziehen. Von nun an erwies sich das Metall seines »stolzen« Namens würdig, und es eröffneten sich ihm viele Wege in die Welt der Technik. Nach der »Befreiung aus der Gefangenschaft« der Beimengungen wurden die Wissenschaftler ob der wunderbaren Eigenschaften des Titans in Erstaunen versetzt. So zeigte sich beispielsweise, daß Titan fester ist als viele Stähle, obwohl es fast zweimal leichter ist als Eisen. Wenn man eine spezifische Festigkeit definiert, das heißt, die Festigkeit auf die Dichte bezieht, so hat Titan keine Konkurrenten mehr unter den industriell genutzten Metallen.

Sogar ein solch leichtes Metall wie Aluminium ist dem Titan in einigen Beziehungen unterlegen. Titan ist zwar 1,5mal schwerer, dafür aber um das 6fache fester. Besonders erwähnenswert ist, daß Titan seine Festigkeit bei Temperaturen bis 500 Grad Celsius, bei Zusatz von Legierungselementen sogar bis 650 Grad Celsius, beibehält. Im Vergleich hierzu fällt die Festigkeit bei den meisten Aluminium- und Magnesiumlegierungen sehr stark ab. Titan hat eine bedeutende Härte; es ist 12mal härter als Aluminium und 4mal härter als Eisen und Kupfer. Je höher die Fließgrenze des Metalls ist, um so besser widerstehen Produkte, die daraus hergestellt sind, den Belastungen im Gebrauch, um so länger halten sie ihre

Form und ihre Abmessungen. Die Fließgrenze des Titans ist 18mal höher als die des Aluminiums, fast 4mal höher als die des Kupfers und 2,5mal höher als die des Eisens.
So ist es nicht verwunderlich, daß die Auswahl auf Titan fiel, als die Flugzeugkonstrukteure vor der Frage standen, welches Metall man für die Überwindung der Schallmauer einsetzen sollte. Pressemitteilungen zufolge besteht die Außenverkleidung des amerikanischen Düsenflugzeuges »Schwarzer Vogel« aus Titan. Diese Maschine ist in der Lage, Geschwindigkeiten von mehr als 3200 km/h zu erreichen. Nicht nur die Verkleidung, sondern auch andere Flugzeugbaugruppen und -teile vom Motor bis zu Bolzen und Muttern werden oft aus Titan gefertigt. Dazu ein Beispiel: Nach Meinung amerikanischer Spezialisten kann durch Austausch der Stahlbolzen gegen Titanbolzen im Motor eines Jagdflugzeuges eine Masse von 100 Kilogramm gespart werden. Infolge der dadurch möglichen leichteren Konstruktion des Rumpfes ist die gesamte Verringerung der Masse des Flugzeuges aber noch wesentlich höher.
Eine westeuropäische Firma stellt Fahrradrahmen aus Titan her. Ein solcher Rahmen wiegt nur etwas mehr als ein Kilogramm, die Gesamtmasse des Fahrrades liegt unter sieben Kilogramm.
Titan zog auch die Aufmerksamkeit der Chemiker auf sich. In einem Betrieb wurde folgendes Experiment durchgeführt. Man fertigte für das Umfüllen einer aggressiven Flüssigkeit Pumpen aus Roheisen, aus nichtrostendem Stahl und aus Titan. Nach dreitägigem Einsatz war die Pumpe aus Roheisen völlig zerfressen, die aus nichtrostendem Stahl hielt zehn Tage stand, und die Titanpumpe hatte nach halbjähriger ununterbrochener Arbeit noch keinen Schaden genommen.
Obwohl Titan zur Zeit noch sehr teuer ist, tauscht man es auch gegen Werkstoffe aus, die viel billiger sind. Trotzdem ergibt sich ein ökonomischer Nutzen. So kostet beispielsweise ein Reaktor eines bestimmten chemischen Apparates aus nichtrostendem Stahl 150 Rubel, aus einer Titanlegierung

600 Rubel. Der Stahlreaktor ist sechs Monate betriebsfähig, der aus Titan aber zehn Jahre. Berücksichtigt man weiterhin den Aufwand für das Auswechseln des Stahlreaktors und für die benötigte einfachere Ausrüstung, so wird offensichtlich, daß das teure Titan, so paradox es auch klingen mag, ökonomischer ist als der billige Stahl.

Auf der Ausstellung zur Anwendung von Titan in der Industrie, die vor einigen Jahren in London organisiert wurde, führte man ein breites Sortiment von Ausrüstungen aus Titan für die chemische Industrie vor. Titandüsen, die in einer schwefeldioxidhaltigen heißen Atmosphäre mehr als zwei Monate gearbeitet hatten, konnten ohne jede Einschränkung weiter verwendet werden, Düsen aus nichtrostendem Stahl hingegen waren nach einigen Stunden zerstört. Weiterhin wird Titan erfolgreich für solche Teile verwendet, die Salzsäure-, Schwefelsäure- oder Salpetersäuredämpfen sowie anderen chemischen »Aggressoren« ausgesetzt sind.

Am Anfang unseres Jahrhunderts waren zahlreiche Metallurgen noch der Meinung, Titan stelle eine äußerst schädliche Beimengung für Eisen dar. Es waren viele Jahre nötig, um zu zeigen, daß dieser Standpunkt unrichtig war. Heute ist die Metallurgie einer der wichtigsten Verbraucher von Titan. Es gibt sehr viele Stahlmarken und Legierungen, die Titan in verschieden großen Mengen enthalten. In nichtrostenden Stählen verhindert Titan die interkristalline Korrosion. In warmfesten, hochchromhaltigen Legierungen wird durch Titan das Korngefüge verfeinert, d. h., die Struktur des Metalls wird gleichmäßiger und feinkörnig. In warmfesten Legierungen erhöht Titan die Festigkeit.

Breite Anwendung hat Titan bei der Produktion von Hartmetallen für Schneidwerkzeuge gewonnen. Titankarbide erhöhen deren Schneideigenschaften und verbessern die Oberflächenqualität der bearbeiteten Teile.

Die hohe Affinität des Titans zu Sauerstoff (wir werden im folgenden noch ausführlicher darüber sprechen) ermöglicht es, Titan als Element für die Desoxydation von Stahl einzusetzen, d. h., für die Entfernung des Sauerstoffes aus dem Stahl. Die Desoxydationsfähigkeit von Titan ist etwa 10mal höher als die des Siliziums. Silizium selbst ist eines der wichtigsten Desoxydationselemente für Stahl. Eine ähnliche Rolle spielt Titan im Verhältnis zu Stickstoff. Die Entfernung dieser Gase, insbesondere des Sauerstoffes, ist in vielen Fällen erwünscht und verbessert die me-

chanischen Eigenschaften des Stahls sowie seine Korrosionsbeständigkeit. Gegenüber der Korrosion, dem ärgsten Feind der Metalle, erweist sich Titan als äußerst unempfindlich. Auf einem Titanplättchen beispielsweise, das 10 Jahre in Meereswasser lag, konnte keine Spur von Oxid festgestellt werden. Von einem Plättchen aus Eisen wäre nach der gleichen Zeit nur noch die Erinnerung geblieben. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß die Schiffsbauer und Hydrotechniker dem Titan die gleiche Sympathie entgegenbringen wie die Flugzeugkonstrukteure und Chemiker. Aus dem gleichen Grund benutzte auch der Schöpfer des eingangs erwähnten Denkmals, das die Eroberung der kosmischen Höhen durch den Menschen verewigen soll, Titan als Verkleidungsmaterial für sein Werk.

Vor nicht all zu langer Zeit wurde Titan noch für einen anderen monumentalen Bau ausgewählt. Zum 100. Jahrestag der Gründung der Internationalen Vereinigung für Nachrichtenwesen wurde von der UNESCO ein Architektenwettbewerb für ein Denkmal ausgeschrieben. Den ersten Preis von 213 eingereichten Projekten erhielt eine Arbeit sowjetischer Architekten. Das für den Platz der Nationen in Genf vorgesehene Monument wird zwei stilisierte Ohrmuscheln darstellen; zwei Scheiben aus Beton von 10,5 Meter Höhe, deren Flächen mit poliertem Titan verkleidet sind. Ein Mensch, der auf einem ganz bestimmten Weg zwischen diesen Scheiben hindurchgeht, wird seine eigene Stimme und seine Schritte vielfältig widerhallend vernehmen, und er wird sein Bild im Zentrum unzähliger Kreise sehen, die sich im Unendlichen verlieren.

Für viele Zweige der Technik ist es von besonderem Interesse, daß Titan nicht magnetisch ist. Es hat auch einen großen elektrischen Widerstand. Wenn die elektrische Leitfähigkeit des Silbers mit 100 angenommen wird, so beträgt die von Kupfer 94, von Aluminium 55, von Eisen 17, von Quecksilber 1,6 und von Titan 3,5. Diese Eigenschaft wird in der Elektrotechnik genutzt.

Ganz offensichtlich ist Titan »im glücklichen Besitz« von vielen wertvollen Eigenschaften. Warum nun wird bis zum heutigen Zeitpunkt Titan nicht in gleichem

Umfang verwendet wie zum Beispiel Stahl oder Aluminium? Es ist der hohe Preis, der die Anwendung des Titans noch immer hemmt. Im Grunde genommen ist dies natürlich kein »angeborener« Fehler, er wird bedingt durch die außerordentlichen Aufwendungen, die notwendig sind, um Titan aus dem Erz zu extrahieren.

Wenn man die Kosten des Titans im Konzentrat gleich 1 setzt, so betragen die Aufwendungen auf dem langen und schwierigen technologischen Weg bis zum fertigen Produkt, zum Beispiel einem dünnen Blech, das 500- bis 600fache.

Bis in die letzte Zeit wurde das Titan völlig unbegründet zu den seltenen Metallen gezählt. Zuweilen wird es sogar heute noch getan. Tatsächlich sind nur sehr wenige Elemente so weit in der Natur verbreitet wie das Titan. Die Menge des Titans in der Erdrinde übertrifft um einige Male die Vorräte solcher Metalle wie Kupfer, Zink, Blei, Gold, Silber, Platin, Chrom, Wolfram, Quecksilber, Molybdän, Arsen, Nickel und Zinn zusammengenommen. Und das soll ein seltenes Metall sein? Auch sonst hat der Terminus »selten« kaum eine Beziehung zum Titan. Tatsächlich gibt es fast kein Gestein, in dem dieses Element nicht enthalten ist. In 784 von 800 erforschten Gesteinen wurde Titan gefunden. Es sind 70 Mineralien des Titans bekannt, in denen es als Titandioxid oder als Salz der Titansäure vorliegt. Größte praktische Bedeutung haben Ilmenit (früher als Menaccanit bezeichnet), Rutil, Perowskit und Sphen. Reiche Lagerstätten an Titan besitzen die UdSSR (Ural, Sibirien, Ukraine, Altai), die USA, Indien, Norwegen, Kanada, Australien u. a. Länder. Insgesamt sind auf der Erde mehr als 150 bedeutende Lagerstätten des Titans bekannt. Aber man muß dieses Titan aus den Erzen extrahieren und in einen Zustand überführen, in welchem es für die moderne Technik verwendbar ist. Diese Aufgabe ist sehr, sehr

schwer, da Titan eine sehr hohe Affinität zum Sauerstoff hat. Daraus resultiert eine der festesten Bindungen in der Chemie. Als Oxid ist deshalb auch das Titan in der Natur am häufigsten anzutreffen. Weder der elektrische Strom noch hohe Temperaturen sind in der Lage, Titan aus der Umarmung des Sauerstoffs zu befreien. Das nötigte die Wissenschaftler dazu, andere Wege zu suchen, um das Titan in freier Form zu erhalten. 1940 gelang es dem Amerikaner W. Kroll, ein Verfahren zur industriellen Gewinnung von Titan mit Magnesium zu entwickeln. Das Wesentliche dieses Prozesses besteht darin, daß zuerst das Titandioxid mit Hilfe von Chlor und Kohlenstoff in $TiCl_4$ überführt wird. Mit dem Chlor fertig zu werden, das nun den Platz von Sauerstoff einnimmt, ist schon wesentlich leichter. Diese Aufgabe löst beispielsweise das Element Magnesium sehr erfolgreich. Das Resultat einer Reaktion von $TiCl_4$ mit Magnesium ist eine schwammartige Masse, die aus Titan, Magnesium und Magnesiumchlorid besteht. Für die Herstellung reinen, kompakten Titans wird diese Masse im Vakuum oder in inerten Gasen umgeschmolzen, damit auf keinen Fall Stickstoff oder Sauerstoff der Luft zum Metall gelangen kann.

In der Industrie wird auch ein Verfahren zur Erzeugung von metallischem Titan mit Natrium angewendet. Es unterscheidet sich im Prinzip nicht von dem vorher genannten. Um besonders reines Titan zu erhalten, wird gegenwärtig ein sogenanntes Jodid-Verfahren angewendet, das von den uns bereits bekannten Forschern van Arkel und de Boer vorgeschlagen wurde. Das aus dem Chlorid erhaltene technisch reine Titan wird in Jodid umgewandelt und im Vakuum erhitzt. Das verdampfende Jodid trifft auf seinem Weg auf glühenden Titandraht von etwa 1400 °C. Dabei zerfällt das Jodid, und auf dem Draht wird eine Schicht reines Titan niedergeschlagen.

Wegen der hohen Kosten wird diese Methode im industriellen Maßstab jedoch nicht angewandt. Solches Titan benutzt man für Laboratoriumsuntersuchungen. Wie wir bereits feststellen konnten, hängen die Eigenschaften des Titans sehr stark von seinem Reinheitsgrad ab. Es ist deshalb eine wichtige Aufgabe der Industrie, Verfahren zur Massenproduktion besonders reinen Titans auszuarbeiten. Vor nicht allzu langer Zeit machte auf der ganzen Welt eine interessante Mitteilung aus dem amerikanischen Raumfahrtzentrum die Runde. Die chemischen Untersuchungen von Mondgestein hatte ergeben, daß darin große Mengen Titanoxid enthalten sind. Bereits vor dem Flug von »Apollo 11« hatten Wissenschaftler solche Ansichten geäußert. Jetzt sind diese früheren Hypothesen experimentell nachgewiesene Tatsachen. Vielleicht teilen die Zeitungen schon in naher Zukunft mit, daß irgendwo im Gebiet des »Meeres der Ruhe« das erste Titanbergwerk seine Arbeit aufgenommen hat!

In unseren Tagen fesselt das Titan die Aufmerksamkeit Tausender Wissenschaftler. In vielen Laboratorien werden Proben dieses Metalls täglich harten »Folterqualen« unterzogen. Sie werden zerrissen, gebogen, in Säuren und Laugen gekocht, geglüht, bis auf extrem niedrige Temperaturen abgeschreckt und ungeheuren Belastungen durch Ströme hoher Frequenz, durch Ultraschall usw. ausgesetzt. Und Titan offenbart dem Menschen seine Geheimnisse!

V

Der Fund am Ort der Katastrophe · H. Ford verwirklicht seine Idee · Die Göttin antwortet nicht · Der Erfolg des Nils Sefström · Die zweite Geburt des Vanadiums · »Ich war ein wirklicher Esel ...« · Die erfolgreichen Versuche von Henry E. Roscoe · 50 000 Rubel für 1 kg · Erz von der Venus · Eine Kanone im Flugzeug · Angriff und Verteidigung · Die List der Diplomaten · In allen Regenbogenfarben · Die Schweine sind zufrieden · Meeressammler · Plantagen auf dem Boden des Meeres

»Wenn es kein Vanadium gäbe, gäbe es kein Automobil.« Diese Worte sagt man dem Automobilkönig Henry Ford nach. Im Jahre 1905 nahm Ford an einem großen Automobilrennen teil. Wie so oft bei solchen Wettkämpfen endete es mit einem tragischen Unfall, bei dem zwei Wagen kollodierten. Ford besichtigte später den Ort des Unglücks. Einem der beiden Wagen, einem französischen, entnahm er ein Bruchstück. Es war dies ein Teil einer Ventilstange, scheinbar ein Teil wie jedes andere. Aber der in technischen Fragen erfahrene Ford war überrascht von seiner Leichtigkeit und seiner für damalige Verhältnisse hohen Härte. Aus dem Labor, wohin er das Bruchstück zur Durchführung einer chemischen Analyse gegeben hatte, wurde ihm mitgeteilt, daß der ungewöhnliche Stahl Vanadium enthalte. Es war Fords Idee, solchen Stahl in weitem Umfang für die Produktion von Automobilen zu verwenden. Gelänge es ihm, diese Idee zu verwirklichen, würden die Autos wesentlich leichter, es könnte Material eingespart und der Preis für die Kraftwagen gesenkt werden. Dadurch würde die Zahl der Käufer schnell ansteigen und der Gewinn des Unternehmens wachsen. Ford nahm die Verwirklichung seiner Idee in Angriff. Viele Schwierigkeiten mußten überwunden werden, bis er sein Ziel erreichte. Einige Jahre nach dem Rennen, welches in der Geschichte des Automobilbaues eine wesentliche Rolle gespielt hat, stellte das französische Ministerium für Handel und Industrie bei der Analyse verschiedener Teile neuer Ford-Automobile fest, daß der amerikanische Stahl in allen Kennwerten den französischen übertraf.

Was gibt es über dieses Metall zu sagen, das in der Automobilindustrie eine solche Revolution hervorrief?

Poetisch beschrieb der schwedische Chemiker Berzelius die Entdeckung des Vanadiums, das auch als Vanadin bezeichnet wird: »Vor langer Zeit lebte im hohen Norden die schöne und von allen geliebte Göttin Vanadis. Einst klopfte jemand an

ihre Tür. Die Göttin saß bequem in ihrem Sessel und dachte: ›Soll er noch einmal klopfen.‹ Aber das Klopfen wiederholte sich nicht, und der Unbekannte entfernte sich von der Tür. Die Göttin hätte gern erfahren, wer wohl dieser bescheidene und zurückhaltende Besucher war. Sie öffnete das Fenster und schaute auf die Straße. Es war ein gewisser Wöhler, der sich eilig von ihrem Hof entfernte. Nach einigen Jahren hörte sie wieder, wie jemand an ihre Tür klopfte, aber diesmal beharrlich und so lange, bis sie aufstand und die Tür öffnete. Vor ihr stand ein junger, schöner Mann, Nils Sefström mit Namen. Sehr bald verliebten sie sich ineinander, und sie bekam einen Sohn, der den Namen Vanadin erhielt. Das ist auch der Name jenes neuen Metalles, welches 1831 von dem schwedischen Physiker und Chemiker Sefström entdeckt wurde.«

Diese Erzählung enthält eine Ungenauigkeit. Der erste, der an die Tür der Göttin Vanadis klopfte, war nicht der deutsche Chemiker F. Wöhler, sondern der berühmte mexikanische Chemiker und Mineraloge A. M. del Rio. Schon lange vor Wöhler, im Jahre 1801, als del Rio die Braunbleierze Mexikos untersuchte, stellte er fest, daß sie ein bis zu dieser Zeit unbekanntes Metall enthielten. Die Verbindungen des neuen Metalls hatten vielfältige Farben, deshalb nannte der Wissenschaftler das von ihm entdeckte Element Panchrom, d. h. allfarbig. Später gab er ihm den Namen Erythronium, was soviel wie schön bedeutet. Del Rio konnte seine Entdeckung wissenschaftlich nicht bestätigen. Mehr noch, im Jahre 1802 kam er zu der Schlußfolgerung, daß das von ihm gefundene Element identisch sei mit dem kurz vorher in Frankreich entdeckten Element Chrom. Diesen Fehler wiederholte später Wöhler.

Ungefähr 30 Jahre später war die zweite Geburt des Vanadiums. An seiner Wiege stand der junge schwedische Wissenschaftler Nils Sefström. Zu dieser Zeit begann in Schweden die Entwicklung der Metallurgie. In den verschiedenen Teilen des Landes entstanden Hüttenwerke. Folgender interessanter Tatbestand war eingetreten: Metall, das aus dem Eisenerz einer Lagerstätte erschmolzen wurde, war spröde, während zur gleichen Zeit aus einem anderen Erz sehr plastisches Metall erhalten wurde. Wodurch war dieser Unterschied zu erklären?

Sefström suchte eine Antwort auf diese Frage. Er untersuchte die Zusammenset-

zung des Eisenerzes, aus dem Metall mit guter Qualität erschmolzen worden war. Nach vielen Versuchen konnte er feststellen, daß dieses Erz ein neues Element enthielt. Es war dasselbe, das seinerzeit del Rio entdeckt und für Chrom gehalten hatte. Das neue Metall wurde Vanadium oder auch Vanadin genannt. Nach dem Erfolg Sefströms schrieb Wöhler an einen Freund: »Ich war ein großer Esel, als ich mir das neue Element im Braunbleierz entgehen ließ, und Berzelius hatte recht, als er nicht ohne Ironie darüber lächelte, wie ich erfolglos, schwach und ohne Beharrlichkeit ans Haus der Göttin Vanadis geklopft habe.«

In Rußland wurde Vanadium das erstemal 1834 im Braunbleierz des Beresowskier Reviers im Ural gefunden, im Jahre 1839 auch im Permer Sandstein. Schon zu dieser Zeit vermutete der russische Ingenieur Schubin einen günstigen Einfluß des Vanadiums auf die Eigenschaften von Eisen- und Kupferlegierungen. Er schrieb in einem seiner Artikel: »Kupferhaltiges Roheisen, Schwarzkupfer, Garkupfer und Stückkupfer enthalten Vanadium, und wahrscheinlich verleiht ihnen die Anwesenheit dieses Elements die hohe Härte.« Während vieler Jahre gelang es niemandem, Vanadium in reiner Form herzustellen. Erst im Jahre 1869 erhielt der englische Chemiker Henry E. Roscoe nach langwierigen Untersuchungen reines metallisches Vanadium. Übrigens konnte er von »rein« nur zu jener Zeit sprechen, denn es enthielt mehr als vier Prozent Beimengungen. Unter ihnen waren sogar einige, die die Eigenschaften dieses Metalls sehr stark ändern.

Reines Vanadium ist ein silbrig graues Metall, das eine hohe Plastizität aufweist

und sich schmieden läßt. Selbst unbedeutende Mengen fremder Elemente, besonders Stickstoff, Sauerstoff und Wasserstoff, verspröden es, erhöhen seine Härte und erschweren seine Bearbeitung. Reines Vanadium zu erzeugen war lange Zeit sehr schwierig, weil dieses Metall bei hohen Temperaturen eine ungewöhnliche Aktivität entwickelt. Es konnte kein Tiegelmaterial gefunden werden, das beim Schmelzen nicht durch Vanadin aufgelöst worden wäre. Dadurch aber wurde das Metall verunreinigt. Die Wissenschaftler suchten einen anderen Weg. Es wurde eine elektrolytische Methode zur Raffinierung von Vanadium auf eine Reinheit von 99,99 Prozent ausgearbeitet. Das Ergebnis: 0,01 Prozent Verunreinigungen gegenüber vier Prozent – das ist schon ein wesentlicher Unterschied!

Trotzdem fand Vanadium keine nennenswerte Verwendung in der Industrie. Die Weltproduktion betrug im Jahre 1907 nur

drei Tonnen. Der Preis war märchenhaft: 50 000 Rubel in Gold für ein Kilogramm!
Für die geringe Produktion und den horrenden Preis gibt es eine einfache Erklärung. Obwohl das Vanadium in der Erdrinde nicht selten ist – sein Gehalt darin beträgt etwa 0,2 Prozent (das sind 15mal mehr als Blei und 2000mal mehr als Silber) – werden größere Anreicherungen auf der Erde nur sehr selten angetroffen. Aus diesem Grunde rechnet man Vanadium zu den seltenen Metallen. Erze, die ein Prozent Vanadium enthalten, zählt man zu den außerordentlich reichen Erzen. Der industriellen Verwertung werden sogar Erze unterzogen, die nur 0,1 Prozent dieses wertvollen Elements enthalten.
Es ist interessant, daß in den auf die Erde fallenden Meteoriten der Gehalt an Vanadium 2- bis 3mal größer ist als in der Erdrinde. Auch aus dem Sonnenspektrum kann man schließen, daß die Sonnenmaterie reicher an Vanadium ist als unser Planet. Es ist möglich, daß eines Tages die Ankunft eines »Erzzuges« mit reichem Vanadiumerz, beispielsweise vom Mars oder der Venus, in einem metallurgischen Betrieb als durchaus normales Transportunternehmen bewertet wird. Vorläufig jedoch müssen die Erdenbewohner mit ihren eigenen Vorräten zurechtkommen.
Die Schwierigkeit der Extraktion des Vanadiums aus dem Erz war der Grund dafür, daß dieses wunderbare Metall einige Jahrzehnte keine Anwendung finden konnte. Die stürmische Entwicklung der Technik öffnete aber auch ihm die Tür zur Industrie. Die bemerkenswerte Fähigkeit dieses Elements, den Stählen wertvolle Eigenschaften zu verleihen, bestimmte sein Schicksal. Vanadium wurde ein »Vitamin«

für Stähle. Unbedeutende Zusätze an Vanadium (Bruchteile eines Prozents) verleihen dem Stahl Feinkörnigkeit und erhöhen seine Festigkeit. Dieser Stahl erträgt leichter schlagartige Belastungen; er hat eine höhere Sicherheit gegen Bruch und ist verschleißfest. Deshalb eignet er sich besonders für den Automobilbau. Kein Wunder, daß entscheidende Teile des Kraftfahrzeuges, der Motor, Ventilfedern, Achsen, Wellen, Stößel, aus dem zuverlässigen Vanadiumstahl gefertigt werden. Eben darum schätzte Henry Ford die Rolle des Vanadiums so hoch ein. Und nicht zufällig sagte A. E. Fersmann über dieses Element: »... ungewöhnlich sind jene Kräfte, die es dem Eisen und Stahl vermittelt; es verleiht dem Stahl Festigkeit und Härte, Zähigkeit, Dehnbarkeit und Dauerfestigkeit, alle notwendigen Eigenschaften für die Achsen der Automobile.«

Eine Sensation war im ersten Weltkrieg ein von französischen Ingenieuren konstruiertes Flugzeug, das nicht mit einem Maschinengewehr, sondern mit einer Kanone ausgerüstet war. Die neue Bewaffnung stiftete Verwirrung unter den deutschen Fliegern ... Auf welche Weise war es gelungen, eine Kanone in das Flugzeug einzubauen? War doch die Belastbarkeit der damaligen »Holzkisten« sehr gering. Wieder hatte Vanadium Hilfestellung geleistet. Die französischen Flugzeugkanonen waren aus Vanadiumstahl hergestellt. Bei verhältnismäßig geringem Gewicht wiesen sie ausgezeichnete Festigkeitseigenschaften auf. Eine wirkungsvollere Waffe konnte nun ihr vernichtendes Feuer auf die deutschen Flugzeuge richten.

Später verwendete man Vanadiumstahl auch für die Helme der Soldaten. Der verhältnismäßig leichte Helm aus dünnem, aber festem Stahl schützte seinen Träger zuverlässig vor Kugeln oder Granatsplittern. Zum Schutz der Artilleriebedienungsmannschaft wurden Schutzschilde gefordert. Für diese Zwecke stellte man in Sheffield Panzerstahl her, der ziemlich viel Silizium und Nickel enthielt. Als aber diese Platten bei Versuchen aus einem Abstand von 70 Metern beschossen wurden, durchschlugen die Kugeln das Metall. Als man Stahl mit etwa 0,2 Prozent Vanadium verwendete, war der Erfolg überraschend, er bestand den Test in 99 von 100 Fällen.

Amerikanische, französische und englische Firmen haben Vanadiumstahl für die verschiedensten Zwecke angewendet. Die deutschen Metallurgen, die immer als große Spezialisten galten, verhielten sich gegenüber einer Verwendung von Vanadium als Legierungselement skeptisch; zunächst verzichteten sie sogar auf die Anwendung von Vanadiumstahl. In einer deutschen Firma wurde kategorisch festgestellt, die Erschmelzung solcher Stähle habe absolut keinen Sinn. Dieser eigenartige Standpunkt fand bald seine Erklärung. Deutschland verfügte nicht über eigene Vanadiumerze. Man war nicht daran interessiert, den Preis durch steigende Nachfrage noch mehr in die Höhe zu treiben. Deshalb wurde auf jede Art und Weise versucht, die Einführung von Vanadiumstahl zu verhindern. Es wurden andere Legierungselemente benutzt, um die gleiche Wirkung zu erzielen. Bald aber stellte sich heraus, daß man ohne Vanadium nicht auskommen konnte. Die Versuche der metallurgischen »Diplomaten«, den Vanadiumstahl zu verbannen, mußten scheitern. Im Gegenteil, die Produktion stieg von Jahr zu Jahr.

Nachdem es in Deutschland gelungen war, Vanadium als Nebenprodukt bei der Erzeugung von Thomasstahl aus vanadiumhaltigem Roheisen bzw. Eisenerz zu gewinnen, stiegen die Vanadium-Produktion und die Erzeugung vanadiumlegierter Stähle sehr schnell. Vanadiumhaltiger Stahl wird in vielen Zweigen der modernen Industrie verwendet: im Flugzeugbau, in der Elektro-, Radio- und Verteidigungstechnik, im Eisenbahnwesen und auf zahlreichen anderen Gebieten.

Vanadium veredelt auch das Gußeisen. Aus Sondergußeisen mit Vanadiumzusatz werden Kolbenringe, Kokillen, Walzen und Matrizen für die Kaltumformung gegossen.

Vanadium wird aber nicht nur als Legierungselement genutzt. Die Salze dieses Elements können grüne, gelbe, rote,

schwarze oder goldene Färbung haben (erinnern wir uns an die Bezeichnung, die del Rio dem Element gab: Panchrom = vielfarbig). Sie werden deshalb schon seit der Entdeckung des Vanadiums durch Sefström in weitem Umfang für die Produktion von Farben und besonderen Tinten in der Glas- und Keramikindustrie verwendet. Porzellan- und Töpferwaren erhielten mit Hilfe von Vanadiumverbindungen goldene Glasuren, dem Glas verleihen sie grüne oder blaue Farbe.

Im Jahre 1842 gelang es dem russischen Chemiker N. N. Sinin, Anilin herzustellen. Die Farbindustrie erhielt dadurch einen mächtigen Auftrieb. Vanadium spielte auch dabei eine große Rolle. Es zeigte sich, daß 1 Gramm V_2O_5 ausreicht, um 200 Kilogramm farbloses Anilinsalz in einen stark gefärbten Stoff – in schwarzes Anilin – umzuwandeln.

Außerdem ist Vanadium auch für die chemische Industrie unserer Tage unentbehrlich geworden. V_2O_5 ist ein ausgezeichneter Katalysator bei der Produktion von Schwefelsäure, die als das »Brot der Chemie« bezeichnet wird. Lange Zeit wurde hierfür Platinasbest benutzt, das heißt Asbest, auf das Platinpulver aufgetragen ist. Dieser Reaktionsbeschleuniger war aber nicht nur sehr teuer, sondern auch ziemlich empfindlich. Er versagte oft infolge »Vergiftung« durch gasförmige Beimengungen.

Die vorzüglichen Eigenschaften des Vanadiumoxides werden auch beim Kracken von Erdöl genutzt, um die verschiedensten komplizierten organischen Verbindungen zu erhalten.

Vanadium ist offensichtlich auch notwendig für die Wirksamkeit vieler Gewebe von Lebewesen: Es wurde in Hühnereiern,

Hühnerfleisch, Kuhmilch, in der Leber von Tieren und sogar im menschlichen Gehirn nachgewiesen.

In England wurden Versuche durchgeführt, geringe Dosen dieses Elementes dem Schweinefutter beizugeben. Was stellte sich heraus? Der Appetit der »Grunzer« stieg bedeutend, und sie nahmen viel schneller an Gewicht zu.

Es ist interessant, daß verschiedene Meerespflanzen und Meereslebewesen, zum Beispiel Algen, Tange und Seeigel, Vanadium auf eine noch unbekannte Weise aus dem umgebenden Medium an-

reichern. Einige Wissenschaftler nehmen an, daß bei dieser Gruppe lebender Organismen das Vanadium dieselbe Funktion erfüllt wie das Eisen im Blut des Menschen oder der höheren Lebewesen, d. h. die Aufnahme von Sauerstoff oder bildhaft gesprochen die »Atmung« ermöglicht. Andere Wissenschaftler glauben, daß das Vanadium für die Bewohner des Meeresbodens nicht zum Atmen, sondern für die Ernährung notwendig ist. Die Zukunft wird zeigen, welche Meinung die richtige ist. Bisher konnte jedenfalls festgestellt werden, daß im Blut der Ascidiaceen (Seescheiden) 10 Prozent Vanadium enthalten sind und daß die Vanadiumblutkonzentration bei bestimmten Ascidia-Arten den Gehalt des Meereswassers an Vanadium um das Milliardenfache übersteigt. Es wäre interessant, Vanadium mit Hilfe der Meeresbewohner zu gewinnen. In Japan beispielsweise wird kilometerweit das Meeresufer für Ascidia-Plantagen ausgenutzt. Die Ascidien sind sehr fruchtbar: 150 Kilogramm dieser Lebewesen sind der Ertrag je Quadratmeter der Anlage. Nach der »Ernte« werden die lebenden Vanadiumerze in spezielle Laboratorien gebracht, wo man aus ihnen das für die Industrie notwendige Element gewinnt.

Es gibt aber auch »Vanadiumsammler« auf dem Festland. Einer der bekanntesten ist der giftige Fliegenpilz. Auch viele Schimmelarten können sich ohne Vanadium nicht entwickeln. Pflanzen, die die Fähigkeit haben, dieses oder jenes Element in sich anzureichern, nennt man in der Wissenschaft »Biokonzentratoren«. Oftmals sind sie für die Geologen eine wertvolle Hilfe, da sie als spezifische Indikatoren dienen bei der Suche nach Erzen mit wertvollen Metallen.

Wir sprachen über die Vergangenheit und die Gegenwart des Vanadiums. Was wird das Element morgen zu erwarten haben? Wie wird sich das weitere Schicksal dieses bemerkenswerten Metalls gestalten? Es ist schwer, darüber etwas auszusagen. Wenn man sich aber seine wertvollen Eigenschaften vor Augen hält – bedeutende mechanische Festigkeit, große Korrosionsbeständigkeit, hohe Schmelztemperatur, im Vergleich zu Eisen geringeres spezifisches Gewicht – so kann man vermuten, daß Vanadium in Zukunft ein wertvolles Konstruktionsmaterial wird. Zunächst muß jedoch der Mensch Wege finden, größere Mengen Vanadium zu gewinnen; viel größere als heute. Vorerst hütet es die Natur sorgfältig in ihrer unerschöpflichen Vorratskammer, bis es der Mensch eines Tages nutzen kann.

Härter als Glas – Chrom

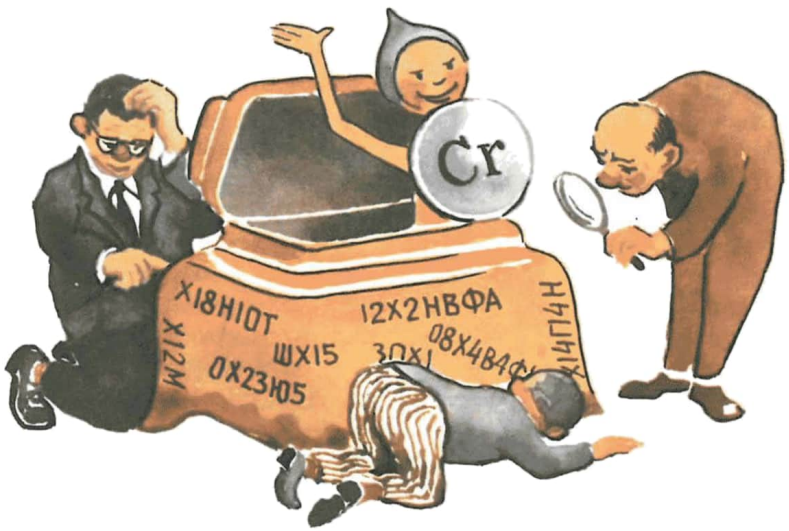
Cr

Chinesische Hieroglyphen · Graue Nadeln im Tiegel · Freunde geben einen Rat · Eruptionen auf der Sonne · Die französische Akademie registriert Entdeckungen · Fortuna ist ihm zugetan · Kohlenstoff nicht erwünscht · Stahl bedeckt sich mit »Schuppen« · Erstes Patent · Gespräch mit einem deutschen Metallurgen · Die Vorräte sind reichlich · Die Götter vergießen Tränen

Wenn Sie ein metallurgisches Handbuch durchblättern, werden Sie unter der Vielzahl von Stahlbezeichnungen ohne Zweifel auch solche finden, die die Buchstaben Cr enthalten, z. B. 100 Cr 6, 50 CrV 4, X 10 CrNi 18.10, 30 WCr V 17.9, 16 MnCr 5, 240 Cr 46, X 10 Cr 17, 30 CrMoV 9.

Für Menschen, die mit diesem Spezialgebiet nicht vertraut sind, sagen diese »geheimnisvollen Chiffren« soviel aus wie chinesische Hieroglyphen. Der Metallurge jedoch weiß sofort, was die Kombinationen von Zahlen und Buchstaben zu bedeuten haben. Auf den ersten Blick aber ist zu erkennen, daß in allen aufgezählten Stahlmarken Cr enthalten ist, denn das auch in der Chemie verwendete Symbol Cr deutet darauf hin. Zusammen mit seinen ebenfalls für Legierungszwecke gebrauchten »Kollegen« Nickel (Ni), Wolfram (W), Molybdän (Mo), Vanadium (V), Titan (Ti), Niob (Nb) u. a. wird es bei der Erschmelzung von Stählen für die verschiedenartigsten Wirkungen ausgenutzt. Die in der Technik eingesetzten Stähle müssen sehr viel »können«: kolossalen Drücken widerstehen, chemischen »Aggressoren« standhalten, nicht ermüden, langzeitige Belastungen aushalten, gute Bearbeitbarkeit aufweisen, sich nicht vor Hitze und Kälte fürchten. Zu dieser umfangreichen Skala der Fähigkeiten des Stahles trägt Chrom sein Scherflein bei.

In den Jahren 1786 und 1787 untersuchte der bekannte französische Chemiker Louis Nicolas Vauquelin das Mineral Krokoit, das von dem russischen Akademiker P. S. Pallas nach Paris gesandt worden war. Nach dem Auflösen von pulverförmigem Krokoit konnte Vauquelin zunächst Bleikarbonat abtrennen. Er behielt eine gelbe Lösung



zurück, in der das Kalisalz einer bisher nicht bekannten Säure enthalten war. Die Behandlung dieser Lösung mit verschiedenen Reagenzien ergab Niederschläge von unterschiedlicher Färbung. Schließlich gelang es Vauquelin, ein unbekanntes Element in Form grauer, zusammengesinterter metallischer Nadeln aus der Lösung zu gewinnen. Ein Freund Vauquelins schlug vor, das neu entdeckte Metall wegen der verschiedenartigen Farben seiner Verbindungen Chrom zu nennen (nach dem griechischen chroma = Farbe). Die Silbe Chrom, in der Bedeutung »gefärbt«, ging übrigens in viele Termini ein, die mit dem Element Chrom nicht in Verbindung stehen. So bedeutet zum Beispiel das griechische Wort Chromosom in der Übersetzung »eine Sache, die sich leicht färbt«.

Für die Herstellung farbiger Abbildungen verwendet man das Gerät »Chromoskop«. Fotoliebhaber kennen sehr gut die bekannten Filme »Isopanchrom« und »Orthochrom«.

Anfangs gefiel Vauquelin die vorgeschlagene Bezeichnung nicht, weil das von ihm entdeckte Metall eine unscheinbare graue Färbung hatte und diesen Namen nicht rechtfertigte. Seine Freunde konnten ihn aber überzeugen, und nachdem die französische Akademie die Entdeckung vorschriftsmäßig registriert hatte, trugen die Chemiker in aller Welt das Wort »Chrom« in das Verzeichnis der bekannten Elemente ein.

Das Schicksal war dem neuen Metall sehr gewogen. Durch seine hohe Schmelztemperatur, seine außerordentlich hohe Härte und seine Fähigkeit, sich leicht mit anderen Metallen zu legieren, gewann es schnell vornehmlich das Interesse der Metallurgen. Die Metallurgie nimmt von allen Gebieten, in denen Chrom verwendet wird, auch heute noch den führenden Platz ein.

Chrom weist alle charakteristischen Eigenschaften eines Metalls auf. Es leitet die Wärme gut, bietet dem elektrischen Strom nur einen geringen Widerstand und hat den für die meisten Metalle charakteristischen Glanz. Interessant ist eine Besonderheit des Chroms: Bei der Temperatur von etwa 37 Grad Celsius benimmt es sich recht »ungehörig«. Viele seiner physikalischen Eigenschaften ändern sich sprunghaft. Bei dieser Temperatur erreicht die innere Reibung des Chroms ein Maximum, und der Elastizitätsmodul fällt auf einen minimalen Wert. Eine plötzliche Änderung erfahren auch die elektrische Leitfähigkeit, der lineare Ausdehnungskoeffizient und die thermoelektrische Kraft.

Die Metallurgen nutzen vor allem die Le-

gierungsfähigkeit des Chroms aus. Geringe Zusätze zum Stahl erhöhen die Härte und Verschleißfestigkeit. Solche Eigenschaften hat Kugellagerstahl, der neben 1,5 Prozent Chrom ungefähr 1 Prozent Kohlenstoff enthält. Nichtrostender Stahl, der ausgezeichnete Beständigkeit gegen Korrosion und Oxydation aufweist, enthält zwischen 13 und 26 Prozent Chrom und oft noch 8 bis 21 Prozent Nickel. Im Gegensatz zum Kugellagerstahl ist hier der Kohlenstoff nicht erwünscht. Chrom neigt sehr zur Bildung von Karbiden. Wenn sich diese im nichtrostenden Stahl an den Korngrenzen ausscheiden, wird eine große Menge Chrom abgebunden. Dabei verarmt der Stahl in der Umgebung der Ausscheidungen an Chrom und kann dem Angriff aggressiver Medien nicht mehr widerstehen. Deshalb wird der Kohlenstoffgehalt im nichtrostenden Stahl so niedrig wie möglich gehalten, üblicherweise unter 0,1 Prozent. Eine Ausnahme machen allerdings nichtrostende Stähle für Messer oder Rasierklingen, die bis zu 0,7 Prozent Chrom enthalten können. In diesem Fall wird durch eine geeignete Wärmebehandlung dafür gesorgt, daß es nicht zu einer gefährlichen Ausscheidung von Chromkarbiden kommen kann.

Bei hohen Temperaturen bedeckt sich Stahl mit »Schuppen« aus Zunder. Es gibt Maschinen und Apparate, in denen bestimmte Teile bis auf einige 100 Grad Celsius erwärmt werden. Um solche Teile aus Stahl weitgehend vor der Verzunderung zu schützen, werden sie mit Chrom bis zu Gehalten von 25 bis 30 Prozent legiert. Solche Stähle widerstehen Temperaturen bis zu 1000 Grad Celsius.

Legierungen mit hohem Chromgehalt haben eine ausgezeichnete Warmfestigkeit. Leider sind Bauteile aus diesem Material sehr empfindlich bei Verletzungen ihrer Oberfläche. Ein kleiner, fast unmerklicher Kratzer genügt, um das belastete Bauelement rasch zu zerstören.

Als Heizelemente werden Legierungen aus Chrom und Nickel mit Erfolg eingesetzt. Kobalt- und Molybdänzusätze zu Nickel-Chrom-Legierungen befähigen das Metall, größeren Belastungen bei 650 bis 900 Grad

Celsius zu widerstehen. Aus diesen Legierungen werden beispielsweise Turbinenschaufeln hergestellt. Eine Legierung aus Kobalt, Molybdän und Chrom ist für den menschlichen Organismus nicht schädlich und wird deshalb in der Chirurgie und Orthopädie als künstlicher Gelenkersatz verwendet.

Eine amerikanische Firma brachte unlängst ein neues Material heraus, dessen magnetische Eigenschaften sich unter dem Einfluß der Temperatur ändern. Es enthält die Elemente Mangan, Chrom und Antimon und ist nach Meinung der Forscher für den Einbau in verschiedene automatische Einrichtungen geeignet, die gegen Temperaturschwankungen empfindlich sind. Dort kann es die teureren Thermoelemente ersetzen.

Der Hauptteil der heute in der Welt geförderten Chromerze geht in Ferrolegierungswerke, wo aus ihnen verschiedene Sorten Ferrochrom und metallisches Chrom erschmolzen werden.

Das erste Ferrochrom wurde im Jahre 1820 durch Reduktion eines Gemisches aus Eisenoxid, Chromoxid und Holzkohle im Tiegel hergestellt. 1854 gelang es, reines metallisches Chrom durch Elektrolyse einer wäßrigen Lösung von Chromchlorid zu erhalten. In dieseZeit fallen auch die ersten Versuche zur Herstellung von kohlenstoffhaltigem Ferrochrom im Hochofen. 1865 wurde das erste Patent für Chromstahl erteilt. Der Verbrauch an Ferrochrom stieg nun sehr schnell.

Eine wichtige Rolle in der Entwicklung der Produktion von Ferrochrom spielt der elektrische Strom, genauer gesagt, das elektrothermische Verfahren zur Erzeugung von Metallen und Legierungen. 1893 erschmolz der französische Forscher H. Moissan im Elektroofen kohlenstoffhaltiges Ferrochrom, das 60 Prozent Chrom und 6 Prozent Kohlenstoff enthielt.

Im vorrevolutionären Rußland entwickelte sich die Produktion von Ferrolegierungen im Schneckentempo. Nur unbedeutende

Mengen an Ferrosilizium und Ferromangan wurden in den Hochöfen des Südens erschmolzen. 1910 wurde an den Ufern des Flusses Satki im südlichen Ural das kleine elektrometallurgische Werk Porogi erbaut. Es produzierte zunächst Ferrochrom, später auch Ferrosilizium. Von einer Deckung des Bedarfs der Industrie konnte jedoch keine Rede sein. Die in Rußland benötigten Ferrolegierungen wurden fast vollständig aus dem Ausland eingeführt.

Der junge sowjetische Staat konnte es sich nicht erlauben, in solch einem wichtigen Industriezweig, wie ihn die Produktion von Qualitätsstählen darstellt, von kapitalistischen Ländern abhängig zu sein. Um den großen Plan der Industrialisierung der Sowjetunion zu verwirklichen, waren Stähle wie Konstruktionsstahl, Werkzeugstahl, nichtrostender Stahl, Kugellagerstahl, Stahl für Kraftfahrzeuge usw. notwendig. Aber einer der wichtigsten Bestandteile dieser Stähle ist Chrom. Die Versorgung der Edelstahlmetallurgie mit den notwendigen Ausgangsmaterialien war vollständig aus eigenem Aufkommen gewährleistet.

Auf dem XVII. Parteitag der KPdSU sagte der Volkskommissar für Schwerindustrie Sergo Ordshonikidse:

»... wenn es bei uns keine Edelstahlmetallurgie geben würde, gäbe es keine Kraftfahrzeugindustrie. Die Kosten der von uns benötigten Edelstähle belaufen sich zur Zeit auf über 400 Millionen Rubel. Wenn wir sie einführen müßten, kämen wir, weiß der Teufel, unter die Knechtschaft der Kapitalisten!«

1936 wurden in Kasachstan große Lagerstätten an Chromit gefunden. Dies ist einer der wichtigsten Rohstoffe für die Produktion von Ferrochrom. Während der Kriegsjahre wurde auf der Basis dieser Lagerstätte das Akjubinskier Ferrolegierungswerk gebaut. Es wurde in der Folgezeit der größte Betrieb für Ferrochrom und Chrom aller Sorten. Reich an Chromerz ist auch der Ural.

Im Hinblick auf die erkundeten Vorräte an Chromerz steht die Sowjetunion an erster Stelle in der Welt. Chromerz gibt es auch in der Türkei, Indien, Neukaledonien, Kuba, in Griechenland, Jugoslawien und einigen Ländern Afrikas.

Zur Zeit verfügen solche Industrieländer wie England, Frankreich, die BRD, Italien, Schweden und Norwegen lediglich über Rohstoffe mit geringem Chromgehalt. Die USA und Kanada haben nur sehr arme Erze, die für die Produktion von Ferrochrom fast nicht brauchbar sind. Der gesamte Anteil an Chrom in der Erdrinde beträgt 0,02 Prozent.

Chromit wird in weitem Umfang für die Feuerfestindustrie verwendet. Chrommagnesitsteine sind ein ausgezeichnetes feuerfestes Material. Sie werden für die Auskleidung der Siemens-Martin-Öfen und anderer metallurgischer Aggregate verwendet. Dieses Material hat eine hohe Temperaturwechselbeständigkeit, ist also unempfindlich gegen schroffen Temperaturwechsel.

In der chemischen Industrie wird Chromit für die Erzeugung von Kalium- und Natriumkarbonat und von Chromalaun verwendet. Letztere Verbindung wird für das Gerben von Leder benutzt. Es verleiht ihm einen schönen Glanz und gibt ihm Festigkeit. Solches Leder wird als Chromleder bezeichnet.

Als ob Chrom seinen Namen rechtfertigen

wolle, nimmt es lebhaften Anteil an der Produktion von Farben für die Glas-, Keramik- und Textilindustrie.

Jeden Abend flammen über Moskau die rubinfarbigen Sterne des Kreml auf. In der Rangliste der Edelsteine nimmt der Rubin den zweiten Platz hinter dem Diamant ein. Nach einer alten indischen Legende haben sich die Rubine aus Blutstropfen der Götter gebildet. Dort heißt es:

»Es fallen Tropfen geronnenen Blutes in den Schoß der Flüsse, in das tiefe Wasser, in die Spiegelbilder der herrlichen Palmen ...

... Und es erglühen die Tropfen des Blutes. Sie verwandeln sich in Rubine und schimmern mit Einbruch der Dunkelheit in märchenhaftem Glanz, mit ihren Strahlen das Wasser durchdringend.«

In unseren Tagen ist die Herstellungstechnologie des wunderbaren roten Steines wesentlich einfacher. Es ist nicht erforderlich, das geheiligte Blut der Götter zu vergießen. Man verwendet hierfür Aluminiumoxid, welches einen bestimmten Zusatz an Chromoxid erhält. Ihm verdanken die Rubinkristalle ihre herrliche Farbe.

Schon in den Jahren 1927/1928 begann die Projektierung und der Bau von Ferrolegierungswerken. 1931 nahm das Tscheljabinsker Werk für Ferrolegierungen, der Erstling der sowjetischen Ferrolegierungsindustrie, den Betrieb auf. Zu dieser Zeit hielt sich einer der Schöpfer der sowjetischen Edelstahlmetallurgie, das korrespondierende Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR W. C. Jemeljanow, in Deutschland auf, um die Erfahrungen der dortigen Spezialisten zu studieren. In seinen Erinnerungen erzählt er von einem interessanten Gespräch, das er mit einem der Metallurgen geführt hatte:

1933 traf ich in einem kleinen deutschen Werk den Hauptingenieur. Ich fragte ihn:
›An wen verkaufen Sie das im Werk produzierte Ferrochrom?‹ Er begann aufzuzählen:
›Ungefähr 5 Prozent der gesamten Produktion erhält die nahegelegene chemische Fabrik, 2 Prozent verkaufen wir an den Betrieb von Becker, ungefähr 3 Prozent ...‹
Ihn unterbrechend, fragte ich:
›Nun, und wieviel verkaufen Sie an die Sowjetunion?‹
›17 bis 18 Prozent unserer Produktion ist für Ihre Werke bestimmt. Wir arbeiten ja auch auf der Basis von Chromerz aus dem Ural.‹«
In dieser Zeit wurde das Chromerz aus der Sowjetunion nicht nur nach Deutschland, sondern auch nach Schweden, Italien und in die Vereinigten Staaten von Amerika ausgeführt. Und in diesen Ländern mußte die Sowjetunion ihr Ferrochrom kaufen. Als jedoch 1933 noch zwei weitere Ferrolegierungswerke errichtet wurden, konnte die Sowjetunion nicht nur aufhören, die wichtigsten Ferrolegierungen zu importieren, sondern sie war auch in der Lage, einen Anteil in das Ausland zu verkaufen.
In Fotomaterialien und Arzneien, Katalysatoren für chemische Prozesse und metallischen Überzügen – überall ist Chrom enthalten.
Es ist lange bekannt, daß Chrom nicht nur eine große Härte hat (es ritzt Glas und hat in dieser Beziehung keinen Konkurrenten unter den Metallen), sondern auch eine hohe Beständigkeit gegen Oxydation in der Luft oder Säuren aufweist. Bauteile aus anderen Materialien kann man deshalb vor Korrosion, Kratzern usw. schützen, indem man auf ihre Oberflächen dünne Chromschichten elektrolytisch niederschlägt. Dabei trat jedoch anfangs eine unerwartete Schwierigkeit auf. Die Chromdeckschichten waren porös, lösten sich leicht ab und erfüllten nicht die in sie gesetzten Erwartungen. Fast 75 Jahre arbeiteten die Forscher an dem Problem der Chromierung, und erst in den 20er Jahren unseres Jahrhunderts wurden die Schwierigkeiten überwunden. Die Ursache für diese Unzulänglichkeiten lag im Elektrolyten. Er enthielt dreiwertiges Chrom, mit dem die erforderliche Deckschicht nicht erzielt werden konnte. Dagegen ist das sechswertige Chrom dieser Aufgabe gewachsen. Deshalb verwendet man jetzt Elektrolyte mit Chromsäure; in dieser Verbindung ist das Chrom sechswertig. Die Dicke der dadurch gewonnenen Schutzschicht bei einigen Außenteilen von Autos, Motorrädern oder Fahrrädern beträgt oft bis zu 0,1 Millimeter. Chromschichten werden auch für dekorative Zwecke, z. B. für Türgriffe, Uhrendeckel und Gegenstände, die keiner nennenswerten Beanspruchung ausgesetzt sind, eingesetzt. In diesen Fällen beträgt die Dicke der Chromschicht nur zwei bis fünf Mikrometer.
In einem anderen Verfahren erfolgt die Chromierung durch Diffusion. Dabei wird die Deckschicht nicht in galvanischen Wannen, sondern in Öfen erzeugt. Die Stahlteile werden in Chrompulver eingepackt und in reduzierender Atmosphäre auf hohe Temperaturen erhitzt. Es bilden sich auf der Oberfläche der Metallteile mit Chrom angereicherte Schichten, die an Härte und Korrosionswiderstand den Stahl

wesentlich übertreffen. Bei Temperaturen von ungefähr 1000 Grad Celsius sintert aber das Chrompulver zusammen; außerdem bilden sich auf der Oberfläche des so beschichteten Metalls Karbide, die die Diffusion des Chroms in den Stahl verhindern. Deshalb mußte ein günstigerer Chromträger gefunden werden. Anstelle von Chrompulver verwendet man jetzt leicht flüchtige Halogenverbindungen des Chroms: Chromchlorid und -jodid. Dadurch kann die Temperatur des Prozesses herabgesetzt werden. Das erforderliche Chlorid oder Jodid des Chroms gewinnt man unmittelbar in der Anlage für die Chromierung, indem man den Dampf der entsprechenden Halogenwasserstoffsäure über pulverförmiges Chrom leitet. Das dabei entstehende gasförmige Chlorid oder Jodid umspült die zu chromierenden Teile und sättigt die Oberfläche mit Chrom. Durch dieses Verfahren entstehen Deckschichten, die fest mit dem Grundmaterial verbunden sind – bedeutend fester als nach dem Galvanisieren.

Es ist nicht notwendig, noch mehr Beispiele anzuführen, um zu zeigen, welchen wichtigen Platz Chrom in der modernen Technik einnimmt. Mit Genugtuung erwähnt deshalb auch W. C. Jemeljanow in seinen Erinnerungen eine Zeitungsnotiz aus dem Jahre 1965, in der über den Export von Ferrochrom aus der UdSSR nach England berichtet wird. Die Sowjetunion hat sich durch ihre schnell gewachsene Produktion an Ferrochrom nicht nur vom kapitalistischen Ausland unabhängig gemacht, sondern ist auch in der Lage, dieses wichtige Halbfabrikat als wertvolles Handelsprodukt anzubieten.

Der ewige Begleiter des Eisens – Mangan

Mn

Die Säulen des unterirdischen Palastes · Wunderbares schwarzes Pulver · »Glasseife« · Gahn oder Kaim? · »Das Höllenfeuer« macht seine Sache · Hadfield erhält ein Patent · Probieren Sie, den Safe aufzubrechen · Warum es nicht gelingt, einen Alarm auszulösen · Als Ersatz für Platin und Palladium · Warum sind die roten Ameisen rot? · An den Zähnen des Haifisches · Die »Witjas« durchsucht die Ozeane · Ohne Bakterien keine Knollen · In einer Schlinge des Unterwasserkabels · Der Weg führt in den Martinofen

Wenn Sie einmal mit der Moskauer Metro gefahren sind, haben Sie sicher eine ihrer bemerkenswertesten Stationen, die Majakowskaja, gesehen. Die Säulen dieses unterirdischen Palastes sind mit einem Mosaik aus schmalen rosaroten Steinen ausgelegt. Es handelt sich um Rhodonit, ein Mineral, das Mangan enthält. Seine zartrosa Farbe (im Griechischen: rhodon = rosa) und seine gute Bearbeitbarkeit prädestinieren diesen Stein für solche Verwendungszwecke. Teile aus Rhodonit schmücken die Ermitage, die Pjotrpawlowski-Kirche und viele andere Museen der UdSSR. Große Rhodonitlagerstätten wurden im Ural entdeckt. An keinem anderen Ort unseres Planeten finden sich solche Anreicherungen dieses Minerals wie hier. Auch die Schönheit des Uraler Rhodonits hat nichts ihresgleichen. Das Mangan-Mineral mit der größten industriellen Bedeutung ist jedoch nicht Rhodonit, sondern Pyrolusit. Dieses aus Mangandioxid bestehende schwarze Mineral ist den Menschen seit alten Zeiten bekannt. Schon im ersten Jahrhundert berichtete der bekannte, beim Ausbruch des Vesuvs umgekommene römische Schriftsteller Plinius der Ältere über die wunderbare Fähigkeit eines schwarzen Pulvers (gemahlener Pyrolusit), Glas zu läutern. Im Mittelalter schrieb der italienische Wissenschaftler und Ingenieur V. Biringuccio in seinem enzyklopädischen Werk über den Bergbau und die Metallurgie »Pyrotechnik«, das im Jahre 1540 erschienen war: »... Pyrolusit kommt in dunkelbrauner Farbe vor; ... wenn es mit glasartigen Stoffen zusammenkommt, so gibt es diesen eine wunderschöne violette Farbe.« Die Glasmacher verleihen auf diese Weise ihren Erzeugnissen ein leuchtendes Violett, und die Töpfer verwenden es, um Glasuren gleicher Farbe auf Geschirr zu erzeugen. Außerdem hat es die Fähigkeit, Glas zu läutern. Verschmilzt man es mit flüssigem Glas, erhält dieses anstelle seiner gelben oder grünen eine weiße Färbung.

In früherer Zeit wurde das Material wegen seiner Fähigkeit, Glas zu entfärben, auch »Glasseife« oder »Manganese« genannt. Die Bezeichnung »Pyrolusit« bekam das Mineral erst später. Eine andere Bezeichnung für das Mineral war »Schwarze Magnesia«, da es im Altertum in Kleinasien in der Nähe der Stadt Magnesia gefördert wurde, wo man auch »Weiße Magnesia« oder »Magnesia alba«, das Oxid des Magnesiums, gewonnen hat.

Die Geschichte der Chemie schreibt die Entdeckung des Mangans dem schwedischen Chemiker U. Gahn (1774) zu. Es besteht jedoch Grund zur Annahme, daß

der erste Forscher, der Körnchen metallischen Mangans erhielt, Ignazius Gottfried Kaim war. Er berichtete darüber in seiner Dissertation, die 1770 in Wien herausgegeben wurde. Kaim führte diese Untersuchungen nicht zu Ende. Er blieb deshalb unbekannt bei der Mehrheit der Chemiker dieser Zeit. Nichtsdestoweniger wird in einem der chemischen Handbücher an die Entdeckung Kaims erinnert: »Indem er ein Gemisch aus einem Teil pulverförmigen Pyrolusits und zwei Teilen schwarzen Flußmittels erhitzte, erhielt Kaim ein bläulichweißes, sprödes Metall in Form von Kristallen mit unzähligen, glänzenden Flächen verschiedener Form, dessen Bruch in allen Farben schillerte – von gelb bis blau.

Den nächsten Versuch, das Mangan näher kennenzulernen, unternahm der schwedische Chemiker und Mineraloge T. Bergman. Er schrieb: »Das Mineral, das man schwarze Magnesia nennt, stellt eine neue Erde dar, die man nicht mit Magnesia oder gebranntem Kalk verwechseln kann.« Es gelang ihm jedoch nicht, Mangan daraus zu extrahieren. Ein Freund Bergmans, der bekannte Chemiker C. W. Scheele, setzte die Untersuchung dieses Materials fort. 1774 hielt er vor der Stockholmer Akademie der Wissenschaften einen Vortrag unter dem Titel: »Über Mangan (gemeint ist Pyrolusit) und seine Eigenschaften«. In dieser Arbeit berichtete er über die Entdekkung eines neuen Elements, des gasförmigen Chlors. Zugleich behauptete Scheele, daß im Pyrolusit ein neues Metall enthalten sei, das sich von allen bisher bekannten unterscheide. Auch er konnte das Metall aber nicht extrahieren.

Was Bergman und Scheele nicht gelang, führte 1774 Gahn durch. In einen Tiegel, dessen Innenwand mit einer Schicht feuchten Holzkohlenstaubs bedeckt war, gab der Forscher ein Gemisch aus gemahlenem Pyrolusit und Fett. Das Ganze wurde mit Holzkohlepulver abgedeckt. Nach einstündigem, kräftigem Erhitzen fand er im Tiegel ein Körnchen metallischen Mangans. Diese Entdeckung brachte Gahn Weltruhm, und die Familie der Metalle erhielt ein neues, das 15. Mitglied in der Reihenfolge ihrer Entdeckung. Am 16. Mai 1774 schickte Scheele an Gahn gereinigten Pyrolusit mit folgender Bemerkung: »Ich warte mit Ungeduld auf die Mitteilung darüber, was mit diesem reinen Pyrolusit geschieht, wenn Sie ihn diesem »Höllenfeuer« aussetzen, und hoffe, daß Sie mir sobald wie möglich ein kleines Metallkügelchen schicken.« Das »Höllenfeuer« macht seine Sache, und schon am 27. Juli dankte Scheele Gahn für das erhaltene Kügelchen Mangan. Er schrieb: »... ich nehme an, daß das Kügelchen aus dem Pyrolusit ein Übergangsmaterial darstellt, sich jedoch von allen anderen Übergangsmetallen unterscheidet und enge Beziehungen zum Eisen hat.«

In Rußland wurde zum erstenmal in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts Mangan in Form von Ferromangan erzeugt. Die Bergzeitung erinnert im Jahre 1825 an die Erschmelzung von Stahl unter Verwendung von Mangan. Seit dieser Zeit ist das Schicksal dieses Elements untrennbar mit der Metallurgie verbunden, die auch heute noch der Hauptverbraucher von Manganerz ist (95 Prozent).

Der bekannte russische Metallurge P. P. Anosow beschrieb 1841 in seinem klassischen Werk über den Damaszener Stahl Untersuchungen von Stählen mit verschie-

denen Mangangehalten. Zum Einbringen von Mangan in Stahl verwendete Anosow Ferromangan, das in Tiegeln erzeugt wurde. Im Jahre 1876 begann die industrielle Erschmelzung von Ferromangan in den Hochöfen von Nishni Tagilsk.

Ein Höhepunkt in der Geschichte des Mangans war das Jahr 1882, als der berühmte englische Metallurge R. A. Hadfield einen Stahl mit hohem Mangangehalt (ungefähr 13 Prozent) herstellte. Im Jahre 1878 begann der 19jährige Hadfield mit der Untersuchung von Legierungen des Eisens mit anderen Elementen, insbesondere mit Mangan. Nach vier Jahren veröffentlichte der junge Sheffielder Metallurge in einer wissenschaftlichen Zeitschrift folgende Mitteilung: »Ich begann diese Versuche mit dem Ziel, einen Stahl zu erhalten, der gleichzeitig fest und zäh sein sollte. Die Untersuchungen ergaben einige sehr interessante und wichtige Resultate und können dazu führen, die Ansichten der Metallurgen über die Legierungen des Eisens wesentlich zu ändern.«

1883 erhielt Hadfield das erste englische Patent über manganhaltigen Stahl, hergestellt durch den Zusatz von Ferromangan zum Eisen. Auch in den folgenden Jahren befaßte sich Hadfield mit Problemen, die mit Manganstählen in Zusammenhang standen. 1883 erschienen seine Arbeiten »Über Mangan und seine Verwendung in der Metallurgie«, »Über einige neu entdeckte Eigenschaften des Eisens und Mangans«, »Über Manganstähle«. Die Untersuchungen zeigten, daß diese Stähle durch Abschrecken in Wasser neue hervorragende Eigenschaften erhalten. Hadfield erhielt noch eine Reihe von Patenten, die sich auf die Wärmebehandlung von Manganstählen bezogen. Im Jahre 1901 wurde ihm eine Ofenkonstruktion patentiert, die für die Erwärmung dieser Stähle vor dem Abschrecken vorgesehen war. Der Hadfield-Stahl erhielt schnell die Anerkennung der Metallurgen und Maschinenbauer. Auf Grund seiner hohen Verschleißfestigkeit wurde er bald für die Herstellung solcher Teile verwendet, die im Einsatz Verschleißbeanspruchungen bei hohem spezifischem Druck ausgesetzt sind – Herzstücke von Schienen, Backenbrecher, Kugeln von Kugelmühlen, Raupenketten usw. Der Stahl verblüfft dabei durch seine Eigenschaft, unter der Wirkung einer Belastung immer härter und härter zu werden. Dieses eigentümliche Verhalten erklärt man sich folgendermaßen: Nach dem Gießen scheiden sich im Manganstahl an den Korngrenzen grobe Karbide aus, die seine Eigenschaften verschlechtern. Deshalb ist es notwendig, den Stahl zu erwärmen und nachfolgend abzuschrecken. Dadurch werden die Karbide im Metall aufgelöst. Als Folge der Kaltverformung während der Beanspruchung wird der Stahl in seiner Oberflächenschicht stark verfestigt. Dies erklärt auch seinen hohen Verschleißwiderstand. Wenn bei der Beanspruchung des Stahls keine Kaltverformung auftritt, ist sein Widerstand gegen Verschleiß nicht sehr hoch. Es ist nicht verwunderlich, daß sich für den Hadfield-Stahl besonders diejenigen Firmen interessierten, die Schlösser und Safes herstellten.

In der Metallurgie wird Mangan in weitem Umfang für die Desoxydation und Entschwefelung des Stahls eingesetzt. Als Legierungselement tritt es u. a. in Federstählen, bei Stählen für Erdöl- und Gasrohrlei-

tungen und bei nichtmagnetischen Stählen auf. Es wäre wenig sinnvoll, in diesem Zusammenhang alle Stähle aufzuzählen, in denen Mangan enthalten ist. In größerer oder kleinerer Menge findet sich das von

Gahn entdeckte Element in allen Stahl- und Roheisensorten. Nicht zufällig wird es der »ewige« Begleiter des Eisens genannt.

Im periodischen System der Elemente nehmen Mangan und Eisen die beiden Nachbarplätze Nummer 25 und 26 ein.

Nachdem im Jahre 1917 die russischen Wissenschaftler S. F. Shemtschushni und W. K. Petraschewitsch entdeckt hatten, daß schon geringe Zusätze von Kupfer (ungefähr 3,5 Prozent) Mangan plastisch machen, zeigten die Metallurgen auch Interesse an Manganlegierungen. Sie werden in der modernen Technik schon in großer Zahl verwendet. Legierungen aus Mangan, Kupfer und Nickel haben einen hohen elektrischen Widerstand, der von der Temperatur fast unabhängig ist. Auf der Fähigkeit einer dieser Legierungen, des Manganins, seinen Widerstand in Abhängigkeit vom Druck, dem die Legierung ausgesetzt wird, zu ändern, beruht das Wirkprinzip

der elektrischen Manometer. Wenn es beispielsweise notwendig ist, Drücke von einigen 10 000 Atmosphären zu messen, versagen die gewöhnlichen Manometer. Die verwendeten Flüssigkeiten beziehungsweise Gase werden bei solch hohem Druck durch die Wände der Manometerrohre gedrückt, so fest diese auch sein mögen. Die Messung des Druckes ist nicht möglich. Elektrische Manometer lösen diese Aufgabe erfolgreich. Indem man den elektrischen Widerstand des Manganins mißt, das unter einem bestimmten Druck steht, kann man aus der gesetzmäßigen Beziehung den Druck genau errechnen.

Das Manganin hat noch eine wertvolle Eigenschaft: seine Dämpfungsfähigkeit, d. h. die Fähigkeit, Schwingungsenergie aufzunehmen. Wenn irgendein Sonderling auf die Idee kommen sollte, aus Manganin eine Glocke zu gießen, würde es ihm schwerlich gelingen, damit einen Alarm auszulösen, denn das »Sturmgeläute« erschöpfte sich in kurzen, dumpfen Lauten. In der Technik aber wird die Dämpfungsfähigkeit von Manganlegierungen vielfältig genutzt.

Es ist interessant, daß sich Manganbronze, eine Legierung aus Mangan und Kupfer, magnetisieren läßt, obwohl weder die eine noch die andere Komponente magnetische Eigenschaften zeigt.

Für die Erzeugung ultrareinen Stickstoffs mußten als Katalysatoren lange Zeit so teure Elemente wie Platin und Palladium verwendet werden. Im Institut für anorganische und Elektrochemie der Grusinischen Akademie der Wissenschaften wurde unlängst ein Verfahren ausgearbeitet, bei dem Mangan als Katalysator erfolgreich eingesetzt wird. Im Rustawskier Werk für synthetische Fasern ist bereits eine industrielle Anlage in Betrieb genommen worden, die reinsten Stickstoff, wie er für die Produktion von Dederon notwendig ist, aus der Luft erzeugt.

Eine Verbindung des Mangans, das Kaliumpermanganat, haben wir bereits während unserer Kindheit kennengelernt. Als Desinfektionsmittel wurde es zum Waschen von Wunden, zum Gurgeln bei Halsentzündungen und zum Auspinseln von Brandverletzungen benutzt. In den chemischen Laboratorien wird Kaliumpermanganat sehr viel für die quantitative Analyse verwendet (Permanganometrie).

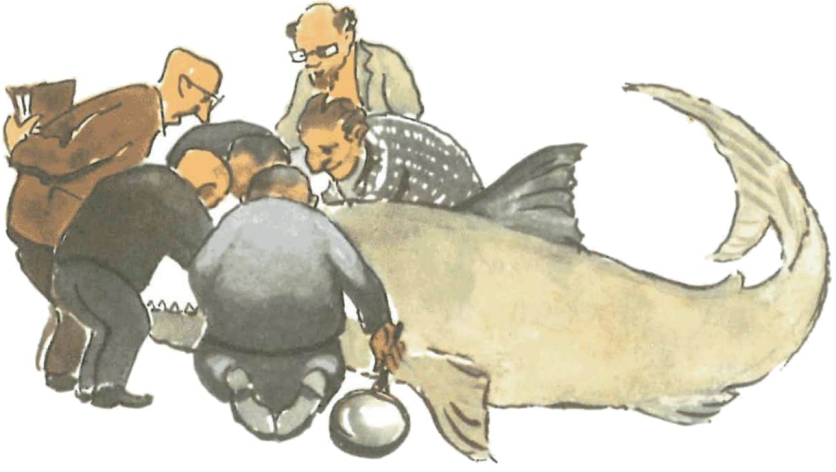
Wie viele andere Elemente ist das Mangan unbedingt notwendig für die normale Entwicklung von tierischen und pflanzlichen Organismen. Im allgemeinen beträgt ihr Mangangehalt nur einige tausendstel Prozent. Einige Vertreter der Flora und Fauna haben jedoch ein besonderes Interesse an diesem Element. Im Organismus der roten Ameisen beispielsweise sind 0,05 Prozent Mangan enthalten.

Noch reicher an Mangan sind Getreiderostpilze, Moorgräser und Wassernüsse (bis 1 Prozent). In einigen Bakterienarten beträgt der Mangangehalt sogar mehrere Prozent. Im Blut des Menschen sind 0,002 bis 0,003 Prozent Mangan enthalten. Der menschliche Organismus braucht täglich ungefähr 3 bis 5 Milligramm.

Im Zusammenhang mit Manganvorkommen muß noch auf eine interessante Entdeckung hingewiesen werden. Wissenschaftler untersuchten Zähne von Haifischen, die bereits einige tausend Jahre auf dem Boden des Ozeans lagen. Die noch gut erhaltenen Zähne waren vollständig mit Verbindungen von Eisen und Mangan

bewachsen. Auf welchem Wege gelangten diese dorthin? Schon im vorigen Jahrhundert entdeckten Ozeanologen, daß an vielen Stellen des Meeresbodens große Anhäufungen solcher Verbindungen vorhanden sind. Sie werden auch häufig als Manganknollen bezeichnet. In den letzten Jahren wurden sorgfältige Untersuchungen durchgeführt, um Gebiete mit diesen Ansammlungen zu erkunden. Die Resultate waren frappierend. Nach vorläufigen, bescheidenen Abschätzungen lagern allein auf dem Grunde des Stillen Ozeans ungefähr 100 Milliarden Tonnen ausgezeichnetes Eisenmanganerz. Und was für Erz! Der Gehalt an Mangan liegt bei 50, der Eisengehalt bei 27 Prozent. In manchen Manganknollen erreicht die Konzentration von Mangandioxid 98 Prozent. Es kann ohne weitere Verarbeitung für die Herstellung von elektrischen Batterien verwendet werden. Große Reichtümer an Eisenmanganerz birgt auch der Atlantische Ozean. Eine erst unlängst durchgeführte Expedition sowjetischer Wissenschaftler mit dem Forschungsschiff »Witjas« fand heraus, daß auch im Indischen Ozean Eisenmanganknollen vorhanden sind. Berechnungen ergaben, daß dieser Ozean nicht ärmer ist als andere.

Nach Ansicht der Ozeanologen entstehen die Knollen durch eine Anreicherung mineralischer Stoffe aus der wäßrigen Lösung an festen Körpern. Hierfür ist nach Meinung einiger Forscher die Mitwirkung von Meeresbakterien – »Mikrokonzentratoren« – notwendig. Bis jetzt ist das jedoch nur eine Hypothese. In ihrer Form erinnern die Eisenmanganknollen an Kartoffeln. Ihre Farbe ist braun bis schwarz, je nachdem, welches Element überwiegt, Eisen oder Mangan. Bei hohem Mangangehalt sind sie völlig schwarz. Die Abmessungen der Knollen schwanken zwischen Bruchteilen von Millimetern und 15 Zentimeter. Es werden jedoch auch wesentlich größere Exemplare gefunden. Im Museum des amerikanischen Ozeano-



graphischen Instituts gibt es beispielsweise eine Knolle mit einer Masse von 57 Kilogramm. Sie wurde im Gebiet der Hawaii-Inseln gefunden. Noch größer war offensichtlich eine Knolle, die in die Schlinge eines Unterwasser-Telefonkabels geraten war und bei einer Reparatur mit hochgezogen wurde. Sie wog 136 Kilogramm. Nachdem man sie untersucht und gezeichnet hatte, wurde sie infolge eines Mißverständnisses über Bord geworfen. Alle Rekorde schlug jedoch eine 1,5 Meter dicke Eisenmanganknolle, die aus dem Stillen Ozean an Bord der »Witjas« gezogen wurde. Dieser Brocken wog fast 1 Tonne.

Die Zeit ist sicher nahe, in der die industrielle Ausnutzung der mineralischen Rohstoffquellen unter der Oberfläche der Ozeane beginnt. Vorläufig befassen sich aber die Geologen und Fachleute mit der Ausbeute der Vorräte des Festlandes.

In der Rangliste des Gehalts in der Erdrinde nimmt Mangan den 15. Platz ein (0,09 %). Anreicherungen dieses Elements trifft man in Indien, Ghana, Südafrika, Marokko, Brasilien. Jedoch nicht eines dieser Länder verfügt über so große Vorräte an Manganerz wie die Sowjetunion. Dort liegt auch das größte Vorkommen der Welt – Tschiatorsk.

Die Förderung des Tschiatorsker Erzes begann schon 1879. Kurze Zeit später, im Jahre 1886, begann man in Rußland mit der Ausbeute einer weiteren großen Lagerstätte im Gebiet von Nikopol. Von 1245 Tonnen Manganerz, die man 1913 im zaristischen Rußland förderte, wurden 1195 Tonnen exportiert. Während des zweiten Weltkrieges begann die verstärkte Ausbeutung der Lagerstätten im Ural, in Kasachstan und Sibirien. Gegenwärtig nimmt die Sowjetunion in der Förderung dieses wertvollen Erzes den führenden Platz in der Welt ein. Die Hauptverbraucher an Manganerz sind die Ferrolegierungswerke. In verschiedenen technologischen Prozessen erzeugt man Legierungen des Mangans mit Eisen oder Silizium, aber auch das Metall in reiner Form. Der weitere Weg des Mangans führt in die Stahlwerke.

Der große und rastlose »Arbeiter« – Eisen

Fe

Droht Eisenhunger? · Die Liebe fordert Opfer · Eßt Metallstaub · Im goldenen Rahmen · Das Gastmahl König Salomons · »Himmlischer« Stein · Unbequeme Fakten · Trichter in der Wüste Arizona · Das Bronzezeitalter gibt Vollmacht · Die Wünschelrute · Zorn und Gunst Peters I. · Die Prüfung des Kettenpanzers · Demidow schickt Verfolger · Ein Wunderschiff · Eiffel und die Skeptiker · Sonnenpaläste · »Holzartiger Stahl« · Naht der Rücktritt? · Das Atomium in Brüssel

In Stockholm fand 1910 ein Internationaler Geologenkongreß statt. Eines der wichtigsten Probleme der Wissenschaftler war der drohende »Eisenhunger«. Eine besondere Kommission, die beauftragt war, die Weltvorräte an Eisen zu berechnen, gab dem Kongreß eine Einschätzung. Nach Meinung der autorisierten Kommission war mit einer vollständigen Erschöpfung der Eisenlagerstätten nach etwa 60 Jahren, d. h. im Jahre 1970, zu rechnen! Glücklicherweise haben die Männer der Wissenschaft eine schlechte Prognose abgegeben, denn sonst würde die Menschheit heute vor der Notwendigkeit stehen, ein Rationierungssystem für Eisen einzuführen. Aber was wäre gewesen, wenn die Prophezeiung eingetroffen wäre? Was wäre, wenn alles Eisen auf der Erde verschwinden und nicht ein Gramm dieses Elements zurückbleiben würde?

»... über allem würde der Schrecken der Zerstörung liegen, keine Schiene, kein Waggon, keine Lokomotive, kein Automobil! ... sogar die Steine des Straßenpflasters würden in tonigen Mulm zerfallen. Die Pflanzen müßten ohne das lebensspendende Metall langsam verkümmern. Der zerstörende Orkan würde sich über die ganze Erde ausbreiten, und das Verderben der Menschheit wäre unausbleiblich. Der Mensch würde übrigens diesen Augenblick gar nicht erleben, denn entzöge man ihm die etwa 4,5 Gramm Eisen seines Körpers und Blutes, wäre sein Dasein beendet, noch bevor die beschriebenen Ereignisse eingetreten sind.« Dieses »heitere« Bild entwarf der berühmte sowjetische Mineraloge und Geochemiker A. J. Fersman, als er zeigen wollte, welche außerordentlich wichtige Rolle das Eisen in unserem Leben spielt.

Ohne dieses Metall könnte auf Erden kein Lebewesen existieren. In der Tat, Eisen ist im Blut aller Lebewesen unseres Planeten enthalten. Zweiwertiges Eisen ist im Hämoglobin, dem Stoff, der die Versorgung der Gewebe lebender Organismen mit Sauerstoff gewährleistet und dem Blut seine rote Farbe verleiht. Das Blut einiger Würmer, in dem ebenfalls Eisen vorhanden ist, hat eine grüne Färbung. Vor verhältnismäßig kurzer Zeit entdeckte eine sowjetische Arktisexpedition im Indischen Ozean eine seltene Art von Hechten. Ihr Blut war durchsichtig wie Wasser. Wie nachgewiesen werden konnte, ist die Ursache hierfür ein geringer Eisengehalt. Er ist um zehnmal niedriger als bei den Fischen mit rotem Blut. Eisen im Blut des Menschen fand als erster im vorigen Jahrhundert der Franzose Marey. Seine Entdekkung war eine Sensation. Es gibt eine Erzählung von einem verliebten Chemie-

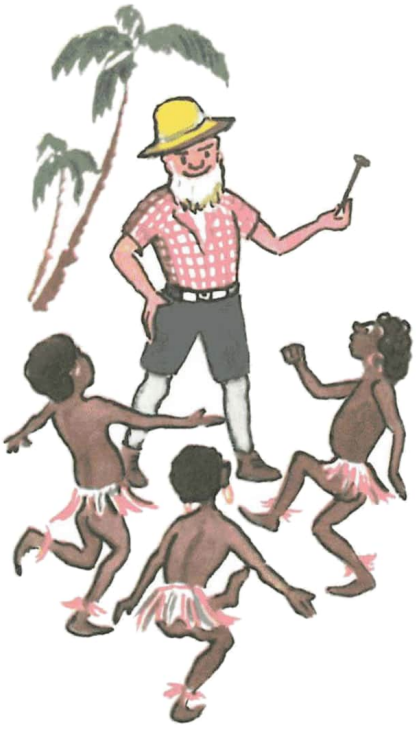
studenten, der sich entschloß, der Auserwählten seines Herzens einen Ring zu schenken, den er aus dem Eisen seines eigenen Blutes anfertigen wollte. Er zapfte sich regelmäßig Blut ab und extrahierte auf chemischem Wege das Eisen. Der arme Teufel starb angeblich wegen Blutarmut, weil er seinem Körper zu viel Blut in zu kurzer Zeit entzogen hatte. Er hätte aus seinem Blut auch niemals so viel Eisen sammeln können, wie zu einem Ring notwendig gewesen wäre. Beträgt doch die gesamte Menge dieses Elements im Blut des Menschen nur einige Gramm.

Bei Eisenmangel beginnt der Mensch schnell zu ermüden. Er bekommt Kopfschmerzen und ist in schlechter Stimmung. Schon in alten Zeiten waren Rezepte verschiedener eisenhaltiger Arzneien bekannt. 1783 wurde in der »Ökonomischen Zeitung« geschrieben: »Für einige Fälle stellt Eisen selbst eine überaus gute Arznei dar. Man verwendet mit Nutzen den feinsten Staub, entweder einfach oder gesiebt.« In diesem Artikel werden auch andere Arzneien dieser Zeit empfohlen: Eisenschnee, Eisenwasser, Stahlwein (einen herben Wein, z. B. Rheinwein, versetzt man mit Eisenpulver und läßt ihn ziehen. Das ergibt Eisen- oder Stahlwein und ist eine sehr gute Arznei).«

Es versteht sich, daß man in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts kein Eisenpulver mehr schlucken muß, aber eine Vielzahl von Verbindungen des Eisens werden in der modernen Medizin angewendet. Reich an Eisen sind einige Mineralwässer. Eine legendäre Geschichte berichtet darüber, wie in Rußland zum erstenmal eine Quelle mit eisenhaltigem Wasser entdeckt wurde. Zu Beginn des 18. Jahrhunderts litt ein Arbeiter der Olonezkoer Kupferhütte, Iwan Rebojew, drei Jahre unter Herzbeschwerden. Eines Tages sah er an einem eisenhaltigen Sumpf, nicht weit vom Ladogasee, eine Quelle. Er hielt an, um zu trinken. Er »trank« drei Tage lang – und er wurde gesund. Peter I. hörte davon und gab eine Bekanntmachung heraus, die »Erklärung über die Wässer des Mars von Olonze«. Die Bezeichnung wurde gewählt, um Mars, den Gott des Krieges und des Eisens, zu ehren. Der Zar fuhr öfter in dieses Gebiet und trank vom heilkräftigen Wasser. Aber nach seinem Tode wurde diese Quelle bald vergessen.

Heilkräftige Wirkung wurde in alten Zeiten dem Eisen auch wegen seiner bemerkenswerten magnetischen Eigenschaften zugeschrieben. Die alten Ägypter zum Beispiel waren überzeugt, daß man mit Hilfe des Magneten Unsterblichkeit erlangen könne, und empfahlen deshalb Eisen als Arznei. Der Theoretiker der antiken Medizin, Galen, versicherte, daß ein Magnet ein gutes Abführmittel sei, und Avicenna kurierte mit ihm Hypochonder.

Eisen ist nicht nur für Lebewesen notwendig, sondern auch für die Vertreter der Pflanzenwelt. Bereits zu Beginn des 18. Jahrhunderts entdeckte ein französischer Chemiker Eisen in der Asche verbrannter Gräser. Später wurde klar, daß dieses Element in allen Pflanzen vorhanden ist und daß es unbedingt notwendig ist für die Bildung von Chlorophyll. Eisen ist in den Atmungsfermenten enthalten und beeinflußt sehr wesentlich die Intensität der Pflanzenatmung. Es ist interessant, daß allein das Meeresplankton im Jahr 0,5 Milliarden Tonnen Eisen verbraucht, d. h.



ungefähr soviel wie die Jahresproduktion aller metallurgischen Werke unseres Planeten.

Es ist schwierig, im Periodensystem der Elemente ein Metall zu finden, das mit der Geschichte der Zivilisation enger verbunden wäre als das Eisen. Durch die Jahrhunderte und Jahrtausende begegnete der Mensch dem Eisen und denen, die es förderten und bearbeiteten, mit Achtung. Im Altertum wurde das Eisen bei einigen Völkern höher eingeschätzt als Gold. Schmuckstücke aus Eisen waren nicht selten in Gold eingerahmt. Im alten Rom stellte man aus Eisen sogar Trauringe her.

Mit der Entwicklung der Metallurgie wurde dieses Metall zugänglicher und billiger. Trotzdem gab es noch vor nicht allzulanger Zeit Völker, die eine solche Not an Eisen litten, daß sie bereit waren, unglaubliche Preise dafür zu bezahlen. Der berühmte englische Seefahrer des 18. Jahrhunderts, James Cook, erzählte über das Verhältnis der Eingeborenen Polynesiens zum Eisen: »... nichts konnte die Besucher unseres Schiffes mehr anlocken als dieses Metall; Eisen war für sie immer die wünschenswerteste, die kostbarste Ware.« Einst gelang es einem seiner Matrosen, für einen rostigen Nagel ein ganzes Schwein zu erhalten. Einmal gaben die Inselbewohner den Matrosen für einige alte Messer soviel Fleisch, daß die gesamte Besatzung mehrere Tage ausreichend zu essen hatte.

Als einer der ehrenvollsten Berufe galt zu allen Zeiten das Schmiedehandwerk. Eine ungefähr drei Jahrtausende alte Legende legt davon Zeugnis ab. Als der Bau des Tempels von Jerusalem beendet war, gab König Salomon ein Gastmahl, zu dem auch die Meister eingeladen waren. Nachdem sich die Gäste zum Schmaus versammelt hatten, fragte plötzlich der König: »Nun, wer von den Erbauern ist der wichtigste? Wer leistete den größten Beitrag bei der Erbauung dieses Wundertempels?« Der Maurer stand auf: »Dies ist völlig klar! Der Tempel, das ist unserer Hände Arbeit. Eine andere Meinung kann es nicht geben. Wir, die Maurer, legten Stein auf Stein. Schaut euch an, wie fest sie stehen, die Wände, Bögen und Gewölbe. Jahrhunderte werden sie stehen zum Ruhme des Königs Salomon.«

»Es besteht kein Zweifel, das Fundament der Kirche ist aus Stein«, erwiderte der

Zimmermann, »aber urteilt selbst, teure Gäste. Wäre dieser Tempel gut, wenn nicht ich und meine Kollegen im Schweiße unseres Angesichts gearbeitet hätten? Wäre es euch angenehm, auf die nackten Wände zu schauen, wenn wir sie nicht geschmückt hätten mit schönem Holz aus libanesischen Zedern? Und unsere Fußböden aus bestem Buchenholz, wie erfreut es den Blick! Wir, die Zimmerleute, können mit Recht als die echten Schöpfer dieses märchenhaften Palastes gelten.«

»Schaut auf die Wurzel«, unterbrach ihn ein Erdarbeiter. »Ich möchte gern wissen, wie diese Prahlhänse (er nickte nach der Seite der Maurer und Zimmerleute) den Tempel hätten aufbauen wollen, wenn wir nicht die Baugrube gegraben hätten für sein Fundament. Ja, die Wände mit ihrer Ausschmückung würden beim ersten Windstoß umfallen wie ein Kartenhaus!«

Aber König Salomon wurde nicht umsonst der Weise genannt. Den Maurer heranrufend, fragte er:

»Wer gab dir dein Werkzeug?«

»Natürlich der Schmied«, antwortete der erstaunte Maurer.

«Und dir?« wandte sich der König an den Zimmermann.

»Wer sonst als der Schmied«, antwortete dieser, ohne viel nachzudenken.

»Wer gab dir Spaten und Picke?«, fragte Salomon den Erdarbeiter.

»Du weißt schon, König, daß sie nur der Schmied machen kann«, war seine Antwort.

Der König stand auf und trat zu einem bescheidenen, vom Ruß geschwärzten Mann, dem Schmied. Er führte ihn in die Mitte des Saales. »Hier ist der wichtigste Erbauer des Tempels«, rief der weiseste aller Könige. Mit diesen Worten forderte er den Schmied auf, sich neben ihn auf die Brokatkissen zu setzen. Und Salomon

reichte ihm ein Glas mit gutem Wein. Soweit die Legende.
Wir können die Echtheit der beschriebenen Ereignisse nicht verbürgen, aber wie dem auch sei, die Legende spiegelt wider, welche große Bedeutung das Eisen schon von alters her im Leben der Menschen hatte.
Das erste Eisen, das bereits im frühen Altertum in die Hände des Menschen kam, war offensichtlich kosmischer Herkunft. Eisen ist in den Meteoriten, die auf unseren Planeten fallen. Nicht zufällig wird in einigen alten Sprachen das Eisen »Himmelsstein« genannt.
Viele große Wissenschaftler hielten es noch am Ende des 18. Jahrhunderts nicht für möglich, daß das Weltall die Erde mit Eisen »versorgen« kann. 1751 fiel nahe der deutschen Stadt Wagram ein Meteorit auf die Erde. 40 Jahre später schrieb ein Wiener Professor über dieses Ereignis: »Es ist festzustellen, daß im Jahre 1751 sogar die aufgeklärtesten Leute an das Herabfallen eines Stückes Eisen vom Himmel glaubten – so gering waren damals die Kenntnisse von den Naturwissenschaften ... Aber in unserer Zeit wäre es unverzeihlich, anzunehmen, daß ein solches Märchen Wirklichkeit sein könnte.«
Einen ähnlichen Standpunkt vertrat auch der bekannte französische Chemiker Lavoisier, der 1772 in Übereinstimmung mit einer Reihe seiner Kollegen feststellte, daß das »Herabfallen von Steinen vom Himmel physikalisch unmöglich« sei.
Selbst die Pariser Akademie wandte sich 1790 gegen das »unsinnige Geschwätz« über die himmlischen Fremdlinge. Dessen unbeschadet fielen weiter Meteoriten auf unseren Planeten und irritierten die

Leuchten der Wissenschaft. Fakten, die das bestätigten, gab es immer mehr, und wie bekannt, sind Fakten hartnäckige Dinge, so daß sich im Jahre 1803 die Pariser Akademie (allerdings nicht schriftlich!) genötigt sah, die »himmlischen Steine« anzuerkennen. Von nun an war es den Meteoriten erlaubt, auf die Erde zu fallen.
Jährlich gehen ungefähr 1000 Tonnen Meteoritenmaterie, die etwa 90 Prozent Eisen enthalten, auf die Erde nieder. Der größte Eisenmeteorit wurde 1920 im südwestlichen Teil Afrikas gefunden. Dieser wog ungefähr 60 Tonnen. 1896 fand der bekannte amerikanische Polarforscher Robert E. Peary im Eis Grönlands einen Eisenmeteoriten mit einer Masse von 33 Tonnen. Mit kolossalem Aufwand wurde der Fund nach New York gebracht, wo er bis heute erhalten ist. Aber in der Geschichte sind Fälle bekannt, bei denen das Gewicht der kosmischen Wanderer, die

auf ihrem Weg unsere Erde trafen, unermeßlich größer war. 1891 wurde in der Wüste Arizonas ein riesiger Trichter mit einem Durchmesser von 1200 Meter und einer Tiefe von 175 Meter entdeckt. Er wurde durch den Aufprall eines gigantischen Meteoriten gebildet, der in prähistorischen Zeiten auf die Erde fiel. Die Amerikaner brachten diesem Meteoriten großes Interesse entgegen, angeheizt durch Gerüchte, daß in Splittern dieses Meteoriten Platin gefunden worden sei.

Es wurde sogar eine Aktiengesellschaft gegründet mit dem Ziel, diesen Meteoriten für industrielle Zwecke zu nutzen. Das Himmelsgeschenk zu bergen war jedoch nicht einfach. Der Diamantbohrer zerbrach, als er an die Grundmasse des Meteoriten kam, der in einer Tiefe von 420 Meter liegt. Und als die Meteoriten-Aktionäre in Bohrproben kein Platin fanden, ließen sie die Arbeit einstellen. Nach Meinung von Wissenschaftlern wiegt der Arizona-Meteorit einige 10 000 Tonnen. Es ist möglich, daß sich die Metallurgen irgendwann wieder für ihn interessieren.

Meteoriteneisen läßt sich verhältnismäßig leicht bearbeiten. Der Mensch stellte schon frühzeitig daraus einfache Werkzeuge her. Aber leider fallen Meteoriten nicht auf Bestellung vom Himmel, und das Bedürfnis nach Eisen war und ist beständig. Die Menschen lernten schließlich, es aus dem Erz zu gewinnen. Das Bronzezeitalter wurde vom Eisenzeitalter abgelöst.

Eisen ist eines der in der Erdrinde am weitesten verbreiteten Elemente. Sie enthält 4,2 Prozent Eisen, das entspricht 755 000 000 000 000 000 Tonnen. Es ist jedoch ungefähr nur der 40. Teil in Lagerstätten so konzentriert, daß sich ein Abbau lohnt. Die wichtigsten Erzmineralien des Eisens sind Magnetit, Hämatit, Brauneisenstein und Siderit. Magnetit enthält 72 Prozent Eisen und hat, wie sein Name sagt, magnetische Eigenschaften. Hämatit oder Roteisenerz enthält bis zu 70 Prozent Eisen. Die Bezeichnung des Minerals rührt vom griechischen Wort »hema = Blut« her. Das Wort »Eisen« selbst stammt, wie einige Wissenschaftler annehmen, aus dem Sar skrit und bedeutet soviel wie Metall oder Erz. Andere wiederum glauben, daß die russische Bezeichnung des Elements von der Wurzel Shel aus dem Sanskrit herrührt, was soviel wie Glänzen oder Glühen bedeutet.

Interessant ist die Technik der Eisenerzsuche des Altertums. Für diesen Zweck verwendete man sogenannte Wünschelruten – leichte Walnußstöcke mit einer Astgabel am Ende. Die Erzsucher nahmen die Rute bei den Hörnern, schlossen die Hände zur Faust und machten sich auf die Suche.

Dabei mußten sie genau nach einer detaillierten technologischen Anweisung vorgehen. Ein Erfolg war nur dann garantiert, wenn zum Beispiel die Finger des Geologen immer zur Erde zeigten. Augenscheinlich waren alle Mißerfolge der damaligen Erzsucher (und Mißerfolge traten leider bei weitem häufiger ein als Erfolge) auf die Verletzung der Suchtechnologie zurückzuführen. Wenn alle notwendigen Bedingungen beachtet worden waren, so zeigte die Rute dann, wenn der Sucher über eine Erzader kam, nach unten. Schon in damaliger Zeit fanden diese primitiven Verfahren nicht allgemeine Zustimmung. Der Autor des ersten Buches über die Metallurgie, der bekannte deutsche Wissenschaftler des 16. Jahrhunderts Georg Agricola, schrieb: »Ein ehrlicher Bergmann, worunter wir einen ehrlichen und tüchtigen Menschen verstehen, wird die Wünschelrute nicht verwenden, weil ein auch nur einigermaßen in der Natur der Stoffe bewanderter und besonnener Mensch versteht, daß diese Gabel ihm in dieser Sache keinerlei Nutzen bringt, daß er aber natürliche Anzeichen des Erzes zur Verfügung hat, nach welchen er sich richten muß.« Trotzdem wurde im Ural fast noch 200 Jahre lang Erz mit der Wünschelrute gesucht. M. W. Lomonossow spottete sarkastisch über die Liebhaber dieses Verfahrens. »Nach meiner Beurteilung«, schrieb er, »ist es besser, solche Heucheleien überhaupt nicht zu beachten.«

Das russische Reich verspürte schon im 17. Jahrhundert ernsten Mangel an Eisen. Zar Alexej Michailowitsch stattete deshalb Expedition auf Expedition aus, um neue Eisenerzlager zu finden. Aber die Suche blieb erfolglos.

Schon in den ersten Jahren seiner Herrschaft versuchte Peter I., die Eisenerzförderung im Moskauer Reich unter allen Umständen zu unterstützen. In einem strengen Befehl wurde jedem die Todesstrafe angedroht, der aufgefundene Erzlager verheimlichte. Bald kam aus dem Ural eine Nachricht von der Entdeckung reicher Magneteisenerze. Die nach Moskau gebrachten Erzproben erhielten von Spezialisten eine ausgezeichnete Beurteilung. Der Zar befahl, unverzüglich mit dem Bau metallurgischer Betriebe zu beginnen. Die Leitung des größten Betriebes in Newjansk übertrug er dem Tulaer Meister und späteren Hüttenbesitzer Nikita Demidowitsch Antufjew, der später den Familiennamen Demidow annahm. Dieser sollte durch die Steigerung der Eisenproduktion das Zarenreich auf diesem Gebiet vom Ausland unabhängig machen. Das Newjanskier Werk sollte vornehmlich Kanonen, Mörser, Degen, Säbel, Pallasche, Spieße, Harnische, Helme und Drähte herstellen.

Über die erste Begegnung Peters I. mit Nikita Demidow wird folgendes berichtet: Auf seiner Reise nach Asow machte der Zar Station in Tula. Dort gab er Befehl, einen kunstfertigen Waffenmeister herbeizuschaffen, der ihm sein ausländisches Pistolett instand setzen sollte. Diese Aufgabe übernahm Nikita Antufjew. Schon am nächsten Morgen brachte er dem Zaren das intakte Pistolett zurück. Peter I. war erstaunt über die schnelle und gute Ausführung seines Auftrags. Nikita aber sagte: »Wir sind auch nicht schlechter als die Ausländer.« Der Zar hielt diese Worte für Prahlerei – und darüber verärgert, gab er dem Meister eine Ohrfeige. Nikita behielt jedoch einen klaren Kopf und sagte: »Und

du, Zar, nimm erst, dann urteile!« Mit diesen Worten zog er ein zweites Pistolett aus seinem Mantel: das alte des Zaren. Damit war erwiesen, daß der Waffenmeister in einer Nacht ein neues Pistolett angefertigt hatte – und das so kunstvoll, daß es selbst die geübten Augen Peters I. nicht von dem ausländischen unterscheiden konnten. Der Zar war überrascht! Sein Zorn wandelte sich in Gunst, Nikita wurde Waffenmeister am Hofe des Zaren. Wie bereits erwähnt, übergab ihm Peter I. später die Leitung des Newjanskier Werkes, als dieses die Bestellungen an Kriegsgerät nicht termingemäß ausführen konnte. Nikita und später auch sein Sohn Akinfi Demidow taten viel für die Entwicklung der Metallurgie in Rußland. Das Uraler Eisen war auch auf dem internationalen Markt hochgeschätzt. »Demidowsches Eisen und alter russischer Zobel«, so schrieb in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts die englische Morning Post, »spielen eine wichtige Rolle in der Geschichte unserer nationalen Industrie. Das Eisen wurde für die Umarbeitung zu Stahl schon zu Beginn des 18. Jahrhunderts in Großbritannien eingeführt, als die Produktion von Stahlerzeugnissen in unserem Lande sich gerade zu entwickeln begann. Das Demidowsche Eisen trug viel zur Berühmtheit der Sheffielder Eisenwaren bei.«

Der Qualität von Eisen und Eisenteilen wurde von alters her große Bedeutung beigemessen. Es wird erzählt, daß sich ein alter Waffenschmied die von ihm gefertigten stählernen Panzer vor der Übergabe an den Besteller erst selbst anlegen mußte. Der Auftraggeber prüfte dann mit einigen Schlägen und Dolchstößen die Qualität der Rüstung. Wenn dabei der Meister am Leben blieb, wurde sein Produkt als gut anerkannt, und er erhielt einen guten Lohn. Hatte er Ausschuß geliefert, war kein Lohn mehr nötig!

In der Epoche Peters I. erschien die erste Staatliche Verordnung über die Qualität des Eisens. Am 6. April 1722 wurde der Erlaß »Über die Prüfung des Eisens« herausgegeben. Dieses Dokument war der Vorfahr der modernen staatlichen Standards für Stahl in der Sowjetunion.

1737 fand ein gewisser Stepan Tschumpin im Ural ein großes Stück Magneteisen und zeigte es dem Bergtechniker I. Jarzew. Dieser interessierte sich für den Fund, besichtigte die Lagerstätte und eilte mit einer Ausarbeitung nach Jekaterinburg. Davon hörte Demidow, der schon damals der ungekrönte König des Urals war. Er schickte Jarzew sofort einen bewaffneten Verfolger nach, weil er verhindern wollte, daß die neu entdeckte Lagerstätte in das Eigentum des Staates überginge. Jarzew gelang es, dem Verfolger zu entkommen. Die Bergbehörde übergab dem Erstentdekker der Lagerstätte eine Prämie. Bald darauf starb Stepan Tschumpin eines rätselhaften Todes. Der Mörder wurde nicht gefunden. So rächte sich Demidow an jedem, der sich ihm bei der Aneignung der Schätze des Weißen Urals in den Weg stellte.

Am Ende des 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts erfolgte ein regelrechter Einbruch des Eisens in die Technik. 1778 wurde die erste eiserne Brücke gebaut; 1788 wurde die erste Wasserleitung aus Eisenrohren in Betrieb genommen; 1818 lief das erste Schiff aus Eisen vom Stapel. Im November 1868, ein halbes Jahrhundert danach, schrieb eine englische Zei-

tung: »Zur Zeit wird das erste eiserne Kriegsschiff der Welt, die »Vulkan«, überholt. Es wurde 1818 gebaut. Vor 50 Jahren, zur Zeit des Stapellaufes, lief alles Volk der Umgebung zusammen, um zu sehen, ob ein Schiff aus Eisen tatsächlich imstande ist, sich im Wasser zu halten.« Vier Jahre danach, 1822, begann der Kursverkehr zwischen London und Paris mit einem eisernen Dampfschiff, das in England gebaut worden war. Der Hauptverbraucher an Eisen ist das Verkehrsmittel, das seinen Namen trägt: die Eisenbahn. Die erste wurde 1825 in England in Betrieb genommen.

Aus Eisen ist auch der berühmte Turm von Paris, 1889 geschaffen von dem hervorragenden französischen Ingenieur Gustav Eiffel. Viele Zeitgenossen Eiffels befürchteten, daß der durchbrochene Bau den Belastungen nicht gewachsen wäre. Inzwischen sind 80 Jahre vergangen, und der Eiffelturm, das Wahrzeichen von Paris, fesselt noch heute die Aufmerksamkeit zahlreicher Touristen. 1928 teilten einige amerikanische Zeitungen mit, der Turm sei durch und durch verrostet und könne jeden Moment umstürzen. Aber genaue Untersuchungen des Zustandes der Eisenkonstruktion durch französische Wissenschaftler und Ingenieure zeigten, daß diese Mitteilung eine gewöhnliche Zeitungsente war. Das Metall, bedeckt durch eine feste, dichte Farbschicht, dachte nicht daran zu rosten.

Die Gefahr des Rostens schwebt trotzdem wie ein Damoklesschwert über allen Eisenkonstruktionen und -teilen. Die Korrosion ist der ärgste Feind des Eisens. Nach Angaben einer Reihe von Wissenschaftlern wurde allein in der Zeit von 1820 bis 1923

von der gesamten Weltproduktion an Eisen (1766 Millionen Tonnen) fast die Hälfte, nämlich 718 Millionen Tonnen von der Korrosion »aufgefressen«. Man rechnet damit, daß beispielsweise in England die Korrosion jährlich einen Verlust von 600 Millionen Pfund Sterling verursacht. Es ist darum nicht verwunderlich, daß das Problem, wie man das Eisen vor der Korrosion schützt, schon im Altertum eine Rolle gespielt hat.

In den Arbeiten des griechischen Historikers Herodot (5. Jahrhundert v. u. Z.) können wir Hinweise auf Zinnbeschichtungen finden, die Eisen vor dem Rosten schützen. In Indien gibt es schon seit ungefähr 1600 Jahren eine Gesellschaft zum Kampf gegen die Korrosion. Ungefähr vor 1500 Jahren beteiligte sich diese Gesellschaft am Bau der Sonnenpaläste an der Küste von Kanarak. Und obgleich später das Territorium der Paläste zeitweise vom Meer überschwemmt worden war, befanden sich die Eisenträger in ausgezeichnetem Zustand. Folglich wußten die indischen Meister

schon in alter Zeit, wie man der Korrosion Herr wird. Davon zeugt eine berühmte eiserne Säule, eine der vielen Sehenswürdigkeiten der indischen Hauptstadt. Hierüber schreibt Nehru in seinem Buch »Entdeckung Indiens«: »Im alten Indien erreichte man offensichtlich große Meisterschaft bei der Bearbeitung des Eisens. In der Nähe von Delhi ragt eine gewaltige eiserne Säule empor. Sie bringt die modernen Wissenschaftler in Verlegenheit, weil sie weder das Verfahren ihrer Herstellung noch die Methode des Schutzes gegen Oxydation u. a. atmosphärische Einflüsse ergründen konnten.« Die Säule wurde im Jahre 415 zu Ehren des zwei Jahre vorher verschiedenen Königs Tschandragupta II. errichtet. Zunächst stand sie im Osten des Landes vor einem Tempel, wurde aber im Jahre 1050 vom König Anang pal nach Delhi überführt. Nach der Legende werden demjenigen, der sich mit dem Rücken an die Säule stellt und seine Hände an ihr herunterführt, die sehnlichsten Wünsche erfüllt. Von alters her strömen dort Scharen von Pilgern zusammen, um das gewünschte Glück zu finden. Die Säule hat ein Gewicht von ungefähr 6,5 Tonnen, eine Höhe von 10,3 Meter und einen Durchmesser von 42 Zentimeter am Fuß und 30 Zentimeter an der Spitze. Sie ist aus fast reinem Eisen (99,72 %) hergestellt. Daraus erklärt sich auch ihre Langlebigkeit, denn »weniger reines Eisen« hätte sich ohne Zweifel in den vergangenen 15 Jahrhunderten in Rost verwandelt. Wie stellten die alten Metallurgen diese Säule her, an der die Zeit spurlos vorüberging?

Einige Schriftsteller utopischer Romane meinen, daß sie auf einem anderen Planeten geschaffen und von der Besatzung ei-

nes kosmischen Raumschiffes auf die Erde gebracht worden sei als Geschenk für die Bewohner unseres Planeten.
Andere sind der Meinung, die Säule sei aus einem großen Eisenmeteoriten geschmiedet worden. Sicherlich haben die Wissenschaftler recht, die in der hohen Kunstfertigkeit altindischer Metallurgen des Rätsels Lösung sehen. Indien war schon zu jener Zeit in der ganzen Welt durch seine Stahlerzeugnisse berühmt.
Heute ist für uns nichtrostender Stahl etwas Alltägliches. Vor nicht allzulanger Zeit wurde in den Vereinigten Staaten von Amerika ein Patent für durchsichtigen nichtrostenden Stahl erteilt. Das neue Metall wird auf elektrochemischem Wege hergestellt. Dabei bilden sich zwischen den einzelnen Kristallen kleinste Poren, die dem Stahl die Durchsichtigkeit verleihen.
In unseren Tagen kennen die Meister des »glühenden Handwerks« moderne Technologien der Erschmelzung von Stählen für die unterschiedlichsten Verwendungszwecke. Welche Vielfalt von Stählen findet man in den Fertigungsprogrammen moderner Hüttenwerke! Nichtrostende Stähle, Schnelldrehstähle, Kugellagerstähle und Federstähle, magnetische und nichtmagnetische, warmfeste und kaltzähe – um nur einige von all den Stahlmarken zu nennen, deren vollständige Aufzählung eine ganze Seite dieses Buches beanspruchen würde. Viele dieser Stähle sind natürlich bekannt. Aber was stellen wir uns beispielsweise unter »holzähnlichem« Stahl vor. Die ungewöhnliche Bezeichnung erhielt dieser Stahl, weil seine Wärmeleitfähigkeit mit der von Holz genau übereinstimmt. Neben Eisen enthält er 31 Prozent Nickel und Chrom. Dabei führen schon geringste Abweichungen vom Rezept zum Verlust der »holzähnlichen« Eigenschaften. Einen wohlklingenderen, schöneren Namen hat Diamantstahl, der 5 Prozent Wolfram enthält. Er dient zur Bearbeitung von harten Materialien, da er in der Härte nur vom Diamant übertroffen wird.
Vor einigen Jahren haben belgische Hüttenwerke eine Walzstraße in Betrieb genommen, auf der mit Oberflächenmustern versehene Bänder hergestellt werden. Nach diesem Verfahren können Stahlbleche erzeugt werden, die wie Holz, Leder, Gewebe oder andere Materialien aussehen. Solches Blech wird bereits in der Automobilindustrie, in der Lebensmittelindustrie und in der Architektur verwendet.
Überaus vielfältig ist das Sortiment von Teilen aus Stahl und Eisen. In der DDR beispielsweise werden riesige Lager von 25 Tonnen Gewicht hergestellt, in der Schweiz fertigt man hingegen Minilager, deren Durchmesser wenig mehr als 1 Millimeter beträgt. In einer Streichholzschachtel haben 34 000 Stück Platz.
Es gibt aber noch viel kleinere Bauteile aus Stahl, zum Beispiel für Armbanduhren. Von ihnen können bis zu 6 Millionen Stück in der bewußten Streichholzschachtel untergebracht werden.
Die Nachfrage nach Eisen ist groß. Es genügt, darauf hinzuweisen, daß schon am Ende des 19. Jahrhunderts von 100 Kilogramm Metall, die in der Industrie, in der Landwirtschaft und im täglichen Leben gebraucht wurden, 96 Kilogramm Eisen waren. Der Bau von neuen Städten, der Stapellauf von Ozeanriesen, der Ausbau neuer Verkehrswege, die Konstruktion gigantischer Hochöfen, die Schaffung

mächtiger Protonensynchrotone (Kreisbeschleuniger für Protonen), der Start kosmischer Raketen – all das ist undenkbar ohne Eisen. Dieses Metall hat jedoch auch eine finstere und traurige Kehrseite. Mit ihm wurden viele blutige Seiten der Geschichte der Menschheit geschrieben. Milliarden von Geschossen und Bomben trafen in den Jahren des ersten und zweiten Weltkrieges die Menschen und ihre Werke. Durch Eisen wurde zerstört, was der Mensch seit Jahrhunderten mit Eisen geschaffen hatte.

In den letzten Jahrzehnten erwuchsen dem Eisen zahlreiche »Konkurrenten«. Man könnte sagen: »Einige Metalle führen, neben verschiedenen nichtmetallischen Werkstoffen, einen massierten Angriff gegen die Position des Eisens, wie zum Beispiel Aluminium, Titan, Vanadium, Beryllium, Zirkonium und andere mehr. Aber das Eisen ist noch nicht gewillt abzutreten.« Fersman schrieb: »Die Zukunft gehört anderen Metallen, aber dem Eisen wird man ein ehrenvolles Andenken bewahren – dem alten, verdienstvollen Material. Bis dahin ist es jedoch noch weit ...«

Eisen ist noch immer die Grundlage der Metallurgie, des Maschinenbaues, des Verkehrswesens, des Schiffsbaues und des Transports usw.

Auf dem Gelände der Brüsseler Welt-Industrieausstellung im Jahre 1958 erhob sich majestätisch ein außergewöhnliches Bauwerk, das Atomium. Es bestand aus neun großen metallischen Kugeln von 18 Meter Durchmesser. Sie bildeten gleichsam in der Luft hängend einen Würfel, wobei acht Kugeln auf seinen Ecken und eine Kugel in seinem Zentrum angeordnet waren. Es war das Modell einer Elementarzelle des Kristallgitters von Eisen. Das Atomium symbolisierte die Größe des Eisens.

Quelle der friedlichen Strahlen – Kobalt

Co

Das Zauberkunststück von Paracelsus · Blaues Porzellan · Seltsame Erze der sächsischen Berge · Brandt verteidigt die Dissertation · Das Hobby des Tierarztes · Kein Unglück so groß, hat was Gutes im Schoß · Japanischer Stahl · Heimtückische Spielzeuge · Verluste der englischen Flotte · Zusammen mit Platin · Die Entdeckungen des berühmten Ehepaares · Die »Milchkannen« werden geprüft · Die friedliche Aufgabe des Kobalts · Die Maske des Pharao · Wie fängt man den Blitz? · Der Helfer der Ärzte

Es wird erzählt, daß Paracelsus, der berühmte Arzt und Chemiker des 16. Jahrhunderts, sein Publikum gern durch ein Zauberkunststück ergötzte. Der Gelehrte zeigte seinen Zuhörern ein Landschaftsbild mit schneebedeckten Wiesen und Wäldern. Während es die interessierten Beschauer betrachteten, verwandelte Paracelsus die Winterlandschaft in ein schönes Frühlingsbild. Die Bäume belaubten sich, auf den Wiesen sprießte zartgrünes Gras. Was war geschehen? Ein Wunder? Nein, Wunder gibt es nicht! In diesem Fall spielte eine chemische Reaktion die Rolle des Zauberers. Bei gewöhnlicher Temperatur ist eine Lösung von Kobaltchlorid – vermischt mit einer geringen Menge Nickel- oder Eisenchlorids – stets farblos. Benutzt man die Lösung zum Schreiben, so nimmt die Schrift, nachdem sie trocknet und leicht erwärmt wird, eine schöne grüne Farbe an. Paracelsus benutzte solche Lösungen, um seine Wunderlandschaft entstehen zu lassen. Im geeigneten Moment entzündete der Gelehrte eine hinter dem Bild stehende Kerze. Und das staunende Publikum erlebte »wie in einem Märchen die wunderbare« jahreszeitliche Verwandlung des Bildes.

Zu jener Zeit kannte auch Paracelsus die genaue chemische Zusammensetzung seiner Farben noch nicht. Weder Kobalt noch Nickel waren damals der Wissenschaft bekannt, aber die Verbindungen des Kobalts wurden schon lange als Farbstoff verwendet. Bereits 5000 Jahre vorher arbeitete die Keramik- und Glasindustrie mit blauen Kobaltfarben. Beispielsweise diente Kobalt in China zur Herstellung des in der ganzen Welt berühmten blauen Porzellans. Die alten Ägypter verzierten ihre Tontöpfe mit einer blauen Glasur, die Kobalt enthielt.

Im Grabmal des Pharao Tut-anch-amon fanden Archäologen Gläser, deren blaue Farben von den Salzen dieses Elements herrührten. Gegenstände aus solchem Glas fand man auch bei Ausgrabungen in Assyrien und Babylon. Im Laufe der Zeit ging offensichtlich das Geheimnis der Kobaltfarben verloren. Deshalb konnte man kein Kobalt in Gläsern von alexandrinischen,

byzantinischen, römischen oder anderen Meistern nachweisen. Eine blaue, aber dem Kobaltblau nicht ebenbürtige Färbung wurde hier mit Hilfe von Kupfer erreicht. Erst im 14. Jahrhundert gelang es venezianischen Meistern, herrliche blaue Gläser herzustellen, die ihre Farbe dem Kobalt verdankten. Sie wurden schnell in allen Ländern Europas berühmt.

Aus dem 17. Jahrhundert sind Unterlagen erhalten, aus denen hervorgeht, daß in Rußland eine große Nachfrage nach der teueren, aber sehr beständigen und kraftvollen Kobaltfarbe »Bergblau« bestand. Sie wurde in verschiedenen bemerkenswerten Bauwerken dieser Zeit verwendet, zum Beispiel auch im Moskauer Kreml und in Archangelskoje.

Kobaltfarben waren deshalb so teuer, weil von den Erzen dieses Elements nur geringe Mengen gefördert werden konnten. Es gibt in der Natur keine größeren Lagerstätten dieses Metalls. Die Kobalterze treten nur in verhältnismäßig kleinen Mengen als Begleiter von Arsen, Kupfer, Wismut und einigen anderen Elementen auf. Aus diesem Grunde kamen die sächsischen Bergleute des Mittelalters nicht auf die Idee, daß im Inneren ihrer Berge ein ihnen bis dahin nicht bekanntes Metall verborgen war. Von Zeit zu Zeit hielten sie ein solch seltsames Erz in ihren Händen, welches äußerlich einem Silbererz ähnelte. Aber alle Versuche, aus ihm Silber zu gewinnen, schlugen fehl. Außerdem entstanden beim Glühen dieses Erzes giftige Gase, die den sächsischen Bergleuten große Unannehmlichkeiten bereiteten. Sie lernten jedoch das echte Silbererz von seinem heimtückischen Doppelgänger zu unterscheiden. Sie nannten das neue Erz »Kobold«, weil sie der Meinung waren, daß in ihm ein heimtückischer, unberechenbarer Berggeist steckt.

Im Jahre 1735 analysierte der schwedische Chemiker G. Brandt einige sächsische Erze, darunter auch den berüchtigten »Kobold«. In seiner Dissertation wies er nach, daß in diesen Erzen ein bisher noch nicht bekanntes Metall enthalten sein müsse. Wie das Erz, so nannte Brandt auch das neue Metall »Kobold«. In unseren Tagen wäre eine solche Entdeckung sofort vom Telegraphen in alle Welt verbreitet worden. Aber im 18. Jahrhundert verfügte man noch nicht über solche operative Mittel der Information. Die Dissertation des schwedischen Chemikers war deshalb lange Jahre nur wenigen Menschen bekannt. Noch 30 Jahre danach nahm der Gelehrte Lehmann an, daß Kobold ein Gemisch aus Kupfer, Eisen und irgendeiner besonderen »Erde« sei.

Erst am Ende des 18. Jahrhunderts konnte durch die Arbeiten einiger Wissenschaftler die Entdeckung Brandts bestätigt werden. Für das Element wurde der auch heute noch verwendete Name Kobalt festgelegt.

Zu dieser Zeit war der nächste chemische Verwandte des Kobalts, das Nickel, bereits entdeckt. Diese beiden Metalle kommen in der Natur sehr oft gemeinsam vor. Und nicht zufällig stand vor den Wissenschaftlern die Frage, wie sie zu trennen sind und wie sie in reinem Zustand hergestellt werden können. Das Problem wurde überraschend schnell gelöst von einem Tierarzt namens Charles Askin. Der Veterinär widmete seine Freizeit seinem Hobby, der Metallurgie. Im Jahre 1834 interessierte er sich für Nickel und seine Verbindungen. Askin unternahm Versuche, Nickel aus

seinem Erz zu extrahieren. Aber zu seinem Unglück (besser gesagt zu seinem Glück) enthielt dieses Erz auch Kobalt. Was war zu tun? Askin wendete sich um Hilfe an Benson, den Besitzer einer chemischen Fabrik. Dieser benötigte Kobalt für die Herstellung von Keramiken. Aber auch Benson kannte kein Verfahren zur Trennung dieser Metalle. Nach einigen Überlegungen entschlossen sie sich, das Problem durch Verwendung von Chlorkalk zu lösen. Sie rechneten genau aus, wieviel sie für den Versuch benötigten, und jeder begann mit der Arbeit. Benson, der genügend Chlorkalk vorrätig hatte, verwendete die berechnete Menge und führte die Versuche mit seinem Erz durch. Sein Ergebnis war jedoch negativ. Aus der Lösung fielen die Oxide beider Metalle aus. Askin stellte bei der Vorbereitung seines Versuches fest, daß er lediglich über die Hälfte der berechneten Menge an Chlorkalk verfügte. »Wer Pech hat, hat Pech«, dachte er. Aber er wollte das Experiment trotzdem nicht aufschieben, denn nicht ohne Grund wird gesagt: »Kein Unglück so groß, hat was Gutes im Schoß«. Zu Askins Überraschung und Freude brachte der so wenig versprechende Versuch das gewünschte Resultat. Kobalt wurde aus der Lösung ausgefällt, und Nickel, für das die verwendete Chlorkalkmenge nicht ausreichte, blieb fast vollständig in der Lösung. Später wurde dieses Verfahren vervollkommnet, und bis auf den heutigen Tag wird es in weitem Umfang industriell für die Trennung der beiden verwandten Metalle benutzt.

Bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts war die Wirkungssphäre des Kobalts sehr begrenzt. Die Metallurgen zum Beispiel, die heute dem Kobalt sehr viel Aufmerksamkeit widmen, hatten damals nur unklare Vorstellungen über seine Eigenschaften.

In dem 1912 erschienenen Buch »Metallurgie der Buntmetalle« stellte der Autor fest: »... bis zur gegenwärtigen Zeit beansprucht metallisches Kobalt vom Standpunkt des Verbrauchers kein Interesse. ... Es wurden Versuche durchgeführt, Eisen mit Kobalt zu legieren und Spezialstähle herzustellen, aber letztere fanden keinerlei Anwendung.«

Der geschätzte Autor irrte sich. Schon fünf Jahre vor dem Erscheinen seines Buches hatte eine metallurgische Firma ungewöhnliche Legierungen hergestellt, die eine kolossale Härte aufwiesen und prädestiniert waren für die metallbearbeitende Industrie. Diese neuen Legierungen wurden Stellite genannt (vom lateinischen Wort Stella = Stern). Einer der besten Stellite enthält mehr als 50 Prozent Kobalt. Nun stieg die Produktion von Hartlegie-

rungen stetig, und Kobalt spielte dabei keine geringe Rolle.
Sowjetische Wissenschaftler und Ingenieure entwickelten die superharte Legierung Pobedit, die in ihren Eigenschaften analoge ausländische Legierungen übertraf. Pobedit enthält neben Wolframkarbid metallisches Kobalt.
1917 erhielten die japanischen Wissenschaftler Honda und Takati ein Patent für die von ihnen entwickelten Stähle, die 20 bis 60 Prozent Kobalt enthalten und sich durch besondere magnetische Eigenschaften auszeichnen. Der Bedarf an solchem Stahl war groß. Das Ende des 19. und der Beginn des 20. Jahrhunderts waren buchstäblich durch eine Invasion von »Magneten« in der Industrie gekennzeichnet. Parallel dazu entwickelte sich natürlich ein großer Bedarf an magnetischen Materialien.
Von den drei wichtigsten ferromagnetischen Metallen Eisen, Nickel und Kobalt hat letzteres die höchste Curietemperatur, das heißt jene Temperatur, bei der das Metall seine magnetischen Eigenschaften verliert. Weil Magnete unter den verschiedenartigsten Bedingungen arbeiten müssen, unter anderem auch bei höheren Temperaturen, war Kobalt das beste Basismaterial für magnetische Stähle.
Kaum hatte der Kobaltstahl das Licht der Welt erblickt, zog er die Aufmerksamkeit der Militärs und Industriellen auf sich, die seine Eigenschaften für gefährliche Ziele ausnutzten. Schon in den Jahren des Bürgerkrieges konnten die sowjetischen Matrosen und Rotarmisten ungewöhnliche Minen kennenlernen, die ohne Berührung mit den Schiffen die Minensucher der nördlichen Flottillen in die Luft sprengten.

Als Taucher eines dieser heimtückischen »Spielzeuge« herauszogen und unschädlich machten, stellte man fest, daß es sich um Magnetminen handelte, die nach folgendem Prinzip arbeiteten. Auf Grund einer besonderen Konstruktion breitete sich um die Mine ein magnetisches Feld aus. Wenn ein stählerner Schiffskörper bis zu einer bestimmten Feldliniendichte vordrang, wurde der Zünder ausgelöst und das Schiff zerstört.

Am Vorabend des zweiten Weltkrieges wurde die Produktion von Kobaltstählen im faschistischen Deutschland rapid erhöht. Sie dienten der Herstellung von Magnetminen. Wie die Goebbels-Propaganda behauptete, übertrafen die deutschen Minen an Genauigkeit, Feinfühligkeit und schneller Reaktion »das Nervensystem vieler höherer Wesen, die der Schöpfer geschaffen hat«. Und tatsächlich fügten die Magnetminen der englischen Flotte großen Schaden zu, als es den Deutschen gelang, aus der Luft die Küste Englands, die Mündung der Themse und anderer wichtiger Flüsse zu verminen. Aber für jedes Gift gibt es ein Gegengift. Schon ungefähr zwei Wochen nach dem verräterischen Überfall der Hitlerarmee auf die Sowjetunion gelang es dem Militäringenieur dritten Ranges M. I. Iwanow im Gebiet von Otschakow, die erste deutsche Magnetmine zu entschärfen.

In diese Phase des Krieges gehört auch die folgende Episode, die sich in einem alten Berg- und Hüttenkombinat des Urals ereignete. Viele Jahre lang waren dort Kupfererze verhüttet worden. Plötzlich wurde in den alten Halden des Aufbereitungsbetriebes Kobalt entdeckt. In kürzester Frist wurde eine Technologie zur Extraktion des Kobalts ausgearbeitet, und die Industrie konnte wertvolles Kobalt aus diesem »Abfall« erhalten.

In diesen Jahren begann auch die Produktion von warmfesten Stählen und Legierungen mit Kobalt. Sie wurden für Teile von Flugzeugmotoren, Raketen, Dampfkesseln und als Schaufeln für Turbokompressoren und Gasturbinen dringend benötigt. Zu diesen Legierungen gehört beispielsweise das Vitallium, das 65 Prozent Kobalt enthält. Auf Grund des hohen Preises und der schweren Verfügbarkeit des Kobalts war jedoch die breitere Anwendung dieser Materialien nicht möglich.

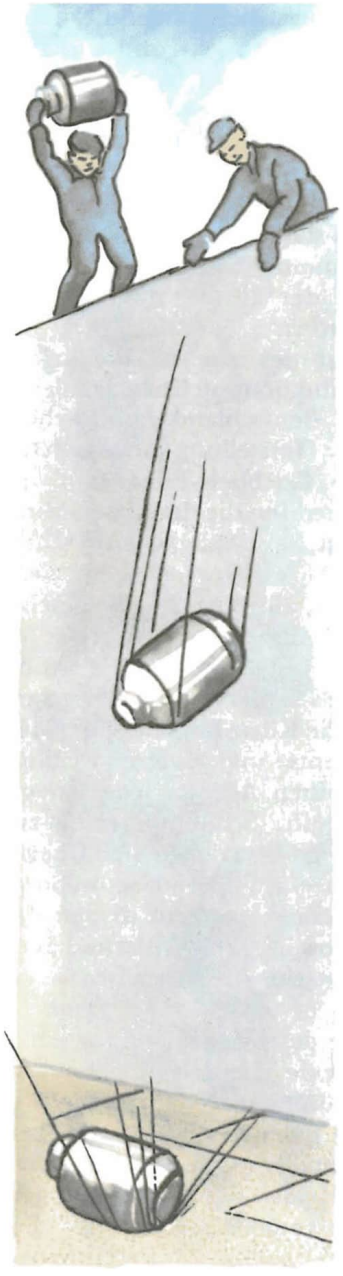
Man begann auch Kobalt mit Erfolg als Ersatz für ein noch teueres Metall zu verwenden, nämlich für Platin, dessen Jahresproduktion auf einem Lastwagen Platz hatte.

In der Galvanotechnik benötigt man unlösliche Anoden, die nicht mit dem Bad reagieren dürfen. Dafür ist Platin das geeignetste Material. Aber Platinanoden sind sehr teuer. Das Problem, Platin durch preiswertere Metalle zu ersetzen, beschäftigte lange Zeit die Wissenschaftler. In langwierigen Versuchen wurde eine Legierung gefunden, die die gleichen Eigenschaften hatte wie Platin. Sie enthielt 75 Prozent Kobalt. Beide Metalle, Kobalt und Platin, können auch in Verbindung miteinander sehr nützlich sein. Eine englische Firma entwickelte eine Magnetlegierung dieser Metalle, Platinax 2. Sie hat gute Antikorrosionseigenschaften und läßt sich leicht bearbeiten. Aus ihr werden Miniaturmagnete für elektrische Uhren, Hörapparate sowie »Geber« mit verschiedenem Verwendungszweck hergestellt. Unge-

wöhnliche magnetische Eigenschaften haben auch Legierungen des Kobalts mit seltenen Erden, zum Beispiel mit Samarium.

Bisher sprachen wir vom einfachen Metall Kobalt; es gibt aber auch Kobalt mit einem ungewöhnlichen Charakter. Als im Jahre 1934 die berühmten französischen Wissenschaftler Frédéric und Irene Joliot Curie die künstliche Radioaktivität entdeckten, brachten Wissenschaft und Technik auch den radioaktiven Isotopen verschiedener Elemente, unter anderem dem Kobalt, großes Interesse entgegen. Von den zwölf radioaktiven Isotopen dieses Metalls findet Kobalt 60 die meiste Verwendung. Seine Strahlung hat eine hohe Durchdringungsfähigkeit. 17 Gramm radioaktives Kobalt strahlen mit gleicher Intensität wie ein Kilogramm Radium, die stärkste natürliche Strahlungsquelle. Eben aus diesem Grunde werden bei der Erzeugung, bei der Aufbewahrung und beim Transport dieses Isotops die Sicherheitsvorschriften überall in der Welt sehr sorgfältig beachtet, um die Menschen vor den tödlichen Strahlen zuverlässig zu schützen.

Nachdem im Kernreaktor gewöhnliches metallisches Kobalt in reaktives umgewandelt worden ist, wird es ähnlich dem Flaschengeist aus dem Märchen in spezielle massive Container »eingesperrt«. In der Form erinnern diese Behälter an Milchkannen. Umgeben von einer Bleischicht wird Kobalt 60 in diesen Behältern auf speziellen Wagen zum Ort seiner künftigen Arbeitsstelle gebracht. Wenn nun ein solches Kraftfahrzeug in einen Unfall verwickelt wird und die Container zu Bruch gehen, bedrohen dann die gefährlichen Ko-



baltstrahlen den Menschen? Nein, das wird nicht passieren. Selbstverständlich ist ein Verkehrsunfall eines solchen Kraftfahrzeugs nicht unmöglich, aber die »Milchkannen« werden dabei vollkommen unversehrt bleiben. Bevor man den Containern die radioaktiven Isotope anvertraut, werden sie einer gründlichen Prüfung unterzogen. So werden sie beispielsweise aus fünf Meter Höhe auf Betonplatten geworfen, in Thermokammern gestellt und weiteren »Foltern« unterzogen, bevor ihnen die kleinen Ampullen mit diesem oder jenem radioaktiven Stoff zur Aufbewahrung anvertraut werden. Alle diese Vorsichtsmaßnahmen machen die Arbeit der Menschen, die sich mit Strahlungsquellen befassen, praktisch ungefährlich. Leider kommt es aber noch durch fahrlässigen Umgang mit radioaktiven Isotopen zu Unfällen mit verheerenden Folgen.

In der modernen Industrie ist eines der wichtigsten Anwendungsgebiete des radioaktiven Kobalts die Gamma-Defektoskopie. Das ist eine Qualitätskontrolle von metallischen Fertigteilen. Diese werden mit Hilfe von Gamma-Strahlen geprüft. Die Strahlungsquelle ist dabei Kobalt 60.

Die Gamma-Defektoskopie erlaubt es, mit verhältnismäßig billigen Apparaten Risse, Poren und andere Defekte in Blöcken, Schweißnähten, Baugruppen und -teilen nachzuweisen, auch wenn sie sich an schwer zugänglichen Orten befinden und äußerlich nicht sichtbar sind. Da sich die Gamma-Strahlen von der Quelle gleichmäßig im Raum ausbreiten, gibt diese Methode die Möglichkeit, gleichzeitig verschiedene Teile des Objekts beziehungsweise bei zylindrischen Teilen den gesamten Umfang auf einmal zu kontrollieren.

Mit Hilfe von Gamma-Strahlen gelang es auch, eine Frage zu entscheiden, die lange Zeit die Ägyptologen interessierte. Es handelt sich dabei um die Maske des Pharao Tut-anch-amon. Einige Wissenschaftler meinten, sie sei aus einem einzigen Stück gefertigt, andere behaupteten, sie bestehe aus Einzelteilen. Die Entscheidung fiel mit Hilfe einer Kobaltkanone – einer speziellen Einrichtung, die mit Kobaltisotop 60 »geladen« ist. Es zeigte sich, daß die Maske tatsächlich aus mehreren Teilen besteht, die so sorgfältig zusammengefügt sind, daß man die Fugen mit bloßem Auge nicht erkennen kann.

Radioaktives Kobalt wird auch für die Kontrolle und Regulierung des Füllungsgrades verwendet, zum Beispiel in Stahlschmelzöfen, in Hochöfen und Bunkern und in den Kristallisatoren von Stranggußanlagen.

Mit einem sogenannten Gamma-Dickenmeßgerät kann man schnell und mit großer Genauigkeit die Wanddicke von Teilen bestimmen, bei denen die innere Oberfläche nicht zugänglich ist, zum Beispiel bei Schiffskörpern, Rohren, Dampfkesseln.

Für die Untersuchung technologischer Prozesse und die Erforschung der Betriebsbedingungen von Ausrüstungen werden in großem Umfang sogenannte »markierte« Atome verwendet, das sind radioaktive Isotope von verschiedenen Elementen, unter anderem auch von Kobalt.

In der Sowjetunion wurde der erste industrielle Kernreaktor geschaffen, der als Strahlungsquelle das Kobaltisotop enthielt.

Radioaktives Kobalt dient auch der Landwirtschaft, zum Beispiel zur Bestimmung der Bodenfeuchtigkeit, der Wasservorräte

und der Höhe der Schneedecke, zur Bestrahlung von Samen vor der Saat und anderem mehr.

Erst kürzlich machten französische Wissenschaftler eine interessante Entdeckung. Sie stellten fest, daß radioaktives Kobalt mit Erfolg als Blitzschutz eingesetzt werden kann. Bei einem Zusatz von wenig Kobaltisotop in das Drahtmaterial der Blitzableiter wird infolge der Gamma-Strahlung die Luft, die den Blitzableiter umgibt, ionisiert. Gewitterspannungen, die in dieser Atmosphäre entstehen, werden wie durch einen Magneten vom radioaktiven Blitzableiter angezogen. Auf diese Art können Blitze im Umkreis von 200 Meter »eingesammelt« werden.

Abschließend muß noch über eine sehr wichtige Aufgabe des radioaktiven Kobalts gesprochen werden. Immer mehr erweist es sich als Helfer der Ärzte in ihrem Kampf um die Gesunderhaltung der Menschen. Mit sogenannten Kobaltkanonen werden Geschwulstleiden bestrahlt, um das fortschreitende Wachstum bösartiger Geschwülste im menschlichen Organismus zu hemmen. In vielen Fällen kann der Herd der Krebskrankheit beseitigt werden.

In den unterirdischen Vorratsräumen der Allunionsvereinigung »Isotop« in Moskau befinden sich viele Container, große und kleine. In ihnen werden radioaktives Kobalt, Strontium, Zäsium u. a. Kernstrahlungsquellen aufbewahrt. Alle warten auf ihre Stunde, um in Krankenhäuser und Kliniken, in wissenschaftliche Einrichtungen und Betriebe und überall dorthin gebracht zu werden, wo die Energie des »friedlichen Atoms« der Menschheit helfen und nutzen kann.

»Kupferteufel« – Nickel

Ni

Der Traum der Großmütter · Eine alte chinesische Legierung · Die Bosheit des Berggeistes · Cronstedt war nicht abergläubisch · Ein energischer Franzose · Fund in Kanada · Eine Goldmedaille für Rsheschotarski · Die Skulptur »Arbeiter und Kolchosbäuerin« · »Epidemie« und ihr »Virus« · »Sabotage in der Flotte« · 3000 Legierungen · Ein Rasierapparat fliegt zum Mond · Wie entrinnt man dem Schnupfen? · Cliquenwirtschaft der Eisentriade · Vernickelung des Planeten · Foxterrier sucht Erz · Mammutexplosion · Nicht »Kupferteufel«, sondern »guter Geist«!

Wahrscheinlich ist nicht allen Frauen bekannt, daß vor langen Zeiten ihre Urgroßmütter, als diese noch jung und anmutig waren, das Nickel zärtlich liebten und daß das Metall ihnen diese Liebe reichlich vergolten hat. Die eine trug es als Schmuck an ihrer Brust, der anderen drückte es heimlich die Hand, und bei der dritten verbarg es sich im Diadem.

Wir brauchen uns darüber nicht zu wundern, denn noch am Anfang des vergangenen Jahrhunderts zählte Nickel zu den Edelmetallen. Die Gewinnung war mit großen Schwierigkeiten verbunden, und die erzeugte Nickelmenge, die infolgedessen sehr gering war, gelangte in die Hände der Juweliere. Die Ingenieure hatten für dieses Metall noch kein Interesse, weil ihnen damals keine Verwendungsmöglichkeiten bekannt waren.

Die Bekanntschaft des Menschen mit Nikkel reicht bis ins alte China zurück. Dort wurde schon im dritten Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung eine Legierung des Nickels mit Kupfer und Zink – das »Pakfong« – erschmolzen. Es wurde in vielen Ländern verwendet und gelangte auch nach Baktrien, einem in Mittelasien gelegenen Staat. Dort wurde aus dieser Legierung Geld hergestellt. Eine dieser Münzen, geprägt im Jahre 235 v. u. Z., ist im Britischen Museum in London zu sehen.

Das Element Nickel wurde im Jahre 1751 von dem schwedischen Chemiker A. F. Cronstedt im Mineral Nickelin entdeckt. Zur damaligen Zeit hieß dieses Mineral allerdings Kopparnickel (auf Deutsch: Kupferteufelchen).

Schon im Mittelalter trafen die sächsischen Bergleute oft auf dieses rötliche Mineral. Wegen seiner Färbung wurde fälschlicherweise angenommen, daß es ein Kupfererz sei. Lange versuchten die Metallurgen, daraus Kupfer zu erschmelzen, aber ihre Chancen waren nicht größer als die der Alchimisten, die die Hoffnung hatten, mit Hilfe des »Steines der Weisen« aus dem Urin von Lebewesen Gold zu machen. Worin lagen die Ursachen für den Mißerfolg? Darüber zerbrachen sich die Sachsen den Kopf. Und ihnen ging ein »Licht« auf. Natürlich handelte es sich hier um die Ränke des »Nickel«, dieses boshaft-neckischen Berggeistes, der sich in dem teuflischen Stein versteckt hielt und keine Unze Kupfer abgeben wollte. Es ist möglich, daß ein mittelalterlicher Aspirant für diese kühne Hypothese auch eine wissenschaftliche Begründung fand. Auf jeden Fall wurden keine Versuche mehr unternommen, aus dem rötlichen Mineral Kupfer zu gewinnen. Und damit diese nutzlosen Steine künftig niemand mehr in Versuchung führen konnten, wurden sie »Kupfernickel« genannt.

Cronstedt war aber, wie es scheint, nicht abergläubisch. Er fürchtete den Teufel nicht, und es gelang ihm, aus Kupfernickel ein Metall zu gewinnen, allerdings nicht Kupfer, sondern ein neues Element, das er Nickel nannte. Es verging noch ein halbes Jahrhundert, bis der deutsche Chemiker Richter verhältnismäßig reines Nickel erhalten konnte. Das silberweiße Metall mit einem kaum bemerkbaren Stich ins Bräunliche war gut schmiedbar und zäh. Von einer industriellen Produktion des Nickels war damals jedoch noch nicht die Rede.

1865 wurden gewaltige Nickellagerstätten auf Neukaledonien entdeckt. Kurz vor diesem Ereignis war Jules Garnier zum Leiter des Bergbaudepartments in dieser französischen Kolonie ernannt worden, ein außerordentlich energischer Mensch mit großen Kenntnissen. Er entwickelte sofort eine rege Tätigkeit in der Hoffnung, auf der Insel Bodenschätze zu finden. Seine Suche war bald von Erfolg gekrönt. Auf der Insel fanden sich reiche Nickelvorräte. Zu Ehren des energischen Franzosen wurden die neukaledonischen Nickelmineralien Garnierit genannt.

Fast zwei Jahrzehnte danach stießen in Kanada Arbeiter beim Bau der transatlantischen Eisenbahn auf riesige Kupfer-Nickel-Lagerstätten. Diese beiden Entdekkungen gaben der industriellen Entwicklung von Nickel einen starken Anstoß. Ungefähr in die gleiche Zeit fällt auch die Entdeckung einer wichtigen Fähigkeit dieses Elements: die Verbesserung der Qualität des Stahls.

Schon 1820 hatte der berühmte englische Forscher M. Faraday Erfahrungen mit Stählen gesammelt, die Nickel enthielten. Dies interessierte damals noch nicht.

Am Ende des vergangenen Jahrhunderts erhielt ein Werk in Petersburg von den Marinebehörden eine verantwortungsvolle Aufgabe: die Entwicklung einer eigenen Produktion von hochwertigen Schiffspanzerblechen. Zu dieser Zeit verfügten die Flotten Englands und Frankreichs bereits über eine Panzerung aus Nickelstahl, die von den Spezialisten als sehr gut eingeschätzt wurde.

Mit dem Auftrag der Marine befaßte sich der russische Metallurge und Metallkundler A. A. Rsheschotarski. Seine intensive Arbeit brachte bald Erfolg. Das Obuchowskier Werk stellte ausgezeichnete 10-Zoll-Panzerplatten aus Nickelstahl her. Diese Platten waren nicht schlechter als die ausländischen, doch Rsheschotarski arbeitete weiter. Es gelang ihm, eine neue Technologie auszuarbeiten. Die Oberfläche der Platten wurde einer Zementation, d. h. einer Sättigung mit Kohlenstoff unterzogen. Auf diese Weise gelang es, Panzerplatten mit ausgezeichneter Zähigkeit und Festigkeit und einer bedeutend härteren Oberflächenschicht herzustellen. Mit ihnen konnten selbst die Platten des französischen Konzerns Schneider-Creuzot nicht konkurrieren, die für Rsheschotarski der Prüfstein für die eigenen Arbeiten waren. Die Marinebehörden belohnten den talentierten Ingenieur mit einer Goldmedaille. Seine Technologie wurde bald auch in anderen Betrieben eingeführt.

In unseren Tagen wird Nickelstahl hauptsächlich für friedliche Zwecke verwendet. Man stellt daraus chirurgische Instrumente, Teile für chemische Apparate und Geräte für den Haushalt her. Wer kennt nicht die berühmte Skulptur »Arbeiter und Kolchosbäuerin« von W. I. Muchina?

Das imposante, 24 Meter hohe Monument, das im sowjetischen Pavillon auf der Internationalen Ausstellung in Paris stand, wurde aus nichtrostendem Stahl hergestellt, der 10 Prozent Nickel enthält. Heute schmückt es den Eingang der Ausstellung der Errungenschaften der sowjetischen Volkswirtschaft.

Große Bedeutung hat Nickel in Legierungen mit anderen Metallen. Schon am Anfang des 19. Jahrhunderts suchten Metallurgen und Chemiker nach einer Legierung zur Herstellung von Bestecken, die wie Silber aussehen sollte.

Dem glücklichen Entdecker versprach man eine ansehnliche Prämie. Diese sollte gleichsam der »Virus« sein für die Entwicklung einer Forschungsepidemie. Und fast gleichzeitig gelang es verschiedenen Wissenschaftlern, auf der Basis des chinesischen Pakfongs eine Kupfer-Nickel-Zink-Legierung zu entwickeln, die dem Silber sehr ähnlich ist.

Eine dieser Legierungen wurde Argentan, eine andere Neusilber genannt. Etwas später erschienen Alfenid und andere Ersatzlegierungen für Silber, alle unter Verwendung von Nickel.

Während des ersten Weltkrieges mußten oft Kriegsschiffe, obgleich sie nicht an Gefechten teilgenommen hatten, für lange Zeit ins Dock zur Reparatur. Der Grund für den Ausfall dieser Schiffe war »die Sabotagetätigkeit« des Meerwassers, welches buchstäblich die Rohre der Wärmetauscher der Schiffskessel auffraß. Es war darum dringend notwendig, eine geeignetere Legierung für diese gefährdeten Rohre zu finden. Während sich die Wissenschaftler mit der Lösung dieses Problems beschäftigten, ging der Krieg zu Ende. Die Frage wurde jedoch nicht von der Tagesordnung abgesetzt. Erst 1926 gelang es, eine Kupfer-Nickel-Legierung zu schaffen, die dem Meereswasser standhielt. Jahre danach waren alle französischen Schiffe und später auch die der Flotten anderer Länder mit den neuen Kondensatorrohren ausgerüstet. Jetzt brauchten die Matrosen nicht mehr zu fürchten, daß die Rohre in kritischen Momenten versagen würden.

Die Zahl der Legierungen, die Nickel enthalten und heute breite Anwendung in der Technik, im Haushalt und im Juwelierhandwerk finden, übersteigt 3000! Monelmetall wird erfolgreich im chemischen Maschinenbau und im Schiffsbau verwendet. Nickel-Chrom-Spiralen verwendet man in Heizgeräten und Elektrowiderstandsöfen. Neusilber wird zur Konstruktion verschiedener Geräte und Apparate eingesetzt. In der Feinmechanik wird für die Herstellung von Lehren und Endmaßen »Invar« verwendet, eine Legierung mit sehr geringem Ausdehnungskoeffizienten. Bei der Erwärmung von 0 auf 40 Grad Celsius vergrößert sich sein Volumen im Vergleich zum Ausgangszustand nur um den millionsten Teil. Platinit dient als Ersatz für das teuere Platin, wenn es notwendig ist, Metall in Glas einzuschmelzen (Spritzen, elektrische Lampen usw.).

Die elastische Legierung Elinvar ist ein ausgezeichnetes Mineral für Federn, insbesondere Uhrenfedern. Gute hartmagnetische Eigenschaften haben solche Legierungen wie Alnico, Alni und zahlreiche andere. Permalloy weist nach einer besonderen thermomechanischen Behandlung eine ungewöhnlich hohe magnetische Permeabilität auf und ist leicht ummagnetisierbar, auch in schwachen magnetischen Fel-

dern. Diese Legierung findet in der Telefon- und Radiotechnik Anwendung. Für die Herstellung von Thermoelementen benutzt man das Thermometer Chromel-Alumel. Aus Legierungen, die bis zu 75 Prozent Nickel enthalten, werden Turbinenschaufeln angefertigt, zum Beispiel für die TU 104.

Vor einigen Jahren entwickelten Wissenschaftler eine neue Legierung. Sie wurde nach den Anfangsbuchstaben der drei darin enthaltenen Elemente Nicosi genannt (94 % Nickel, 4 % Kobalt, 2 % Silizium). Versuche zeigten, daß mit ihrer Hilfe leistungsfähige Ultraschallgeber hergestellt werden können.

Aus unserem Leben sind Transistorempfänger nicht mehr wegzudenken. Bequem und handlich sind sie, die ständigen Begleiter der Touristen. Aber welch ein Unglück, wenn aus dem kleinen Plasteschächtelchen anstelle der bezaubernden Musik ein heiseres Röcheln und Pfeifen ertönt. Woran liegt das? Schuld daran sind in diesem Fall die Transistoren. Der Prozeß ihrer industriellen Herstellung ist schwierig und mühselig, besonders wenn es sich um das Herz des Transistors, eine Legierung des Germaniums, handelt. Hier ist äußerste Genauigkeit im Hinblick auf den Zusatz von Spuren anderer Elemente in der Größenordnung von 0,001 Prozent notwendig. Wenn diese »Dotierung« nicht genau gelingt, erhalten wir das obengenannte Resultat. Aber vor nicht allzulanger Zeit stellten die Wissenschaftler fest, daß der Transistor nicht so anfällig ist, wenn man ihm etwas Nickel zusetzt. Auf diesem Wege kann man viele wichtige Eigenschaften von Halbleitergeräten regulieren.

Sehr bekannt wurde Nickel auch durch seine Fähigkeit, andere Metalle vor der Oxydation zu schützen. Das Vernickeln verleiht den Teilen nicht nur Schutz gegen Korrosion, sondern gibt ihnen auch ein angenehmes Aussehen. Den freundlichen Glanz von Kasserollen, Kaffeemaschinen und Samowaren verdanken wir auch dem Nickel, das in dünner Schicht die Oberflächen vieler Gegenstände des Alltags bedeckt. Die ersten Versuche, Nickel als Überzug zu verwenden, wurden 1842 von dem deutschen Forscher R. Böttger durchgeführt. Es gelang ihm jedoch nicht, sein Ziel zu erreichen, weil das Nickel, über das man zur damaligen Zeit verfügte, fremde Beimengungen enthielt, die auf galvanischem Wege mit in die Schicht eingebracht wurden. Heute werden sehr viele Gegenstände aus Eisen oder Stahl durch dünne Nickelschichten zuverlässig vor Korrosion bewahrt.

Von den Verbindungen des Nickels hat auch das Oxid große Bedeutung. Es wird für die Herstellung basischer Eisen-Nickel-Akkumulatoren verwendet. Sie übertreffen die Blei-Akkumulatoren nicht in der Leistung, sind aber vorteilhafter im Hinblick auf ihre Masse, auf ihre längere Haltbarkeit und die einfachere Wartung.

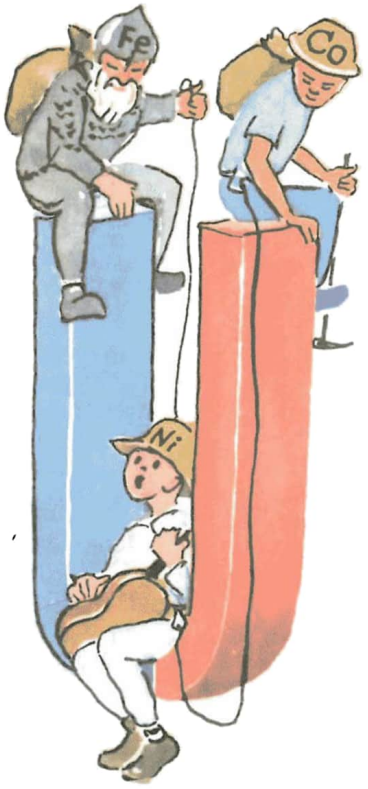
Vor Jahren konstruierte eine amerikanische Firma einen leichten Rasierapparat mit Spezialantrieb. Drei Nickel-Kadmium-Batterien dienen als Energiequelle. Wie die amerikanische Presse versichert, ist die Raumfahrt an der Neuentwicklung interessiert. Es wurde vorgeschlagen, daß die Astronauten diesen Rasierapparat auf ihre Expedition zum Mond mitnehmen sollten!

Lange Zeit konnten die Ärzte nicht hinter die Ursachen allergischer Erkrankungen

kommen, deren Zahl in der letzten Zeit überall in der Welt anwächst. Erst kürzlich stellten Moldauer Mediziner fest, daß im Blut von Kranken, die an Asthma und Schnupfen leiden, das Mehrfache an Nikkel und Blei enthalten ist als im Blut gesunder Menschen. Der Gehalt an anderen Mikroelementen ist ungefähr gleich. Diese interessante Entdeckung wird den Ärzten helfen, den Mechanismus der Entstehung allergischer Krankheiten zu erkennen. Darüber hinaus wird sie ihnen die Diagnose erleichtern und die Anwendung neuer Heilverfahren ermöglichen.

Im Periodensystem der Elemente liegt das Nickel in einer Reihe mit Eisen und Kobalt. In vielem einander ähnlich, bilden diese Elemente eine sogenannte Triade. Interessant ist, daß von den 104 derzeitig bekannten Elementen unter normalen Bedingungen nur die Eisentriade ferromagnetische Eigenschaften hat. Diese »Cliquenwirtschaft« bereitet den Metallurgen manche Sorgen. So ist zum Beispiel die Trennung von Nickel und Kobalt eine schwierige Aufgabe. Auch Kupfer, der andere Nachbar des Nickels im Periodischen System, trennt sich nur ungern von ihm. Auch in der Natur treten Kobalt, Kupfer und Nikkel zusammen auf. Die Trennung dieser Elemente ist ein schwieriger, mehrstufiger Prozeß. Nickel ist deshalb eines der teuersten und nur in begrenztem Umfang verfügbaren industriellen Metalle.

In der Erdrinde sind 0,008 Prozent Nickel enthalten. Das ist nicht wenig. Die gesamte Menge wird ungefähr auf 10^{15} Tonnen geschätzt. Nehmen wir an, jemand käme auf die Idee, unseren Planeten zu vernikkeln. Würden unsere Nickelvorräte dafür reichen? Eine einfache Rechnung zeigt,



daß sie nicht nur ausreichen würden, sondern daß damit etwa 20 000 solcher »Kügelchen« vernickelt werden könnten. Die Erdrinde ist aber nur eine dünne Schale, unter der sich eine weitaus größere feste Schicht befindet, deren Nickelgehalt beträchtlich höher ist.

Im Hinblick auf erkundete Nickelvorräte steht die Sowjetunion an erster Stelle in der Welt. In einigen Fällen sind die Geologen bei ihren Erkundungen mit Hilfe von Hunden auf Bodenschätze gestoßen. Schon vor einigen Jahren führten die Forscher des Geologischen Instituts der karelischen Filiale der Akademie der Wissenschaften der UdSSR erfolgreiche Experimente mit vierbeinigen Erzsuchern durch. Zwei Spürhunde, ein Foxterrier und ein Spaniel, reagierten wie feinfühlige Geräte auf Eisen- und Kupfererze, die in der Tiefe von einigen Metern lagen. Heute arbeiten Sews, Irbit, Dik und Pirat bei geologischen Erkundungen mit, um die genauen Plätze für die Bohrungen festzulegen. In letzter Zeit setzten einige Forscher auch Hunde für die Suche von Nickelerz ein. »Sind das nicht recht primitive Verfahren für das 20. Jahrhundert?« werden manche der Leser denken. Urteilen wir nicht zu voreilig. Unter den Bedingungen der nördlichen Sümpfe ist die geologische Erkundung sehr schwierig und aufwendig. Die vierbeinigen Freunde haben einen viel größeren Aktionsradius und können an Orte vordringen, die für den Menschen nicht erreichbar sind.

Unter den kapitalistischen Ländern steht in der Förderung von Nickelerz Kanada an erster Stelle. Vor nicht allzulanger Zeit wurde in der Nähe des Ontariosees, wo sich eine der größten kanadischen Lagerstätten befindet, die vielleicht größte industrielle Sprengung der letzten Jahre durchgeführt. Die Vorbereitung dafür dauerte mehrere Jahre. In den Felsen wurden 17 000 Bohrlöcher mit einer Gesamtlänge von einigen Dutzend Kilometern gebohrt. Die eingesetzte Menge an Explosivstoff erforderte einen Eisenbahnzug mit 30 Waggons! Die »Mammutexplosion«, wie sie die Kanadier nannten, jagte 0,5 Millionen Tonnen Felsgestein und 3,5 Millionen Tonnen Nickelerz in die Luft.

Im Gegensatz zur Erde, wo man das Nickel nur in Verbindung mit anderen Elementen antrifft, verfügen viele Himmelskörper über reines Nickel. Wenn wir einen Stern vom Himmel holen könnten, würden wir in ihm das Nickelisotop Ni 80 finden (auf der Erde existiert dieses Element in Form von fünf leichteren Isotopen). Die Dichte des Erdnickels beträgt 8,9 g/cm³. In den Sternen, wo die Dichte der Materie sehr hoch ist, wiegt ein Kubikzentimeter Nickel einige Tonnen!

In ziemlich großen Mengen fällt kosmisches Nickel auf unsere Erde. Sowjetische Wissenschaftler schätzen, daß jährlich auf einen Quadratkilometer der Erdoberfläche 250 Gramm Nickel in Form von Meteoriten gelangen. Nach letzten Feststellungen mit Hilfe von Sputniks nimmt die Erdatmosphäre jährlich 100 000 Tonnen interplanetaren Staub auf. Dies geschieht besonders in der Zeit des »Meteoritenregens«.

Unsere Erzählung über Nickel, das den Namen des Berggeistes trägt, geht zu Ende. Es kann sein, daß irgendwann die Gerechtigkeit triumphiert und Nickel »guter Geist« genannt wird. Aber was bedeutet schon der Name, den ein Metall trägt? Hauptsache ist, daß es den Menschen großen Nutzen bringt.

Das älteste und verdienstvollste – Kupfer

Cu

Die Schätze des grauen Ural · Das Erbe der Neandertaler · »Die glorreichen 7« · Die Steinzeit wird abgelöst · Zum Bau der Cheopspyramide · Das beste Geschenk für Frauen · Die Alchimistenpriester Das Siegesschild des Achill · Das Weltwunder in den Schrott? · Die Bar im Kopf · »Nimm Schafskäse ...« · Grüne Ringe unter den Augen · »Kanonenhütte« · Die Geistlichen trennen sich von den Glocken · »Kupferaufruhr« · Karpfen müssen behütet werden · Zwerge bei der Arbeit

Unzählige Schätze wunderschöner Edelsteine birgt der alte Ural in seinem Inneren. Aber wahrscheinlich sind mit keinem so viele Legenden und Märchen verbunden wie mit Malachit. Unter den goldenen Händen kunstfertiger Steinschleifer haben sich schon unzählige dieser wunderbaren grünen Steine mit ihren unnachahmlichen Ornamenten in herrliche Kunstgegenstände verwandelt. Von alters her waren sie ein begehrter Artikel für russische und ausländische Kaufleute.

Vielleicht weiß nicht jeder, daß Malachit ein Kupfermineral ist, ein Mineral des Metalls, mit dem die Geschichte der Zivilisation untrennbar verbunden ist.

Erinnern wir uns an das schreckliche Bild, das Akademiemitglied A. E. Fersman entwarf, um zu zeigen, was geschehen würde, wenn die Menschheit kein Eisen mehr besäße. Und was würde geschehen, wenn es morgen kein Kupfer mehr gäbe? In der Tat, Kupfer ist neben Eisen eines der wichtigsten Metalle. Es begleitet den Menschen auf Schritt und Tritt. Im Hinblick auf die Weltproduktion und auf den Verbrauch nimmt Kupfer unter den Metallen beständig den dritten Platz ein. Es wird nur von Eisen und Aluminium übertroffen. Dennoch scheint es, daß wir einen Rückgang des Kupfers erleben werden; denn das 20. Jahrhundert verwöhnte die Menschheit mit verschiedenen Metallen, die sich durch die erstaunlichsten und vielfältigsten Eigenschaften auszeichnen. Unseren in Höhlen lebenden Vorfahren wäre es allerdings ohne das Kupfer schlecht ergangen. Für sie war es das einzige erreichbare Metall, woraus sie haltbare Waffen, Arbeitsgeräte und Gebrauchsgegenstände herstellen konnten. Zu ihrer Verfügung standen natürlich noch andere Materialien, wie beispielsweise Stein, aber sie erkannten schon früh, wie sehr Werkzeuge aus Stein denen aus Metall unterlegen waren. Die Verwendung von Steinwerkzeugen und -waffen ist kennzeichnend für die ältesten Zeiten der Menschheitsgeschichte. Solche Gegenstände sind beispielsweise als Hinterlassenschaft der Neandertaler in den ethnographischen Museen zu sehen.

Kupfer gehört zusammen mit Gold, Silber, Eisen, Zinn, Blei und Quecksilber zu den »glorreichen 7«, das heißt zu denjenigen Metallen, die bereits den Menschen im Altertum bekannt waren. Man kann annehmen, daß die Bekanntschaft des Menschen mit dem Kupfer ungefähr 10 Jahrtausende zurückreicht. Freilich war sie am

Anfang nur recht lose, aber nach zwei bis drei Jahrtausenden, einem verhältnismäßig kurzen Zeitraum in der Geschichte, nahm Kupfer einen festen Platz im Leben der Menschen ein und verdrängte den Stein als Werkstoff. Das Steinzeitalter wurde vom Zeitalter des Kupfers abgelöst.

Warum war Kupfer das erste Metall, das in die Hände des Menschen kam? Warum spielt es eine solch wichtige Rolle in der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft? Aus der Familie der prähistorischen Metalle kommen auf der Erde nur drei, Gold, Silber und Kupfer, in gediegenem Zustand, das heißt in Form von Metallstükken vor. Diese Metallklumpen sind manchmal sehr groß. Das größte Stück gediegenen Kupfers wog 420 Tonnen. Gold und Silber gelangten viel seltener in die Hände unserer Vorfahren, sie wurden deshalb als Kostbarkeiten gehütet.

Kupfer ist in der Natur weit verbreitet. Es läßt sich gut schmieden und vergleichsweise leicht bearbeiten. Vor allem deshalb bevorzugte der Mensch das Kupfer als Material für seine Waffen und Werkzeuge. Obwohl es im Vergleich zu Stein weniger hart ist, war es für diese Verwendung günstiger, denn ein stumpf gewordenes Werkzeug aus Kupfer konnte man wieder anschleifen und wieder verwenden.

Im dritten Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung wurde in Ägypten eines der sieben Weltwunder errichtet, die Cheopspyramide. Dieses berühmte Grabmal des Pharao ist aus 2 300 000 Steinblöcken zusammengesetzt. Jeder dieser Steine wiegt 2,5 Tonnen, und wahrscheinlich wurden alle mit kupfernen Werkzeugen gewonnen und bearbeitet.

Nach und nach lernte der Mensch, Kupfer aus Erzen zu erzeugen. Besonders bekannt waren die Kupfergruben auf der Insel Zypern. »Cuprum« ist deshalb der lateinische Name für Kupfer. Die russische Bezeichnung »Med« geht nach Meinung einiger Forscher auf das Wort »Smita« zurück. Das war bei den alten Völkern, die den europäischen Teil Rußlands besiedelten, die allgemeine Bezeichnung für Metall.

Von besonderer Bedeutung für die gesellschaftliche Entwicklung wurde die Entdekkung der Bronze, einer Legierung aus Kupfer und Zinn. Das »Zeitalter des Kupfers« wurde durch die Bronzezeit abgelöst, die eine entscheidende Epoche in der Entwicklung der Weltkultur auf unserem Planeten darstellt. Lange Zeit fertigte man aus Bronze nur Luxusgegenstände und Schmuck. So wies eine Reklame im alten Ägypten darauf hin, daß ein Bronzespiegel das beste Geschenk für eine Frau sei.

Das Wort Bronze geht auf die italienische Stadt Brindisi am Ufer des adriatischen Meeres zurück. Diese Hafenstadt war berühmt durch ihren Kupferhandel.
Die Ägypter waren wahrscheinlich die ersten Alchimisten in der Geschichte der Wissenschaft. Eine alte, in einem Grabmal gefundene Handschrift enthält das Geheimnis der »Erzeugung von Gold aus Kupfer«. Danach mußte man dem Kupfer lediglich Zink zugeben, um Gold zu machen. Die Legierung dieser beiden Elemente, das Messing, sieht tatsächlich dem Gold ähnlich. Das vermeintliche Gold war aber mit einem Mangel behaftet. Auf seiner Oberfläche erschien ein grüner »Ausschlag« (im Unterschied zum Gold unterliegt Messing der Korrosion). Um diese Krankheit zu beseitigen, war es nach Meinung der Priester notwendig, eifrig zu beten sowie zuverlässige Beschwörungen zu beherrschen.
Kupfer und Bronze waren nicht nur den alten Ägyptern, sondern auch den Indern, Assyrern, Römern und Griechen bekannt. Homer beschrieb in seiner Ilias, wie der antike Gott der Schmiede, Hephaistos, aus Kupfer den Siegesschild des trojanischen Helden Achill schmiedete.
Schon in alter Zeit waren Kupfer und Bronze als Material für die bildende Kunst geschätzt. Bereits im 5. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung hat man Bronzestatuen gegossen. Einige von ihnen hatten gigantische Ausmaße. Am Anfang des 3. Jahrhunderts vor unserer Zeitrechnung wurde beispielsweise der Koloß von Rhodos geschaffen. Er war eine Sehenswürdigkeit der alten Hafenstadt Rhodos an der Küste des Ägäischen Meeres, eine 32 Meter hohe Statue des Sonnengottes Helios, die zu den sieben Weltwundern zählte. Sie erhob sich als gewaltiger Bogen über dem Eingang zum Innenhafen. Auch große Schiffe konnten mit vollen Segeln die Einfahrt passieren. Leider existierte das großartige Werk des antiken Bildhauers Chares nur wenig mehr als ein halbes Jahrhundert. Bei einem Erdbeben wurde die Statue zerstört und später als Metallschrott nach Syrien verkauft. Man sagt, die Behörden von Rhodos hätten die Absicht, dieses Weltwunder in ihrem Hafen als Touristenattraktion wieder aufzubauen. Die Auferstehung des Koloß von Rhodos wird jedoch in Aluminium erfolgen. Im Kopf des Giganten wird sich – wie im Projekt verzeichnet – eine Bar befinden.
Große Meister im Bronzeguß waren die Japaner. Eine riesengroße Buddhafigur im Tempel zu Todaiji, die im 8. Jahrhundert geschaffen wurde, wiegt mehr als 400 Tonnen. Eine solche Statue zu gießen, erforderte wahre Meisterschaft.
Bis in unsere Zeit blieben einmalige Skulpturen aus Bronze erhalten, die vor vielen Jahrhunderten geschaffen wurden: »Mark Aurel«, »der Diskuswerfer«, »der schlafende Satyr« und andere. Alle zeugen davon, daß in der Kunst der alten Welt die Bronze eine wichtige Rolle spielte. Und auch später war diese Legierung ein wichtiges Material der Bildhauer. Erinnern wir uns nur an den berühmten kupfernen Reiter, das unsterbliche Werk des Franzosen E. M. Falconet!
Seit sehr langer Zeit sind neben dem Kupfer und seinen Legierungen auch Verbindungen dieses Elements bekannt. Der englische Chemiker H. Davy fand bei Untersuchungen einer hellgrünen Farbe auf alten Fresken Kupferazetat, bekannt unter der

Bezeichnung »Grünspan«. Ein altes russisches Rezept für seine Herstellung lautete folgendermaßen: Nimm Schafskäse, gesäuerten Met, bringe beides in ein Kupfergefäß und fülle Kupferpulver dazu. Dann verschließe den teigigen Brei mit einem Deckel und stelle das Gemisch zwei Wochen auf den Ofen. Das war alles! Grünspan wurde auch in den Malereien der Thermen des römischen Imperators Titus und in den Wandmalereien von Pompeji gefunden.

Unter den Waren, mit denen in alter Zeit alexandrinische Kaufleute handelten, war das sogenannte »Kupfergrün« sehr populär. Mit Hilfe dieser Farbe malten sich die modischen Damen grüne Ringe unter die Augen. Das war damals ein Zeichen guten Geschmacks! Nun, die Geschichte wiederholt sich, und wer weiß, ob nicht morgen eine solche Schminke aufs neue in Mode kommt.

Auf dem Territorium der Sowjetunion begann der Kupferbergbau etwa zwei Jahrtausende vor unserer Zeitrechnung. Bei Ausgrabungen im Kaukasus, in Sibirien und im Altai wurden Kupfermesser, Schilde, Pfeilspitzen, Bronzehelme und andere Gegenstände gefunden, die dem 8. bis 6. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung angehören. Die ersten Versuche zur industriellen Erschmelzung von Kupfer fallen in den Anfang des 13. Jahrhunderts, als im Norden des Landes, ungefähr im Gebiet des heutigen Archangelsk, Kupferlagerstätten entdeckt wurden.

Zu Beginn des 16. Jahrhunderts wurden in Moskau in sogenannten »Kanonenhütten« und »Kanonenhöfen« bronzene Waffen verschiedener Kaliber gegossen. Im Waffenguß erreichten die russischen Meister große Fertigkeiten. Meisterwerke der Gießkunst jener Tage waren die 40-t-Zarenkanone, die im Jahre 1586 von A. Tschochow aus Bronze gegossen wurde, und die bronzene Zarenglocke mit einem Gewicht von mehr als 200 Tonnen, die beide im Moskauer Kreml zu bewundern sind. Letztere wurde 1735 von den Glockengießern Vater & Sohn Matorin gegossen und war für den Glockenturm Iwans des Großen bestimmt. Dieses hochragende Denkmal der Architektur des 16. Jahrhunderts ist übrigens mit vergoldeten Blechen aus reinem Kupfer bedeckt.

Während der Rekonstruktion der Basilius-Kathedrale in Moskau wurde die Eisenkuppel durch eine völlig gleiche Kuppel aus Kupfer ersetzt. Dieser Wechsel war erforderlich geworden, weil sich das Mikroklima in der Hauptstadt inzwischen geändert hatte, so daß die eiserne Kuppel langsam durchrostete.

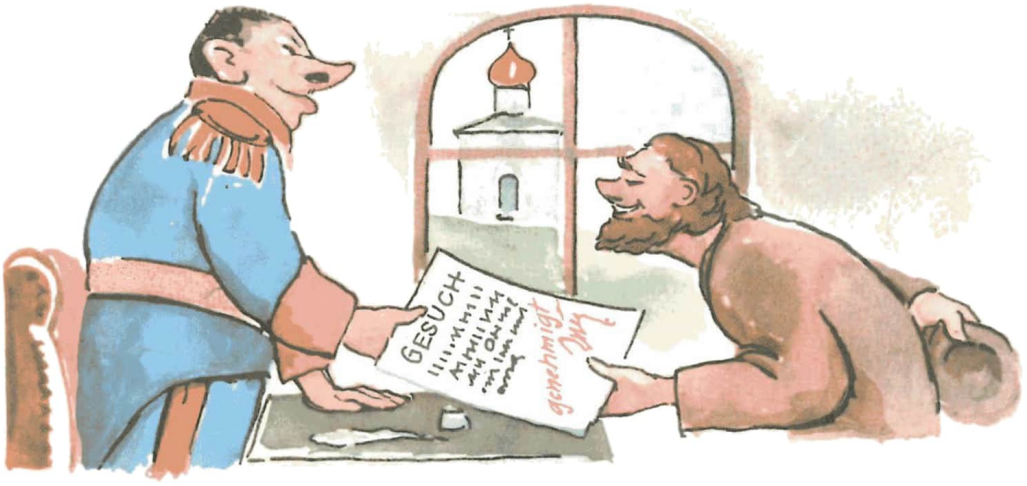
Rußland litt unter beständigem Kupfermangel. Besonders deutlich wurde dies im Krieg gegen Schweden. In diesem Zusammenhang ist es interessant festzustellen, daß Rußland im Laufe des gesamten Krieges Kupfer und Eisen aus Schweden erhielt.

In der Schlacht bei Narwa im Jahre 1700 bereiteten die Schweden den russischen Streitkräften eine schwere Niederlage. Peter I. erkannte, daß er vor allem eine starke Artillerie benötigte. Deshalb befahl er, in den Kirchen die Bronzeglocken und andere Kupferteile zu requirieren. Trotz des Widerstands der Geistlichen verwendete der Zar die sämtliche Bronze für den Krieg. Die Schlacht bei Poltawa gab Peter I. recht. Die schwedischen Streitkräfte, die nur über vier Geschütze verfügten, wurden

im Feuer der 72 russischen Bronzekanonen vernichtet. Die Niederlage der Schweden hatte außerordentliche Bedeutung für die weitere Entwicklung der russischen Wirtschaft.

Nach dem Sieg von Poltawa setzte Peter I. seine Reformen fort. Um den Binnenhandel zu beleben, war ein Münzmetall notwendig, das billiger war als Silber, trotzdem aber als Valutametall für den Außenhandel dienen konnte. Und wieder mußten die Glocken herhalten. Diesmal wurden sie nicht zu Kanonen umgegossen, sondern zu Kupfergeld verarbeitet.

In den folgenden Jahren entwickelte sich die Kupferproduktion in Rußland beständig weiter. Es entstanden viele Kupferhütten im Ural und im Altai. Am Ende des 19. Jahrhunderts wurde auch im Kaukasus und in Kasachstan Kupfer erschmolzen, und im hohen Norden (im früheren Gouvernement Jenissei) entstand eine Kupfermetallurgie. Aus der Zeit des Aufbaues dieser Hütten stammt eine interessante Geschichte. Es war schon länger bekannt, daß es auf Taimir Kupfererze gab. Der Bau einer Kupferschmelzhütte war aber wegen der teueren Baumaterialien, insbesondere der Ziegelsteine, sehr schwierig. Aus diesem Grunde dachte sich 1863 der Kaufmann Kiprian Sotnikow einen geschickten Trick aus. Er bat den Gouverneur um die Genehmigung zum Bau einer Holzkirche im Dorf Dudinka. Es war klar, daß der Gouverneur dem »Diener Gottes« diese heilige Bitte nicht abschlagen konnte. Der Kaufmann erhielt die entsprechende Genehmigung. Der Spaß war nun folgender: Die Kanzlei des Gouverneurs wußte nicht, daß in Dudinka bereits eine Kirche aus Stein existierte. Der unternehmungslu-



stige Kaufmann ließ schnell eine Holzkirche bauen und die Kirche aus Stein abreißen. Auf solch schlaue Art beschaffte er sich das Steinmaterial für den Bau eines Kupferschachtofens. Dieser war der »Urgroßvater« des gigantischen buntmetallurgischen Kombinats in Norilsk, das kurz vor dem Großen Vaterländischen Krieg in Betrieb genommen wurde.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren fast $^3/_4$ der Kupferproduktion Rußlands in der Hand ausländischer Kapitalisten. 1913 wurden lediglich 17 000 Tonnen Raffinadekupfer erzeugt. Diese deckten in keiner Weise den Bedarf des Landes. Im Bürgerkrieg und während der Intervention der Entente ging die Produktion fast auf Null zurück. Viele Kupferhütten wurden zerstört oder stillgelegt. Es gab keine Arbeitskräfte, kein Material und keinen Brennstoff. In diesen schweren Jahren machte ein englischer Industrieller der Sowjetunion ein großzügiges »Hilfsangebot«: Er wollte das zur damaligen Zeit ergiebigste Kupferbergwerk wieder aufbauen, stellte aber unannehmbare Bedingungen. W. I. Lenin erteilte ihm eine kategorische Absage. Die Gier des Engländers nach dem russischen Kupfer war jedoch groß, und er unterbreitete der sowjetischen Regierung einen neuen Vorschlag. Er wollte die Kirgisische Steppe »erkunden«, da sie ja ohnehin in den nächsten 50 bis 100 Jahren nicht erschlossen würde. Aber die Verantwortlichen der sowjetischen Industrie beschlossen, den Wiederaufbau ihrer Industrie selbst in die Hand zu nehmen. Da für die Verwirklichung des Leninschen Planes GOELRO[1]) sehr viel Kupfer notwendig war, wurden die Wiederherstellung der alten und der Aufbau neuer Kupferhütten vordringlich in Angriff genommen. Bereits 1928 (und nicht nach 50 oder 100 Jahren) begann im Gebiet von Balchasch in Kirgisien die zielgerichtete

[1]) Plan zur Elektrifizierung des Landes

geologische Erkundung. Und gerade in diesem Gebiet, auf das es die Engländer abgesehen hatten, fanden die Geologen Kupfer. 1932 begann der Bau von »Kupfermagnitka«, dem Balchaschkier Berg- und Hüttenkombinat. Der Bau fand unter schwierigen Bedingungen statt. Nicht selten waren die einzigen Transportmittel Kamelkarawanen, die Lasten bis zu 400 Kilometer weit transportierten. Aber der Enthusiasmus der Menschen überwand Schwierigkeiten und Entbehrungen. 1938 wurde das erste Kupfer in Balchasch erzeugt.

In den Jahren des ersten Fünfjahrplans und in der nachfolgenden Zeit wurden viele andere Kupferhütten in Betrieb genommen. Heute ist die Kupferindustrie ein führender Zweig der Buntmetallurgie in der UdSSR.

In welchen Bereichen der modernen Technik verwendet man Kupfer? Die wichtigste Eigenschaft des Kupfers ist seine ausgezeichnete Leitfähigkeit für elektrischen Strom und Wärme. Nur Silber hat bessere Werte aufzuweisen, aber dieses Metall ist teuer und kann deshalb nicht in größerem Umfang angewendet werden. Dagegen übertrifft die elektrische Leitfähigkeit des Kupfers die des Eisens um das 5fache, des Aluminiums um das 1,5fache, des Zinks um das 3fache und des Titans um das 30fache. Deshalb bezeichnet man mit Recht Kupfer als das Metall der Elektrotechnik. Kupfer findet man in Elektro- und Fahrzeugmotoren, in Fernsehapparaten, Radioempfängern, komplizierten elektronischen Anlagen und in Metallverarbeitungsmaschinen. Aus Kupfer fertigt man Teile chemischer Apparate, aus Kupferlegierungen Werkzeuge für die Arbeit mit explosionsgefährdeten und leicht entzündbaren Stoffen, bei der es gefährlich ist, den »funkensprühenden« Stahl anzuwenden.

Die Zahl der Kupferlegierungen, die in verschiedenen Zweigen der Industrie verwendet werden, steigt ständig. Wenn vor ungefähr 30 bis 40 Jahren mit Bronze nur Legierungen von Kupfer und Zinn bezeichnet wurden, so sind heute bereits Aluminium-, Blei-, Silizium-, Mangan-, Beryllium- und Kadmiumbronzen bekannt. Aus Aluminiumbronze, einer Legierung des Kupfers mit ungefähr 5 Prozent Aluminium, stellt man beispielsweise Münzen her.

Kupfermünzen wurden in Rußland erstmalig in der Mitte des 17. Jahrhunderts eingeführt. Dieses Ereignis rief 1663 in Moskau einen Aufstand hervor, der als »Kupferaufruhr« in die Geschichte eingegangen ist. Unmittelbarer Anlaß für den Aufstand war der Austausch des Silbergeldes gegen das Kupfergeld, wodurch die Preise für Brot und andere Lebensmittel anstiegen. Die Unzufriedenheit des Volkes hatte jedoch auch noch andere Ursachen: der aufreibende und lange andauernde Krieg mit Polen und Schweden, der außerordentliche Mangel an Lebensmitteln infolge häufiger Mißernten und die starke Belastung durch Steuern. Es gelang dem Zaren, den »Kupferaufruhr« niederzuschlagen. Er rechnete grausam mit den Aufständischen ab. Einige hundert Menschen wurden erschlagen, erhängt oder ertränkt, einige tausend in Haft genommen und mehr als 1000 nach Sibirien und Astrachan verbannt.

Eine andere große Gruppe von Legierungen auf Kupferbasis sind die Messinge. Wie bereits erwähnt, enthalten sie Zink als

zweite Hauptkomponente. Der Zusatz anderer Elemente gestattet es, Messinge mit verschiedenartigen Eigenschaften herzustellen.

In der letzten Zeit wurde Kupfer aus einigen Anwendungsgebieten durch andere Metalle, vor allem durch Aluminium, verdrängt. In vielen Ländern wurde das Kupfer in den Hochspannungsleitungen durch Aluminium ersetzt. Man erwartet, daß in den nächsten Jahren vor allem die Kunststoffe mit dem Kupfer konkurrieren werden. Die Tendenz, für Kupfer Ersatz zu finden, kann vielfach damit erklärt werden, daß es nicht in genügendem Umfang zur Verfügung steht. Deshalb wird in der Sowjetunion der Erkundung neuer Lagerstätten besondere Aufmerksamkeit gewidmet. In den letzten Jahren waren hervorragende Erfolge zu verzeichnen.

Aus dem Wirkungsbereich des Kupfers verdient noch ein Gebiet besondere Aufmerksamkeit. Kupfer gehört zu den sogenannten Bioelementen, die für die normale Entwicklung pflanzlicher und tierischer Organismen notwendig sind. Es wirkt als Beschleuniger chemischer Prozesse im Inneren der Zelle. Enthalten die pflanzlichen Gewebe kein oder zu wenig Kupfer, verringert sich der Gehalt an Chlorophyll. Das Laub der Pflanze wird welk; sie wird unfruchtbar und verkümmert. Nicht zufällig wird Kupfervitriol in weitem Umfang in der Landwirtschaft verwendet. Von den Vertretern der Tierwelt enthalten Achtfüßler, Tintenfische, Austern und andere Weichtiere die größte Kupfermenge. Auch im Blut der Krebstiere und Kopffüßler ist Kupfer zu finden, und zwar im Atmungspigment, dem Hämocyanin (0,33 bis 0,38 %). Es spielt dort dieselbe Rolle wie Eisen im Blut der anderen Lebewesen. Indem es sich mit dem Sauerstoff der Luft verbindet, wird Hämocyanin blau (deshalb haben Schnecken auch »blaues Blut«). Bei Abgabe des Sauerstoffs an die Gewebe entfärbt es sich wieder. Bei höheren Lebewesen und beim Menschen ist Kupfer hauptsächlich in der Leber enthalten. Der Organismus des Menschen verbraucht täglich etwa 0,005 Gramm dieses Elementes. Befindet sich zu wenig Kupfer in der Nahrung des Menschen, so können sich Anämien entwickeln. Vielleicht schreiben deshalb viele Völker dem Kupfer heilsame Eigenschaften zu. Die Nepalesen zum Beispiel zählen Kupfer zu den Metallen, die die geistige Konzentrationsfähigkeit erhöhen, die Verdauung fördern und Magen-Darm-Krankheiten heilen. Kranken gibt man Wasser aus Gläsern, in denen einige Kupfermünzen liegen. Einer der nepalesischen Haupttempel heißt der »Kupferne«.

Polnische Wissenschaftler stellten fest, daß sich Karpfen in kupferhaltigen Gewässern durch besondere Größe auszeichneten. Sie nehmen an, daß Kupfer den Stoffwechsel fördert. In Teichen oder Seen, in denen kein Kupfer vorhanden ist, entwickeln sich schnell Pilze, die die Karpfen befallen.

Ein Verfahren zur Gewinnung von Kupfer steht in unmittelbarem Zusammenhang mit biologischen Prozessen. Am Anfang unseres Jahrhunderts wurden in den Vereinigten Staaten von Amerika – im Staate Utah – Kupfergruben entdeckt und ausgebeutet. Als die Gruben erschöpft waren, ließ sie der Besitzer unter Wasser setzen. Zwei Jahre später wurden die Gruben wieder leergepumpt. Die Salze des ausgeschöpften Wassers enthielten 12 000 Tonnen Kupfer. Ein

ähnlicher Fall ereignete sich in Mexiko, wo in einer vernachlässigten und aufgegebenen Grube schon nach einem Jahr 10 000 Tonnen Kupfer »ausgeschöpft« werden konnten. Woher kam dieses Kupfer? Die Wissenschaftler fanden die Antwort. Unter der großen Zahl von Bakterien gibt es welche, für die die Schwefelverbindungen des Kupfers einen Leckerbissen darstellen. Da Kupfer in der Natur im allgemeinen mit Schwefel zusammen vorkommt, haben diese Bakterien Interesse für Kupfererze. Die in Wasser unlöslichen Kupfersulfide werden unter Einwirkung der Mikroben oxydiert und in leicht lösliche Verbindungen umgewandelt. Die chemische Oxydation von Chalkopyrit mit nachfolgender Auslaugung von nur 18 Prozent Kupfer dauert 400 Tage. Mit Hilfe von Schwefelbakterien können bereits nach 35 Stunden 80 bis 90 Prozent des Metalls extrahiert werden. Besondere Bedeutung haben die Bakterien für das letzte Stadium der Ausnutzung der Gruben. Die ausgebeuteten Lagerstätten enthalten in der Regel noch 5 bis 20 Prozent Erz. Mit normalen Abbaumethoden aber ist die Gewinnung dieser Reste unökonomisch und manchmal überhaupt nicht möglich. Die Bakterien haben jedoch keine Mühe. Sie sammeln in den Kupferfriedhöfen das restliche Erz und machen es wasserlöslich.

Mikroorganismen können auch für die Aufarbeitung von Halden verwendet werden. Neben einer mexikanischen Lagerstätte erhoben sich gewaltige Abraumhalden von ungefähr 40 Millionen Tonnen. Ihr Kupfergehalt war sehr gering (0,2 Prozent). Sie wurden mit Abwasser des Schachtes berieselt, welches danach in unterirdische Reservoire abfloß. Aus jedem Liter dieses Wassers konnten drei Gramm Kupfer gewonnen werden. Bereits nach einem Monat wurden gewissermaßen »aus dem Nichts« 650 Tonnen Metall erzeugt.

Hydrometallurgische Prozesse haben eine große Perspektive. Schon heute ist die unterirdische Auslaugung ein sehr billiges Verfahren zur Erzeugung von Kupfer. Bergleute brauchen nicht unter Tage zu arbeiten, man braucht keine Fabriken für das Rösten und die Anreicherung der Kupfererze zu bauen. Alle diese schwierigen Arbeiten erfüllen Milliarden kleiner, eifriger »Metallurgen«. Gleichsam wie die Zwerge aus dem Märchen sind sie Tag und Nacht unermüdliche Helfer der Menschen bei der Gewinnung des so notwendigen und wertvollen Metalls.

Längst ist das Kupferzeitalter Geschichte, aber der Mensch wird sich noch lange nicht von seinem ältesten Freund unter den Metallen trennen.

»Die Bekleidung der Uranstäbe« – Zirkonium

Zr

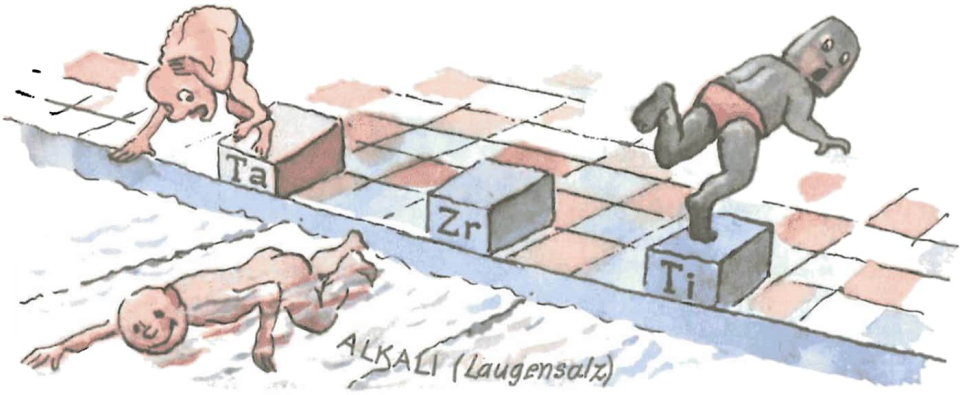
Martin Klapproth teilt eine Entdeckung mit · Der Zwillingsbruder · Verluste in Säure · Keine Angst vor Überhitzung · Auf der Suche nach Anerkennung · Das Schicksal »der Brüder« · Für »Fremde« Zutritt verboten · Der Reaktor des Nautilus · Der Reichtum in den Halden · An den Ufern des Ozeans · Nernstsche Lampe · Was geschieht in Mont Louis? · Kein »Seltenes«

Als im Jahre 1789 der deutsche Chemiker Martin Klapproth, Mitglied der Berliner Akademie der Wissenschaften, eine der Variationen des Minerals Zirkon analysierte, entdeckte er ein neues Element, das er Zirkonium[1]) nannte. Schon in der Epoche Alexanders des Großen von Mazedonien war Zirkon wegen seiner schönen Färbung (golden, orange, rosa) als Edelstein bekannt. Die Bezeichnung des Minerals wird augenscheinlich vom arabischen Wort »Zargun« (golden) abgeleitet. Zirkon (auch Hyazinth genannt) verwendete man im Altertum nicht nur als Schmuck, sondern auch als Amulett, welches »das Herz anregt, Kummer und Sorgen vertreibt, Verstand und Ehre mehrt«.

In freier Form wurde Zirkonium erstmalig von dem schwedischen Chemiker J. J. Berzelius 1824 hergestellt. Zu jener Zeit gelang es aber noch nicht, reines Zirkonium zu erhalten. Die physikalischen Eigenschaften dieses Elements waren deshalb noch nicht bekannt. Wie viele andere wertvolle Metalle konnte auch Zirkonium anfangs keine geeignete »Beschäftigung« finden. Erst zu Beginn unseres Jahrhunderts gelang es den Forschern, von Verunreinigungen weitgehend freies Zirkonium zu erhalten und seine Eigenschaften sorgfältig zu erforschen. Es zeigte sich, daß Zirkonium einen ständigen Begleiter hat, das Hafnium, das sich mehr als 130 Jahre hinter dem Rücken seines »Bruders« vor den Chemikern versteckt hatte. Die Erklärung hierfür liegt in der Ähnlichkeit ihrer wesentlichsten chemischen Eigenschaften.

Reines Zirkonium ist äußerlich dem Eisen ähnlich, hat aber eine größere Festigkeit und hohe Plastizität. Besonders hervorzuheben ist seine außerordentliche Widerstandsfähigkeit gegen viele aggressive Medien. In dieser Hinsicht übertrifft es sogar solch beständige Metalle wie Niob und Titan. Nichtrostender Stahl verliert in 5prozentiger Salzsäure bei 60 Grad Celsius ungefähr 2,6 Millimeter im Jahr, Titan ungefähr einen Millimeter, Zirkonium aber 1000mal weniger. Besonders hoch ist die Beständigkeit von Zirkonium gegen Laugen. In dieser Hinsicht hält nicht einmal Tantal einem Vergleich stand, obwohl dieses Metall mit Recht als der verdienteste Kämpfer gegen die Korrosion bezeichnet werden kann. Dank seiner hohen Korro-

[1]) In der deutschsprachigen metallurgischen Literatur ist für das Metall Zirkonium auch der Kurzname »Zirkon« gebräuchlich. Um Verwechslungen aus dem Wege zu gehen, hält der Übersetzer sich an die amtliche Sprachregelung, wonach der Name Zirkon einem Mineral, Zirkonium dem darin enthaltenen Metall entspricht.



sionsbeständigkeit findet Zirkonium Anwendung in wichtigen Bereichen der Medizin, zum Beispiel der Neurochirurgie. Aus Legierungen des Zirkoniums fertigt man auch chirurgische Instrumente.

Nachdem festgestellt worden war, daß Zusätze von Zirkonium die Eigenschaften des Stahls wesentlich verbessern, erhielt es auch als Legierungselement Bedeutung. Es erhöht die Härte und Festigkeit des Stahls, verbessert gleichzeitig seine Bearbeitbarkeit, die Durchvergütbarkeit und die Schweißbarkeit, es wirkt vorteilhaft auf die Vergießbarkeit des Stahls, vermindert den Gehalt an sulfidischen Einflüssen und verleiht der Struktur Feinkörnigkeit. Baustähle mit Zusatz von Zirkonium weisen eine erhöhte Zunderbeständigkeit auf. So ist beispielsweise bei Stahl der Marke St 55, wenn er 0,16 bis 0,37 Prozent Zirkonium enthält, nach einer dreistündigen Haltedauer bei 820 Grad Celsius der Zunderanfall 6- bis 7mal geringer als bei Stählen, die nicht mit Zirkonium legiert sind.

Zirkonium erhöht auch die Korrosionsbeständigkeit von Baustählen. Wenn zum Beispiel Stahl der Marke 24 Mn 4 nach dreimonatigem Eintauchen in Wasser einen Gewichtsverlust von 16,3 Gramm auf einem Quadratmeter zeigt, so beträgt die »Abmagerung« des gleichen Stahls mit einem Zusatz von 0,19 Prozent Zirkonium nur 7,6 Gramm je Quadratmeter.

Zirkoniumhaltiger Stahl kann ohne Gefahr einer Überhitzung auf hohe Temperaturen erwärmt werden. Dadurch können technologische Prozesse, wie Schmieden, Pressen, die Wärmebehandlung und die Zementation von Stahl, viel intensiver gestaltet werden. Die dichte feinkörnige Struktur und die hohe Festigkeit zirkoniumhaltigen Stahles in Verbindung mit der guten Vergießbarkeit ermöglichen es, Stahlguß mit verringerter Wanddicke herzustellen und zu verwenden. So war es beispielsweise möglich, dünnste Versuchsteile mit einer Wanddicke von zwei Millimetern aus Stahl 40 Cr 4 mit Zirkonium-Zusatz zu gießen. Enthält dieser Stahl kein Zirkonium, sind Wanddicken unter 5 bis 6 Millimetern nicht möglich.

Zirkonium ist ein guter Bundesgenosse für

viele Buntmetalle. Zusätze zu Kupfer erhöhen die Festigkeit, ohne die elektrische Leitfähigkeit wesentlich zu vermindern. Eine hohe Festigkeit und elektrische Leitfähigkeit weisen auch Kupfer-Kadmium-Legierungen mit 0,35 Prozent Zirkonium auf. Der Zusatz von Zirkonium zu Aluminiumlegierungen erhöht merklich deren Festigkeit, Plastizität, Korrosionswiderstand und die Hitzebeständigkeit. Eine Steigerung der Festigkeit um das Doppelte wird durch Zusatz von 0,6 bis 0,7 Prozent Zirkonium bei Magnesium-Zink-Legierungen erreicht. Gegenüber technisch reinem Titan ist der Korrosionswiderstand von Titanlegierungen mit 14 Prozent Zirkonium in 5prozentiger Salzsäure bei 100 Grad Celsius um 70mal höher. 5 Prozent Zirkonium erhöhen die Härte des Molybdäns beträchtlich. Auch manganhaltigem Messing, Aluminium, Nickel und Bleibronzen wird Zirkonium zugesetzt.

Die Rolle, die Zirkonium als Legierungselement spielt, ist wichtig und bedeutungsvoll. Sie entspricht aber keineswegs den besonderen Eigenschaften und Fähigkeiten dieses wertvollen Elements. Seine »höhere Bestimmung« wurde gesucht und gefunden. Doch bevor wir darüber sprechen, besuchen wir noch einmal die Wiege des Zirkoniums, das Laboratorium von Martin Klapproth.

Der deutsche Chemiker Klapproth hatte 1789 nicht nur Zirkonium entdeckt, sondern auch das Element Uran, das in Wissenschaft und Technik des 20. Jahrhunderts eine so wichtige und bedeutende Rolle spielen sollte. Damals konnte weder Klapproth noch sonst jemand vorhersagen, wie sich das Schicksal der beiden »Brüder« gestalten würde. Fast ein halbes Jahrhundert gingen sie verschiedene Wege. Erst in unseren Tagen vereinigten sie sich wieder. Der Zusammenhang von Zirkonium und Uran wurde zunächst nur von Wissenschaftlern und Ingenieuren erkannt, die auf dem Gebiet der Kerntechnik arbeiteten. Dort ist, wie bekannt, »Fremden« der Zutritt verboten. Das Zusammentreffen der beiden Elemente fand in den Atomreaktoren statt, wo das Uran als Kernbrennstoff und Zirkonium als Hülle für die Uranstäbe verwendet wird. Um der Genauigkeit willen sei bemerkt, daß schon einige Jahre vorher amerikanische Forscher versuchten, Zirkonium als Material für die Kernreaktoren des Atomuntersee-

bootes »Nautilus« zu verwenden. Es wurde jedoch bald klar, daß es vorteilhafter ist, nicht die stationären Teile der aktiven Zone des Reaktors, sondern die Hülle der Brennstoffelemente aus Zirkonium anzufertigen. Die Wahl fiel nicht zufällig auf Zirkonium: Die Physiker wußten seit langem, daß es zum Unterschied von anderen Metallen für Neutronen durchlässig ist. Diese Eigenschaft aber muß ein Metall aufweisen, wenn es als Hülle für die Uranstäbe dienen soll. Es muß jedoch ergänzt werden, daß auch einige andere Metalle, zum Beispiel Magnesium, Aluminium und Zinn, ähnliche Eigenschaften aufweisen; im Vergleich zum Zirkonium haben sie aber einen niedrigeren Schmelzpunkt und sind nicht warmfest. Zirkonium schmilzt erst bei 1850 Grad Celsius und ist der thermischen Belastung in der Kerntechnik vollkommen gewachsen.

Zirkonium hat jedoch auch eine Schwäche, die seine Verwendung in der Kerntechnik gefährden könnte. Nur Zirkonium mit hoher Reinheit ist für Neutronen durchlässig. Meistens tritt es aber in Verbindung mit Hafnium auf. Dieses Metall könnte sogar wegen seiner chemischen Eigenschaften als Zwillingsbruder des Zirkoniums bezeichnet werden. Sein Verhalten zu den Neutronen ist aber völlig gegensätzlich. Hafnium verschlingt sie gierig (etwa 500- bis 600mal mehr als Zirkonium). Deshalb können schon homöopathisch kleine Dosen die Neutronendurchlässigkeit des Zirkoniums einschränken oder verhindern. Heute gibt es für die sogenannte »Reaktorreinheit« technische Festlegungen. Zirkonium darf nicht mehr als 0,02 Prozent Hafnium enthalten. Aber auch solche »Krümel« haben noch großen Einfluß auf die Neutronendurchlässigkeit; gegenüber reinem Zirkonium wird sie um das 6,5fache verringert.

Da die beiden Metalle in der Natur im allgemeinen zusammen vorkommen, ist die Erzeugung von hafniumfreiem Zirkonium eine außerordentlich schwierige Aufgabe. Dennoch nahmen sich Chemiker und Metallurgen dieses Problems an, da die Kerntechnik Zirkonium als Konstruktionsmaterial unbedingt benötigt. Als diese Aufgabe gelöst war, stand ein neues Problem auf der Tagesordnung. Es mußte erreicht werden, daß beim Schweißen von Konstruktionen aus reinstem Zirkonium keine Fremdatome in das Metall gelangen, da diese für den Durchgang der Neutronen wiederum Hindernisse darstellen würden.

Außerdem mußte das Schweißen so durchgeführt werden, daß die Gleichmäßigkeit des Metalls nicht gestört wird, das heißt, die Schweißnaht mußte dieselben Eigenschaften haben wie das geschweißte Material. Dies gelang mit Hilfe der Elektronenstrahlen. Reinheit und Genauigkeit des Elektronenstrahlschweißens erlaubten es, die Uranstäbe mit Zirkonium zu »bekleiden«. Mit dieser Entwicklung war ein schnelles Ansteigen der Produktion dieses Metalls verbunden. Im Zeitraum von 1949 bis 1959 stieg die Weltproduktion an Zirkonium um das 1000fache. Für die Gewinnung wurden auch die großen Halden von Zirkonsand genutzt, die früher als Abfallprodukte bei der Gewinnung anderer Bodenschätze anfielen. So wurden beispielsweise in Kalifornien bei der Goldwäsche große Mengen zirkonhaltigen Materials zu Tage gefördert, die aber wegen der mangelnden Nachfrage auf die Halde gefahren wurden.

An der Küste des Staates Oregon wurde während des Krieges Chromit abgebaut. Das dabei gleichzeitig anfallende zirkonhaltige Taubgestein war für die Industrie nicht interessant und blieb deshalb vor Ort. Doch bald nach dem Krieg begann der Zirkoniumboom, und diese Halden wurden »fette Bissen«. Heute werden große Lagerstätten dieses wertvollen Elements in den Vereinigten Staaten von Amerika, Australien, Brasilien, Indien und einigen Ländern Südafrikas ausgebeutet. Ausgezeichnete Zirkoniumerze sind oft Ufersande. Über eine Länge von 150 Kilometern erstreckt sich eine solche Lagerstätte an der Küste Australiens. Auch die Sowjetunion verfügt über große Vorkommen an Zirkoniumerz.

Der Bedarf an Zirkonium wächst von Jahr zu Jahr, weil für dieses Metall immer wieder neue Einsatzmöglichkeiten gefunden werden. Seine Eigenschaft, im erwärmten

Zustand begierig Gase aufzunehmen, wird in der Elektrovakuumtechnik und in der Radiotechnik genutzt. Aus Gemischen von metallischem Zirkoniumpulver und brennbaren Verbindungen stellt man Leuchtraketen her, die eine große Lichtausbeute haben.

Zirkoniumfolien ergeben bei der Verbrennung 1,5mal mehr Licht als Aluminiumfolie. Sie verbrauchen dabei dieselbe Sauerstoffmenge. Zirkonium»blitze« sind dann besonders bequem, wenn man nur wenig Platz zur Verfügung hat. Sie lassen sich in einem Fingerhut unterbringen. Regenmäntel erhalten ihre gute Imprägnierung durch Zirkoniumsalze, die in der Imprägnierungsemulsion enthalten sind. Für die Herstellung von typographischen Farben, speziellen Lacken und plastischen Massen werden ebenfalls Zirkoniumsalze verwendet. Verbindungen des Zirkoniums dienen als Katalysatoren bei der Produktion von hochoktanhaltigem Motortreibstoff. Die Verbindungen dieses Elements mit der Schwefelsäure sind bekannt wegen ihrer ausgezeichneten Gerbeigenschaften.

Eine äußerst interessante Anwendung wurde für Zirkoniumtetrachlorid bekannt. Die elektrische Leitfähigkeit von Platten aus diesem Stoff ändert sich in Abhängigkeit von dem auf sie wirkenden Druck. Diese Eigenschaft wird bei der Konstruktion von Universalmanometern, Geräten zur Messung der Druckänderung, ausgenutzt. Bei geringen Druckänderungen ändert sich die Stromstärke im Meßkreis des Instruments, das in Druckeinheiten geeicht ist. Diese Manometer sind universell anwendbar. Mit ihrer Hilfe kann man Drücke von einigen hundertstel bis zu mehreren tausend Atmosphären messen.

Für viele Geräte der Radiotechnik – Ultraschallgeneratoren, Frequenzstabilisatoren und andere – sind Piezokristalle notwendig. In manchen Fällen müssen sie bei erhöhter Temperatur arbeiten. Unter diesem Gesichtspunkt beanspruchen Kristalle von Bleizirkonat ohne Zweifel besonderes Interesse, da sich ihre piezoelektrischen Eigenschaften bei Temperaturen bis 300 Grad Celsius nicht ändern. Wenn man über Zirkonium spricht, darf man Zirkoniumoxid nicht vergessen. Diese Verbindung ist einer der feuerfestesten Stoffe in der Natur. Sein Schmelzpunkt liegt ungefähr bei 2700 Grad Celsius. Zirkoniumdioxid wird in weitem Umfang für hochfeuerbeständige Teile, hitzebeständiges Email und schwerschmelzendes Glas verwendet. Ein noch feuerfesteres Material ist das Zirkoniumborid. Daraus werden Schutzrohre für Thermopaare hergestellt, die 10 bis 15 Stunden ununterbrochen in Roheisen eintauchen können und im flüssigen Stahl 2 bis 3 Stunden lang haltbar sind (Quarzröhrchen überstehen nur eine oder zwei Eintauchungen, die nicht länger als 20 bis 25 Sekunden dauern dürfen).

Das Zirkoniumdioxid hat eine interessante Eigenschaft. Sehr stark erhitzt, strahlt es so intensives Licht aus, daß man es in der Beleuchtungstechnik verwenden kann. Auf diese Eigenschaften wurde schon am Ende des vergangenen Jahrhunderts der bekannte deutsche Physiker Walter Nernst aufmerksam. In der von ihm konstruierten Lampe, die in die Geschichte der Technik als Nernstsche Lampe eingegangen ist, befand sich ein Glühstab aus Zirkoniumdioxid. Dieser Stoff wird auch heute noch

in Laboratoriumsversuchen als Lichtquelle verwendet.
Französische Forscher verwendeten Zirkoniumdioxid als Ausgangsmaterial für die Herstellung des Metalls mit Hilfe von Sonnenenergie. In Mont Louis, einer im 17. Jahrhundert in den östlichen Pyrenäen erbauten Festung, befindet sich in 1500 Meter Höhe ein Sonnenofen. Er wurde von einer französischen Forschergruppe projektiert und aufgebaut. Auf einem Symposium über die Ausnutzung der Sonnenenergie in Mont Louis wurde den Teilnehmern die Wirkung dieses Ofens vorgeführt. Einer der Teilnehmer des Symposiums berichtete über die Herstellung von »Sonnenzirkonium«: »Langsam, fast unmerklich, bewegte sich eine Plattform mit einer Handvoll weißen Pulvers zum Fokus des großen Parabolspiegels. Als die Plattform den Brennpunkt erreicht hatte, entwickelte sich vor den Augen der Forscher und Ingenieure eine blendend weiße Flamme. Das weiße Pulver war Zirkoniumdioxid. Die darauf konzentrierten Sonnenstrahlen erzeugten eine Temperatur von 3000 Grad Celsius, so daß das Pulver schmolz. Das Auflodern konnte man nur durch ein dunkles Glas beobachten, und kleine, auf der Plattform herumliegende glühende Stücke erinnerten an einen feuerspeienden Vulkan einer entfernten geologischen Ära.«
Ein spezieller Sonnenreflektor, der aus 520 einzelnen Spiegeln besteht und einen Durchmesser von 12 Metern hat, wird mit Hilfe von Fotoelementen automatisch entsprechend dem Stand der Sonne bewegt. Die von ihm zurückgeworfenen Strahlen gelangen auf einen großen Parabolspiegel von 10 Meter Durchmesser. Die Wärmeleistung dieses Spiegels, der die Sonnenstrahlen in der Ofenmündung konzentriert, beträgt 75 Kilowatt. Für das hier erzeugte Zirkonium besteht eine konstante Nachfrage. Die Teilnehmer dieses Symposiums wurden mit dem Projekt eines noch größeren Sonnenofens bekannt gemacht, der in der Nähe von Mont Louis aufgebaut werden soll. Die Fläche des Spiegels für den

neuen Ofen soll 1750 Quadratmeter betragen. Er nimmt die ganze Wand eines 11stöckigen Gebäudes, des Laboratoriums für Sonnenenergie, ein. Ein Ofen mit einem solchen Spiegel wird 2400 Kilogramm Zirkonium am Tag produzieren können. Die Tagesproduktion des kleinen Ofens beträgt dagegen nur 60 Kilogramm. Der neue Ofen wird eine Wärmeleistung von 1000 Kilowatt haben.

Zum Abschluß muß noch ein Mißverständnis geklärt werden. Die Erdrinde enthält mehr Zirkonium als beispielsweise Kupfer, Nickel, Blei und Zink. Trotzdem zählte man Zirkonium im Unterschied zu diesen Metallen zu den seltenen, da seine Erze weit verstreut vorkommen und seine Gewinnung schwierig ist. Deshalb war das Metall in der Technik ein »seltener Gast«. Inzwischen wächst die Produktion von Zirkonium jedes Jahr. Es werden immer neue Anwendungsgebiete erschlossen. Der Terminus »selten« hat deshalb tatsächlich seinen Sinn verloren.

Das 41. – Niob

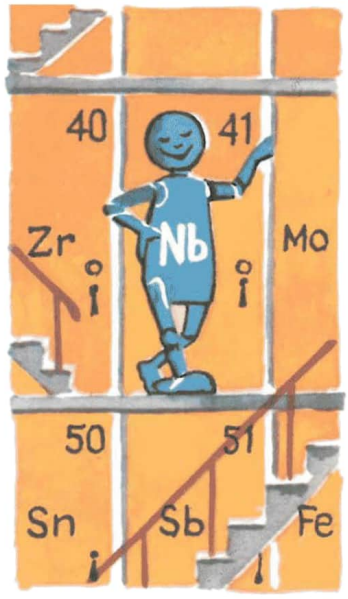
Nb

Welche Adresse haben Sie? · Sendung von den Küsten Kolumbiens · Vor 150 Jahren · Zwei Entdeckungen · »Schicke es zum neuen Verhör« · Zu Ehren der Göttin der Trauer · Durch Wasser nicht aufzulösen · Die Sache ist der Mühe wert · Jedes Ding hat seine gute Seite · Die Anerkennung · Wichtige Aufgaben · Frost nicht gefährlich · Der Fehler der Firma Westinghouse · Ohne jeden Widerstand · Zusammen mit Zirkonium · Im Kampf mit dem Gas · »Verantwortlicher medizinischer Mitarbeiter« · »Valutaoperationen« · Die Vorhersage bewahrheitete sich

In der Mitte des vergangenen Jahrhunderts waren schon einige Dutzend chemischer Elemente entdeckt worden. In der Welt der Wissenschaft hatten sie aber alle noch keinen bestimmten Platz, noch keine »feste Adresse«. Erst als 1869 Dimitri Iwanowitsch Mendelejew das großartige Gebäude seines Periodensystems erbaut hatte, bekamen die entdeckten Elemente endlich ihre Heimstatt. Bei der Verteilung der Wohnungen in diesem Gebäude wurden weder die Verdienste der Bewerber noch ihr Dienstalter berücksichtigt. Es zählten lediglich ihre persönlichen Qualitäten, ihr Atomgewicht, ihre Neigungen und die Ähnlichkeit mit ihren nächsten Nachbarn. Eine große Rolle spielten auch die chemischen Verbindungen. Um mögliche Unstimmigkeiten zu vermeiden, erhielten Bewohner mit sehr verschiedenen Charaktereigenschaften und Verhaltensweisen Quartiere, die möglichst weit auseinander lagen.

Im fünften Treppenflur (das heißt in der fünften Gruppe) auf der fünften Etage (genauer in der fünften Periode) lag das Zimmer Nummer 41. Sein Bewohner trug den schönen Namen »Niobium«. Wer war er? Woher stammte er?

In der Mitte des 17. Jahrhunderts wurde in einem Flußbett in Kolumbien (Südamerika) ein schweres Mineral von schwarzer Farbe mit goldenen Glimmeradern gefunden. Das Mineral, das später den Namen Kolumbit erhielt, wurde mit anderen Steinen aus der neuen Welt in das Britische Museum nach England gebracht. Fast 150 Jahre lag der Stein unter dem Glas der Museumsvitrine und war in der Liste als Eisenerz eingetragen. Aber im Jahre 1801 interessierte sich der damals schon



bekannte Chemiker Charles Hatchett für das schöne Mineral. Eine sorgfältige Analyse zeigte, daß es neben Eisen, Mangan und Sauerstoff ein bis dahin unbekanntes Element enthielt – einen Stoff mit den Eigenschaften eines Säureanhydrids. Hatchett nannte das neue Element Kolumbium.

Ein Jahr später, im Jahre 1802, entdeckte der schwedische Forscher A. G. Ekeberg in einigen skandinavischen Mineralen noch ein neues Element. Er nannte es Tantal nach der bekannten Gestalt der griechischen Mythologie. Die Bezeichnung sollte offensichtlich an die Qualen des Tantalus erinnern und jene Schwierigkeiten kennzeichnen, die es dem Chemiker bereitete, als er versuchte, das Oxid dieses neuen Elements in Säuren zu lösen.

Die Eigenschaften von Tantal und Kolumbium erwiesen sich als völlig identisch, und viele Wissenschaftler, unter ihnen der berühmte Chemiker Schwedens, Jens Berzelius, waren der Meinung, es handle sich um ein und dasselbe Element. Später zweifelte Berzelius offenbar an der Richtigkeit seines Standpunktes. In einem Brief an seinen deutschen Kollegen Friedrich Wöhler schrieb er: »Ich schicke dir dein X zurück. Ich habe es, so gut ich konnte, befragt, erhielt aber ausweichende Antworten. ›Bist du Titan‹, fragte ich. Es antwortete: ›Wöhler sagte dir schon, daß ich nicht Titan bin.‹ Ich bestätige das auch. ›Bist du Zirkonium?‹ ›Nein‹, antwortete es, ›ich löse mich in Soda, das tut die Zirkonerde nicht.‹ ›Bist du Zinn?‹ ›Ich enthalte etwas Zinn, aber nicht sehr viel.‹ ›Bist du Tantal?‹ ›Ich bin mit ihm verwandt‹, antwortete es, ›aber ich löse mich allmählich in Ätzkali und bilde einen gelbbraunen Niederschlag.‹ ›Nun, was bist du für ein teuflischer Stoff?›, fragte ich. Danach schien es mir, als ob es antwortete: ›Man gab mir noch keinen Namen.‹ Unter uns, lieber Wöhler, ich bin nicht ganz sicher, ob ich das tatsächlich hörte, weil es rechts von mir war und ich auf dem rechten Ohr wirklich schlecht höre. Da dein Gehör besser ist als meines, schicke ich dir diesen Schlingel zurück, damit du ihn noch einmal verhörst.«

Aber auch Wöhler gelang es nicht, die Beziehungen zwischen den beiden von Hatchett und Ekeberg entdeckten Elementen aufzuhellen. Erst 1844 konnte der deutsche Chemiker Heinrich Rose nachweisen, daß das Mineral Kolumbit zwei verschiedene Elemente enthielt, Tantal und Kolumbium. Rose gab dem letzteren den neuen Namen Niob. Dabei stand Niobe, die Tochter des Tantalus, Pate. In einigen Ländern (USA, England) behielt man noch lange Zeit die alte Bezeichnung Kolumbium bei. Erst 1950 entschied die Internationale Vereinigung für reine und angewandte Chemie (IUPAC), diese Uneinheitlichkeit zu beenden. Sie schlug den Chemikern vor, künftig dieses Element immer und überall nur mit Niob zu bezeichnen.

In der ersten Zeit waren die amerikanischen und englischen Chemiker mit dieser Entscheidung nicht einverstanden, weil sie ihnen unbillig erschien. Aber das Urteil der IUPAC wurde bestätigt. Die »Kolumbisten« mußten sich damit abfinden, auch in der chemischen Literatur der Vereinigten Staaten von Amerika und Englands erschien das neue Symbol Nb.

Das gleichzeitige Auftreten von Niob und Tantal in der Natur, bedingt durch ihre außerordentliche chemische Ähnlichkeit,

hemmte lange Zeit die industrielle Entwicklung dieser Metalle. Erst im Jahre 1866 gelang es dem Schweizer Chemiker J. C. Galissard de Marignac, das erste industrielle Verfahren zur Trennung dieser chemischen »Nachbarn« auszuarbeiten. Er nutzte die unterschiedliche Löslichkeit der Verbindungen dieser Metalle aus. Der Fluorkomplex des Tantals löst sich nicht in Wasser. Die analoge Verbindung des Niobs ist jedoch gut löslich. Das Verfahren von de Marignac wurde in vervollkommneter Form bis in die jüngste Zeit verwendet, heute wird es jedoch durch effektivere Methoden ersetzt, zum Beispiel durch selektive Extraktion, Ionenaustausch, Rektifikation der Halogene und andere.

Am Ende des 19. Jahrhunderts stellte der französische Chemiker H. Moissan zum ersten Mal reines Niob auf elektrothermischem Wege her. Er reduzierte Nioboxid mit Kohlenstoff im Elektroofen.

Die Herstellung von metallischem Niob stellt heute einen schwierigen mehrstufigen Prozeß dar. Zunächst wird das Nioberz angereichert. Dieses Konzentrat wird mit Natriumhydrosulfid oder Soda und verschiedenen Zusätzen eingeschmolzen und das Schmelzprodukt ausgelaugt. Das Ergebnis ist ein unlöslicher Niederschlag der Hydroxide des Niobs und Tantals. Die nächste Stufe des Prozesses ist die Trennung beider Elemente. Das Endergebnis dieser Stufe ist entweder Nb_2O_5 oder Niobchlorid. Die Reduktion dieser Verbindungen bei hoher Temperatur führt zu pulverförmigem Niob, das noch in eine kompakte Form gebracht werden muß, um für die Bearbeitung geeignet zu sein. Das wird auf folgende Weise erreicht. Aus dem Pulver werden sogenannte Stäbe (Vorprodukte) mit rechteckigen oder quadratischen Querschnitten gepreßt und in einigen Etappen im Vakuum gesintert. In diesem Stadium sind Temperaturen bis zu 2350 Grad Celsius notwendig. Die letzte Etappe der Umwandlung von Nioberz in Metall ist das Umschmelzen im Vakuumlichtbogenofen.

Seit einigen Jahren wird das Schmelzen mittels Elektronenstrahlen im industriellen Maßstab für die Nioberzeugung angewendet. Dadurch entfallen die schwierigen Zwischenoperationen, das Pressen und Sintern. In diesem Verfahren wird ein kräftiger Elektronenstrahl auf das pulverförmige Niob gerichtet. Das Pulver schmilzt, die Metalltropfen fallen in eine Kokille, und mit fortschreitendem Schmelzvorgang bildet sich ein Niobblock, der allmählich aus der Arbeitskammer herausgezogen wird.

Wie wir sehen, ist ein langer Weg erforderlich, um das Erz in Metall zu verwandeln. Trotzdem lohnt sich die Mühe: Niob ist in der modernen Industrie unentbehrlich. Seine Geschichte begann allerdings auf den Halden. Man zählte dieses Element zu den schädlichen Beimengungen bei der Zinnproduktion, deshalb wurden große Mengen Nioberz auf die Kippe gefahren. Auch als die industrielle Welt sich bereits für Tantal interessierte, änderte sich dieser Zustand nicht. Bei der Verarbeitung von Tantalerz wurde das Nioberz als taubes Gestein auf die Halde gebracht. Aber als Niob begann, technisch interessant zu werden, verwandelten sich diese Abfälle in reiche Lagerstätten eines wertvollen Metalls.

Als es 1907 dem deutschen Chemiker W. von Bolten gelungen war, dieses Metall

in kompakter Form zu erhalten, setzte man es, wie seine schwer schmelzbaren Verwandten, bei der Produktion von elektrischen Lampen als Material für die Glühfäden ein. Sein Einsatz blieb ein Versuch, denn es wurde wie alle anderen durch Wolfram ersetzt. Niob aber fand einen neuen Wirkungsbereich.

Im Jahre 1925 erfolgten die ersten Versuche zur Verwendung von Niob als Legierungselement. In den Vereinigten Staaten von Amerika wurden Untersuchungen durchgeführt, das Wolfram in Schnellstählen durch Niob zu ersetzen. Die Versuche waren nicht erfolgreich, aber dennoch wichtig, denn Niob gelangte nun in den Gesichtskreis der Metallurgen.

1930 betrug der gesamte Weltvorrat an Niob (Bleche, Drähte usw.) nur 10 Kilogramm. Aber die Produktion wuchs mit seinem Gebrauchswert, besonders für die Metallurgen. Heute kann Niob mit vollem Recht als »Vitamin« des Stahls bezeichnet werden. Geringe Niobzusätze in Chromstahl erhöhen dessen Plastizität und verbessern die Korrosionsbeständigkeit. Durch Zusatz von Niob in nichtrostendem Stahl verringert sich die Ausscheidung von Chromkarbiden an den Korngrenzen bis auf 1 Prozent. Auf diese Weise wird die Anfälligkeit für interkristalline Korrosion beseitigt. Niob in Chromstählen erhöht wesentlich deren Zähigkeit bei niedrigen Temperaturen. Sie können deshalb wachsenden Belastungen besser standhalten. Dadurch erhalten sie für den Flugzeugbau besondere Bedeutung.

Eine wichtige Rolle spielt Niob beim Schweißen. Solange man nur gewöhnliche Stähle schweißte, gab es bei diesem Prozeß keine Schwierigkeiten. Seitdem aber legierte Spezialstähle geschweißt werden, zeigte sich, zum Beispiel bei nichtrostendem Stahl, daß die Schweißverbindung viele der wertvollen Eigenschaften des Grundmaterials verliert. Welche Möglichkeiten für eine Verbesserung gab es? Man versuchte, die Schweißvorrichtungen zu ändern. Es half nichts. Man änderte die Zusammensetzung der Elektroden – erfolglos. Man versuchte das Schweißen in inerten Gasen – kein Effekt. Auch hier kam das Niob zu Hilfe. Bei niobhaltigen Stählen bleibt auch in den Schweißverbindungen die Qualität des Grundmaterials erhalten.

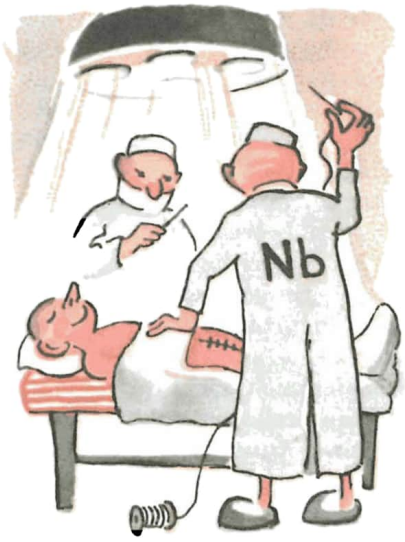
Niob ist auch als Legierungselement in der Buntmetallurgie bekannt. So reagiert Aluminium, das gewöhnlich in Basen leicht löslich ist, nicht mit ihnen, wenn es 0,05 Prozent Niob enthält. Kupfer und seine Legierungen erhalten durch Zusätze von Niob höhere Härte, die auch bei Temperaturen erhalten bleibt, bei denen dieselben Legierungen ohne Niob bereits

schmelzen. Titan, Molybdän und Zirkonium erhalten durch Niob höhere Festigkeit und Warmfestigkeit.
Bei sehr niedrigen Temperaturen werden fast alle Stähle spröde, so daß sie schon bei leichten Schlägen zerbrechen können. Niob ist imstande, viele Stähle von diesem ernsten Mangel zu befreien. Das ist besonders wichtig für Materialien, die in strahlgetriebenen Flugzeugen verwendet werden, da diese in großen Höhen operieren.
Niob selbst legiert sich leicht mit anderen Elementen. Die amerikanische Firma Westinghouse bot ihren Kunden ein superreines Niob an, das aber nicht unter 2500 Grad Celsius schmolz, obgleich die Schmelztemperatur von reinem Niob 2468 Grad Celsius beträgt. Eine Analyse im Laboratorium zeigte, daß dieses »superreine« Niob eine gewisse Menge Zirkonium enthielt. So wurde eine ultrawarmfeste Niob-Zirkoniumlegierung entdeckt.
Durch Zusätze anderer Metalle wird Niob mit einer Reihe wertvoller Eigenschaften ausgestattet. Wolfram und Molybdän verleihen metallischem Niob größere Hitzebeständigkeit, Aluminium erhöht seine Festigkeit.
Niob ist ein unersetzlicher Bestandteil der Legierungen für Gasturbinen und Düsenflugzeuge, da die Festigkeit des Metalls auch bei hohen Temperaturen erhalten bleiben muß. Teile von Raketen und Bordarmaturen künstlicher Erdsatelliten werden sowohl aus niobhaltigen Legierungen als auch aus reinem Niob hergestellt.
Noch vor wenigen Jahren interessierte sich nur die Physik für die Erscheinung der Supraleitfähigkeit. Heute ist dieses Problem längst über die Grenzen der Laboratorien hinausgewachsen. Es spielt bereits eine beachtliche Rolle in der Technik. Die praktische Anwendung der Supraleitfähigkeit hat eine große Perspektive. Worin besteht das Wesen dieser Erscheinung? Vor mehr als einem halben Jahrhundert wurde entdeckt, daß bei sehr niedrigen Temperaturen einige Metalle, Legierungen und chemische Verbindungen den elektrischen Strom verlustlos leiten – ihr elektrischer Widerstand verschwindet. Leider ist hierzu eine Abkühlung fast bis zum absoluten Nullpunkt, das sind minus 273 Grad Celsius, notwendig.
Von allen bisher bekannten Materialien hat eine Verbindung des Niobs mit Zinn die höchste sogenannte Übergangstemperatur zum supraleitenden Zustand. Sie liegt bei 18 Kelvin und ist im Vergleich zu anderen supraleitenden Materialien natürlich am leichtesten zu erreichen. Supraleitende Magnetspulen, die aus den Legierungen solcher Elemente gefertigt werden, erzeugen ein überaus starkes magnetisches Feld. Ein Magnet mit einem Durchmesser von 16 Zentimetern und einer Höhe von 11 Zentimetern, dessen Wicklung aus Band einer supraleitenden Legierung besteht, ist in der Lage, ein magnetisches Feld mit einer Feldstärke von 100 000 Oersted zu schaffen. Das Magnetfeld der Erde weist nur eine Feldstärke von einigen wenigen Oersted auf.
In der Technik wird Niob in großem Umfang in reiner Form verwendet. Seine außerordentlich hohe Korrosionsbeständigkeit wird im Chemieanlagenbau ausgenutzt. Interessant ist beispielsweise die Verwendung von Niob für Apparate und Rohrleitungen in der Salzsäureproduktion. Dort dient es nicht nur als Konstruktions-

material, sondern spielt darüber hinaus eine Rolle als Katalysator, wodurch eine höhere Säurekonzentration erreicht werden kann. Die katalytischen Fähigkeiten des Niobs werden auch bei anderen chemischen Prozessen ausgenutzt, zum Beispiel bei der Synthese von Alkohol aus Butadien.

Auch in den Atomreaktoren hat sich Niob sehr verdient gemacht. Es wird dort Seite an Seite mit dem Zirkonium eingesetzt. Manchmal konkurriert es sogar sehr erfolgreich mit ihm. Ähnlich wie Zirkonium hat Niob eine hohe Durchlässigkeit für Neutronen, eine hohe Schmelztemperatur, hohe Warmfestigkeit, enorme Korrosionsbeständigkeit und ausgezeichnete mechanische Eigenschaften. Außerdem zeigt Niob keine Wechselwirkung mit geschmolzenen Alkalimetallen. Flüssiges Natrium und Kalium werden jedoch als Wärmeträger in einigen Reaktortypen verwendet. Sie können in Niobrohren zirkulieren, ohne daß diese irgendwelchen Schaden erleiden. Für Niob ist auch charakteristisch, daß es bei der Bestrahlung im Reaktor nur sehr wenig künstliche Radioaktivität annimmt. Deshalb kann es als Container für die Aufbewahrung radioaktiver Abfälle oder für den Bau von Anlagen, in denen diese Abfälle genutzt werden, dienen.

Eine interessante Eigenschaft dieses Metalls muß noch erwähnt werden: Niob nimmt ausgezeichnet Gase auf. Bei gewöhnlicher Temperatur kann ein Gramm Niob mehr als 100 Kubikzentimeter Wasserstoff lösen, sogar bei 500 Grad Celsius beträgt die Löslichkeit von Wasserstoff in Niob noch etwa 75 Kubikzentimeter je Gramm. Diese Eigenschaft des Metalls wird bei der Herstellung von Höchstvakuum-



röhren ausgenutzt. Bei ihrer Evakuierung bleibt immer eine minimale Gasmenge zurück, die ihre Funktionsfähigkeit beeinträchtigt. Auf Röhrenteile aufgebrachtes Niob saugt wie ein Schwamm die Gase an und gewährleistet ein Höchstvakuum.

Teile von Elektronenröhren, die aus Niob hergestellt werden, sind wirtschaftlicher als solche aus Tantal oder Wolfram. Ihre Betriebszeit erhöht sich beträchtlich. Generatorröhren mit Niobkatoden erreichen beispielsweise eine Standzeit bis zu 10 000 Stunden.

Wie Titan übt auch Niob keine Reizwirkung auf organische Gewebe aus. Es zeigt auch über längere Zeit keine Wechselwirkung mit der Gewebeflüssigkeit. Dank dieser Eigenschaft erregte es die Aufmerksamkeit der Chirurgen. Es kann heute mit vollem Recht als »zuverlässiger medizinischer Mitarbeiter« bezeichnet werden.

In der letzten Zeit wurde berichtet, daß

Niob sogar in »Valuta-Operationen« verwickelt ist. In Verbindung mit dem Mangel an Silber haben nämlich amerikanische Finanzleute vorgeschlagen, für die Herstellung von Geld metallisches Niob zu verwenden, weil die Kosten für Niob ungefähr denen des Silbers entsprechen.

Über das Vorkommen von Niob in der Natur gab es in den letzten Jahren verschiedene Anmerkungen. Danach müßte man annehmen, die Niobvorräte der Erde seien ständig gewachsen. Selbstverständlich sind die auf unserem Planeten vorkommenden Niobmengen konstant, nur die Zahl der erkundeten Lagerstätten ist größer geworden. Vor allem in Afrika wurden in den letzten Jahren bedeutende Niobvorkommen entdeckt. Einer der größten Nioblieferanten auf dem Weltmarkt ist Nigeria. In der UdSSR wird die Halbinsel Kola mit Recht als eine Vorratskammer großer Bodenschätze bezeichnet. Jahrhundertelang galt diese Gegend als unfruchtbar und wenig nützlich, obgleich M. W. Lomonossow schon 1763 vorhergesagt hatte: »Aus vielen Anzeichen läßt sich schlußfolgern, daß auch die nördliche Erde reich an Bodenschätzen ist und die Küste des Weißen Meeres vielleicht reiche Schätze an Mineralen birgt.«

In den Jahren der Sowjetmacht wurden hier wichtige Lagerstätten entdeckt, die viele wertvolle Minerale enthalten, darunter auch Loparit mit einem Gehalt von 8 Prozent Niob. Dieses Mineral wurde von A. E. Fersman, dem berühmten Erforscher der Halbinsel Kola, im Chibinski-Massiv entdeckt. Es wurde bisher an keinem anderen Ort der Erde angetroffen.

Der Gefährte des Eisens – Molybdän

Mo

Unter falschem Namen · Der Fehler der alten Griechen · Im Zeichen des Protestes · Ein »Wolkenkratzer« aus 1600 Etagen · Havarie auf ebener Straße · Die Halterung für die Wolframfäden · Glas ändert seine Farbe · Das Geheimnis der Samuraischwerter · Tank wird unverwundbar · »Verwandte Seelen« · »Ersatzteile« für den Menschen · Der Liebhaber der Hülsenfrüchte · »Goldgrube im Ozean« · Wo sind die Schlüssel der »Truhen«?

Um Speisen recht schmackhaft zu machen, würzt sie der Feinschmecker mit verschiedenen Ingredienzien. Wenn der Stahlwerker hochwertige Edelstähle herstellen will, gibt er verschiedene Legierungselemente zum Stahl. Jede Zutat hat ihr Ziel – die eine verbessert den Geschmack der Speisen, die andere gibt ihr appetitliches Aroma, die dritte verleiht ihr Schärfe, die vierte ... Es ist schwierig, alle Bezeichnungen der speziellen Zutaten aufzuzählen, aber noch schwieriger ist es, alle bemerkenswerten Eigenschaften zu nennen, die Stahl durch den Zusatz von Chrom, Nickel, Titan, Wolfram, Molybdän, Vanadium, Zirkonium und anderen Elementen erhält. Einem dieser guten Freunde des Eisens, dem Molybdän, ist die folgende Erzählung gewidmet.

Molybdän wurde 1878 von dem Schweden Carl Wilhelm Scheele entdeckt. Die Bezeichnung rührt von dem griechischen Wort molybdos her. Daß der Neuling einen griechischen Namen erhielt, ist nicht verwunderlich, denn viele Chemiker wählten für ein neuentdecktes Element eine griechische Bezeichnung. Verwunderlich aber ist es, daß Molybdän einen falschen Namen bekam, denn die Übersetzung des Wortes molybdos bedeutet Blei. Wie kann es zu dieser Verwechslung gekommen sein? Des Rätsels Lösung ist nicht schwer. Die alten Griechen kannten das Bleimineral Galenit. Sie nannten es molybdena. In der Natur gibt es aber noch ein Mineral, das dem Galenit sehr ähnlich ist. Wir nennen es heute Molybdänit. Infolge der Ähnlichkeit der beiden Minerale nahmen die alten Griechen an, es handle sich um ein und dasselbe, um molybdena. An dieser Meinung hielten auch Chemiker anderer Länder fest. Da Scheele das Element in eben diesem Mineral entdeckte, gab er dem Neuling den Namen Molybdän.

1783 gelang es dem schwedischen Forscher P. H. Hjelm, das Element in Form eines metallischen Pulvers herzustellen. Es war jedoch noch mit Karbiden verunreinigt. Bis zur Darstellung von reinem Molybdän verging noch ein ganzes Jahrhundert.

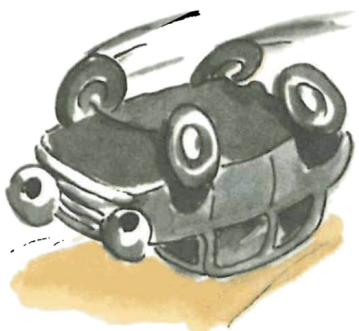
Ähnlich wie einige seiner Nachbarn im Periodensystem enthält Molybdän häufig fremde Beimengungen. Gleichsam als Zeichen des Protestes gegen diese Verunreinigungen ändert es viele seiner Eigenschaften. Durch ein zehntausendstel Prozent Sauerstoff oder Stickstoff wird Molybdän bereits stark versprödet. In vielen Lehrbüchern, die am Anfang des 20. Jahrhunderts erschienen sind, wird deshalb behauptet, Molybdän ließe sich mechanisch fast nicht bearbeiten. In Wirklichkeit kann es trotz

seiner hohen Härte weitgehend als plastisches Material bezeichnet werden. Es läßt sich verhältnismäßig leicht walzen oder schmieden.

Die erste Seite im Arbeitsbuch des Molybdäns wurde vor einigen Jahrhunderten geschrieben. Damals verwendete man das Mineral Molybdänit zum Schreiben. Im Griechischen wird auch heute noch der Bleistift als »molybdos« bezeichnet. Ähnlich wie Graphit besteht Molybdän aus vielen feinen Schuppen. Ihre Feinheit verdeutlicht ein bildlicher Vergleich: Wollte man aus ihnen ein Gebäude konstruieren, dessen Etagen jeweils aus einem Plättchen Molybdänit bestünden, so erreichte ein »Wolkenkratzer« mit 1600 Etagen die Höhe von einem Mikrometer. Dank dieser feinen Schuppen eignet sich Molybdänit zum Schreiben oder Zeichnen. Es hinterläßt auf Papier eine grün-graue Spur. Heute gibt es keine Molybdängriffel mehr, die Bleistiftindustrie verwendet ausschließlich Graphit.

Molybdändisulfid (die chemische Bezeichnung für Molybdänit) findet heute anderweitig Verwendung. Bevor wir darüber sprechen, wollen wir eine kleine Geschichte erzählen, die sich vor einigen Jahren ereignete. Auf der Simferopoler Chaussee wurden Versuche mit einigen Kraftfahrzeugen des Typs Saporoshez gemacht. Die Probefahrten verliefen zunächst zur vollen Zufriedenheit. Plötzlich kam jedoch ein Wagen ohne ersichtlichen Grund auf völlig ebener Straße ins Schleudern und überschlug sich. Die Insassen kamen glücklicherweise mit dem Schrecken davon. Die Ursache für diese Havarie blieb solange ein Rätsel, bis man Motor und Getriebe völlig auseinandergenommen hatte. Es zeigte sich, daß ein Zahnrad des Getriebes festgefressen war. Diese »Bremse« hatte natürlich augenblicklich gewirkt. Um in der Zukunft ähnliche Pannen zu vermeiden, mußte man ein geeignetes Schmiermittel finden. Man erinnerte sich an Molybdänit, genauer gesagt, an seine Fähigkeiten, sich in feine Schüppchen aufzuspalten. Dank dieser Eigenschaft dient Molybdändisulfid als zuverlässiges Schmiermittel für die Getriebeteile.

Wenn man Stahl einen Augenblick in eine Flüssigkeit taucht, die ungefähr zwei Prozent Molybdändisulfid enthält, bedeckt sich seine Oberfläche mit einer dünnen Schicht eines ausgezeichneten festen Schmiermittels. Dieser Schmierfilm hat jedoch einen hinterhältigen Gegner – die Temperatur. Bei starker Erwärmung verwandelt sich Molybdändisulfid in Molybdänanhydrid, das auf der Oberfläche des Metalls zwar keinen Schaden anrichtet, aber leider auch keine Schmiereigenschaften mehr aufweist. Wie kann man das vermeiden? Bevor man die Disulfidschicht auf ein Getriebeteil aufträgt, muß man es in einem heißen Phosphatbad behandeln. Danach dringen



die Sulfidteilchen in die feinsten Poren der Phosphatschicht ein und bilden einen dünnen Schmierfilm, der Belastungen von einigen Tonnen je Quadratzentimeter widersteht. Lagerbuchsen, die mit einem solchen Film bedeckt waren, wurden unter schwierigsten Arbeitsbedingungen geprüft: Keine einzige war mehr festgefressen. Von diesem Zeitpunkt an fährt auch der Saporoshez kreuz und quer durch die Sowjetunion, und nicht ein einziges Mal wiederholte sich die kritische Erscheinung im Getriebe.

Mit der Bildung eines Schmierfilms ist der günstige Einfluß von Molybdändisulfid auf Stahloberflächen nicht erschöpft. Wenn man zum Beispiel Schneidinstrumente mit Molybdändisulfid behandelt, haben sie eine höhere Standzeit und längere Lebensdauer. Als die Friseure davon Kenntnis erhielten, bemühten sie sich mit beneidenswertem Eifer, das Mittel in ihrer Praxis anzuwenden. In dem Wunsch, immer scharfe Rasiermesser, Scheren und dergleichen zu besitzen, stürmten sie buchstäblich die Tore der Melitopolskier Motorenfabrik, um wenigstens ein Stückchen von dem Zaubermittel zu erhalten.

Aber wenden wir uns wieder dem metallischen Molybdän zu. Dank seiner Schwerschmelzbarkeit und seines niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten wird dieses Metall in sehr großem Umfang in der Elektrotechnik, in der Radioelektronik und in der Hochtemperaturtechnik verwendet. Die Aufhängung für die Wolframfäden in normalen elektrischen Glühbirnen besteht aus Molybdän. Auch viele Teile in Radio- und Röntgenröhren werden aus Molybdän hergestellt. Elektrowiderstandsöfen für hohe Temperaturen sind mit Molybdänspiralen als Heizelemente ausgerüstet.

Im Institut für Materialkunde der Akademie der Wissenschaften der UdSSR wurden wertvolle Verbundmaterialien hergestellt. Als Basiskomponente dienen plastische Metalle, wie Aluminium, Kupfer, Nickel, Kobalt, Titan und andere. In diese werden hochfeste Metalle in Form von Fasern eingebettet, zum Beispiel Wolfram oder Molybdän. Durch diese Armierung ist das Verbundmaterial imstande, großen Belastungen standzuhalten. So wird beispielsweise die Festigkeit von Nickel und Kobalt, die mit Wolfram- und Molybdändrähten armiert wurden, fast um das Dreifache erhöht. Durch Molybdänfasern verstärktes Titan hat eine Dauerfestigkeit, die doppelt so hoch ist wie die des Metalls in normalem Zustand.

Vor einigen Jahren wurde in den Vereinigten Staaten von Amerika ein originelles Glas geschaffen, das seine Farbe mit der Tageszeit ändert. Unter Einwirkung von Sonnenstrahlen ist es blau, mit zunehmender Dunkelheit wird es farblos. Dieser Effekt wird durch Molybdänzusätze hervorgerufen, die entweder dem geschmolzenen Glas selbst beigegeben oder in Form eines dünnen Films zwischen die Glasschichten gebracht werden.

Vielfältige Anwendung finden Verbindungen des Molybdäns. Das Element ist in verschiedenen Emaillen enthalten, die eine gute Deckfähigkeit haben. Molybdänhaltige Farbstoffe werden bei der Produktion von keramischen und Kunststoffmassen sowie in der Leder-, Pelz- und Textilindustrie verwendet. Das dreiwertige Oxid des Molybdäns dient als Katalysator beim Crakken von Erdöl und bei anderen chemischen

Prozessen. Ammoniummolybdat ist ein Reagens auf Phosphor in der analytischen Chemie.

Alle bisher genannten Anwendungsmöglichkeiten des Molybdäns könnte man als »Nebenbeschäftigung« bezeichnen, denn seine eigentliche Berufung fand der Gefährte des Eisens in der Stahlproduktion. 90 Prozent des in der Welt produzierten Molybdäns verwendet man zur Erzeugung von Spezialstählen. In Rußland wurde molybdänhaltiger Stahl erstmalig im Jahre 1886 in den Putilow-Werken erschmolzen. Die Anwendung des Elements zur Stahlveredlung erfolgte jedoch schon in älterer Zeit. Davon legen die berühmten Samuraischwerter Zeugnis ab.

Lange Zeit war niemand in der Lage, das Geheimnis der großen Schärfe dieser Waffe zu lüften. Generationen von Metallurgen versuchten, den Stahl, aus dem die blanken Schwerter im Land der aufgehenden Sonne gefertigt wurden, zu erschmelzen. Der erste gelungene Versuch wurde von dem bekannten russischen Metallurgen P. P. Anossow (1797–1851) durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, daß der besondere Stahl neben anderen Elementen auch Molybdän enthielt. Dadurch wurde sowohl die Härte als auch die Zähigkeit des Metalls erhöht. Im allgemeinen beobachtet man bei der Verfestigung eines Stahls zugleich einen Anstieg der Sprödigkeit.

Die Verbindung von hoher Härte mit hoher Zähigkeit ist besonders notwendig bei Panzerstahl. Die Panzerung der ersten anglo-französischen Tanks, die 1916 auf den Schlachtfeldern des ersten Weltkrieges erschienen, war aus hartem, aber sprödem Manganstahl hergestellt. Diese massiven Panzerplatten mit einer Dicke von 75 Millimetern wurden jedoch von der deutschen Artillerie wie Butter durchlöchert. Eine Zugabe von lediglich 1,5 bis 2 Prozent Molybdän machte die Tanks unverwundbar, obwohl die Dicke der Panzerung auf die Hälfte verringert wurde.

Wodurch war diese überraschende Wandlung der Panzer zu erklären? Molybdän

bremst das Kornwachstum im Stahl und verleiht diesem eine gleichmäßige feinkörnige Struktur, die die guten Eigenschaften des Metalls hervorruft. Viele legierte Stähle leiden an der sogenannten »Anlaßversprödung«. Stähle, die Molybdän enthalten, brauchen diese »Krankheit« nicht zu fürchten. Man kann sie kritischen Wärmebehandlungen unterziehen, ohne daß diese Versprödungserscheinung auftritt. Molybdän erhöht merklich die Durchvergütbarkeit von Stahl. Mit Molybdän legierter Stahl weist auch bei hohen Temperaturen eine bedeutende Festigkeit und einen großen Kriechwiderstand auf. Ähnlichen Einfluß auf die Eigenschaften des Stahls hat auch Wolfram, aber die Wirkung des Molybdäns auf die Festigkeit ist wesentlich effektiver. 0,3 Prozent Molybdän können 1 Prozent Wolfram ersetzen. Wolfram ist außerdem noch weniger verfügbar als Molybdän.

Molybdänstahl wird nicht nur für Panzerungen verwendet, sondern auch für Gewehr- und Geschützläufe, Flugzeug- und Kraftfahrzeugteile, Dampfkessel, Rohre sowie Schneidinstrumente. Auch auf die Eigenschaften von Gußeisen hat Molybdän einen günstigen Einfluß. Es erhöht sowohl die Festigkeit als auch den Verschleißwiderstand des Metalls.

Die gute Legierungsfähigkeit des Molybdäns liegt darin begründet, daß es das gleiche Kristallgitter hat wie Eisen und einen ähnlichen Atomdurchmesser.

Legierungen des Molybdäns mit Chrom, Kobalt und Nickel weisen eine ausgezeichnete Säurebeständigkeit auf und werden bei der Fertigung chemischer Apparate verwendet. Für einige Legierungen dieser Elemente ist ein großer Verschleißwiderstand charakteristisch. Legierungen des Molybdäns mit Wolfram können Platin ersetzen. Für die Herstellung elektrischer Kontakte verwendet man Legierungen des Molybdäns mit Kupfer und Silber.

Noch vor nicht allzulanger Zeit gelang es den Metallurgen, eine bemerkenswerte Legierung aus Kobalt, Molybdän und Chrom zu schaffen. Diese Legierung erwies sich als ausgezeichnetes Material für Knochenersatzteile des Menschen. Sie ist vollständig unschädlich für den Organismus und wird von den Chirurgen und Orthopäden mit Erfolg als Ersatz geschädigter Gelenke eingesetzt.

Als sehr nützlich erweist sich Molybdän auch in der Landwirtschaft. 1965 wurde eine Gruppe sowjetischer Wissenschaftler für die Erforschung der biologischen Rolle von Mikroelementen und ihrer Anwendung in der Landwirtschaft mit dem Leninpreis ausgezeichnet. Der Zusatz sehr kleiner Mengen einiger Elemente in den Boden oder in die Nahrung von Lebewesen kann buchstäblich Wunder wirken. Einer dieser Zauberer ist Molybdän, denn winzige Dosen dieses »Mikroelements« erhöhen den Ertrag bei vielen Kulturen und verbessern ihre Qualität. Erbsensamen, die mit Ammoniummolybdat behandelt werden, führen auf gewöhnlichem Feld zu Erträgen, die dreimal höher sind als bei Verwendung von gewöhnlichem Saatgut. In den Wurzelknöllchen der Erbsen konzentriert, erleichtert das Molybdän der Pflanze die Aufnahme des atmosphärischen Stickstoffs, der für die Entwicklung der Pflanzen äußerst notwendig ist. Mit Hilfe des Molybdäns steigt der Gehalt an Eiweiß, Chlorophyll und Vitaminen im Pflanzengewebe.

Interessant ist aber auch die Feststellung, daß das Element auf einige Unkräuter einen wachstumshemmenden Einfluß ausübt.

Das Metall Molybdän wird in unserer Zeit leider auch zu Experimenten benutzt, die das Leben in Natur und Gesellschaft bedrohen. Dazu nur ein Beispiel. Sowjetische Wissenschaftler hatten den Auftrag, eine Meeresexpedition durchzuführen. Im Jahre 1966 verließ das Forschungsschiff »Michail Lomonossow« den Kai von Wladiwostok. Die Expedition sollte verschiedene Ozeanlebewesen untersuchen und den Grad der Anreicherung an radioaktiven Stoffen bestimmen. Während der ganzen Zeit, in der das Schiff den Ozean durchpflügte, standen die Geigerzähler Wache, um zu jedem beliebigen Zeitpunkt radioaktive Strahlung sofort nachzuweisen. Eines Tages überquerte das Schiff in einem der ödesten Teile des Stillen Ozeans den Äquator. Ununterbrochen arbeitete auf Deck ein Ventilator, der stündlich Tausende Kubikmeter Meeresluft durch die Filter saugte, in denen Staubteilchen von einigen hundertstel Mikrometer Größe zurückgehalten wurden. In regelmäßigen Abständen wurden die Filter mit dem darin angesammelten Staub verbrannt und die zurückbleibende Asche mit Hilfe empfindlicher Geräte auf ihre Radioaktivität geprüft. Plötzlich geriet der Geigerzähler aus dem Häuschen: Im Staub konnten die radioaktiven Isotope Molybdän 99 und Neodym 147 nachgewiesen werden. Diese Isotope haben nur eine sehr kurze Lebensdauer. Die Halbwertzeit von Molybdän 99 beträgt nur 67 Stunden. Durch Messungen und Berechnungen stellten die Wissenschaftler das genaue Datum der Entstehung dieser »Fremdlinge« fest. Es war der 28. Dezember 1966. Tatsächlich teilte auch die chinesische Nachrichtenagentur mit, daß an diesem Tag in China ein Kernwaffenversuch stattgefunden hatte. Innerhalb weniger Tage hatte der Wind radioaktive »Wolken« über Tausende Meilen getragen. Um der Gerechtigkeit willen muß man sagen, daß bei diesem gefährlichen Spiel mit dem Feuer dem Molybdän nur eine sehr bescheidene Rolle zukam. Wir hoffen, daß es den Friedenskräften schon in den nächsten Jahren gelingen wird, das vollständige Verbot der Kernwaffenversuche durchzusetzen! Dann wird auch das Element Molybdän nur noch nützlichen Zwecken dienen. Daß es dafür in verschiedenster Weise und in großen Mengen verwendet werden kann, wurde schon überzeugend dargestellt.

Wie groß sind aber die Vorräte dieses Metalls auf unserem Planeten?

Der Anteil des Molybdäns in der Erdrinde

beträgt 0,0003 Prozent. In der Rangliste der Elemente in der Natur nimmt es den ziemlich bescheidenen 40. Platz ein. Lagerstätten dieses Metalls trifft man aber an vielen Stellen der Erde.

Wenn die Förderung von Molybdän am Anfang unseres Jahrhunderts nur einige Tonnen betrug, so war sie bereits in den Jahren des ersten Weltkrieges auf das fast 50fache angewachsen. In den Nachkriegsjahren ging die Förderung an Molybdänerz sehr stark zurück, aber ungefähr seit dem Jahre 1925 beobachtete man wieder ein neues Anwachsen der Molybdänerzeugung. Sie erreichte ihr Maximum von etwa 30 000 Tonnen im Jahre 1943, das heißt während des zweiten Weltkrieges. Nicht zufällig wird Molybdän deshalb manchmal als das »Kriegsmetall« bezeichnet.

Molybdänerz wird hauptsächlich zu Ferromolybdän verarbeitet, das dann von der Metallurgie zur Erzeugung von Edelstählen und speziellen Legierungen eingesetzt wird. Die ersten Versuche zur Herstellung von Ferromolybdän in Rußland wurden Ende des vergangenen Jahrhunderts durchgeführt. 1890 arbeitete man ein Verfahren zur Herstellung der Legierung über die Reduktion des Molybdänoxids aus. Auf diese Versuche beschränkte sich auch die Produktion des Ferromolybdäns im zaristischen Rußland. 1929 erschmolzen F. S. Steinberg und P. F. Kusakin auf silikothermischem Wege eine Legierung, die 50 bis 65 Prozent Molybdän enthielt. Erfolgreiche Versuche von W. P. Eljutin in den Jahren 1930 und 1931 ermöglichten es, dieses Verfahren in der metallurgischen Industrie einzuführen.

Zur Herstellung des reinen Metalls wird Mo_2O_3 durch Wasserstoff reduziert. Das dabei gebildete Pulver wird gepreßt, gesintert und nach dem Umformen zu Draht oder Band in der Technik verarbeitet.

Wir sprachen schon darüber, daß die Vorräte an Molybdänerz in der Erdrinde begrenzt sind. Werden sie eines Tages soweit erschöpft sein, daß der Bedarf der Menschen an diesem wertvollen Material nicht mehr gedeckt werden kann? Diese Befürchtung besteht nicht. Wir brauchen um unsere Nachkommen nicht besorgt zu sein, denn außer der Erdrinde enthält das Wasser der Ozeane und Meere eine ungeheure Menge an verschiedenen Elementen. Wenn die Reichtümer des Meeres zu gleichen Teilen unter alle Erdbewohner verteilt würden, könnte jeder Mensch aus Neptuns unübersehbaren Schätzen etwa drei Tonnen Gold erhalten. Was für eine Goldgrube! Und Molybdän? Etwa 100 Tonnen könnte der »Meeresgott« jedem von uns schenken. Aber die passenden Schlüssel für Neptuns Truhen sind noch nicht gefunden. Doch einst werden wir auch die Schätze des Meeres heben! Der forschende Mensch wird sie suchen und finden!

Ein Vertreter der Edlen – Silber

Ag

Alexander von Mazedonien muß sich zurückziehen · Die heiligen Gefäße des Cyrus · Silberne Hufeisen · Die Geburt des Rubels · Monarchen sündigen · Die List der russischen Bojaren · Das Jubiläum der Münze · Das Geheimnis des Turmes · Das Service des Grafen Orlow · Arbeit in der Fotografie · Champion unter den Metallen · Die Königin segnet den Piraten · Schätze auf dem Meeresboden · Der Fehler des Fischers von Florida · Der Fund der Taucher

Einen Sieg nach dem anderen errang die Armee Alexanders des Großen. Unaufhaltsam drang sie nach Osten vor. Die Reiche der Perser und Phönizier, der Ägypter, Babylonier und der Baktrer wurden unterworfen. Im Jahre 327 vor unserer Zeitrechnung überschritten die Mazedonier die Grenzen Indiens. Es schien, als könne keine Macht der Erde die mächtige Armee des großen Feldherrn aufhalten. Aber ganz unerwartet erwuchs dem griechischen Heer ein gefährlicher Gegner. Unter den Soldaten wütete eine böse Magen-Darm-Krankheit. Erschöpft und entkräftet meuterten die Krieger und wollten nach Hause zurückkehren. Wie sehr auch der König nach neuen Eroberungen dürstete, er mußte umkehren. Diese Epidemie führte zu einer interessanten Feststellung. Die Offiziere der Armee erkrankten viel seltener als die Mannschaften, obgleich sie gemeinsam die Last und die Mühsal des Lagerlebens ertrugen. Mehr als zwei Jahrtausende benötigten die Wissenschaftler, um die Ursachen für diese rätselhafte Erscheinung zu finden. Die mazedonischen Soldaten tranken in jenen Zeiten aus Zinnbechern, die Offiziere jedoch aus silbernen Pokalen. Silber aber hat bemerkenswerte Eigenschaften. In Wasser gelöst, vernichtet es darin enthaltene krankheitserregende Bakterien. Es genügen dafür wenige milliardstel Prozent gelöstes Silber. Aus diesem Grund waren die Offiziere bedeutend weniger der Krankheit ausgesetzt als die einfachen Soldaten.

Herodot, der große Historiker der antiken Welt, erzählt, daß schon im 5. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung der persische König Cyrus während der Zeit des Krieges sein Trinkwasser in einem silbernen, einem »heiligen« Gefäß aufbewahrte. In religiösen Büchern Indiens wird die Meinung vertreten, Wasser könne desinfiziert werden, indem man glühendes Silber hineintaucht. In vielen Ländern existiert seit alten Zeiten der Brauch, bei der Einweihung von Brunnen silberne Münzen in das Becken zu werfen.

Die Reinigung des Wassers war sicher eine der ältesten Aufgaben dieses Metalls im Dienste des Menschen. Wenn es aber Laune und Willkür eines »Großen« verlangte, wurde das edle Metall auch zu unsinnigen Zwecken mißbraucht. Der römische Kaiser Nero ließ beispielsweise Tausende seiner Mulis mit Silber beschlagen! Dies ist aber nur eine Episode aus der Biographie des Silbers. Schon im Altertum spielte es eine wichtige Rolle im gesellschaftlichen Leben: Silber wurde das Maß des Wertes für Waren und Leistungen – es wurde Geld. Seit dem Jahre 269 vor unserer Zeitrechnung prägten die alten Römer silberne Münzen; bereits 200 Jahre vor der Verwendung von Gold als Münzmetall. In Rußland wurde Silbergeld erst bedeutend später geprägt. Erhalten blieben silberne Münzen des russischen Zaren Wladimir. Die Vorderseite zeigt den Herrscher auf dem Thron, die Rückseite das Stammeswappen. Die Aufschrift auf den Münzen lautet: »Wladimir auf dem Thron, und dies ist sein Silber.« Im 12. und 13. Jahrhundert verschwanden die russischen Münzen wieder. In dieser Zeit teilten sich die in der Kiewer Rus vereinigten Länder wieder in einzelne Königreiche auf, und die Prägung von Münzen, die für alle Länder gleichermaßen gültig waren, hörte auf. Die Funktion des Geldes übernahm wieder ungeprä-

tes Silber. Die Historiker nennen diese Zeit die »geldlose Periode«.
Im 13. Jahrhundert erblickte der Rubel das Licht der Welt. Es handelte sich dabei um ein langes Stück Silber, das ungefähr 200 Gramm wog. In einigen alten Schriften wird der Rubel auch rubelewaja griwna genannt, was so viel wie »abgehacktes Geldstück« bedeutet. Man nimmt an, daß diese »Griwna« mit Hilfe eines Meißels von einer langen schmalen Silberstange abgehauen wurde. Die Silberstücke nannte man dann kurz Rubel, das heißt »Abgehauene«.
Die Wiederaufnahme der Prägung russischen Geldes wurde auch durch die mongolisch-tatarische Herrschaft aufgehalten. Im Umlauf befand sich die von der Goldenen Horde verwendete Silbermünze Denga (auf Tatarisch: denga = klingend). Allmählich wurde das Wort Denga in der russischen Sprache zu dengi (= Geld).
Erst in der Mitte des 14. Jahrhunderts, als es dem russischen Volk gelang, sich von der mongolisch-tatarischen Herrschaft zu befreien, wurden in Rußland wieder eigene Münzen geprägt. Ein für den ganzen russischen Staat gültiges Geldsystem wurde 1534, in der Zeit der Regierung von Jelena Glinskaja, der Mutter Iwans des Schrecklichen, geschaffen. Auf den kleinen Münzen war ein Reiter mit einem Schwert abgebildet. Die Prägung auf den großen Silbermünzen zeigte einen Reiter mit Lanze. Solche Münzen nannte man Kopeinije (von kopjo = Lanze). Daher stammt das Wort Kopeke.
Es ist heute schwer, das erste Auftreten von Geldfälschern genau zu ergründen. Wahrscheinlich aber erschienen mit den ersten Münzen auch die ersten Falschmünzer. Der Geldfälschung huldigten sogar einige Monarchen. Der französische König Philipp IV., der Schöne, der an der Wende des 13. zum 14. Jahrhundert lebte, wird in einigen historischen Dokumenten Falschmünzer-Philipp genannt. Um sich zu bereichern, verringerte er skrupellos den Gold- oder Silberanteil der Münzen und ersetzte ihn durch unedlere Metalle, wie Kupfer oder Zinn. Dem Falschmünzer-Philipp setzte der große italienische Dichter Dante in seiner »Göttlichen Komödie« ein Denkmal. Er postierte ihn unter die Sünder der Hölle.
Im 17. Jahrhundert wurde die Geldfäl-

schung in staatlichem Maßstab organisiert. Man schrieb das Jahr 1654. Der Krieg, den Rußland mit Polen führte, hatte den Staatsschatz völlig erschöpft, und der Bedarf an Geld stieg ungeheuer. Zar Alexej Michailowitsch hatte die Steuern erhöht, aber das verarmte Volk war nicht imstande, sie zu bezahlen. Der Bojar Fedor Rtistschew glaubte eine Methode gefunden zu haben, der Staatskasse auf die Beine zu helfen. Die Folgen waren jedoch verheerend. Zur damaligen Zeit waren in Rußland silberne Münzen im Umlauf. Da der russische Staat nicht über Silber verfügte, wurden die Münzen aus ausländischem Geld hergestellt. Im allgemeinen verwendete man hierfür die sogenannten Joachimsthaler (Münzen, die in Joachimsthal geprägt waren). In Rußland wurden sie Jefimki genannt. Die lateinische Aufschrift wurde durch eine russische ersetzt. Der Jefimok kostete die Staatskasse 50 Kopeken, aber der Zar befahl, auf ihm den Rubelstempel anzubringen. Außerdem wurde entschieden, Münzen aus Kupfer für $^1/_2$, $^1/_4$ Rubel und 1, 3 und 10 Kopeken auszugeben. Ihr Wert sollte dem der silbernen entsprechen. Nach Berechnung der Finanzberater des Zaren versprach diese Reform eine Einnahme von vier Millionen Rubel für die Staatskasse, 10mal mehr als das jährliche Steueraufkommen. Die Aussicht auf die gewaltige Summe »billigen« Reichtums raubte dem Zaren fast den Verstand. Er befahl, das neue Geld sofort anzufertigen, »... in aller Eile, Tag und Nacht mit großem Eifer ...« Ganz Rußland wurde von dem billigen Geld geradezu überschwemmt. Aber der Geldumlauf unterliegt eigenen Gesetzen, die auch ein Zar nicht aufheben kann. Je mehr Geld vorhanden ist, um so geringer ist seine Kaufkraft, und um so höher steigen die Preise. Dies geschah auch damals im russischen Staat. Das einfache Volk spürte sehr bald die Folgen der Zarenreform. Die Preise für Brot und andere Lebensmittel stiegen schnell, und die Kaufleute forderten für ihre Ware nur Silber. Aber woher nehmen, wenn es in großen Mengen in den Schatzkammern des Zaren verschwand? Im Lande begann eine Hungersnot. Die Geduld des Volkes ging zu Ende, und im Jahre 1662 fand in Moskau ein Aufstand statt, der sogenannte »Kupferaufruhr«. Der Aufstand wurde grausam niedergeschlagen, aber das Volk erreichte sein Ziel.

Das Kupfergeld wurde aus dem Verkehr gezogen und durch Silbermünzen ersetzt.

In der Regierungszeit Peters I. erfolgte die Herstellung von Geld vornehmlich in der Moskauer Münze. Sie lag im Gebiet der sogenannten Chinesenstadt. Im Jahre 1711 verfügte der Senat, Silbergeld nur in diesem Münzhof herzustellen. 1724 ließ der Zar in Petersburg einen Münzhof einrichten. Die Leningrader Münze arbeitet noch heute und feierte 1971 ihr 250. Jubiläum.

Peter I. traf energische Maßnahmen, um die Förderung von Gold und Silber zu erhöhen. Trotzdem war das zaristische Rußland noch lange auf die Einfuhr dieser wertvollen Metalle angewiesen. Es gibt interessante Dokumente, die diesen Tatbestand bezeugen. So beauftragte 1734 die Regierung den Gouverneur von Irkutsk, große Silbermengen von China zu kaufen. Ungefähr um diese Zeit entdeckte der Erzkenner Akinfi Demidow, Angehöriger der mächtigen Dynastie der Uraler Bergwerksbesitzer, eine Silberlagerstätte. Nach den damals geltenden Bestimmungen gehörte Silbererz in jedem Falle dem Zaren – ganz gleich, von wem und wo es gefunden wurde. Demidow hatte jedoch nicht die Absicht, sich von seinen neuen Reichtümern zu trennen. Er prägte eigene Münzen, die sich äußerlich nicht von denen der Zarenmünzen unterschieden. Es gab nur einen Unterschied: Das Geld von Demidow enthielt mehr Silber als das staatliche. Dies ist vielleicht der einzige Fall in der Geschichte, bei dem Falschgeld wertvoller war als das echte.

Der illegale Münzhof befand sich in Newjansk, dem Stammgut der Demidows. Im Keller eines hohen Turmes prägten hier

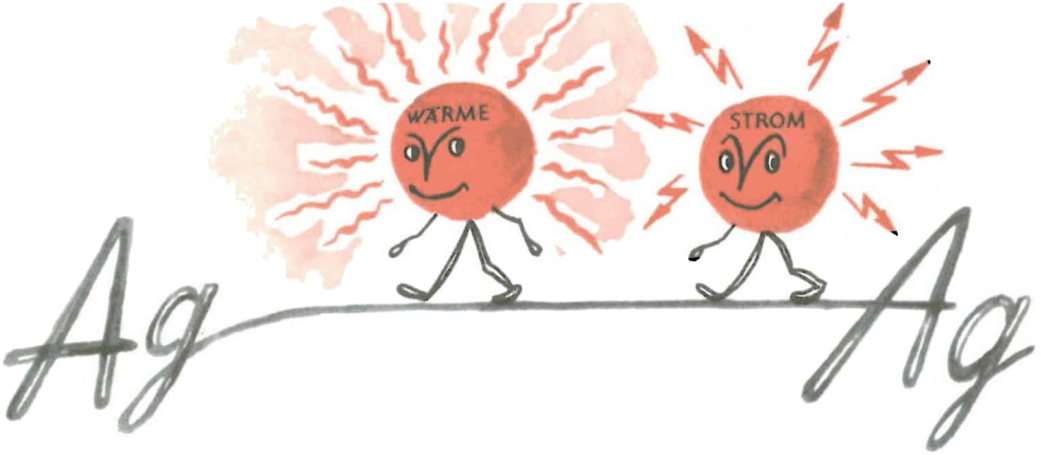
angekettete Knechte Tag und Nacht das Falschgeld. Es war ein furchtbarer Kerker, den niemand betreten durfte, damit das Geheimnis des Newjansker Turmes der Regierung nicht bekannt wurde. Trotzdem gelangten Gerüchte darüber in die Hauptstadt. Doch selbst die Zarin Anna Iwanowna riskierte es nicht, ihre guten Beziehungen zu dem ungekrönten König des Ural zu gefährden. Man erzählt aber, daß sie eines Tages, nachdem Demidow beim Kartenspiel verloren hatte und mit neuen Silbermünzen bezahlte, überraschend gefragt haben soll: »Deine oder meine Arbeit, Nikititsch?« Jener stand vom Tisch auf, schlug verwundert die Hände zusammen, neigte sein Haupt und antwortete lächelnd: »Wir sind alle Dein, Mütterchen Zarin. Auch ich und alles was ich habe, ist Dein!«

Bald darauf trat jedoch ein Ereignis ein, das zur Vernichtung des geheimnisvollen Münzhofes führte. Einem Meister Demidows war es gelungen, aus Newjansk nach Petersburg zu fliehen. Als Demidow davon erfuhr, befahl er, den Flüchtling zu beseitigen oder, falls das nicht gelänge, so schnell wie möglich der Zarin die freudige Kunde von der Entdeckung der Silberlagerstätte zu überbringen. Da der Flüchtling nicht eingefangen werden konnte, mußte man ihr die »erfreuliche Mitteilung« machen. Die Zarin schickte eine Kommission zur Aufnahme der Silberreichtümer nach Newjansk. Zwei Tage vor ihrer Ankunft befahl Demidow, die Schleusen zu öffnen, die den Keller des Turmes mit einem See verbanden. Alle Arbeiter, die Hauptzeugen der Verbrechen Demidows, verschwanden für ewig unter dem Wasser.

Silber wurde von jeher für Luxusgegenstände verwendet. Man stellte daraus unter anderem Puderdosen, Zigarrenetuis, Tabakdosen, Service, Becher, Pokale und Schmuckstücke her. Große Vorliebe für Gegenstände aus diesem Metall hegte die russische und französische Aristokratie. Für sie stellte das »Familiensilber« die Visitenkarte dar, die von ihrer adligen Abstammung und dem Reichtum der Besitzer zeugte. In dieser Hinsicht konnten nur wenige mit dem Grafen Orlow konkurrieren, der ein Silberservice aus 3275 Teilen besaß, für dessen Fertigung ungefähr zwei Tonnen reinen Silbers verwendet wurden.

Auch in der heutigen Zeit wird Silber für Schmuckgegenstände, aber auch für bestimmte technische Zwecke verwendet. Von dem Zeitpunkt an, als 1839 der französische Künstler und Erfinder Daguerre ein Verfahren zur Erzeugung von Abbildungen auf lichtempfindlichen Materialien ausarbeitete, war das Schicksal des Silbers untrennbar mit der Fotografie verbunden. In der dünnen Bromsilberschicht auf Fotoplatten und Fotopapier ist Silberbromid der Hauptakteur. Unter der Einwirkung von Lichtstrahlen, die auf die Platte fallen, zerfällt Silberbromid. Brom verbindet sich dabei mit der in der Schicht befindlichen Gelatine, und Silber wird in Form feinster Kriställchen ausgeschieden, die unter einem gewöhnlichen Mikroskop nicht einmal zu erkennen sind. Der Grad des Silberbromidzerfalls hängt von der Stärke der Beleuchtung ab. Je stärker sie ist, desto mehr Silber wird ausgeschieden.

Die weitere Bearbeitung (Entwicklung und Fixierung) führt zu einer negativen Abbildung auf der Platte, von der man das echte Bild durch Kopieren auf Fotopapier erhält.



So sehr auch die Fotografie in mehr als 100 Jahren vervollkommnet wurde, sie kann nicht auf Silber und seine Verbindungen verzichten.
Seit der Mitte des vergangenen Jahrhunderts wird Silber zur Erzeugung von Spiegeln verwendet. Glas, mit einer dünnen Silberschicht bedeckt, weist im Vergleich zu allen Metallen das beste Reflexionsvermögen auf. Es dient nicht nur als Gegenstand in unserem Haushalt, sondern auch als Instrument der Ärzte, als notwendiges Teil in Teleskopen, Mikroskopen und anderen optischen Geräten.
Kein anderes Metall kann mit dem Silber im Hinblick auf die Leitfähigkeit für Wärme und elektrischen Strom konkurrieren. Silberdrähte finden wir in physikalischen Präzisionsgeräten. Es wird für wichtige elektrische Verbindungen, in Relais und als Silberlot in Radioapparaten verwendet.
In vielen automatischen Einrichtungen, kosmischen Raketen und Unterseebooten, in Rechenmaschinen, Kernkraftanlagen, Nachrichten- und Signaleinrichtungen sind unbedingt elektrische Kontakte notwendig. Sie müssen während ihrer Betriebszeit millionenfach Ein- und Ausschaltvorgänge tätigen. Um dieser kolossalen Belastung standzuhalten, ist es notwendig, daß die Kontakte verschleißfest, zuverlässig im Gebrauch und elektrisch jederzeit funktionsfähig sind. Als Material hierfür wird meist Silber eingesetzt, das mit diesen schwierigen Bedingungen ausgezeichnet fertig wird. Besonders gut geeignet ist Silber mit einem Zusatz an seltenen Erden; die Betriebsdauer solcher Kontakte ist erheblich höher. Nach ausländischen Pressemeldungen werden Teile der Düsen für einige Düsenflugzeuge aus porösem Wolfram, dessen Poren mit Silber ausgefüllt sind, hergestellt. Weniger bekannt ist, daß sich im Wrack des Unterseebootes »Treasure« auf dem Grund des Ozeans einige Tonnen

Silber befinden, das für die Akkumulatoren verwendet worden war. Silber hat eine außerordentliche Plastizität: Aus einem Gramm Silber kann man etwa 2 Kilometer Draht herstellen.
Die lateinische Bezeichnung für Silber, Argentum, die von den Chemikern aller Länder verstanden wird, stammt aus dem Sanskrit. Dort bedeutet das Wort »argenta« soviel wie hell oder Licht.
Mit der Namensgebung der Metalle sind viele interessante Fakten und Episoden verbunden. Die Landkarte hat oft als »Wegweiser« gedient, wenn es galt, die Bezeichnung für ein neuentdecktes Element zu finden. Bei der Durchsicht des Periodensystems finden wir beispielsweise Germanium, Francium, Europium, Americium, Scandium oder Californium. Es gibt also viele solcher Beispiele. Sehr selten aber tragen geographische Erscheinungen (Flüsse, Länder, Gebirge usw.) Namen von Metallen. Für das Edelmetall Silber trifft dies jedoch zu. Einige Beispiele aus der Geschichte der Geographie bestätigen es. Im 16. Jahrhundert entdeckte der spanische Lotse de Solis an der Küste Südamerikas die Mündung eines großen Flusses. Er gab ihr ohne falsche Bescheidenheit seinen eigenen Namen. Zwei Jahre später fuhr der Kapitän Sebastian Kabot die Flußmündung aufwärts. Als das Schiff anlegte, beraubten seine Matrosen die Einwohner an den Ufern des Stromes. Kabot war erstaunt über die Mengen Silber, die seine Leute herbeischleppten. Der Kapitän gab deshalb der Flußmündung den Namen la Plata, das heißt die Silberne (vom Spanischen: plata = Silber). Die umliegenden Gebiete erhielten später die Bezeichnung La-Plata-Staaten. Als die spanische Herrschaft zu Ende war, erhielt eines dieser Länder von seinen Bewohnern einen anderen Namen. Um nicht an die traurige Periode ihrer Geschichte erinnert zu werden, wählten sie lateinische Bezeichnung für Silber (Argentum) und nannten ihr Land Argentinien.
Es gibt noch eine andere Legende, in der Silber die Rolle des Taufpaten bei einer geographischen Namensgebung spielt. 1577 stach eine englische Flottille in See, die von dem neuernannten Admiral Drake, einem berüchtigten Seeräuber, befehligt wurde. Den hohen militärischen Rang hatte ihm die Königin Elisabeth für seine langjährige und schreckenerregende Piratentätigkeit im Dienste der englischen Krone verliehen. Das Ziel der neuen Fahrt mit dem geheimen Segen der Königin war die Plünderung der spanischen Städte an der Küste Südamerikas zum Stillen Ozean. Elisabeth und ihre ehrenwerten Würdenträger waren »Teilhaber des Unternehmens Drake & Co.«.
Im Verlaufe einiger Monate durchkreuzte das Geschwader Drakes Meere und Ozeane. In einer Vielzahl von Gefechten verlor Drake vier von seinen fünf Schiffen, aber sein Flaggschiff »Goldener Hirsch« versetzte mit seinen tollkühnen und unerwarteten Überfällen nach wie vor die Bewohner der Küstenstädte in Schrecken. Eines Abends erschien der Pirat in der Nähe von Callao. Dort lagen ungefähr dreißig spanische Schiffe. Die Kühnheit Drakes war bewundernswert. Der »Goldene Hirsch« lief in den Hafen ein und lag die ganze Nacht Seite an Seite mit den Schiffen des Gegners. Die spanischen Seeleute, die ziemlich viel Rum konsumiert hatten und sich bis weit in die Nacht hinein auf dem Deck vergnügten, unterhielten

sich laut über Schiffe, die vor noch nicht allzulanger Zeit den Hafen mit wertvoller Fracht verlassen hatten. Eines von ihnen, die königliche Galione »Kakafuego«, war nach den Worten der Matrosen buchstäblich mit Schätzen vollgestopft. Als Drake das hörte, lichtete er unverzüglich die Anker und nahm die Verfolgung auf. Das Schiff des Piratenadmirals hatte nicht zufällig den Namen »Goldener Hirsch«. Nur wenige Schiffe konnten sich mit ihm in der Geschwindigkeit messen. Es war deshalb kein Wunder, daß bald darauf die Kakafuego an den Küsten Ecuadors geentert wurde. Und so beschrieb einer der Kumpanen Drakes die weiteren Ereignisse: »Am folgenden Morgen begann das Zählen und Sortieren. Es dauerte sechs Tage. Wir fanden Edelsteine, 30 Kisten Silbergeld, 80 Pfund Gold, 26 Fässer ungeprägtes Silber ... Am Ende des sechsten Tages verabschiedeten wir uns von dem Besitzer des Schiffes. Er, um einiges erleichtert, wandte sich nach Panama und wir zum offenen Meer.«

Der umsichtige Drake wußte, daß dem »Goldenen Hirsch« eine sehr lange Fahrt bevorstand. Es war nicht ausgeschlossen, daß die Spanier versuchen würden, wieder in den Besitz ihrer Schätze zu kommen, die sie selbst den Bewohnern Südamerikas geraubt hatten. Durch die Überlastung des Piratenschiffes mit den wertvollen Metallen wurde aber die Fahrt sehr verlangsamt. Sollte Vernunft oder Habgier dominieren? Drake fällte die richtige Entscheidung: 45 Tonnen ungeprägtes Silber flogen über Bord. In Erinnerung an die Silberschätze, von denen er sich trennen mußte, nannte der Piratenadmiral eine in der Nähe liegende Insel La Plata.

Dies ist natürlich nicht der einzige Fall, in

dem Gold, Silber oder andere Kostbarkeiten auf den Boden des Meeres gelangten. Bei unzähligen Schiffbrüchen in der jahrhundertealten Geschichte der Seefahrt verschlangen die Fluten beträchtliche Reichtümer. Das hat von jeher viele Menschen veranlaßt, nach diesen Schätzen zu suchen. Aber es gelingt nur selten, sie der Gewalt des Ozeans zu entreißen. Dennoch gab es immer wieder Menschen, die versuchten, in den Besitz der versunkenen Kostbarkeiten zu kommen. Dabei gab es oft interessante Begebenheiten und Ereignisse. Über einige – soweit sie mit Silber in Verbindung stehen – soll noch kurz berichtet werden.

Im Jahre 1939 holte an der Küste von Florida ein Fischer aus geringer Tiefe einige schwere, längliche Steine. Eine Zeitlang verwendete er sie als Ballast in seinem Boot, dann warf er sie ins Meer. Zufällig blieb ein Stein zurück, den der Alte als »Amboß« für das Geraderichten von Nägeln verwendete. Es vergingen zwei Jahre. Von den häufigen Schlägen wurde der Stein an einer Stelle weich und glänzend. Dem Fischer ging ein »Licht« auf! Er merkte, daß sein »Amboß« aus reinem Silber bestand. Doch anstatt sich zu freuen, weinte der Fischer fast vor Kummer. Was war er doch für ein alter Narr! Wie konnte er mit eigenen Händen die von Gott gesandten Reichtümer über Bord werfen? Was für ein Unglück! Aber noch schien nicht alles verloren. Der Alte eilte zu dem Platz, an dem viele dieser Steine gelegen hatten. Er durchsuchte kreuz und quer die Bucht. Aber es gelang ihm nicht, in der Kette von einförmigen Riffen die Stelle zu finden, an welcher er die Ballaststeine herausgezogen hatte.

Erfolgreicher war der amerikanische Taucher McKee. Im Mai 1949 beschäftigte er sich mit Unterwasseraufnahmen an der Küste Floridas. Eines Tages bemerkte McKee in 20 Meter Tiefe die Trümmer eines Schiffes. Bei der näheren Untersuchung des Wrackes entdeckte der Schwimmer einige Kanonen, den Anker und drei schwere, mit einem Belag überzogene längliche Blöcke. Es kostete McKee viel Kraft und Mühe, diese schweren Blöcke an die Oberfläche zu holen. Er wurde dafür reich belohnt, denn die mit NATA bezeichneten Blöcke waren aus reinem Silber. Als er den Fund ins Washingtoner historische Museum gebracht hatte, stellten Spezialisten fest, daß das Zeichen von einer alten Silbergrube in Panama verwendet wurde. Das vom Taucher entdeckte Schiff war eine der 14 spanischen Galionen, die während eines furchtbaren Orkans versunken sind, der an diesem Platz im Frühjahr des Jahres 1715 gewütet hat.

Sowohl der Fischer von Florida als auch McKee wurden zu Schatzsuchern, ohne es von vornherein gewollt zu haben. Wesentlich häufiger wird die Suche nach verschwundenen Schätzen an Hand vorher gefaßter Pläne durchgeführt. Aber auch die Teilnehmer speziell ausgerüsteter Unterwasserexpeditionen kehrten häufig mit leeren Händen an das Ufer zurück. Manchmal kam der Erfolg auch erst nach fast aussichtslos erscheinendem Einsatz. In dieser Weise war Fortuna beispielsweise einem gewissen William Phipps hold, als er am Ende des 17. Jahrhunderts im Auftrag des englischen Königs James II. versuchte, die Schätze der spanischen Galione zu heben, die bei den Bahama-Inseln versunken waren. Tage, Wochen, Monate vergin-

gen, aber es gelang nicht, die Reste des untergegangenen Schiffes zu finden. Nachdem ein Jahr vergangen war, gab sich Phipps geschlagen. Er rief seine Hauptleute zu einer Versammlung und erklärte ihnen, daß er die Suche abbrechen wolle. Dabei stampfte er voller Zorn mit dem Fuße auf. Durch die Erschütterung fiel unter dem Tisch ein sonderbarer Gegenstand um. Er ähnelte dem Bruchstück eines Korallenriffes, war aber von ungewöhnlich regelmäßiger Gestalt. Phipps zerschlug das Gebilde mit einem Beil. In der Korallenhülle verbarg sich eine Kiste aus Silber, die mit Gold- und Silbermünzen gefüllt war. Das »Korallenstück« hatte ein eingeborener Taucher gefunden. Am gleichen Ort gingen nun Phipps Taucher auf die Suche. Sie brachten noch einige Dutzend solch kostbarer Funde an Deck. Phipps selbst tauchte mehrmals mit einer von ihm gebauten Taucherglocke. Während dreier Monate gelang es der Expedition, 30 Tonnen Silber, fast ebensoviel Gold und eine große Menge Kisten mit Münzen an die Oberfläche zu bringen. Der Wert der zu Tage geförderten Schätze betrug 300 000 Pfund Sterling (nach heutiger Währung mehr als eine Million Pfund).

Obwohl solche Glücksfälle äußerst selten sind, wächst die Armee der »Unterwasser-Glückssucher« ständig. Allerdings haben die modernen Taucher größere Erfolgschancen als die Taucher von Phipps, die sich nur auf ihre Lungen verlassen konnten.

»Fest«, aber ... weich – Zinn

Sn

Das Scheitern der Expedition · Eine ansteckende Krankheit, Zinnpest · Das Verschwinden der Knöpfe · An allem sind die Hexen schuld · Atome verändern ihre Lage · »Vakzin« gegen die Pest · Zinngeschrei · Das Schicksal des Zinnsoldaten · Der Fund im Grab · Hephaistos rüstet Achill aus · Das Gold der Azteken · Julius Cäsar kann es bestätigen · Gewichtiges Exponat · »Delphin« auf Suche · Der mißlungene Bankraub

Im Jahre 1910 rüstete der englische Polarforscher Kapitän Robert Scott eine Expedition aus, deren Ziel es war, den Südpol zu erreichen, den bis zu dieser Zeit noch keines Menschen Fuß betreten hatte. Viele Monate kämpften sich die mutigen Reisenden durch die Schneewüsten des antarktischen Festlandes. Auf ihrem Weg errichteten sie kleine Lager mit Lebensmitteln und Benzin als Vorräte für den Rückweg. Zu Beginn des Jahres 1912 erreichte die Expedition endlich den Südpol. Zu seiner großen Enttäuschung entdeckte Scott dort ein Zeichen, aus dem er entnahm, daß einen Monat früher der norwegische Polarforscher Amundsen den Pol bereits erreicht hatte.

Viel größere Sorgen erwarteten Scott aber auf dem Heimweg. Im ersten Lager war kein Benzin. Die Blechbüchsen, in denen man es aufbewahrt hatte, waren leer. Die müden, durchfrorenen und hungrigen Menschen konnten sich nicht erwärmen und waren nicht imstande, sich das Essen zu bereiten. Mit Mühe gelang es ihnen, bis zum nächsten Lager zu kommen. Aber auch dort fanden sie leere Kanister. Das Benzin war ausgelaufen. Scott und seine Freunde hatten nun nicht mehr die Kraft, dem Polarfrost und dem starken Sturm, der sich in dieser Zeit in der Antarktis entlud, zu widerstehen. Wie erklärt sich das rätselhafte Verschwinden des Benzins? Warum endete die sorgfältig vorbereitete Expedition so tragisch? Welcher Fehler war Kapitän Scott unterlaufen? Die Antwort auf diese Frage war denkbar einfach. Die Blechkanister waren mit Zinn verlötet. Vielleicht wußten die Reisenden nicht, daß das Zinn bei Frost »erkrankt«. Das glänzende weiße Metall wird mattgrau und zerfällt zu Pulver. Diese Erscheinung, bekannt unter dem Namen »Zinnpest«, spielte die verhängnisvolle Rolle für das Schicksal der Expedition. Die Neigung des Zinns zum Zerfallen in der Kälte war lange vor diesem Ereignis bekannt. Schon im Mittelalter bemerkten Besitzer von Zinngefäßen, daß diese bei starkem Frost rasch Beulen bekamen, die sich ständig ausbreiteten, bis schließlich die Gefäße ganz zerfielen. Außerdem wußte man, daß sich sogar bei milder Kälte der einmal eingeleitete Zerfall des Zinns langsam fortsetzt und die Zinnpest von den erkrankten Gegenständen durch Berührung auf gesunde übertragen wird.

Am Ende des vergangenen Jahrhunderts wurden Eisenbahnwaggons, die mit Zinnblöcken beladen waren, von Holland nach Rußland transportiert. Als in Moskau die Waggons geöffnet wurden, entdeckte man darin nur ein graues, unbrauchbares Pulver. Der russische Winter hatte den Empfängern des Zinns einen bösen Streich gespielt.

Zur gleichen Zeit schickte man eine gut ausgerüstete Expedition nach Sibirien. Es schien, als sei sie für die Arbeit im sibirischen Frost mit allem versorgt. Aber an eines hatten die Teilnehmer nicht gedacht. Ihr Geschirr war aus Zinn, das unterwegs seine Gestalt verlor. Man mußte sich Löffel und Schüsseln aus Holz anfertigen; erst dann konnte die Expedition ihren Weg fortsetzen.

In den ersten Jahren des 20. Jahrhunderts ereignete sich in einem Militärmagazin von Petersburg eine skandalöse Geschichte: Während einer Revision entdeckte man zum Entsetzen des Intendanten, daß die Zinnknöpfe für die Uniformen der Solda-

ten verschwunden waren. In der Kiste, in der man sie aufbewahrt hatte, befand sich nur grauer Staub. Obwohl es im Magazin grimmig kalt war, wurde dem Intendanten siedend heiß. Sicher würde man ihn des Diebstahls bezichtigen, und dies bedeutete nichts anderes als Zwangsarbeit! Den Ärmsten rettete aber das Gutachten des chemischen Laboratoriums, in dem es heißt: »Bei dem von Ihnen übergebenen Stoff handelt es sich ohne Zweifel um Zinn. Augenscheinlich liegt hier eine Erscheinung vor, die in der Chemie unter der Bezeichnung »Zinnpest« bekannt ist.«

Welche Prozesse liegen dieser Umwandlung des Zinns zugrunde? Unwissende Geistliche des Mittelalters glaubten, die »Zinnpest« würde durch Hexerei hervorgerufen. Deshalb wurden viele völlig unschuldige Frauen auf dem »reinigenden« Feuer verbrannt. Mit der Entwicklung der Wissenschaft wurde der Unsinn solcher Behauptungen offenbar, aber die wahren Ursachen der Zinnpest konnten die Wissenschaftler noch lange nicht finden. Erst nachdem die Metallkundler die Röntgenanalyse zur Verfügung hatten, die es ihnen erlaubt, in das Innere des Metalls zu schauen und seinen kristallinen Aufbau zu bestimmen, konnten sie sich diese rätselhafte Erscheinung erklären. Zinn hat, wie im übrigen auch andere Metalle, verschiedene kristallographische Strukturen. Bei Zimmertemperatur und höheren Temperaturen ist die stabile Modifikation das weiße Zinn, ein weiches, plastisches Metall. Bei Temperaturen unter 13 Grad Celsius ordnet sich das Kristallgitter des Zinns um, so daß die Atome eine weniger dichte Pakkung im Raum annehmen. Die neue Modifikation, das graue Zinn, verliert die Metalleigenschaften und wird ein Halbleiter. Die dabei entstehenden inneren Spannungen führen dazu, daß das Material reißt und zu Pulver zerfällt. Die Umwandlung in die neue Modifikation erfolgt um so schneller, je niedriger die Umgebungstemperatur ist. Bei minus 33 Grad Celsius erreicht die Umwandlungsgeschwindigkeit ein Maximum. Aus diesem Grund zerstört starker Frost schnell und erbarmungslos alle Geräte aus Zinn.

Trotzdem wird Zinn in großem Umfang zum Löten und Verzinnen von Apparaten, Leitungen und Geräteteilen benutzt. Die Fertigprodukte werden auch in den kalten Zonen unseres Planeten gebraucht. Werden sie dort nicht auch durch die Zinnpest zerstört? Das ist selbstverständlich nicht der Fall, denn unsere Wissenschaftler haben erkannt, daß Zinn »geimpft« werden muß, um es vor der Pest zu schützen. Als »Vakzin« dienen zum Beispiel Blei, Antimon

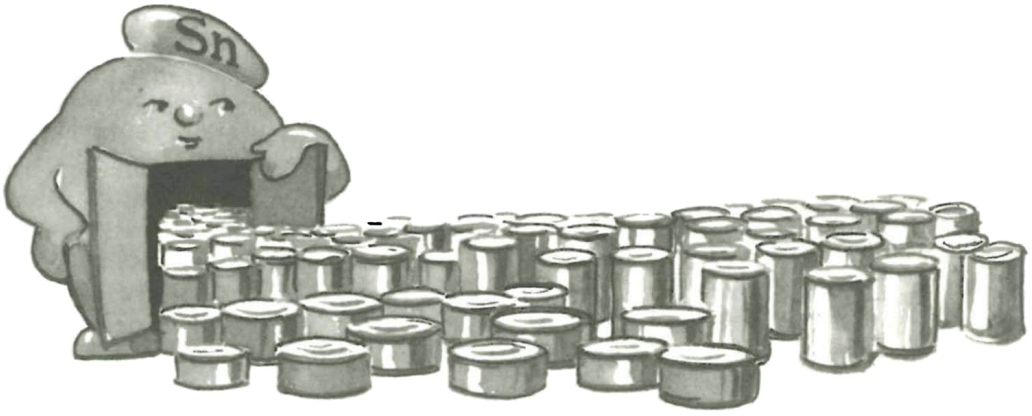
und Wismut. Deren Atome bringen zusätzliche Elektronen in das Kristallgitter des Zinns und stabilisieren seinen metallischen Zustand. Dadurch wird die Möglichkeit einer Erkrankung völlig ausgeschaltet.

Reines Zinn hat eine interessante Eigenschaft. Beim Biegen von Stangen oder Platten aus diesem Metall hört man ein leises Knistern – das »Zinngeschrei«. Dieses charakteristische Geräusch entsteht als Folge der inneren Reibung der Zinnkristalle bei ihrer Verschiebung und Deformation. Bei Legierungen von Zinn mit anderen Metallen tritt dieser akustische Effekt nicht auf.

Fast die Hälfte der Zinnproduktion der Welt wird heute für die Erzeugung von Weißblech verbraucht. Dieses wird hauptsächlich zur Herstellung von Konservendosen verwendet, denn dafür hat es besonders wertvolle Eigenschaften: chemische Beständigkeit gegenüber Sauerstoff, Wasser, organischen Säuren und die vollständige Unschädlichkeit seiner Salze für den menschlichen Organismus. Zinn löst diese Aufgabe meisterhaft und hat praktisch keine Konkurrenten. Nicht zufällig nennt man es das Metall der Konserven. Dank der dünnen Zinnschicht, die das Blech bedeckt, haben wir die Möglichkeit, Millionen Tonnen Fleisch, Fisch, Früchte, Obst- und Milchprodukte längere Zeit aufzubewahren. Für das Auftragen der Zinnschicht verwendet man vor allem ein Schmelztauchverfahren. Dabei wird das gereinigte und entfettete Eisenblech in geschmolzenes Zinn eingetaucht. Ein anderes modernes Verfahren, auch für einseitige Verzinnung geeignet, verwendet galvanische Bäder.

Verhältnismäßig einfach ist es, Zinn und Stahlblech wieder zu trennen. Zinn löst sich leicht in Basen. Aus der basischen Lösung wird es mit Hilfe des elektrischen Stromes extrahiert. Auf diese Weise kann man z. B. die wertvolle Zinnschicht auf Konservendosen (je Dose ungefähr 0,5 Gramm) für die Wiederverwendung zurückgewinnen. Ein anderes Verfahren zur Trennung von Blech und Zinn beruht auf einer besonderen Eigenschaft des Elements: Zinn reagiert leicht mit Chlor. Wenn man über alte, verzinnte Konservendosen einen Strom trockenen Chlorgases leitet, bildet sich das leichtflüchtige Zinnchlorid. Daraus kann auf einfache Art und Weise reines Zinn gewonnen werden.

Zinn ist eines der am leichtesten schmelzenden Metalle. Erinnern Sie sich, wie im Märchen von Hans Christian Andersen der standhafte Zinnsoldat im Feuer zerschmolz, als ihn der böse Junge in den Ofen warf? Die leichte Schmelzbarkeit des Zinns



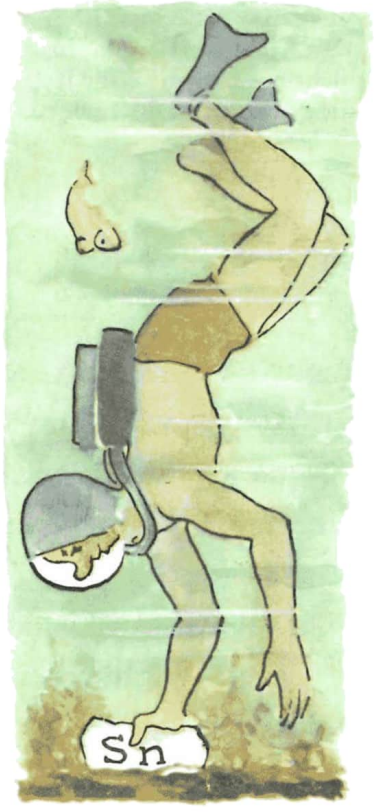
ist die Ursache für seine breite Anwendung als Grundkomponente von Loten. Eine Legierung mit 16 Prozent Zinn, 52 Prozent Wismut und 32 Prozent Blei kann man schon durch siedendes Wasser zum Schmelzen bringen. Die Schmelztemperatur dieser Legierung beträgt 96 Grad Celsius, obwohl die darin enthaltenen Elemente einzeln erst bei sehr viel höherer Temperatur schmelzen: Zinn bei 232, Wismut bei 271 und Blei bei 327 Grad Celsius. Legierungen dieses Typs werden in der Elektrotechnik als Sicherungen verwendet. Auch verschiedene Bronzen, typographische Legierungen und Lagermetalle, die besonders gute Verschleißfestigkeit haben, enthalten Zinn. Chemische Verbindungen des Zinns sind in der Technik weit verbreitet. Zinnchlorid und Zinnchlorür beispielsweise dienen zum Beizen und Färben von Wolle und Seide. Naturseide ist sehr leicht und läßt sich schlecht färben. Bei seiner Bearbeitung mit Lösungen von Zinnverbindungen entsteht an der Oberfläche des Seidenfadens ein Hydrat des Zinn-(II)-oxids. Das Gewebe wird dadurch zwar um das Doppelte schwerer, erhält aber die Fähigkeit, das Färbungsmittel an seine Oberfläche zu binden.

Zur Rotfärbung von Porzellan und Glas verwendet man einen Purpur, der sich bei der Einwirkung von Zinnchlorid auf eine Lösung mit Goldchlorid bildet. Als Goldfarbe kann Zinn-(II)-sulfat, das sogenannte »Flittergold«, verwendet werden.

Im Krieg wurde Zinnchlorid zur Erzeugung von künstlichem Nebel verwendet. Dieser Stoff reagiert leicht mit Wasser und bildet einen dichten Nebel aus Zinn-(II)-oxid. Das Metall Zinn war den Menschen schon in grauer Vorzeit bekannt. Am Anfang wurde es lediglich in Verbindung mit Kupfer verwendet. Die Legierungen dieser Metalle, Bronzen genannt, waren bereits lange vor unserer Zeitrechnung bekannt. Bronzewaffen sind wesentlich härter als solche aus Kupfer. Offensichtlich wird dadurch auch die lateinische Bezeichnung für Zinn, stannum, erklärt. Im Sanskrit hat das Wort »stan« die Bedeutung von fest. Das Zinn selbst ist in reiner Form ein weiches Metall und recht-

fertigt in keiner Weise diese Bezeichnung.
Geräte aus Bronze wurden in Gräbern gefunden, die fast 60 Jahrhunderte alt sind. Plinius der Ältere versicherte, daß die »besten Spiegel, die bereits unseren Urvätern bekannt waren, in Brundisium aus Gemischen von Kupfer und Zinn hergestellt wurden«.
Seit wann die Menschen Zinn in reiner Form verwenden, ist schwer festzustellen. In einem ägyptischen Grabmal, das aus der Epoche der 18. Dynastie (von 1580 bis 1350 v. u. Z.) stammt, wurden ein Ring und eine Flasche aus Zinn gefunden. Man zählt sie zu den ältesten Zinngeräten. Homer erzählt in der Ilias, wie der Gott des Feuers und des Schmiedehandwerks, Hephaistos, für den Helden Achill einen Schild schmiedete:
»Drauf auch ein Rebengefilde, von schwellendem Weine belastet,
Bildet' er schön aus Gold, doch schwärzlich glänzten die Trauben;
Und es standen die Pfähle gereiht aus lauterem Silber.
Rings dann zog er den Graben von dunkeler Bläue des Stahles,
Samt dem Gehege von Zinn.
Eine Herd' auch schuf er darauf hochhauptiger Rinder;
Einige waren aus Golde geformt, aus Zinne die andern.«
In einer alten Begräbnisstätte der peruanischen Indianer entdeckten Wissenschaftler reines unbearbeitetes Zinn, das augenscheinlich für die Herstellung von Bronze bestimmt war. Die hier Bestatteten waren wahrscheinlich ausgezeichnete Metallurgen und kunstfertige Meister bei der Herstellung von Bronzeteilen. Man vermutet, daß die Inkas Zinn in reiner Form nicht verwendeten, denn irgendwelche zinnerne Gebrauchsgegenstände waren nicht zu finden.
Der spanische Konquistador Fernando Cortez, der zu Beginn des 16. Jahrhunderts Mexiko eroberte, schrieb: »Einige kleine Zinnstücken in Form sehr feiner Münzen wurden in der Provinz Taksko gefunden. Die Suche fortsetzend, entdeckte ich, daß in dieser Provinz und auch in vielen anderen Zinn als Geld verwendet wurde.«
1925 führte man in England Ausgrabungen in der Nähe eines alten Schlosses durch, das im 3. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung gebaut wurde. Die Archäologen fanden kleine Schmelzöfen mit zinnhaltigen Schlacken. Das bedeutet, daß hier vor 2000 Jahren eine Zinnmanufaktur bestand. Auch Julius Cäsar erwähnt in seinem Buch »Kommentare zum Gallischen Krieg« die Produktion von Zinn in einigen Gebieten Britanniens. Die wichtigste Zinnquelle war schon in alter Zeit das Mineral Kassiterit oder Zinnstein. Die größten Lagerstätten dieses wertvollen Minerals befinden sich auf dem Malaiischen Archipel. In der Sowjetunion findet man Zinnerze im Fernen Osten, am Baikal und in Kasachstan. In einem Kombinatsmuseum am Ussuri wird ein seltenes Stück Zinnstein aufbewahrt. Seine Abmessung ist nicht groß, 30 × 20 Zentimeter bei einer Dicke von 8 Zentimetern. Er wiegt aber fast 25 Kilogramm.
Vor einigen Jahren wurde ein transportables Gerät geschaffen, der Gamma-Resonanz-Zinnsucher. Um den Gehalt von Zinn im Erz mit einer Genauigkeit bis zu einem hundertstel Prozent zu bestimmen, benötigen die mit einem solchen Gerät

ausgerüsteten Geologen nur einige Minuten. Der besondere Wert dieses Geräts besteht darin, daß es nur auf Kassiterit anspricht und nicht auf Stannin, ein anderes zinnhaltiges Mineral, das aber als Rohstoff für die Zinnerzeugung nicht geeignet ist. Geologen suchten jedoch Kassiterit nicht nur auf dem Festland, sondern auch unter Wasser. Vor nicht allzulanger Zeit wurde eine Zinnlagerstätte im Japanischen Meer in der Bucht von Tichangoi gefunden. Mit Hilfe von Tauchern des Clubs »Delphin« überprüften die Geologen sorgfältig den Meeresboden dieser Bucht. Wie es scheint, wird der alte Poseidon bald gezwungen werden, sich von einem Teil seiner Schätze zu trennen.



Der Mangel an Zinn veranlaßte die Forscher und Ingenieure, ständig nach einem Ersatz für dieses Metall zu suchen, zumal Zinn immer neue Anwendungsgebiete findet. Die amerikanische Firma Ford Motor baute unlängst eine Fabrik, in der eine interessante Methode für die kontinuierliche Herstellung von Fensterglas mit einer Breite von 2,5 Metern angewendet wird. Das geschmolzene Glas gelangt aus den Öfen in eine 53 Meter lange Wanne und fließt hier auf eine Schicht flüssigen Zinns. Weil die metallische Schmelze eine ideal glatte Oberfläche hat, wird auch das Glas, das darauf abkühlt und erstarrt, vollständig eben, so daß Schleifen und Polieren nicht mehr notwendig sind. Dadurch werden die Produktionskosten wesentlich gesenkt.

Die Biographie des Zinns wäre nicht vollständig, wenn nicht eine Geschichte erwähnt würde, die beinahe einer Kriminalkomödie gleichkommt. Der zweite Weltkrieg ging seinem Ende entgegen. Die Regierenden des »Unabhängigen Slowakischen Staates«, den Hitler 1939 auf dem Territorium der Tschechoslowakei zusammengezimmert hatte, wußten sehr wohl, daß ihnen in naher Zukunft Macht und Reichtum verlorengingen. Deshalb wollten sie rechtzeitig Vorsorge treffen. Sie planten den Raub des staatlichen Goldfonds, der durch die Arbeit des slowakischen Volkes geschaffen worden war. Die Patrioten unter den Angestellten der Bank beschlossen, dies zu vereiteln. Ein Teil des Goldes

wurde von ihnen im geheimen in eine Schweizer Bank überführt und dort zum Nutzen der Tschechoslowakischen Republik bis zum Ende des Krieges blockiert. Ein weiterer Teil konnte durch die Partisanen in Sicherheit gebracht werden. Der Rest des Goldes verblieb in den Safes der Bratislavaer Bank, wo es ohne Zustimmung des Leiters der Bank nicht entnommen werden konnte. Der Direktor der Bank verweigerte dagegen den Kollaborateuren entschieden die Herausgabe des Goldes. Diesen blieb nur ein gangbarer Weg – die Besetzung der Bank mit Gewalt. Einer der Rädelsführer der Marionettenregierung berichtete insgeheim dem deutschen Gesandten in Bratislava über die Werte, die im gepanzerten Keller der Bank lagerten, und bat um deutsche Soldaten für die »Bankoperation« zur Konfiszierung des Goldes. Zwar mußte man als dritten Kompagnon noch einen General der Waffen-SS zu Hilfe nehmen, aber es gab keinen Zweifel, daß der Raub erfolgreich durchgeführt werden würde. Die SS-Leute umstellten die Bank, und ein Offizier befahl den Angestellten unter Androhung der Erschießung die Herausgabe der Goldvorräte. Die Kumpane rieben sich froh die Hände, denn sie ahnten nicht, daß in den Kisten anstelle von Gold Zinnblöcke verwahrt waren, die der Direktor der Münze in weiser Voraussicht dafür vorbereitet hatte. Die Angestellten der Bank aber überprüften noch einmal die Verschlüsse zu den Verstecken, in denen sie das richtige Gold verborgen hatten. Voller Zuversicht erwarteten sie die Befreiung ihres Landes von der Hitlerarmee.

Das »in Qualen« Geborene – Tantal

Ta

Die Qualen des Tantalus · Die Ähnlichkeit irritiert · Heinrich Rose schafft Klarheit · Hand in Hand · Vorahnungen trügen nicht · »Stellen Sie sich vor« · Von der Größe eines Streichholzkopfes · Das Interesse für Tantal wächst · Königswasser ist machtlos · Humane Mission · Ungewöhnliche Temperaturen sind nicht gefürchtet · Beneidenswerte Beständigkeit · In den Händen der Juweliere · Der Aufwand lohnt sich

»Einst hatte König Tantalus, der geliebte Sohn des Zeus, die Götter der Griechen zu Gast geladen. Zum üppigen Festmahl reichte er ihnen das Fleisch seines Sohnes Pelops. Über diese Grausamkeit erzürnt, verdammten die Götter Tantalus zur ewigen Qual des Durstes, des Hungers und der Furcht in die Unterwelt. Seit dieser Zeit steht er dort in einem Fluß, dessen Wasser ihm bis zum Halse reicht. Von den Ufern neigen sich ihm unter der Last reifer Früchte die Zweige der Bäume zu, und über ihm erheben sich drohend mächtige Felsen. Wenn der vom Durst Gequälte den Mund öffnet, um zu trinken, weicht das Wasser zurück. Streckt er die Hand nach den saftigen Früchten aus, erhebt der Wind die Zweige, damit sie der vom Hunger geschwächte Sünder nicht erreichen kann.« So berichtet eine alte griechische Sage von den »Qualen des Tantalus«.

Es ist möglich, daß der schwedische Chemiker A. G. Ekeberg an die Qualen des Tantalus denken mußte, als er versuchte, das Oxid des von ihm im Jahre 1802 entdeckten Elements in Säuren zu lösen. Oft wähnte er sich am Ziel seiner Wünsche, aber es gelang ihm nicht, das reine Metall auf diesem Wege zu erhalten. Da alles Mühen und Plagen umsonst war, nannte er den Neuling der Elemente Tantal.

Im Laufe der Zeit stellte man fest, daß Tantal einen nahen Verwandten hat, das Kolumbium. Dieses Element hatte der Engländer Charles Hatchett im Jahre 1801 entdeckt. Die Ähnlichkeit zwischen Tantal und Kolumbium ist so verblüffend, daß viele Chemiker irregeführt wurden und annahmen, es handle sich um ein und dasselbe Element, um Tantal. Diese falsche Einschätzung galt mehr als 40 Jahre. Erst

1844 gelang es dem deutschen Chemiker Rose, diese verworrene Frage zu klären und nachzuweisen, daß sowohl Kolumbium als auch Tantal ihren eigenen Platz im Periodensystem der Elemente haben. Rose gab dem Kolumbium einen neuen Namen. Er nannte es Niob. Damit unterstrich er die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen beiden Metallen, denn in der griechischen Mythologie ist Niobe die Tochter des Tantalus.

Die Verwendung der beiden Metalle im Dienste des Menschen war aber noch eine

Frage der Zeit. Jahrzehntelang nahm die industrielle Welt von Tantal keinerlei Notiz. Die Erzeugung des Metalls in reiner, kompakter Form gelang erst ein Jahrhundert nach seiner Entdeckung im Jahre 1903. Die Forscher erkannten dabei seine Schwerschmelzbarkeit und empfahlen es für die Herstellung von Glühfäden in elektrischen Lampen. Dort wurde es aber durch Wolfram, das noch schwerer schmilzt, bald wieder verdrängt.
Und wieder vergingen Jahre, bis man für Tantal neue Verwendungsmöglichkeiten fand, denn noch immer wurden die Elemente bevorzugt, deren ausgezeichnete Kennwerte bereits durch die Wissenschaftler bestätigt waren. Aber auch für Tantal mußte seine Zeit kommen. Im Jahre 1922 wurde es für Gleichrichter und ein Jahr später auch für Radioröhren mit Erfolg verwendet. Für die Gewinnung des Metalls wurden industrielle Methoden ausgearbeitet. Das erste industrielle Halbfabrikat aus dem Jahre 1922 war nicht größer als ein Streichholzkopf.

Die Erdrinde enthält lediglich 0,0002 Prozent Tantal. Die Natur ist aber verhältnismäßig reich an Tantalmineralen. Man kennt mehr als 130, in denen auch gleichzeitig Niob enthalten ist. Der wichtigste Rohstoff für die Tantalgewinnung ist Kolumbit. Große Lagerstätten dieses Minerals befinden sich in Afrika und Südamerika.
Bis zum zweiten Weltkrieg betrug die jährliche Förderung an Tantal-Nioberz ungefähr 600 bis 900 Tonnen, im Jahre 1944 war sie bereits auf das Mehrfache gestiegen. Allein in den Vereinigten Staaten von Amerika erhöhte sich die Tantalproduktion von 1940 bis 1944 um das 12fache. Das gewachsene Interesse für Tantal erklärt sich sehr einfach. Damals erkannte die Wissenschaft viele wertvolle Eigenschaften dieses Elements, für die sich die Vertreter der Technik bald lebhaft interessierten.
Tantal ist ein hellgraues Metall mit leicht bläulicher Tönung. Im Hinblick auf seine Schmelzbarkeit (Schmelztemperatur ungefähr 3000 Grad Celsius) wird es lediglich von Wolfram und Rhenium übertroffen. Hohe Festigkeit und Härte verbinden sich mit hervorragenden plastischen Eigenschaften. Reines Tantal läßt sich gut mechanisch bearbeiten und leicht schmieden. Es kann zu dünnsten Blechen (Dicke ungefähr 0,04 Millimeter) und Drähten verarbeitet werden.
Die wichtigste Eigenschaft des Tantals ist zweifellos seine ausgezeichnete chemische Beständigkeit. In dieser Hinsicht wird es nur von den Edelmetallen übertroffen und auch da nicht in jedem Falle. Tantal löst sich nicht einmal in solch bekannten »Aggressoren« wie Königswasser und konzentrierte Salpetersäure. Bei 200 Grad Celsius unterliegt Tantal in 70prozentiger Sal-

petersäure keinerlei Korrosion. Auch in Schwefelsäure wird bei 150 Grad Celsius kein Angriff beobachtet, und bei 200 Grad Celsius beträgt der Abtrag lediglich 0,006 Millimeter im Jahr. Tantal ist deshalb ein ausgezeichnetes Konstruktionsmaterial für die chemische Industrie.

Tantalapparaturen verwendet man zur Erzeugung von Säuren (Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure, Essigsäure), Wasserstoffperoxid, Brom und Chlor. In einem Betrieb, der gasförmigen Chlorwasserstoff verarbeitete, hielten Teile aus nichtrostendem Stahl etwa zwei Monate, dagegen haben dünnste Teile aus Tantal (0,3 bis 0,5 Millimeter) fast unbegrenzte Haltbarkeit. Die Betriebsdauer wurde bis auf 20 Jahre erhöht. Nur vor Flußsäure muß Tantal kapitulieren.

Tantalkatoden verwendet man bei der elektrolytischen Gewinnung von Gold und Silber. Dafür sind sie besonders geeignet, da man den Niederschlag von Gold und Silber lösen kann, ohne die Katoden zu beschädigen. Eine weitere wertvolle Eigenschaft des Tantals ist seine gute biologische Verträglichkeit mit dem Gewebe von Lebewesen. Auch wenn Tantalteile längere Zeit mit Geweben in Berührung sind, tritt keine Reizung auf. Auf dieser Eigenschaft beruht die breite Anwendung in der Medizin. Platten aus diesem Metall verwendete man bei Verletzungen des knöchernen Schädels. In der Literatur wird über einen Fall berichtet, bei dem aus einer Tantalplatte ein künstliches Ohr angefertigt und mit verpflanzter Oberschenkelhaut überzogen wurde. Tantalgarn dient als Ersatz für

Muskelgewebe. Mit Hilfe von Tantal verstärkten Chirurgen nach der Operation die Wände der Bauchhöhle. Tantaldrahtklammern werden erfolgreich für das Zusammenfügen von Blutgefäßen eingesetzt. Netze aus Tantal verwendet man zur Herstellung von Augenprothesen.
Für medizinische Zwecke werden lediglich fünf Prozent der Weltproduktion von Tantal verwendet. Etwa 20 Prozent verbraucht die chemische Industrie. Hauptabnehmer dieses Metalls und seiner Verbindungen (mehr als 45 %) sind die Metallurgen. In den letzten Jahren wird Tantal immer häufiger als Legierungselement in Spezialstählen verwendet, und zwar in ultrafesten, korrosionsbeständigen und warmfesten Stählen. Tantal wirkt auf Stahl ähnlich wie Niob. Zusätze dieser Elemente zu gewöhnlichem korrosionsbeständigem Chromstahl erhöhen seine Festigkeit und erniedrigen die Sprödigkeit nach dem Härten und Anlassen.
Ein sehr wichtiges Einsatzgebiet des Tantals ist die Produktion warmfester Legierungen, die mehr und mehr für Raketen und die kosmische Technik benötigt werden. Ausgezeichnete Eigenschaften weist eine Legierung auf, die 90 Prozent Tantal und 10 Prozent Wolfram enthält. Bleche aus dieser Legierung kann man noch bei einer Temperatur von 2500 Grad Celsius verwenden. Im Ausland zählt man diese Legierung zu den zuverlässigsten für die Herstellung der entscheidenden Teile kosmischer Raumschiffe, zum Beispiel für Düsen, Auspuffrohre, Teile des Gaskontroll- und des Reguliersystems. Die Düsen der Raketen, die mit flüssigen Metallen wie Lithium oder Natrium gekühlt werden, müssen aus Tantallegierungen hergestellt sein, denn die bei anderen Metallen auftretende Korrosion würde den Raketenbetrieb unmöglich machen.
Noch erstaunlichere Warmfestigkeit zeigen Teile aus der Tantal-Wolfram-Legierung, wenn sie mit einer Schicht Tantalkarbid überzogen sind, dessen Schmelztemperatur 4000 Grad Celsius beträgt. In Raketen widerstanden solche Düsen Temperaturen, bei denen die Legierung ohne diese Schutzschicht schnell korrodiert und zerstört worden wäre.
Seine große Wertschätzung genießt Tantalkarbid nicht nur durch seine Warmfestigkeit, sondern auch durch seine Härte, die der von Diamant nahe kommt. Tantalkarbid wird deshalb in großem Umfang bei der Produktion von Hartlegierungen verwendet. Wenn zum Beispiel beim Zerspanen die Schnittgeschwindigkeiten so hoch sind, daß sich das Metall stark erwärmt, schweißen die Späne am Schneidwerkzeug an, und seine Kanten brechen aus. Schneidwerkzeuge, die aus Hartmetallen auf der Basis von Tantalkarbid bestehen, zeigen diesen Fehler nicht und haben eine lange Lebensdauer.
Viele Seiten im »Arbeitsbuch des Tantals« zeugen von seinen engen Beziehungen zum elektrischen Strom. Ungefähr der vierte Teil der Weltproduktion dieses Metalls wird in der Elektrotechnik oder in der Elektrovakuumindustrie verwendet. Tantalgleichrichter findet man im Signaldienst der Eisenbahn, in Telefonkommutatoren und im Feuerwarnsignalsystem. Tantal-Miniaturkondensatoren bewähren sich in transportablen Radiostationen, Radareinrichtungen und anderen elektronischen Systemen. Tantal dient als Material für verschiedene Teile in Elektrovakuum-

geräten. Wie Niob hat es eine ausgezeichnete Getterwirkung, das heißt, es saugt Gase an. Tantal ist bei 800 Grad Celsius in der Lage, 740 Volumenteile Gase aufzunehmen. Nach dem Vakuumieren von Radioröhren wird die Getterwirkung von Tantal ausgenutzt, um die restlichen Gase aufzunehmen und dadurch ein hohes Vakuum zu garantieren. Aus Tantal werden die heißen Armaturen von Röhren – Anodengitter, Glühkatoden und andere zu erwärmende Teile – hergestellt. Tantal ist besonders dann in Röhren unentbehrlich, wenn sie bei hohen Temperaturen und Spannungen arbeiten und lange eine genaue Charakteristik behalten müssen. Es leistet auch gute Dienste, wenn in Vakuumröhren ein bestimmter Gasdruck konstant gehalten werden soll.

In der letzten Zeit spielt Tantal auch im Juweliergeschäft eine große Rolle. In vielen Fällen ersetzt es erfolgreich Platin. Dieser Austausch erfolgt in erster Linie aus ökonomischen Gründen, denn Platin ist 75mal teurer als Tantal; er wird aber auch durch eine besondere Eigenschaft des Metalls gerechtfertigt. Es bedeckt sich mit einer feinen Oxidhaut und widerspiegelt die schönsten Farben des Regenbogens. Tantal wird zur Herstellung von Uhren, Armbändern und verschiedenen Schmuckgegenständen verwendet.

Das internationale Büro für Maße und Gewichte in Frankreich und das Büro für Standardisierung in den Vereinigten Staaten von Amerika setzten Tantal und Platin für die Herstellung von Standardanalysengewichten ein. Für die Spitzen von Füllfederhaltern ersetzt Tantal mit Erfolg das sehr viel teuerere Iridium.

Die Kosten für den großen Materialverbrauch und für die schwierige Technologie bei seiner Herstellung bedingen den hohen Preis. Es genügt der Hinweis, daß für die Erzeugung von einer Tonne Tantalkonzentrat 3000 Tonnen Erz verarbeitet werden müssen. Aber die Aufwendungen machen sich vollauf bezahlt.

Die Zeit, in der Tantal für die Menschheit nur eine legendäre Rolle gespielt hat, ist vorbei. Das unter »Qualen« gewonnene Element hat heute schon einen großen Wirkungsbereich im gesellschaftlichen Leben. Seine künftigen Aufgaben werden sicher noch größer sein!

Lichtspendendes Wolfram

W

Kommentare notwendig? · »Wolfskrätze« · Die Entdeckung des ehemaligen Apothekers · »Pfirsichfarbe« · Versuche in der Putilowskier Fabrik · Erfolg der deutschen Ingenieure · Not macht erfinderisch · Unzählige Schwierigkeiten · Betretenes Schweigen · »Zu des Teufels Großmutter« · In Kälte und Sonnenglut · An der Oberfläche der Sonne · Milliarden Blitze · Minuten und Jahrhunderte · »Uran I« in Montreal · An den heißen Fronten

Die Namen vieler Elemente sprechen für sich selbst: Wasserstoff – aus dem Wasser kommend; Kohlenstoff – aus der Kohle kommend; Mendelevium, Einsteinium, Fermium, Curium, Kurtschatowium – Bezeichnungen zu Ehren großer Wissenschaftler; Europium, Americium, Frankium, Germanium – abgeleitet von geographischen Begriffen. Daneben gibt es Elemente, deren Namen kommentiert werden müssen. Zu diesen Elementen gehört Wolfram.

Der Name Wolfram ist nicht der Tierfabel entlehnt, denn was sollte das Raubtier des Waldes mit dem Element der sechsten Gruppe des Periodensystems zu tun haben! Die Bezeichnung steht in engem Zusammenhang mit der Geschichte des Metalls. Schon in alten Zeiten stießen die Metallurgen auf eine seltsame Erscheinung: Von Zeit zu Zeit fiel beim Erschmelzen von Zinn aus Erz der Ertrag an Metall aus völlig unerklärlichen Gründen stark ab. Diese Abweichungen von den technisch-ökonomischen Kennziffern erregten auch damals schon die Metallurgen. Deshalb studierten sie sorgfältig das Zinnerz. Bald stellten sie fest, daß die Unzulänglichkeiten stets dann auftraten, wenn im Erz schwere Steine von brauner oder gelbgrauer Farbe anzutreffen waren. Ihre Schlußfolgerung war: Dieser Stein verschlingt das Zinn wie der Wolf das Schaf. Deshalb wurde er gemieden und Wolfram genannt. In einigen anderen Ländern erhielt das Mineral die Bezeichnung Tungsten, das bedeutet schwerer Stein.

Wolfram wurde von dem berühmten schwedischen Chemiker C. W. Scheele entdeckt. Apotheker von Beruf, führte Scheele in seinem kleinen Laboratorium viele bedeutende Untersuchungen durch. Er entdeckte Wasserstoff, Chlor, Barium und Mangan. Kurz vor seinem Tod im Jahre 1781 – Scheele war zu dieser Zeit bereits Mitglied der Stockholmer Akademie der Wissenschaften – entdeckte er, daß das Mineral Tungsten, das später Scheelit genannt wurde, das Salz einer bislang nicht bekannten Säure darstellt. Zwei Jahre später gelang es zwei spanischen Chemikern, den Brüdern Delhujar, die unter der Leitung Scheeles arbeiteten, das neue Element durch Reduktion aus Mineralen herzustellen. Aber erst ein ganzes Jahrhundert später erregte Wolfram Aufsehen in der Industrie.

1864 wurde Wolfram erstmalig in England als Legierungszusatz (ungefähr 5 Prozent) zu Stahl verwendet. Es war dies der erste Stahl in der Metallurgie, der nicht nur in der Rotglut seine Eigenschaften beibehielt, sondern sogar seine Härte noch erhöhte, das heißt, er war sozusagen selbstverfestigend. Schneidwerkzeuge, die aus diesem

Stahl hergestellt wurden, gestatteten es, die Schnittgeschwindigkeit von 5 auf 7,5 Meter je Minute zu erhöhen.
Ungefähr 40 Jahre danach wurde Schnellarbeitsstahl eingesetzt, der bis zu 8 Prozent Wolfram enthielt. Jetzt konnten Schnittgeschwindigkeiten von 18 Metern je Minute angewendet werden. Einige Jahre später erhöhte man die Schnittgeschwindigkeit auf 35 Meter je Minute, das heißt, mit Hilfe von Wolfram gelang es, innerhalb eines halben Jahrhunderts die Produktivität der Zerspanungsmaschinen um das Siebenfache zu steigern.
Waren damit bereits alle Möglichkeiten für die Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit erschöpft? Wissenschaft und Technik gaben sich damit noch nicht zufrieden. 1907 wurde die Legierung Stellit geschaffen, die aus Wolfram, Chrom und Kobalt besteht – ein noch heute geschätzter Schneidwerkstoff, mit dessen Hilfe die Geschwindigkeit bei der spanabhebenden Bearbeitung noch weiter gesteigert werden konnte.
Heute erreicht man Schnittgeschwindigkeiten von 2000 Metern je Minute. Von 5 bis 2000! Welch ein großartiger Weg in der Technik der Metallbearbeitung! Die Wegbereiter waren immer wieder neue Verbindungen des Wolframs.
Die modernen superharten Schneidwerkstoffe stellen gesinterte Gemische von Karbiden des Wolframs und einigen anderen Elementen (Titan, Niob oder Tantal) dar. Die Karbidkörner sind in Kobalt eingebettet. Diese sogenannten metallkeramischen Erzeugnisse verlieren ihre Härte auch bei 1000 Grad Celsius noch nicht und lassen deshalb die kolossalen Bearbeitungsgeschwindigkeiten zu.
Die Metallbearbeitung war ein wichtiges, aber nicht das einzige Gebiet der Technik, in das Wolfram eindrang. Schon im vergangenen Jahrhundert erkannte man, daß Gewebe größere Festigkeit erlangen, wenn man sie mit dem Natriumsalz der Wolframsäure imprägniert. Weit verbreitet sind auch wolframhaltige Farben, zum Beispiel

Gelb, Weiß, Violett, Grün und Blau. Sie werden in der Malerei sowie in der Keramik- und Porzellanindustrie verwendet. Nebenbei sei bemerkt, daß bis heute chinesisches Porzellangeschirr aus dem XVII. Jahrhundert erhalten ist, das eine ungewöhnlich schöne Farbe hat, die sogenannte Pfirsichfarbe. In neuerer Zeit durchgeführte chemische Analysen zeigten, daß das Porzellan seine zarte Färbung dem Wolfram verdankt.

1860 wurde durch Erwärmen von Roheisen mit Wolframsäure eine Legierung aus Eisen und Wolfram hergestellt. Die Festigkeit dieser Legierung interessierte viele Chemiker und Metallurgen. Es gelang bald, ein industrielles Verfahren für die Erzeugung von Ferrowolfram auszuarbeiten. Diese Technologie gab einen mächtigen Anstoß für die Verwendung des Wolframs in der Metallurgie.

1882 wurden die ersten Versuche zur Verwendung des Wolframs für Waffenstähle gemacht. Prof. W. N. Lipin führte 1896 im Putilow-Werk in Petersburg erstmals die Erschmelzung von wolframhaltigem Stahl ein. Sogar geringe Wolframmengen erhöhen den Widerstand von Gewehr- und Geschützläufen gegen den Angriff der Pulvergase. Früher als anderen war dies den deutschen Ingenieuren bekannt. In den Jahren des ersten Weltkrieges konnten die deutschen Maschinengewehre bis zu 15 000 Schüsse ohne Hemmungen abgeben, während russische und französische Waffen bereits nach 6000 bis 8000 Schuß ausfielen. Demzufolge stieg in diesen Jahren die Förderung von Wolframerz schnell an. Während beispielsweise in den 90er Jahren des vergangenen Jahrhunderts die gesamte Weltproduktion lediglich 200 bis 300 Tonnen Wolframerz betrug, war sie 1910 bereits auf 8000 Tonnen und 1918 auf 35 000 Tonnen angestiegen. Und dennoch konnte der Bedarf an Wolfram nicht gedeckt werden. Besonders deutlich spürte man das in Deutschland, weil hier nur bescheidene Vorräte des Metalls vorhanden waren. Zwar hatte man in Vorbereitung des Krieges vorsorglich Vorräte zurückgelegt, aber der Bedarf der Kriegsindustrie war so hoch, daß sie bald erschöpft waren. Die Not zwang die deutschen Metallurgen, sich den Kopf zu zerbrechen. Aber nicht umsonst sagt man, »Not macht erfinderisch«. Der Ausweg aus der schwierigen Lage wurde gefunden: Erinnern wir uns an den Wolf, der auf die Halden kam, weil er das Zinn verschlang. In Deutschland wurde vom 12. Jahrhundert an Zinn erschmolzen. Deshalb waren große Halden von Zinnschlacken vorhanden. Bald gelang es den Metallurgen, aus ihnen Wolfram zu gewinnen. Es versteht sich, daß man mit Hilfe dieser Schlacken nicht den gesamten Bedarf decken konnte. Aber es war ein Notbehelf!

Im zaristischen Rußland war die Wolframgewinnung selbst in der Periode des allgemeinen industriellen Aufschwungs unbedeutend. 1915 wurden in einer Lagerstätte in der Nähe des Baikals ungefähr 1,4 Tonnen Wolframerz und 1916 in der Motowilichinskier Fabrik ungefähr 8,7 Tonnen gefördert. Die Lagerstätte am Baikal hätten viele ausländische Firmen, besonders schwedische und japanische, gern in Besitz genommen. Im Sommer 1916 führten japanische Firmen geologische Erkundungen im Gebiet der Antan-Berge durch. Die Resultate waren anscheinend vielversprechend, denn die Leitung der Firma

versuchte sich die Lagerstätte anzueignen. Die Pacht wurde ihr aber nicht bewilligt.
Aus dieser Zeit sind auch Beispiele dafür bekannt, daß gewinnsüchtige Geschäftemacher versuchten, ausländischen Firmen Rechte an Wolframlagerstätten zu gewähren. In Erinnerung an diese Zeit schrieb E. A. Fersman: »Bis zur Oktoberrevolution konnte sich die Arbeit der Kommission der Akademie der Wissenschaften nicht entfalten. Die Initiative der Wissenschaftler stieß unter den damaligen schwierigen Verhältnissen auf unzählige Hindernisse. Sogar bei der Bearbeitung eines solch wichtigen Problems wie der Ausbeutung der Wolframlagerstätten erhielt die Akademie der Wissenschaften im Verlaufe zweier Jahre nicht den geringsten Kredit.«
Die Wissenschaftler standen in ihrer Arbeit oft vor kaum lösbaren Problemen: vor finanziellen und politischen. Kennzeichnend dafür ist eine Episode, an die der berühmte Wissenschaftler und Raumschiffkonstrukteur A. N. Krylow in einem seiner Bücher erinnert. Im Januar 1917, das heißt in den letzten Wochen der Herrschaft des Zaren Nikolai II., erörterte die Kommission der Akademie der Wissenschaften die Frage der Wolframlagerstätten, da in Rußland ein sehr großer Bedarf für Wolfram vorlag. Der Vortragende, ein einflußreicher Würdenträger des Zaren, teilte mit, daß Lagerstätten dieses Metalls auf dem Territorium Turkestans vorkommen. Für die Ausrüstung einer Expedition dorthin würden 500 Rubel benötigt. Nach seinem Vortrag herrschte Schweigen. Fast alle Anwesenden wußten, daß es auch im Altai reiche Wolframvorkommen gab, daß es aber auch beschlossene Sache war, darüber nicht zu sprechen. Das gesamte Altaier Gebiet, eines der reichsten der russischen Erde, gehörte nämlich einem nahen Verwandten des Zaren, dem Großfürsten Wladimir. Nur an die Durchführung einer geologischen Erkundung in diesem Gebiet zu denken war bereits strafbar. Das drük-

kende Schweigen unterbrach A. N. Krylow: »Hinsichtlich der turkestanischen Gruben verhält sich die Sache sehr einfach, hier sind 500 Rubel«, und er übergab die Geldscheine mit dem Porträt Peters I. dem Vorsitzenden der Versammlung, A. E. Fersman, »schwieriger ist die Sache mit dem Altai. Der Vortragende hat nicht erwähnt, daß sich Gruben auf dem Boden des Großfürsten Wladimir befinden. Wolfram, das heißt Schnelldrehstahl, das heißt Verdopplung der Bearbeitung von Schrapnellen. Wenn irgendwo Requisition oder Enteignung angebracht ist, so hier. Denn wenn es keine Schrapnells geben wird, werden wir im Krieg unterliegen, und dann wird nicht nur Wladimirowitsch, dann werden alle Dynastien zu des Teufels Großmutter fliegen.«

Wie recht hatte der mutige Wissenschaftler. Bereits einen Monat später war die gesamte Dynastie der Romanows dorthin unterwegs.

Ein Hindernis bei der Entwicklung der Wolframindustrie in der Sowjetunion war die »Hilfe« ausländischer Spezialisten. Als im Jahre 1931 im Moskauer Museum alte mineralogische Sammlungen durchgemustert wurden, entdeckten Wissenschaftler Scheelitproben aus einer bis zu dieser Zeit unbekannten Lagerstätte in Mogol-Tau in Tadshikistan. Es stellte sich heraus, daß diese Proben bereits 1912 gefunden und nach Moskau zur Untersuchung geschickt worden waren. Ein damals zur Konsultation herangezogener ausländischer Geologe hatte die Lagerstätte für untauglich und nicht rentabel erklärt, und die zaristische Regierung hatte sein Urteil respektiert. Eine sowjetische Kommission, die nach dem Fund in der Moskauer Universität nach Tadshikistan geschickt wurde, stellte fest, daß Mogol-Tau eine der reichsten Wolframlagerstätten war.

Ungefähr um die gleiche Zeit führte der sowjetische Geologe S. S. Smirnow mit seinen Fachkollegen eine umfangreiche Erkundung von Wolframlagerstätten auf dem Territorium der Sowjetunion durch. Tausende Kilometer in Kälte und Sonnenglut mußten die Geologen überwinden. Zu Fuß, mit Hunden, auf dem Rentierschlitten durchstreiften sie kreuz und quer viele Bezirke des Landes. Dort, wo die mutigen Erkunder erfolgreich waren, in der Nähe des Baikal, in Jakutien, an der Küste von Ochotsk, entstanden neue Gruben, baute man neue Fabriken, wurde die sowjetische Wolframindustrie geschaffen.

Heute werden ungefähr 80 Prozent des gesamten in der Welt erzeugten Wolframs für die Legierung von Stählen, ungefähr 15 Prozent für die Erzeugung von Hartmetallen und die restlichen 5 Prozent als reines Wolfram verwendet. Das reine Wolfram weist ausgezeichnete Eigenschaften auf. Seine Schmelztemperatur liegt fast bei 3400 Grad Celsius, einer Temperatur, bei der die meisten Metalle bereits verdampfen. Wolfram könnte selbst auf der Oberfläche der Sonne noch im flüssigen Zustand existieren. Seine Siedetemperatur liegt über 5500 Grad Celsius. Infolge seiner Schwerschmelzbarkeit findet es in einem der wichtigsten Zweige der Industrie, der Elektrotechnik, Anwendung. Seit dem Jahre 1906 haben Wolframdrähte in elektrischen Lampen alle früheren Materialien, wie Kohlenstoff, Osmium und Tantal, verdrängt. Jeden Abend flammen in unseren Wohnungen winzige Wolframblitze auf.

Jährlich werden in der Welt einige Milliarden elektrischer Lampen produziert. Milliarden Feuer! Eine fast unermeßliche Zahl! Seit Beginn unserer Zeitrechnung lebt die Menschheit etwas länger als eine Milliarde Minuten (am 29. 4. 1902, 10.40 Uhr begann die zweite Milliarde).

Das Sortiment von Glühlampen, das die Industrie fertigt, ist äußerst vielfältig. Von winzigen »Glasperlchen«, die die Medizin benötigt, bis zum mächtigen Projektor »Sonne«.

Auf der Weltausstellung in Montreal wurde im Pavillon der UdSSR eine Anlage zur Strahlungserwärmung »Uran I« vorgeführt. Als Hauptelement dient eine Lampe spezieller Konstruktion, ausgerüstet mit Wasser- und Luftkühlung. In einem verhältnismäßig kleinen Kolben aus hitzebeständigem Quarz, gefüllt mit dem Edelgas Xenon, befinden sich zwei Wolframelektroden. Beim Einschalten der Lampe entsteht zwischen den Wolframelektroden ein Gasplasma, das mit einer Temperatur von 8000 Grad Celsius glüht. Spezielle Spiegelreflektoren lenken die infraroten Strahlen der »künstlichen Sonne« (die Lampe erzeugt ein Sonnenspektrum) in das optische System der Anlage, wo sie zu einem Lichtstrahl von weniger als einem Zentimeter Durchmesser fokussiert werden. Die Temperatur im Brennfleck des Lichtbündels erreicht 3000 Grad Celsius. »Uran I« kann so mehrere hundert Stunden ununterbrochen arbeiten. Weite Anwendung in der Technik finden die sogenannten Katodenstrahlen. Sie stellen einen Elektronenstrom dar, der im Vakuum von einer metallischen Katode ausgeschleudert wird (Elektronenemission). In der Praxis hat sich erwiesen, daß eines der besten Materialien für solche Katoden Wolfram ist.

Wolfram ist nicht nur ein schwerschmelzendes Metall, in reiner Form hat es auch eine kolossale Festigkeit. Die Zeitstandfestigkeit von Wolframdrähten erreicht bei 800 Grad Celsius 400 Kilopond je Quadratmillimeter und übertrifft damit die Festigkeit der besten Stähle. Die hohe Festigkeit des metallischen Wolframs ist mit einer guten Plastizität verbunden. Man kann aus reinem Wolfram dünnste Drähte ziehen, 100 Kilometer davon wiegen nur 250 Gramm!

Reines Wolfram wird in Form von Pulver durch Reduktion von WO_3 in Wasserstoff erzeugt. Das entstandene feine Pulver wird gepreßt und durch Erwärmen mit elektrischem Strom auf 3000 Grad Celsius gesintert. Aus diesem Wolfram werden die Fäden für Glühlampen gezogen, Teile für Radioröhren und Röntgenröhren gepreßt oder Kontakte für Schalter und Elektroden angefertigt.

Die Einführung von Wolfram in die Technik wird durch den ökonomischen Nutzen gerechtfertigt. Das wurde schon im Jahre 1929 in den Vereinigten Staaten von Amerika durch eine interessante Berechnung bestätigt. Dazu einige Beispiele. Die Verwendung von Wolfram-Glühfäden in elektrischen Lampen führte zu einer Einsparung von Elektroenergie im Werte von 400 Millionen Rubel. Die Kosten für ein Kraftfahrzeug konnten um 40 Rubel gesenkt werden, wenn bei ihrer Herstellung Werkzeuge aus Wolframstahl anstelle von Kohlenstoffstahl benutzt wurden. Die allgemeine Einsparung im Maschinenbau wurde auf 500 bis 600 Millionen Rubel je Jahr geschätzt.

Die Metalle werden seit Jahrhunderten vom Menschen genutzt. Mit ihnen wurde die wunderbare Welt der Technik geschaffen. Der Neuling Wolfram steht dabei mit an erster Stelle!

Hinter drei Schlössern – Platin

Pt

Der Fund der Konquistadoren · Die Verfügung des spanischen Königs · Nahe Verwandte · Das erste in Rußland · Berzelius zweifelt · Die Anordnung des Finanzministers · Schatz in den Rückständen · Eine Prämie von 1000 Rubel · Für die Förderung eines Grammes · Guter Gedanke · Durch das Netz · Woher Salpetersäure · Durchsichtige Spiegel · Das Geschenk Montezumas · Zur Messung der Temperatur · Drei Schlüssel · Maß aus Platin · »Für alle Zeiten – für alle Völker« · Orangefarbige Strahlen · Kein Schmerz bei vollem Bewußtsein · Große Ehre

Im 16. und 17. Jahrhundert raubten die spanischen Konquistadoren die Reichtümer der alten Azteken- und Inkastaaten. Tonnen von Gold, Silber und Smaragden verschwanden in den Lagerräumen der Galionen, die beständig zwischen Spanien und Südamerika unterwegs waren. Als einst einige dieser Eroberer und Räuber das Land am Fluß Platino-del-Pinto in Kolumbien durchstreiften, entdeckten sie an seinen Ufern Gold und ein unbekanntes, schweres, silberweißes Metall. Da es außerordentlich schwer schmelzbar war und die Reinigung des Goldes erschwerte, hielten sie es für wenig nützlich. Die Spanier nannten das neue Metall Platin, das heißt schlechtes Silber. Damit brachten sie ihre Wertschätzung des Metalls deutlich zum Ausdruck.

Trotzdem wurden ziemlich große Mengen von Platin nach Spanien transportiert, wo man es zu einem Preis verkaufte, der wesentlich niedriger war als der des Silbers. Bald erkannten spanische Juweliere, daß man Platin mit Gold zusammenschmelzen konnte. Die gerissensten Geschäftemacher unter ihnen verwendeten diese Mischung als Material für ihre Schmuckstücke und für die Herstellung von Falschgeld. Diese Machenschaften der Juweliere wurden von der Regierung bald erkannt, und der König wußte nichts Besseres, als durch einen Befehl die Einfuhr von Platin nach Spanien zu verbieten. Zugleich wurde angeordnet, alle Vorräte im Lande zu beseitigen, um den betrügerischen Juwelieren das Handwerk zu legen. Das im Lande vorhandene Platin wurde gesammelt und unter Zeugen im Meer versenkt. Diese unrühmliche Episode beendete die erste Etappe der Biographie des Platins.

Es vergingen viele Jahre, bis wieder von diesem Metall gesprochen wurde. Zuerst interessierte es die Wissenschaftler. Einen großen Beitrag zur Erforschung des Platins leistete Ende des 18. Jahrhunderts der russische Chemiker und Vizepräsident des Berg-Kollegiums von Petersburg, A. A. Musin-Puschkin.

Die Erforschung des Platins führte zur Entdeckung der sogenannten Platinmetalle, die dieses Metall in der Natur begleiten. Im Jahre 1803 wurden Palladium und Rhodium entdeckt, 1804 Osmium und Iridium, und nach 40 Jahren fanden die Chemiker auch das letzte Element dieser Gruppe, Ruthenium. Es ist das seltenste Metall dieser Gruppe und wurde deshalb auch sehr spät entdeckt.

Die Arbeiten auf diesem Gebiet erfuhren starken Auftrieb, als 1819 im Ural in der Nähe von Jekatharinenburg (jetzt Swerdlowsk) eine reiche Platinlagerstätte von Geologen entdeckt wurde. Etwa fünf Jahre danach wurde an den Ufern des Flusses Barantscha das erste russische Platinbergwerk in Betrieb genommen.

1828 kam Professor G. W. Osann nach Lösungsversuchen mit »Königswasser« zu der Auffassung, daß in einigen Platinerzen des Urals drei bislang nicht bekannte Elemente enthalten sind, die ihren Eigenschaften nach zur Gruppe der Platinmetalle gehören mußten. Der Wissenschaftler nannte sie Poluran, Polinium und Ruthenium. Diese Entdeckung wurde von dem schwedischen Chemiker Berzelius angezweifelt. Osann wiederholte seine Versuche. Da die Ergebnisse seine erste Behauptung nicht bestätigten, sah er sich gezwungen, sie zu widerrufen.

In dieser Zeit interessierten sich neben den Wissenschaftlern auch die Finanziers der zaristischen Regierung für Platin. 1828 verfügte der Finanzminister Graf Kankrin, Platingeld im Werte von drei, sechs und zwölf Rubel zu prägen. Diese Anordnung in die Tat umzusetzen, war jedoch nicht einfach. Kein in dieser Zeit existierender Ofen war in der Lage, Platin auf seine Schmelztemperatur von 1773 Grad Celsius zu erhitzen. Was war zu tun? Die Lösung dieses Problems übernahm der Petersburger Ingenieur P. G. Sobolewski: »Wenn die Festung nicht im Sturm zu nehmen ist, muß man nach einem anderen Weg suchen.« So ging auch P. G. Sobolewski vor. Er preßte Platinschwamm (dieses Produkt erhielt man bei der chemischen Behandlung von Erz) in einer Prägeform unter Erhitzung auf ungefähr 1000 Grad Celsius. Überraschenderweise »gab das Metall nach«. Ohne zu schmelzen, verwandelte sich der Platinschwamm in Münzen, die sich vom Aussehen her nicht von gegossenen unterschieden. Auf diese Weise wurde von einem russischen Ingenieur zum erstenmal in der Welt ein pulvermetallurgisches Verfahren in die Praxis eingeführt, das bis zum heutigen Tage von Bedeutung ist. Drei Jahre später wurde eine analoge Methode von dem englischen Wissenschaftler Wollaston entwickelt. Dank der Arbeit von P. G. Sobolewski war der Münzhof in der Lage, die Produktion von Platingeld in vollem Umfang aufzunehmen. In verhältnismäßig kurzer Zeit wurden 1 400 000 Platinmünzen hergestellt, für die 899 Pud und 30 Pfund (ungefähr 15 Tonnen Platin) verwendet wurden. Weil der Wert dieses Metalls aber von Stunde zu Stunde und von Tag zu Tag stieg, mußte die Regierung bald erkennen, daß ihre Entscheidung ein Fehler war. Das Platingeld wurde immer teuerer, der tatsächliche Wert der Münzen überstieg bald den Nominalwert, und sie verschwanden praktisch aus dem Umlauf. Dazu trug einerseits das Bemühen des Finanzministers bei, das Platin möglichst schnell in die Staatskasse zurückkehren zu lassen, andererseits gab es natürlich Spekulanten, die das Platingeld aufkauften, und Liebhaber, die es zur »angenehmen Erinnerung« behielten. Heute sind diese Münzen eine große Seltenheit. Sie sind lediglich in einigen wenigen numismatischen Sammlungen zu sehen. Die Ausgabe von Platingeld hatte jedoch überraschenderweise sehr nützliche Folgen für die Wissenschaft. Im Laboratorium des Petersburger Münzhofes hatten sich ziemlich große Mengen

von Rückständen des Platinerzes – Abfälle der Münzproduktion – angesammelt. 1844 erbat sich der Professor für Chemie an der Kasaner Universität, Karl Karlowitsch Claus, der sich sehr für die Arbeit Osanns interessierte, vom Münzhof zwei Pfund dieser Rückstände für seine Untersuchungen. Zu seiner Überraschung fand er darin bis zu 10 Prozent Platin und eine nicht geringe Menge an Osmium, Iridium, Palladium und Rhodium. Niemand hatte diese Rückstände bisher beachtet, die nun einen reichen Schatz darstellten. Claus informierte die Bergbaubehörde von seinen Ergebnissen. Einige Zeit danach kam er nach Petersburg, wo ihn Graf Kankrin empfing, der die Ausgabe von Platingeld veranlaßt hatte. Kankrin hörte sich die Darlegungen des Chemikers sehr aufmerksam an und unterstützte ihn mit 20 Pfund Platinrückständen für weitere Untersuchungen. Die beharrliche Arbeit von Claus hatte Erfolg. Es gelang ihm nachzuweisen,

daß sich in den Platinrückständen neben den bereits bekannten Elementen noch ein neues Metall befand, das Ruthenium. Die Argumentation des Wissenschaftlers war so überzeugend, daß sogar Berzelius, der wiederum an der Entdeckung eines neuen Metalls der Platingruppe gezweifelt hatte, schließlich doch gezwungen war, seinen Irrtum öffentlich zu bekennen. Für seine Entdeckung erhielt Claus eine Prämie in Höhe von 1000 Rubel.

Die Förderung von Platin im Ural nahm rasch zu. Im Jahre 1915 wurden 95 Prozent der in der Welt erzeugten Platinmenge in Rußland gefördert. Die restlichen 5 Prozent entfielen auf Kolumbien. In den letzten Jahrzehnten erschien auf dem Weltmarkt auch Platin aus Südafrika, Kanada und den Vereinigten Staaten, aber die Sowjetunion spielt nach wie vor eine wichtige Rolle bei der Förderung dieses äußerst wertvollen Metalls.

Als die jährliche Weltproduktion von Gold schon lange 1000 Tonnen überschritten hatte, betrug die Förderung von Platin nur einige Tonnen. Die kapitalistischen Länder förderten 1960 zusammen nicht einmal 16 Tonnen. Dieser Tatbestand ist nicht weiter verwunderlich, muß man doch für die Gewinnung von einem Gramm des Metalls einen ganzen Eisenbahnwaggon voll Erz verarbeiten. Platinerze sind sehr arm, und es gibt nur wenige große Lagerstätten. Im elementaren Zustand trifft man das Metall sehr selten an. Das größte bisher aufgefundene Stück gediegenen Platins wog weniger als 10 Kilogramm.

Praktische Anwendung fand Platin schon zu Beginn des vergangenen Jahrhunderts, als man daraus Retorten für die Aufbewahrung konzentrierter Schwefelsäure her-

stellte. Die außerordentlich hohe Beständigkeit des Platins gegenüber Säuren gewährleistete seine »freundliche« Aufnahme in den chemischen Laboratorien, wo es als Material für Tiegel, Schalen, Netze, Rohre und andere Laboratoriumsgeräte dient. Große Platinmengen werden auch für die Fertigung von säure- und warmfesten Apparaten der chemischen Betriebe verbraucht. Die Chemiker fanden für das Metall noch eine andere interessante Verwendung. Platin bewährt sich auch als aktiver Katalysator für viele chemische Prozesse. Ein Beispiel dafür ist die Oxydation des Ammoniaks bei der Produktion von Salpetersäure. Ein Gemisch von Ammoniak und Luft bewegt sich mit großer Geschwindigkeit durch ein feines Platinnetz (dieses Netz hat bis 5000 Maschen je Quadratzentimeter) und wandelt sich dabei in Stickstoffdioxid und Wasserdampf um. Bei der Lösung von NO_2 in Wasser bildet sich Salpetersäure.

In der Betriebspraxis zur Herstellung von Salpetersäure wurde Platin dank der Pionierarbeit von I. I. Andrejew eingeführt. Er untersuchte den Einfluß verschiedener Katalysatoren auf die Oxydation von Ammoniak. Dies war nötig, weil in den Jahren des ersten Weltkrieges der Verbrauch von Salpetersäure für die Produktion von Sprengstoffen schnell anstieg. Für jedes Kilogramm Sprengstoff wurden mehr als zwei Kilogramm Salpetersäure verbraucht. Am Ende des Jahres 1916 betrug der monatliche Verbrauch der russischen Armee an Sprengstoffen ungefähr 6400 Tonnen. Natürliche Rohstoffe für die Herstellung von Salpetersäure gab es lediglich in Chile. Alle am Krieg beteiligten Länder, die einen sehr großen Bedarf an Salpetersäure hatten, suchten deshalb fieberhaft nach neuen Wegen für deren Herstellung.

Damals schlug I. I. Andrejew vor, als Ausgangsstoff Ammoniak zu verwenden, das als Nebenprodukt bei der Kokserzeugung anfiel. Dazu bewegten ihn Versuche, aus denen sich ergeben hatte, daß Luft bei Anwesenheit von Platin als Katalysator das Ammoniak sehr energisch oxydiert. Sein Projekt wurde bald verwirklicht. Da es im Donbass viele Kokereien gab und infolgedessen genügend Ammoniak zur Verfügung stand, wurde dort eine Fabrik für die Erzeugung von Salpetersäure gebaut, die im Sommer 1917 ihre Produktion aufnahm. Das Salpetersäureproblem war auf diese Weise erfolgreich gelöst worden.

Auch im zaristischen Rußland erkannte man die stets wachsende Bedeutung des Elements Platin. 1918 entstand in Rußland ein Spezialinstitut zur Untersuchung dieses Metalls, das später in das Institut für anorganische Chemie der Akademie der Wissenschaften der UdSSR überging. Hier werden gegenwärtig noch wichtige wissenschaftliche Forschungsarbeiten über die Chemie und die Technologie der Elemente der Platingruppe durchgeführt.

Platin wird heute nicht nur in der Chemie benötigt. Seine Fähigkeit, gut mit Glas zu verschmelzen, macht es unersetzlich für die Fertigung vieler Glasgeräte. Durch Auftragen dünnster Schichten dieses Metalls auf Glas erhält man Platinspiegel. Sie haben eine erstaunliche Eigenschaft – die sogenannte einseitige Durchsichtigkeit. Von der lichtauffallenden Seite sind die Spiegel undurchsichtig und widerspiegeln einen davorstehenden Gegenstand wie ein gewöhnlicher Spiegel. Von der anderen Seite

sind sie durchsichtig wie Glas, so daß man alles beobachten kann, was sich auf der Gegenseite abspielt. Platinspiegel waren in den Vereinigten Staaten von Amerika eine Zeit weit verbreitet. Sie wurden anstelle von Glas für Fenster der unteren Etagen in Kontoren, Geschäftsräumen und in Wohnungen verwendet, wo sie die Vorhänge ersetzten.

Die ersten Platinspiegel wurden von den alten Azteken hergestellt. Sie waren nicht aus Glas, sondern aus gut bearbeitetem und hochglanzpoliertem Platinblech. Der berühmte Führer der Azteken, Montezuma, schickte einige dieser Spiegel dem König von Spanien als Geschenk. Der spanische Monarch »blieb ihm nichts schuldig«. 1520 wurde Montezuma von den Konquistadoren gefangengenommen und später ermordet.

Sehr nützlich erweist sich Platin auch für die Messung hoher Temperaturen. In der Technik sind Platinwiderstandsthermometer weit verbreitet, die auf folgendem Prinzip beruhen: Der elektrische Widerstand von Platin wächst sehr stark und in konstanter Abhängigkeit von der Temperatur. Durch Einbringen eines Platindrahtes in ein Gerät, dessen Temperatur registriert werden soll, kann man ohne Verzögerung auch unbedeutende Schwankungen der Temperatur messen.

Noch größere Verwendung finden sogenannte Thermoelemente – einfache, aber sehr feinfühlige Temperaturmeßgeräte. Wenn man zwei Drähte verschiedener Metalle verschweißt und die Schweißstelle erwärmt, entsteht eine sogenannte Thermospannung. Je höher die Erwärmungstemperatur wird, um so größer ist die thermoelektrische Kraft, die in dem Thermopaar entsteht. Sehr oft verwendet man zur Fertigung dieser Geräte Platin und seine Legierungen mit Rhodium oder Iridium.

Iridium und Platin erfüllen gemeinsam schon seit langem einen verantwortungsvollen »gesellschaftlichen« Auftrag. Auf dem Moskauer Prospekt in Leningrad steht ein äußerlich unauffälliges, aber berühmtes Gebäude. An seinem Eingang befindet sich eine schwarze Tafel, auf der

in russischer und französischer Sprache geschrieben steht: »Staatliche Eichmaße der UdSSR«. Das Gebäude ist ein Teil des Allunionsinstitutes für Metrologie »D. I. Mendelejew«. Hinter den dicken Türen eines Safes wird hier das Eichmaß für das Kilogramm aufbewahrt, das bereits 1833 aus einer Legierung von Platin (90 Prozent) und Iridium (10 Prozent) hergestellt wurde. In diesem Safe werden Temperatur und Feuchtigkeit sorgfältig konstant gehalten. Nur drei Menschen können den Raum betreten: der Direktor des Institutes und zwei weitere Wissenschaftler. Jeder von ihnen hat nur einen Schlüssel für eines der drei Schlösser des Safes. Die massive Tür öffnet sich nur dann, wenn mit allen drei Schlüsseln gleichzeitig geschlossen wird. Das Eichmaß ist ein Zylinder mit einer Höhe und einem Durchmesser von 39 mm und ruht auf einer Unterlage aus Bergkristall unter zwei gläsernen Glocken.

Mittels einer metrologischen Waage, die sogar auf den Atem des Menschen reagiert, »prüft« das staatliche Eichgewicht weitere Eichmaße. Um auch kleinste Stöße zu vermeiden, die durch Bewegungen auf der Straße oder durch die Arbeit irgendwelcher Mechanismen im Gebäude selbst hervorgerufen werden, ist die Waage auf einem Fundament von sieben Meter Tiefe postiert. Damit im Raum eine konstante Temperatur und Feuchtigkeit erhalten bleiben, wird die Waage aus dem Nachbarraum fernbedient. Während seiner fast hundertjährigen Existenz hat das Staatliche Eichmaß für das Kilogramm trotz sorgfältigster Behandlung sein Gewicht um 0,017 Milligramm vermindert. Diese Änderung ist allerdings unbedeutend, so daß im April 1968 der Platin-Iridium-Zylinder wieder als Staatliches Kilogramm-Eichmaß der UdSSR bestätigt wurde.

In dem gleichen Safe wird in einem speziellen Futteral ein Platin-Iridium-Stab aufbewahrt, der als Staatliches Eichmaß für das Meter dient. Diese Längeneinheit wurde in Frankreich im Jahre 1793 festgelegt und ist der 40 000 000ste Teil der Länge des Pariser Meridians. Sechs Jahre danach wurde der erste Eich-Meterstab, das Urmeter, das sich auch heute noch in Paris befindet, im Internationalen Büro für Maße und Gewichte hergestellt. Auf ihm stehen die Worte: »Für alle Zeiten, für alle Völker«.

Das Meter wurde tatsächlich das am weitesten verbreitete Längenmaß auf unserem Planeten. Seit 1889 ist eine genaue Kopie des Pariser Eichmaßes das »Hauptmeter« Rußlands.

Die Wissenschaftler suchen beständig nach neuen Wegen zur Erhöhung der Genauigkeit der Eichmaße. Im Jahre 1960 wurde der Platin-Iridium-Stab abgeschafft und durch den Strahl einer Kryptonlampe ersetzt. Seit dieser Zeit ist das Eichmaß für das Meter diejenige Länge, die der 1 650 763,73fachen Wellenlänge der Orange-Strahlung von Krypton 86 entspricht. Aber wie wird ein solches Eichmaß benutzt? Diese Aufgabe löst ein spezielles Gerät, der Interferenzkomparator.

Es existiert auch ein Eichmaß für die Leuchtkraft. Seine Größe wird ebenfalls unter Mithilfe von Platin bestimmt. Für seine Messung benutzt man die Strahlung, die aus der Höhlung eines Thoriumoxid-Rohres austritt. Das Rohr ist mit geschmolzenem Platin gefüllt. Die Messung wird während der Erstarrung des Platins durchgeführt. Da sich während dieser Zeit die Temperatur nicht ändert, kann die Einheit der Lichtstärke (Candela) mit großer Genauigkeit nachgebildet werden.

Eine interessante und wichtige Verwendung für Platin fanden unlängst amerikanische Ärzte aus dem Staate Ohio. Sie erarbeiteten eine prinzipiell neue Methode der Anästhesie aus: Durch einen Platindraht von ein paar Zentimeter Länge wird das Rückenmark mit einem elektrischen Stimulator verbunden. Bei der kleinsten Bewegung des Patienten sendet der Apparat elektrische Signale ins Gehirn und blockiert auf diese Weise Schmerzempfindungen.

Die Hälfte des auf der Erde geförderten Platins gelangt heute in die Hände der Juweliere. Sie verwandeln es in Schmuck und Luxusgegenstände. Aber auch Orden und Ehrenzeichen werden aus Platin gefertigt. Das Antlitz Lenins auf dem höchsten Orden der UdSSR, der den Namen des großen Führers der Arbeiterklasse trägt, wird aus Platin hergestellt.

König der Metalle – Metall der Könige – Gold

Au

»Bescheidener Wunsch« · Im »Tal der Könige« · Die Sorgen der Semiramis · Die Vergehen des »Blaubart« · Die Schätze der Templer · Wo sind die Pferde? · Das Lösegeld des Atahualpa · Sonnentempel · Der Ozean nimmt Rache · »Goldfieber« · Die Kollektion der Zarin · Die Ablösung der Schurren · Rekord aus Australien · Aufregung am alten Tor · Das steinerne Kostüm des Buddha · Goldsammelnde Bakterien · »Alchimisten« des 20. Jahrhunderts · Archimedes überführt Betrüger · Wertvolles Dach · Die Findigkeit des Kassierers · Die Medaille von Nils Bor · Aus ewiger Gefangenschaft

Gold!!... Kein anderes Metall spielte eine solche unheilvolle Rolle in der Geschichte der Menschheit. Um es zu besitzen, wurden blutige Kriege geführt, ganze Staaten und Völker ausgerottet und schwere Verbrechen begangen.

Einer der ersten, dem das Gold Kummer und Sorgen bereitete, war der phrygische König Midas. Davon erzählt eine alte Legende: Einst wanderte der Sohn des Zeus, Dionysos, Gott des Weines und der Heiterkeit, mit einem großen Gefolge über die schöne Erde Phrygiens. Auch Silen, sein bester Freund und Lehrer, begleitete ihn. Bald aber blieb der Alte hinter den lärmenden Kumpanen zurück und kam vom Weg ab. Phrygische Bauern fanden ihn, schmückten ihn mit Blumen und Girlanden und brachten ihn zu ihrem König Midas. Dieser erkannte den gutmütigen, trunkenen Alten und bat ihn, sein Gast zu sein. Zehn Tage währte ein Fest zu Ehren des hochgeschätzten Gastes. Am zehnten Tag brachte ihn König Midas selbst zu Dionysos zurück. Darüber hocherfreut, gewährte er dem phrygischen Herrscher einen Wunsch. »Oh, großer Dionysos«, rief glücklich der König Phrygiens, »verwandle alles, was ich berühre, in reines glänzendes Gold.« Der »bescheidene« Wunsch wurde erfüllt, und Midas eilte an seinen Hof zurück. Auf dem Wege brach er einen grünen Eichenzweig – sofort wurde er zu Gold. Seine Hand berührte eine Ähre auf dem Feld – augenblicklich trug sie goldene Körner. Er pflückte einen Apfel – schon strahlte er wie pures Gold. Er wusch sich die Hände – Goldtropfen perlten auf seinen Handflächen. Die Freude des Midas war grenzenlos. Aber als sich der König zur Tafel begab, wurde ihm plötzlich klar, welch schreckliches Geschenk er sich von Dionysos erbeten hatte. Alles, was er berührte, verwandelte sich in Gold: Brot und Wein und jede andere Speise. Dem verzweifelten König drohte der Tod durch Hunger und Durst. Er erhob die Hände zum Himmel und rief: »Erbarmen, Erbarmen, Dionysos, ich flehe dich an um Gnade! Ich bitte dich, nimm dieses Ge-

schenk zurück!« Dionysos erhörte sein Flehen und schickte ihn zu den Quellen des Flusses Paktolos. Das reine Wasser befreite ihn aus der Macht des unheilvollen Geschenks.

Im Altertum zählte Ägypten zu den goldreichsten Ländern. In den Grabmälern des ägyptischen Adels fanden Archäologen Schmuck und Gebrauchsgegenstände aus Gold. Als 1907 das Grabmal eines unbekannten Pharaos im »Tal der Könige« am Westufer des Nils entdeckt wurde, schrieb einer der Augenzeugen: »Jeder Lichtstrahl fiel auf glänzendes Gold! Gold auf dem Boden, an den Wänden, auch am Sarg neben der Wand – glitzerndes, blankes Gold, als ob es gerade erst aus der Werkstatt des Goldschmieds gekommen wäre.«

Aber in die Grabmäler gelangte nur ein Teil der Reichtümer, die die Mächtigen der Alten Welt besaßen. Um die Gunst der Götter zu erringen, ließ die legendäre Königin Assyriens, Semiramis, ihre Abbilder aus Gold anfertigen. Jede dieser zwölf Meter hohen Statuen wog 1000 babylonische Talanten, das heißt etwa 30 Tonnen. Noch großartiger war die Statue der Göttin Rhea. Für sie wurden 250 Tonnen reines Gold verwendet.

Ungefähr 2500 Jahre später erschienen die ersten goldenen Münzen. Ihre Heimat war Lydien, ein mächtiger Sklavenhalterstaat im südlichen Teil von Kleinasien. Lydien stand in engen Handelsbeziehungen mit Griechenland und seinen östlichen Nachbarn. Zur bequemeren Verrechnung bei ihren Handelsverträgen brachten die Lyder eine geprägte Goldmünze in Umlauf, auf der ein laufender Fuchs abgebildet war, das Symbol eines lydischen Gottes. Nach der Eroberung Lydiens durch den persischen König Kyros (Cyros) wurden Goldmünzen auch in anderen Ländern des Nahen und Mittleren Ostens geprägt. Weite Verbreitung hatte beispielsweise der Dareikos, eine Münze mit dem Bild des persischen Königs Dareios I.

Schon in alten Zeiten versuchte man, andere Metalle in Gold zu verwandeln. Diese Art des Goldsuchens trug damals noch keinen Massencharakter. Erst im Mittelalter erlebte die Alchimie ihre Blütezeit. Alt und jung gaben sich mit Leidenschaft der schwarzen Kunst hin. Tag und Nacht leuchteten in den dunklen Kellern und Gewölben die Flammen in den Öfen der Alchimisten, brodelte und schillerte es in allen Farben des Regenbogens, verdampften auf dem Feuer geheimnisvolle Flüssig-

keiten in Retorten und stiegen erstickende Dämpfe aus den Kolben und Tiegeln. Man suchte den »Stein der Weisen«, das Zaubermittel zur Herstellung von Gold. Dabei versuchten die Alchimisten und ihre Gönner, sich den Rang abzulaufen. Aus diesem unlauteren Wettstreit resultierte gegenseitiges Mißtrauen, er gab Anlaß zu unsinnigen Beschuldigungen. Mancher Konkurrent wurde schwerer Verbrechen bezichtigt.

So wurde beispielsweise im Jahre 1440 der französische Marschall Graf de Resenar, Gilles de Laval, Baron de Retz, der unter dem unheilvollen Namen »Blaubart« in die Geschichte eingegangen ist, des Mordes an 800 Mädchen angeklagt, aus deren Blut er und sein Freund, der Alchimist Fransula Prelatti, Gold hergestellt hätten. Auf Befehl des Bischofs von Nancy wurden der Baron und Prelatti der Inquisition übergeben und bald danach auf dem Scheiterhaufen verbrannt. Fast fünf Jahrhunderte später, 1925, fand man unter den Ruinen des Schlosses, das damals der Herrensitz des Barons de Retz war, eine goldhaltige Quarzader, aus welcher der Alchimist Prelatti das Gold für »Blaubart« gefördert hat. Dem Mittelalter war es vorbehalten, in der Geschichte des Goldes noch andere grausame Seiten zu schreiben.

Eines Tages, im Jahre 1306, strömten Tausende Pariser auf die Straße, um Zeuge zu sein, wie der Großmeister des mächtigen Ordens der Templer, Jacques Bernard de Molay, in feierlichem Zug durch die Stadt zu seiner neuen Residenz zog. Hunderte Ritter und Tausende bewaffnete Lakaien und Diener, die den Großmeister begleiteten, schützten nicht nur seine Person, sondern auch die vom Orden geraubten sagenhaften Reichtümer, die von nun an in seinem Schloß aufbewahrt und sicher bewacht wurden.

Der Großmeister ahnte zu dieser Zeit noch nicht, daß er und hohe Würdenträger seines Ordens bereits ein Jahr später verhaftet sein würden. Dies geschah durch Guillaume de Nogaret, den späteren Großinquisitor Frankreichs, auf Befehl des französischen Königs Philipp des Schönen, der von einer wahren Gier nach dem Gold der Templer erfaßt wurde. Die Gefangenen wurden zum Tode durch Verbrennen verurteilt und bald darauf auf einer Insel hingerichtet. Das Hauptziel des Königs war die Konfiszierung der unermeßlichen Reichtümer des Ordens. Philipp sorgte persönlich dafür, daß auch nicht eine Goldmünze im Besitz der Inquisitoren blieb. Alles Gold der Templer mußte sein Eigentum werden. Groß aber war die Enttäuschung des habsüchtigen Königs, denn die erbeuteten Reichtümer des Ordens entsprachen nicht seinen Erwartungen. Augenscheinlich war es den Ordensbrüdern gelungen, den Hauptteil ihrer Schätze zu verbergen.

Es vergingen einige Jahrhunderte. 1745 entdeckte man in einem alten Archiv einen Brief von Jacques de Molay an den Neffen seines Vorgängers. Es war ihm offenbar gelungen, ihm diese Nachricht noch vor seinem Tode zu übermitteln. Im Brief war zu lesen: »Im Grab Deines Onkels, des Großmeisters der Templer, liegt kein Leichnam, dort befinden sich die geheimen Schriften des Ordens. Außerdem werden dort Reliquien aufbewahrt: Die Krone des Königs von Jerusalem und vier goldene Statuen der Evangelisten, die das Grabmal Christi in Jerusalem schmückten, aber

nicht in die Hände der Muselmanen fielen. Die restlichen Kostbarkeiten befinden sich im Inneren zweier Säulen gegenüber dem Eingang der Krypta. Die Kapitäle dieser Säulen drehen sich um ihre Achse und öffnen den Zugang zum Versteck.«

Der junge Graf bat nach dem Tode von Jacques de Molay Philipp den Schönen um Erlaubnis, den Staub seines Verwandten aus der Begräbniskapelle des Templer-Schlosses entnehmen zu dürfen. Es ist möglich, daß er auch das in den Säulen verwahrte Gold und die übrigen Kostbarkeiten in ein neues Versteck gebracht hat. Aber wohin wurden die Schätze des Ordens gebracht? Diese Frage wurde im Laufe von 200 Jahren nicht geklärt, sie bewegt noch heute eine Vielzahl von Schatzsuchern. Bisher ist es jedoch noch niemandem gelungen, den Schleier des Geheimnisses zu lüften.

Dies ist bei weitem nicht das einzige »goldene« Geheimnis des Mittelalters, das die folgenden Generationen nicht enträtseln konnten. Volkssagen erzählen zum Beispiel auch die Legende von den goldenen Pferden des Chans Batu. Er hatte auf seinen Feldzügen soviel Gold an sich gebracht, daß er den Befehl gab, zwei Pferde in natürlicher Größe in Gold gießen zu lassen. Das Gewicht eines jeden Pferdes betrug nicht weniger als 1,5 Tonnen. Der Befehl wurde ausgeführt, und die goldenen Pferde schmückten als Symbol der Macht Batus die Tore der Hauptstadt der Goldenen Horde.

Es vergingen Jahre, und der Nachfolger Batus, sein Bruder Berke, entschloß sich, eine neue, schönere und größere Hauptstadt zu bauen. Die goldenen Pferde wurden in die neue Residenz gebracht und in

den folgenden Jahrzehnten von einem Chan auf den anderen vererbt. Nach dem Tode von Chan Berke wurde eines der goldenen Pferde in dessen Grabmal versenkt. Das »Zwillingspferd« wurde bald darauf von einer Anzahl russischer Krieger geraubt, die in die Hauptstadt Sarai Berke eindrangen. Von der Horde wurde die Verfolgung organisiert, so daß die russischen Krieger sich entschlossen, ihre wertvolle Beute auf dem Grunde eines Steppenflusses zu verbergen. Sie selbst stellten sich den Verfolgern zum Kampf und fielen bis auf einen. Mit ihm starb das Geheimnis des goldenen Pferdes.

Am Ende des 14. Jahrhunderts zerstörten die Armeen Timurs die Stadt Sarai. Spurlos verschwand auch das goldene Pferd aus der Grabstätte des Chans Berke.

Zu Beginn des 16. Jahrhunderts, als in Europa noch die Alchimistenleidenschaften tobten, fanden spanische und portugiesische Eroberer ein einträgliches Verfah-

ren zur Erlangung von Gold: Nachdem 1492 Christoph Kolumbus Amerika entdeckt hatte, unterwarfen sie in barbarischen Raubzügen die alten Staaten Amerikas. Das im Laufe von Jahrhunderten angesammelte Gold der Azteken, Inkas, Mayas und anderer Völker der Neuen Welt floß in breitem Strom nach Europa. Die Konquistadoren hatten es sich nicht träumen lassen, in den Ländern Amerikas solch märchenhafte Reichtümer vorzufinden. Als im Jahre 1519 Fernando Cortez in Veracruz landete, überreichten ihm die Indianer, die nicht ahnten, welch grauenvolles Schicksal ihnen der weißhäutige Fremde bereiten würde, unzählige Schmuckstücke und zwei wagenradgroße Scheiben aus Gold und Silber, die Symbole von Sonne und Mond. Im Reich der Inkas zählte das Gold zu den heiligen Metallen. Es war das Metall des Sonnengottes. Große Goldmengen waren vor allem in den Tempeln angesammelt. Man erzählt, daß die Decke eines Tempels völlig ausgefüllt war mit feinen goldenen Sternen, Libellen, Schmetterlingen und Vögeln. Sie schwebten gleichsam schwerelos über den Menschen und waren so prächtig, daß sie bei allen, die den Tempel betraten, ein wahres Entzücken hervorriefen. Einer der Anführer des spanischen Überfalls war Franzisco Pizarro. Zu Beginn der dreißiger Jahre des 16. Jahrhunderts betrat er das Land der Inkas. Zu dieser Zeit waren die Einwohner des Landes gerade in innerstaatliche Kriege verwickelt. Das Auftreten der Ausländer empfanden die Inkas zunächst nicht als nationales Unglück. Im Gegenteil, ihr Führer, der große Inka Atahualpa, erklärte ihnen, daß sie zu seiner Hilfe erschienen seien, um den Krieg siegreich zu beenden. Pizarro lud den großen Inka zum Festmahl. Atahualpa kam zur Feier in einer goldenen Sänfte, mit bunten Federn geschmückt. Führer und Gefolge trugen keine Waffen. Damit hatte der heimtückische Eroberer gerechnet. Auf sein Signal überfielen die Spanier die Gäste, überwältigten das Gefolge und machten ihre Anführer zu Gefangenen. Nachdem er Atahualpa einige Tage in Gefangenschaft gehalten hatte, versprach ihm Pizarro die Freiheit, wenn er im Verlauf von zwei Monaten das Zimmer, in dem er gefangen gehalten wurde, mit Gold gefüllt hätte, und zwar bis zu einer Höhe, die er mit seiner Hand erreichen könne. Der Inka war mit diesem phantasti-

schen Lösegeld einverstanden, das heißt mit nahezu 50 Kubikmeter Gold. Die Untertanen Atahualpas brachten bald darauf aus dem ganzen Land goldene Gefäße, Statuen und allerlei Schmuck. Nach zwei Monaten war jedoch der Raum noch nicht ganz bis zur angegebenen Höhe gefüllt. Umsonst bat der Inkakönig um eine Verlängerung der Frist. Pizarro ließ ihn hinrichten, da er die Rache des freigelassenen Häuptlings fürchtete. Indessen waren noch viele Inkas mit 11 000 goldbeladenen Lamas unterwegs, um ihren Führer zu befreien. Als jedoch bekannt wurde, daß ihn die Spanier getötet hatten, zogen sie sich mit ihrer wertvollen Last schnell in die Berge zurück. Unter den Schätzen, die auf diese Weise nicht in die Hände der Spanier gelangten, befand sich eine riesige Kette. 200 Menschen sollen notwendig gewesen sein, um diesen Goldschatz hochzuheben.

Alle Reichtümer zu verbergen gelang den Inkas jedoch nicht. Die Spanier eroberten ihre Hauptstadt Cuzco, eine der reichsten Städte des heutigen Peru. Der Inkapalast und der Tempel Korikancha (Goldhaus) gehörten zu den kunstvollsten und kostbarsten Gebäuden, die es damals auf der Erde gab. Wände und Decken des zentralen Saales im Sonnentempel waren mit Goldblech bedeckt. An der Ostseite des Tempels erstrahlte als goldene Scheibe das Antlitz des Sonnengottes. Geheimnisvoll leuchteten die Augen, die kunstvoll aus kostbaren Edelsteinen geformt waren. Im Scheine der aufgehenden Sonne funkelten sie in vielfarbigem Feuer. An den Tempel schloß sich ein goldener Garten an. Bäume, Sträucher und Blumen – alles war aus purem Gold. Inmitten der Pracht standen goldene Throne. Auf ihnen saßen die Mumien der »Söhne der Sonne«, der Großen der Inkas. Wenige Wochen nach dem Einzug der Spanier war die Hauptstadt Cuzco vollkommen verwüstet. Die spanischen Konquistadoren vernichteten barbarisch die in Jahrhunderten geschaffenen Kulturgüter der Inkas. Wertvolle Schöpfungen alter Meister wurden eingeschmolzen, da Goldblöcke sich bequemer über den Ozean transportieren ließen. Mehr als zwei Jahrhunderte lang legten Flottillen goldbeladener Galionen von den Ufern der Neuen Welt ab und nahmen Kurs auf die Pyrenäen-Halbinsel. Oft aber entrissen die Fluten des Ozeans den Eroberern einen Teil der geraubten Schätze und verwahrten sie sicher auf seinem Grund. Das Meer übte gleichsam Rache für das unterdrückte und gequälte Volk. Im Sommer 1595 versank unweit von Florida die spanische Galione Santa Margarita mit Gold und anderen Kostbarkeiten im Werte von mehr als sieben Millionen Dollar. 1643 fielen sechzehn Galionen der »goldenen« Flotte einem rasenden Orkan zum Opfer. Historische Dokumente bezeugen, daß der Wert der Ladung dieser Schiffe (er bestand in der Hauptsache aus Gold) 65 Millionen Dollar betrug. Weitere vierzehn Galionen versanken im Meer, als im Frühling 1715 an den Küsten Amerikas ein ungeheurer Orkan wütete. Nach Meinung der Historiker ruhen insgesamt ungefähr hundert Galionen auf dem Grund des Karibischen Meeres. Etwa ebenso viele Schiffe strandeten an der südöstlichen Küste Floridas. Die Bahama-Inseln und die Bermudas sind der Friedhof für mehr als sechzig spanische Schiffe. Und ungefähr siebzig Galionen liegen auf dem Grund des Golfes von

Mexiko. Ohne Übertreibung kann man all diese Schiffe als »goldene« bezeichnen, denn jedes hatte goldene Reichtümer an Bord. Allein mit der Galione Santa Rosa versanken Goldschätze vom Hofe des berühmten Montezuma im Werte von 35 Millionen Dollar.

Diese phantastischen Summen bewegen schon jahrhundertelang die Gemüter der Schatzsucher. Weil jedoch die Goldsuche auf dem Grund des Ozeans mit vielen Schwierigkeiten verbunden ist, wurden große Anstrengungen unternommen, das gelbe Metall auf dem Festland zu entdekken. Wenn irgendwo auf der Erdkugel ein goldhaltiges Stückchen Erde gefunden wurde, strömten sofort Tausende von Glückssuchern dorthin, die das »Goldfieber« gepackt hatte. Diese Krankheit ist in keinem medizinischen Wörterbuch verzeichnet, sie wird aber ausgezeichnet in den Erzählungen von Jack London beschrieben. Wegen einiger Gramm Goldstaub verloren solche Glücksritter ihre menschliche Würde, Männer wurden zu Verbrechern, Söhne erschlugen ihre Väter. So war es, als am Anfang des 18. Jahrhunderts die Goldlagerstätten in Brasilien entdeckt wurden. So war es auch in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts, als Scharen von Goldsuchern in das heiße Kalifornien strömten oder in die Wüste von Australien. Das gleiche geschah in den achtziger Jahren des 19. Jahrhunderts, als das Wort »Transvaal« bei all jenen eine fieberhafte Erregung hervorrief, die glaubten, dort auf leichte Weise große Reichtümer erwerben zu können. Und das gleiche geschah etwa zehn Jahre später, als sich das Zentrum des »Goldfiebers« nach dem eisigen Norden verschoben hatte, nach Klondike im verschneiten Alaska, das die zaristische Regierung Rußlands kurz vorher buchstäblich für einige Groschen an die Vereinigten Staaten von Amerika verkauft hatte.

Es sind noch Fotografien erhalten, auf denen die schwarzen Schlangen zu sehen sind; Menschen, die sich ihren Weg über die verschneiten Gipfel der Polar-Berge bahnten, die auf den Schultern oder auf kleinen Schlitten ihre letzte Habe mitschleppten und davon träumten, mit Säkken voll Gold zurückzukehren. Für die meisten von ihnen gingen diese Träume niemals in Erfüllung.

Im vergangenen Jahrhundert wurden auch in Sibirien, an den Ufern der Lena, große Goldlagerstätten entdeckt. Die Geschichte des russischen Goldes beginnt aber schon früher. Von Wassili Schuiski wurden die Griwenniki (Zehnkopekenstücke) und Pjataki (Fünfkopekenstücke) in Umlauf gebracht. 1730 erließ die Zarin Anna Iwanowna einen Befehl über »die Herstellung russischer Dukaten«. Um in den Ruf einer Wohltäterin zu kommen, machte sie ihren Favoriten kostspielige Geschenke. Zu diesem Zweck ließ sie beispielsweise vom Hofjuwelier sechzehn goldene Tabatieren anfertigen und einige große Edelsteine in Gold fassen. Unter der Herrschaft der Zarin Jelisaweta Petrowna erschien eine neue Goldmünze im Wert von zehn Rubel. Sie wurde gemäß dem Titel der Herrscherin Rußlands »Imperial« genannt. Augenscheinlich war Jelisaweta Petrowna dem Gold sehr zugetan. Nach ihrem Tode fand man am Hofe eine Menge großer und kleiner Truhen, die mit Golddukaten gefüllt waren.

Die Förderung von Gold begann in Rußland in der Mitte des 18. Jahrhunderts,

nachdem 1745 der Bauer Jerofei Markow im Ural am Fluß Beresowka die erste Goldlagerstätte entdeckt hatte. Der Ural wurde die Wiege der russischen Goldindustrie. Hier wurde auch der größte Fund an gediegenem Gold mit einem Gewicht von 36 Kilogramm gemacht, der 1842 am Flusse Mias von Nikofor Sjutkin entdeckt wurde. In Petersburg, wohin der Fund bald gebracht wurde, erregte er großes Aufsehen.

Die Arbeitsbedingungen in den Goldgruben des zaristischen Rußlands waren unbeschreiblich schwer. Im Sommer betrug die Arbeitszeit nicht selten sechzehn Stunden. Vom frühen Morgen bis zum späten Abend, gequält von Stechmücken und Fliegen, wuschen die Goldsucher mit ihren primitiven Schurren Tonnen von Sand. Nicht von ungefähr kam es häufig zu Streiks. Einer der bekanntesten brach im Jahre 1912 auf den Goldfeldern der Lena aus. Er ist in die Geschichte der russischen Revolution eingegangen.

In den ersten Jahren der Sowjetmacht schenkte die sowjetische Regierung der Entwicklung der Goldindustrie große Aufmerksamkeit. Gold war unbedingt notwendig für den jungen Staat der Arbeiter und Bauern. Um die grandiosen Pläne der Elektrifizierung des Landes, der Schaffung einer eigenen Schwerindustrie, der Ausrüstung der Landwirtschaft mit Traktoren und anderen Maschinen zu verwirklichen, war Geld notwendig, viel Geld. Große Mengen an Metallen und Ausrüstungen mußten auf dem Weltmarkt gekauft werden, wo als Geld nur Gold anerkannt wurde, das nach Worten von Karl Marx als allgemeines Maß des Wertes auftritt.

Auf den Goldfeldern hielten nach der Revolution die neue Technik und eine neue Ordnung Einzug. Aus dem recht primitiven Gewerbe der Goldgewinnung wurde ein moderner, hochtechnisierter Industriezweig.

Goldgräberschurren kann man heute nur noch im Museum finden. Jetzt wird der goldhaltige Sand mit mächtigen Baggern gefördert, die die Höhe eines vierstöckigen Hauses erreichen. Für die Einzelteile eines Baggers, die ungefähr 1400 Tonnen wiegen, benötigt man mehr als hundert Eisenbahnwaggons. Der größte von sowjetischen

Ingenieuren konstruierte Bagger ist voll automatisiert sowie mit speziellen Geräten für die Fernsteuerung unter Verwendung des industriellen Fernsehens ausgerüstet. Nach Berechnungen der Ökonomen ersetzt dieser Bagger, der von neun Arbeitskräften bedient wird, die Handarbeit von 12 000 Goldsuchern.

In der weiteren Bearbeitung werden die feinen Goldkörnchen vom tauben Gestein getrennt und schließlich in die Form kleiner Goldblöcke gebracht.

Das gelbe Metall wird auf der Erde auch in größeren Mengen gediegen angetroffen. Über einen solchen Fund haben wir bereits gesprochen. Der größte Goldbrocken in der Welt wurde in Australien gefunden. Sein Gewicht betrug 112 Kilogramm. Mitunter findet sich Gold an Orten, wo man es nicht vermuten würde. Eine Moskauer Familie pflegte jedes Jahr ein Faß Kraut einzusalzen. Als Preßgewicht diente ein schweres Metallstück, das irgendwann ein Mitglied der Familie von der Straße mitgebracht hatte. Es vergingen viele Jahre, bis eines Tages ganz zufällig offenbar wurde, daß dieses Preßgewicht ein Block aus reinem Gold war.

Ein anderer, nicht minder interessanter Fall spielte sich in einem alten Moskauer Bezirk ab. In einem Hof, der sich durch nichts von seinen Nachbarn unterschied, wurde schon seit undenklichen Zeiten das Hoftor mit einem staubbedeckten und mit Farbe gestrichenen Metallbalken verriegelt. Niemand interessierte sich für dieses unscheinbare Stück Metall. Allerdings nur solange, bis ein Junge des Hauses seine auf der Straße gefundene verrostete Feile daran ausprobierte, denn nun zeigte sich eine gelb glänzende Oberfläche: Gold. Auf welche Weise sich der goldene Balken in einen Türriegel verwandelt hatte, konnte allerdings niemand erklären.

Diese Funde werden jedoch bei weitem noch übertroffen von jenem, der in Bangkok, der Hauptstadt Thailands, gemacht wurde. Hier stand am Ufer des Menam eine gewaltige steinerne Buddha-Statue, von der niemand wußte, durch wen und wann sie dorthin gekommen war. Vor vierzig Jahren wurde der Bau eines Sägewerkes geplant, weshalb es notwendig wurde, die Statue an einen anderen Platz zu versetzen. Trotz aller Vorsichtsmaßnahmen ließ es sich nicht vermeiden, daß beim Herunternehmen vom Fundament einige Risse in der Plastik entstanden. Da im Rißgrund metallischer Glanz zu erkennen war, entschied sich der Leiter des Unternehmens, die äußere Steinschicht zu entfernen. Zum Vorschein kam eine Buddha-Figur aus reinem Gold mit einem Gewicht von 5,5 Tonnen. Spezialisten ermittelten, daß dieses Denkmal mindestens sieben Jahrhunderte alt ist. Augenscheinlich haben die früheren Besitzer die goldene Statue in den Jahren innerstaatlicher Machtkämpfe mit einem steinernen »Kostüm« versehen. Sie waren offenbar verhindert, sie wieder zu entkleiden. Jetzt steht die Statue, deren Wert ungefähr fünf Millionen Dollar beträgt, in dem berühmten goldenen Tempel von Bangkok.

In der Geschichte der Menschheit wurden bisher nicht mehr als 50 000 Tonnen Gold gefördert. Das ist relativ wenig, denn allein in der Erdrinde befinden sich nach Meinung der Geologen ungefähr 100 Milliarden Tonnen dieses Metalls. Und 10 Milliarden Tonnen sind gelöst in den Ozeanen und Meeren unseres Planeten. Die Gold-

vorräte des Ozeans wachsen ständig: Flüsse, die durch goldhaltige Gebiete strömen, spülen das Metall aus den Steinen und tragen es ins Meer. Spezialisten nehmen an, daß allein der Amur jährlich nicht weniger als 8,5 Tonnen des wertvollen Metalls in den Stillen Ozean befördert. Versuche, das Gold aus dem Meereswasser zu gewinnen, wurden nicht nur einmal unternommen. Nach dem ersten Weltkrieg versuchte es als einer der ersten der deutsche Chemiker Fritz Haber. Er hatte die Idee, auf diese Weise Deutschland die Kontributionszahlungen zu erleichtern. 1920 wurde in Dahlem mit Unterstützung offizieller Stellen ein geheimes Komitee geschaffen, das ein Verfahren zur Gewinnung von Gold aus Meereswasser ausarbeiten sollte. Nach achtjähriger, ununterbrochener Suche gelang es Haber, eine genaue Analysenmethode auszuarbeiten, mit der es möglich war, Goldgehalte im Wasser von einem zehnmilliardstel Gramm je Liter nachzuweisen. Des weiteren entwickelte er Aufbereitungsverfahren, womit man das Gold des Meereswassers auf das 10 000fache konzentrieren kann. Der Erfolg schien greifbar nahe! Es zeigte sich aber, daß der tatsächliche Goldgehalt im Meerwasser zu niedrig ist, um das Verfahren wirtschaftlich anwenden zu können.

Beim heutigen Stand der Technik erscheint die Aufgabe nicht mehr unlösbar. Viele ausländische Firmen führen auf diesem Gebiet bereits Untersuchungen durch. Wer weiß, vielleicht wird schon in absehbarer Zeit der Ozean zu einer unerschöpflichen Goldquelle?

Äußerst interessant ist noch ein anderer Weg, mit dem sich Wissenschaftler aus Frankreich und der UdSSR befassen. Es handelt sich dabei um biometallurgische Prozesse. Unlängst wurden Bakterien gefunden, die Gold »verschlingen«. Einige Abarten des Schimmelpilzes sind in der Lage, Gold aus Lösungen zu extrahieren und sich dabei mit einem Goldhäutchen zu bedecken. Getrocknet und geglüht, ergeben die Schimmelpilze dann Gold, allerdings nur in winzigen Mengen. Vorläufig werden diese Versuche noch im Laboratorium durchgeführt. Die Wissenschaftler rechnen aber damit, daß die biochemische Wirksamkeit einiger Lebewesen in der Praxis zur Auslaugung von Gold aus verschiedenen Gesteinen verwendet werden kann.

In unserer Zeit ist es auch möglich, Gold aus anderen Metallen zu gewinnen. Sie werden fragen: »Hat sich etwa der tausendjährige Traum der Alchimisten erfüllt? Hat man den Stein der Weisen am Ende doch gefunden?« Selbstverständlich geht es hier nicht um den »Stein der Weisen«, sondern um einen kernphysikalischen Prozeß. Wenn man Indium, Platin, Quecksilber oder Thallium im Atomreaktor mit Neutronen bombardiert, kann man radioaktive Isotope des Goldes erhalten. Zu diesem Zweck kann man auch Ring- oder Linearbeschleuniger verwenden, in denen mit elektrischen und magnetischen Feldern geladene Teilchen beschleunigt werden.

Es sei bemerkt, daß in unseren Tagen englische Physiker schon einige Male ein Gesetz übertreten haben, das im 14. Jahrhundert von König Heinrich VIII. erlassen worden ist und besagt: »Niemand ist gestattet, gewöhnliche Metalle in Gold umzuwandeln!« In den vergangenen Jahrhunderten war niemand in der Lage, dieses Gesetz zu brechen, obwohl viele sich das gewünscht

haben. Erst dem 20. Jahrhundert war es vorbehalten, die Übertretung der königlichen Verfügung zu erleben.

Mit der Geschichte des Goldes und seiner Gewinnung haben wir uns näher beschäftigt. Was aber stellt dieses Metall eigentlich dar? Welche Verwendung findet es heute?

Gold ist eines der schwersten Metalle. Gerade diese Eigenschaft erlaubte es Archimedes, hinter die Betrügereien der Goldschmiede des Königs Hieron von Syrakus zu kommen. Sie hatten im Auftrag des Königs eine Krone angefertigt. Der König bat den Gelehrten, festzustellen, ob die Krone aus reinem Gold sei oder ob ein Teil des Goldes durch ein anderes Metall ersetzt worden wäre. In unseren Tagen ist es einem Schüler möglich, eine solche Aufgabe zu lösen. Aber im dritten Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung mußte sich sogar der große Archimedes den Kopf zerbrechen, um den Auftrag des Königs zu erfüllen. Der Gelehrte ging folgendermaßen vor: Er wog die Krone, und dann bestimmte er das von ihr verdrängte Wasser. Indem er das Gewicht der Krone durch das Volumen teilte, erhielt er nicht 19,3 (das entspricht der Dichte von Gold), sondern eine geringere Zahl. Dies bedeutete, daß sich die Juweliere einen Teil des Goldes angeeignet und es durch ein anderes, leichteres Metall ersetzt hatten.

Reines Gold ist ein sehr weiches und plastisches Metall. Ein Stückchen Gold von der Größe eines Streichholzkopfes kann man zu einem Draht von mehr als drei Kilometer Länge ausziehen oder es zu 50 Quadratmeter grün durchscheinender Folie ausbreiten. Reines Gold nutzt sich leicht ab. Deshalb enthält Gold, das für Schmuck und andere Zwecke bestimmt ist, Legierungszusätze an Kupfer, Silber, Nickel, Kadmium, Palladium oder anderen Metallen, die ihm mehr Festigkeit verleihen. Trotzdem erleidet Gold bei seiner Bearbeitung einen gewissen Abrieb, wobei Goldstaub entsteht.

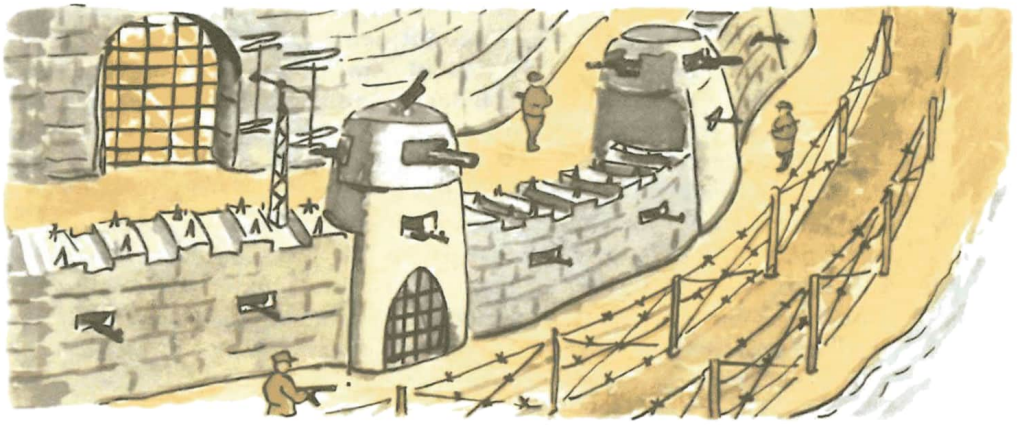
In Amerika lieferte am Ende des vorigen Jahrhunderts der »goldene Staub« den Stoff für eine interessante Episode. In Philadelphia stand nicht weit von der Münze eine alte Kirche. Als sie eines Tages renoviert wurde, bot ein Bewohner der Stadt für das alte Dach eine ziemlich große Summe, 3000 Dollar. Die Kirchenverwaltung glaubte zwar, der Käufer habe den Verstand verloren, hielt es aber für eine Sünde, das angebotene Geld nicht anzunehmen. Der Kauf kam zustande – und die Kirchenväter waren die Genarrten. Der schlaue Käufer schmolz die Dachbleche ein und gewann dabei ungefähr acht Kilo-

gramm Gold, dessen Wert die bezahlte Summe gewaltig überstieg. Wie war das Gold auf das Dach gekommen? Im Verlauf vieler Jahre hatte sich in der Umgebung der Münze und insbesondere auf dem Kirchendach Goldstaub abgesetzt, der mit dem Rauch aus dem Schornstein der Schmelze des Münzhofes herausgetragen wurde.

Nicht weniger schlau war der Kassierer einer großen europäischen Bank. Die Ereignisse, um die es hier geht, fanden am Vorabend des ersten Weltkrieges statt, als bei der Mehrheit der Länder goldene Münzen im Umlauf waren. Täglich gingen Tausende von Münzen in der Bank ein, wo sie sortiert, gezählt und in Papier verpackt wurden. Gewöhnlich wurden alle diese Operationen auf speziellen Holztischen durchgeführt. Aber eines Tages legte einer der Kassierer, bevor er zu arbeiten begann, ein von zu Hause mitgebrachtes Stück Tuch auf den Tisch und sortierte darauf das Gold. Am Anfang war man begeistert von der Ordnungsliebe des Kassierers, und er galt als Beispiel für die anderen. Jeden Morgen holte er behutsam sein Tuch hervor, und wenn der Arbeitstag beendet war, faltete er es sorgfältig zusammen und verbarg es im Tischkasten. Sonnabends nahm er es mit nach Hause, und montags brachte er ein neues Tuch mit zur Arbeit. So verfuhr er einige Zeit, bis sein Dienstmädchen eines Tages ausplauderte, daß er jeden Sonnabend das Tuch in einer Bratpfanne verbrannte. Goldteilchen, die an den Fasern hängengeblieben waren, schmolzen ein und verwandelten sich in kleine Kügelchen des wertvollen Metalls.

Eine der wichtigsten Eigenschaften des Goldes ist seine außerordentlich hohe chemische Beständigkeit. Weder Säuren noch Basen wirken auf dieses Metall ein. Lediglich Königswasser (ein Gemisch aus Salpetersäure und Salzsäure) ist in der Lage, Gold zu lösen. Diesen Umstand nutzte einst der berühmte dänische Wissenschaftler, Nobelpreisträger Niels Bohr, als er 1943 genötigt war, Kopenhagen zu verlassen, um sich vor den faschistischen Okkupanten zu retten. Da es ihm zu riskant erschien, seine goldene Nobelpreis-Medaille mitzunehmen, löste er sie in Königswasser und versteckte die Flasche mit der wertvollen Lösung in seinem Laboratorium. Als er nach der Befreiung Dänemarks nach Hause zurückkehrte, gewann er auf chemischem Wege das Gold aus der Lösung zurück und ließ sich die Medaille erneut prägen.

Gold wird oft König der Metalle genannt, es ist umgeben von einer Aureole des



Ruhmes, wird geschätzt und verehrt. Dennoch ist sein Schicksal alles andere als beneidenswert, ist es doch ewig gefangen. Sobald es aus dem Inneren der Erde gefördert ist und in die Hände des Menschen gelangt, wird es wieder verbannt in die Gefangenschaft der Safes, der Panzerschränke, der betonierten Keller. Der Hauptteil der Goldvorräte der Vereinigten Staaten von Amerika wird im Fort Knox aufbewahrt, hinter einigen Reihen Stacheldraht, die unter einer Spannung von 5000 Volt stehen. Dieses Fort ist mit allen erdenklichen Sicherheitsmaßnahmen ausgerüstet, und kein Gefangener der Welt wird so gut bewacht wie das Gold Amerikas.

Nur ein unbedeutender Teil des geförderten Goldes wird in der Zahntechnik und in der Schmuckindustrie verwendet. In der letzten Zeit ist das Interesse in der Industrie für Gold gestiegen. Mehr und mehr wird das gelbe Metall auch als Material für Transistoren und Dioden in der Elektronik Verwendung finden. Aus Legierungen des Goldes mit Platin fertigt man Teile der Ausrüstung für die Herstellung synthetischer Fasern an. Gold leistet auch seinen Beitrag bei der Eroberung des kosmischen Raumes.

Der Bedarf der Industrie an Gold wächst von Jahr zu Jahr. Es besteht kein Zweifel, daß dieses wertvolle Metall früher oder später aus den stählernen Safes befreit wird, um in Fabriken und Laboratorien neue Arbeitsbereiche zu finden.

»Silbernes Wasser« – Quecksilber

Hg

Die Ausnahme von der Regel · Entfernter Verwandter · Hammer aus Quecksilber · Alexejew würde sich wundern · »Ungewöhnliche Heilkundige« · Die Tragödie auf der Triumph« · Durch Gesetz verboten · Rom kauft Quecksilber · Handschrift aus dem alten Persien · Kipling wählt aus · Begeisterung für die Alchimie · Fürsten bauen Laboratorien · Die Kunststückchen mittelalterlicher Scharlatane · Illegale Experimente · Die Schöpfung des Monferana · Zu frühe Freude · Grüner Lippenstift · Ferdinand II. empfiehlt Alkohol · Harte Prüfungen · Fahrkarte ins Leben

Vor mehr als 200 Jahren gab M. W. Lomonossow eine einfache und klare Definition für den Begriff Metall. Er schrieb: »Metalle, das sind feste Körper, schmiedbar und glänzend.« Tatsächlich entsprechen Eisen, Aluminium, Kupfer, Gold, Silber, Blei, Zinn und andere Metalle, mit denen wir in Berührung kommen, völlig der angegebenen Begriffsbestimmung. Aber nicht umsonst sagt man, »keine Regel ohne Ausnahme«. In der Natur kommen ungefähr 80 Metalle vor, aber nur eines von ihnen befindet sich unter gewöhnlichen Bedingungen im flüssigen Zustand. Selbstverständlich merken Sie schon, worum es geht; wir sprechen vom Quecksilber.

Die Skala der Eigenschaften der Metalle ist sehr breit. Das wird besonders deutlich bei einem Vergleich zwischen Quecksilber und seinem Antipoden Wolfram. Während Quecksilber selbst bei strengem Frost noch flüssig bleibt und erst bei minus 38,9 Grad Celsius fest wird, liegt der Schmelzpunkt von Wolfram bei fast 3400 Grad Celsius. Obwohl beide zur großen Familie der Metalle gehören, kann man sie unter diesem Aspekt doch wohl nur als »entfernte Verwandte« bezeichnen.

1759 erhielt man das erste kristalline Quecksilber. In festem Zustand ist das Metall silbrig-grau und ähnelt äußerlich dem Element Blei. In fester Form läßt sich Quecksilber aber schwer »handhaben«. Würde man es beispielsweise in der Form eines Hammers ausgießen und in flüssiger Luft erstarren lassen, so könnte man mit diesem Quecksilberhammer durchaus einen Nagel in ein Brett schlagen; aber man müßte sich beeilen, weil das Werkzeug sehr schnell unter den Händen schmilzt.

Quecksilber ist eine der schwersten unter den bekannten Flüssigkeiten. Seine Dichte beträgt 13,6 Gramm je Kubikzentimeter. Eine Literflasche voll Quecksilber wiegt also mehr als ein Eimer Wasser. Wenn der Gewichtheber Wassili Alexejew nach der Aufstellung seines Weltrekordes die Hantel nicht auf dem Boden, sondern in einem Behälter mit Quecksilber abgelegt hätte, so wäre dieses schwere Gerät nicht in die Flüssigkeit eingetaucht, sondern ganz ruhig auf seiner Oberfläche liegen geblieben wie ein Kork auf dem Wasser, denn Eisen ist wesentlich leichter als Quecksilber.

Der Mensch kannte Quecksilber schon in prähistorischer Zeit. In den Werken von Aristoteles, Plinius des Älteren und anderen Schriftstellern der Antike wird dieses Metall erwähnt. Die griechisch-lateinische Bezeichnung »hydrargyrum«, die das

Quecksilber von dem griechischen Arzt Dioskor im ersten Jahrhundert nach unserer Zeitrechnung erhielt, bedeutet in der Übersetzung »silbernes Wasser«. Daß in jener Zeit ein Arzt mit Quecksilber zu tun hatte, ist nicht verwunderlich. Schon im Altertum spielte das Quecksilber eine Rolle in der Heilkunde. Als Arzneimittel wurde es allerdings in recht merkwürdiger Weise angewendet. In der Literatur wird beispielsweise ein Fall beschrieben, wobei dem Kranken bei Darmverschlingung 200 bis 250 Gramm Quecksilber in den Magen gefüllt wurden. Nach Meinung der »hervorragenden« Heilkundigen, die dieses ungewöhnliche Heilverfahren vorschlugen, mußte das Quecksilber auf Grund seines großen Gewichtes und seiner Beweglichkeit seinen Weg zum Darm finden und die Verschlingung lösen. Man kann sich vorstellen, zu welchen Resultaten solche Experimente führten.

In unseren Tagen wird eine Darmverschlingung mit zuverlässigeren und wissenschaftlich fundierten Verfahren behandelt. Aber verschiedene Verbindungen des Quecksilbers werden auch heute noch in der medizinischen Praxis angewendet. So hat Sublimat desinfizierende Eigenschaften, Kalomel dient unter anderem als Abführmittel, und einige Quecksilbersalben verwendet man bei bestimmten Hauterkrankungen. Man darf jedoch nicht vergessen, daß Verbindungen des Quecksilbers und Quecksilberdampf ernste Folgen für den menschlichen Organismus haben können. So vergifteten sich im Jahre 1810 auf dem englischen Schiff »Triumph« mehr als 200 Menschen mit Quecksilber, das aus einem Faß ausgelaufen war. Aus diesem Grund sind in der UdSSR und in vielen anderen Ländern verschiedene Produktionsverfahren verboten, die auf der Anwendung von Quecksilber und seinen Verbindungen beruhen, zum Beispiel die Herstellung von Quecksilberfarben. In den Fällen, bei denen man ohne Quecksilber nicht auskommt, wendet man prophylaktische Maßnahmen an, um die Gesundheit der Arbeiter vor den schädlichen Auswirkungen zu schützen.

Die Natur ist nicht reich an Quecksilber. Das wichtigste Mineral ist Zinnober, ein Gestein von schöner roter Farbe. Manchmal trifft man Quecksilber auch im elementaren Zustand in Form von feinen Tröpfchen an. Die größte Quecksilberlagerstätte (Almaden) befindet sich in Spanien, auf das bereits seit alten Zeiten 80 Prozent der Weltförderung an Quecksilber entfallen. Plinius der Ältere berichtet, daß Rom aus Spanien jährlich 4,5 Tonnen Quecksilber kaufte.

Eine schon frühzeitig ausgebeutete Lagerstätte in Rußland ist Nikitowskoje im Donbass. Hier entdeckte man in verschiedenen Tiefen bis zu 20 Meter die Spuren alten Bergbaues, zum Beispiel Hämmer aus Stein und andere Arbeitsgeräte. Eine noch ältere Grube befindet sich in Kirgisien. Die Archäologen ermittelten, daß dort einige Jahrhunderte lang Quecksilber gefördert wurde. Erst im 13. und 14. Jahrhundert, als Dschingis-Khan und seine Horden dieses Gewerbe- und Handelszentrum zerstörten und die Bevölkerung zu nomadisierender Lebensweise zwangen, wurde die Quecksilberförderung eingestellt.

In Mittelasien wurden ebenfalls Quecksilberlagerstätten ausgebeutet. Alte persische Handschriften zeugen davon, daß Zinno-

ber, der in der damaligen Zeit besonders als Farbe verwendet wurde, aus der Gegend der heutigen Republik Tadshikistan und Usbekistan stammte. Augenscheinlich wurde hier schon in der Mitte des ersten Jahrtausends vor unserer Zeitrechnung Quecksilber gefördert.

Die Arbeit in Zinnober-Gruben war immer schwer und gesundheitsschädigend. Bei Kipling findet sich folgende Zeile: »Lieber den schlimmsten Tod, als arbeiten in den Quecksilberbergwerken, wo die Zähne zerbröckeln...« Bis heute kann man in den Gängen alter Bergwerke, in denen Quecksilber gefördert wurde, viele Skelette finden. Die Berge forderten große Opfer – Tausende von Menschenleben – für den roten Stein, gleichsam das Blut derer, die versuchten, zu den Quecksilberschätzen vorzudringen.

Die Produktion von Quecksilber stieg wesentlich im Mittelalter, in der Zeit der allgemeinen Begeisterung für die Alchimie. Das Interesse, das die Alchimisten dem Quecksilber entgegenbrachten, findet seine Erklärung in einer ihrer Theorien, wonach Quecksilber, Schwefel und Kochsalz zu den »erstgeborenen Elementen« zählten. Quecksilber galt als Ursubstanz. »... mit Hilfe von Wärme löst sich Eis in Wasser, das heißt, es ist aus Wasser; Metalle lösen sich in Quecksilber, das heißt, Quecksilber ist das Ausgangsmaterial für diese Metalle.«

Bewaffnet mit einer solchen »soliden wissenschaftlichen Theorie«, mußten die Alchimisten bloß noch den »Stein der Weisen« finden, um mit dessen Hilfe Quecksilber in Gold umzuwandeln. Man mußte lediglich die Ärmel hochkrempeln und mit der Arbeit beginnen! Es zeigte sich aber eine Schwierigkeit: Der »Stein der Weisen« ließ sich trotz langen Suchens nicht finden. Trotzdem waren so einflußreiche Personen, wie Heinrich IV., Rudolf II. und andere europäische Monarchen, sehr am erfolgreichen Ausgang des Unternehmens interessiert. Sie richteten deshalb an ihren Höfen große alchimistische Laboratorien ein.

Immer wieder erschienen in dem einen oder anderen Land Personen, die angeblich das Geheimnis des »Steins der Weisen« kannten. Manchmal waren es Gelehrte, die einem Irrglauben zum Opfer gefallen waren, aber oft waren es Scharlatane, die einige spezielle »Verfahren« der künstlichen Goldherstellung zu kennen vorgaben. Eines davon bestand in folgendem: Vor den Augen der Anwesenden verrührte der Alchimist geschmolzenes Blei oder Quecksilber in einem Tiegel. Dazu benutzte er ein Holzstäbchen, in dem er vorher kleine Goldstücke verborgen hatte. Dieses Gold löste sich teilweise im flüssigen Metall. Nach dem Experiment entdeckte man natürlich Spuren von Gold im Tiegel, wodurch die wunderbare Umwandlung bezeugt oder genauer gesagt »vorgetäuscht« wurde. Natürlich gelangten Gerüchte über diese »Zauberer« früher oder später zum Regenten des Landes, und dann mußten sie entweder ihren Betrug eingestehen oder am Hofe die Massenproduktion von Gold organisieren. Das Holzstäbchen war natürlich dafür ein untaugliches Hilfsmittel. Alchimisten, die des Betruges überführt werden konnten, wurden wie die Falschmünzer aufgehängt, aber an einem »vergoldeten« Galgen und in Kleidern, die mit Metallflitter verziert waren. Es gab auch andere Varianten der Hinrich-

tung. Im Jahre 1575 ließ der Herzog von Luxemburg die Alchimistin Maria Zieglerin in einem eisernen Käfig bei lebendigem Leibe verbrennen, weil sie es abgelehnt hatte, ihm die Zusammensetzung des »Steins der Weisen« zu nennen, obwohl sie vorgab, ihn zu kennen.

Einige Jahre später wurde die Alchimie von der katholischen Kirche in Acht und Bann getan und offiziell in England, Frankreich und anderen Ländern verboten. Die alchimistischen Experimente hörten jedoch nicht auf, demzufolge auch nicht die Hinrichtungen. Dem Feuertod fiel auch der französische Chemiker Jean Brillo zum Opfer, der nur deshalb verurteilt wurde, weil er in seinem Laboratorium die chemischen Eigenschaften von Elementen untersuchte. Die »verdächtigen« Versuche besiegelten das tragische Schicksal des Wissenschaftlers.

In überlieferten alchimistischen Rezepten wird Quecksilber oft als Merkurium bezeichnet. Diesen Namen trug das Metall schon im alten Rom. Er wird auf das Verhalten von Quecksilbertröpfchen zurückgeführt. Wenn sie flink und perlend über eine glatte Fläche rollten, erinnerten sich die alten Römer angeblich an ihren wendigen, flinken und geriebenen Götterboten Merkur, den Schutzpatron des Handels.

Die Alchimisten benutzten Namen von Göttern und Himmelskörpern als Decknamen für viele Elemente. Das symbolische Zeichen für Gold war die Sonne, für Eisen der Mars, für Kupfer die Venus. Auf diese Weise sollten die Kenntnisse der Alchimisten allen verborgen bleiben, die nicht mit ihren Symbolen vertraut waren.

Die Fähigkeit des Quecksilbers, Metalle zu lösen und sogenannte Amalgame zu bilden, wird schon seit langer Zeit ausgenutzt. Mit ihrer Hilfe kann man zum Beispiel feinste Goldschichten auf Kirchenkuppeln auftragen. Ein solches Vergoldungsverfahren wurde in der Isaak-Kathedrale, einem berühmten Denkmal russischer Architektur in Leningrad, angewendet. Die Kuppel der Kathedrale, die in den Jahren 1818 bis 1858 nach den Plänen von August Monferana erbaut wurde, hat den gigantischen Durchmesser von 26 Metern. Für die Vergoldung des Kupferbleches waren mehr als 100 Kilogramm Dukatengold erforderlich. Die Oberfläche des Kupferbleches wurde zunächst sorgfältig vom Fett gereinigt, geschliffen und poliert und dann mit Amalgam, einer festen Lösung von Gold in Quecksilber, bedeckt. Danach wurden die Bleche mit einer speziellen Vorrichtung erwärmt, bis das Quecksilber verdampfte und auf der Oberfläche eine feine Goldhaut von einigen Mikrometer Dicke zurückblieb. Aber der leicht graugrüne Nebel des Quecksilberdampfes verschwand nicht ohne Folgen; er vergiftete auf seinem Wege die Arbeiter, die die Vergoldung durchführten. Nach den Gepflogenheiten des damaligen »Arbeitsschutzes« wurden zwar bestimmte Vorsichtsmaßnahmen getroffen, aber sie reichten nicht aus, um die Arbeiter vor der Vergiftung zu schützen. Augenzeugen berichteten, daß die Vergoldung der Kuppel 60 Menschen das Leben gekostet hat. Sie starben unter schrecklichen Qualen.

Nicht immer hatten Versuche mit Amalgam so tragische Folgen. Man erzählt, daß im vergangenen Jahrhundert ein Forscher, der offensichtlich alchimistische Ambitionen hatte, aus Quecksilber Gold herstellen wollte. Bei seinen Versuchen ließ er auf

Quecksilberdampf starke elektrische Spannungen wirken. Die Experimente kosteten ihn viel Zeit und Mühe. Doch eines Tages hatte er scheinbar Erfolg. Im Quecksilber waren geringe Goldspuren zu finden. Die Freude des Experimentators war groß. Nach genauer Untersuchung mußte er aber zu seinem Leidwesen erkennen, daß das Gold im Quecksilber aus der Einfassung seiner eigenen Brille stammte. Bei seiner Arbeit hatte er hin und wieder mit den Händen seine Brille zurechtgerückt. Dabei waren feinste Quecksilbertröpfchen mit dem Goldrand der Brille in Berührung gekommen. Das dabei gebildete Amalgam war in das Quecksilber gelangt.

Amalgame verwendet man heute in einer Reihe von Fällen für die Vergoldung metallischer Teile. Dies geschieht selbstverständlich unter Anwendung ausreichender Sicherheitsvorschriften, so daß die Gesundheit der Werktätigen nicht gefährdet werden kann. Auch für die Produktion von Spiegeln, in der Zahntechnik und in der Laboratoriumspraxis werden Amalgame eingesetzt. Das Quecksilbersalz der Knallsäure (Fulminsäure) – Knallquecksilber – wird für die Zündung von Explosivstoffen verwendet.

In reinem Zustand findet Quecksilber vielfältige Verwendung in der Technik. Die chemische Industrie benötigt Quecksilber bei der Produktion von Chlor, Ätznatrium und synthetischer Essigsäure. Äußerst zuverlässig und robust sind Quecksilberdampfgleichrichter. In der Meß- und Regeltechnik verwendet man Quecksilberschalter für elektrische Stromkreise mit großer Schalthäufigkeit. Quecksilberquarzlampen verwendet man zur Erzeugung intensiver ultravioletter Strahlung. Sie dienen in der Medizin zur Desinfektion der Luft in Operationssälen und zur Bestrahlung des menschlichen Körpers zu Heilzwecken.

1922 entwickelte der tschechische Chemiker Jaroslaw Heyrowsky die polarographische Methode in der chemischen Analytik. Dabei spielt Quecksilber eine wesentliche Rolle. Für diese Entdeckung wurde der Wissenschaftler mit dem Nobelpreis ausgezeichnet.

Mit Quecksilberdampf-Argon-Gemischen sind die Glasröhren der Lumineszenzlampen gefüllt. Schon 1937 wurden Versuche unternommen, Quecksilberlampen für die

Beleuchtung der Gorkistraße in Moskau zu verwenden. Man mußte sie aber bald wieder abnehmen, weil ihr fahles Licht dem Teint der Menschen eine unangenehme Tönung verlieh. Die rote Farbe des Lippenstiftes wurde grün. Inzwischen wurde die Oberflächenschicht auf den Innenseiten der Lampen durch einen Zusatz verbessert. Jetzt erstrahlt ihr Licht in verschiedenen Farben. Das weiße Lampenlicht wirkt fast wie Tageslicht.

Quecksilber ist in vielen physikalischen Geräten enthalten: in Manometern, Barometern, Vakuumpumpen. Seine größte Verbreitung fand es durch das Thermometer.

Im 17. Jahrhundert, als die ersten Geräte zur Messung der Temperatur, die mit Flüssigkeiten arbeiteten, geschaffen wurden, verwendete man Wasser. Bei Frost erstarrte es natürlich und zerstörte das Thermometer. Der toskanische Herzog Ferdinand II., offensichtlich ein guter Kenner des Alkohols, schlug vor, diesen anstelle von Wasser zu verwenden. Die Thermometer wurden zuverlässiger, aber auf Grund der ungleichmäßigen Qualität des Alkohols beobachtete man unterschiedliche Meßwerte. Der erste, der Quecksilber zur Messung der Temperatur verwendete, war der französische Physiker Ammonton. Einige Jahre später entwickelte der deutsche Physiker Fahrenheit sein Quecksilberthermometer mit der Skala, die bis heute noch in England und den Vereinigten Staaten von Amerika verwendet wird. Der Aufbau des Thermometers, insbesondere die Dicke der Kapillare, in der sich das Quecksilber bewegt, hängt von seiner Bestimmung ab. Die dünnsten Kapillaren bei Fieberthermometern sind ungefähr 0,04 Millimeter im Durchmesser. Um die feine Quecksilbersäule mit bloßem Auge erkennen zu können, wird die Kapillare in Form eines vergrößernden Prismas ausgebildet und an seiner Hinterwand, gewissermaßen als Schirm, ein Streifen aus weißer Emaille aufgetragen.

Das für Thermometer verwendete Quecksilber muß sich durch besondere

Reinheit auszeichnen. Bereits geringste Verunreinigungen können die Anzeige wesentlich verfälschen. Aus diesem Grund wird das Quecksilber einer speziellen Bearbeitung unterzogen. Es wird gereinigt und destilliert, nur dann darf es in die gläsernen Kapillaren gefüllt werden. Trotz seiner Sprödigkeit ist Glas für diese Zwecke noch unersetzlich. Es ist beispielsweise nicht möglich, an seiner Stelle durchsichtigen Kunststoff zu verwenden. Wie ein Sieb würde es den für das Quecksilber schädlichen Sauerstoff durchlassen. Das Füllen der Kapillare mit Quecksilber ist eine sehr verantwortungsvolle Tätigkeit. In das Röhrchen darf keine Luft gelangen. Früher, als dieser Arbeitsgang von Hand durchgeführt wurde, mußten die Meister einige Wochen lang die mit Quecksilber gefüllten Röhrchen abwechselnd erst von der einen und dann von der anderen Seite erwärmen, um eingeschlossene Luftbläschen auszutreiben. Heute erfolgt das Füllen schnell und fehlerlos mit Hilfe von Maschinen.

Bevor die Thermometer an den Ort ihrer zukünftigen Verwendung gelangen, müssen sie sich noch einigen Kontrollen und Prüfungen unterziehen. Wer die Prüfung nicht besteht, landet im Ausschußkorb. Die anderen erhalten das Warenzeichen der Fabrik, das für ihre Qualität bürgt. Das in der Glaskapillare eingeschlossene, unbestechliche Quecksilbertröpfchen wird sich in der Wissenschaft, in der Industrie, in der Landwirtschaft und in der Medizin bewähren.

Für die Herstellung von Quecksilber wurden im Laufe der Jahrhunderte immer effektivere Verfahren entwickelt. Einst wurde das Quecksilbererz in Tontöpfen erwärmt, und das dabei verdampfende Quecksilber kondensierte an den Blättern von Bäumen, die jeweils frisch geschlagen und in den Schmelzkammern zwischen den Töpfen aufgestellt wurden. Heute erfolgt die kontinuierliche Gewinnung von Quecksilber in Fabriken mit automatischen Anlagen. Der Druck eines Arbeiters auf den Knopf der Fernsteuerung genügt, um Tonnen von Quecksilberkonzentrat in die Bunker großer elektrischer Öfen zu befördern. Dort wird das Konzentrat erwärmt, wobei Quecksilber verdampft. Das durch Abkühlung niedergeschlagene Quecksilber gelangt in spezielle Behälter. Nach einer abschließenden Reinigung wird das Metall in Stahlballons gefüllt, die etwa 35 Kilogramm fassen. Besonders reines, raffiniertes Quecksilber von hoher Qualität wird in Keramikbehältern aufbewahrt, die nur fünf Kilogramm fassen.

Das Verderben Roms – Blei

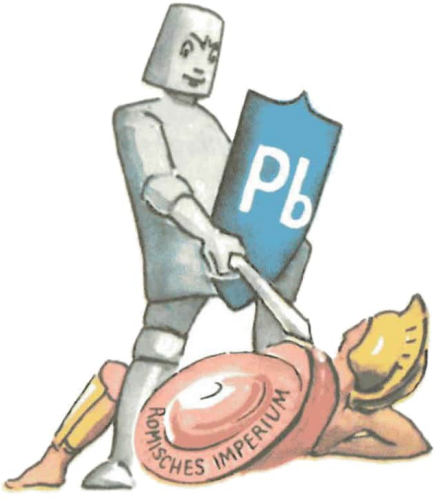
Pb

Wachsame Gänse · Das traurige Schicksal der Aristokraten · Die Foltern der Jesuiten · Geheimnisse der Brahmanen · Auf der »Seufzerbrücke« · Gewichtiges Argument · Unzulässige Selbstzündungen · »Bleigraue Wolken« · Brand im Athener Hafen · Giftiger »Zucker« · Fund unter der Asche · In der Bibliothek des Königs Asurbanipal · Wie alt sind die Steine? · Grünes Licht den Erzkennern

Rom wurde einmal von Gänsen gerettet. Das ist allgemein bekannt. Die wachsamen Vögel bemerkten seinerzeit das Herannahen feindlicher Truppen und signalisierten sofort durch ihr Geschnatter die Gefahr. Der Feind wurde besiegt, der Untergang Roms noch einmal verhindert. Trotzdem war der Verfall des römischen Imperiums nicht aufzuhalten. Welche Ursachen führten zur Vernichtung des einst so mächtigen Staates? »Schuld am Untergang Roms sind Bleivergiftungen.« Das schrieben einige amerikanische Toxikologen. Nach ihrer Meinung vergifteten sich die Römer durch die Verwendung bleihaltiger kosmetischer Farben und durch die Benutzung von Gefäßen, die in Blei eingefaßt waren. Dadurch kam es zu der hohen Sterblichkeit der römischen Aristokratie. Ihr Durchschnittsalter betrug höchstens 25 Jahre. Die Angehörigen der niederen Stände waren solchen Vergiftungen in geringerem Maße ausgesetzt, weil sie sich keine teueren Gläser und keine kostspieligen kosmetischen Mittel leisten konnten. Aber sie tranken auch das Wasser aus jener berühmten Leitung, die von Sklaven erbaut worden war und deren Rohre aus Blei bestanden. Sicherlich haben die Bleivergiftungen zur Senkung der durchschnittlichen Lebenserwartung der Römer beigetragen, denn bei Ausgrabungen wurden in Skeletten römischer Aristokraten relativ große Bleimengen entdeckt. Der Untergang des Römischen Reiches aber hatte tiefere Ursachen: ökonomische, soziale und politische.

Alle löslichen Verbindungen dieses Elements sind giftig. Man hat festgestellt, daß im Trinkwasser der alten Römer viel Kohlensäure enthalten ist. In solchem Wasser bildet sich bei Berührung mit Blei das leicht wasserlösliche Bleikarbonat. Auch wenn es nur in kleinen Mengen in den Organismus gelangt, reichert sich Blei in der Knochensubstanz an und zersetzt allmählich das darin enthaltene Kalzium. Auf diese Weise werden chronische Erkrankungen hervorgerufen.

Im alten Rom hat Blei vielen Aristokraten Krankheit und Tod gebracht. Aber das Element wurde von den Großen der Welt auch zu ungeheuren Verbrechen mißbraucht. Als die Inquisition wütete, verwendeten die Jesuiten geschmolzenes Blei als Folterwerkzeug und als Mittel zur Hinrichtung. Noch am Anfang unseres Jahrhunderts wurde in Indien Angehörigen der niederen Klasse Blei in die Ohren gegossen, wenn sie bewußt oder unbewußt die Brahmanen beim Lesen der heiligen Bücher belauscht hatten. (Um ihre Macht zu erhalten, hielten von alters her die



Priester Babyloniens, Ägyptens und Indiens ihr Wissen geheim.)
In Venedig ist ein mittelalterliches Gefängnis für Staatsgefangene erhalten geblieben, das durch die »Seufzerbrücke« mit dem berühmten Dogenpalast verbunden ist. Im Dachboden des Gefängnisses befand sich eine spezielle Kammer mit einem Bleidach für Gefangene, die sich besonders schwer vergangen hatten. Im Sommer quälte sie die Hitze, im Winter die Kälte. Und auf der »Seufzerbrücke« hörte man die Schreie des Entsetzens ...
Seit dieser Zeit wurden auch Feuerwaffen hergestellt. Die tückischen Kugeln für Flinten und Pistolen wurden aus Blei gegossen. Blei wurde eines der »gewichtigsten Argumente« bei gewaltsamen Auseinandersetzungen. Es entschied sowohl den Ausgang großer Schlachten als auch den Kleinkrieg unter den Gangstern.
Die bisherigen Ausführungen könnten den Eindruck erwecken, Blei habe der Menschheit nur Schaden und Unheil gebracht, und man müsse sie vor diesem gefährlichen Element bewahren. Die Produktion von Blei nimmt aber ständig zu. Von allen Buntmetallen werden nur Aluminium, Kupfer und Zink in größerer Menge erzeugt als Blei. Diese Tatsache läßt den berechtigten Schluß zu, daß dieses Metall auch nützlichen und friedlichen Zwecken dient.
Wir kennen in der Geschichte viele Beispiele von gerechten und ungerechten Kriegen, heroischen Kämpfen für Freiheit und Unabhängigkeit. Auch in diesen Kriegen wurde mit Kugeln aus Blei gekämpft. Und zum Schutz unserer Grenzen genügt nicht nur das Pulver im Faß. Die militärische Bedeutung des Metalls Blei ist immer noch groß. Mit der stürmischen Entwicklung der Technik nach der Jahrhundertwende – in der Zeit der Erfindung von Kraftfahrzeugen, Unterseebooten, Flugzeugen – in der Zeit des Aufbaues der chemischen und elektrotechnischen Industrie – stieg die Erzeugung von Blei beträchtlich.
Ungefähr ein Drittel der Weltproduktion dieses Metalls verbraucht man heute für die Herstellung von Akkumulatoren. Ihre Gitter bestehen aus einer Legierung des Bleis mit Antimon (Hartblei). Die Gitterwaben sind mit einer Paste aus Bleiglätte (Bleioxid) ausgefüllt. Ein weiterer Hauptverbraucher dieses Metalls ist die Treibstoffindustrie. Bevor das Treibstoffgemisch in einem Benzinmotor verbrennt, wird es komprimiert, denn je höher die Kompression, um so ökonomischer die Arbeit des Motors. Von einem bestimmten Druck an explodiert allerdings das Brennstoffgemisch, ohne daß es gezündet wird. Der Motor »klopft« oder »klingelt«. Natürlich ist ein solch eigenmächtiges Verhalten nicht erwünscht. Hier kommt uns das Blei-Tetraäthyl zu Hilfe. Geringe Zusätze zum Benzin (weniger als ein Gramm je Liter) verhüten die Selbstzündung und veranlassen, daß der Brennstoff gleichmäßig und im richtigen Moment verbrennt. Weil Blei-Tetraäthyl sehr giftig ist, wird solches Benzin rosa gefärbt, um es von dem gewöhnlichen zu unterscheiden. Leider gelangen wesentliche Mengen des Giftes durch die Auspuffgase in die Atmosphäre. Interessant sind die Berechnungen einiger Wissenschaftler eines kalifornischen technologischen Institutes. Sie zeigen, daß sich über großen Städten riesige Bleiwolken bilden. (Wie man sieht, kann der poetische Aus-

druck »bleigraue Wolken« auch einen realen Sinn erhalten.) In einem Jahr fallen allein auf die Ozeane der südlichen Halbkugel ungefähr 50 000 Tonnen dieses Metalles. Sie stammen vorwiegend aus den Zusätzen zum Benzin. Daraus kann man ersehen, was ein Gramm je Liter bedeutet! Offensichtlich muß man sich so schnell wie möglich nach einem Ersatz für das Tetraäthyl umsehen.

In der elektronischen Industrie wird Blei für die Umhüllung von Kabeln verwendet, da es biegsam und zuverlässig ist. Auch Lote werden aus diesem Material hergestellt.

Mit Blei sind Kammern und Türme für die Herstellung von Schwefelsäure, Rohre und Wannen für das Beizen und für elektrolytische Zwecke ausgekleidet. In vielen Maschinen und Mechanismen befinden sich Lager aus Legierungen von Blei mit anderen Metallen. Mit Antimon und Zinn legiertes Hartblei wird in der Typographie für die Herstellung von Schriftsätzen verwendet. In der Glas- und Keramikindustrie benötigt man Blei zur Herstellung von Kristallglas und von speziellen Glasuren. Bleioxid und Bleisalze werden in der Lackfarbenindustrie eingesetzt. Bleihaltige Farben waren schon im Altertum bekannt. Schon vor drei Jahrtausenden gelang die Herstellung von Bleiweiß. Das Herstellungsverfahren war zwar noch primitiv, aber ausreichend und zuverlässig. In ein Faß wurde Essig gegossen und mit Reisig abgedeckt. Darauf legte man ein Stück Blei. Dann wurde das Faß dicht verspundet. Wenn man es nach einiger Zeit öffnete, hatte sich das Blei mit einem weißen Überzug bedeckt. Dieses »Bleiweiß« wurde abgekratzt, verpackt und in verschiedene Länder ausgeführt. Ein Hauptlieferant war zu jener Zeit die Insel Rhodos.

Einst brach im Hafen von Piräus auf einem Schiff, das mit Bleiweiß beladen war, ein Brand aus. Zur selben Zeit befand sich in

der Nähe ein Kunstmaler, der wußte, daß sich auf dem brennenden Schiff Farben befanden. Er bestieg das Schiff in der Hoffnung, wenigstens eines der Fässer in Sicherheit bringen zu können. Farben waren damals teuer, und er war gerade nicht gut bei Kasse. Zu seiner Überraschung konnte der Maler in den verkohlten Fässern kein Bleiweiß entdecken, sondern nur die dicke Masse einer hellroten Farbe. Der Künstler nahm ein Faß und eilte damit in seine Werkstatt. Das Faß enthielt eine ausgezeichnete Farbe. Man nannte sie Mennige und stellte sie in der Folge durch Erhitzen von Bleiweiß her.

Bilder und Ikonen, die mit Bleifarben gemalt wurden, werden im Laufe der Zeit dunkel. Man braucht sie jedoch nur mit einer schwachen Lösung von Wasserstoffsuperoxid oder Essigsäure abzuwischen, und die Farben werden wieder hell und leuchtend. Diese Erfahrung benutzten die Priester zu einem wirkungsvollen Trick. Sie demonstrierten vor den Augen der erstaunten, unwissenden Gläubigen ein Wunder: Die Ikonen »belebten« sich.

In der Medizin finden Bleiazetatlösung, auch Bleizucker genannt, und Bleiwasser in der Wundbehandlung und bei Hauterkrankungen als desinfizierende und hervorragend entzündungshemmende Mittel Beachtung. Diese Bleiverbindungen sind aber mit Vorsicht zu verwenden, weil sie ernste Vergiftungen des Organismus hervorrufen können.

Nicht umsonst werden in Betrieben und Laboratorien, wo die Menschen mit Blei oder Bleiverbindungen zu tun haben, spezielle Vorsichtsmaßnahmen getroffen. Ärzte und Ingenieure für Arbeitsschutz sorgen ständig dafür, daß der Gehalt an Blei in der Luft die zulässige Norm von 0,000 01 Milligramm je Liter nicht übersteigt. Bis in die jüngsten Tage galten Bleivergiftungen in Bleifabriken und polygraphischen Betrieben als Berufskrankheit. Durch die Anwendung moderner Produktionstechnologien mit Ventilation und Entstaubung konnte diese Krankheit praktisch überwunden werden.

Der Mensch muß sich vor dem Blei schützen, aber das Blei schützt auch den Menschen. Metallisches Blei ist eines der undurchlässigsten Materialien für alle Arten radioaktiver und Röntgenstrahlen. Wenn wir die Schürze oder die Handschuhe eines Röntgenologen in die Hand nehmen, so sind wir überrascht von ihrem Gewicht. In dem Gummi, aus dem sie gefertigt werden, ist Blei enthalten. Es schützt den Organismus vor der schädlichen Wirkung der Röntgenstrahlen. Aus dem gleichen Grund wird das radioaktive Kobaltpräparat in den Kobaltkanonen, die man zur Heilung bösartiger Geschwüre verwendet, von einer schützenden Bleihülle umgeben.

Bleischirme verwendet man in der Atomenergetik, in der Kerntechnik und in der Röntgentechnik. Vor radioaktiven Strahlen schützt auch Glas, das Bleioxid enthält. Es ermöglicht bei der Bearbeitung radioaktiver Materialien mit Hilfe eines Manipulators die direkte Beobachtung. Das Atomzentrum in Bukarest besitzt einen Illuminator aus Bleiglas mit einer Dicke von einem Meter. Sein Gewicht beträgt mehr als 1,5 Tonnen.

Die Erdrinde enthält verhältnismäßig wenig Blei, vieltausendmal weniger als Aluminium oder Eisen. Trotzdem ist es dem Menschen schon seit ungefähr 7000 Jahren bekannt. Im Unterschied zu vielen anderen

Metallen hat Blei einen sehr niedrigen Schmelzpunkt (327 Grad Celsius). In der Natur kommt es in verhältnismäßig instabilen chemischen Verbindungen vor, aus denen es sich sehr leicht gewinnen läßt. Dadurch wurde es oft zufällig gefunden und hergestellt. So wurde beispielsweise in Amerika eine reiche Bleilagerstätte bei einem Waldbrand entdeckt. An der Brandstätte wurden unter einer Ascheschicht große Bleibrocken gefunden. Aus dem Erz, das unter den Wurzeln der Bäume lag, war es durch den Brand erschmolzen worden. Wahrscheinlich gelangte das Metall auf ähnliche Weise auch in den Besitz der Urbewohner unseres Planeten. Für den ältesten Bleifund hält man eine noch gut erhaltene ägyptische Figur, die im Britischen Museum aufbewahrt wird. Sie wurde etwa im Jahre 3800 vor unserer Zeitrechnung hergestellt. In Spanien sind alte Halden von bleihaltigen Schlacken erhalten. Hier beuteten schon im dritten Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung die Phönizier blei- und silberhaltige Erze der Lagerstätte Rio Tinto aus. In der Bibliothek des assyrischen Königs Asurbanipal (7. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung) waren babylonische Handschriften aufbewahrt, die etwa aus der Zeit 2000 vor unserer Zeitrechnung stammten. Eine dieser Handschriften enthält eine Hymne an den Gott des Feuers, in der es heißt: »Oh Feuergott, du erschmelzest Kupfer und Blei, du reinigst Gold und Silber.« Bei Ausgrabungen der Stadt Assur wurde ein Bleibrocken von 400 Kilogramm Gewicht entdeckt. Archäologen nehmen an, daß er etwa aus dem Jahre 1300 vor unserer Zeitrechnung stammt.

Blei spielt übrigens auch eine Rolle in ei-

nem Verfahren zur Bestimmung des Alters von Gesteinen und archäologischen Funden. Die Mehrzahl der Gesteine und Mineralien enthält in winzigen Mengen radioaktive Elemente. In der Natur zerfallen ständig einige Elemente, und andere werden dabei gebildet. Im Ergebnis einer langwährenden Umwandlung, die einige Metalle erfahren, bildet sich Radium, das seinerseits wieder zerfällt und schließlich Blei zurückläßt. Wenn man bei einem bestimmten Gestein die in ihm enthaltenen Blei- und Radiummengen kennt und weiß, wieviel Blei sich jährlich bildet, kann man sein Alter errechnen. So hat man beispielsweise berechnet, daß die Steinkohlenlager des Donbass vor ungefähr 3000 Millionen Jahren entstanden sind.

Auf dem Territorium Rußlands wurden die ersten Spuren der Bleiverarbeitung im Altai, am Baikal und im Fernen Osten

gefunden. An diesen Stellen wurden auch in unserer Zeit neue Erzlagerstätten dieses Metalls entdeckt.

Die ersten Versuche zur Gewinnung von Blei in Rußland wurden am Ende des 17. Jahrhunderts durchgeführt. Das Erz hierzu wurde an den Ufern des Tobol gefunden. Es ist bekannt, daß sibirische Erzproben im Jahre 1695 nach Deutschland zur Untersuchung geschickt wurden.

Einen mächtigen Aufschwung nahm die Entwicklung des Bergbaues und der Metallurgie in der Epoche Peters I., der die Tätigkeit von Erzkundigen und Erzsuchern auf jede Art und Weise förderte. In der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts wurden in Rußland viele Bleilagerstätten entdeckt und Fabriken zur Bleigewinnung gebaut. Vor dem ersten Weltkrieg befand sich im zaristischen Rußland die Mehrzahl der buntmetallurgischen Betriebe in den Händen ausländischer Kapitalisten. Deutsche, englische und belgische Firmen erhielten die Genehmigung zum Abbau der Lagerstätten. Die räuberische Ausbeutung führte zu einem völligen Niedergang der Produktion. Im Jahre 1913 konnten die Bleifabriken Rußlands lediglich 1,5 Prozent des eigenen Bedarfs abdecken.

In den Jahren der Sowjetmacht wurde eine mächtige Bleiindustrie geschaffen, die nicht nur die vollständige Befriedigung der Volkswirtschaft gewährleistet, sondern auch in der Lage ist, Blei in andere Länder zu exportieren. Das Firmenzeichen »UKSZK« des Ust Kamenigorskier Blei-Zink-Kombinates »W. I. Lenin« ist heute in- und ausländischen Metallurgen gut bekannt.

Unsere Erzählung über das Blei soll mit einigen Bemerkungen zum Namen des Elementes abgeschlossen werden. Im Russischen wird Blei »Swinez« genannt. Offensichtlich stammt diese Bezeichnung von dem Wort »Swinka«, das bedeutet Schweinchen. So wurden früher dort die Blöcke dieses Metalles genannt. Das ist jedoch nicht immer die russische Bezeichnung für Blei gewesen. Im Altertum

nannte man es in Rußland »Olowo«, das ist die heutige Bezeichnung für Zinn. Offenbar wurden anfangs Blei und Zinn, die sich in einigen Eigenschaften ja ähnlich sind, verwechselt. Sie erhielten deshalb den gleichen Namen. Als man später die beiden Metalle genau zu unterscheiden verstand, wurde die alte Bezeichnung für das Zinn verwendet, und Blei erhielt den Namen »Swinez«.

Auch die alten Römer hatten offensichtlich mit diesen Metallen Schwierigkeiten. Blei nannten sie Plumbum (schwarzes Blei) und Zinn Plumbum candium (Blei aus Candium). Zinn erhielt man im alten Rom von der Insel Cypern, die damals Candium genannt wurde.

Auf die »verwandtschaftlichen« Beziehungen zwischen Blei und Molybdän wurde bereits an anderer Stelle hingewiesen. Beide trugen einmal den gleichen Namen »molybdena«. Es ist wissenschaftlich längst erwiesen, daß Molybdän und Plumbum zwei verschiedene Metalle sind. Jedes steht auf seine Weise im Dienste des Menschen.

Der Brennstoff des 20. Jahrhunderts – Uran

U

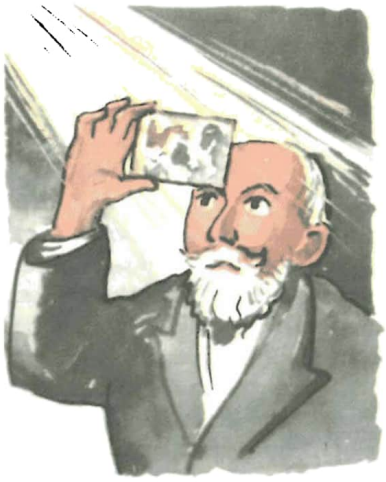
Sein Name zu Ehren des 7. Planeten · Das Mosaik der alten Römer · Becquerel wartet auf die Sonne · Entdeckungen in einem baufälligen Schuppen · Irrtum in der Enzyklopädie! · Sensationelle Mitteilung · Die Idee der »Jungen« · Woher kommt das Lanthan? · Aufregung beim Friseur · Woher die Neutronen nehmen? · Das »Streichholz« für den Atombrand existiert · Versuch in der Metrostation »Dynamo« · Wie ein Tropfen im Meer · Im Stadion von Chikago · »Gehen Sie erst mal frühstücken« · Die Flucht von Niels Bohr · Ein schwarzer Tag in der Geschichte der Zivilisation · Atomeisbrecher »Lenin« · Märchenhafte Perspektiven

Es ist schwer zu sagen, welchen Namen der deutsche Gelehrte Martin H. Klaproth für das von ihm 1789 entdeckte Element gewählt hätte, wenn dieser Entdekkung nicht ein Ereignis vorausgegangen wäre, das alle Kreise der Gesellschaft bewegte: Im Jahre 1781 bemerkte der Astronom F. W. Herschel, als er mit einem selbstgebauten Teleskop den Himmel beobachtete, eine leuchtende Wolke, die er anfangs für einen Kometen hielt. Nach wiederholten Beobachtungen erkannte er, daß er einen neuen, den bisher unbekannten siebenten Planeten des Sonnensystems entdeckt hatte. Zu Ehren des griechischen Himmelsgottes nannte er ihn Uranus. Unter dem Eindruck dieser aufsehenerregenden Entdeckung gab Klaproth dem neuentdeckten Element den Namen des neuen Planeten.

Ungefähr 50 Jahre später, im Jahre 1841, gelang es dem französischen Chemiker E. M. Peligot, metallisches Uran herzustellen. Die industrielle Welt stand dem schweren, verhältnismäßig weichen Metall gleichgültig gegenüber. Seine mechanischen und chemischen Eigenschaften fanden kein Interesse bei Metallurgen und Maschinenbauern. Lediglich die böhmischen Glasbläser und die sächsischen Meister der Porzellanmanufakturen verwendeten das Oxid dieses Metalls, um vielen ihrer kunstvollen Erzeugnisse eine schöne gelbgrüne Farbe zu verleihen oder sie mit samtschwarzen Ornamenten zu verzieren.

Die »künstlerischen Fähigkeiten« der Uranverbindungen waren schon den alten Römern bekannt. Bei Ausgrabungen in der Nähe von Neapel fand man ein Glasmosaikfresko von außerordentlicher Schönheit. Die Archäologen waren überrascht, denn das Glas hatte im Verlauf von zwei Jahrtausenden fast nichts von seinem Glanz verloren. Als Proben des wertvollen Fundes einer chemischen Analyse unterzogen wurden, konnte man Uranoxid nachweisen. Auf diese Verbindung ist der gute Zustand des Mosaiks zurückzuführen. Obzwar das Oxid und die Salze des Urans vielfach und erfolgreich von vielen Menschen genutzt wurden, fand das reine Metall keine Interessenten. Auch die Wissenschaft war äußerst oberflächlich über dieses Element informiert; teilweise waren die spärlichen Informationen sogar falsch. Man nahm zum Beispiel an, das Atomgewicht sei ungefähr 120.

Als D. I. Mendelejew sein Periodensystem der Elemente aufstellte, brachte dieser Wert sein Konzept in Gefahr: Uran mit seinen spezifischen Eigenschaften paßte durchaus nicht auf den Platz der Tabelle, der für ein Element mit dem Atomgewicht 120 »reserviert« war. Mendelejew entschied sich entgegen der Meinung vieler Kollegen für das Atomgewicht 240 und setzte Uran an das Ende der Tabelle. Später bestätigte sich die Vorhersage des großen Chemikers: Das Atomgewicht des Urans beträgt 238,03. Die geniale Voraussicht Mendelejews im Hinblick auf das Uran erschöpfte sich jedoch nicht in dieser Feststellung. Schon 1872, als die Mehrheit der Wissenschaftler das Uran im Vergleich mit den anderen, wertvollen Elementen noch als »Ballast« ansah, prophezeite er ihm eine glänzende Zukunft. Sinngemäß schrieb Mendelejew: »Unter den bisher bekannten Elementen ragt das Uran hervor, da es die höchste Dichte und die höchste relative Atommasse hat. Es muß sich deshalb durch



besondere Eigenschaften auszeichnen. Überzeugt davon, daß die Erforschung des Urans noch zu vielen Entdeckungen führen wird, empfehle ich jenen, die nach Gegenständen für neue Forschungen suchen, sich besonders sorgfältig mit dem Uran und seinen Verbindungen zu befassen.«

Nach etwa einem Vierteljahrhundert erfüllte sich die Vorhersage des großen Gelehrten. Im Jahre 1896 machte der französische Physiker Henry Becquerel bei Versuchen mit Uransalzen eine Entdeckung, die mit Recht zu den bedeutendsten wissenschaftlichen Erkenntnissen der Menschheit gehört. Wie hatte sich dieses Ereignis zugetragen? Becquerel hatte sich schon lange für die Erscheinung der Phosphoreszenz interessiert. Eines Tages entschied sich der Gelehrte, für seine Versuche ein Uransalz zu verwenden. Auf eine in schwarzes Papier verpackte Fotoplatte legte er eine Blechfigur, bedeckte das Ganze mit einer Schicht Uransalz und postierte es in helles Sonnenlicht, damit die Phosphoreszenz so intensiv wie möglich erfolgen sollte. Nach vier Stunden entwikkelte er die Platte und bemerkte auf ihr die klaren Umrisse der metallischen Figur. Wiederholte Versuche ergaben das gleiche Resultat. Am 24. 2. 1896 berichtete der Wissenschaftler vor der Akademie der Wissenschaften, daß bei solchen phosphoreszierenden Stoffen unter der Einwirkung von Licht eine unsichtbare Strahlung auftritt, die durch schwarzes, undurchsichtiges Papier hindurchgeht und die Silbersalze der Fotoplatten reduziert.

Nach zwei Tagen beschloß Becquerel, die Versuche fortzusetzen, aber zu seinem Leidwesen war trübes Wetter, und ohne Sonne gab es keine Phosphoreszenz. Über das ungünstige Wetter verärgert, legte der Gelehrte die bereits vorbereiteten, aber noch nicht belichteten Platten zusammen mit den Uransalzproben in seinen Schreibtisch, wo sie einige Tage liegen blieben. In der Nacht zum 1. März fegte der Wind den Pariser Himmel sauber, und am frühen Morgen strahlte die Sonne über der Stadt. Becquerel, der ungeduldig darauf gewartet hatte, eilte in sein Laboratorium und nahm die Platten aus dem Schreibtisch, um sie der Sonne auszusetzen. Da er ein sehr pedantischer Experimentator war, entschloß er sich, die Platten sofort zu entwickeln, obwohl eigentlich kein Grund zu der Annahme vorlag, es habe sich in den letzten Tagen etwas daran verändert. Hatten sie doch in dem dunklen Schubfach gelegen, und ohne Licht phosphoresziert kein Stoff. In diesem Augenblick ahnte der Gelehrte nicht, daß schon nach wenigen Stunden seine gewöhnlichen Fotoplatten, die er für wenige Francs erworben hatte, einen un-

schätzbaren Wert darstellen könnten, daß der 1. März 1896 für immer in die Geschichte der Weltwissenschaft eingehen würde.
Als Becquerel die »unbelichteten« Platten entwickelte, stellte er verblüfft fest, daß die Silhouette der Uransalzprobe scharf und klar in der lichtempfindlichen Schicht abgebildet war. Das aber bedeutete, daß hier etwas anderes als die Phosphoreszenz im Spiel war! Was für Strahlen aber hat das Uransalz ausgesendet? Der Wissenschaftler führte analoge Versuche mit anderen Uranverbindungen durch. Er verwendete solche, die die Fähigkeit der Phosphoreszenz haben, und solche, die sie nicht haben. Er benutzte auch Uranpräparate, die jahrelang an einem dunklen Platz gelegen hatten, doch jedesmal erschien auf der Platte eine Abbildung von der Gestalt des Präparats.
Becquerel suchte nach einer wissenschaftlichen Erklärung für diese rätselhafte Erscheinung. Nach seiner Vorstellung, die allerdings noch unvollständig und kausal nicht faßbar war, sei Uran das erste Beispiel eines Metalls, bei dem eine bisher unbekannte Eigenschaft, eine Art »unsichtbare« Phosphoreszenz zutage tritt.
Zur selben Zeit gelang es dem französischen Chemiker Henry Moissan, ein Verfahren zur Erzeugung reinen metallischen Urans auszuarbeiten. Becquerel bat Moissan um etwas Uranpulver und stellte fest, daß die Strahlung des reinen Urans noch wesentlich intensiver war als die seiner Verbindungen, wobei sich diese Eigenschaft des Urans als stabil und unabhängig von verschiedenen Versuchsbedingungen, insbesondere von der Temperatur, erwies.
Mit der Veröffentlichung seiner Ergebnisse beeilte sich Becquerel nicht. Er wartete, bis Moissan seine äußerst interessanten Forschungsergebnisse mitteilte. Hierzu verpflichtete ihn die wissenschaftliche Ethik. Am 23. November 1896 hielt Moissan in der Akademie der Wissenschaften einen Vortrag über die Arbeiten zur Erzeugung reinen Urans. Sodann berichtete Becquerel über die neuentdeckte Strahlung, die diesem Element eigen war und auf den spontanen Zerfall seiner Atomkerne zurückgeführt werden konnte. Diese Eigenschaft wurde Radioaktivität genannt.
Die Entdeckung Becquerels kennzeichnete den Beginn einer neuen Ära in der Physik, die Ära der Umwandlung der Elemente. Von nun an konnte man das Atom nicht mehr als unteilbar bezeichnen. Seit diesem Zeitpunkt lenkte das Uran die Aufmerksamkeit der Wissenschaftler auf sich. Außerdem interessierte die Frage, ob in der Natur noch andere radioaktive Elemente vorkommen. Darauf konnte das bekannte Physikerehepaar Pierre Curie und Marie Sklodowska-Curie Antwort geben. Mit Hilfe eines Gerätes, das ihr Ehemann konstruiert hatte, untersuchte Marie Curie eine große Menge Metalle, Mineralien und Salze. Die Arbeit wurde unter äußerst schweren Bedingungen durchgeführt. Als Laboratorium diente ein baufälliger Holzschuppen, den Curie auf einem der französischen Hinterhöfe ausfindig gemacht hatte. »Es war ein Schuppen aus Brettern, mit asphaltiertem Boden und einem Glasdach, das schlecht vor Regen schützte, ohne jegliche Einrichtung«, erinnerte sich später Marie Curie, »es standen dort nur alte Holzstühle, ein gußeiserner Ofen, der nicht

genügend Wärme spendete, und eine Schultafel, die Pierre gern verwendete. Es gab keine Abzugsvorrichtungen für die schädlichen Gase, die sich bei den Versuchen entwickelten. Sie wurden deshalb bei schönem Wetter auf dem Hof durchgeführt, sonst im Raum bei geöffneten Fenstern.« Im Tagebuch von Pierre Curie ist eine Notiz darüber vorhanden, daß die Arbeiten manchmal bei Temperaturen von sechs Grad Celsius durchgeführt wurden. Viele Probleme entstanden auch bei der Beschaffung von notwendigen Materialien. Uranerz war beispielsweise sehr teuer, und es war Pierre Curie mit seinen bescheidenen Mitteln nicht möglich, genügende Mengen zu kaufen. Sie wandten sich deshalb mit der Bitte an die österreichische Regierung, ihnen für einen möglichst geringen Preis Abfälle des Erzes zu überlassen, aus welchen in Österreich Uran gewonnen wurde. Das Ehepaar wurde von der Wiener Akademie der Wissenschaften unterstützt. Einige Tonnen des Abfallmaterials wurden ins Pariser Laboratorium übersandt.

Marie Curie arbeitete mit ungewöhnlicher Hartnäckigkeit. Die Untersuchung einer Vielzahl von Materialien bestätigte die Feststellung Becquerels, daß reines Uran über stärkere Radioaktivität verfügt als alle seine Verbindungen. Aber Marie Curie unterzog immer neue Stoffe einer eingehenden Untersuchung. Und schließlich kam die Überraschung! Zwei Uranmineralien, Chalkolit und Pechblende aus Böhmen, wirkten stärker auf das Meßgerät als das reine Uran. Die Schlußfolgerung war einfach. In ihnen mußte ein bisher nicht bekanntes Element enthalten sein, das durch noch stärkeren radioaktiven Zerfall gekennzeichnet war als Uran. Zu Ehren Polens, der Heimat von Marie Curie, nannte sie es Polonium.

Und wieder folgte eine Zeit hartnäckiger Arbeit. Der Lohn dafür war ein neuer Sieg: die Entdeckung eines Elementes, das 100mal stärkere Radioaktivität zeigte als das Uran. Dieses Element nannten die Wissenschaftler Radium, was im Lateinischen so viel wie Strahlung bedeutet. Die Entdeckung des Radiums lenkte gewissermaßen die Aufmerksamkeit der Wissenschaftler vom Uran ab. Im Verlaufe von etwa 40 Jahren erregte es kaum noch das Interesse der Wissenschaftler, und auch die Ingenieure befaßten sich nicht mit diesem Metall. Noch 1934 wird es in einem technischen Nachschlagewerk als Element ohne Bedeutung bezeichnet.

Zu Beginn des Jahres 1939 aber erschienen zwei wissenschaftliche Mitteilungen. Die erste, an die Französische Akademie der Wissenschaften gerichtet, war von Frederic Joliot-Curie und trug den Titel: »Experimenteller Beweis der Kernzertrümmerung des Urans und Thoriums unter der Wirkung von Neutronen.« Die zweite Mitteilung von den Physikern Otto Frisch und Lise Meitner, veröffentlicht in der englischen Zeitschrift »Natur«, trug die Überschrift: »Der Zerfall des Urans unter der Wirkung von Neutronen: Eine neue Art der Kernreaktion.« In beiden Arbeiten war die Rede von einer neuen, unbekannten Erscheinung im Kern des schwersten Elementes.

Schon einige Jahre vor diesem Ereignis interessierte sich eine Gruppe junger talentierter Physiker, die unter Leitung von Enrico Fermi an der Universität in Rom arbeitete, ernsthaft für Uran. Die Begeiste-

rung dieser Wissenschaftler galt der Neutronenphysik, die noch viel Unerforschtes und Neues bereithielt. Es konnte nachgewiesen werden, daß bei der Bestrahlung mit Neutronen in der Regel der Kern eines Elementes sich in den Kern desjenigen Elementes umwandelt, das im Periodensystem den nächsthöheren Platz einnimmt. Was aber würde geschehen, wenn man Uran, das letzte, das 92. Element mit Neutronen beschießt? Dann müßte sich ein Element bilden, das auf den 93. Platz gehört, ein Element also, das in der Natur nicht existiert. Die Idee faszinierte die jungen Physiker, die sich zu Ehren ihres Leiters die »Gruppe um Fermi« nannten. War es nicht verlockend zu wissen, was das künstliche Element darstellt? Wie es auszumachen war, wie es sich kenntlich machen würde? Selbstverständlich wurde Uran bestrahlt. Und was ereignete sich? Im Uran erschien nicht ein radioaktives Element, wie erwartet, sondern mindestens zehn traten in Erscheinung!

Im Verhalten des Urans verbarg sich ein Rätsel. Enrico Fermi gab eine Mitteilung an eine wissenschaftliche Zeitschrift. Es sei möglich, schrieb er, daß sich das 93. Element gebildet habe, aber genaue Beweise gäbe es nicht. Andererseits gäbe es Anzeichen, daß im bestrahlten Uran irgendwelche anderen Elemente entstanden seien. Aber welche?

Den Versuch, eine Antwort auf diese Frage zu finden, unternahm die Tochter Marie Curies, Irene Joliot-Curie. Sie wiederholte die Versuche Fermis und analysierte sorgfältig die chemische Zusammensetzung des Urans nach der Bestrahlung mit Neutronen. Das Resultat war mehr als überraschend: Im Uran fand sich das Element Lanthan, das im Periodensystem etwa in der Mitte steht, also viel leichter ist als Uran. Dann führten die deutschen Wissenschaftler Otto Hahn und Friedrich Straßmann die gleichen Experimente durch. Sie fanden im Uran nicht nur Lanthan, sondern auch Barium. Rätsel über Rätsel! Hahn und

Straßmann berichteten der bekannten Physikerin Lise Meitner von ihren Versuchen. Nun befaßten sich mit der Lösung des Uranproblems mehrere berühmte Wissenschaftler. Frederic Joliot-Curie und Lise Meitner kamen fast gleichzeitig zu ein und derselben Schlußfolgerung: Beim Auftreffen des Neutrons auf den Kern des Urans scheint dieser in Teile auseinanderzubrechen. Dies erklärt auch das überraschende Auftreten von Lanthan und Barium, von Elementen, deren Atomgewichte nur etwa halb so groß sind wie das des Urans.

Diese Nachricht erreichte den amerikanischen Physiker Luis Alvarez an einem Januarmorgen 1939 im Sessel eines Friseurs. Erst zur Hälfte frisiert und mit der Serviette um den Hals, rannte er zur Überraschung des Barbiers und aller Kunden aus dem Salon, um seinen Kollegen im Laboratorium der Kalifornischen Universität von dieser sensationellen Entdeckung zu berichten. Ja, dies war tatsächlich eine echte Sensation in der Wissenschaft.

Joliot-Curie erkannte aber noch eine andere, wichtigere Tatsache. Der Zerfall des Urankerns trägt den Charakter einer Explosion, wobei die Bruchstücke des Kerns mit großer Geschwindigkeit nach allen Seiten weggeschleudert werden. Bis zu diesem Zeitpunkt gelang nur die Zertrümmerung einzelner Kerne. Durch die Energie der Bruchstücke wurde lediglich die kleine Uranprobe etwas erwärmt. Wenn jedoch viele Urankerne zugleich zertrümmert würden, müßte sich eine gewaltige Energiemenge entwickeln. Aber woher eine solch große Menge von Neutronen nehmen, um mit ihnen gleichzeitig eine große Zahl von Urankernen zu bombardieren? Die den Wissenschaftlern bekannten

Neutronenquellen lieferten nur einen Bruchteil dessen, was benötigt wurde. Die Natur selbst kam ihnen zur Hilfe. Joliot-Curie erkannte, daß von jedem zerfallenden Urankern ebenfalls Neutronen ausgesandt werden. Wenn sie auf Kerne benachbarter Atome treffen, führen sie dort zu neuem Zerfall und lösen eine sogenannte Kettenreaktion aus. Weil diese Prozesse aber in ungeheuer kurzer Zeit ablaufen, entwickelt sich eine kolossale Energie, eine Explosion ist unvermeidlich. Soweit schien alles klar. Aber oft wurden kleine Uranstücke mit Neutronen bestrahlt, die dabei nicht explodieren, die Kettenreaktion fand nicht statt. Offensichtlich war dazu noch eine andere Bedingung notwendig. Aber welche?

Auf diese Frage konnte Frederic Joliot-Curie damals noch keine Antwort geben. Doch sie wurde gefunden, und zwar durch die jungen sowjetischen Wissenschaftler Ja. B. Seldowitsch und Ju. B. Chariton im Jahre 1939. In ihren Arbeiten wiesen sie zwei Wege zur Entwicklung einer Kettenreaktion nach. Der eine besteht darin, die Masse des Uranstückes zu erhöhen. Bei der Bestrahlung kleiner Stücke können viele der herausgeschleuderten Neutronen auf ihrem Weg keinen Urankern mehr treffen. Durch Erhöhung der Uranmasse wächst die Wahrscheinlichkeit für die Trefferzahl und damit für das Eintreten der Kettenreaktion. Der andere Weg führt über die Anreicherung des Urans mit seinem Isotop 235. Natürliches Uran hat zwei Isotope, deren Atomgewichte 238 und 235 betragen. Der Kern des ersten, dessen Anteil 99,3 Prozent ausmacht, enthält drei Neutronen mehr. Das an Neutronen ärmere Uran 235 nimmt viel begieriger als sein reicher Bruder Neutronen auf. Unter bestimmten Bedingungen zerfällt bei der Neutronenaufnahme Uran 238 nicht einmal in Teile, sondern wandelt sich in ein anderes Element um. Diese Eigenschaft des schwereren Isotopes wurde dann auch für die Herstellung künstlicher Elemente der Transurangruppe ausgenutzt. Auf die Kettenreaktion wirkt sich Uran 238 nachteilig aus. Der Prozeß verläuft deshalb um so energischer, je mehr das Isotop 235 im Uran angereichert ist.

Um den Prozeß aber in Gang zu bringen, war ein erstes Neutron notwendig, das »Streichholz«, das den »Atombrand« auslöst. Es ist klar, daß für diesen Zweck die gewöhnlichen Neutronenquellen ausgenutzt werden können, die die Wissenschaftler auch früher schon bei ihren Forschungen verwendeten – nicht sehr einfach, aber möglich. Gibt es kein »einfacheres« Streichholz? Es gibt eins! Für seine Entdeckung waren die von den sowjetischen Wissenschaftlern K. A. Petrshak und G. N. Flerow durchgeführten Versuche von großer Bedeutung. In den Jahren 1939 bis 1940 untersuchten sie die Kernreaktion des Urans. Es entstand die Frage, ob das Uran tatsächlich spontan zerfällt oder durch eine Einwirkung von außen, zum Beispiel durch kosmische Strahlung. Um dies zu entscheiden, führten sie auf Anregung von I. W. Kurtschatow in der Moskauer Metrostation »Dynamo« Versuche durch. Sie erhielten völlig analoge Ergebnisse wie in ihrem Laboratorium in Leningrad. Auf diese Weise bestand kein Zweifel mehr: Die Kerne des Urans zerfielen spontan. Um dieses Ergebnis zu erhalten, waren außergewöhnlich genaue Experimente notwendig. In einer Stunde zerfällt

von 60 000 000 000 000 Uranatomen jeweils nur eins. Wahrlich ein Tropfen im Meer!

K. A. Petrshak und G. N. Flerow schrieben eine bedeutende Seite im Kapitel der Biographie des Urans, das der Durchführung der ersten Kettenreaktion in der Welt voranging. Sie wurde am 2. Dezember 1942 von Enrico Fermi verwirklicht.

Ende der dreißiger Jahre mußte Fermi wie viele andere große Wissenschaftler nach Amerika emigrieren, um der Gefahr des Hitlerfaschismus aus dem Weg zu gehen. Er beabsichtigte, seine wichtigen Experimente im Gastland fortzusetzen. Hierzu wurde viel Geld benötigt. Es war erforderlich, die amerikanische Regierung davon zu überzeugen, daß es auf Grund der Versuche Fermis möglich sei, eine mächtige Atomwaffe herzustellen, die für den Kampf gegen den Hitlerfaschismus wirkungsvoll eingesetzt werden könnte. Die Mission unternahm ein Wissenschaftler mit einem weltbekannten Namen, Albert Einstein. Er schrieb einen Brief an den Präsidenten der Vereinigten Staaten von Amerika, Franklin Roosevelt, der mit folgenden Worten begann: »Sir! Die letzte Arbeit E. Fermis und L. Szilards, deren Manuskript mir bekannt ist, veranlaßt mich zu der Annahme, daß möglicherweise das Element Uran in naher Zukunft zu einer neuen wichtigen Energiequelle gemacht werden kann.« Der Wissenschaftler forderte im Brief dazu auf, mit der Finanzierung der Arbeiten zur Erforschung des Urans zu beginnen.

In Anbetracht der großen Autorität Einsteins und der ernsten internationalen Lage gab Roosevelt seine Zustimmung. Am Ende des Jahres 1941 konnten die Einwoh-

ner Chikagos auf dem Gelände des Sportstadions ungewöhnliche Betriebsamkeit bemerken, die mit Sport in keinerlei Beziehung stand. Sicherheitskräfte riegelten das Gelände hermetisch ab. In diesem Stadion, auf dem Tennisplatz unter der westlichen Tribüne, bereitete Enrico Fermi sein gefährliches Experiment vor: die Verwirklichung einer kontrollierten Kettenreaktion des Urans. Am ersten Kernreaktor der Welt wurde Tag und Nacht gearbeitet.

Es kam der Morgen des 2. Dezember 1942. Die ganze Nacht hatten die Wissenschaftler kein Auge zugetan, sondern immer wieder die Berechnungen überprüft, denn das Risiko war groß. Das Stadion befand sich direkt im Zentrum einer Millionenstadt, und obgleich die Berechnungen überzeugend nachwiesen, daß die Reaktion verzögert sein würde, das heißt keinen explosionsartigen Charakter tragen würde, hatte niemand das Recht, das Leben von Hunderttausenden Menschen zu gefährden. Der Tag hatte längst begonnen, und es war an der Zeit zu frühstücken. Aber niemand dachte daran. Alle brannten darauf, so schnell wie möglich »zum Sturm auf das Atom« überzugehen. Fermi hatte jedoch keine Eile. Die ermüdeten Mitarbeiter sollten sich erst ausruhen und entspannen, um alles sorgfältig abzuwägen und zu überdenken. Das dringende Gebot war: Vorsicht und noch einmal Vorsicht! Alles wartete gespannt auf das Kommando zum Beginn des Experiments, aber Fermi sprach die in der Geschichte der Eroberung des Atoms berühmt gewordenen Worte: »Gehen Sie erst mal frühstücken!«

Die Erholungspause war vorbei, jeder stand wieder auf seinem Platz – der Versuch begann. Die Blicke der Wissenschaftler hingen gebannt an den Instrumenten. Minuten voller Erwartung vergingen. Und endlich, die Neutronenzähler knackten wie die Maschinengewehre. Sie »verschluckten« sich förmlich bei der ungeheuren Neutronenmenge und konnten sie nicht mehr registrieren. Die Kettenreaktion hatte begonnen! Dies geschah um 15.25 Uhr Chikagoer Zeit. Das Atomfeuer brannte 28 Minuten, dann gab Fermi das Kommando zum Abbruch der Kettenreaktion.

Einer der Teilnehmer ging zum Telefon und gab die vorher verabredete Meldung an die zentrale Leitung: »Italienische Seefahrer erreichten die neue Welt!« Dies bedeutete, daß der hervorragende italienische Wissenschaftler Enrico Fermi die Energie des Atomkerns freigesetzt und gezeigt hatte, daß der Mensch sie kontrollieren und nach seinem Willen verwenden kann.

In jenen Jahren, als das beschriebene Ereignis stattfand, wurde die Kettenreaktion vor allem als eine Etappe auf dem Weg zur Entwicklung der Atombombe betrachtet. In dieser Richtung wurden auch die Arbeiten in Amerika von einem Atomphysikerkollektiv fortgesetzt.

In den Kreisen der Wissenschaftler, die sich mit diesen Arbeiten befaßten, herrschte äußerste Spannung. Im Herbst 1943 wurde beschlossen, den berühmten Physiker Niels Bohr aus dem von Deutschland okkupierten Dänemark nach Amerika zu holen. Sein erstaunliches Wissen und seine hervorragenden Fähigkeiten boten die Gewähr für eine erfolgreiche Mitarbeit auf dem Gebiet der Kernspaltung. Ein englisches Unterseeboot brachte den Wis-

senschaftler nach Schweden. Von dort gelangte er in einem Flugzeug über England nach Amerika. Das gesamte Gepäck Bohrs bestand aus einer Flasche. Diese gewöhnliche dänische Bierflasche hütete der Physiker wie seinen Augapfel. Sie enthielt sogenanntes »schweres Wasser«, das nach Meinung vieler Atomphysiker zur Bremsung von Neutronen bei Kernreaktionen geeignet war. Obwohl Bohr vom Flug sehr ermüdet war, galt seine erste Sorge der Flasche mit dem schweren Wasser. Zu seinem großen Verdruß mußte er entdecken, daß er ein Opfer seiner Zerstreutheit geworden war: In der Flasche befand sich einfaches dänisches Bier. Das Gefäß mit dem schweren Wasser hatte er zu Hause im Kühlschrank stehenlassen.

In den gigantischen Fabriken von Oak Ridge im Staate Tennessee wurde das für die Atomforschung bestimmte Uran 235 produziert. Von da brachte man es an einen geheimen Ort in den Canons von Neumexiko, nach Los Alamos, wo die tödliche Waffe hergestellt wurde. Als die erste Sendung Uran 235 dorthin transportiert wurde, wußte der Fahrer des Wagens nicht, was sich im Spezialbehälter hinter ihm befand. Er hatte mehr als einmal die Gruselgeschichten von den geheimen »Todesstrahlen« aus Oak Ridge gehört. Je weiter er fuhr, um so mehr erfaßte ihn die Unruhe. Schließlich nahm er sich vor, beim ersten verdächtigen Anzeichen den Wagen so schnell wie möglich zu verlassen. Als er über eine lange Brücke fuhr, hörte er plötzlich hinter sich einen scharfen Knall. Wie von einem Katapult geschossen, sprang er aus dem Wagen und rannte davon. Nachdem er eine größere Strecke zurückgelegt hatte, mußte er vor Erschöpfung stehen bleiben. Da er heil und unversehrt war, traute er sich sogar zurückzuschauen. Nichts weiter war geschehen, als daß sich hinter seinem Wagen eine lange Schlange ungeduldig hupender Kraftfahrer angesammelt hatte. Er mußte umkehren und seinen Weg fortsetzen. Er saß jedoch nicht lange am Steuer, als wieder ein lauter Knall ertönte. Der Instinkt der Selbsterhaltung warf den armen Teufel buchstäblich aus dem Wagen und veranlaßte ihn, sich wiederum so schnell wie möglich von der unheilbringenden Last zu entfernen. Erst

nachdem ihn ein wütender Polizist mit dem Motorrad eingeholt und ihm erklärt hatte, daß die Schüsse von einem benachbarten Schießplatz kamen, auf dem gerade neue Geschütze ausprobiert wurden, ließ sich der erschreckte Chauffeur davon überzeugen, daß ihm keine Gefahr drohe.

Die Arbeiten in Los Alamos verliefen unter strengster Geheimhaltung. Alle hier tätigen Wissenschaftler mußten Decknamen verwenden. So wurde beispielsweise Niels Bohr in Los Alamos Nicholas Baker genannt. Enrico Fermi hieß Henry Farmer, und Paul Wigners Name war Eugen Wagner.

Eines Tages wurden Fermi und Wigner beim Verlassen des Betriebsgeländes von einem Posten kontrolliert. Fermi zeigte seinen Ausweis auf den Namen Farmer vor, aber Wigner konnte sein Dokument nicht finden. Der Posten hatte eine Liste, auf der alle Personen verzeichnet waren, die die Genehmigung zum Betreten der Fabrik hatten. »Wie ist Ihr Familienname?« Der zerstreute Professor murmelte zunächst in alter Gewohnheit Wigner. Aber dann erinnerte er sich und sagte Wagner. Dies weckte den Argwohn des Postens. Wagner stand in der Liste, aber Wigner nicht. Er wandte sich an Fermi, der ihm schon bekannt war, und fragte: »Heißt dieser Mann Wagner?« »Sein Name ist Wagner, das ist so klar, wie mein Name Farmer ist«, versicherte Fermi, ein Lächeln mit Mühe unterdrückend. Der Posten ließ die Wissenschaftler passieren.

Ungefähr in der Mitte des Jahres 1945 wurden die Arbeiten zur Herstellung der Atombombe, die zwei Milliarden Dollar gekostet hatte, abgeschlossen.

Am 6. August entwickelte sich über der japanischen Stadt Hiroshima der gigantische Atompilz, der Zehntausenden Menschen das Leben kostete. Dieser Tag wurde ein schwarzer Tag in der Geschichte der Zivilisation. Die größte Errungenschaft der Wissenschaft hatte zur größten Tragödie der Menschheit geführt.

Vor den Wissenschaftlern, vor der ganzen Welt stand die Frage: Wie geht es weiter? Sollte weitergearbeitet werden an der Vervollkommnung der Kernwaffen? Sollten noch schrecklichere Mittel zur Vernichtung der Menschheit entstehen? Nein! Von nun an mußte die kolossale Energie der Atomkerne den Menschen dienen. Den ersten Schritt auf diesem Wege machten sowjetische Wissenschaftler unter der Leitung von Akademiemitglied I. W. Kurtschatow. Am 27. Juni 1954 verkündete Radio Moskau folgende bedeutende Mitteilung: »Soeben wurden in der Sowjetunion durch die Anstrengung sowjetischer Wissenschaftler und Ingenieure die Arbeiten an der Projektierung und dem Aufbau des ersten industriellen Atomkraftwerkes mit einer Leistung von 5000 Kilowatt erfolgreich abgeschlossen.« Zum erstenmal floß elektrischer Strom durch die Leitungen, dessen Energie in den Kernen der Atome des Urans geboren war.

»Dies ist ein historisches Ereignis«, schrieb in diesen Tagen die Zeitung Daily Worker, »es hat unermeßlich größere internationale Bedeutung als der Abwurf der Atombombe in Hiroshima.«

Die Inbetriebnahme des ersten Atomkraftwerkes war der Beginn eines neuen Industriezweiges, der Kernenergetik. Uran wurde der friedliche Brennstoff des 20. Jahrhunderts.

Fünf Jahre später lief der erste Atomeis-

brecher, die »Lenin«, auf einer sowjetischen Werft vom Stapel. Seine Motoren haben eine Leistung von 44 000 PS! Als »Brennstoff« werden nur wenige Dutzend Gramm Uran verbraucht. Ein kleines Stück dieses Kernbrennstoffes ersetzt Tausende Tonnen Erdöl oder Steinkohle, die beispielsweise notwendig sind, um gewöhnliche Tankschiffe über die Meere zu schleppen. Das Atomschiff »Lenin« kann mit weniger als 100 Kilogramm Uranbrennstoff drei Jahre lang das Eis der Arktis zertrümmern, ohne einen Hafen zum Auftanken anlaufen zu müssen.

Man muß nicht unbedingt eine blühende Phantasie haben, um die große Zukunft des Urans vorherzusagen. Uran morgen – das sind kosmische Raketen, das Streben in die Tiefe des Universums, gigantische Unterwasserstädte, die mit Energie für viele Jahre versorgt sind, das ist die Schaffung künstlicher Inseln und die Bewässerung von Wüsten. Das bedeutet Eindringen in die tieferen Schichten der Erde und Beeinflussung des Klimas auf unserem Planeten.

Märchenhafte Perspektiven eröffnet Uran der Menschheit.

Vielleicht ist es das wundervollste Metall der Natur!

U
ABFAHRT

Im gleichen Verlag sind erschienen:

Lebender Kristall

Von Prof. *Ja. E. Geguzin*

Übersetzung aus dem Russischen

Bearbeitung und Herausgabe: Prof. Dr. sc. techn. *Eckhart Friedrich*

2., unveränderte Auflage

220 Seiten mit 79 Bildern

12,5 × 20,0 cm · Engl. Broschur, DDR 12,– M · Ausland 16,– DM
Bestell-Nr. 541 841 9

Vertriebsrechte für die BRD, Berlin (West) und die Schweiz bei Verlag Harri Deutsch, Thun · Frankfurt/M.

Kristalle besitzen interessante Eigenschaften: sie können wachsen, altern, ermüden, sich erholen, schreien und vermögen, sich zu erinnern.
Das Buch enthält in populärwissenschaftlicher Darstellung die gegenwärtigen Kenntnisse von den vielfältigen physikalischen Erscheinungen und Vorgängen, die sich in Realkristallen vollziehen und deren Eigenschaften und Nutzungsmöglichkeiten bestimmen. Komplizierte Zusammenhänge werden anhand einfacher Modelle erläutert. Da lediglich elementare Algebrakenntnisse beim Leser vorausgesetzt werden, ermöglicht die zum Mitdenken zwingende Darstellungsweise die Herleitung der verwendeten Gleichungen und gibt eine Anleitung zur Lösung wissenschaftlicher Probleme.

Ungewöhnliche Eigenschaften gewöhnlicher Metalle

Von Prof. Dr. sc. techn. *V. A. Zajmovskij* †

und Dr.-Ing. *T. L. Kolupaeva*

Übersetzung aus dem Russischen
202 Seiten mit 110 Bildern und 3 Tabellen
12,5 × 20,0 cm · Engl. Broschur, DDR 15,– M · Ausland 15,– DM
ISBN 3-342-00235-2
Bestell-Nr. 541 994 8

Das Buch führt den Leser anschaulich in die Grundlagen der Metallphysik und Metallkunde ein und behandelt, darauf aufbauend, zahlreiche weniger bekannte aber außerordentlich wichtige Eigenschaften von Metallen und Legierungen. So wird z. B. erläutert, weshalb sich aus bestimmten Legierungen Federn herstellen lassen, aus anderen hingegen nicht, warum eine Legierung beim Anschlag einen schönen Ton erklingen läßt, hingegen eine andere stumm bleibt u. a. Ferner werden Eigenschaften von Metallen und Legierungen erklärt, die allgemein nicht erwartet werden, aber zunehmend in der metallverarbeitenden Industrie genutzt werden. Ein Beispiel hierfür ist der „Formgedächtniseffekt" von bestimmten Legierungen.

Bestellungen nehmen alle Buchhandlungen entgegen.

VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie · Leipzig

ISBN 3-342-00324-3